# 2024 SPRING MEETING

# 한국세라믹학회 춘계학술대회

04.17 WED — 19 FRI. 2024

BUSAN BEXCO

부산 벡스코 제2전시장

Tel 02-584-0185 Email ceramic@kcers.or.kr

◂◂◂ 홈페이지 바로가기

Homepage www.kcers.or.kr

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY



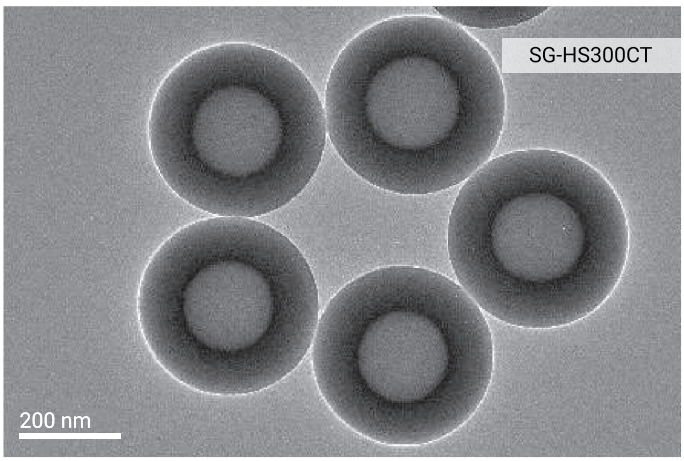
THE KOREAN CERAMIC SOCIETY

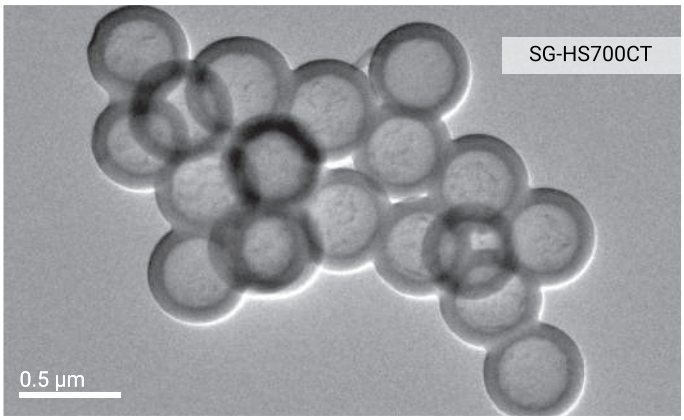
한국세라믹학회

| 후 원 | KOFST 부산관광공사 BUSAN TOURISM ORGANIZATION

# Hollow Silica Series

중공실리카(저유전율, 저유전손실 특성)




## 특징

- 진구형 입자
- 안전한 불활성 재료
- 초저밀도 소재
- 낮은 비표면적( BET )
- 저유전율
- 밀리파/마이크로파 영역에서 초저유전 손실
- PI및 LCP 등의 폴리머와 우수한 상용성
- 고강도 입자
- 저 흡습성(표면개질 가능)

## 용도

- 5G 기판용 필러(FCCL/Rigid PCB)
- 밀리미터파~마이크로파 영역에서 저유전율 저유전손실 특성을 부여하는 접착제용 필러

## Properties of Dielectric Films

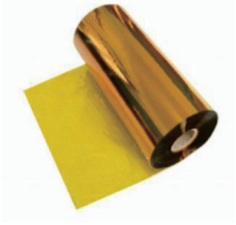
* Reference Data.....

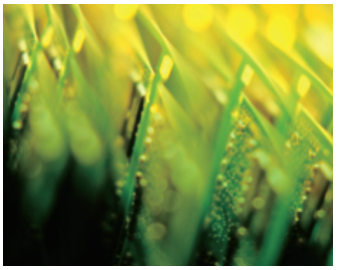
| Product Name | Primary Particle Size (㎛) | $D_k$@10GHz | $D_f$@10GHz |
|---|---|---|---|
| SG-HS70PA | 0.07 | *1.5~2.5 | *0.00003 ~ 0.0002 |
| SG-HS300CT | 0.3 | *1.5~2.5 | *0.00003 ~ 0.0002 |
| SG-HS700CT | 0.7 | *1.5~2.5 | *0.00003 ~ 0.0002 |
| SG-HS1500CT | 1.5 | *1.5~2.5 | *0.00003 ~ 0.0002 |

## Applications



5G Related


Adhesive for FCCL


Rigid PCB for 5G


Back Cover for Cellular Phone

Sukgyung AT

**(주)석경에이티**

본사 : 경기도 안산시 단원구 별망로459번길 24

**T** 031 493 0955
**F** 031 493 0956

sukgyung@sukgyung.com
www.sukgyung.com

# KV MATERIALS




- **Sputtering Target**
  - ITO, IZO, IGZO, etc.
  - Al, Cu, Ta, W, Hf, Nb, etc
  - CdTe, CdS, CdSe, CdZnTe, etc.

- **Plasma Resistance Materials**
  - Yttria, YAG, YAM, etc.

- **New Products**
  - Indium Hydroxide
  - Indium Acetate
  - SSZ, Sc2O3 Powder for SOFC

KV MATERIALS




# Samsung Electro-Mechanics is working more assiduous than ever to produce [MLCCs, an essential component for the high-tech products in the 5G era]

## We are the Creative Solution Provider

We supply the MLCCs that are required everywhere in the 5G era,
from the base stations and tower of 5G carriers
to newly released smartphones and high-tech devices.
We open the door to more advanced world through more
advanced technology.

**Passive Component**


MLCC


Inductor


Chip Resistor

**Module**


Camera Module

**Package Substrate**


BGA


FCB

SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS

SAMSUNG

# ㈜애니원

EQ Solution Corp.

## 원료 주요 공급 Maker

❑Terio Corp
❑ Solvay
❑ Sandvik
❑ VESTA
❑ Mitsubishi RTM
❑ Kceracell
❑ FCM
❑ KOJUNDO CHEMICALS
❑ LST chemical
❑ TOSHIMA
❑ TOSOH Corp.
❑그외 해외 브랜드 컨택 및 오퍼

## 실험용 시약

❑ Aldrich
❑ SIGMA
❑ Alfa Aesar
❑ ACROS ORGANICS
❑ Fluka, Riedel-deHaen
❑ Wako CHEMICALS
❑ JUNSEI CHEMICALS
❑ KANTO CHEMICALS
❑ KOJUNDO CHEMICALS
❑ MERCK CHEMCALS

## 장비 주요 공급 Maker

❑ IKA
❑ THERMO SCIENTIFIC
❑ JEIO TECH
❑ SHIMADZU SCIENTIFIC
❑ SAMHENUG ENGERGY
❑ PRIMIX
❑ Melter Toledo
❑ Brook Field

## 주요 장비

- Ovens
- Incubators
- Deep Freezer
- Water Purifier
- Water Baths
- Coolers
- Water Circulator
- Evaporators/Concentrators
- Vacuum System
- Freeze Dryer
- Spray dryer
- Organic Synthesizer
- Shakers
- Stirrers
- Pump
- Chromatograph
- Bio Chemistry
- Plant Culture
- Fermentation System

## 기타 장비 & 소모품

- 기본 이화학 장비
- Deep freezer & BSC
- 분급기
- Ball-Mill
- 표준시험망체
- Ultrasonic Homogenizer...
- CIP
- HIP-Quintus Technologies
- Balance-Shimadzu
- Heating Mantle
- Hot Plate
- 디지털 광학현미경
- 현미경에 부착된 초소형 FT-IR
- Multi-Gas Sensor 및 각종 계측기
- Ceramic Ball, Bead, Crucible, plate
- 연구실용 소형 공작기계
- Press용 Mold
- 기타 재료관련 장비 및 소모품

## Special Industry

- SOFC (SolidOxidFuelCell)
- 전고체 전지
- 이차전지 재료, 양극,음극
- MLCC 관련 재료
- Dental용 지르코니아
- Si3N4 Powder
- 구조세라믹 재료
- QLED 원료
- 용사용 분말 원료
- 반도체 장비 부품 원료
- PTC Thermistor 원료
- 콘택트 렌즈 원료

대전광역시 유성구 테크노3로 65 한신에스메카 504호
Tel. 042) 365-0011 Fax. 042) 367-3200
E-mail : sales@any1.co.kr www.any1.co.kr

# We All Together Pursue the World's Best

Core Technology

Hidden Champion

Thinking
The Best

Better, Faster
Component Provider

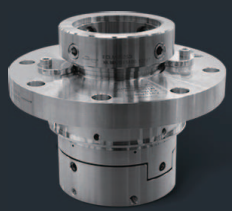
Frozen Process
Quality Standard

**70**
Global Certification
Patent

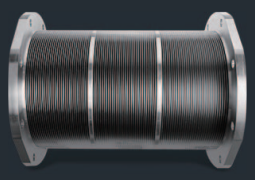
**10**
Domestic
Awards

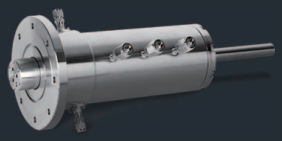
GLOBAL TOP SPECIALTY
소부장 1K 스뜸기업
The Best Company of Sealing
Component in Korea

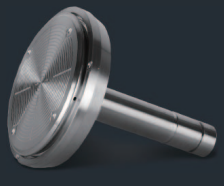
KSM


Mechanical Seal


Fine Ceramics


Welded Metal Bellows


Ferrofluidic Seal


Metal Heater


AIN Heater / ESC

www.ksm.co.kr

KIET 한국세라믹기술원
KOREA INSTITUTE OF CERAMIC ENGINEERING & TECHNOLOGY

# 첨단융합세라믹산업육성 인프라구축사업



## 첨단 융합세라믹 기반구축을 통한 사업육성

**비전**

**목표**

첨단화 · 융합화 · 개방화

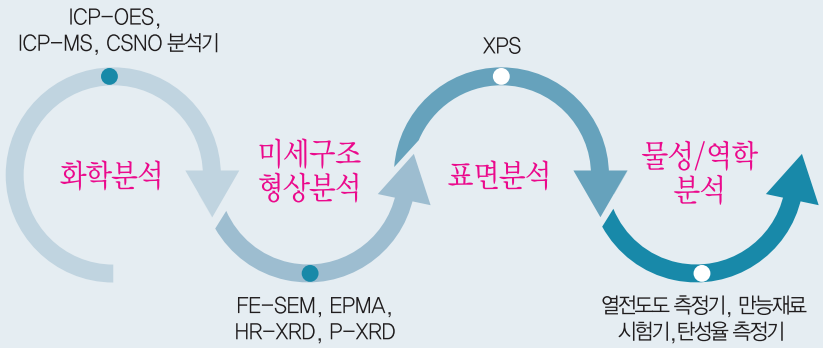
**첨단 융합세라믹 소재개발**의 Full-Cycle 지원

**내용**

| 신규 | 연계 | 연계 | 신규 | 활용 |
|---|---|---|---|---|
| 설계 | R&D | 생산 | 평가 | + 기업지원 |
| 시뮬레이션 인프라 | 결정 및 미세구조제어 인프라 | 세라믹섬유 실용화센터 Test-Bed 연계 | 분석평가 및 인증 인프라 | 맞춤형 기술지원 교육, 창업자지원 |

## 기업지원 시험분석 장비

**기업 밀착형 one-stop service 시험분석 지원**






## 신청 방법

시험신청 의뢰 → 시험분석 예약신청 (전화, 이메일) → 견적서 발부 → 사용료 입금 (접수중) → 입금확인 (접수완료) → 시험분석 → 시험성적서 발급

시험분석 예약 / 시험성적서 발급 문의 : 055-792-2757 • 운영 블로그 http://blog.naver.com/kiban2762

# 글로벌 리더기업

## ㈜케이씨엠테크놀로지

http://www.kcmtech.co.kr

## Alumina Ceramic



99.8% $Al_2O_3$





BASE CATHODE INSULATOR DPS MEC 99.8%
Al2O3 세라믹 / DRY ETCHER





ULTIMA HDP CERAMIC DOME / CVD



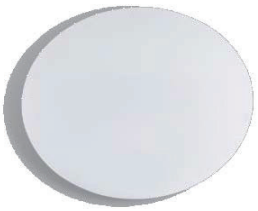


CERAMIC WAFER LOADER ARM





Long body : 4000x500x40t, Wide body : 2000x1200x50t



$Al_2O_3$ 99.99% 초고순도



ZTA



$Y_2O_3$ $ZrO_2$



MgO $ZrO_2$



$Al_2O_3$ Crucible / Mortar


http://www.kcmtech.co.kr

㈜케이씨엠테크놀로지

(18631) 경기도 화성시 양감면 은행나무로 495

Tel. 031-352-6354 | Fax. 031-352-364


반도체장비|디스플레이장비 세라믹

이차전지 양극재 분쇄 장비 세라믹

Y2O3 ZrO2 | MgO ZrO2 | 도가니

# *Choose the Right SEM – Analysis Edition*

The holy grail of nanoscale analysis with EDS is to quickly analyze any features which can be imaged in the SEM. However, for nanoscale features this is complicated by that fact that X-ray spatial resolution is typically larger than SEM imaging resolution. Figure 1 shows EDS maps from an integrated circuit cross section at 15kV and 6kV using a W SEM and an FE SEM, as well as the approximate X-ray signal depths at those voltages.

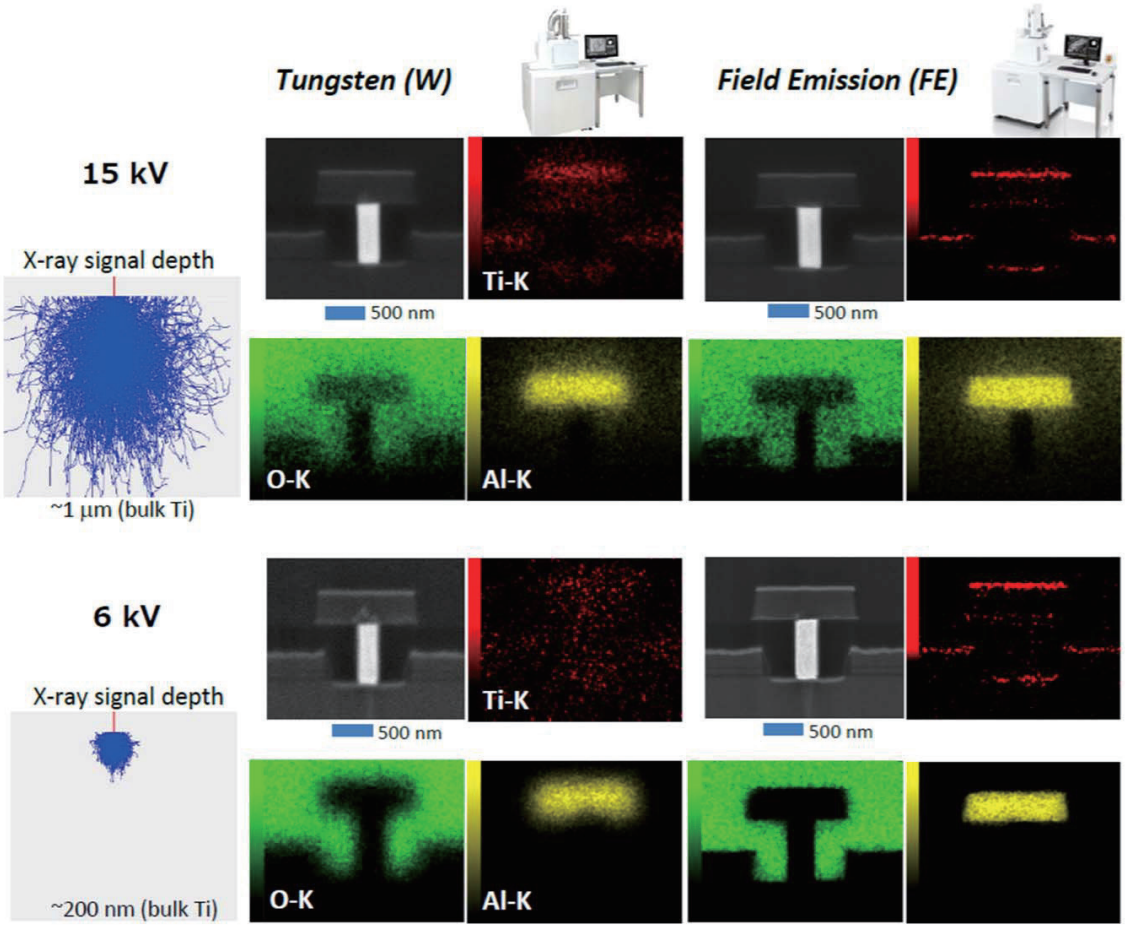



Figure 1: EDS maps (same count rate/total time) from IC cross section at 15kV and 6kV using a W SEM and an FE SEM



**JCM-7000**
Benchtop SEM for optical to SEM imaging with live elemental analysis

**JSM-IT210**
Fast observation, analysis and report generation!
High performance analytical tool!

**JSM-IT510**
Faster and easier date acquisition of SEM images and elemental analysis results!

**JSM-IT710HR**
SEM-Essential in daily Lab operation.
JSM-IT710HR makes it easy.

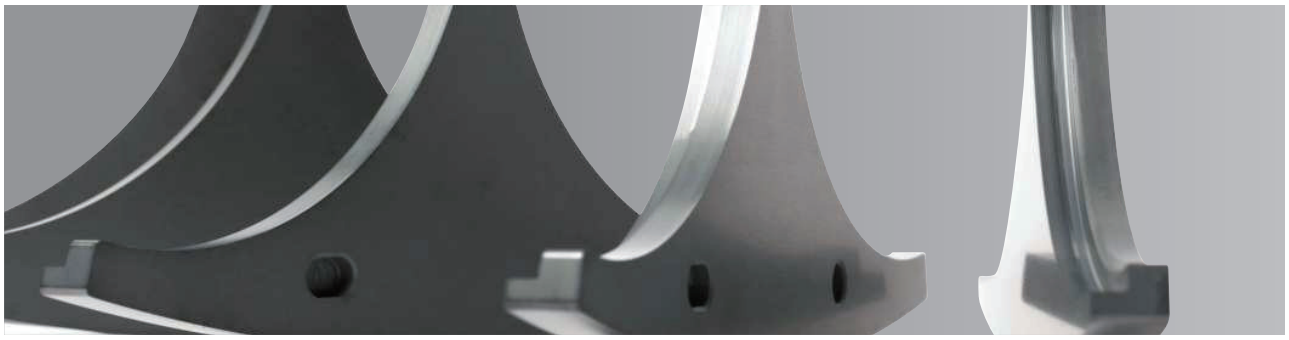
*JEOL Korea Ltd.*
*www.jeol.co.kr / 02-511-5501*
*#1443, Yangjae-daero, Gangdogn-gu, Seoul, 05355, Korea*

JEOL Solutions for Innovation

# dandan







# Your One Source for Advanced Ceramics

We design your desires for Ceramics and Ceramic coating.

Semiconductor • LED/OLED/LCD • Iron & Steel • Energy Industry
$Al_2O_3$ • $SiO_2$ • $Y_2O_3$ • $ZrO_2$ • $TiO_2$ // SiC • WC • $B_4C$ etc.
$Si_3N_4$ • SiAlON • AlN • BN // $TiB_2$ etc.
Functional ceramics, Machinable ceramics, etc.
Plasma Spray Coating • Suspension Coating • Aerosol Coating

dandan materials (주)단단

www.dandan21.com
50, Techno 11ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea #34036
**T** : +82 42 934 2456 | **F** : +82 42 934 2450 | **E** : dandan21@dandan21.com

semi MEMBER

최첨단 건설소재의 연구·개발을 통해 미래 건설산업을 선도하는 기업

# 주식회사 에이씨엠텍

**Advanced Construction Materials Technology**



## 건축재료 관련 소재 개발

- 균열저감 콘크리트용 무기 소재
- 슬래그 시멘트 조기강도 향상용 첨가재
- 시멘트 분쇄용 기능성 분쇄조재
- 균열저감 및 강도 증진용 몰탈 첨가재

## 건축재료 관련 기업 컨설팅

- 특수 시멘트용 소재 개발
- 시멘트 품질 / 공정 향상
- 콘크리트 품질 향상
- 콘크리트용 기능성 화학 혼화제 개발



## 순환자원 / 탄소중립 관련 연구

- 각종 슬러지 재활용 연구
- 폐황산을 이용한 석고 제조
- Activated clay를 이용한 환경부하 저감형 시멘트 제조
- 시멘트내 $Cr^{6+}$ 저감 연구




Advanced Construction Materials Technology

본사·제품시험실 : 강원특별자치도 영월군 영월읍 팔괴로 130-62 영월군 임대공장 104호

T. 033-372-0138, F. 033-372-0139

기술연구소 : 강원특별자치도 원주시 양지로 68-1 스타타워-3, 404~406호

A company specializing in synthetic materials and components

# WONIK QnC

## Characteristics of materials

- Excellent heat resistance
  Wear resistance Chemical resistance
- Excellent electrical insulation/Excellent mechanical strength
- High toughness/Thermal shock resistant
- High thermal properties/Plasma resistance

## Major applications

- Parts require insulation and corrosion resistance for the semiconductor/LCD manufacturing process
- Parts require chemical resistance and thermal conductivity for LED/OLED manufacturing process
- Electrical insulation parts

## Characteristics of product

- Small quantity batch production
- Consumables with constant replacement demand
- Large Ceramic Products due to Large Display Panel Size

ESC



Porous Vacuum Chuck



SiC Vaccum Chuck



Window (Ra<0.02 )



RTP Edge Ring



CVD SiC Ring



SiC Photo Chuck



Y2O3 PEZ Ring set



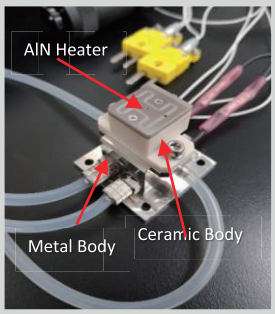
MCA ESC

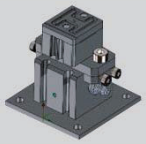


AlN Heater



TCB Pulse Heater
(Thermal Couple Bonding)



Al2O3 Focus Ring



Y2O3 Nozzle



Display Base Plate



Display Shaft



OLED AlN Crucible



Si3N4 Guide Plate

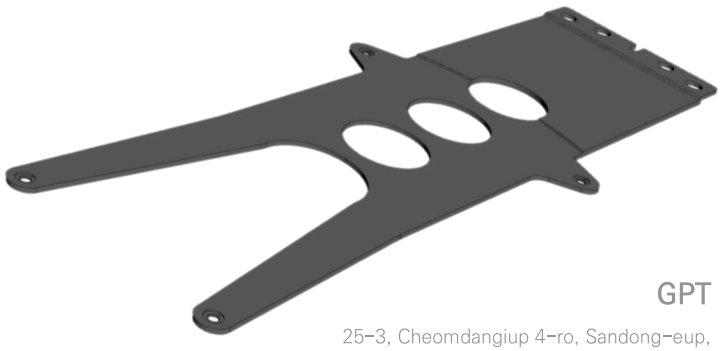


WONIK QnC
Quartz & Ceramics

반도체 장비용 기능성 세라믹 및 구조 세라믹 부품의 글로벌 파트너

117 Okgye 2gongdan-ro, Gumi-si, Gyeongsangbuk-do, Korea
T. 054-479-9500 www.wonikqnc.com

## ANTI-STATIC CERAMICS



GPT

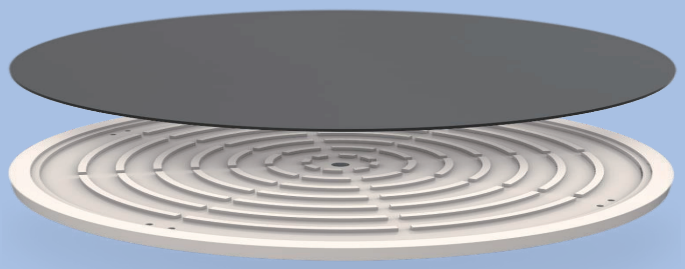
25-3, Cheomdangiup 4-ro, Sandong-eup,

Gumi-si, Gyeongsangbuk-do, Republic of KOREA

www.gpt.kr

+82-53-267-4566

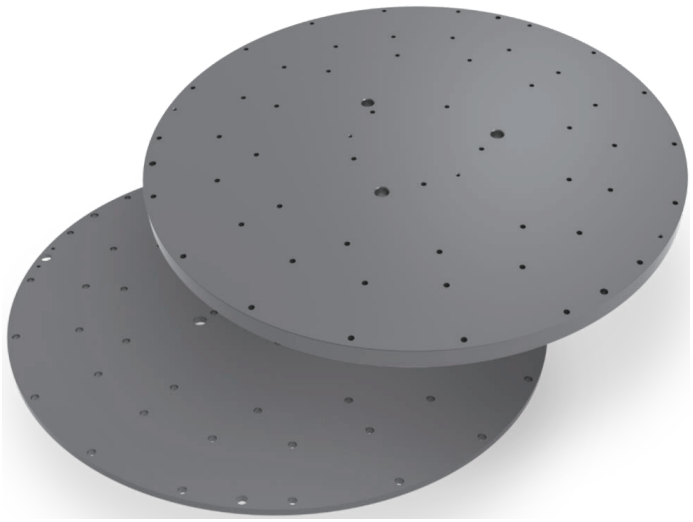
GPT
FINE CERAMICS FOR
TECHNOLOGYCAL INNOVATION



## POROUS CERAMICS

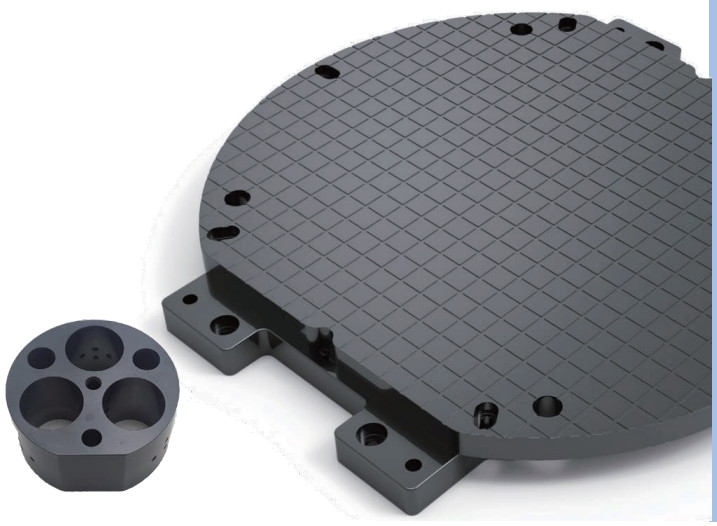
## YTTRIUM OXIDE

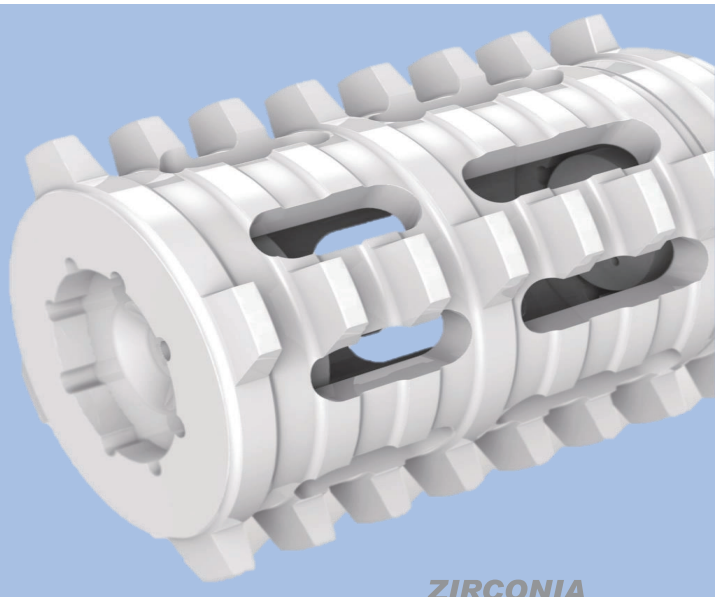




## ALUMINUM NITRIDE

## SILICON CARBIDE





## ZIRCONIA




One-Visit 보철의 완벽한 해답

# Perfit FS™

Fully Sintered Zirconia Block



바텍엠시스는 국내 최초 **지르코니아 소재**의
즉시 보철용 블록을 제조합니다.

| 60분 내 보철물 제작완료 | 넓은 적응증과 프렙양 감소 | 우수한 마진 적합도 |
|---|---|---|




**STML(구치부)** 1,100Mpa **TSML(전치부)** 800-1,100Mpa

**"Perfit ZR STML, 그라데이션에 강도를 더하다!"**
- 특허받은 레이어 적층방식(5단 레이어, 4단 전이층)으로 자연스러운 shade를 구현하였습니다.

**"Perfit ZR TSML, 이제 Coloring 하지마세요!"**
- 강도에 민감한 구치부 싱글 크라운부터 멀티 유닛 브릿지까지 파절 걱정없이 자연스러운 보철 제작이 가능합니다.

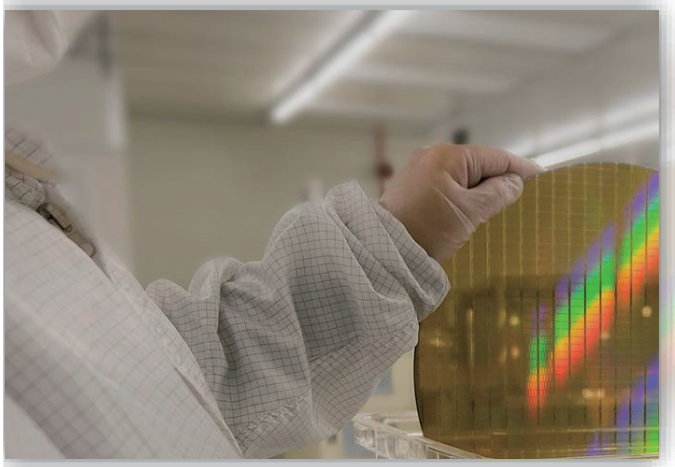
vatech mcis

경기 수원시 권선구 산업로 155번길 38, 바텍엠시스
• 문의 1577-9115 • 홈페이지 www.vatechmcis.com

KOSDAQ
코스닥상장법인

SAWNICS

# Global RF Foundry Leader



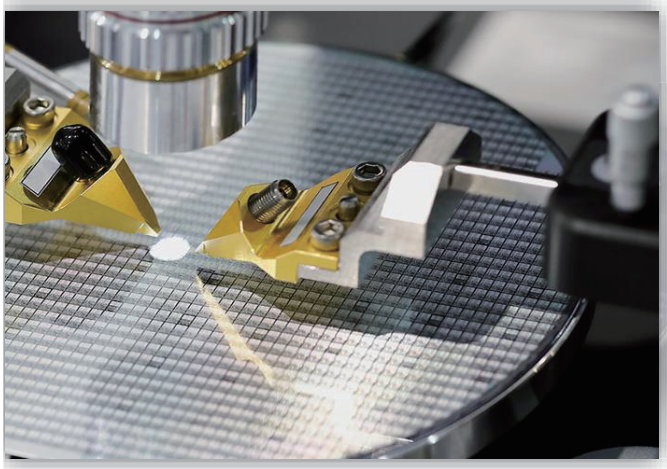
## 압전 반도체(Piezoelectric Semiconductor) 전문 파운드리 회사

- 4 inch / 6 inch 공정
- 응용분야
  Filter / Dual Filter / Duplexer / Multiplexer for Mobile, IoT/M2M, Network Infrastructure

## 고객의 빠른 개발과 양산을 위한 솔루션 지원

- Design Guide 제공
- DRC 를 통한 고객사 Design layout 최적화
- 표준 주파수별(LB/MB/HB) Design Kit 제공
  (Resonator/S-parameter)
- 공정 및 측정 Data 제공
  (박막두께, CD-SEM, Chip Probe Data)





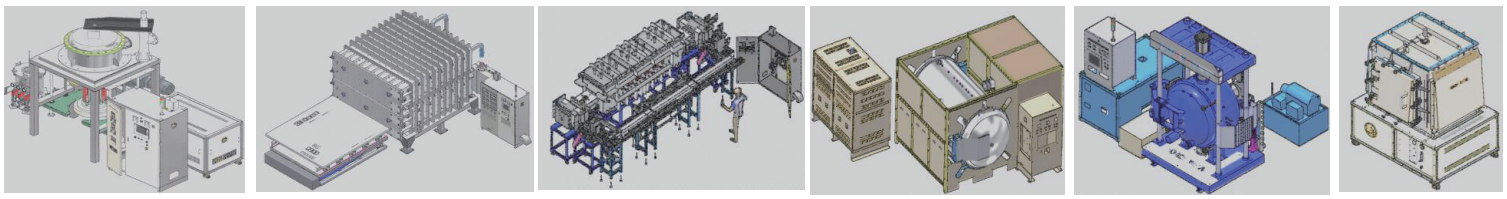
## State of the Art를 겸비한 6” TF-SAW (Thin Film-SAW) 공정 기술

- 고성능 6 inch Hybrid SAW(HSAW ™)
- Au Stud Bump Process 서비스
- Backside Grinding 서비스


**SAWNICS Inc.**

81, Hyeongoksandan-ro 93beon-gil, Cheongbuk-eup, Pyeongtaek-si, Gyeonggi-do, 17812 / Republic of Korea

T : 031-686-8500 | F : 031-686-8501 | H : www.sawnics.com | E : sawsales@sawnics.com





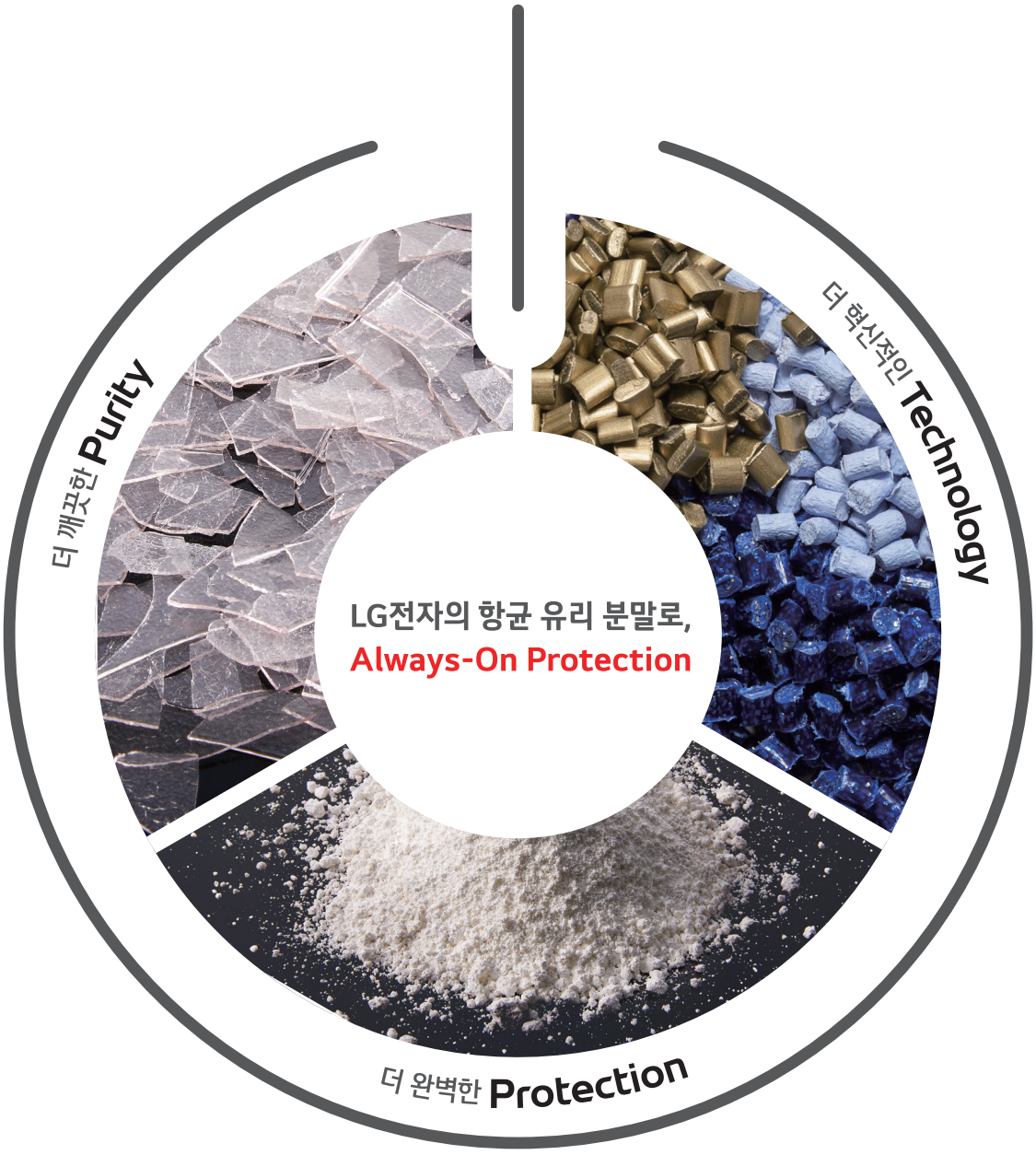
Total Solution Provider

FORCE METAL Co.,Ltd.

LG전자

## 더 나은 삶을 위한 LG전자의 Glass Innovation

# LG PuroTec™




### LG전자의 혁신 기술력으로 완성된 유리 소재 기반의 무기 항균 보존 첨가제

**LG PuroTec™**은 **Purity+Protection+Technology**의 합성어로 제품을 오염되지 않고 깨끗한 상태로 보호할 수 있는 항균 기술을 의미합니다.

제품의 표면을 오염으로부터 보호하는 기능성 유리 소재 **LG PuroTec™**은 다양한 소재 및 산업군에 적용되어

우리의 일상을 더 깨끗하게 지켜주고, 더 완벽하게 보호해주며, 더 새롭게 변화시켜 줄 것입니다.

# 2024 SPRING MEETING

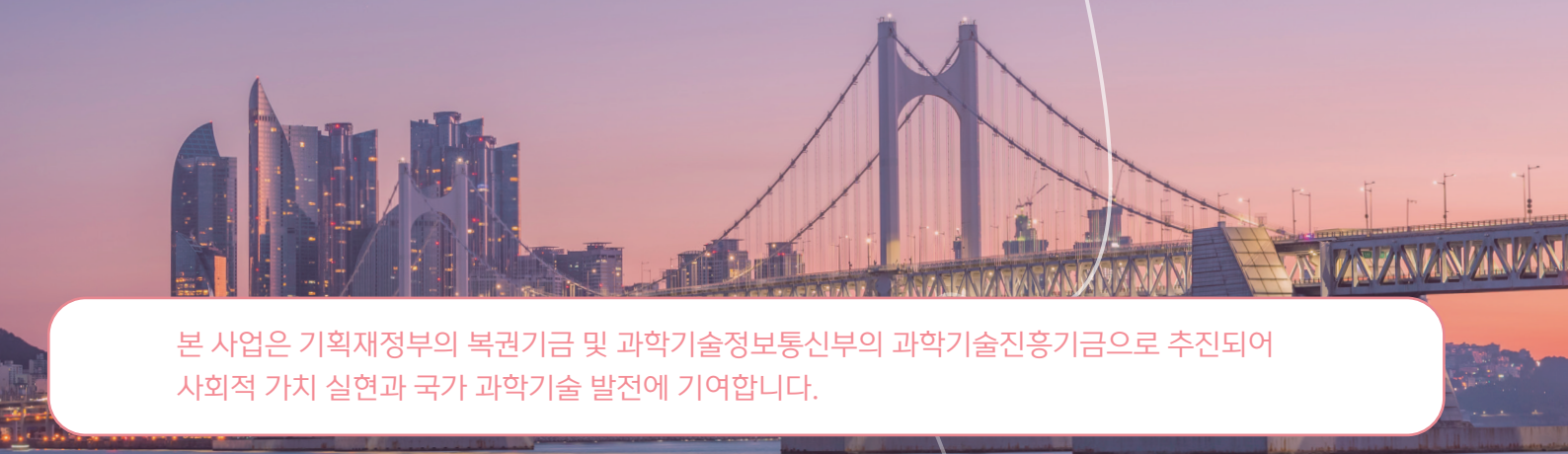
## 한국세라믹학회 춘계학술대회

04.17 WED — 19 FRI. 2024

BUSAN BEXCO

부산 벡스코 제2전시장

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY



본 사업은 기획재정부의 복권기금 및 과학기술정보통신부의 과학기술진흥기금으로 추진되어
사회적 가치 실현과 국가 과학기술 발전에 기여합니다.

THE KOREAN CERAMIC SOCIETY
한국세라믹학회

| 후 원 | KOFST bto 부산관광공사 BUSAN TOURISM ORGANIZATION

# 2024 한국세라믹학회 춘계학술대회
# SPRING MEETING

04. 17 WED — 19 FRI. 2024
BUSAN BEXCO
부산 벡스코 제2전시장



# Contents


- 모시는 글 ..... 02p
- 조직위원회 ..... 03p
- 일정표 ..... 04p
- 기조강연&학술상 기념강연 ..... 07p
- 국가첨단전략 산업소재 심포지엄 ..... 13p
- 구두발표 ..... 45p
- 포스터발표 ..... 79p
- 발표자리스트 ..... 125p
- 전시참여업체 ..... 151p
- With Special Thanks to Our Sponsors ..... 159p

# 모시는 글

## 존경하는 한국세라믹학회 회원 여러분!

회원 여러분의 건강과 건승을 기원합니다.

2024년 춘계학술대회 및 총회를 4월 17일(수)부터 19일(금)까지 부산 벡스코에서 개최합니다. 회원님들께서 연구하신 소중한 연구결과를 발표하고, 활발한 토론을 통하여 여러분의 연구 성과가 우리나라 세라믹산업 발전에 이바지하는 기회가 되기를 바랍니다. 또한 금번 춘계학술대회에 회원 여러분들이 적극적으로 참여하셔서 학술 교류와 친목이 어우러지는 축제의 한마당으로 만들어주시길 바랍니다.

이번 춘계 학술대회에서는 국가적으로 지원하고 있는 "반도체, 이차전지, 우주항공, 디스플레이, 수소 & 탄소중립"의 분야의 전문가를 모신 "국가첨단전략산업소재 심포지움"을 마련하여 기존 심포지엄과 함께 운영할 예정입니다. 앞을 내다보기 어려운 경제상황에서 우리 세라믹 분야가 어떤 방향으로 나아가야 할 것인지 정보를 교환하는 소중한 장소가 될 것으로 생각합니다.

여러 업무에 바쁘시겠지만 이번 부산에서 열리는 2024년 한국세라믹학회 춘계학술대회에 참석하시어 학회의 위상을 빛내주시길 바라며, 많은 연구 성과와 정보를 교류하는 유익한 기회로 승화시켜 주시길 다시 한번 부탁드립니다. 저희 조직위원회에서는 본 행사 기간 동안에 회원 여러분께서 불편함 없이 뜻깊고 유익한 시간을 가지실 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 또한, 세라믹 관련 산업체의 적극적인 참여를 유도하여 산-학-연 교류의 장이 되도록 노력하겠습니다.

이번 부산 벡스코 학술대회는 회원 여러분들이 서로 교류하고 세라믹 산업 발전 방향을 도출해 낼 수 있는 좋은 기회가 될 것입니다. 회원 여러분들의 많은 참여와 성원을 바랍니다.

2024년 한국세라믹학회 춘계학술대회

조직위원회 위원 일동

# 조직위원회

**조 직 위 원 장** 정대용(인하대학교)

**학술프로그램위원장** 임원빈(한양대학교)

**조 직 부 위 원 장** 김하늘(한국재료연구원), 송풍근(부산대학교), 조욱(울산과학기술원)

**수 석 이 사** 권도균(한국항공대학교)

**조 직 위 원 회** 김미소 (성균관대학교), 박희정 (단국대학교), 오윤석 (한국세라믹기술원), 이승용 (한국과학기술연구원), 장호원 (서울대학교)

## Session Organizer

| | 세션 | | 이름 | 소속 |
|---|---|---|---|---|
| 일반 세션 | G1 | 전자 세라믹스 | 박준홍 | 경상대학교 |
| | G2 | 에너지 환경 세라믹스 | 민성욱 | 경기대학교 |
| | G3 | 엔지니어링 세라믹스 | 성영훈 | 한국에너지기술연구원 |
| | | | 방준호 | 경상국립대학교 |
| | G4 | 나노 융합 세라믹스 | 박장웅 | 연세대학교 |
| | G5 | 바이오 세라믹스 | 이정헌 | 성균관대학교 |
| | | | 이주헌 | 한양대학교 |
| | | | 이준석 | 한양대학교 |
| | G6 | 유리 및 비정질 세라믹스 | 정운진 | 공주대학교 |
| | | | 최용규 | 한국항공대학교 |
| | G7 | 내화물 및 시멘트세라믹스 | 양승철 | 창원대학교 |
| | G8 | 전산재료과학 및 재료분석 | 김윤석 | 성균관대학교 |
| | | | 강경태 | 경북대학교 |
| | G9 | 생활 및 전통 세라믹스 | 김진호 | 한국세라믹기술원 |
| | G10 | 이차전지 재료 | 김종순 | 성균관대학교 |
| | | | 윤영수 | 고려대학교 |
| 국가 첨단 전략 산업 소재 심포 지엄 | S1 | 반도체 | 이기영 | 홍익대학교 |
| | | | 배학열 | 전북대학교 |
| | S2 | 이차전지 | 이종원 | 한양대학교 |
| | | | 박민식 | 경희대학교 |
| | S3 | 우주항공 | 류성수 | 한국세라믹기술원 |
| | | | 장세규 | 한국과학기술연구원 |
| | S4 | 디스플레이 | 오누리 | 한양대학교 |
| | | | 이보람 | 성균관대학교 |
| | S5 | 수소&탄소중립 | 백정민 | 성균관대학교 |
| | | | 박혜성 | 고려대학교 |
| | | | 김세영 | 한국에너지기술연구원 |
| 특별 심포 지엄 | SS1 | 제22회 세라믹스 표준화 심포지엄 | 이희수 | 부산대학교 |
| | SS2 | 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술 | 김한기 | 성균관대학교 |
| | SS3 | 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구 | 강기범 | 한국과학기술원 |
| | SS4 | RLRC 수소센터 쉐프 (SEHPc): 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계 | 박희정 | 단국대학교 |
| | SS5 | 화학연합 포럼 | 김병국 | 한국과학기술연구원 |
| | SS6 | 우주항공 및 원자력용 소재 개발 현황 및 전망 | 김원주 | 한국원자력연구원 |
| | SS7 | 저탄소 시멘트 기술 | 송훈 | 한국세라믹기술원 |
| | SS8 | 시멘트 탄소중립과 세라믹 원료의 재발견 | 송명신 | 강원대학교 |
| | SS9 | 고효율 수소생산 촉매 기술 | 민성욱 | 경기대학교 |
| | SS10 | 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용 | 권한중 | 전북대학교 |
| | SS11 | 시멘트·콘크리트 광물탄산화 CCU 기술 심포지엄 | 조계홍 | 한국석회석신소재연구소 |

| 세션 | | 이름 | 소속 |
|---|---|---|---|
| SS13 | 연료전지 내구성 연구 | 류지행 | 한국에너지기술연구원 |
| SS14 | 산화물 기반 소재 및 소자 연구회 심포지엄 | 강경태 | 경북대학교 |
| SS15 | 미래 대응 바이오헬스 소재 심포지움 | 이영란 | 한국세라믹기술원 |
| SS16 | AI-시뮬레이션 기반 소재 설계 | 조성범 | 아주대학교 |
| SS17 | 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발 | 최선진 | 한양대학교 |
| SS18 | 고온수전해 방식 그린 /청정수소 생산 기술 | 안진수 | 포스코홀딩스 |
| SS19 | 지속가능발전목표 달성을 위한 여성세라미스트 심포지움 | 임형미 | 한국세라믹기술원 |
| SS20 | 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구 | 최연식 | 연세대학교 |
| SS21 | 극한환경동작 기능성 세라믹 복합소재 연구 | 최명식 | 경북대학교 |
| SS22 | 에너지 저장/변환용 세라믹스 | 박현중 | 조선대학교 |
| SS23 | 첨단 반도체 제조를 위한 공정용 세라믹 소재 부품 혁신 | 한윤수 | 한국세라믹기술원 |
| SS24 | 산화물 기반 차세대 전고상 이차전지 제작 한계 극복 연구 | 이석희 | 한국세라믹기술원 |
| SS25 | 인공지능 / 빅데이터 기반 엔지니어링세라믹 물성의 특이점 추구 연구테마 발굴 | 김하늘 | 한국재료연구원 |
| SS26 | 다기능 구조세라믹스 연구회 | 안계석 | 경기대학교 |
| SS27 | BK21 소재혁신선도 플랫폼 연구단 성과 교류회 | 이순일 | 창원대학교 |
| SS28 | A3+ Meeting | 조욱 | 울산과학기술원 |
| SS29 | 압전 세라믹 결정립 배향 기술 심포지엄 | 강종윤 | 한국과학기술연구원 |

# 일정표

## 수(4/17)

| 시간 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325-6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 09:00–12:00 | SS1 제22회 세라믹스 표준화 심포지엄 | SS9 고효율 수소생산 촉매 기술 | SS17 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발 | G7 내화물 및 시멘트 세라믹스 | SS26 다기능 구조 세라믹스 연구회 | G6 유리 및 비정질 세라믹스 | G1 전자 세라믹스 | G2 에너지 환경 세라믹스 | G3 엔지니어링 세라믹스 | G5 바이오 세라믹스 | SS13 연료전지 내구성 연구 |
| 12:00–13:00 | 점심 | | | | | | | | | | |
| 13:00–14:30 | 포스터세션<br>PG1B, PG2B, PG3B, PG4B, PG5B, PG6B, PG7B, PG8B, PG9B, PG10B, PSS1B, PSS2B, PSS4B, PSS9B, PSS10B, PSS12B, PSS15B, PSS17B, PSS20B, PSS27B | | | | | | | | | | |
| 14:30–17:30 | G8 전산 재료 과학 및 재료 분석/ SS14 산화물 기반 소재 및 소자 연구회 심포지엄 | SS6 우주항공 및 원자력용 소재 개발 현황 및 전망 | SS4 RLRC 수소 센터 쉐프 (SEHPc) : 지속가능한 수소생산-변환 에너지 생태계 | SS7 저탄소 시멘트 기술 | SS8 시멘트 탄소중립과 세라믹 원료의 재발견 | SS2 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술 | | SS15 미래 대응 바이오 헬스 소재 심포지움 | SS16 AI-시뮬레이션 기반 소재 설계 | SS11 시멘트·콘크리트 광물탄산화 CCU 기술 심포지엄 | SS13 연료전지 내구성 연구 |
| 17:30–19:00 | 포스터세션 (집중심사)<br>PG3A, PG4A, PG5A, PG6A, PG7A, PG8A, PG9A, PSS1A, PSS2A, PSS4A, PSS6A, PSS9A, PSS10A, PSS11A, PSS14A, PSS15A, PSS17A | | | | | | | | | | |

## 목(4/18)

| 시간 | 121~2 | 123~4 | 125~6 | 321~3 | 325~6 | 324 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:30–12:00 | 08:30–08:40 개회식 (321~3) | | | | | |
| | 08:40–09:20 기조강연1:성덕용 부사장(삼성전자) (321~3) | | | | | |
| | 09:20–10:00 기조강연2:백운규 교수(한양대학교) (321~3) | | | | | |
| | 10:00–10:10 Break | | | | | |
| | 10:10–10:50 기조강연3:정경환 담당(LG에너지솔루션) (321~3) | | | | | |
| | 10:50–11:10 과학기술정보통신부 설명회 (321~3)<br>이차연 사무관–국가전략사업핵심소재 소개 | | | | | |
| | 11:10–11:20 한국연구재단 나노소재단 소재관련 기획사업 추진 소개 (321~3)<br>나종주 단장–소재관련 기획사업 추진 소개 | | | | | |
| | 11:20–12:00 총회 및 시상식 (321~3) | | | | | |
| 12:00–13:00 | 점심 | | | | | |
| 13:00–13:30 | 학술상 기념강연 | | | | | |
| 13:30–13:40 | 13:30–13:40 Break | | | | | |
| 13:40–17:00 | S3<br>우주항공 | S4<br>디스플레이 | S5<br>수소&탄소중립 | S2<br>이차전지 | S1<br>반도체 | SS28<br>A3+ Meeting |
| 17:00–18:30 | 포스터세션 (집중심사)<br>PG1A, PG2A, PG10A, PSS20A, PSS23A | | | | | |
| 18:30–20:00 | 세라미스트의 밤 (더파티) | | | | | |

# 일정표

## 금(4/19)

| 시간 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325~6 | 320 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 09:00–12:00 | G4 나노 융합 세라믹스 | SS3 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구 | SS10 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재 (MXene) 합성 및 응용 | SS19 지속가능 발전목표 달성을 위한 여성세라미스트 심포지움 | SS20 차세대 유연성 /신축성 소재 및 디바이스 연구 | SS23 첨단 반도체 제조를 위한 공정용 세라믹 소재 부품 혁신 | G1 전자 세라믹스 | G2 에너지 환경 세라믹스 | G3 엔지니어링 세라믹스 | G10 이차전지 재료 | SS18 고온수 전해 방식 그린 /청정 수소 생산 기술 | SS5 화학연합 포럼 |
| 12:00–13:00 | 점심 | | | | | | | | | | | |
| 13:00–16:00 | SS27 BK21 소재혁신 선도 플랫폼 연구단 성과 교류회 | SS3 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구 | SS10 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재 (MXene) 합성 및 응용 | SS24 산화물 기반 차세대 전고상 이차전지 제작 한계 극복 연구 | SS25 인공지능 /빅데이터 기반 엔지니어링 세라믹 물성의 특이점 추구 연구테마 발굴 | SS29 압전 세라믹 결정립 배향 기술 심포지엄 | G1 전자 세라믹스 | G2 에너지 환경 세라믹스 | G3 엔지니어링 세라믹스 | G10 이차전지 재료 | SS22 에너지 저장 /변환용 세라믹스 | SS21 극한환경 동작 기능성 세라믹 복합소재 연구 |
| 16:00–16:15 | 폐회식(경품추첨) | | | | | | | | | | | |

# 기조강연
# &
# 학술상 기념강연

# 기조강연 1

**Room 321~3, 04월 18일 08:40 - 09:20**

좌장 : **임원빈 교수**(한양대학교)



**성덕용 부사장**
(삼성전자)

## 반도체 설비 기술

반도체 산업은 컴퓨터, 통신, 가전 분야에서 자동차, 의료, 스마트 시티 등의 응용 분야로 확장되고 있으며, 이에 따라 반도체 개발 기술의 중요성이 더욱 확대되고 있습니다. 특히, 최근 인공지능, 딥러닝, 자율 주행차 등 첨단 산업에서 요구되는 차세대 고성능/저전력 지능형 반도체 기술 개발에 대한 수요가 증가하면서, 이를 위한 하이엔드 기술 개발이 요구되고 있습니다.

반도체 디바이스의 미세화, 고집적화에 따라 반도체 제조 설비는 가혹한 환경에 노출되고 있으며, 이러한 환경에서 반도체 설비 부품 소재의 중요성이 강조되고 있습니다. 특히, 세라믹 소재는 우수한 기계적 강성, 경도, 전기적 절연성, 내열성, 내화학성 등의 특성을 가지고 있어 반도체 제조 설비의 안정성을 유지하는데 기여하고 있습니다. 반도체 설비 내 히터, 윈도우, 웨이퍼 캐리어, 라이너, 보트 등 다양한 부품에 활용되며, 주로 알루미나, 질화알루미늄, 실리콘, 쿼츠, 탄화규소가 사용됩니다.

반도체 제조 공정의 극한 환경조건에서 부품 수명 연장 및 파티클 제어가 이슈화되면서, 고순도, 고경도, 고열전도성, 내플라즈마성이 강화된 세라믹 소재의 개발이 지속적으로 요구되고 있습니다. 본 발표에서는 반도체 제조 설비에서 발생하는 세라믹 소재의 이슈와 개발 필요성을 공유하고자 합니다.

Room 321~3, 04월 18일 09:20 - 10:00



좌장 : **임원빈 교수**(한양대학교)

**백운규 교수**
(한양대학교)

## Ceramic nanoparticles engineering toward NT and ET applications

Ceramic nanoparticles engineering is pivotal in nanotechnology (NT) and energy technology (ET), driving advancements in electronic and energy storage devices. This presentation is divided into two parts: the first explores the role of nanoparticles in semiconductor fabrication processes, highlighting how their precise engineering enhances semiconductor device performance through improved chemical mechanical planarization (CMP) process for middle-of-line (MOL) employing molybdenum (Mo). The second part shifts focus to battery manufacturing, particularly roll-to-roll dry processing for lithium-ion batteries (LIBs) where particles engineering contributes to low resistance and high volumetric energy density. Together, these sections illustrate the critical impact of nanoparticles engineering in evolving the capabilities of electronics and energy storage technologies.

1. MOL is crucial in semiconductor devices for signal transmission and component interconnection. With the push for smaller, denser circuits, Mo emerges as a candidate for MOL materials, offering lower resistance and better gap-filling than tungsten. However, high dissolution rate of Mo during the CMP process poses challenges. To address this, a method using an iron (Fe) ion catalyst and H2O2 oxidizer effectively reduces Mo dissolution, enhancing the CMP process by increasing the removal rate and improving surface planarity. This advancement in Mo CMP demonstrates significant potential for improving semiconductor device performance and manufacturing efficiency.

2. Roll-to-roll dry processing, which is a practical approach for mass-production of high-thick electrode, enables the manufacture of high energy density and low cost LIBs. The dry electrode with a high areal capacity of 10 mAh cm-2 and low resistance can be achieved by following three characteristics; 1) enhancement of polytetrafluoroethylene (PTFE) binder fibrillization for robust mechanical property, 2) uniform pore size/distribution and conducting network, and 3) maintenance of structural integrity of LiNi0.80Co0.15Al0.05O2 (NCA) particles. The prepared dry electrode with homogeneous microstructure shows reduced ionic resistances due to the short diffusion lengths, improving electrochemical performances in LIBs.

# 기조강연 3

**Room 321~3, 04월 18일 10:10 - 10:50**



좌장 : **조욱 교수**(울산과학기술원)

**정경환 담당**
(LG에너지솔루션)

## 산업혁명 시대와 배터리의 도전

산업혁명은 에너지와 밀접한 관계가 있습니다. 최근 4차 산업 혁명 시대를 맞이하면서, 전기차, 자율주행, AI 등 혁신적인 기술들이 등장하면서 이에 필요한 막대한 에너지에 대해 관심도 커지고 있습니다. 특히, 전기차 및 신재생 에너지의 급속한 성장과 더불어 리튬이온 2차전지 산업은 연평균 20 ~ 30% 수준의 역사상 가장 가파른 성장세를 보이고 있습니다.

리튬이온 2차전지는 반복적인 충/방전이 가능하며, 우수한 수명 성능으로 인해 4차 산업혁명을 일으키는 에너지 형태로 각광을 받고 있습니다. 이러한 배경에는 2차전지 소재 및 공정기술의 발전과 함께 전지 산업 Industry 확장에 따른 원가경쟁력이 바탕이 되고 있습니다.

하지만, 여전히 2차전지의 도전이 계속되고 있으며 에너지밀도, 안전성, 급속충전, Cost 관점의 기술적 발전을 요구 받고 있습니다. LG에너지솔루션에는 자동차용, ESS용, IT용 2차전지 셀/팩 제품을 개발/생산하고 있으며, 소재기술을 바탕으로 각 제품별 핵심소재 및 파우치형, 원통형 전지 공정 기술을 선도하며 2차전지 Technology Leadership 을 이끌고 있습니다.

본 강연에서는, 2차전지 중심으로 한 변화와 기술의 발전방향을 설명하고, 향후 2차전지 분야의 도전 과제들에 대해 소개하고자 합니다.

**Room 321~3, 04월 18일 13:00 - 13:30**



좌장 : **오윤석 박사**(한국세라믹기술원)

**이성민 부원장**
(한국세라믹기술원)

## 반도체 산업과 세라믹스

다양한 종류의 세라믹스가 반도체 산업에서 현재 널리 사용되고 있다. 전통적인 실리콘 기반 반도체의 식각, 증착, CMP와 같은 전공정 뿐만 아니라 패키징이 포함되는 후공정에도 고성능화를 가능하게 하는 세라믹부품의 사용량이 늘어나고 있다. 또한 전력반도체의 시장확대에 따라 SiC와 같은 세라믹웨이퍼 생산이 늘어나고 있으며 Ga2O3, 다이아몬드와 같은 차세대 기판의 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 특히 최근 인텔의 도입선언으로 화제가 된 글래스 기판의 경우, 고밀도, 고성능 패키징을 가능하게 하는 핵심소재로 부상하고 있다. 한국의 세라믹산업과 반도체산업과의 인연은 1980년대에 반도체 제조장비에 사용되는 쿼츠 제품의 가공으로 시작되었다. 이후 알루미나 소결체와 같은 내플라즈마 세라믹부품이 도입되기 시작하였고, 2000년대를 넘어가며 정전척, 히터와 같은 고기능성의 고부가가치 제품의 개발이 시작되었다. 초창기에는 외산 제품의 형상을 그대로 모방하는 것에서 시작하여 점차 국산 반도체 제조장비에 들어갈 고유 모델을 개발하기 시작하였다. 특히 증착, 식각장비의 국산화 시도는 고성능 세라믹 제품의 개발에 대한 큰 동력이 되었다. 이후 국내 반도체산업의 성장이 지속됨에 따라 히터와 정전척의 지속적인 업데이트가 있었으며 더불어 챔버 소재에 대한 다양한 코팅이 개발되었다. 대표적인 코팅법인 플라즈마 용사 코팅의 경우 국내수준이 세계 최고수준을 달성하였으며, 새로운 코팅기법인 aerosol deposition(AD), suspension plasma PVD 법도 양산화에 성공하여 각 응용분야별로 널리 사용되고 있다. 이외에도 suspension plasma spray(SPS), atomic layer deposition(ALD) 와 같은 혁신적인 방법도 응용처를 모색하고 있다. 소재 측면에서도 초창기의 Al2O3에서 Y2O3로 발전하였고 이어 YxOyFz 산불화물, 금속-세라믹복합체 등의 적용도 이루어지고 있다. 최근 들어서는 전공정뿐만 아니라 후공정에 필요한 세라믹 소재 및 부품의 활용도 크게 늘어나고 있는 상황이다. 본 발표에서는 이러한 소재의 발달 과정을 개략적으로 소개하며 미래 반도체 산업에서 중요하게 다루어질 세라믹소재의 개발에 대하여 토의하고자 한다.

## MEMO

# 국가첨단전략 산업소재 심포지엄

## S1. 반도체

**Room 325~6, 04월 18일 13:40 - 17:00**



좌장 : **이기영 교수**(홍익대학교)
**배학열 교수**(전북대학교)
S1-1 | 13:45 – 14:15

[Keynote]

**박병국 교수**
(한국과학기술원)

### SOT MRAM 기술과 응용 소자

Magnetic random-access memory (MRAM), actively being developed as one of the next-generation non-volatile memories, offers advantages in endurance, speed, and reduced power consumption. Recently, spin-orbit torque (SOT) has emerged as a new writing technology for MRAM, providing additional benefits such as device reliability, sub-ns operation speed, and versatile gate applicability. This broadens MRAM's applications through advancements in materials and device technologies.

This presentation will initially introduce the principles of SOT, the development of the SOT materials, and the advantages of employing SOT-MRAM. Secondly, various applications of SOT-MRAM will be presented, including processing-in-memory, physically unclonable functions, and probabilistic computing.



S1-2 | 14:15 – 14:45

[Invited]

**박보근 박사**
(한국화학연구원)

## Development of Precursors for the Various Applications

Several metal thin films must be deposited in order to produce semiconductors. ALD and CVD methods are used to generate the metal thin films. In particular, as semiconductors become more deeply integrated and scale down, the significance of ALD is increasing. To generate the metal thin films, precursors—extremely volatile metal compounds—are required. Our research group has been investigating the ligand-based synthesis of new precursors. We used the synthetic strategy for the design of organic ligands on the molecular level to synthesize the desired metal precursors. Particularly, the precursors of aminoalkoxide and N-alkoxy carboxamide showed good volatility and thermal stability, and the ALD thin films confirmed exceptional features. Also, ALD thin films can be used in a variety application, including display, energy, and catalysts. In this session, we will discuss the precursor development and thin film deposition for ALD.

## S1. 반도체

**Room 325~6, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S1-3 | 14:45 – 15:15

[Invited]

**홍영준 교수**
(세종대학교)

### 비공유결합 에피택시에 의한 수직구조의 삼차원 고밀도 이종집적 반도체 소자 제작

1959년, 잭 킬비(J. Kilby)에 의해 발명된 모노리식 미세 반도체 집적회로는 반도체 소자의 고집적화를 위한 기초가 되었다. 이어진 무어의 법칙(1965)은 소자 밀도가 24개월마다 두 배씩 증가한다는 이론으로, 현재까지도 집적도 기술 발전의 기준으로 자리잡고 있다. 최신 집적 기술을 통해 한 칩에 수백억 개의 트랜지스터를 제작할 수 있는 시대에 이르렀다. 최근 전자공학은 메타버스, 인공지능, 빅데이터와 같은 다기능을 필요로 하는 분야에서도 이전의 집적도 한계를 넘어서려는 노력을 기울이고 있으며, 소위 '모어 무어(More Moore)'와 '비욘드 무어(Beyond Moore)'라고 일컫는 목표를 가지고 다기능 이종집적(multifunction hetero-integration)기술 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 이종집적은 주로 인터포저를 활용한 평면적 연결 방식에 의존하고 있으나, 칩간 연결을 최소화하고 면적을 줄이기 위한 수직 적층(vertical stack)기술로의 발전이 예상된다. 이 기술에 의하면 Si, GaAs, GaN, complex oxides 등 다양한 기능을 가진 칩들의 수직적 적층을 가능하게 하여 다기능 이종집적에 이상적인 기술적 방법으로 여겨진다. 이러한 기술발전과 목표를 위해서는 "어떻게 하면 이러한 다양한 소재/소자들을 수직으로 집적할 것인가"에 대한 기술적 방법이 구체적으로 제시될 필요가 있다. 한편, 에피택시(epitaxy) 기술은 단결정성 박막 및 박막 소자 제조에 있어 중요한 역할을 하며, 여러 양자 기능 광 및 전자 소자 (예: single photon emitter/detector, laser diode, quantum cascade laser, high electron mobility transistor, LED 등)의 상용화에 기여해 왔다. 에피택시는 대개 단일 기능의 고성능 소자를 제조하는데 사용되어 왔으나, 최근에는 이종집적을 위해 다층구조의 다중 에피택시법(multi-epitaxy)이 개발되어 두가지 이상의 기능을 가지는 소자들을 수직으로 성장하는 기술이 개발되었다. 그러나 에피택시는 서로 다른 결정 구조 또는 격자 상수 차이를 가진 박막의 성장 시 전위와 균열 발생 등의 문제로 인해 진정한 다중 이종집적이 어려워 상용화가 요원하다. 본 발표에서는 화합물 반도체 에피택시와 포토리소그래피 기반의 반도체 공정의 장점을 살린 수직이종집적 고밀도 반도체 소자 제작에 대해 논의하고자 한다. 하나의 예로써, 화학 결합을 필요로 하지 않는 두 가지 에피택시 방법인 원격 에피택시와 반 데어 발스 에피택시법을 통해 얻어진 박막을 기계적으로 박리하고 박리된 멤브레인 형태의 이종 소재들을 수직으로 쌓는 과정을 통해 5,100 PPI 밀도의 풀컬러 마이크로 LED 수직 픽셀을 제작한 연구결과를 소개하고자 한다.



S1-4 | 15:20 – 15:50

[Invited]

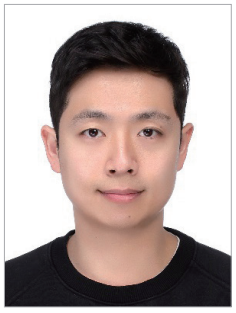
**김태완 교수**
(서울시립대학교)

## Growth and fabrication of 2D TMDs semiconductors for electronic devices

The synthesis of large-area, high-quality 2D TMDs films grown by metal-organic chemcial vapor deposition (MOCVD) is attracting considerable attention owing to their widespread application in industrial optoelectronics, nanoelectronics, and flexible devices. Despite this interest, the precisely controlling the growth of a MoS2 films remains a challenge, specifically in terms of atomic layer number, growth rate, and modulation of electrical properties. In this study, we achieve the wafer-scale growth of a few-atomic-layer MoS2 thin films on SiO2/Si wafer, using organic chalcogen precursors. We investigate the impact of growth conditions, including the S/Mo ratio, ambient gas ratio, and growth pressure, on the optical and electrical properties of MoS2 films. Heterostructures of 2D TMDs have been fabricated for band-to-band tunneling FET and solar cell applications.

## S1. 반도체

**Room 325~6, 04월 18일 13:40 - 17:00**



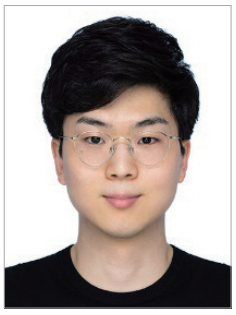
S1-5 | 15:50 – 16:20

[Invited]

**김봉중 교수**
(홍익대학교)

### 광학 분야에서의 전사공정 기법

Transfer printing techniques have advanced the assembly of micro- and nanomaterials into precise, two- and three-dimensional arrangements. These techniques provide versatile ways to apply these materials and structures in integrated functional systems, including flexible electronics, optoelectronics, and high-performance sensing. This chapter covers recent developments in various transfer printing techniques with specific focuses on their mechanisms, fundamental elements, and specific applications in optical systems with various levels of complexity to the mechanical and material factors that govern their operation. This chapter also explores the mechanical and material factors that influence their operation and provides an outlook for their potential in both research and industrial production.



S1-6 | 16:20 – 16:50

[Invited]

**백승헌 박사**
(한국과학기술연구원)

## 재설정 가능한 소자 및 차세대 컴퓨팅을 위한 새로운 MRAM 소재

The emergence of Magnetic random access memory (MRAM) in the market by large semiconductor foundry companies signifies a growing trend towards adopting MRAM in SoC for various applications. Thus further research in improving MRAM technology is required to widen the application of MRAM.

One promising candidate in MRAM advancement is the voltage-controlled magnetic anisotropy (VCMA) phenomenon, which enables the manipulation of magnetic properties via an external voltage source. Although VCMA has been primarily studied to reduce the switching current of MRAM for low-power electronics, it also has the potential to improve the switching speed of MRAM by decreasing the magnetic anisotropy. This new approach offers a promising opportunity to overcome the current performance limitations of MRAM, which has been hindered by its relatively slow write times compared to SRAM. By enabling faster switching speeds, VCMA-based MRAM technology could potentially replace SRAM in a wide range of applications, including high-performance computing and mobile devices.

In this talk, I will discuss about the history of MRAM development, explore various approaches to VCMA in MRAM devices and finally introduce some new materials that can enhance VCMA.

## S2. 이차전지

**Room 321~3, 04월 18일 13:40 - 17:00**



좌장 : **이종원 교수**(한양대학교)
**박민식 교수**(경희대학교)
S2-1 | 13:40 - 14:10

[Keynote]

**이상민 교수**
(포항공과대학교)

### Rational design for Li metal chemistry beyond Li-ion batteries

In the era of the 4th industrial revolution, the battery industry has reached a new era of growth, ranging from the explosive increase in demand for electric vehicles and power storage devices to the aviation battery industry such as electric airplanes and drones. However, this explosive increase in demand further encourages the technological evolution of rechargeable batteries, further requiring research and development activities that go beyond the performance limits of existing lithium-ion batteries.

Technical requirements for rapid charging characteristics, high energy density, and low price, which are the main limiting performance required of lithium ion batteries, have been constantly demanded, and technological progress has reached a considerable level. As the demand for eco-friendly mid- to large-sized electric power surges, the high energy density of lithium ion batteries is still very important above all else, and additional effects such as reducing the price of battery modules and improving fuel efficiency can be expected through this. However, future lithium-ion battery energy density prospects require a new technological paradigm that is completely different from the development history so far. This is because the development of next-generation anode materials represented by silicon and lithium, which have higher storage capacity than NCM cathode oxide materials, which have been major development factors so far, but have high technical difficulty, is highly likely to determine success or failure. In particular, the development of original technology based on lithium metal anode is considered to be most urgent than anything else for the early development of next-generation rechargeable batteries such as lithium-sulfur, lithium all-solid, and lithium-air, in addition to lithium metal rechargeable batteries. Therefore, in this presentation, the various lithium metal chemistry designs and electrochemical performances are considered to maximize the practical reversibility of lithium metal rechargeable batteries.



S2-2 | 14:10 – 14:40

[Keynote]

**정경윤 박사**
(한국과학기술연구원)

## Characteristics Analysis of All-Solid-State Lithium-Sulfur Battery Using Sulfide Based Solid Electrolyte

All-solid-state Li-S batteries (ASSLSBs) have enormous potential as next generation energy storage systems with high gravimetric energy density and safety compared to the currently used LIBs. However, there is a limit to commercialization due to the insufficient understanding of the redox mechanism of sulfide-based cathode active materials in all-solid-state systems. Therefore, a thorough investigation of the redox mechanism for commercialization within a short period of time has become a critical aspect of ASSLSBs research.

Herein, synchrotron X-ray based analytical techniques such as X-ray diffraction (XRD) and X-ray absorption spectroscopy (XAS) are employed to investigate characteristics of composite cathode using sulfide-based solid electrolyte. Based on these analyses, the initial redox mechanisms according to the type of cathode active materials are identified and the detailed experimental methods and comprehensive analysis results will be discussed in the presentation.

## S2. 이차전지

**Room 321~3, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S2-3 | 14:40 – 15:10

[Invited]

**조우석 박사**
(한국전자기술연구원)

### 고에너밀도 구현을 위한 황화물계 전고체전지용 양극 소재 기술

황화물 고체전해질의 높은 이온전도도와 물성에 기인하여, 이를 적용한 전고체전지의 상용화 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 전고체전지의 연구는 핵심 소재인 고체전해질 분야에 많은 집중이 되어 왔으나, 고에너지밀도화를 위해서는 전제 조건이 되는 고에너지밀도의 양극 연구가 중요한 시점이다. 전고체전지의 연구 방향은 기존 LIB에서 적용된 양극 활물질을 포함하는 전지 부재를 적용하려고 하고 있다. 하지만 전고체전지는 기존 LIB와는 달이 전지 전체 반응이 고체 상태 리튬 이온전도에 기인하는 고체/고체 계면 이동을 포함하는 전도 메커니즘을 수용하고 있어, 이에 대한 정확한 이해를 바탕으로 한 양극 소재 및 전극 설계가 이루어져야 한다. 먼저 고용량 Ni-rich 양극 활물질을 수용하되 계면 접합 등 최상의 전도 패스를 구현하기 위한 적합한 활물질의 물성 설계가 중요하다. 또한 전극을 구성하는 물질들의 계면에서의 저항 형성 원인에 대한 이해 및 이를 개선하기 위한 기술도 요구된다. 마지막으로 높은 면적당 용량을 확보하기 위한 후막화 기술의 적용도 요구된다. 본 발표에서는 황화물계 고체전해질 기반의 전고체전지용 양극에서의 소재 및 계면 설계 이슈를 포함하는 양극 소재의 기술 개발 현황에 대하여 논의하고자 한다.



S2-4 | 15:10 – 15:40

[Invited]

**석정돈 박사**
(한국화학연구원)

## Rational Design for Functional Electrodes and Interlayers in Advanced Li-S Batteries

As the demand for large-scale energy storage solutions continues to grow, there is a pressing need for the advancement of next-generation battery technologies. Lithium-sulfur (Li-S) batteries have garnered significant attention as a promising alternative to conventional lithium-ion batteries, primarily due to their high theoretical capacity, abundance of source materials, and cost-effectiveness. However, the practical utilization of Li-S batteries is impeded by several inherent challenges, including low coulombic efficiency, limited rate capability, and poor cycling stability. These issues stem from the intrinsic properties of sulfur, such as its low electrical conductivity, the dissolution of polysulfides in the electrolyte, and undesirable redox shuttling and parasitic reactions. Addressing these challenges necessitates the development of sulfur-carbon composite materials with superior performance characteristics and prolonged cyclability.

In this presentation, we present a scalable chemical synthesis approach for the fabrication of cathode and interlayer materials with enhanced functionality. Our method offers a promising avenue for overcoming existing limitations in Li-S battery technology. By providing a platform for the creation of high-performance Li-S batteries, this research contributes to the advancement of energy storage systems and the realization of sustainable energy solutions.

## S2. 이차전지

**Room 321~3, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S2-5 | 15:40 – 16:10

[Invited]

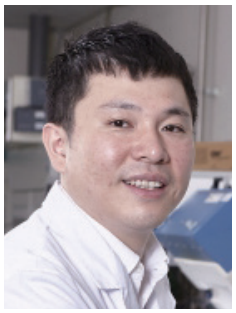
**최원창 교수**
(건국대학교)

### Oxide-based cathode materials and oxycarbide-based composite anode materials for sodium ion batteries

Sodium-ion batteries (SIBs) are considered a reasonable alternative to solve the geopolitical of limited resource problems of Lithium-ion batteries (LIB) because of the abundance of sodium on Earth, which is 1000 times greater than that of lithium. In addition, because SIB are expected to utilize the production process of existing LIB, mass production of SIB can be achieved through existing facilities.

For the cathode materials, various materials such as layered oxides, polyanion materials, or iron cyanide-based materials have been proposed as host materials for SIB application. Among them, Na-layered oxides with O3-type has attracted interest because these materials are similar as currently adopted cathode materials in LIB application. However, these materials exhibit unstable surface properties or experiences weak air or moisture stability after synthesis or during battery operation. Here, utilization of several inorganic-based materials and surface coating techniques as well as the influence of surface-modification on electrochemical performances of cathode materials in SIB application will be addressed.

For the anode materials, the conventional graphite materials in LIB cannot be utilized in SIB application because of large size of sodium ion, and other carbonaceous materials such as had carbon is not satisfactory in terms of capacity, voltage, and columbic efficiency. In this regard, alloying-based high capacity materials has been investigated in spite of severe volume expansion. In this presentation, several strategies to suppress volume expansion by introducing ceramic-based matrix materials will be addressed.



S2-6 | 16:10 – 16:40

[Invited]

**송태섭 교수**
(한양대학교)

## Dry processing for LIB cathode with high energy density

In the current growth of the electric vehicle (EV) market, roll-to-roll dry coating process has emerged as a practical approach for mass-production of high-thick electrodes, paving the way for cost-effective and high-energy-density Li-ion batteries (LIBs). However, as the thickness of the electrode becomes greater, ionic resistances dramatically increase due to extended diffusion lengths for Li-ion and electron. This is attributed to the non-uniform distribution of electrode components and severe fractures of cathode active material during the dry coating process. Therefore, it is important to manipulate the microstructure of the electrode. In this study, we identified the factors associated with the increase in ionic resistance through electrochemical analysis. Subsequently, engineering of material and process parameters was conducted to optimize the microstructure of the dry electrode. Finally, we successfully developed a 10mAh cm-2 dry electrode with low ionic resistances, exhibiting the enhanced of Li+/e- kinetics.

## S3. 우주항공

**Room 121~2, 04월 18일 13:40 - 17:00**



좌장 : **류성수 박사**(한국세라믹기술원)
**장세규 박사**(한국과학기술연구원)
S3-1 | 13:40 – 14:20

[Keynote]

**한정열 박사**
(한국천문연구원/과학기술연합대학원대학교)

### Development of ceramic materials for large reflected optical systems

For deep space observations, it is necessary to observe extremely faint light sources to obtain enough valid data to obtain information about astronomical objects. In order to acquire sufficient information from extremely small light sources, large reflected optical systems must be developed with large apertures. However, as the mirror size increases, the structure becomes larger, and the volume and weight of the entire system increases in proportion to the size of the structure, so the mirror and structure materials must be lightweighted and have good structural properties with high rigidity. In order to realize the 30-meter class ground-based telescope and 6-meter class space optical system currently being investigated for space observation, it is necessary to develop new materials that reflect the requirements of structural stability and light weight. In other words, it is necessary to have sufficient rigidity and excellent weight reduction properties to reduce weight, and at the same time, it is necessary to have polishable properties so that it can be used as an optical surface. In this presentation, we will share the current status of the development of large reflected optics for space observation and introduce the progress and prospects of developing ceramic materials for the development of new materials.

S3-2 | 14:20 – 14:50



[Invited]

**김세영 박사**
(한국에너지기술연구원)

## 우주발사체용 탄소섬유 강화 탄화규소 복합소재

우주발사체용 섬유강화 세라믹 복합소재 (Ceramic Matrix Composites, CMC)는 우수한 고온 강도와 파괴 인성을 지닌다. 주로 탄소섬유 또는 탄화규소 섬유를 이용한 C/SiC 또는 SiC/SiC 소재로 우주발사체의 고온 부품에 적용된다. 현재 사용 중인 Ni계열 합금은 900oC 부근이 내열 한계이지만 (무냉각), CMC는 약 1300oC 이상에서 사용 가능하여 우주선 및 발사체의 재진입 열차폐와 추진기관의 노즐 등 극한 고온에 노출되는 부품에 적용되고 있다.

금속 사용 시 고온 저항성 향상을 위해 부품에 연료를 이용한 냉각 시스템을 적용하는 것이 일반적이지만 이는 무게와 발사 비용의 증가로 이어진다. 그러나 CMC 적용 시 냉각 장치가 필요하지 않아 우주발사체에 추가적인 화물 이동과 발사 비용 저감의 이점이 있을 뿐만 아니라, 우수한 고온 내구성으로 발사체의 재사용에도 기여 할 수 있다.

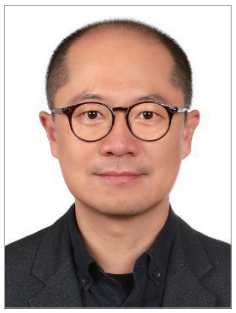
해외에서는 유럽 EADS가 Ariane5의 엔진에 C/SiC 노즐을 적용하여 경량화 40%와 6,000초의 내구성을 확인했고, 미국 NASA는 CMC를 우주비행체에 적용하여 고온 열 관리 시스템의 최소화와 경량화 기술을 확보 하였다. 독일 DLR은 재사용이 가능한 발사체 추진 시스템 개발에 냉각이 필요없는 CMC 노즐과 연료 인젝터를 개발 중에 있다.

국내 극한환경용 CMC 산업은 선진국 대비 기술력이 70%로 평가되며 국내 시장 규모는 100억원 이내로 방위산업 외에는 활성화되지 못하고 있다. 현재 방산분야 중심 연구와 일부 출연연 및 대학을 통한 연구개발이 진행 중이며, 민수용 항공기 및 우주 발사체에 적용 가능한 CMC 복합소재 내열 부품 개발도 최근 소재부품개발사업에서 진행 중이다.

최근 소형위성 및 우주 탐사 수요가 급증하고 있으며, Space-X의 재사용 가능한 발사체를 통해 발사 단가를 현저히 낮추어 대량 위성 발사에 성공하였다. 이를 위해서는 극한환경에서 충분한 내구성을 갖는 내열구조소재의 개발이 필요하며, 이는 국내 스타트업 발사체 기업의 경쟁력 강화와 국방 기술의 고도화에 기여할 것으로 기대된다. 특히, CMC 소재의 국내 연구 개발 지원이 시급하며, ITAR 규제로 인해 국내 기술의 도입과 교류가 중요한 과제로 부각되고 있다. 본 발표에서는 이러한 CMC 소재 동향과 국내 연구 개발의 중요성에 대해 논의하고자 한다.

## S3. 우주항공

**Room 121~2, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S3-3 | 14:50 – 15:20

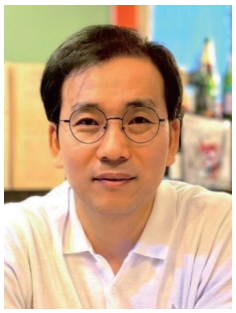
[Invited]

**김성원 박사**
(한국세라믹기술원)

### Fabrication and characteristics of ceramic insulation materials for reusable TPS applications

Thermal protection systems(TPS) are group of materials essential in order to protect spacecraft from the aerodynamic heating experienced during re-entry into an atmosphere or hypersonic flight. Among candidate materials for TPS applications, ceramic insulation materials are ones for reusable TPS.

In this study, we report the development of ceramics insulation materials, such as FRCI(Fibrous Refractory Composite Insulation), which are fabricated by using ceramic fiber and additives via typical ceramics processing. Some issues on processing difficulties are reported in order to produce properly fabricated RSI(Reusable Surface Insulation).



S3-4 | 15:20 – 16:00

[Keynote]

**문세연 교수**
(전북대학교)

## 우주항공용 초고온세라믹 소재 개발 및 평가 연구

최근 국내외적으로 우주 항공 분야 적용을 위한 발사체 및 위성 기술에 대한 수요와 개발이 급성장하고 있다. 다만 지구귀환이나 심우주 탐사와 같은 비행체가 극한환경에 노출되는 상황에 대한 연구는 여전히 기초 수준에 머물러 있으며, 특히 극한 우주환경 또는 극초음속 환경에 적용될 수 있는 초고융점 표면 소재의 개발은 발사체, 로켓 추진 및 지구 재진입, 초고속 항공기 등의 개발을 위해 필수적으로 선행되어야 한다. 이러한 초고융점 소재중 다양한 장점으로 인해 융점이 2000도 이상을 가지는 초고온세라믹 (UHTC, ultra-high temperature ceramics)에 대한 관심이 증가하고 있다. 다만, 용융점이 높아 형상 제어의 어려움이 있으며, 세라믹 특성상 낮은 파과인성과 높은 열팽창계수로 인해 열충격에 약하고, 금속탄화물 혹은 금속산화물 기반 소재 특성상 고중량 문제를 해결해야 한다. 따라서 본 발표에서는 초고온세라믹의 단점을 최소화하면서 그 장점을 적용할 수 있는 다양한 초고온세라믹 기반 소재의 활용 방법을 소개하고, 그 중 고온플라즈마를 이용한 탄소복합재 상에 초고온세라믹을 코팅하는 기술 현황을 소개한다. 또한 개발된 초고온세라믹 소재 및 부품을 극한환경에 적용할 수 있도록 지상모사 시험을 통해 우주환경과 유수한 고온산화환경의 구현 방법과 이러한 환경에서 초고온세라믹 소재의 평가 방법 및 결과 분석을 통한 우주항공용 초고온소재 및 부품 개발의 최적화 과정도 함께 소개한다.

## S3. 우주항공

**Room 121~2, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S3-5 | 16:00 – 16:30

[Invited]

**조영준 박사**
(한국항공우주연구원)

### 위성용 우주급 반도체 소자의 기술 특징 및 개발 동향

우주에서 임무를 수행하는 위성시스템은 고장 수리가 불가능한 환경에서 운용되므로 시스템의 신뢰도를 좌우하는 능동 및 수동소자들에 대해 높은 신뢰도를 요구한다. 또한 이러한 소자들은 가혹한 우주환경을 견딜 수 있어야 하며 특히 반도체 능동소자들은 다양한 우주방사선입자들에 대한 내성과 보호가 필요하다. 전장품 내에서 핵심 기능을 담당하는 우주용 반도체 소자들이 지상용 소자들과 다른 차이점과 주요 특징들에 대해 설명하고 기술적 개발 동향에 대해 다루고자 한다.



S3-6 | 16:30 – 17:00

[Invited]

**장세규 박사**
(한국과학기술연구원)

## Boron Nitride Nanotube as an Advanced Ceramic Material for Space Applications

Space radiations such as galactic cosmic ray (GCR) and solar particle have been considered as an obstacle for long-term exploration of astronauts because their significant impact on human health and electronic device causing malfunction. Boron nitride nanotube (BNNT) has been drawing attention as a future space material due to its effective attenuation capability of secondary neutrons typically present in the space environment as well as its specific mechanical strength and high temperature tolerance. Here, we introduce recent BNNT researches in KIST including BNNT synthesis, polymeric/ceramic composite fabrication, and fiber fabrication using BNNT liquid crystal. In addition, neutron shielding capability of BNNT composites and their use for space shielding material will be introduced.

## S4. 디스플레이

**Room 123~4, 04월 18일 13:40 - 17:00**



좌장 : **오누리 교수**(한양대학교)
**이보람 교수**(성균관대학교)
S4-1 | 13:40-14:10

[Keynote]

**장은주 교수**
(성균관대학교)

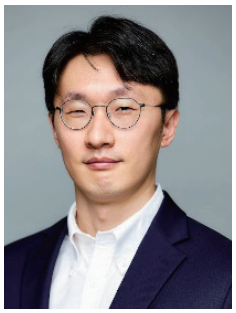
### Perspectives on Current display technology: Why and How QD emerged

Through the research on novel quantum dot materials, we have successfully produce the materials in large scale and integrated them into the consumer electronics sector, particularly in the display industry. Advancing practical devices with state-of-the-art technology required many approaches such as technological capabilities, environmental impacts, market size, cost factors, supply chains, and patent portfolio.

As for the field of display technology, significant advancements have been made in resolution, color reproduction, dimensions, exterior design, and intelligent connectivity, all of which aimed at enhancing user experiences. Industry trends have led to the development of large-scale TVs, IT and autonomous displays, wearables, and applications in augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) using mini-LED, OLED, and u-LED in most cases depending on their technological limitations in each type of backplane.

Quantum dots offer numerous advantages for display applications. The first generation of color-converting QD films has been widely adopted in current major LED TV applications due to their highly saturated colors. Additionally, the second generation of QD display with QD color filters has been released using blue OLED backlights, providing a wide color angle and great contrast ratio. These achievements have significantly enhanced our understanding of the fundamental science and established quantum dots as a foundational technology for future applications.

In this presentation, I would like to share the experiences in developing the quantum dot materials and display products. Furthermore, I will discuss current competing display technologies and explore potential future directions in the field.



S4-2 | 14:10 – 14:40

[Invited]

**임재훈 교수**
(성균관대학교)

## Managing electronic defects for efficient quantum dot light-emitting diodes

Colloidal quantum dot-based light-emitting diodes (QD-LEDs) have demonstrated rapid progress in terms of peak efficiency and brightness and are now poised for the development of next-generation displays for augmented and/or virtual reality. This presentation focuses on a comprehensive analysis and strategies to realize efficient and stable all-inorganic QD-LEDs. The energy landscape of QLEDs reveals that the defect states in charge transport layers and QDs influence the development of the potential landscape of QD-LEDs and their corresponding electrical and spectroscopic behaviors. Our spectroscopic investigation revealed that the zinc vacancy in the zinc chalcogenides shell, incorporated during shell growth, behaves as a hole trap, lowering quantum yield. However, the compressive strain developed by the outermost shell can deactivate its involvement in the exciton recombination process. Additionally, we unveiled the spatial distribution of cationic vacancies in NiO-based inorganic hole transport materials. Passivation of the Ni vacancy on NiO nanoparticles allowed us to manipulate their transport behavior. Comprehensive defect management in all-inorganic QD-LEDs demonstrated a record efficiency of 16.3% and peak brightness exceeding 200,000 nit.

## S4. 디스플레이

**Room 123~4, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S4-3 | 14:40 – 15:10

[Invited]

**최문기 교수**
(울산과학기술원)

### Intrinsically stretchable multifunctional displays

Multifunctional displays are actively explored as prospective human–machine interfaces. This exploration is fueled by their ability to deliver unparalleled functions in a compact design. Despite their potential, the current application of these displays is confined to visualizing mechanical/electrical signals in light. In this study, we introduce a stretchable high–resolution multicolor synesthesia display, capable of producing synchronized sound and light as input/output sources through transfer–printing. The transfer–printed emissive composite enhances the optical performance and refines the sound pressure level of the display. Thanks to the inherent stretchability of the device, our synesthesia display can operate reliably under both static and dynamic deformation without distorting the sound relative to the input waveform. We showcase the practicality of user–interactive synesthesia displays for visual–acoustic encryption, facilitating advanced encryption techniques, and multiplex QR codes that seamlessly connect multiple domains using a single device.



S4-4 | 15:20 – 15:50

[Keynote]

**이정용 교수**
(한국과학기술원)

## Brightening deep-blue perovskite light-emitting diodes

High-purity deep-blue perovskite light-emitting diodes (PeLEDs) are crucial for the development of next-generation displays that meet the Rec. 2020 standard. However, achieving stable deep-blue emission is challenging due to halide vacancies in mixed-halide perovskite materials, particularly chloride vacancies which form easily and lead to bandgap instability and diminished LED performance. In this study, we introduce a strategy aimed at chloride vacancy passivation (CVTP) employing ligands with sulfonate groups of varying chain lengths. These sulfonate groups strongly bind to Pb(II) ions, effectively filling the vacancies. This approach effectively mitigated phase segregation and produced color-stable deep-blue PeLEDs with an emission peak at 461 nm and a luminance of 2,707 cd/m2, among the highest reported for Rec. 2020 compliant deep-blue PeLEDs. Additionally, we report an improvement in external quantum efficiency up to 5.68%, which is significantly influenced by the length of the ligand chains.

## S4. 디스플레이

**Room 123~4, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S4-5 | 15:50 – 16:20

[Invited]

**조정호 교수**
(연세대학교)

### Wafer-scale transistor arrays fabricated using slot-die printing of molybdenum disulfide and sodium-embedded alumina

Two-dimensional materials made via solution processing could be used to create next-generation electronic devices at scale. However, existing solution processing methods typically have a trade-off between scalability and material quality, which makes them unsuitable for practical applications. Here we show that wafer-scale arrays of molybdenum-disulfide-based transistors can be fabricated using a commercial slot-die printing process. We create inks of molybdenum disulfide nanosheets and sodium-embedded alumina for printing of the semiconductor and gate dielectric layer, respectively. The transistors exhibit average charge carrier mobilities of 80.0cm2V−1s−1 in field-effect transistor measurements and 132.9cm2V−1s−1 in Hall measurements at room temperature. The high charge carrier mobility is attributed to the sodium-embedded alumina gate dielectric, which causes a band-like charge carrier transport in the molybdenum-disulfide-nanosheet-based thin-film networks. We use the transistors to create various logic gates, including NOT, NOR, NAND and static random-access memory.



S4-6 | 16:20 – 16:50

[Invited]

**정순문 박사**
(대구경북과학기술원)

## Touch, Press, Stretch-driven Light Generation: Mechanoluminescence in Zinc Sulfide Microparticle-embedded Polydimethylsiloxane Films

Mechanoluminescence (ML) is a unique phenomenon wherein light emission occurs upon pressing or rubbing a material. In particular, unlike traditional luminescence, which typically requires electricity or light (i.e., EL or PL), ML occurs spontaneously in response to mechanical stimuli. Thus, it offers a sustainable optical solution without batteries, promising next-generation sustainable applications. However, traditional ML phenomena require substantial particle pressure and pre-irradiation with UV/blue light, posing significant barriers to widespread applications. In this presentation, I will introduce a novel approach enabling gentle touch, press, or stretch-driven ML from the ZnS:Cu/PDMS composite system, obviating the need for photo-excitation. Over the past decade, diverse applications utilizing ZnS:Cu/PDMS composites have emerged, including full-color ML displays, self-powered ML textiles, human interactive sensing systems, artificial skin constructs, dual-mode energy conversion devices, 3D printable ML systems, and human-computer interaction interfaces. Lastly, I will discuss the underlying mechanisms and future prospects for these advancements.

## S5. 수소&탄소중립

**Room 125~6, 04월 18일 13:40 - 17:00**



좌장 : **백정민 교수**(성균관대학교)
**박혜성 교수**(고려대학교)
S5-1 | 13:40 – 14:10

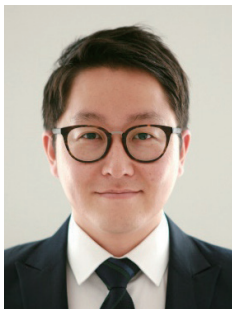
[Keynote]

**박지훈 박사**
(한국화학연구원)

### 지속가능한 미래를 위한 CCU 화학전환 기술

이번 발표에서는 탄소중립 달성과 산업의 지속가능한 미래를 위해 필요한 CCU 기술을 소개하고, 온실가스 저감이라는 측면에서 CCU 기술의 핵심 역할에 대해 논의해 보고자 합니다. 특히, CCU 화학공정 기술에 투입되는 에너지의 중요성을 강조하며, 효율적이고 지속 가능한 에너지원의 필요성을 부각하고자 합니다. 재생에너지와 직접 연계할 수 있는 CCU 공정으로 전기화(electrification) 전환의 중요성을 살펴보고, 수소를 포함한 신재생 에너지와의 통합을 통해 $CO_2$를 에너지 저장 매체인 탄소 연료로 전환하는 솔루션으로 고려해보고자 합니다.

S5-2 | 14:10 – 14:40



[Keynote]

**오형석 박사**
(한국과학기술연구원)

## 탄소중립을 위한 전기화학적 $CO_2$ 전환 e-Chemical 생산 연구

최근 탄소중립의 이슈로 온실가스인 $CO_2$를 저장 또는 저감하기 위한 연구가 많은 관심을 받고있다. $CO_2$를 전환하는 연구는 크게 화학적 전환, 생물학적 전환, 광물화로 구분할 수 있으며, 본 발표는 화학적 전환 중 전기화학적으로 전환하는 연구의 최근 연구동향 및 연구 결과들에 대해서 발표 하려한다. 'e-Chemical'은 전기에너지의 전자를 활용하여 생산되는 고부가 화합물을 의미하며, 본 발표에서는 $CO_2$에 집중하여 발표할 계획이다. 전기화학적 $CO_2$ 전환은 일반적으로 2-전자 반응인 일산화탄소(CO) 및 개미산염(formate)를 생산하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 환원 반응에 대응하는 물산화 전극에대한 연구도활발히 진행되고 있다. 두 산화-환원반응은 느린 반응으로 이로인해 과전압이 많이 인가되는 문제점이 있으며, 이를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 본 발표에서는 실시간 분석플랫폼을 활용하여 반응 메커니즘 및 내구성 저하 원인을 관찰하고 설명 할 예정이다

## S5. 수소&탄소중립

**Room 125~6, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S5-3 | 14:40 – 15:10

[Invited]

**김정규 교수**
(성균관대학교)

### Rational Design of Oxide Photoanodes for Highly Effective Photoelectrochemical Reactions for CCUS

Transition Metal-based Materials for Highly Effective Solar-to-Electrochemical Conversion toward Carbon Neutrality
Achieving carbon neutrality through solar-to-electrochemical conversion represents a critical step towards sustainable energy storage and conversion. Transition metal-based materials play a pivotal role in facilitating this conversion process by serving as efficient catalysts. In this presentation, we focus on the rational design of transition metal-based materials tailored for two key reactions: electrochemical $CO_2$ reduction and photoelectrochemical oxidation. These reactions offer promising pathways for producing multi-carbon chemicals and value-added chemicals, respectively. We delve into the design principles behind these materials, considering factors such as electronic structure, surface morphology, and catalytic activity. Through a combination of experimental synthesis and various material characterizations, we explore strategies to enhance the efficiency and selectivity of these catalysts, aiming to maximize solar-to-chemical conversion efficiency. Our findings highlight the potential of transition metal-based materials in advancing solar-driven chemical synthesis and contributing to the realization of a carbon-neutral energy landscape.



S5-4 | 15:30 – 16:00

[Keynote]

**유성종 박사**
(한국과학기술연구원)

## Innovations in Phosphide-Based Catalysts for Efficient Hydrogen Production for AEMWE

In this study, we explore the efficacy of Phosphide-Based Catalysts for Anion Exchange Membrane Water Electrolysis (AEMWE), focusing on the hydrogen evolution reaction (HER). We employed Se-doped Ru2P nanotubes, Heusler-type PtRuP2 double-walled nanotubes, and Ir2P clusters on Ru2P hollow nanotubes as catalysts. These novel catalysts demonstrated superior performance and durability compared to the conventional commercial PtRu/C catalysts. Significantly, they also reduced the usage of expensive noble metals, addressing both economic and environmental concerns. This research highlights the potential of atomically ordered mixed-metal compounds to enhance synergistic interactions between catalytic centers, each playing distinct roles. Our findings are particularly important in overcoming the sluggish reaction kinetics commonly associated with non-acidic HER in AEMWE. The results suggest a promising pathway for developing more efficient, cost-effective, and durable catalysts for hydrogen production, contributing to the advancement of clean and sustainable energy solutions.

## S5. 수소&탄소중립

**Room 125~6, 04월 18일 13:40 - 17:00**



S5-5 | 16:00 - 16:30

[Keynote]

**박구곤 박사**
(한국에너지기술연구원)

### 탄소중립과 수소사회에 대응하는 수소연료전지 기술 및 핵심소재 개발 방향

탄소중립 사회 구현이라는 목표를 향해서 전 세계적인 협력과 경쟁이 치열하게 진행 중이다. 민간 차원의 친환경 가이드라인으로 제시되었던 RE100, 24/7 CFE 등이 최근에는 미국의 인플레이션감축법(IRA)과 같이 구체적인 규제화로 확산되고 있다. 우리나라도 CF100 이라는 보다 현실적인 대안을 제시하며 지속가능한 발전을 지지하고 있다. 무탄소 혹은 탄소 배출을 극소화하는 전력생산에 대한 요구는 점점 커지고 있으며, 2050년 혹은 그 이후에는 세계적으로 태양광, 풍력 등 재생에너지에 의한 전력 생산 비율은 증가할 수 밖에 없는 상황이다. 2050년 탄소중립 목표달성에 수소 분야의 기여율은 약 20% 내외로 추산되고 있는데, 수소를 연료로 활용하여 직접 전력을 생산하는 분야의 기여도가 매우 크다. 또한 급격한 재생에너지 확대 과정에 전력망의 안정성을 확보하는 것은 반드시 필요하며, 그 과정에 수소 및 연료전지는 전력 생산의 간헐성을 조정하는 핵심기술로 판단된다. 수소사회로 진입하는 과도기에는 개질가스 혹은 회색수소(Grey Hydrogen)가 연료용 수소의 대부분을 차지하지만, 미래에는 재생에너지 보급증대와 그린수소 생산이 늘어나며 기존 탄화수소계 연료는 순수 수소기반 연료로 변화할 것으로 예상된다. 에너지 저장 및 이송 매체로써 수소를 대규모 연료전지 시스템에 직접 활용하는 경우, 기존 시스템 대비 보다 높은 효율 조건에서 연료전지 발전이 가능하다. 하지만 그로 인한 소재의 내구성 및 부품 최적화는 반드시 풀어야 할 숙제이다. 에 본 발표에서는 이런 사회-기술적 변화를 살펴보고, 미래 친환경 수소 연료를 사용하는 연료전지와 그 핵심소재/부품/시스템 개발 현황을 공유하고자 한다.



S5-6 | 16:30 – 17:00

[Keynote]

**최승목 박사**
(한국재료연구원)

## Superior performance and stability of anion exchange membrane water electrolysis: non-precious catalyst, MEA, and stack

In this study, Co-based non-precious group metal (PGM) oxide electrocatalysts were synthesized for the oxygen evolution reaction (OER) using co-precipitation, electro-deposition method, and so on. These catalysts were subsequently applied as anode electrodes in an anion exchange membrane water electrolyzer (AEMWE). We easily and creatively developed nano-sized Co-based oxide catalysts with abundant oxygen vacancies, large electrochemical surface area, morphology control, and electronic modification by using several synthesis methods. As a result, the catalyst demonstrated superior catalytic activity and long-term stability in half-cell tests. Recent reports have mainly focused on the catalytic activity of electrocatalysts in half-cell tests. However, it is crucial for electrocatalysts to exhibit excellent performance in full cells to achieve commercial viability. The AEMWE cell's performance surpassed that of any previously reported AEMWE cells, even when compared to those using IrO2 as an anode catalyst.

## MEMO

# 구두발표

# 2024년 4월 17일(수)

## G1A : 전자 세라믹스
Room 321, 04월 17일 09:00 - 12:00
좌장 : 박준홍 교수 (경상국립대학교)

**G1A-1 | 09:00-09:10**

카이랄리티 조절을 통한 카이랄 스핀밸브의 상온 MR 증가

황인국[1], *박병국[1]
[1]한국과학기술원

**G1A-2 | 09:10-09:20**

Increased Sensitivity of MXene via Lignin Hybridization for Chemiresistive Sensor

DEVARA I Ketut Gary[1], *PARK Jun Hong[1]
[1]Gyeongsang National University

**G1A-3 | 09:20-09:30**

Mimicking IR visionary system via 0D-2D heterojunction of InAs QD/WSe2 artificial Synapse

SHIM Soobin[1], KIM Seongchan[2], OH Nuri[2], *PARK Jun Hong[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Hanyang University

**G1A-4 | 09:30-09:40**

2차원 전이금속칼고게나이드를 기반으로 한 2D 이종구조의 형성 및 광전기적 특성 분석

장수희[1], *박원일[1]
[1]한양대학교

**G1A-5 | 09:40-09:50**

Investigation of $(1-x)Pb(Zr, Ti)O_3-xPb(Zn_{0.4}Ni_{0.6})_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ piezoceramics with R-PC-T multistructure

LEE Geun-Soo[1], KIM Jung-Soo[1], KWAK San[1], *NAHM Sahn[1]
[1]Korea University

**G1A-6 | 09:50-10:00**

계면제어를 통한 배향세라믹 제조 및 압전물성 분석

*박선화[1], 민유호[1]
[1]경북대학교

**G1A-7 | 10:00-10:10**

Atomic Layer Deposition of Yttrium Oxide for High Plasma Resistance of 3D Etch Chamber Coatings

전준혁[1,2], 김현미[1], 장성규[1], 김혜영[1,2], 박창섭[3], 이용수[3], 염근영[2], 최재붕[2], *김선길[1], *김슬기[1], *김형근[1]
[1]한국전자기술연구원, [2]성균관대학교, [3](주)코미코

**G1A-8 | 10:10-10:20**

Development of self-rectifying and self-powered ReRAM memristor utilizing crystalline NN thin film grown on SNO nanosheets at low temperature

김인수[1], 김범주[1], 채석준[1], *남산[1]
[1]고려대학교

**G1A-9 | 10:30-11:00 [Invited]**

Real Time Observation of Halide Segregation and defect chatacterization in Mixed Halide Perovskite Solar Cells

*YOON Yohan[1], *LEE Sangwook[2]
[1]Korea Aerospace University, [2]Kyungpook National University

**G1A-10 | 11:10-11:20**

Templated Grain Growth (TGG) of Acceptor doped hard piezoelectric ceramics for High-power applications

KIM Minwoo[1,2], LEE Dong-Gyu[2], KANG Chong-Yun[2], NAHM Sahn[1], *SONG Hyun-Cheol[2]
[1]Korea University, [2]Korea Institute of Science and Technology

**G1A-11 | 11:20-11:30**

Ytterbium doping에 의한 용액 공정된 IZO TFT의 작동안정성 및 전기적성능 저하의 향상

황보경[1,2], 김현우[1,3], 이보람[1,2], 박은진[1,2], 안지향[1], *허수원[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교, [3]한양대학교

**G1A-12 | 11:30-11:40**

PZT-PNN 압전 세라믹의 [001] 텍스처링 후 향상된 압전 특성과 결정 구조의 상관관계

김정소[1], 이건수[1], 김승현[1], 곽산[1], *남산[1]
[1]고려대학교

**G1A-13 | 11:40-11:50**

Self-rectifying and artificial synaptic characteristics of amorphous $Ta_2O_5$ thin film bilayer memristor

김범주[1], 김인수[1], *남산[1]
[1]고려대학교

**G1A-14 | 11:50-12:00**

전장 MLCC용 BNT계 유전체의 A-site 도핑에 따른 전기적 특성의 결함화학적 규명 및 Prototype MLCC 제조

이정원[1], 박홍우[1], 하송아[1], 황경미[1], 이주현[2], 조욱[2], 김명호[1], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]울산과학기술원

## G2A : 에너지 환경 세라믹스
## Room 322, 04월 17일 09:00 - 12:00
## 좌장 : 이찬우 박사(한국에너지기술연구원)

**G2A-1 | 09:00 – 09:15**

Inkjet Printing of Protonic Ceramic Fuel Cells

CHANG Wanhyuk[1], KANG Sungmin[1], OH Kyung Ho[1], *SHIM Joon Hyung[1]
[1]Korea University

**G2A-2 | 09:15 – 09:30**

Inkjet-Printed $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ Cathodes for Large-Area Solid Oxide Fuel Cells

OH Kyung Ho[1], *SHIM Joon Hyung[1]
[1]Korea University

**G2C-12 | 09:30 – 09:45**

Study on mechanism of inorganic photochromic and thermochromic thin films

*김서한[1], *송풍근[2], *OESTERLUND Lars[1]
[1]Uppsala University, [2]부산대학교

**G2A-4 | 09:45 – 10:00**

A-site 및 B-site 도핑을 통한 $PrBaFe_2O_{5+\delta}$ 전극 기반 고체 산화물 셀의 연료 전지 및 이산화탄소 전해전지 성능 향상 연구

이현진[1], 손승재[2], 김성균[1], 최수민[1], 김민규[3], *신태호[3], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]충북대학교, [3]한국세라믹기술원

**G2A-5 | 10:00 – 10:15**

Anode-supported solid oxide fuel cell에서 메탄사용의 구동 조건 도출 및 가스크로마토그래피를 이용한 구동 중 메탄 침적 거동 분석

안혜송[1], 남경덕[1], 홍종은[2], 이종호[3], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원, [3]한국과학기술연구원

**G2A-6 | 10:15 – 10:30**

공기극 지지체 SOFC의 redox cycle 특성 연구

남경덕[1], 임기성[2], 김유찬[2], 주현철[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]인하대학교

**G2A-7 | 10:30 – 10:45**

Highly Active, Stable Ru-free Anode for Direct Ammonia Solid Fuel Cells: Enhanced Performance through Donor-Promoted NiFe Alloy Catalyts

LEE WonJun[1], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University

**G2A-8 | 10:45 – 11:00**

니켈 나노입자: 세리아(Ceria) 전극의 전기화학 반응 향상을 위한 핵심 요소

홍지호[1,2], *손지원[1,2], *양성은[1]
[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원

**G2A-9 | 11:00 – 11:15**

Investigating effect of phase change on $BaCo_{0.85}Y_{0.15}O_{3-\delta-x}F_x$ as an efficient cathode material for solid oxide fuel cell

ROH Seungwoo[1], KIM Hyunseung[1], YU Hyeongmin[1], *LEE Kangtaek[1], *JUNG Woochul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**G2A-10 | 11:15 – 11:30**

프로톤 전도성 산화물 전지 연료극의 반응 활성점 및 반응경로 탐구

김진욱[1], 남성우[1], 안세종[1], 김현승[1], 김준혁[2], 정범균[3], DiChen[4], *정우철[1]
[1]한국과학기술원, [2]성균관대학교, [3]한국기초과학지원연구원, [4]Tsinghua University

**G2A-11 | 11:30 – 11:45**

페로브스카이트 산화물 표면 비정질화 및 나노촉매 형성을 통한 고온 산소환원반응 개선

전성현[1], 정완길[2], 배호한[3], BARNETT Scott A.[3], 서종수[4], 김봉중[5], *정우철[1]
[1]한국과학기술원, [2]한국기초과학지원연구원, [3]Northwestern University, [4]한국에너지기술연구원, [5]광주과학기술원

**G2A-12 | 11:45 – 12:00**

Revealing the Crucial Role of Metal Oxide Infiltration in Regulating Surface Oxygen Exchange Activity of Perovskite Oxides

KIM Hyunseung[1], SEO Han Gil[2], AHN Sejong[1], TULLER Harry L.[3], *JUNG WooChul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Dankook University, [3]Massachusetts Institute of Technology

# 2024년 4월 17일(수)

## G3A : 엔지니어링 세라믹스
**Room 323, 04월 17일 09:00 - 11:30**
**좌장 : 전상채 교수 (국립창원대학교), 김동석 박사 (한국원자력연구원)**

**G3A-1 | 9:00-9:15**

Microstructural evolution in spark plasma sintered $Y_2O_3$ ceramics depending on the mold set-up

LEE Ji-Hwoan[1,2], MORITA Koji[2], *LEE Sea-Hoon[1]
[1]Korea Institute of Materials Science, [2]National Institute for Materials Science

**G3A-2 | 09:15-09:30**

PIP법 적용을 위한 산화계 지르코늄계 전구체 합성

소재일[1], 이건호[1], 박민성[1], 정상현[1], 저우원[1], *이세훈[1]
[1]한국재료연구원

**G3A-3 | 09:30-09:45**

알루미나의 미세구조 및 물리적 특성 제어를 위한 방법에 관한 연구

손희진[1,2], 장혜정[1,2], 문영국[1], 김정환[1], 차현애[1], 최종진[1], 한병동[1], *이정우[2], *안철우[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

**G3A-6 | 10:30-10:45**

PEEK (Poly ether ether ketone)의 3D프린팅 특성을 통한 복합체의 점탄성 거동

권오은[1,2], 백인우[1], 박수진[1], *배창준[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

**10:00-10:15** Coffee Break

**G3A-7 | 10:15-10:30**

3D Printed Battery Fabricated by Extrusion-based Additive Manufacturing for Fast Li-ion Transport

LI Yangyang[1,2], GAO Binghuan[1,2], PARK Sujin[1], *BAE Chang-Jun[1,3]
[1]Korea Institute of Materials Science, [2]Pusan National University, [3]University of Science and Technology

**G3A-5 | 10:30-10:45**

$TiO_2$ 첨가에 따른 동결 주조 다공성 $Al_2O_3$의 저온 치밀화 촉진

오종원[1], 김성현[1], 홍상민[1], 김종원[1], 문경석[2], *전상채[1]
[1]국립창원대학교, [2]경상국립대학교

**G3A-8 | 10:45-11:00**

고함량 $Gd_2O_3$를 첨가한 $UO_2$ 핵연료의 O/M(U,Gd)$O_{2+x}$ 변화에 따른 열전도도 특성평가

이지환[1,2], 양재호[2], *김동석[2], 김동주[2], 윤지해[2], 신동욱[1]
[1]한양대학교, [2]한국원자력연구원

**G3A-9 | 11:00-11:30 [Invited]**

장섬유 강화 CMC 복합체 물성 평가의 ISO 표준화: 복합체 튜브의 C-ring 강도

*박지연[1], 김원주[1]
[1]한국원자력연구원

## G5 : 바이오 세라믹스
**Room 324, 04월 17일 09:00 - 12:00**
**좌장 : 이주헌 교수(한양대학교), 이준석 교수 (한양대학교)**

**G5-1 | 09:00-09:15**

자가조립단분자층을 활용한 전사인쇄공정을 통한 친환경적인 생분해성 전자소자의 제작방법

이승민[1], 이우진[1], *강승균[1]
[1]서울대학교

**G5-2 | 09:15-09:30**

란타나이드-도핑된 나노 물질을 이용한 생체분자 진단 및 다양한 생물학적 응용

강동규[1], *이준석[1]
[1]한양대학교

**G5-3 | 09:30-09:45**

등온증폭 및 압타머 탐침자 기반 단일 뉴클레오타이드 선택도를 가진 분자진단 기술

백재균[1], *김영은[1]
[1]서울대학교

**G5-4 | 09:45-10:00**

A robust adhesive hydrogel-impregnated nanolayer for the prevention of stent migration in the rat esophagus

전은영[1], *이준석[1]
[1]한양대학교

**G5-5 | 10:00-10:30 [Invited]**

Electrochemical biosensors based on microelectrodes.

*LEE Ga-Yeon[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**G5-6 | 10:30-10:45**

Advanced Nanoparticle based Molecular Detection System for Nucleic Acid Amplification

나선영[1], 소정욱[1], *이주헌[1]
[1]한양대학교

**G5-7 | 10:45-11:00**

Paper-based inorganoic and plasmonic nanomaterials for the detection of microplastics

김준영[1], *정호상[1]
[1]한국재료연구원

**G5-8 | 11:00-11:15**

$TiO_2$ Aerogel Based Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry for Sepsis Diagnosis

YUN Tae Gyeong[1], SONG Zhiquan[1], KIM Tae-Hun[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

**G5-9 | 11:15-11:30**

Rapid hydrolysis, acylation and lipolysis with CalB and CalB@NF enzyme immobilized silica-coated magnetic nanoparticles

김유정[1], 류두열[2], *장정호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교

**G5-10 | 11:30-11:45**

3d 전이금속 치환을 통한 금속치환 휘트로카이트 특성 연구

배진아[1], 송혜원[1], 박철현[1], 우다빈[1], *허준혁[1], *이정헌[1]
[1]성균관대학교

**G5-11 | 11:45-12:00**

산 용매에 따른 굴 패각 기반 탄산칼슘의 특성 연구

이상헌[1,2], 상병인[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

## G6 : 유리 및 비정질 세라믹스
## Room 126, 04월 17일 09:00 - 12:30
## 좌장 : 소병진 박사 (한국원자력연구원)

**G6-1 | 09:00-09:30 [Invited]**

차세대 적외선 광학소재부품 기술동향

*최주현[1], 한가람[1], 이태연[1]
[1]한국광기술원

**G6-2 | 09:30-09:45**

칼코지나이드 유리와 단결정 실리콘의 굴절률 일치화 및 접합

윤일정[1], 김현[1], 이주성[1], *최용규[1]
[1]한국항공대학교

**G6-3 | 09:45-10:15 [Invited]**

초고속 통신 및 3차원 반도체 제작을 위한 유리마이크로머시닝 기술동향

*조수제[1]
[1]마이크로팹

**G6-4 | 10:15-10:30**

Multidimensional Analysis of Ion Exchange in Chemical Strengthening of Ultra-Thin Display Glass

*KIM Se-Ho[1]
[1]Korea University

**G6-5 | 10:30-10:45**

분자 동역학 및 Solid-state NMR을 통한 내충격이 향상된 소다 알루미노-규산계 유리의 구조 연구

박경대[1], 남진수[2], 김승호[2], *정운진[1]
[1]공주대학교, [2]삼성디스플레이

**10:45-11:00** Coffee Break

**G6-6 | 11:00-11:30 [Invited]**

상분리를 통한 고준위 방사성 폐기물 유리에서의 금속회수 방안에 대한 고찰

*정재엽[1], *HIROYUKI Inoue[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]The University of Tokyo

**G6-7 | 11:30-11:45**

Determination of the $SiO_2$ liquidus in the $Li_2O$-$SiO_2$ system

이재성[1], LAURIANO Paloma[2], *정인호[1]
[1]서울대학교, [2]Ensil-Ensci

**G6-8 | 11:45-12:00**

Structural investigation of alkali aluminoborosilicate glass containing $MoO_3$ for vitrification of nuclear waste

KIM Seon-jin[1], Tae-min Yeo[1], *CHO Jung-wook[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

## 2024년 4월 17일(수)

**G6-9 | 12:00-12:15**

Development of halide-based $Li_2O$-LiCl-$B_2O_3$-$SiO_2$ glass-ceramic electrolyte for all-solid-state lithium-ion batteries

박영지[1,2], 강태욱[1], 이윤기[2], *김선욱[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]경상국립대학교

**G6-10 | 12:15-12:30**

스퍼터링 공정 기반 유무기 혼성 박막의 증착 거동 분석

이진혁[1], 최다진[1], *최용규[1]
[1]한국항공대학교

**G7 : 내화물및시멘트세라믹스**
**Room 124, 04월 17일 09:00 - 12:20**
**좌장 : 양승철 교수 (국립창원대학교),**
**송도원 교수 (국립금오공과대학교)**

**G7-1 | 09:00 – 09:25 [Invited]**

고온 열복사 차단을 위한 고엔트로피 세라믹 소재 설계 전략

*송도원[1]
[1]국립금오공과대학교

**G7-2 | 09:25 – 09:50**

비혼화성을 활용한 고온 반응방지 세라믹 신소재 개발

문승욱[1,2], 박상규[2], 안정수[2], 김기환[2], 송훈[2], 김준환[2], *원병묵[1]
[1]성균관대학교, [2]한국원자력연구원

**G7-3 | 09:50 – 10:05**

The Effects of $Ta^{5+}$ Doping on the $Y_3NbO_7$ Ceramic Properties and its Application in Refractory Materials

RYU Myeungwoo[1], LEE Ganggu[1], HWANG Insung[1], LEE Hyungjun[1], CHOI Seunggun[1], LEE Seungwoo[1], MYEONG Seungcheol[1], PAIK Ungyu[1], *SONG Taeseup[1]
[1]Hanyang University

**G7-4 | 10:05 – 10:20**

소결 온도에 따른 이트리아 세라믹의 기계적 거동에 대한 Weibull 분석

김승욱[1], 손예지[1], 하지웅[1], *정대용[1]
[1]인하대학교

**G7-5 | 10:20 – 10:35**

Behaviors of alkali components in bagasse during the co-combustion with aluminosilicate fuel additive

박지연[1,2], 상병인[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

**G7-6 | 10:35 – 10:50 [Invited]**

고온환경하에서의 내화물 내열충격성능 평가에 관한 연구

*변윤기[1]
[1]포스코

**G7-7 | 10:50 – 11:05**

Phase diagram study and thermodynamic modeling of the $Na_2O$-$SiO_2$-$ZrO_2$ system

이재성[1], *정인호[1]
[1]서울대학교

**G7-8 | 11:05 – 11:20**

수소에 노출된 내화물의 환원 거동 및 경정질 $SiO_2$의 기계적 특성에 미치는 영향

김성현[1], 우종원[1], 홍상민[1], 김종원[1], 김은희[1], 박래형[2], 최상배[2], *전상채[1]
[1]국립창원대학교, [2]조선내화

**G7-9 | 11:20 – 11:35**

MgO-$Al_2O_3$ 함량에 따른 상변화가 내화도 측정용 MgO-$Al_2O_3$-$SiO_2$ 소결체의 내화 거동에 미치는 영향

이재승[1,2], 이민호[1], *이희수[2], *박주석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**G7-10 | 11:35 – 11:50**

해외 시멘트산업 탄소포집 및 시멘트 활용 이산화탄소 저장 기술 개발 동향 조사

*윤성일[1], 김지연[1], 이세진[1], 안태호[1], 이용준[1], 김명기[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

**G7-11 | 11:50 – 12:05**

소성점토 혼합시멘트 연구 동향 및 소성점토용 원료 요구 특성 조사

*이세진[1], 윤성일[1], 안태호[1], 김지연[1], 최재호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

**G7-12 | 12:05 – 12:20**

염화물 및 황산염 노출 환경의 pH 조건에 따른 칼슘 실리케이트 수화물(C-S-H)의 물리화학적 특성 변화

윤진[1], 임수민[1], *배성철[1]
[1]한양대학교

## SS1 : 제22회세라믹스표준화심포지엄
## Room 121, 04월 17일 09:00 - 12:50
## 좌장 : 이선홍 박사 (한국세라믹기술원)

**09:00–09:05**

인사말

이희수[1]
[1]부산대학교

**SS1–1 | 09:05–09:20**

MWCNT 성장용 Ni계 산화물 촉매에서 산소공공 영향 및 요오드 적정법을 이용한 산소공공 정량분석 기술

이재광[1], 조강희[1], 이연숙[2], *이희수[1]
[1]부산대학교, [2]한국산업기술시험원

**SS1–2 | 09:20–09:35**

세라믹 분말의 동적 흐름성 및 유동성 평가 기술 표준화 연구

*이세미[1], 이동원[1], 오지희[1], 김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

**SS1–3 | 09:35–09:50**

열전도성 분말세라믹 및 세라믹 열계면물질 열전달 분석 표준화와 분석기술 개발 동향

손경식[1], *이선홍[1], 이정훈[2], 이욱진[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]국립부경대학교, [3]부산대학교

**SS1–4 | 09:50–10:05**

수소기술용 전도성 세라믹 소재 대칭셀의 전기화학적 임피던스 측정기술 개발 및 국제표준화

조강희[1], 임태흔[1], 김주영[2], 류지승[3], *이희수[1]
[1]부산대학교, [2](주)하이마, [3]한국산업기술시험원

**10:05–10:20** Coffee Break

**SS1–5 | 10:20–10:50**

Zirconia Feedstock for High Solid Load 3D Printing Applications

*TENGA WD.[1], LIM Ignatius Y.[2], TING CH.[2]
[1]SIRIM, [2]Universiti Tunku Abdul Rahman

**SS1–6 | 10:50–11:20**

Fast Evaluation of Energy-Dissipation Rate and Hardness of Ceramics at High Temperature by Image Relative Method

*BAO Yiwang[1]
[1]Henan Academy of Sciences

**SS1–7 | 11:20–11:50**

Morphological and mechanical characterization on post-fracture laminated tempered glass

*YANG Jian[1], WANG Xinger[1], XIE Dongdong[1]
[1]Shanghai Jiao Tong University

**11:20–11:55**

Introduction of ISO/TC206 32nd meeting in China

CHEN Changzhu[1]
[1]Administration of China

**11:55–12:05** Coffee Break

**SS1–8 | 12:05–12:20**

세라믹 분말의 정적 흐름성 측정 방법에 대한 표준화 연구

*이동원[1], 이세미[1], 오지희[1], 김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

**SS1–9 | 12:20–12:35**

International standardization for chemical analysis method of metal impurities in high purity silicon dioxide

*LEE Jin Sook[1], LEE Hyun A[1], SON Hyunhwa[1]
[1]Korea Testing Laboratory

**SS1–10 | 12:35–12:50**

고체 전해질 소재의 전자차폐층을 이용한 전자 전도 검출 기술 및 표준화

김주영[1], 조강희[2], 임태흔[2], *이희수[2]
[1](주) 하이마, [2]부산대학교

## SS9 : 고효율수소생산촉매기술
## Room 122, 04월 17일 09:00 - 11:45
## 좌장 : 민성욱 교수 (경기대학교)

**SS9–1 | 09:00–09:15**

Surface-Modified Carbon Nanotubes via pulsed laser ablation with Ultrathin $Co_3O_4$ Layer for Enhanced Oxygen Evolution Reaction

JEON Hayun[1], SO Younghee[1], LEE Jinyoung[1], *MHIN Sungwook[1]
[1]Kyonggi University

## 2024년 4월 17일(수)

**SS9-2 | 09:15-09:30**

솔방울 유래 Si,N이 도핑된 탄소 지지체를 기반한 고효율 Single atom AEM 연료전지 촉매

조민수[1], GAUR Ashish[1], *한혁수[1]
[1]성균관대학교

**SS9-3 | 09:30-09:45**

Optimizing Ni-Co-Fe ternary alloys for enhanced Oxygen Evolution Reaction in alkaline solution

JEON Hayun[1], PARK Seyoung[1], LEE Eunseo[1], *MHIN Sungwook[1]
[1]Kyonggi University

**SS9-4 | 09:45-10:15 [Invited]**

고성능 수전해용 나노구조 촉매 개발

*한혁수[1], ENHTUWSHIN Enhbayar[1], 장진욱[2]
[1]성균관대학교, [2]건국대학교

**10:15-10:45** Coffee Break

**SS9-6 | 10:45-11:00**

효율적인 물분해를 위한 Ni(OH)2 나노시트 격자 도입 W 단일 원자 촉매

정태영[1], *김명진[1]
[1]경북대학교

**SS9-7 | 11:00-11:30 [Invited]**

전자전이 기작을 활성화시키는 고정형 라디칼들의 최근 연구 동향

*김종식[1]
[1]경희대학교

**SS9-8 | 11:30-11:45**

Complete $NH_3$ decomposition using Ni supported $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$ catalyst under low temperature

CHOI Yeon Bin[1], CHOI Jae-Seok[1], KANG Tae Wook[2], KIM Sun Woog[2], *BAE Byung seo[1]
[1]Yeongwol Industrial Promotion Agency, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

### SS13A : 연료전지 내구성 연구
Room 325~6, 04월 17일 09:30 - 11:50
좌장 : 양성은 박사 (한국과학기술원),
신성수 교수 (국립금오공과대학교)

**SS13A-1 | 09:30-09:55**

Boosting the Stability and performance of SOFCs: A new approach to oxygen storage capacity using lanthanum-doped ceria interlayer technology

*신태호[1], DONG Nguyen Xuan[1,2], 이상원[1,3]
[1]한국세라믹기술원, [2]국립창원대학교, [3]연세대학교

**SS13A-2 | 09:55-10:20**

Cu가 치환된 페로브스카이트 산화물 표면에서 동시에 일어나는 비정질화와 나노촉매 형성: 고온 산소환원 반응에 대한 효과

*정우철[1]
[1]한국과학기술원

**SS13A-3 | 10:20-10:45**

엑솔루션을 통한 금속 열화 완화: 기체상 반응에 대한 향상된 안정성 탐색

*한정우[1]
[1]서울대학교

**10:45-11:00** Coffee Break

**SS13A-4 | 11:00-11:25**

연료극 이종합금촉매 적용 및 열/물질전달 제어를 통한 SOFC/SOEC 내구성 향상 기술 개발

*홍종섭[1]
[1]연세대학교

**SS13A-5 | 11:25-11:50**

Chemo-mechanical Degradation Behavior of Solid Oxide Cells: FC mode vs. EC mode

*LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

### SS17 : 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발
Room 123, 04월 17일 09:00 - 11:55
좌장 : 조동휘 박사 (한국화학연구원)

**SS17-1 | 09:00-09:25 [Invited]**

차세대 화학센서 개발을 위한 인공 리셉터 개발

*최선진[1]
[1]한양대학교

**SS17-2 | 09:25-09:50 [Invited]**

호흡 분석을 통한 질병 진단을 위한 가스 감지 소재 및 샘플링 장치 설계

*윤지욱[1]
[1]전북대학교

**SS17-3 | 09:50-10:15 [Invited]**

High-Sensitivity Sensor Materials and Reliable Gas Sensor Technology for Low-Concentration Air Pollution Source Detection

*KIM Sang-Joon[1,2]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology, [2]Korea National University of Science and Technology

**10:15-10:30** Coffee Break

**SS17-4 | 10:30-10:55 [Invited]**

폭발성 수소 가스 누출 감지를 위한 3차원 구조 최적화된 팔라듐 나노와이어 센서 시스

*서민호[1]
[1]부산대학교

**SS17-5 | 10:55-11:20 [Invited]**

Facile formation of highly aligned nanostructures by VLS-GLAD for high-performance gas sensor

*SHIM Young-Seok[1]
[1]Korea University of Technology and Education

**SS17-6 | 11:20-11:55 [Invited]**

다파장 양자점 프로브 어레이를 이용한 miRNA 검출 바이오센서

*남태원[1]
[1]부산대학교

**SS26 : 다기능 구조세라믹스 연구회**
**Room 125, 04월 17일 10:00 - 11:30**
**좌장 : 김정헌 박사 (한국세라믹기술원)**

**SS26-1 | 10:00 – 10:15**

내열특성을 갖는 화학결합형 세라믹코팅제의 항공모함 적용

*권혁[1]
[1]주식회사 위드엠텍

**SS26-2 | 10:15 – 10:30**

규산소다 유리를 이용한 폴리우레탄 폼의 난연성능 개선

*김형준[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS26-3 | 10:30 – 10:45**

백운석 활용 마그네슘계 원료 제조 기술 개발

*최재석[1], 오은혜[1], 우서라[1], 김수희[1], 최성범[1]
[1](재)영월산업진흥원

**SS26-4 | 10:45 – 11:00**

열탄소질화환원공법을 통해 합성된 AlN분말의 2단계 열처리를 통한 잔존 탄소 제거

조건희[1,2], 김유빈[1], 조한울[1], 피재환[1], *김정헌[1], *송태섭[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

**SS26-5 | 11:00 – 11:15**

Improvement of wafer surface roughness and polishing efficiency of the CMP process through $Fe_3O_4$@$SiO_2$ core-shell magnetic slurry particles

KIM Youngseo[1], *AN Gye Seok[1]
[1]Kyonggi University

**SS26-6 | 11:15 – 11:30**

High pressure thermal evaporation을 이용한 Nanoporous structure Copper oxide gas sensor 제작

이수현[1], *유상우[1], 안계석[1], 백정민[2], 진설송[2]
[1]경기대학교, [2]성균관대학교

**G8 : 전산재료과학 및 재료분석**
**Room 121, 04월 17일 14:30 - 15:55**
**좌장 : 강경태 교수 (경북대학교)**

**G8-1 | 14:30-14:45**

First-Principles Study of Defect and Strain Tolerance of CIGS Solar-Cell Materials

*YIM Kanghoon[1], JUNG Chanwon[2], PARK Ha Kyung[3], KIM Kihwan[1]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Max Planck Institute for Iron Research, [3]Ewha Womans University

## 2024년 4월 17일(수)

**G8-2 | 14:45-15:00**

DFT 기반 제일원리 계산을 통한 비정질 BTeN 재료 내 클러스터 형성 및 하이퍼본딩에 대한 연구

김동관[1], *이태훈[1]
[1]경북대학교

**G8-3 | 15:00-15:15**

상장모델을 통해 평가한 탄성이 상평형에 미치는 역할 분석

*장근옥[1]
[1]경희대학교

**G8-4 | 15:15-15:30**

Enhancing the thermoelectric performance of Zintl InTe by altered covalency and isoelectronic doping.

BRAKOWAA Frimpong[1], STANLEY Abbey[1], JANG Hanhwi[2], *OH Min-Wook[1]
[1]Hanbat National University, [2]Advanced Institute of Science and Technology

**G8-5 | 15:30-15:55 [Invited]**

Point defect engineering in complex ceramic thin films by hybrid deposition methods

*LEE Jung-Woo[1]
[1]Hongik University

**SS14 : 산화물 기반 소재 및 소자 연구회 심포지엄**
**Room 121, 04월 17일 16:00 - 17:40**
**좌장 : 이정우 교수 (홍익대학교)**

**SS14-1 | 16:00-16:25**

Laser-assisted spatial oxygen vacancy control in monoclinic WO3 photoanodes for enhanced solar water splitting cell

*YEO Junyeob[1]
[1]Kyungpook National University

**SS14-2 | 16:25-16:50**

전자가 도핑된 타이타늄산 스트론튬의 전하 질서상

엄기태[1], *이재찬[2]
[1]가천대학교, [2]성균관대학교

**SS14-3 | 16:50-17:15**

실시간 전류-전압 투과전자현미경을 활용한 산화물 박막의 저항변화 현상 (Memristor) 연구

*권덕황[1]
[1]한국과학기술연구원

**SS14-4 | 17:15-17:40**

Magnetic octupole moments with broken cubic symmetry and a large anomalous Hall effect in pyrochlore iridates

*KIM Woojin[1]
[1]Pusan National University

**SS2 : 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술**
**Room 126, 04월 17일 14:30 - 18:15**
**좌장 : 김한기 교수(성균관대학교),**
**나윤채 교수(한국기술교육대학교)**

**SS2-1 | 14:30-14:55 [Invited]**

스마트 유리 기술 동향 및 립하이 전고체 방식 전기변색 기술

*김현종[1]
[1]립하이주식회사

**SS2-2 | 14:55-15:20 [Invited]**

스퍼터로 증착된 산화텅스텐 박막의 전기변색 특성 개선

*김동훈[1], 오세현[1], 강광모[2], 고도현[1], 나윤채[2]
[1]명지대학교, [2]한국기술교육대학교

**SS2-3 | 15:20-15:45 [Invited]**

상호 보완적인 전고체 전기변색 소자: 소재 및 구조 최적화

*한승호[1]
[1]한국전자기술연구원

**SS2-4 | 15:45-16:10 [Invited]**

저온 합성된 WO3의 전기변색 소자 적용

*안효진[1]
[1]서울과학기술대학교

**SS2-5 | 16:10-16:35 [Invited]**

전기변색 슈퍼 캐패시터 및 디스플레이 응용분야 적용을 위한 건식 증착 재료의 개발 현황

*이선영[1]
[1]한양대학교

**SS2-6 | 16:45-17:10 [Invited]**

스마트윈도우 기술 동향과 필름형 전기변색 기술

*이춘엽[1]
[1](주)오리온엔이에스

**SS2-7 | 17:10-17:35 [Invited]**

햇빛에 의해 자동으로 투과율을 조절하는 광전기변색 스마트 윈도우

*한치환[1,2]
[1]한국에너지기술연구원, [2]과학기술연합대학원대학교

**SS2-8 | 17:35-17:50 [Invited]**

유/무기 하이브리드 전기변색 소재 및 소자

*임동찬[1], 김소연[1], SALOKA Santosa Ade Satria[1,2], JAHANDAR Muhammad[2], KEVINNUL Djohar Edwardus[1,2]
[1]한국재료연구원, [2]국립부경대학교

**SS2-9 | 17:50-18:15 [Invited]**

스마트 전기변색 기술과 응용

*김태엽[1], 한지수[1], 아칠성[1], 박주현[1]
[1]한국전자통신연구원

## SS4 : RLRC 수소센터 쉐프(SEHPc): 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계
## Room 123, 04월 17일 14:30 - 17:30
## 좌장 : 백성호 교수(단국대학교), 박희정 교수 (단국대학교)

**SS4-1 | 14:30-14:50**

쉐프(SEHP©) : 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계 소개

*박희정[1]
[1]단국대학교

**SS4-2 | 14:50-15:15**

고체산화물 연료전지 및 고온수전해 셀의 고성능화와 한국세라믹기술원의 새로운 전략

*신태호[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS4-3 | 15:15-15:40**

저온 양방향 고체산화물 전기화학셀을 위한 만능 공기극 소재 개발

*정우철[1]
[1]한국과학기술원

**SS4-4 | 15:40-16:05**

제어된 표면 산도를 통한 SOFC 공기극 표면 열화 억제 및 회복

*서한길[1]
[1]단국대학교

**SS4-5 | 16:15-16:40**

PEM 수전해 음극 촉매 개발

이봉호[1], 김미소[1], 이진희[1], 장정희[1], *윤대종[1]
[1]더카본스튜디오

**SS4-6 | 16:40-17:05**

산소 발생 반응의 활성화 장벽과 개시 전위 감소를 통한 고효율 음이온 교환막 수전해

*박윤세[1]
[1]충북대학교

**SS4-7 | 17:05-17:30**

Ir 저감형 PEM 수전해 고효율 고내구 촉매 전극 개발

*한혁수[1], 장진욱[2], 김병현[3], 김광수[3]
[1]성균관대학교, [2]건국대학교, [3]한양대학교

## SS6 : 우주항공 및 원자력용 소재 개발 현황 및 전망
## Room 122, 04월 17일 14:30 - 17:30
## 좌장 : 김원주 박사 (한국원자력연구원), 김세영 박사 (한국에너지기술연구원)

**SS6-1 | 14:30-14:55 [Invited]**

극한환경용 SiC 복합체

*박지연[1], 김대종[1], 이현근[1], 김원주[1]
[1]한국원자력연구원

**SS6-2 | 14:55-15:15 [Invited]**

탄화물 세라믹의 응용 및 제조방법

*김정일[1]
[1](주)티씨케이

**SS6-3 | 15:15-15:35 [Invited]**

SiC 섬유 및 응용기술 현황

*신동근[1]
[1]한국세라믹기술원

## 2024년 4월 17일(수)

**SS6-4 | 15:35-15:55 [Invited]**

용융실리콘 침투 공정을 이용한 항공우주용 CMC 소재 연구개발

*김세영[1], 한인섭[1], 방형준[1], 김수현[1], 성영훈[1], 이슬희[1]
[1]한국에너지기술연구원

**15:55-16:10** Coffee Break

**SS6-5 | 16:10-16:30 [Invited]**

고내열성 세라믹스의 복잡 형상 제조공정 개발

*이세훈[1,2], 소재일[1], 박민성[1], 저우원[1], 목성균[1], 최현희[1], 윤지수[1]
[1]한국재료연구원, [2]극한소재연구소

**SS6-6 | 16:30-16:50 [Invited]**

핵융합로 증식블랑켓용 세라믹스 연구개발 동향

*박이현[1], 박영아[1,2], 정연송[1], 안무영[1]
[1]한국핵융합에너지연구원, [2]가천대학교

**SS6-7 | 16:50-17:10 [Invited]**

$La_2O_3$-$Al_2O_3$-$SiO_2$ 첨가 $UO_2$ 핵연료 상용화를 위한 재료 설계 평가

*임광영[1], 나연수[1], 정태식[1], 주민제[1], 장훈[1], 김윤호[1]
[1]한전원자력연료

**SS6-8 | 17:10-17:30**

다양한 탄화규소 접합방법 – 개요와 실험결과

주수연[1], PINAR Colkesen[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

**SS7 : 저탄소 시멘트 기술**
**Room 124, 04월 17일 14:30 - 17:10**
**좌장 : 송훈 박사 (한국세라믹기술원)**

**14:30 – 14:40 축사**

김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

**SS7-1 | 14:40 – 15:10 [Invited]**

유럽 저탄소 시멘트 및 혼합시멘트(PLC, 다성분계) 현황

*LAYE Jean-Michel[1]
[1]삼표산업

**SS7-2 | 15:10 – 15:30 [Invited]**

시멘트산업 탄소중립 R&D 진행 현황 및 CO2 감축 목표

*송훈[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS7-3 | 15:30 – 15:50 [Invited]**

시멘트산업 폐합성수지 연료대체 현황 및 시멘트 염화물 변동성 분석 연구

*윤성일[1], 김지연[1], 이세진[1], 안태호[1], 이용준[1], 김명기[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

**15:50-16:10** Coffee Break

**SS7-4 | 16:10 – 16:25**

무기계 순환자원의 포졸란 반응성 평가

강인규[1], 김건우[1], 안태윤[1], 신상철[1], *김진만[1]
[1]공주대학교

**SS7-5 | 16:25 – 16:40**

활성화제 첨가에 의한 바텀애시 치환 시멘트의 압축강도 증진 및 수화반응 분석

임아현[1], 강현욱[1], *문주혁[1]
[1]서울대학교

**SS7-6 | 16:40 – 16:55**

실시간 소각 X-선 산란을 이용한 알라이트의 초기 탄산화 거동 분석

임수민[1], 윤진[1], *배성철[1]
[1]한양대학교

**SS7-7 | 16:55 – 17:10**

다양한 혼합비율을 갖는 혼합재 증대 포틀랜드 시멘트의 기초 특성

김건우[1], 신상철[1], 강인규[1], 안태윤[1], *김진만[1]
[1]공주대학교

**SS8 : 시멘트 탄소중립과 세라믹 원료의 재발견**
**Room 125, 04월 17일 14:30 - 17:20**
**좌장 : 이웅걸 연구원 (강원대학교)**

**SS8-1 | 14:30-15:00**

시멘트 탄소 중립과 SCM으로서의 비카올린계 점토

이웅걸[1], *송명신[1]
[1]강원대학교

**SS8-2 | 15:00-15:30**

점토질원료 활용 및 전망

*안광훈[1]
[1](주) Lab M0

**SS8-3 | 15:30-16:00**

소성점토 시멘트 원료로서의 석탄 경석의 특성과 현황

*송명신[1], 김왕현[2]
[1]강원대학교, [2]강원 테크노파크

**16:00-16:10** Coffee Break

**SS8-4 | 16:10-16:40**

고알루미나원으로서의 정수처리장 슬러지의 특성 및 현황

*이병철[1], 송명신[2]
[1]한국건설생활환경시험연구원, [2]강원대학교

**SS8-5 | 16:40-17:20**

석탄화력발전소 플라이애시의 종류별 특성

*강승민[1]
[1]케이씨그린소재

## SS11 : 시멘트 · 콘크리트 광물탄산화 CCU 기술 심포지엄
**Room 324, 04월 17일 13:30 - 17:40**
**좌장 : 조진상 박사 (한국석회석신소재연구소), 문주혁 교수 (서울대학교)**

**13:30-13:35**

개회사

조계홍[1]
[1]한국석회석신소재연구소

**SS11-1 | 13:35-13:50**

시멘트 콘크리트 혼합 탄산화 및 탄산화 양생 연구개발 현황

*조진상[1], 문기연[1], 김병렬[1], 조계홍[1]
[1]한국석회석신소재연구소

**SS11-2 | 13:50-14:10**

화학적 자극제를 이용한 제강슬래그의 가속 탄산화 양생 연구

김서현[1], *문주혁[1]
[1]서울대학교

**SS11-3 | 14:10-14:30**

이산화탄소 반응경화 시멘트의 탄산화 양생 조건에 따른 반응성 분석

이향선[1,2], *송훈[2]
[1]한국해양대학교, [2]한국세라믹기술원

**SS11-4 | 14:30-14:50**

산업부산물을 활용한 이산화탄소 반응경화 시멘트의 물리, 화학적 특성 검토

전은진[1], 김영진[1], 하상원[1], 김춘식[1], *조성현[1]
[1]한일시멘트

**SS11-5 | 14:50-15:10**

Akali-activated Geopolymer for Carbonation Curing on Additive Manufacturing

KIM Tae-hyung[1,2], LEE Myeung-jin[1,3], CHOI Yejin[1,2], JEONG Bora[1], YE Bora[1], LEE Changyeop[1], *LEE Heesoo[2], *KIM Hong-Dae[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology, [2]Pusan National University, [3]Ulsan National Institute of Science and Technology

**SS11-6 | 15:10-15:30**

칼슘 실리케이트 시멘트의 CO2 격리 가능성

GUDISA Amanuel Bersisa[1], *박솔뫼[1]
[1]국립부경대학교

**15:30-15:40** Coffee Break

**SS11-7 | 15:40-16:00**

액상 이산화탄소를 주입한 콘크리트의 특성에 관한 연구

*박창건[1], 류득현[1], 최성우[1]
[1]유진기업(주)

**SS11-8 | 16:00-16:20**

In-situ 탄산화의 적용 가능성에 대한 연구

MELAKU Nahom Seifu[1], *박솔뫼[1]
[1]국립부경대학교

**SS11-9 | 16:20-16:40**

Carbonation characteristics of ordinary portland cement at a very early age of curing

*KIM Gwangmok[1]
[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

## 2024년 4월 17일(수)

**SS11-10 | 16:40-17:00**

레미콘 및 레미탈 제품의 이산화탄소 in-situ 기술 적용에 따른 이산화탄소 평가 연구

*김주형[1], 문은진[1], 임귀환[1]
[1]한국건설생활환경시험연구원

**SS11-11 | 17:00-17:20**

In-situ 탄산화기술 적용 콘크리트 2차제품 특성에 관한 연구

유혜진[1], *서성관[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS11-12 | 17:20-17:40**

Characterization of hydration and carbonation behaviors of ordinary Portland cement via FTIR spectroscopy under carbonation mixing condition

KEDIR Adem Jemal[1], *KIM Gwangmok[1]
[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, University of Science and Technology

**SS13B : 연료전지 내구성 연구**
**Room 325~6, 04월 17일 13:10 - 16:50**
**좌장 : 김준혁 교수 (성균관대학교),**
**최윤석 박사 (한국에너지기술연구원)**

**SS13B-1 | 13:10-13:35 [Invited]**

Concurrently Overcoming Kinetic Instability and Promoting Conductivity in Stabilized Bismuth Oxides through Strategic Multi-Doping

*LEE Kang Taek[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**SS13B-2 | 13:35-14:00 [Invited]**

고성능/고내구성 나노 구조 공기극 개발

*이승복[1], REHMAN Saeed Ur[1], *이종원[2]
[1]한국에너지기술연구원, [2]한양대학교

**SS13B-3 | 14:00-14:25 [Invited]**

고체산화물 전기화학 셀의 perovskite 전극 및 YSZ 전해질 열화 메커니즘 분석

*조종훈[1]
[1]광주과학기술원

**SS13B-4 | 14:25-14:50 [Invited]**

고체산화물수전해전지의 공기극 박리 메커니즘 연구

*윤경중[1]
[1]한국과학기술연구원

**14:50-15:10** Coffee Break

**SS13B-5 | 15:10-15:35 [Invited]**

연료전지 성능 향상을 위한 용출 활용 연료전지 전극 디자인

*명재하[1]
[1]인천대학교

**SS13B-6 | 15:35-16:00 [Invited]**

열화를 고려한 고체산화물전지 시뮬레이션 모델 개발

김나영[1], 정서우[1], *최원재[1]
[1]이화여자대학교

**SS13B-7 | 16:00-16:25 [Invited]**

페로브스카이트 산화물 표면 제어를 통한 고체산화물전지 전극의 열안정성 향상

*이원영[1]
[1]성균관대학교

**SS13B-8 | 16:25-16:50 [Invited]**

10-cell SOC 스택의 2,000 시간 운전에 따른 열화현상: 교류 임피던스 분광학적 해석

윤경식[1], 김현진[1], 김태우[1], *윤지행[1]
[1]한국에너지기술연구원

**SS15 : 미래대응바이오헬스소재심포지움**
**Room 322, 04월 17일 14:30 - 17:30**
**좌장 : 이영란 박사 (한국세라믹기술원),**
**성대경 박사 (한국세라믹기술원)**

**SS15-1 | 14:30-14:50 [Invited]**

가상 X-ray 통합 심혈관계 중재시술 훈련 시뮬레이터 개발

*차경래[1]
[1]주식회사심비스타

**SS15-2 | 14:50-15:10 [Invited]**

플라스틱 기반 모듈형 생체조직칩의 제작 및 검증

*서승완[1], 김민성[1], 유성근[1]
[1]오송첨단의료산업진흥재단

**SS15-3 | 15:10-15:30 [Invited]**

의공학적 응용을 위한 미세유체 공정 기반 마이크로젤 조작

*김재정[1]
[1]홍익대학교

**SS15-4 | 15:30-15:50 [Invited]**

Mesoporous inorganic materials for crosslinked lipases and their properties

*HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

**15:50-16:10** Coffee Break

**SS15-5 | 16:10-16:30 [Invited]**

동축 난류 제트 믹서를 이용한 나노입자의 대량 합성

*임종민[1]
[1]순천향대학교

**SS15-6 | 16:30-16:50 [Invited]**

생체의학 분야를 위한 온도 반응성 나노 약물 전달 시스템 개발

*최원일[1], 이진실[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS15-7 | 16:50-17:10 [Invited]**

기능성 셀룰로오스 나노소재 제작 및 바이오헬스케어 소재로의 가능성 연구

*이호익[1]
[1]한국생산기술연구원

**SS15-8 | 17:10-17:30 [Invited]**

유연성이 우수한 세라믹 나노섬유 소재의 개발 및 응용

*이종만[1,2], 하장훈[2], 이홍주[2], 송인혁[1,2]
[1]과학기술연합대학원대학교, [2]한국재료연구원

## SS16 : AI-시뮬레이션기반소재설계
## Room 323, 04월 17일 14:30 - 17:30
## 좌장 : 조성범 교수 (아주대학교)

**SS16-1 | 14:30-15:00 [Invited]**

딥러닝 기반 원자 단위 촉매 분석 및 신소재 발견

*구근호[1]
[1]한국에너지공과대학교

**SS16-3 | 15:00-15:30 [Invited]**

Data-Driven Strategy for Exploring Structure-Property-Synthesis Relations in Materials Chemical Space

*NOH Juhwan[1]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology

**SS16-4 | 15:30-16:00 [Invited]**

인공지능 기반 에너지 소재 탐색 및 설계

*강준희[1]
[1]부산대학교

**SS16-5 | 16:00-16:15**

Introduction to SevenNet

박유택[1], 김재선[1], 황승우[1], 김지소[1], *한승우[1]
[1]서울대학교

**SS16-6 | 16:15-16:45 [Invited]**

Computational Design and Experimental Verification of New Electrocatalysts for Oxygen Reduction Reaction

*KIM Byung-Hyun[1]
[1]Hanyang University

**SS16-7 | 16:45-17:15 [Invited]**

다중물리 연속체 시뮬레이션을 활용한 기업지원 사례 소개

*장훈수[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS16-8 | 17:15-17:30**

Machine Learning-Driven Electrochemical Characterization for the Design of LIB Electrode Materials

*PARK Inchul[1]
[1]POSCO Holdings

# 구두발표

## 2024년 4월 18일(목)

### S1 : 반도체
Room 325~6, 04월 18일 13:40 - 16:50
좌장 : 이기영 교수 (홍익대학교),
배학열 교수 (전북대학교)

**S1-1 | 13:45 – 14:15 [Keynote]**

SOT MRAM 기술과 응용 소자

*박병국[1]
[1]한국과학기술원

**S1-2 | 14:15 – 14:45 [Invited]**

Development of Precursors for the Various Applications

*PARK Bo Keun[1]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology

**S1-3 | 14:45 – 15:15 [Invited]**

비공유결합 에피택시에 의한 수직구조의 삼차원 고밀도 이종집적 반도체 소자 제작

*홍영준[1]
[1]세종대학교

**S1-4 | 15:20 – 15:50 [Invited]**

Growth and fabrication of 2D TMDs semiconductors for electronic devices

*김태완[1,2]
[1]서울시립대학교, [2](주)투디에피

**S1-5 | 15:50 – 16:20 [Invited]**

광학 분야에서의 전사공정 기법

*김봉중[1]
[1]홍익대학교

**S1-6 | 16:20 – 16:50 [Invited]**

재설정 가능한 소자 및 차세대 컴퓨팅을 위한 새로운 MRAM 소재

*백승헌[1]
[1]한국과학기술연구원

### S2 : 이차전지
Room 321~3, 04월 18일 13:40 - 16:40
좌장 : 이종원 교수 (한양대학교),
박민식 교수 (경희대학교)

**S2-1 | 13:40-14:10 [Keynote]**

리튬이온전지를 뛰어넘기 위한 리튬금속화학의 합리적 설계

*이상민[1]
[1]포항공과대학교

**S2-2 | 14:10-14:40 [Keynote]**

Characteristics Analysis of All-Solid-State Lithium-Sulfur Battery Using Sulfide Based Solid Electrolyte

LEE Eunbyoul[1], JEONG Jiwon[1], *CHUNG Kyung Yoon[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology

**S2-3 | 14:40-15:10 [Invited]**

고에너밀도 구현을 위한 황화물계 전고체전지용 양극 소재 기술

*조우석[1]
[1]한국전자기술연구원

**S2-4 | 15:10-15:40 [Invited]**

Rational Design for Functional Electrodes and Interlayers in Advanced Li-S Batteries

*석정돈[1]
[1]한국화학연구원

**S2-5 | 15:40-16:10 [Invited]**

소듐이온전지용 산화물계 양극소재 및 옥시카바이드 복합 음극소재

*최원창[1]
[1]건국대학교

**S2-6 | 16:10-16:40 [Invited]**

Dry processing for LIB cathode with high energy density

*SONG Taeseup[1], KIM Jiwoon[1], KIM Minsung[1], LEE Seungwoo[1], MYEONG Seungcheol[1], LEE Hyungjun[1], KIM Jaeik[1], PARK Joonhyeok[1]
[1]Hanyang University

## S3 : 우주항공
## Room 121~2, 04월 18일 13:40 - 17:00
## 좌장 : 류성수 박사 (한국세라믹기술원)

**S3-1 | 13:40-14:20 [Keynote]**

Development of ceramic materials for large reflected optical systems

*HAN Jeong-Yeol[1,2]
[1]Korea Astronomy and Space Science Institute, [2]University of Science and Technology

**S3-2 | 14:20-14:50 [Invited]**

우주발사체용 탄소섬유 강화 탄화규소 복합소재

*김세영[1], 한인섭[1], 방형준[1], 김수현[1], 성영훈[1], 이슬희[1]
[1]한국에너지기술연구원

**S3-3 | 14:50-15:20 [Invited]**

재사용 열방호시스템용 세라믹 단열소재의 제조와 특성

*김성원[1], 남민수[1], 오윤석[1], 남산[2], 오범석[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교, [3]한국항공우주연구원

**S3-4 | 15:20-16:00 [Keynote]**

우주항공용 초고온세라믹 소재 개발 및 평가 연구

*문세연[1], 오필용[1], 김호석[1], 문아영[1], 배종근[1]
[1]전북대학교

**S3-5 | 16:00-16:30 [Invited]**

위성용 우주급 반도체 소자의 기술 특징 및 개발 동향

*조영준[1]
[1]한국항공우주연구원

**S3-6 | 16:30-17:00 [Invited]**

Boron Nitride Nanotube as an Advanced Ceramic Material for Space Applications

*장세규[1]
[1]한국과학기술연구원

## S4 : 디스플레이
## Room 123~4, 04월 18일 13:40 - 16:50
## 좌장 : 오누리 교수 (한양대학교), 이보람 교수 (성균관대학교)

**S4-1 | 13:40-14:10**

Perspectives on Current display technology: Why and How QD emerged

*장은주[1]
[1]성균관대학교

**S4-2 | 14:10-14:40**

결함 제어를 통한 고효율 양자점 발광소자 구현

*임재훈[1]
[1]성균관대학교

**S4-3 | 14:40-15:10**

본연적으로 늘어나는 다기능성 신축성 디스플레이

*최문기[1]
[1]울산과학기술원

**15:10-15:20** Coffee Break

**S4-4 | 15:20-15:50**

Brightening deep-blue perovskite light-emitting diodes

*이정용[1]
[1]한국과학기술원

**S4-5 | 15:50-16:20**

Wafer-scale transistor arrays fabricated using slot-die printing of molybdenum disulfide and sodium-embedded alumina

*조정호[1]
[1]연세대학교

**S4-6 | 16:20-16:50**

Touch, Press, Stretch-driven Light Generation: Mechanoluminescence in Zinc Sulfide Microparticle-embedded Polydimethylsiloxane Films

*정순문[1]
[1]대구경북과학기술원

# 2024년 4월 18일(목)

## S5 : 수소&탄소중립
Room 125~6, 04월 18일 13:40 - 17:00
좌장 : 백정민 교수 (성균관대학교),
박혜성 교수 (고려대학교)

**S5-1 | 13:40-14:10 [Keynote]**

지속가능한 미래를 위한 CCU 화학전환 기술

*박지훈[1]
[1]한국화학연구원

**S5-2 | 14:10-14:40 [Keynote]**

탄소중립을 위한 전기화학적 $CO_2$ 전환 e-Chemical 생산 연구

*오형석[1]
[1]한국과학기술연구원

**S5-3 | 14:40-15:10 [Invited]**

탄소중립을 위한 고성능 광-전기화학 전환 전이금속계 소재

*김정규[1]
[1]성균관대학교

**15:10-15:30** Coffee Break

**S5-4 | 15:30-16:00 [Keynote]**

Innovations in Phosphide-Based Catalysts for Efficient Hydrogen Production for AEMWE

*윤성종[1]
[1]한국과학기술연구원

**S5-5 | 16:00-16:30 [Keynote]**

탄소중립과 수소사회에 대응하는 수소연료전지 기술 및 핵심소재 개발 방향

*박구곤[1]
[1]한국에너지기술연구원

**S5-6 | 16:30-17:00 [Keynote]**

고효율 음이온교환막 수전해 기술: 비귀금속 촉매, MEA, 스택

이지훈[1], 양주찬[1], 이주영[1], 정재훈[1], *최승목[1,2]
[1]한국재료연구원, [2]과학기술연합대학원대학교

## SS28 : A3+ Meeting
Room 324, 04월 18일 13:00 - 17:00
좌장 : 조욱 교수 (울산과학기술원)

**SS28-1 | 13:00 - 13:20**

Why does relaxor-PT ferroelectric crystal have giant piezoelectricity?

*ZHANG Shujun[1], LI Fei[1]
[1]University of Wollongong

**SS28-2 | 13:20 - 13:40**

Enhanced Piezoelectric Properties of $BaTiO_3$ Ceramics by AC Poling Treatment above Curie Temperature

*WADA Satoshi[1], TSIGE A.[1], FUJII I.[1], NAM H.[2], SAPKOTA P.[1], KHANAL G. P.[1], WANG Z.[1], UENO S.[1]
[1]University of Yamanashi, [2]Tokyo University of Science

**SS28-3 | 13:40 - 14:00**

도너/억셉터 첨가된 페로브스카이트 강유전체 고용체 단결정들 [$BaTiO_3$, PMN-PT와 PMN-PZT]에서 관찰되는 특이 현상들

*이호용[1], 김문찬[2], 김동호[2], 주현재[2]
[1]선문대학교, [2](주) 세라콤

**SS28-4 | 14:00 - 14:20**

The study of hierarchical structures in NBT based lead-free single crystals

*LUO Haosu[1]
[1]Chinese Academy of Science

**SS28-5 | 14:20 - 14:40**

Growth and Characterisation of Alkali Niobate Lead-free Piezoelectric Single Crystals

*FISHER J.G.[1], ĐOàN Trung Thành[1], SIM Su-Hyeon[1], UWIRAGIYE Eugenie[1], LEE Jong-Sook[1], MOK Jungwi[1], LEE Junseong[1], GAO Jie[1,2], ANDLEEB Kiran[1], TRAN Huyen Tran[1], BENČAN Andreja[3], KOBLAR Maja[3], JUNAID Syed Bilal[4], KO Jae-Hyeon[4]
[1]Chonnam National University, [2]Shandong University of Science and Technology, [3]Jozef Stefan Institute, [4]Hallym University

**14:40-15:00** Coffee Break

**SS28-6 | 15:20 – 15:40**

Fabrication and Properties of $ABO_3$ Ferroelectric Ceramics with B-site disorder for high-energy storage

SHI Ying[1,2], MAN Zhenyong[1], SHI Xue[1], ZHENG Liaoying[1], *LI Guorong[1]
[1]Chinese Academy of Sciences, [2]University of Chinese Academy of Sciences

**SS28-7 | 15:40 – 16:00**

Perovskite halides alloy 의 밴드갭의 비이상적 변화

*박철홍[1]
[1]부산대학교

**SS28-8 | 16:00 – 16:20**

NBT-Based Textured Piezoelectric Ceramics and Multilayer Piezoelectric Actuator

*ZHANG Haibo[1]
[1]Huazhong University of Science and Technology

**SS28-9 | 16:20 – 16:40**

Dielectric Spectroscopy in Ferroelectric Semiconductors

*LEE Jong-Sook[1], FISHER John G.[1]
[1]Chonnam National University

**SS28-10 | 16:40 – 17:00**

혼합 할라이드 페로브스카이트 단결정의 유리상전이 거동 연구

*고재현[1]
[1]한림대학교

# 2024년 4월 19일(금)

**G1B : 전자 세라믹스**
**Room 321, 04월 19일 09:00 - 11:40**
**좌장 : 김우진 교수(부산대학교)**

**G1B-1 | 09:00 – 09:10**

나노 클러스터링을 이용한 $xPbZrO_3$-$(1-x)PbTiO_3$ 강유전 세라믹의 인공 상경계 구현

송현석[1], 강나연[1], 김민정[1], 성택경[1], *정대용[2], *류정호[1]
[1]영남대학교, [2]인하대학교

**G1B-2 | 09:10 – 09:20**

The Continuous Thickness Measurement System for High-Temperature Superconducting Coated Conductors

박인성[1], 김관태[1], 김호섭[1], 김정태[1], *하홍수[1]
[1]한국전기연구원

**G1B-3 | 09:20 – 09:30**

Modulation of domain dynamics and kinetics in ferroelectric $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ thin films using electrode materials

이동현[1], 박근형[1], 조용현[1], 김세현[1], 양건[1], 이재욱[1], *박민혁[1]
[1]서울대학교

**G1B-4 | 09:30 – 09:40**

High-Reliability and Self-Rectifying Alkali Ion Memristor through Bottom Electrode Design

LIM Byeong Min[1,2], LEE Yu Min[1,2], YOO Chan Sik[1,2], KIM Min jae[3], KIM Seung Ju[3], KIM Sung Kyu[4], YANG J. Joshua[3], *LEE Hong Sub[1,2]
[1]Kyung Hee University, [2]Integrated Education Institute for Frontier Science & Technology, [3]University of Southern California, [4]Sejong University

**G1B-5 | 09:40 – 09:50**

Sub-5 nm $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ films with $P_r$ higher than 30 $\mu C/cm^2$ in Mo/HZO/$TiO_2$/$SiO_2$/Si capacitor

김세현[1], 이영환[1], 이동현[1], *박민혁[1]
[1]서울대학교

**G1B-6 | 09:50 – 10:00**

Selector-less crossbar array resistive RAM based on TiO2 fabricated by photochemical metal-organic deposition

LEE Yu Min[1,2], LIM Byeong Min[1,2], *LEE Hong Sub[1,2]
[1]Kyung Hee University, [2]Integrated Education Institute for Frontier Science and Technology

**G1B-7 | 10:00 – 10:10**

Piezoelectric properties of [001]-textured (Na, K)Nb-based piezoceramics using $Na(Nb_{0.9}Sb_{0.1})O_3$ templates and low-temperature sintering

김승현[1], 이건수[1], *남산[1]
[1]고려대학교

**G1B-8 | 10:10 – 10:20**

$BaTiO_3$-$(Bi,Na)(Ti,Nb)O_3$ core-shell ceramic for BME-MLCCs

SONG Tae Yeong[1], HAN MyeongU[1], PARK SangUn[1], KWON NaYeon[1], *KWON Do-kyun[1]
[1]Korea Aerospace University

**G1B-9 | 10:20 – 10:30**

Synthesis of 2D Metallic Nanoplates and their Applications for Ultra-Thin Inner-electrodes of Next Generation MLCCs

박상윤[1], 이준원[1], 한명우[1], 권나연[1], 송태영[1], *권도균[1]
[1]한국항공대학교

**10:30–10:50** Coffee Break

**G1B-10 | 10:50 – 11:20 [Invited]**

Topotactic engineering for oxide quantum materials

*김우진[1]
[1]부산대학교

**G1B-11 | 11:20 – 11:30**

투명 디스플레이 광학셔터용 전기변색 Ag-$WO_3$ 나노복합 박막

신민경[1], 서인태[1], 강형원[1], 서지훈[2], *한승호[1]
[1]한국전자기술연구원, [2]고려대학교

**G1B-12 | 11:30 – 11:40**

Thermal-Evaporated Perovskite Light-Emitting Diode for Green-Emitting Display Application with Thin-Film Transistor

SEOL Myeng Jin[1], JI Seunghueon[2], BAE Sa-Rang[1], AHN Jong-Hyun[2], *KIM Soo Young[1]
[1]Korea University, [2]Yonsei University

## G2B : 에너지 환경 세라믹스
## Room 322, 04월 19일 09:00 - 12:00
## 좌장 : 박민규 박사 (버추얼랩)

**G2B-1 | 09:00 – 09:10**

Understanding morphology effects on mixed potential ammonia Sensor by homogenous infiltration of $BiVO_4$ sensing electrode

ISLAM Md Shoriful[1], YEON Namgung[1], RACHMAN Ihsan Budi[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

**G2B-2 | 09:10 – 09:25**

다결정고체전해질 임피던스의 궁극적 해석모델: LLZ 와 베타알루미나에의 적용

*이종숙[1], PHAM Thuy Linh[1], TRAN Tran Thi Huyen[1], 김지훈[1]
[1]전남대학교

**G2B-3 | 9:25 – 9:35**

고온 수전해 기반 전기화학적 암모니아 합성 연구

조영훈[1], 김혜리[1], 윤형철[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원

**G2B-4 | 9:35 – 9:45**

Density functional theory study of iron-poor nickel ferrites for highly efficient thermochemical water splitting

JUNE Hyeokjoon[1], LEE Dongkyu[2], JIN Hyungyu[2], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University, [2]Pohang University of Science and Technology

**G2B-5 | 9:45 – 9:55**

Selective control of oxygen evolution mechanisms by doping concentrations in $RuO_2$

MOON Jinuk[1], JUN Hyunwoo[2], LEE Jinwoo[2], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University , [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**G2B-6 | 9:55 – 10:05**

플라즈마 적용 불가사리 기반 탄산칼슘 촉매를 활용한 바이오디젤 생산

하제영[1], 이성호[1], *LI Oi Lun Helena[1]
[1]부산대학교

**G2B-7 | 10:05 – 10:35 [Invited]**

A New Strategy for Material Design of Perovskite Oxide-based $CO_2$ Methanation Catalysts

*KOO Bonjae[1]
[1]Sungshin Women's University

**G2B-8 | 10:35 – 11:05 [Invited]**

촉매 결함 제어를 통한 이산화탄소 전환 선택성 향상 연구

*김현아[1]
[1]한국항공대학교

**G2B-9 | 11:05 – 11:20**

하수슬러지 전기침투탈수를 위한 불용성양극전극의 적용성 연구

윤미영[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

**G2B-10 | 11:20 – 11:30**

볼밀링을 이용한 MgO 절연 코팅된 Fe-4.5 wt.%Si 기반의 코어-쉘 구조 연자성 복합체 개발 및 고주파 (~1 GHz) 특성 평가

임태협[1], 안종혁[1], 이귀영[1], 이재성[1], *김종렬[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

**G2B-11 | 11:30 – 11:40**

Synergistic effect between $MoO_x$ and Pd for effective dehydrogenation: A density functional theory study

LEE Yoojin[1], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University

**G2B-12 | 11:40 – 11:50**

Exsolution-driven stabilization of single atom catalysts with efficient electrocatalyst performance

SUN Dong Hoon[1], JIN Xiaoyan[2], *HWANG Seong-Ju[1]
[1]Yonsei University, [2]University of Seoul

**G2B-13 | 11:50 – 12:00**

Improving Water Oxidation Catalysis via Controlled Interlayer Metal Cation Distribution in Layered Double Hydroxides

김종경[1], *조승호[1]
[1]울산과학기술원

# 2024년 4월 19일(금)

## G3B : 엔지니어링 세라믹스
Room 323, 04월 19일 09:00 - 11:30
좌장 : 이현근 박사 (한국원자력연구원),
김주형 교수 (경상국립대학교)

**G3B-1 | 09:00-09:30 [Invited]**

핵융합 에너지 시스템 구현을 위한 엔지니어링 세라믹스의 적용

*김종일[1], 박이현[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]한국핵융합에너지연구

**G3B-2 | 09:30-10:00 [Invited]**

액상소결 탄화규소의 열전도도

김현식[1], *김영욱[1]
[1]서울시립대학교

**G3B-3 | 10:00-10:15**

CVD에 의해 증착된 boron carbide의 내플라즈마 저항성

*최균[1], 정영석[1], 이성민[1]
[1]한국세라믹기술원

**10:15-10:30** Coffee Break

**G3B-4 | 10:30-10:45**

BN nanotubes의 산화 변형을 이용해 제작한 열적 및 기계적 특성이 향상된 machinable AlN-BN 복합재료

김장수[1], 안병호[1], *류성수[1]
[1]한국세라믹기술원

**G3B-5 | 10:45-11:00**

BN nanotube가 첨가된 $ZrB_2$ 복합체의 치밀화 거동 연구

이승윤[1], 안병호[1], 이헌수[2], 정현덕[2], 이후정[3], *류성수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한국과학기술연구원, [3]성균관대학교

**G3B-8 | 11:00-11:15**

Preparation of high-quality $Si_3N_4$ powders without any catalyst through direct nitridation

RAJU Kati[1], KIM Minwook[1], MOON Seunghwan[1], CHO Jaehun[1], *LEE Hyun-Kwuon[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

**G3B-7 | 11:15-11:30**

반응성 스퍼터링을 통한 $Y_2O_3$ 박막의 뚜렷한 플라즈마 저항성 향상

장해성[1,2], 배강빈[1,2], 민세린[1,2], 오윤석[1], *이성민[1], *이인환[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

## G4 : 나노 융합 세라믹스
Room 121, 04월 19일 08:30 - 12:50
좌장 : 박장웅 교수 (연세대학교)

**G4-1 | 08:30-08:55**

Synthesis and Scaling effect on resistivity of Topological Metal MoP Nanowires

*한혁진[1]
[1]성신여자대학교

**G4-2 | 08:55-09:20**

세라믹스의 수축 저항성 향상을 위한 유기-무기 하이브리드 레진

최현희[1], 이세훈[1], *양승철[2], *정연길[2,3]
[1]한국재료연구원, [2]국립창원대학교, [3]한국세라믹기술원

**G4-3 | 09:20-09:35**

도핑을 통한 세륨 기반 금속 할라이드 나노입자 특성 분석 및 광 검출기 응용

민정완[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

**G4-4 | 09:35-09:50**

In-depth Electrophysiological Analysis of Therapeutic Magnetogenetic Stimulation in Parkinson's Disease Using Phase-changeable Soft Neural Probe

이자경[1], *박장웅[1]
[1]연세대학교

**G4-5 | 09:50-10:05**

영장류의 자연 본능 행동 연구를 위한 은밀한 신경 기록기

오세혁[1], 제갈장환[1], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원

**G4-6 | 10:05-10:20**

거시적 어셈블리를 위한 계면활성제를 이용 질화붕소나노튜브 액정에 대한 연구

김영경[1,2], 최시영[2], *장세규[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]한국과학기술원

**G4-7 | 10:20-10:35**

Controlling thermal conductivity of silica aerogel using plasma-deposited parylene-N

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], BAE Hyung Eun[1]
[1]Yonsei University

10:20–10:30 Coffee Break

G4-8 | 10:35–10:50

붕소 함유 세라믹 유사 고분자의 합성

임익재[1,2], 김영경[1], 이재우[2], *장세규[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]전북대학교

G4-9 | 10:50–11:05

Electrophysiological analysis of retinal organoid development using three-dimensional microelectrodes of liquid metals

LEE Sanghoon[1], CHUNG Won Gi[1], JEONG Han[1], *PARK Jang-Ung[1]
[1]Yonsei University

G4-10 | 11:05–11:20

Exploring the crystal fields of aluminate phosphors for diverse emission wavelengths from red to SWIR

PARK Yong Min[1], *IM Won Bin[1]
[1]Hanyang University

G4-11 | 11:20–11:35

뇌 오가노이드의 다중인자 모니터링 및 전기자극을 위한 오가노이드 장기배양 종합 플랫폼

정인혜[1], *박장웅[1]
[1]연세대학교

G4-12 | 11:35–11:50

High Thermoelectric Performance for ZnO Nanostructures by Interfacing Lowly-Oxidized Graphene Quantum Dots

CHOI Myungwoo[1], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University

G4-13 | 11:50–12:05

금속산화물 나노입자 기반 NaYF4 상향변환 나노형광체 발광 특성의 획기적 개선

장성우[1], SAMANTA Tuhin[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

G4-14 | 12:05–12:20

BNNT 종류에 따른 세라믹 복합소재 제조 공정에서의 BNNT 구조 변화 비교 분석

이민혁[1], *이헌수[1], *김성륜[2]
[1]한국과학기술연구원, [2]전북대학교

G4-15 | 12:20–12:35

변화하는 자기장에서 뇌의 전기 생리학적 신호 분석을 위한 그래핀 기반 뉴럴 프로브

오명재[1], *박장웅[1]
[1]연세대학교

G4-16 | 12:35–12:50

일산화탄소 저항성을 갖는 PtRu/$CeO_2$ Hollow Nanofiber을 이용한 수소 센서

김준영[1], 임민섭[1], *박지영[1], *좌용호[1]
[1]한양대학교

**G10A : 이차전지 재료**
**Room 324, 04월 19일 09:00 - 12:00**
**좌장 : 윤영수 교수 (고려대학교),**
**박규영 교수 (포항공과대학교)**

G10A-1 | 09:00 – 09:15

Dry-processed $LiFePO_4$ electrode enabling fast and efficient electrochemical reactions in High-Energy-Density Lithium-ion batteries

KWON Kihwan[1], SONG Taeseup[2], KIM Patrick Joohyun[3], *CHOI Junghyun[4]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Hanyang University, [3]Kyungpook National University, [4]Gacheon University

G10A-2 | 09:15 – 09:30

In-situ STEM을 통한 lithiation에 따른 T-$Nb_2O_5$ 음극에서의 실시간 상 전이 관찰

성솔이[1], XING Yaolong[1], 한현[2], *PARKIN Stuart S. P.[2], *오상호[1]
[1]한국에너지공과대학교, [2]Max Planck Institute of Microstructure Physics

G10A-3 | 09:30 – 09:45

Design of a trigonal halide superionic conductor by regulating cation order-disorder

YU Seungju[1], NOH Joohyeon[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

G10A-4 | 09:45 – 10:00

코어/쉘 구조를 갖는 산화물 전극의 전기화학 성능 향상

문단비[1], 조명훈[1], 김규호[1], *안효진[1]
[1]서울과학기술대학교

## 2024년 4월 19일(금)

**G10A-5 | 10:00 – 10:15**

Synergetic effect of Li-Cu cations in exploiting oxygen redox for P3-type Na layered oxides

CHOI Myungeun[1], KWEON Hyunji[1], *KIM Jongsoon[1]
[1]Sungkyunkwan University

**G10A-6 | 10:25 – 10:50 [Invited]**

단결정 $LiNiO_2$를 적용한 고에너지밀도 전고체전지

*이동수[1]
[1]가천대학교

**G10A-7 | 10:50 – 11:15 [Invited]**

열전지 개발현황 및 발전방향

*정해원[1], 김민우[1], 안태영[1], 강승호[1], 노희숙[1], 최유송[1], 조장현[1]
[1]국방과학연구소

**G10A-8 | 11:15 – 11:30**

Multifunctional Separator With Graphene and Boehmite For High Performance Lithium Metal Batteries

KIM Kwang Hyun[1,2], YANG Subi[1,2], *CHOI Junghyun[3], *KIM Patrick Joohyun[2]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Kyungpook National University, [3]Gachon University

**G10A-9 | 11:30 – 11:45**

Stable high-voltage operation of P2-type Na-layered cathode materials driven by Cu-Co synergy effect

KU Bonyoung[1], LEE Jihoe[1], *KIM Jongsoon[1]
[1]Sungkyunkwan University

**G10A-10 | 11:45 – 12:00**

Micellar Solubilization for High-Energy-Density Aqueous Organic Redox Flow Batteries

KIM Youngsu[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

### SS3A : 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구
### Room 122, 04월 19일 09:45 - 12:00
### 좌장 : 강기범 교수 (한국과학기술원)

**SS3A-1 | 09:45 – 10:15 [Invited]**

Engineering of Moiré and Fully Commensurate Structures in van der Waals Heterostructures

*이관형[1]
[1]서울대학교

**SS3A-2 | 10:15 – 10:45 [Invited]**

계면 밴드 엔지니어링을 통한 고성능 2차원 반도체 트랜지스터

*이철호[1]
[1]서울대학교

**10:45-11:00** Coffee Break

**SS3A-3 | 11:00 – 11:30 [Invited]**

단일3차원집적 시스템을 위한 용액 기반 저차원 FET 제조

*권지민[1]
[1]울산과학기술원

**SS3A-4 | 11:30 – 12:00 [Invited]**

Nanoscale memory and switching devices with atomically-thin body

*서준기[1]
[1]울산과학기술원

### SS5 : 화학연합 포럼
### Room 320, 04월 19일 11:00 - 12:00
### 좌장 : 김진영 교수 (서울대학교)

**SS5-1 | 11:00-11:30**

12대 국가전략기술 육성을 위한 소재기술 확보 전략

*한병동[1]
[1]한국재료연구원

**SS5-2 | 11:30-12:00**

글로벌 반도체 전쟁, 대한민국 반도체 산업, 그리고 첨단반도체 소재부품 특화단지의 역할과 책무

*이현권[1,2]
[1]국립금오공과대학교, [2]경북구미 첨단반도체 소재부품 특화단지 추진단

## SS10A : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용
Room 123, 04월 19일 09:00 - 11:55
좌장 : 노기민 박사 (한국지질자원연구원)

**SS10A-1 | 09:00-09:25**

저비용/고순도 맥스 합성 기술

*권한중[1], 송재민[1], 이도연[1]
[1]전북대학교

**SS10A-2 | 09:25-09:50**

금속 산화물을 이용한 MXene의 제조 및 상용화 기술 개발

*오정민[1], 구종민[2], 권한중[3], 노기민[4]
[1](주)이노맥신, [2]성균관대학교, [3]전북대학교, [4]한국지질자원연구원

**SS10A-3 | 09:50-10:15**

Investigating the Fabrication Process and Electrochemical Properties of Two-Dimensional Transition Metal Carbide (MXene)

*이동주[1]
[1]충북대학교

**SS10A-4 | 10:15-10:40**

MXenes for Multispectral Electromagnetic Shielding

*구종민[1]
[1]성균관대학교

**SS10A-5 | 10:40-11:05**

탄화물 및 탄질화물 MXene의 구조적 특성 및 표면기 효과 전산해석

*김지웅[1], 김효경[1], 최지우[1]
[1]숭실대학교

**SS10A-6 | 11:05-11:30**

Unlocking the Optical Potential of MXenes: Discoveries in Plasmonics and Nonlinear Absorption

*김명기[1], 박창훈[1], 박누리[1], 권지성[1], 김혜림[2], 구종민[2]
[1]고려대학교, [2]성균관대학교

**SS10A-7 | 11:30-11:55**

YSZ-WC 세라믹복합체의 제조와 특성

*김성원[1], 남민수[1], 오윤석[1], 남산[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

## SS18 : 고온수전해 방식 그린/청정수소 생산 기술
Room 325~6, 04월 19일 09:00 - 12:00
좌장 : 안진수 박사 (포스코홀딩스)

**SS18-1 | 09:00-09:30 [Invited]**

고온공전해 스택 운전제어를 통한 E-fuel용 합성가스 조성 최적화 연구

김상국[1], *안진수[1], 전남기[1], 안치규[1]
[1]포스코홀딩스

**SS18-2 | 09:30-10:00 [Invited]**

KIER의 고온수전해 전용 셀 및 스택 개발

*김선동[1], 최윤석[1], 박훈민[1]
[1]한국에너지기술연구원

**SS18-3 | 10:00-10:30 [Invited]**

원자력 청정수소 현황과 상용화를 위한 과제

*박성태[1]
[1]한국수력원자력(주)

**SS18-4 | 10:30-11:00 [Invited]**

원자력 시스템 연계 고온수전해 수소생산 실험

*김신엽[1], 홍성덕[1], 박병하[1], 강경준[1], 김찬수[1]
[1]한국원자력연구원

**SS18-5 | 11:00-11:30 [Invited]**

고체산화물 수전해 기반 고효율 수소 생산 시스템

*강상규[1]
[1]서울대학교

**SS18-6 | 11:30-12:00 [Invited]**

Bi-functional atomic layer deposited catalyst for reversible solid oxide cells

*AN Jihwan[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

# 2024년 4월 19일(금)

## SS19 : 지속가능발전목표 달성을 위한 여성세라미스트 심포지움
Room 124, 04월 19일 09:30 - 12:00
좌장 : 최동수 교수 (동아대학교)

**SS19-1 | 09:30-10:00 [Invited]**

육군기술기획과 국방 세라믹소재

*장은화[1], 김정근[1]
[1]육군미래혁신연구센터

**SS19-2 | 10:00-10:30 [Invited]**

다양한 소재 합성을 위한 Plasma-engineer의 계발과 신재생 에너지에서의 활용

*LI Oi Lun Helena[1]
[1]부산대학교

**SS19-3 | 10:30-11:00 [Invited]**

Synthesis of spherical ceramic granules and their application in materials for controlling heat transfer

*차현애[1]
[1]한국재료연구원

**11:00-12:00** 네트워킹 & 멘토링

## SS20 : 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구
Room 125, 04월 19일 10:40 - 11:35
좌장 : 최연식 교수 (연세대학교)

**SS20-1 | 10:40-11:00 [Invited]**

유연 전자 및 에너지 응용을 위한 불소계 기반 고분자 개발

*배인성[1]
[1]한남대학교

**SS20-2 | 11:00-11:15 [Invited]**

Water management of proton exchange membranes for durable operation of fuel cells

김승빈[1], 김다은[1], 이동준[1], *배인성[1]
[1]한남대학교

**SS20-3 | 11:15-11:35 [Invited]**

고분자 강유전체 기반 다중 프로그래머블 전자 소자

*정범진[1]
[1]부산대학교

## SS23 : 첨단 반도체 제조를 위한 공정용 세라믹 소재 부품 혁신
Room 126, 04월 19일 09:30 - 10:50
좌장 : 한윤수 박사 (한국세라믹기술원)

**SS23-1 | 09:30 - 09:50**

반도체 공정용 세라믹 제조를 위한 적층 공정 기술

*한윤수[1], 조준민[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS23-2 | 09:50 - 10:10**

플라즈마 에칭된 세라믹 표면의 분화구 구조

*이재욱[1], 김은비[1], 김미주[1], 마호진[1], 김하늘[1], 고재웅[1], 박영조[1]
[1]한국재료연구원

**SS23-3 | 10:10 - 10:30**

고밀도 AlN 확보를 위한 최신 소결 기술 적용 가능성 탐구

*조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

**SS23-4 | 10:30 - 10:50**

반도체 내플라즈마 세라믹 소재 정량화 평가방법 연구

*이효창[1], 김정형[2], 박찬원[2], 김성현[2], 채길병[3], 이성민[4]
[1]한국항공대학교, [2]한국표준과학연구원, [3]한국원자력연구원, [4]한국세라믹기술원

## G1C : 전자 세라믹스
Room 321, 04월 19일 13:00 - 15:50
좌장 : 김효정 교수 (세종대학교)

**G1C-1 | 13:00 - 13:10**

X9R MLCC로의 응용을 위한 유전 특성에서 뛰어난 열적 안정성을 갖는 $(1-x)(K_{0.8}Na_{0.2})NbO_3-xSrTiO_3$ 세라믹스

곽산[1], 김인수[1], 민병재[1], *남산[1]
[1]고려대학교

**G1C-2 | 13:10 - 13:20**

Charge Trap Engineering and Synaptic Behavior of Transition Metal Dichalcogenides Transistor, via Molecular Dynamics.

*PARK Jihye[1]
[1]Gyeongsang National University

**G1C-3 | 13:20 – 13:30**

Pb 기반 페로브스카이트 템플릿 합성 및 템플릿 결정립 성장

차재민[1,2], 안철우[1], 한병동[1], *윤석영[2], *최종진[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

**G1C-4 | 13:30 – 13:40**

클래스 1 유전체 $CaZrO_3$의 저온 소결 유도연구

이주현[1], *조욱[2]
[1]울산과학기술원

**G1C-5 | 13:40 – 13:50**

페로브스카이트 태양전지용 마그네트론 스퍼터링 하프늄 도핑된 산화주석 전자수송층

남솔[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

**G1C-6 | 13:50 – 14:00**

산화물계 고체전해질의 산소 공공 형성이 Li-이온전도도에 미치는 영향

장정우[1], *이가영[1], *강형원[1], *한승호[1], *서인태[1]
[1]한국전자기술연구원

**G1C-7 | 14:00 – 14:10**

텅스텐 산화물의 결정 구조에 따른 전기 변색 소자 성능 차이에 대한 연구

김민석[1], 김지선[1], 최성준[1], 곽준영[2], *이선영[1]
[1]한양대학교, [2]애드크로(주)

**G1C-8 | 14:10 – 14:20**

SAW 필터용 패시베이션 층 적용을 위한 반응성 스퍼터링을 통한 실리콘 산질화물 박막 연구

송영하[1], 김서한[1], 이정철[2], 이택주[2], *송풍근[1]
[1]부산대학교, [2]주식회사 쏘닉스 기술연구소

**G1C-9 | 14:20 – 14:30**

AD를 통해 증착한 세가지 배합 비율에 따른 PZT 혼합물 세라믹 필름의 유전 특성 평가

손예지[1], *정대용[1], *김승욱[1]
[1]인하대학교

**14:30–14:50** Coffee Break

**G1C-10 | 14:50 – 15:20 [Invited]**

할라이드 페로브스카이트 기반 저항변화 메모리 소자 동향

*김효정[1]
[1]세종대학교

**G1C-14 | 15:20 – 15:30**

$(Ca_{1+x}Sm_{1-x})(Al_{1-x}Ti_x)O_4$ 세라믹의 미세구조 및 격자왜곡에 따른 마이크로파 유전특성

김민규[1], AHMED Tauseef[1], 이정현[1], 김효태[1], 이가연[2], 여동훈[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국세라믹기술원

**G1C-12 | 15:30 – 15:40**

금속 유도 화학 에칭법에 의해 제조된 기공성 실리콘의 표면형상 및 전기적 특성

김효한[1,2], 이상호[1], *박현순[2]
[1]한국알박(주), [2]인하대학교

**G1C-13 | 15:40 – 15:50**

비정상 입성장을 유도하는 압전 세라믹 소재의 조성 설계 연구

하수진[1,2], 조경훈[1], 차현애[2], 문영국[2], 최종진[2], 한병동[2], *안철우[2]
[1]국립금오공과대학교, [2]한국재료연구원

## G2C : 에너지 환경 세라믹스
## Room 322, 04월 19일 13:00 - 15:50
## 좌장 : 구본재 교수 (성신여자대학교)

**G2C-1 | 13:00 – 13:30 [Invited]**

비스무스 할라이드 페로브스카이트를 이용한 에너지 수확과 동시에 리튬 이차전지에 양극재료로 활용연구

*윤순길[1]
[1]충남대학교

**G2C-2 | 13:30 – 13:45**

PEALD 공정을 이용한 광학 용 항균 기능성 수분 배리어 필름 개발

엄지호[1], 조태연[1], *조성근[1]
[1]한국화학연구원

**G2C-3 | 13:45 – 14:00**

오존 분해 상용화 기술을 위한 수분 저항성이 향상된 $Pd/CeO_2$ 모노리스 촉매

*최준환[1], 류승희[1], 김기영[1], 정호진[1]
[1]한국재료연구원

**G2C-4 | 14:00 – 14:10**

화학 반응성 가스 센서에서 촉매 Ni 나노입자의 용출을 통한 매우 선택적이고 안정적인 에틸렌 검출

이지언[1], 이정훈[2], *정영규[1]
[1]한국생산기술연구원, [2]한국과학기술연구원

## 2024년 4월 19일(금)

**G2C-5 | 14:10 – 14:20**

금속 산화물 화학 반응성 가스 센서에서 매우 선택적이고 안정적인 아세톤 검출을 위한 촉매 Co 나노입자의 용출

김태경[1], *정영규[1]
[1]한국생산기술연구원

**G2C-6 | 14:20 – 14:30**

건식 적층 기반 ZnO 박막 증착 및 $MoS_2$ 코팅을 통한 ZnO/$MoS_2$ 센서의 저온 구동 $NO_x$ 가스 센싱 시각화 시스템에 대한 연구

최성준[1], 김지선[1], 김민석[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

**G2C-7 | 14:30 – 14:40**

Intensified Electrochemical $H_2O_2$ Synthesis and Highly Efficient Pollutant Removal Enabled by Nickel Oxides with Surface Engineered Facets and Vacancies

ZHANG Wenjun[1,2], LE Thao Thi[2], SHIN Dongyup[2], HAN Sang Soo[2], KIM Sang Hoon[2], *KIM Jong Min[2]
[1]Korea National University of Science and Technology, [2]Korea Institute of Science and Technology

**G2C-8 | 14:40 – 14:50**

Advancing Towards Sustainable Lithium Supply: Approaching Ceramic Membrane-Based Lithium Ions Extraction from aqueous water

LEE Seung-Hwan[1,2], BAEK So Hyun[1], YUN Jeungjai[1], LEE Hyun-Woo[1], KWON Yongbum[1], PARK Kee-Ryung[1], SONG Yoseb[1], KIM Bum Sung[1], CHOA Yong-Ho[2], *JEONG Da-Woon[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology, [2]Hanyang University

**G2C-9 | 14:50 – 15:00**

분말사출성형법을 이용한 핵융합로용 삼중수소 증식재 $Li_2TiO_3$ pebble의 제조

박영아[1,2], *박이현[1], *윤영수[2]
[1]한국핵융합에너지연구원, [2]가천대학교

**G2C-10 | 15:00 – 15:10**

효율적인 페로브스카이트 태양전지를 위한 아이오딘화 세슘 후처리 공정

박필주[1], *장원진[1], *김수영[1]
[1]고려대학교

**G2C-11 | 15:10 – 15:20**

Suppression of Lattice Oxygen Participation in Barium Iridates by Atomic-Level Chemical Ordering of $d^0$ Elements for Durable Oxygen Evolution Electrocatalysts

PARK Ki Hyun[1], SIM Yelyn[1], YUN Tae Gyu[1], *CHUNG Sung-Yoon[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**G2A-3 | 15:20 – 15:30**

고체 산화물 전해 셀 운전 조건에서의 이트리아 안정화 지르코니아 전해질의 상 안정성에 대한 이해

김성균[1], 이현진[1], *김선동[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원

**G2C-13 | 15:30 – 15:40**

Deciphering the ambiguous role of ex-solved PtRu alloy in commercial diesel fuel reforming reaction

OH DongHwan[1], LEE Hye-One[1], SEO Hwakyoung[2], JANG Myeong Gon[2], HAN Jeong Woo[2], BAE Joongmyeon[1], *JUNG WooChul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Seoul National University

**G2C-14 | 15:40 – 15:50**

산화물 기반 열화학 열저장 물질의 열저장 kinetics 향상 및 성형 기술 개발

최수민[1], 이가현[1], 김혜리[1], *홍성국[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원

**G3C : 엔지니어링 세라믹스**
**Room 323, 04월 19일 13:00 - 14:30**
**좌장 : 김세윤 교수 (경남대학교)**

**G3C-1 | 13:00-13:15**

질화 촉진제를 이용한 탄소환원질화법 기반 고순도 미립 AlN 분말 합성

이상민[1], 장성민[1], AYMAN Muhammad Tsabit[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

**G3C-2 | 13:15-13:30**

MgO 함량이 알루미나 소결체의 비정상 입자 성장 및 소결 특성에 미치는 영향

요은채[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

**G3C-3 | 13:30-13:45**

SiC/C 접합재에 용융 Si 함침을 통한 SiC 접합 최적화

주수연[1], 박세빈[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

**G3C-4 | 13:45-14:00**

극한환경에서 SiC 섬유의 열분해 및 산화 영향

이혁준[1,2], 김수연[1,2], 김태현[1,2], *정영근[1], *조광연[2], *주영준[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

**G3C-5 | 14:00-14:15**

Effect of controlling the sintering behavior of Yttria-Stabilized Zirconia microbeads through spontaneous adsorption of graphitic carbon nitride

KIM DongWon[1], KIM Eun-Jeong[2], *MOON Kyoung-Seok[1,2]
[1]Gyeongsang National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**G3C-6 | 14:15-14:30**

Investigating Nitridation Effects on WC-Co-Ti Composites: Synthesis and Characterization Analysis with TiN Phase Enhancement

ALI Ammad[1,3], SUNG Jaemin[2,3], LEE Mi Hye[3,4], SONG Yoseb[3,4], PARK Kee-Ryung[3], JEONG Da-Woon[3,4], *KIM Bum Sung[3,4]
[1]University of Science and Technology, [2]Inha University, [3]Korea Istitute of Industrial Technology, [4]National Korea Institute of Rare Metals

## G10B : 이차전지 재료
## Room 324, 04월 19일 13:00 - 16:00
## 좌장 : 김종순 교수 (성균관대학교), 홍지현 박사 (한국과학기술연구원)

**G10B-1 | 13:00 – 13:25 [Invited]**

Synthesis of Single-Crystalline Cathodes via Eutectic Salt-Assisted Planetary Centrifugal Deagglomeration

YOON Moonsu[1], *CHO Jaephil[2], *LI Ju[3]
[1]Gachon University, [2]Ulsan National Institute of Science and Technology, [3]Massachusetts Institute of Technology

**G10B-2 | 13:25 – 13:50 [Invited]**

Ca-ion batteries for a new energy storage system: an overview and recent advances

*김상현[1]
[1]인하대학교

**G10B-3 | 13:50 – 14:05**

Macroscale inhomogeneity in electrochemical lithium-metal plating triggered by electrolyte-dependent gas phase evolution

KIM Kyoungoh[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

**G10B-4 | 14:05 – 14:20**

Atomic Scale and Spectroscopic Investigation of Lattice-Strain-Induced Oxygen Release in Lithium Layered Oxide Cathodes

KIM Dongho[1], HWANG Jaejin[2], BYEON Pilgyu[1], *LEE Jaekwang[2], *CHUNG Sung-Yoon[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Pusan National University

**14:20-14:30** Coffee Break

**G10B-5 | 14:30 – 14:45**

Optimizing Lithium Deposition Reaction Kinetics with DWNT Membranes for Lithium Metal Anodes

HA Son[1], PARK Ji Yong[2], *YANG Seung Jae[2], *YUN Young Soo[1,3]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Inha University, [3]Korea University

**G10B-6 | 14:45 – 15:00**

Insight into lithium nucleation and growth mechanism on defective carbon-based electrodes

PARK Jimin[1], *YUN Young Soo[2]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Korea University

**G10B-7 | 15:00 – 15:15**

수계 아연 이온 배터리의 덴드라이트 성장과 부반응 억제를 위한 아연 염이 첨가된 코팅층

정대엽[1], *박원일[1]
[1]한양대학교

# 2024년 4월 19일(금)

**G10B-8 | 15:15 – 15:30**

할라이드 고체전해질의 열화특성

김원주[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

**G10B-9 | 15:30 – 15:45**

Directed Li-ion Transport via Oxygen Vacancy-Engineered Perovskite Oxides for High-Performance Solid Electrolytes

주현아[1], 박은별[1], 황재진[2], 김영훈[1], 장재혁[3], 이재광[2], 심재현[4], *김영민[1]
[1]성균관대학교, [2]부산대학교, [3]한국기초과학지원연구원, [4]동신대학교

**G10B-10 | 15:45 – 16:00**

Uniform Li deposition through Holey Graphene based Li-ion regulator for High-rate Li metal batteries

YANG Subi[1], JEONG Woojin[1], KIM Patrick Joohyun[2], *CHOI Junghyun[3]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Kyungpook National University, [3]Gachon University

## SS3B : 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구
**Room 122, 04월 19일 13:00 - 15:00**
**좌장 : 서준기 교수 (울산과학기술원)**

**SS3B-1 | 13:30 – 14:00 [Invited]**

2차원 소재 내 결정립계 형성 제어

*김철주[1]
[1]포항공과대학교

**SS3B-2 | 14:00 – 14:30 [Invited]**

Laser-based Selective Photothermal Reaction for Synthesis of Transition Metal Dichalcogenides

*LEE Seoung-Ki[1], JANG Hee Yoon[1]
[1]Pusan National University

**SS3B-3 | 14:30 – 15:00**

반데르발스 계면을 통한 2차원/3차원 반도체 성장

*강기범[1]
[1]한국과학기술원

## SS10B : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용
**Room 123, 04월 19일 13:00 - 15:55**
**좌장 : 구종민 교수 (성균관대학교)**

**SS10B-1 | 13:00-13:25**

Two-Dimensional Graphene and MXene for Flexible and Stretchable Displays

*이태우[1]
[1]서울대학교

**SS10B-2 | 13:25-13:50**

Unveiling the role of catalytically active MXene supports in enhancing the performance and durability of cobalt oxygen evolution reaction catalysts for anion exchange membrane water electrolyzers

*이성수[1]
[1]한국과학기술연구원

**SS10B-3 | 13:50-14:15**

MXene 기재에서 리튬의 기핵 및 성장 거동

*윤영수[1]
[1]고려대학교

**SS10B-4 | 14:15-14:40**

바나듐계 맥신을 활용한 ESS 장주기 대응용 수계 아연이차전지 개발

*윤정준[1], 노기민[2], 권한중[3]
[1]한국에너지기술연구원, [2]한국지질자원연구원, [3]전북대학교

**SS10B-5 | 14:40-15:05**

MXene 신소재의 알루미늄 원자층 에칭메카니즘 분석 및 가스 센서 응용

*정희태[1], 김용재[1], 안치원[2]
[1]한국과학기술원, [2]나노종합기술원

**SS10B-6 | 15:05-15:30**

Moisture-driven Energy Generators Enabled by MXene

*PARK Cheolmin[1]
[1]Yonsei University

**SS10B-7 | 15:30-15:55**

맥신 소재의 새로운 합성법 개발과 특성 및 성능 제어

*오태곤[1]
[1]한국과학기술연구원

## SS21 : 극한환경동작 기능성 세라믹 복합소재 연구
Room 320, 04월 19일 13:00 - 15:00
좌장 : 최명식 교수 (경북대학교)

**SS21-1 | 13:00-13:20 [Invited]**

2차원 금속 산화물 합성 및 반도체 저항식 가스 센서 응용

*최명식[1]
[1]경북대학교

**SS21-2 | 13:20-13:40 [Invited]**

마찰전기 나노발전기의 출력 향상을 위한 기능화 유전체 연구

*이재원[1]
[1]강원대학교

**SS21-3 | 13:40-14:00 [Invited]**

고엔트로피 합금의 수소확산 및 취성

*이정훈[1]
[1](재)포항산업과학연구원

**SS21-4 | 14:00-14:20 [Invited]**

체온을 활용한 열에너지 하베스팅 소재 및 소자

*박태현[1]
[1]충남대학교

**SS21-5 | 14:20-14:40 [Invited]**

이차전지 원료 중간물 제조를 통한 순환 자원 재활용 공정

*최준성[1], 박진균[1], 이병필[1], 우광선[1], 한길수[2]
[1](재)포항산업과학연구원, [2](주)영풍

**SS21-6 | 14:40-15:00 [Invited]**

외부 자극 감응형 열수확 이오노겔

*김병관[1]
[1]충남대학교

## SS22 : 에너지 저장/변환용 세라믹스
Room 325~6, 04월 19일 13:00 - 15:00
좌장 : 박현중 교수 (조선대학교)

**SS22-1 | 13:00-13:30**

건식공정을 통해 기능화 된 고분산성 CarbonNanoTubes(CNTs) 도전재의 고출력 리튬 이온 배터리 적용

박다빈[1], 김석희[1], 하승훈[1], 오필건[2], *손윤국[1]
[1]조선대학교, [2]국립부경대학교

**SS22-2 | 13:30-14:00**

리튬금속배터리의 실현을 위한 무기/유기 이중층 구조의 리튬 금속보호층 구현

*선세호[1], 김석준[1], 김태형[1]
[1]영남대학교

**SS22-3 | 14:00-14:30 [Invited]**

Ti3C2Tx MXene nanosheets as promising interfacial materials for energy storage and conversion applications

*BYUN Segi[1], LEE Dongju[2], SONH Sung Ho[3]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Chungbuk National University, [3]Kongju National University

**SS22-4 | 14:30-15:00 [Invited]**

전고체 전지용 리튬화 나노 실리콘 음극의 전기화학적 특성

*박현중[1], 탁희태[1], 오성빈[1], 임찬준[1]
[1]조선대학교

## SS24 : 산화물 기반 차세대 전고상 이차전지 제작 한계 극복 연구
Room 124, 04월 19일 13:00 - 15:00
좌장 : 이석희 박사 (한국세라믹기술원)

**SS24-1 | 13:00-13:30**

산화물 기반 전고상 이차전지 구현을 위한 연구 동향

*이석희[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS24-2 | 13:30-14:00**

가넷계 LLZ 고체전해질 합성 및 제조 안정화 연구

백승욱[1], *김정현[2], 배진희[1], 김화정[1], 박혁준[1], 이석희[3]
[1]한국표준과학연구원, [2]국립한밭대학교, [3]한국세라믹기술원

**SS24-3 | 14:00-14:30**

이종원소 및 소결 보조제 도입을 통한 NASICON 전해질의 이온전도도 및 밀도 향상

장일섭[1,2], *천진녕[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

**SS24-4 | 14:30-15:00**

MLC(mulit-Later-Ceramic) 공정을 이용한 산화물 기반 MLCB 개발

정형욱[1], *윤성만[1]
[1](주)이노시엠

# 2024년 4월 19일(금)

## SS25 : 인공지능 / 빅데이터 기반 엔지니어링세라믹 물성의 특이점 추구 연구테마 발굴
Room 125, 04월 19일 13:00 - 15:00
좌장 : 김하늘 박사 (한국재료연구원)

**SS25-1 | 13:00 – 13:30**

전구체 및 열분해 공정에 따른 고분자 유래 SiOC의 조성, 특성 예측을 위한 데이터 기반 연구

*조의제[1]
[1]순천대학교

**SS25-2 | 13:30 – 14:00**

전주기 데이터를 활용한 엔지니어링세라믹의 물성 예측 및 탐색

*류가애[1]
[1]한국세라믹기술원

**SS25-3 | 14:00 – 14:30**

연구데이터 관리시스템 구축 및 인공지능 기반 연구데이터 자동 분석 시스템(TIMs) 개발

*김세종[1], 임창동[1], 나주원[1], 정일동[1], 정은기[1]
[1]한국재료연구원

**SS25-4 | 14:30 – 15:00**

안전강화 노심을 위한 핵연료 및 제어봉 소재 개발

*임광영[1]
[1]한전원자력연료

## SS27 : BK21소재혁신선도플랫폼연구단성과교류회
Room 121, 04월 19일 13:20 - 16:00
좌장 : 이순일 교수 (국립창원대학교),
임형태 교수 (국립창원대학교)

**SS27-1 | 13:20-13:35**

Composition Dependence of $Li_xSi$ on Chemo-mechanical Stability of Sulfide-based All-solid-state-batteries

KIM Min Ju[1], JEONG Yu Hong[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

**SS27-2 | 13:35-13:50**

Development of Exchange-bias in $Mn_2O_3$ -$Co_3O_4$ Core-Shell Nanocomposite

YADAV Naveen[1], KUMAR Akshay[1], KUMARI Kavita[1], SHARMA Mohit K.[1], PARK Sujeong[1], SAXENA Shivang[1], *KOO Bon Heun[1]
[1]Changwon National University

**SS27-3 | 13:50-14:05**

후열처리 조건 최적화를 통한 극저온 석유 수송용 ERW X70 강관 용접부 미세조직 변화 관찰 및 저온충격인성 향상

이찬희[1], *홍현욱[1], 백종민[1], 곽진섭[2], 전동현[2]
[1]국립창원대학교, [2]현대스틸파이프

**SS27-4 | 14:05-14:20**

내화/내진 H형강재의 복합 피로 시험을 통한 지진 후 화재 건전성 평가 및 피로 거동 고찰

한재연[1], 양철혁[1], 이봉호[2], 이창훈[3], 정준호[4], *홍현욱[1]
[1]국립창원대학교, [2]대구경북과학기술원, [3]한국재료연구원, [4]현대제철

**SS27-5 | 14:20-14:35**

Study on the Microstructure of Thermal Barrier Coating for Ni-based Superalloy

BATTULGA Nomin-Erdene[1], *SHIN Keesam[1]
[1]Changwon National University

**14:35-14:45** Coffee Break

**SS27-6 | 14:45-15:00**

불균일 초기 집합조직을 나타내는 Mg-10Gd 압출재의 기계적 특성 평가에 탄점소성 균일동등체 기반 다결정 모델 적용

이재성[1], *정영웅[1]
[1]국립창원대학교

**SS27-7 | 15:00-15:15**

Microstructural Evolution of Ni-base Superalloy upon Aging at 850°C and 1000°C

RENCHINDORJ odnyam[1], *BATTULGA Nomin-erdene[1], *SHIN Keesam[1]
[1]Changwon National University

**SS27-8 | 15:15-15:30**

MLCC 응용 동시소성 공정을 위한 KNN계 유전체 Sheet의 환원소결 거동

황경미[1], 하송아[1], 박홍우[1], 이주현[2], 조욱[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]울산과학기술원

**SS27-9 | 15:30-15:45**

Strontium Titanate-Bismuth Ferrite Composite for High-Temperature Thermoelectric Applications: Enhancing Performance through Multiferroic Material Inclusion

SHASHO Yonas[1], 김우현[1,2], THANH Tran Thi[1], 남우현[2], 조중영[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국세라믹기술원

**SS27-10 | 15:45-16:00**

소결분위기 및 소결조제에 따른 BMT세라믹 유전체의 마이크로파 유전특성에 미치는 영향

이정현[1], AHMED Tauseef[1], 김민규[1], 김효태[1], 이가연[2], 여동훈[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국세라믹기술원

## SS29 : 압전 세라믹 결정립 배향 기술 심포지엄
## Room 126, 04월 19일 13:00 - 15:00
## 좌장 : 송현철 박사 (한국과학기술연구원)

**SS29-1 | 13:00 – 13:20 [Invited]**

TGG 공정을 이용한 초음파 트랜스듀서용 고성능 Hard 압전재료 개발

*강종윤[1], 송현철[1], 허성훈[1]
[1]한국과학기술연구원

**SS29-2 | 13:20 – 13:30 [Invited]**

Enhanced hard and soft piezoelectric properties of (Pb, Sr)[(Zr, Ti)-($Zn_{1/3}Nb_{2/3}$)] piezoceramics for high power device

*남산[1], 이건수[1]
[1]고려대학교

**SS29-3 | 13:30 – 13:45 [Invited]**

TGG 압전 소재 제조를 위한 소재 맞춤형 Seed 합성기술 개발

*최종진[1], 김정환[1], 문영국[1], 차현애[1], 안철우[1], 한병동[1], 윤운하[1]
[1]한국재료연구원

**SS29-4 | 13:45 – 14:00 [Invited]**

적층 압전 액추에이터 응용을 위한 $BaTiO_3$ 템플릿 기반 $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O3-PbZrO_3-PbTiO_3$ 세라믹의 강유전 특성과 변위 특성

*정영훈[1], 이민선[1], 나용현[1], 조성욱[1]
[1]한국세라믹기술원

**14:00-14:15** Coffee Break

**SS29-5 | 14:15 – 14:30 [Invited]**

OLED 햅틱용 압전 액추에이터 설계

*강형원[1], 한승호[1], 서인태[1], 조유리[1]
[1]한국전자기술연구원

**SS29-6 | 14:30 – 14:45 [Invited]**

압전 트랜스듀서 및 응용 기술 개발

*채민구[1]
[1]아이에스테크놀로지(주)

**SS29-7 | 14:45 – 15:00 [Invited]**

TGG 기반 적층형 압전 액추에이터 양산화 기술 개발

*오창오[1], *송재용[1], 이종현[1], 강수진[1]
[1]아모센스

## MEMO

# 포스터발표

# 2024년 4월 17일(수)

**PG1B : 전자세라믹스**
**Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30**

**PG1B-1**

대기압 플라즈마를 이용한 Si-O-Si 결합 기술

최원영[1], *박종헌[2]
[1]부산대학교, [2](주)리바이시스템

**PG1B-2**

$Co_3(PO_4)_2$ 코팅이 $Li[Co_{0.1}Ni_{0.15}Li_{0.2}Mn_{0.55}]O_2$ 리튬 이차전지 양극재 성능에 미치는 영향

*구본급[1]
[1]국립한밭대학교

**PG1B-3**

다양한 조성의 NiFe 나노와이어 합성에 관한 연구

*구본급[1]
[1]국립한밭대학교

**PG1B-4**

유전체 물성에 따른 전자파 제어 특성 해석에 관한 연구

*유찬세[1], 이종호[1], 이범수[1], 배근영[1], 박세민[1]
[1]한국전자기술연구원

**PG1B-5**

염화 암모늄법 통한 Pt 포함 귀금속의 정제 기술 방법

진연호[1,2], 장대환[1], *양재교[1]
[1]고등기술연구원, [2]고려대학교

**PG1B-6**

우수한 온도 안정적 유전 특성을 갖는 NKN 기반 세라믹스의 X9R MLCC 활용

민병재[1], 채석준[1], 박석정[1], 김인수[1], 곽산[1], 류현[2], *남산[1]
[1]고려대학교, [2]한국표준과학연구원

**PG1B-7**

Piezoelectric response and electric generation of biodegradable silk nanofibers with molecular bonding correlation

이준기[1], 김현승[1], 손창완[1], TAMIM Ahmed Mahfuz[1], 이기태[1], *정창규[1]
[1]전북대학교

**PG1B-8**

Direct converting local pressure into color map with thermochromic panel and resistive pressure sensor

KIM Gyuwon[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei university

**PG1B-9**

실리콘 산질화물 박막의 SAW필터용 패시베이션 층 적용을 위한 반응성스퍼터링 공정변수가 박막에 미치는 영향

차민규[1], 송영하[1], 김서한[1], 이정철[2], 이택주[2], *송풍근[1]
[1]부산대학교, [2]주식회사 쏘닉스

**PG1B-10**

승화재결정법에 의한 CVD-SiC 블럭을 원료로 사용하는 SiC 단결정 고속성장

박재현[1], 박재현[2], 선주형[1], 김용현[1], 신윤지[1], 배시영[1], 권세훈[2], 김창민[3], 이원재[4], *정성민[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교, [3]하나머티리얼즈, [4]동의대학교

**PG1B-11**

$Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3-Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3-PbTiO_3$ 세라믹의 탈분극 거동 및 온도에 따른 압전 특성

최우진[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

**PG1B-12**

PbO 제어 효과에 의한 PZT-PMS 세라믹스의 자기전기 특성 연구

박상현[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

**PG1B-13**

SiC crystal growth via physical vapor transport method dependent on mass transport of sublimed vapor in the SiC source

SUN Ju-Hyeong[1], PARK Jae-Hyeon[1,2], SHIN Yun-Ji[1], BAE Si-Young[1], KIM Chang-Min[3], LEE Won-Jae[4], *JEONG Seong-Min[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Pusan National University, [3]Hana Materials Inc., [4]Dong-Eui University

**PG1B-14**

Field-effect transistor array with perovskite nanocrystals templated in self-assembled block copolymer to emulate human retina by photoreception and synaptic function

오지혜[1], 이규호[1], *박철민[1]
[1]연세대학교

**PG1B-15**

배면 재료제거에 따른 사파이어 기판과 질화갈륨 필름의 특성 연구

이주형[1], 강민형[1], *오누리[1], *박재화[1,2]
[1]한양대학교, [2]에임즈마이크론(주)

**PG1B-16**

HVPE법으로 성장한 질화갈륨 웨이퍼 정밀 가공 공정 후 표면 특성 조사

강민형[1], 이주형[1], *오누리[1], *박재화[1,2]
[1]한양대학교, [2]에임즈마이크론(주)

**PG1B-17**

Ni 내부전극을 이용한 PZT 적층형 압전 소자 제작 및 평가

*정순종[1], 구보근[1,2], 임동환[1], 전가연[1,2], 김민수[1], 김인성[1]
[1]한국전기연구원, [2]부산대학교

**PG1B-18**

AI Data center 전력전자시스템에서 수동 부품 요구 특성

*윤중락[1]
[1]삼화콘덴서공업(주)

**PG1B-19**

$Li_2CO_3$를 소결조제로 사용한 $BaTiO_3$-templated $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrO_3$-$PbTiO_3$ 세라믹의 미세구조와 변위 특성

조성욱[1,2], 백정민[2], *정영훈[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]성균관대학교

**PG1B-20**

알루미나 시트의 packing density가 소결거동에 미치는 영향

한희현[1], 최진식[1,2], 박지훈[1], 신효순[1], *여동훈[1], 남산[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

**PG1B-21**

$MAPbBr_3$ Halide Perovskite-based Resistive Random-Access Memories for Long Endurance Cycles and Retention Time

*김효정[1]
[1]세종대학교

**PG1B-22**

SrW hexaferrite-silicone rubber composites for broadband microwave absorption in 5G communication

SEO Hyuk Jin[1], CHOI Seung Min[2], *YOO Sang Im[1]
[1]Seoul National University, [2]Chang sung Co., Ltd

**PG1B-23**

Study on Improving Sb2S3 Thin Film Solar Cells Performance Using Double Buffer Layers to SnO2 or TiO2

LEE Sang Won[1], PAWAR Pravin S.[1], *HEO Jaeyeong[1]
[1]Chonnam National University

**PG1B-24**

5G 응용을 위한 $MgTa_2O_6$의 마이크로파 유전 특성

최진식[1,2], 한희현[2], 박지훈[2], 신효순[2], *여동훈[2], 남산[1]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

**PG1B-25**

Study on Metal Oxide Properties for Solar Cell Encapsulation by Low-Temperature Atomic Layer Deposition

KI Ho Jae[1], *HEO Jaeyeong[1]
[1]Chonnam National University

**PG1B-26**

고출력 응용처용 억셉터 도핑된 PYN-PMN-PT 세라믹스

이동규[1], 강종윤[1], 남산[2], *송현철[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교

## PG2B : 에너지 환경 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PG2B-1**

Impact of Burnup and Sintering Conditions on Stability Assessment of UO2 and SIMFUEL Pellets

*HEO Su Jeong[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute

## 2024년 4월 17일(수)

**PG2B-2**

Doping strategies for highly efficient electron-transport-layer-free perovskite solar cells

MULARSO Kelvian T.[1], 조봉현[1], *정현석[1]
[1]성균관대학교

**PG2B-3**

Study on the Formation of High-Quality CsPbI3 Perovskite Thin Films through Solvent Substitution for Vacuum-Assisted Processes

PARK Sieun[1], YOON Geon Woo[1], *JUNG Hyun Suk[1]
[1]Sungkyunkwan University

**PG2B-4**

TRU핵연료 반응방지를 위한 세라믹 신소재 제조공정 개발 및 성능평가

*박상규[1], 문승욱[2], 김기환[1], 송훈[1], 김준환[1]
[1]한국원자력연구원, [2]성균관대학교

**PG2B-5**

In-situ TEM Gas system을 이용한 팔라듐 나노 입자의 수소 흡착 Kinetics 시각화

이은혜[1,2], 김주영[1,2], 진하늘[3], 배지환[3], *이규형[1,2], *천동원[2]
[1]연세대학교, [2]한국과학기술연구원, [3]동국대학교

**PG2B-6**

$ZnO/TiO_2$ 헤테로 구조체를 이용한 UV-가시광선 기반 $CO_2$ 광환원에 대한 연구

서지연[1], CHARLES Hazina[1], PLASSIDIUS Chengula[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

**PG2B-7**

초음파분무 열분해공정을 통한 산화아연 형상 제어 및 광학적 특성 연구

장대환[1], 김희선[1], *김대원[1]
[1]고등기술연구원

**PG2B-8**

RFCC 폐촉매 피독금속 제거 연구

김선지[1], 안해준[1], 김현구[1], 최기인[1], 안욱성[1], *허승헌[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG2B-9**

XRD를 이용한 제올라이트 구조 모니터링 방법

안해준[1], 김선지[1], 김현구[1], 최기인[1], 안욱성[1], *허승헌[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG2B-10**

페로브스카이트구조 산화물과 표면 개질한 탄소 나노 튜브의 합성을 통한 전기화학촉매 개발

한연비[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

**PG2B-11**

Enhancing lithium-ion battery performance through improved separator wettability

KIM Minjun[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG2B-12**

Enhanced Densification of Screen Printed GDC Diffusion Barrier Utilizing Pore Filling Solution for SOFC Application

HANANTYO Muhammad Pramaditya Garry[1], NAMGUNG Yeon[1], PARK Junghyun[1], ISLAM Md Shoriful[1], RACHMAN Ihsan Budi[1], *KIM Ho-Sung[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

**PG2B-13**

Distinguishing effects on oxygen intake in mechanically-milled $YBaCo_4O_7$

*SO ByoungJin[1], HONG Seok-Min[1], LEE Chang Hwa[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute

**PG2B-14**

$Pr_6O_{11}$-Infiltrated $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ as Cathode for High-Performance Solid Oxide Fuel Cells

LUO Junmei[1], KIM Youngjae[1], PARK Seohyun[1], *LI Oi Lun Helena[1]
[1]Pusan National University

**PG2B-15**

폐 PET의 고품질 원료생산을 위한 불용성 양극전극의 전기화학적 전처리 적용

유미영[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

**PG2B-16**

국내 백운석을 이용한 CMA(Calcium Magnesium Acetate) 제조 및 이를 활용한 친환경 액상제설제 제조

*김근배[1], *정우재[1], *신희성[1]
[1]에스에스씨산업(주)

**PG2B-17**

Spark-induced reduced graphene oxide sheet with high energy density aluminium-air batteries

LIM Geonwoo[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG2B-18**

사전리튬화 첨가제로서 Ni/LiF/C 나노 복합체의 개발 및 전기화학적 성능

장일섭[1,2], *천진녕[1], 송보예[1,2], 박건희[1,2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

**PG2B-19**

발전 중 공기 공급 중단으로 인한 고체산화물형 연료전지용 공기극의 화학적 열화

*서해원[1], 최하늘[1], 원지은[1], 신영훈[1], 장혜정[1], 윤경중[1]
[1]한국과학기술연구원

**PG2B-20**

Overcoming chemical incompatibility of $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ against lithium metal via $SiO_2$ nano-coating strategy

MITA Misael Ali[1], *KANG Kisuk[1], *YOO Sang-Im[1]
[1]Seoul National University

**PG2B-21**

Boosting the Stability and performance of SOFCs: A new approach to oxygen storage capacitance using lanthanum-doped ceria interlayer technology

DONG Nguyen Xuan[1], LEE Sang Won[1], LEE Seok Hee[1], LIM Hyung Tae[2], *SHIN Tae Ho[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Changwon National University

**PG2B-23**

Penta Nitrogen Coordinated Cobalt Single Atom Catalysts with Oxygenated Carbon Black for Enhanced Electrochemical H2O2 Synthesis

*KIM Jong Min[1], ZHANG Wenjun[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology

**PG2B-24**

고체산화물 수전해용 Ni-YSZ 스팀전극 소재의 기계적강도 및 내구성 향상 대한 연구

박재우[1], 박윤태[1], *이기태[1]
[1]전북대학교

**PG2B-25**

고체산화물 연료전지 연료극의 문제점 해결을 위한 세리아 기반 나노촉매 합성

*박영진[1], *윤경중[1]
[1]한국과학기술연구원

## PG3B : 엔지니어링 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PG3B-1**

혁신형 소형모듈원자로 가연성흡수체 고함량 $Gd_2O_3$ 첨가 $UO_2$ 소결체 기술 개발 현황

*김동주[1], 양재호[1], 이지환[1,2], 김동석[1], 윤지해[1], 정태식[3]
[1]한국원자력연구원, [2] 한양대학교, [3]한전원자력연료(주)

**PG3B-2**

HfC-SiC 나노복합소재의 초고온 특성연구

박창진[1,2], 구범모[1,2], 배성군[1], 정영근[2], *신동근[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**PG3B-3**

SiO2 보호층 형성에 따른 SiOC 섬유의 물성개선 연구

구범모[1,2], 김상훈[1], 배성군[1], 정영근[2], *신동근[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**PG3B-4**

내흡습성이 향상된 CFRP의 고온다습 환경 하의 기계적 특성 거동 연구

손우혁[1,2], 석지훈[1,2], 최재완[1,2], *배성열[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**PG3B-5**

진공 스테이지 적용을 위한 다기공 $B_4C$/SiC 소결체의 물리적 특성

김진오[1], 이재승[1,2], 이민호[1], *박주석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

## 2024년 4월 17일(수)

**PG3B-6**

물유리 바인더를 활용한 친환경 주물사 물리적 특성 연구

안종필[1], 박주석[1], 이삼행[1], 현봉수[2], *김태관[2,3], 정대용[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]㈜신영에스앤씨, [3]인하대학교

**PG3B-7**

$Al_2O_3$ 기판 표면 위 $SiO_2$ 코팅을 통한 DBD 리액터 수명 향상

박서현[1], *LI Oi Lun Helena[1]
[1]부산대학교

**PG3B-8**

슬러리 조성 및 과립 성형 조건에 따른 질화규소 세라믹 블랭크 볼의 구형도 연구

*신정호[1], 이호진[1], 박상하[1], 김지혜[1]
[1](재)대구기계부품연구원

**PG3B-9**

Transparent organic electrodes and pressure sensing based on conductive polymers with tunable plasma frequency

YEOM Jihun[1], KIM Taehoon[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG3B-10**

단일합금타겟으로 증착된 AI기반 나노복합코팅의 기계적 특성

*윤혜원[1]
[1]한국생산기술연구원

**PG3B-11**

다양한 조성의 Fused Silica 고온 플라즈마 내식성 평가

최가인[1], 장성규[1], 김선길[1], 김현미[1], 김슬기[1], *김형근[1], *이우성[1]
[1]한국전자기술연구원

**PG3B-12**

Si-B 합금 침윤이 RBBC의 미세구조와 기계적 특성에 미치는 영향

김동준[1], 박준형[1], 이승용[1], 남산[2], *박상환[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교

**PG3B-13**

Hf계 무기고분자 제조와 HfC 세라믹 전환특성

박민상[1,2], 신동근[1], 이윤기[2], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]경상국립대학교

**PG3B-14**

3D 모델링 형상과 polycarbosilane 출력물의 열분해 변형 특성

김정애[1], 신동근[1], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG3B-15**

섬유강화 geopolymer 복합재의 반응 조건별 내화염 특성 및 기계적 물성 평가

이원석[1,2], 신동근[1], 이윤기[2], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]경상국립대학교

**PG3B-16**

기밀 소재용 내열성 실리콘 resin의 기초 물성에 관한 연구

오유선[1,2], 정영근[2], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**PG3B-17**

Development of Purification Method using Mixed Acid for High-quality Si3N4

윤영조[1,2], 진소현[1], 오누리[2], *김유진[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

**PG3B-18**

Reactive EB-PVD deposition method for facile fluorine content adjustment of YOF coating layers

민세린[1], 배강빈[1], 장해성[1], *이성민[1], 오윤석[1], 이인환[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

**PG3B-19**

플라즈마 유동화 처리에 의해 제조된 YAG(Y3Al5O12) 분말의 물성 및 상 함량 분석

문준근[1], *문흥수[1], *김지유[1], 김민식[1]
[1](주)세원하드페이싱

**PG3B-21**

$Y_2O_3$ 불소화 표면개질을 통한 내플라즈마성 향상

장환윤[1], *이현권[1]
[1]국립금오공과대학교

**PG3B-22**

우주급 MLCC 개발을 통한 MIL-PRF-32535 국제 규격 신뢰성 검증

이창호[1], *윤중락[1]
[1]삼화콘덴서공업(주)

## PG4B : 나노 융합 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

### PG4B-1

Enhanced Solid-State Photoluminescence from Boron Oxynitride-Embedded Graphene Quantum Dots for Efficient QLED Applications

NAM Yujin[1], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University

### PG4B-2

Probing the origin of the self-trapped excitons emission in hexagonal halide perovskite structure

PARK Yong Min[1], JOO Hyeong Han[1], *IM Won Bin[1]
[1]Hanyang University

### PG4B-3

Chemically and Electronically Active Metal Ions on InAs Quantum Dots for Infrared Detectors

SEO Jaeyoung[1], *OH Nuri[1], KIM Seongchan[1], GWAK Namyoung[1], SHIN Seungki[1], YEO Dongjoon[1], KONG Hyein[1], LEE Yunseo[1], NA Jina[1]
[1]Hanyang University

### PG4B-4

열 플라즈마를 이용한 BN나노튜브 합성 및 공정 최적화

유희일[1], *문세연[1]
[1]전북대학교

### PG4B-5

극한 환경을 위한 HfC/페놀 수지 복합재: 열 안정성과 내화학성의 시너지 효과

김경원[1], 탁우성[1,2], 황진욱[1,2], 정영근[1], *김우식[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

### PG4B-6

InAs 양자점 광감지소자 성능 향상을 위한 할라이드 리간드 교환 최적화

여동준[1], *오누리[1]
[1]한양대학교

### PG4B-7

Atomistically Tailored Surface states of Indium Phosphide Quantum Dots for Shell-Less Light-Emitter

곽남영[1], *오누리[1]
[1]한양대학교

### PG4B-8

P형 콜로이드 Zn3As2 나노결정체 합성

김성찬[1], 서재영[1], 여동준[1], 김성원[1], 나지나[1], *오누리[1]
[1]한양대학교

### PG4B-9

주석 기반의 다성분 수산화물 구조체 물질 합성

장원준[1], *조승호[1]
[1]울산과학기술원

### PG4B-10

열탄소환원 공정을 통한 HfC가 코팅된 탄소섬유의 고온 내산화성 향상

조용준[1], 탁우성[1,2], 황진욱[1,2], 김경원[1,2], *김우식[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

### PG4B-11

발수성 실리카를 활용한 항공용 초발수코팅의 제조와 물성에 미치는 영향

김수경[1], ALASSAN Zarifah[1], 백소정[1], *임형미[1]
[1]한국세라믹기술원

### PG4B-12

Effect of trifluoropropylmethylsilane and perfluorooctyltriethoxysilane on surface modification of silica

ALASSAN Zarifah[1], 김수경[1], 백소정[1], *임형미[1]
[1]한국세라믹기술원

### PG4B-13

Carbon Nanosphere-Encapsulated $Zn_2GeO_4$ Core-Shell Nanostructure for Lithium Ion Battery Anodes

NAM Deukhyeon[1], YUN Sungdo[1], KIM Yeonjoo[2], NA Chan Woong[2], *MYUNG Yoon[2]
[1]Korea University, [2]Korea Institute of Industrial Technology

### PG4B-14

Novel cyan-emitting $BaAl_2O_4:Eu^{2+}$ phosphor for full-spectrum WLED

PARK Jin Young[1], HONG Woo Tae[1], JUNG Jae Yong[1], *YANG Hyun Kyoung[1]
[1]Pukyong National University

## 2024년 4월 17일(수)

**PG4B-15**

나노임프린트 리소그래피 프로세스를 이용한 SERS 기판 개발

남효빈[1], 조영운[1,2], 우수현[1,2], *이승용[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교

**PG4B-16**

Luminescent properties of carbon dots derived from aminothiophenol with acid addition

HONG Woo Tae[1], BHARAT Lankamsetty Krishna[1], JUNG Jae Yong[1], PARK Jin Young[1], *YANG Hyun Kyoung[1]
[1]Pukyong National University

**PG4B-17**

원자층 증착법을 이용한 내플라즈마 박막의 특성과 응용

권창섭[1], *지영연[1], 구봉준[1], 박인래[1]
[1]한솔아이원스

**PG4B-18**

탄소나노튜브 중간층을 활용한 InGaN/GaN 발광 다이오드의 효율적인 응력 완화

*서태훈[1]
[1]한국생산기술연구원

**PG4B-19**

Patternization of nano-in-micro-in-millimeter (NMM) multiscale structures via combined laser-based lithography

KANG Eun Bin[1], *PARK Woon Ik[1], CHOI Hee-Rak[1]
[1]Pukyong National University

**PG5B : 바이오 세라믹스**
**Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30**

**PG5B-1**

Synergistic Effect of Au Nanoislands/$TiO_2$ Nanowires Heterostructure for Enhanced Ionization in Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry

KIM Moon-Ju[1], YUN Tae Gyeong[1], KIM Tae-Hun[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

**PG5B-2**

$TiO_2$ Nanotube Array for Quantitative Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry

KIM Moon-Ju[1], YUN Tae Gyeong[1], LIM Taek Su[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

**PG5B-3**

Laser-Induced Surface Reconstruction of Nanoporous Au-$TiO_2$ Nanowires for In-Situ Performance Enhancement in Laser Desorption and Ionization

KIM Moon-Ju[1], YUN Tae Gyeong[1], SUNG Jeong Soo[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

**PG5B-4**

Nanoporous $SiO_2$ Aerogel for Quantitative Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry for the Diagnosis of Colon Cancer

YUN Tae Gyeong[1], SUNG Jeong Soo[1], LIM Taek Su[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

**PG5B-5**

Electrochemical Immunoassay via Pyrolized Carbon Electrode

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], BAE Hyung Eun[1]
[1]Yonsei University

**PG5B-6**

Development of Cross-linked Glucose Oxidase Integrated Cu-Metal Organic Framework Electrode for Reusable and Stable Glucose Sensing

KIM Keon Woo[1], KIM Dain[1], *HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

**PG5B-7**

Hyperactivation of crosslinked lipases in elastic hydroxyapatite microgel and their properties

JEON Hyo Won[1], PARK Hongjo[1], *HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

**PG5B-8**

Immobilization and Stabilization of Lipase in Calcium Carbonate for Biodiesel Production

CHOI Young Sik[1], KO Gwan Yeong[1], *HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

PG5B-9

Rapid and simple fluorescent bacteria based anti-bacterial property evlauation method

이문환[1], *이주헌[1]
[1]한양대학교

PG5B-10

Inherent Physio-electrical Environment providable M13 Bacteriophage-based Hierarchical Fiber

LEE Sang Min[1], *LEE Ju Hun[1]
[1]Hanyang University

PG5B-11

Thermophoretic immunoassay for diagnosis of lupus using outer membrane particles from E.coli

*이가연[1]
[1]한국세라믹기술원

PG5B-12

Capacitive biosensors based on vertically paired ring electrodes

박준희[1], 김은영[2,3], *이가연[3]
[1]연세대학교, [2]부산대학교, [3]한국세라믹기술원

PG5B-13

Biofunctional Cerammic Nanohybrid Enhances Therapeutic Effect

*박대환[1]
[1]충북대학교

PG5B-14

Band-type microelectrodes for amperometric immunoassay

김은영[1,2], *이가연[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

PG5B-15

Transdermal vitamin E delivery system based on adhesive hydrogel

KIM Yejin[1], KIM Joohyeon[1], *KIM Hyungjun[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

PG5B-16

Synthesis of Ca-phosphates from oyster shells via wet-preparation

*이병우[1], 채소금[1], 김민규[1], 문경훈[1], 한수아[1]
[1]한국해양대학교

PG5B-17

Achromatic colorimetric quantification of living cells through machine learning assisted image analysis using a smartphone

정도현[1], 김윤철[1], 허준혁[1], *이정헌[1]
[1]성균관대학교

PG5B-18

Biporous silica nanostructure-induced nano-vortex enhances nucleic acid enrichment and isolation toward PCR-free detection

KIM Suyeon[1], JEON Eunyoung[1], *LEE Joonseok[1]
[1]Hanyang University

PG5B-19

Comparison of bioresorption and biomineralization in calcined and uncalcined hydroxyapatite

장우영[1], 변재철[2], *장정호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교

PG5B-20

Au/TiO2 이종구조에서 단일 Au 나노입자의 광촉매 변형 진화

박성현[1], *이준석[1]
[1]한양대학교

PG5B-21

3D-printed microfluidic device-based adenosine aptamer selection using graphene oxide-coated magnetic nanoparticles

장준혁[1], 임호섭[1], 김경일[1], *이정헌[1]
[1]성균관대학교

## PG6B : 유리 및 비정질 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

PG6B-1

Optical and thermal properties of lanthanum boron silicate glasses

이지선[1], 조승원[1,2], *김진호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

PG6B-2

Bi-Al-Si-O-F 유리 코팅층의 내플라즈마특성

*김형준[1], 변영민[1], 정지훈[1,2], 우성현[1,2], 이정헌[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]성균관대학교

## 2024년 4월 17일(수)

PG6B-3

머신 러닝 기반 고굴절 광학 렌즈용 $B_2O_3$-$La_2O_3$-$Ta_2O_5$-ZnO 계 유리의 굴절률 및 유리전이온도 예측

김윤기[1], 홍석진[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

PG6B-4

$SiO_2$-$Al_2O_3$-CaO-MgO-$K_2O$ 기반 SOEC 밀봉소재용 결정화 유리 소재의 조성 변화에 따른 밀봉 특성

김태령[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

PG6B-5

$P_2O_5$가 붕규산나트륨 유리의 구조 및 상 분리에 미치는 영향

황민성[1,2], *정재엽[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

PG6B-6

R ratio ($Al_2O_3/Na_2O$) 가 고정된 Sodium Alumino-silicate 유리의 조성 변화에 따른 화학강화 특성 및 구조 변화

장진욱[1], 박경대[1], 박성영[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

PG6B-7

The effect of plasma modification on ACL bonding structure and etching selectivity

YANG Minkyung[1], LEE Huiyeong[1], KIM Insoo[2], *PARK Sungjin[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Korea Institute of Science and Technology

PG6B-8

Dielectric constant properties of borosilicate glasses for printed circuit board

이지선[1], 노민석[1], *김진호[1]
[1]한국세라믹기술원

PG6B-9

Role of $Eu_2O_3$ content on photo-luminescence characteristics of $CsPbBr_3$ perovskite nano-crystals in borosilicate glass-ceramics for display color converters

GELIJA Devarajulu[1], *CHUNG Woon Jin[1]
[1]Kongju National University

### PG7B : 내화물 및 시멘트세라믹스
### Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

PG7B-1

석회석 혼합시멘트 품질기준 도출을 위한 국내외 표준 및 연구동향

*이세진[1], 안태호[1], 윤성일[1], 김지연[1], 최재호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

PG7B-2

해외에서의 비탄산염 원료 사용에 따른 시멘트산업에서의 탄소 감축에 관한 연구

*이세진[1], 안태호[1], 윤성일[1], 김지연[1], 최재호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

PG7B-3

국내·외 저탄소 혼합시멘트 관련 표준 및 시멘트 제품 시장 현황 분석

*윤성일[1], 김지연[1], 이세진[1], 안태호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

PG7B-4

콘크리트 혼합 과정에서의 최적 in-situ 탄산화 조건도출을 위한 시뮬레이션 기초 연구

김병렬[1], 문기연[1], 이선우[1], 조계홍[1], *조진상[1]
[1]한국석회석신소재연구소

PG7B-5

Ablation behaviors of ZrC-ZrB2-C/C composite coated by dip-coating method

TAK Woo-seong[1], HWANG Jin Uk[1], KIM Kyungwon[1], JEONG Young-Keun[2], *KIM Woo Sik[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Pusan National University

PG7B-6

Preparation of ultra-lightweight, impact-resistant and fire-retardant concrete

*이병오[1], 정석주[1], 김주은[1], 정서린[1]
[1]한국해양대학교

PG7B-7

Development of 5Mg(OH)2·MgSO4·3H2O Synthetic Tuning System using produced Magnesium Hydroxide from Bittern

윤영조[1,2], 오누리[2], *김유진[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

PG7B-8

A Study on the purification/precipitation technology for the preparation of the High purity Mg(OH)2

윤영조[1,2], 오누리[2], *김유진[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

## PG8B : 전산재료과학 및 재료분석
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

PG8B-1

Effect of Anions in Solid Electrolyte $Li_6PS_5Cl$ Based on the Machine Learning Potential

LEE Hyun-Jae[1], KIM Hyeonjung[2], CHOI Kyuri[2], CHOI Ho[2], LIM Woosang[2], *LEE Byungju[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]POSCO N.EX. T Hub

PG8B-2

c-$Al_2O_3$ 위에서 $TiSe_2$의 뒤틀린 에피텍셜 성장

배지권[1], *류학기[1]
[1]아주대학교

PG8B-3

Ultra-high porous MgO particle for fast water purification of metal ions

KIM Youngho[2], *YU Hak Ki[1,2]
[1]Korea University, [2]Ajou University

PG8B-4

Deep learning for resolution enhancement of patterned silicon oxide AFM images

MOON Jintae[1], SRIBORIBOON Panithan[1], *KIM Yunseok[1]
[1]Sungkyunkwan University

PG8B-5

XPS 컷오프 측정을 통한 재료의 일함수 결정 기법에 관한 연구

지현배[1], 빈정수[1], *나사균[1], *이연승[1]
[1]국립한밭대학교

PG8B-6

High-throughput scanning probe microscopy using large area cantilever-free tip array

HAN Jihoon[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

PG8B-7

XPS 분석을 위한 AI 모델에 대한 연구

빈정수[1], 지현배[1], *나사균[1], *이연승[1]
[1]국립한밭대학교

PG8B-8

Strain engineering optimization in 3D MOSFET based on Nanoscale Heat Transfer

홍지훈[1], *조성범[1]
[1]아주대학교

PG8B-10

Predicting the synthesizability of double perovskite halides via an interface reaction pathfinding

KIM Woongchan[1], *CHO Sung Beom[1]
[1]Ajou University

PG8B-11

Computational Screening of Lithiophilic Anode Coatings for Sulfide Solid-State Electrolyte

JEON Dong Won[1], LEE Han Uk[1], JANG Su Yeon[2], *CHO Sung Beom[1]
[1]Ajou University, [2]Konkuk University

PG8B-12

반도체 이온 주입 장비의 PFG에 사용하는 가스 비교 연구

*정정석[1], 박성훈[1]
[1]서울과학기술대학교

PG8B-13

고속 전산 스크리닝과 실험적 검증의 조합을 통한 새로운 Cs3LuCl6 할로겐화물 페로브스카이트 유도체 설계

김현우[1], 한주형[2], 정용재[2], 허수원[3], 임원빈[2], *조성범[4]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교, [3]한국세라믹기술원, [4]아주대학교

## PG9B : 생활 및 전통 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

PG9B-1

Al2O3 분말의 분쇄 공정에 따른 슬러리 유변 거동 및 Slip-casting 시편의 기계적 특성 분석

윤승준[1], *김응수[1]
[1]한국세라믹기술원

## 2024년 4월 17일(수)

PG9B-2

이차전지 양극재 열처리용 내화갑의 출발원료와 Lithium Hydroxide의 고온반응

김지수[1], *김응수[1]
[1]한국세라믹기술원

PG9B-3

Controlled synthesis of hexagonal $\alpha$-$Fe_2O_3$ crystals for ceramic colors by hydrothermal reaction of $FeCl_3$ and NaOH solutions

PEE Jae-Hwan[1], *KATSUKI Hiroaki[1], HUANG Wenyan[2], KOMARNENI Sridhar[3], CHO Wooseok[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Changzhou University, [3]The Pennsylvania State University

**PG10B : 이차전지 재료**
**Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30**

PG10B-1

Interfacial Stability Control of Silicon Containing Lithium-ion Battery

LEE Jiin[1], AN Kihun[1], TRAN Yen Hai Thi[1], OH Taekeon[1], *SONG Seung-Wan[1]
[1]Chungnam National University

PG10B-2

Advancing the Performance in $SiO_x$-Graphite Based Lithium-ion Battery through Fire-retarding Electrolyte

SEO Yuri[1], LEE Hyeongyu[1], TRAN Yen Hai Thi[1], AN Kihun[1], *SONG Seung-Wan[1]
[1]Chungnam National University

PG10B-3

Cyclovoltammetry in Electrochemistry vs. Ferroelectric P-E hysteresis

YOO Sungbong[1], TRUNG Doan Thanh[1], ABBAS Intizar[1], PARK Chanwoo[1], *FISHER John G.[1], *LEE Jong-Sook[1]
[1]Chonnam National University

PG10B-4

전고체 전지의 전기화학적 특성 향상을 위한 NCM@LPSCl 복합 소재에서의 LPSCl 최적 코팅 두께 제어

이진웅[1,2], 김민지[2], 윤도웅[1,2], 이종덕[1,2], 강윤찬[1], *정대수[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

PG10B-5

Achieving cycling stability in anode of lithium-ion batteries with silicon-embedded titanium oxynitride microsphere

김민지[1], 왕성은[1], 윤도웅[1], 이인욱[1], 강윤찬[2], *정대수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

PG10B-6

High Energy Density Single-Crystal NMC/Li6PS5Cl/ Ga-Li7La3Zr2O12 Cathodes for All-Solid-State Lithium-Metal Batteries

*HWANG Sungwon[1]
[1]Sangmyung University

PG10B-7

3D Bimetallic Air-Cathodes for Li-Air Batteries using Proximity-field Nanopatterning

LIM Jiyeon[1], HARDING Joseph[2], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

PG10B-8

삼전극을 활용한 고니켈 배터리 임피던스의 물리기반 모델 적용

박찬우[1], 유성봉[1], ABBAS Intizar[1], TRAN Tran Thi Huyen[1], 이오정[1], *김재국[1], *이종숙[1]
[1]전남대학교

PG10B-9

고에너지밀도 전고체전지 상용화를 위한 황화물계 고체전해질 합성

윤도웅[1,2], 이진웅[2], 김민지[2], 박윤지[2], 강윤찬[1], *정대수[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

PG10B-10

SiOC-derived Hierarchical Porous Carbon Nanoparticles (hPCNs) for High Energy Density Lithium-Sulfur Batteries

김민지[1], 이인욱[1], 이종덕[1], 김가은[1], 강윤찬[2], *정대수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

PG10B-11

Synthesis of core-shell structured cathode composite by mechanofusion process for high-performance all-solid-state batteries

김민지[1], 이진웅[1], 윤도웅[1], 박윤지[1], 강윤찬[2], *정대수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

PG10B-12

Developing new Calcium solvated salts for reversible Calcium metal plating and stripping

SON Soogyeong[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10B-13

Influence of Conductive Additives on the Electrochemical Behavior of High Active Materials Loading Composite Electrodes for All-Solid-State Batteries

KIM Jisu[1], CHO Min-hyeong[1], YUN Jong-hyuk[1], PARK Jeong-Vin[1], *LEE Jong-Won[1]
[1]Hanyang University

PG10B-14

Development of High-Performance Solid-State Lithium Metal Batteries Enabled by Polymeric Lithium Protective Layer Using Highly Concentrated Electrolyte

AN Sehyun[1], JEONG Wooyoung[1], KIM Chaejeong[1], AN Yonghoon[1], *LEE Jong-Won[1]
[1]Hanyang University

PG10B-15

Chemo-Mechanical Failure of Solid Composite Cathodes Accelerated by High-Strain Anodes in All-Solid-State Batteries

KANG Junhee[1], SHIN Hong Rim[1], KIM Siwon[1], KIM Beomsu[1], YOON Jonghyeok[1], *LEE Jong-Won[1]
[1]Hanyang University

PG10B-16

기계적 특성이 유연한 고체전해질의 조성별 특성 평가

이은경[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10B-17

금속 나노입자를 통해 개질된 그래핀의 열적 안정성 연구

김경필[1], *이정우[1]
[1](재)대구기계부품연구원

PG10B-18

GO 함량에 따른 PEMFC용 흑연/고분자 수지 복합 분리판의 기계적, 전기적 특성에 관한 연구

황진욱[1,2], 김경원[1,2], 탁우성[1,2], 조용준[1,2], 정영근[2], *김우식[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

PG10B-19

LGPZ garnet에 대한 소결 조건 연구

최근지[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10B-20

Correlation between Synthesis Route and Structural Properties of Li-Rich Layered Oxide Cathodes

AHN Hongjin[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10B-21

Fe-based metal-organic framework for quasi-solid electrolytes with excellent lithium-ion conductivity and thermal stability

NGO NHAT Minh[1], NGUYEN HAI Minh[1], *PARK Sangbaek[1]
[1]Chungnam National University

PG10B-22

층상 구조 전이 금속 산화물의 전기화학적 튜닝을 통한 산소 발생 반응의 촉매 활성 향상

이영로[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10B-23

Redox-inactive cations 치환을 통해 구조적 안정성을 가진 P2 유형 나트륨 층상구조 산화물 양극재 연구

이종욱[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10B-24

Unraveling the degradation mechanism of the cation-disordered rocksalt type Li-ion cathode

PARK Jonghun[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10B-25

Synthesis and Assessment of Cobalt-Free $LiNi_{0.5}Mn_{0.5}O_2$ as Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries

LEE Yunho[1], *KIM Tae Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

## 2024년 4월 17일(수)

PG10B-26

Investigating relative Li distribution of individual components in Si/C-graphite blend anode during extreme fast charging

이채린[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10B-27

전고체 배터리 적용 고내열성 몰딩소재 신뢰성 평가

*백지원[1]
[1](주)원케미컬

PG10B-28

Brand new type of cathode materials: O6-type Li-rich layered oxide

KANG Seongmin[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10B-29

Electrolyte additive strategy to mitigate degradation of PTFE for a Dry-processed Lithium Ion battery anode

LEE Juhyun[1,3], HAN Seungmin[1,2], SONG Taeseup[2], LEE Jungwoo[3], KWAK Won-Jin[4], *CHOI Junghyun[5]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Hanyang University, [3]Pusan National University, [4]Ulsan National Institute of Science and Technology, [5]Gachon University

PG10B-30

Effects of inhomogeneous oxygen redox on Li-rich layered oxides

KIM Hyuk-Joon[1], KIM Youngsin[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10B-31

MCl3 structure을 활용한 옥시클로라이드 전고체 전해질 연구

박찬웅[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10B-32

X-ray Nano-CT를 활용한 리튬이온배터리의 기계적 결함 분석

이선영[1], 이다애[1], 권구현[1], 문기현[1], *김상호[1]
[1]충남테크노파크

### PSS1B : 제22회 세라믹스 표준화 심포지엄
### Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

PSS1B-1

내플라즈마성 YAG(Yttrium Aluminum Garnet) 분말의 화학 분석방법 개발 및 최적화

이연숙[1], 이현아[1], 김진애[1], 이동원[1], *김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

### PSS2B : 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술
### Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

PSS2B-1

Inclined Pores for Next-Generation Mechano-Responsive Smart Windows

*CHEN Haomin[1], CHANG Gunho[2], LEE Taehee[2], MIN Seokhwan[2], SHIN Jonghwa[2], HONG Jung-Wuk[2], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

PSS2B-2

Intense pulsed light annealing process of electrochromic metal oxide films for flexible smart windows

SONG Gyojun[1], *KANG Minji[1]
[1]Korea Research Institute Of Chemical Technology

PSS2B-3

Enhanced Electrochromic Performance of rGO-WO3 Thin Film for Integrated Quantum Dot-Solar Cell Devices

PRASAD Aryal Krishna[1], KWON Sang-June[1], *AHN Kwang-Soon[1]
[1]Yeungnam University

PSS2B-4

Novel Electrochromic Energy Storage Device: Molybdenum-Induced WO3 Nanostructure with Photovoltaic Functionality

PRASAD Aryal Krishna[1], KWON Sang-June[1], *AHN Kwang-Soon[1]
[1]Yeungnam University

## PSS4B : RLRC 수소센터 쉐프(SEHPc) : 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS4B-2**

Controlled growth of $WO_3$ photoanode under various pH conditions for efficient photoelectrochemical performance

윤승제[1], *백성호[1]
[1]단국대학교

**PSS4B-3**

황화물계 고체전해질(LGPS) 내 양이온 도핑에 따른 이온 전도도 변화 : 분자동역학 기반 분석

고혁진[1], 조민하[1], *최용석[1]
[1]단국대학교

**PSS4B-4**

플루오르화 리튬 인산 철($Li_2MPO_4F$)양극재의 전이금속 종류에 따른 전기화학적 성능 비교 분석: 제일원리 및 분자동력학 기반 계산

송재인[1], *최용석[1]
[1]단국대학교

**PSS4B-5**

Photoelectrochemical performance of ternary WO3/BiVO4/NiCo LDH photoanode for efficient water splitting

KIM Dohyun[1], YOO Seung-Je[1], *BAEK Seong-Ho[1]
[1]Dankook University

**PSS4B-6**

Morphological evolution of nickel-cobalt oxide using anion exchanges for hybrid supercapacitor applications

LIM Hyo-Jin[1], *BAEK Seong-Ho[1]
[1]Dankook University

**PSS4B-7**

부분 증발을 통해 그래핀 상에 다공성 폴리머 박막으로 캡슐화된 황 나노입자를 활용한 고성능 리튬-황 배터리

*원종호[1], 최종영[1]
[1]단국대학교

## PSS9B : 고효율 수소생산 촉매 기술
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS9B-1**

Rapid Synthesis of Hematite Photoanodes with Enhanced Performance Using Laser Diode Photosintering

HAN Hyobin[1], *KIM Tae Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

**PSS9B-2**

Design and Synthesis of Ion-Intercalated 1T/2H-$MoS_2$ Catalyst for Enhanced Hydrogen Evolution Reaction

SUNG Jae Min[1,2], ALI Ammad[1], LEE Mi Hye[1], PARK Kee-Ryung[1], JEONG Da-woon[1], KIM Bum Sung[1], HWANG Haejin[2], *SONG Yoseb[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology, [2]Inha University

**PSS9B-3**

일산화탄소 산화용 백금에 대한 산화철 오버레이어의 효과

*이시원[1]
[1]국립한밭대학교

## PSS10B : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS10B-1**

High Conductive MXene/Polyurethane: Advanced EMI Shielding and Joule Heating Properties

JEONG Seunghwan[1], *KOO Chongmin[1]
[1]Sungkyunkwan University

**PSS10B-2**

전자기파 차폐 적용을 위한 맥신/탄소나노튜브 필름

조수영[1], *구종민[1], *HASSAN Tufail[1]
[1]성균관대학교

# 2024년 4월 17일(수)

## PSS12B : 소재부품장비 세라믹 협력 심포지엄
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS12B-1**

Study of N2-H2 Plasma Inhibition Effect on PEALD $SiO_2$ Bottom-up gap-fill

KIM Kihun[1], *LEE Jaichan[1]
[1]Sungkyunkwan University

## PSS15B : 미래 대응 바이오헬스소재 심포지움
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS15B-1**

기체 분리용 탄소분자체 분리막 미세기공 제어 연구

정진오[1], 김동균[2], 김승연[3], *김성중[3]
[1]충북대학교, [2]경희대학교, [3]한국세라믹기술원

**PSS15B-2**

Purification of Ag85B (turberculosis vaccine antigen) using a novel calcium responsive tag

JEONG Suhyeon[1,2], PARK Heesun[2], LEE Jonghwan[2], IM Kyuhyuk[2], *KIM Sunghyun[2]
[1]Hanyang University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**PSS15B-3**

Development of a $Ca^{2+}$ responsive fusion protein for antibody purification using affinity precipitation

JEONG Suhyeon[1], PARK Heesun[2], LEE Jonghwan[2], IM Kyuhyuk[2], *KIM Sunghyun[2]
[1]Hanyang University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

## PSS16B : 시뮬레이션 기반 소재 설계
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS16B-1**

효율적인 수동 복사 냉각을 위한 스펙트럼에 최적화된 세라믹 스택

김선경[1,2], *김영재[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

## PSS17B : 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS17B-1**

Schiff Base가 기능화된 CNT-MOF 복합체 기반 전기화학적 중금속 이온 센서

김연주[1], 최승호[1], *최선진[1]
[1]한양대학교

## PSS20B : 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS20B-1**

All-Solution-Processed Stretchable Quantum Dots LEDs

NA Jina[1], KIM Seongchan[1], GWAK Namyoung[1], SHIN Seungki[1], SEO Jaeyoung[1], *OH Nuri[1]
[1]Hanyang University

**PSS20B-2**

다양한 바이오칩에 활용 가능한 PDMS/필터지 복합재료의 제작 및 특성 분석

*최요한[1], 황지용[1], 최강일[1], 김현종[1], 지수영[1], 오현우[1]
[1]한국전자통신연구원

## PSS27B : BK21 소재혁신선도 플랫폼 연구단 성과 교류회
## Room 포스터, 04월 17일 13:00 - 14:30

**PSS27B-1**

Flame retardant coating on cotton fabric through Layer-by-Layer assembly using Branched Polyethyleneimine, Chitosan, and Bentonite clay

HASSAN Hamid[1], REHMAN Zeeshan Ur[1], *Bon Heun Koo[1]
[1]Changwon National University

**PSS27B-2**

Morphological analysis of graphene oxide prepared through modified Hummer method

SHIVANG Saxena[1], KUMAR Akshay[1], YADAV Naveen[1], SHARMA Mohit K.[1], KUMARI Kavita[1], *KOO Bon Heun[1]
[1]Changwon National University

## PG3A : 엔지니어링 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

### PG3A-1

고밀도 AlN-$Y_2O_3$ 세라믹 제조를 위한 플래시 소결 적용 가능성 탐구

김운서[1], HASSAN Nafees[1], 김민수[1], 이주영[1], 김민욱[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

### PG3A-2

고밀도 AlN을 위한 초고 속 고온 소결법(UHS)의 적용 가능성 탐구

김민욱[1], 김운서[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

### PG3A-3

정렬된 섬유질 미세구조를 가진 AlN 기판의 치밀화거동과 열적 및 기계적 특성

서예원[1], 남산[2], *류성수[1], *안병호[1], 김나영[1], 박병수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

### PG3A-4

탄화규소 휘스커 함량에 따른 질화알루미늄 복합체의 기계적 특성 탐구

김민소[1], 이주영[1], 박세민[1], 김선규[1], 곽윤상[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

### PG3A-5

Hot Press Synthesis of $B_4C$-Based Composites Toward Mitigation of Stress-Induced Amorphization

KA Juhan[1,2], LEE Jaehwa[2], KIM Hyunsik[2], *LEE Heesoo[1]
[1]Pusan National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

### PG3A-6

용융 Si 함침에 따른 Si/C 반응을 이용한 탄화규소 접합 최적화

박세빈[1], 주수연[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

### PG3A-7

고순도 미립 AlN 분말 제조에 미치는 다양한 Ca 화합물 첨가의 영향

이상민[1], 장성민[1], AYMAN Muhammad Tsabit[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

### PG3A-8

Study of the optimized processing of porous zirconia granules prepared by physical cross-linking of sodium alginate

오은지[1,2], SOSA LUCIO Maria Dolores[2], *하장훈[2], 이종만[2], 이홍주[2], 송인혁[2], *전상채[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국재료연구원

### PG3A-9

Synthesis of iron hydroxide nanosheets and its phase transition to iron oxyhydroxide

YOON Gayoung[1], LEE Minjeong[1], *RYU Gyeong Hee[1]
[1]Gyeongsang National University

### PG3A-10

연소 합성과 플래시 소결 공정을 활용한 친환경 SiC 제조 가능성 탐구

신상하[1], Raju Kati[1], HASSAN Nafees[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

### PG3A-11

Yb Silicate 내환경코팅재의 제작 및 열충격거동

신재원[1], *이기성[1], 김지유[2], 문흥수[2]
[1]국민대학교, [2](주)세원하드페이싱

### PG3A-12

T700급 탄소섬유를 적용한 C/SiC 복합재의 공정별 온도조건 연구

최지범[1,2], *김수현[2], 김세영[2], 이슬희[2], 방형준[2], 한인섭[2], 성영훈[2]
[1]연세대학교, [2]한국에너지기술연구원

### PG3A-13

ICP-OES를 이용한 납(Pb)합금의 성분원소(Sb,Zn) 분석방법

*이승천[1], 이재석[1], 조혜륜[1], 박재일[1]
[1]한국원자력연구원

### PG3A-14

지르코니아 DLP 3D 프린팅 출력물의 탈지 거동 연구

고소영[1], *이상진[1]
[1]국립목포대학교

### PG3A-15

재결정 탄화규소 발열소재 개발

*성영훈[1], 한인섭[1], 서두원[1], 황효정[1], 김세영[1], 이슬희[1]
[1]한국에너지기술연구원

PG3A-16

Synthesis of Copper Oxide Nanostructures using a Surfactant-Assisted Method

JANG Hye Seong[1], KIM Seungmin[1], *Gyeong Hee Ryu[1]
[1]Gyeongsang National University

PG3A-17

SiC 코팅이 적용된 탄소-탄소 섬유강화복합재에서 서로 다른 모재와 코팅방법에 따른 열충격 전후의 기계적 거동 비교

안재연[1], 고성준[1], 이동헌[1], 배수빈[2], 이만영[2],*이기성[1]
[1]국민대학교, [2]국방과학기술연구소

PG3A-18

Synthesis of nickel hydroxide nanosheets and its electrochemical properties according to phase transition to nickel oxide

LEE Minjeong[1], JANG Yeongeun[2], YOON Gayoung[1], *LEE Seonghwa[1], *RYU Gyeong Hee[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Changwon National University

PG3A-19

열간가압소결된 질화알루미늄-질화규소 복합체의 기계적 특성 연구

이주영[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

PG3A-20

EB-PVD용 Ingot의 구조에 따른 용융 거동 분석

박태준[1], 이계원[1], 최선웅[1], 김종일[1], 남산[2], *오윤석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

PG3A-21

Plasma etching resistance and characterization of MgO-based nanocomposites

HAM Su Been[1,2], PARK Young-Jo[2], KIM Mi-Ju[2], KIM Ha-Neul[2], LEE Jae-Wook[2], KO Jae-Woong[2], YOON Seog Young[1], *MA Ho Jin[2]
[1]Pusan National University, [2]Korea Institute of Materials Science

PG3A-22

Ti 첨가에 따른 Rare-Earth Doped Zirconia 물성 분석

이계원[1], 박태준[1], 최선웅[1], 김종일[1], 이인환[2], *오윤석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

PG3A-23

니켈계 합금 바인더 적용을 통한 초경합금 기계적 물성 향상

서준기[1], 송재민[1], 이도연[1], 양준열[1], *권한중[1]
[1]전북대학교

PG3A-24

Effect of thermal annealing on the crystal structure of barium cerate

LEE Heejun[1], KIM Yosep[1], KIM Jeongwon[1], KIM Woojin[1], YANG Seungmin[1], *BANG Joonho[1]
[1]Gyeongsang National University

PG3A-25

Effect of thermal treatment on the electrical properties of tantalum pentoxide

KIM Yosep[1], LEE Heejun[1], KIM Woojin[1], KIM Jeongwon[1], *BANG Joonho[1]
[1]Gyeongsang National University

PG3A-26

다양한 온도에서 소결된 이트리아 세라믹의 기계적 특성에 대한 Weibull 통계 분석

김승욱[1], 손예지[1], *정대용[1]
[1]인하대학교

PG3A-27

세라믹 전구체를 이용한 프리프레그 제조 및 이의 적층 성형물의 수축변형 제어

정한들[1], 김정애[1], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원

PG3A-28

방열 필러로의 활용을 위한 구상 $Al_2O_3$의 표면 질화에 미치는 $CaF_2$ 첨가 및 질화 압력의 영향

장성민[1], AYMAN Muhammad Tsabit[1], 이상민[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

PG3A-29

Effect of $TiO_2$ addition on crystal structure, microstructure, and dielectric property of the $Ba_{0.85}Ca_{0.15}TiO_3$ system

JEONG Cheol[1], LEE Chul-Lee[1], *MOON Kyoung-seok[1]
[1]Gyeongsang National University

PG3A-30

고내산화 SiC섬유/세라믹 복합체의 마이크로파 가열 특성에 대한 열처리 온도와 압력의 영향

이혁준[1,2], 김수연[1,2], 김태현[1,2], *정영근[2], *조광연[1], *주영준[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

PG3A-31

PZT의 조성과 어닐링 온도에 따른 에너지 저장용량 및 에너지 효율성 비교

손예지[1], *정대용[1], *김승욱[1]
[1]인하대학교

PG3A-32

Functionalized $M_2CT_X$ (M=Sc, Ti, V, Cr, and Mn) sheet as an electrode material for lithium-ion battery via ab initio calculation

CHOI Jiwoo[1], KIM Hyokyeong[1], BAE Inseong[1], SON Hayoung[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

PG3A-33

칼슘 도핑을 통한 알루미나의 입자성장제어 및 AlN의 열전도도 특성 변화 연구

김유빈[1], 임수빈[1], *피재환[1]
[1]한국세라믹기술원

PG3A-34

Oxygen incorporation in MAX phases: Insights into the structures and elastic properties of the Ti-Al-C-O and Ti-Al-N-O system

KIM Hyokyeong[1], CHOI Junyoung[1], BAE Inseong[1], CHOI Jiwoo[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

PG3A-35

증착 변수에 따라 증착된 CVD-HfC 코팅 층의 기계적 특성 및 내삭마 저항성 특성 평가

이지수[1,2], 신동욱[2], *이현근[1], 김대종[1], 전병혁[1], 김원주[1]
[1]한국원자력연구원, [2]한양대학교

PG3A-36

Advanced multi-layer ceramic films design via finite element analysis

KYUNG Sooah[1], KIM Hyokyeong[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

PG3A-37

MAX phases with M, A, and X vacancies: High-temperature mechanical properties via MD simulation

SON Hayoung[1], KIM Hyokyeong[1], CHOI Jiwoo[1], CHOI Junyoung[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

PG3A-38

AlN 소결체 내 이차상 제어를 통한 열전도도 변화 연구

임수빈[1,2], 원효진[2], 김유빈[2], 김종영[2], *송태섭[1], *피재환[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

PG3A-39

Electrochemical Properties of TiNbN Thin Films Deposited by Direct Current, Mid-frequency and Inductively Coupled Plasma Assisted Magnetron Sputtering

KIM Yongsun[1], LEE Sumin[1], *CHUN Sung-Yong[1]
[1]Mokpo National University

PG3A-40

$(Sm_{0.250}Gd_{0.250}Dy_{0.250}Yb_{0.250})_2(Ti_xZr_{0.500-x/2}Hf_{0.500-x/2})_2O_7$ (X : 0.005~0.17) 고엔트로피 산화물의 결정왜곡에 따른 기계적, 열적 특성에 미치는 영향

김수현[1], *배성환[1], 김세윤[1], 김민준[1]
[1]경남대학교

PG3A-41

$B_2O_3$의 첨가가 MgO의 미세구조 및 열전도도에 미치는 영향

장혜정[1], 손희진[1], 하수진[1], 문영국[1], 차현애[1], 최종진[1], 한병동[1], 이정우[2], *안철우[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

PG3A-42

압출기반 3D프린터를 사용하여 제조된 폴리머 전환 SiC 세라믹스의 마이크로파 발열

김태현[1,2], 이혁준[1,2], 김수연[1,2], 정영근[2], *조광연[1], *주영준[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

PG3A-43

Electrochemical Properties of TiNbN Thin Films Deposited by Inductively Coupled Plasma Assisted Magnetron Sputtering

CHOI Hansoo[1], RYU Yeeun[1], *CHUN Sung-Yong[1]
[1]Mokpo National University

## 2024년 4월 17일(수)

**PG3A-44**

Cr 및 Mo 함량에 따른 용융염 원자로용 Fe 및 Ni계 합금의 내부식성

김수형[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

**PG3A-45**

분말 형상을 제어한 마그네시아를 이용한 열계면소재용 필러 제조기술 개발

임동진[1,2], 조한울[2], 김정헌[2], *송태섭[1]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

**PG3A-46**

$NH_4F$ 염 침지공정을 이용한 $Y_2O_3$ 표면의 $Y_xO_yF_z$ 코팅층 형성

최지원[1], 임유나[1], *김강덕[1], 김대근[2], 석혜원[2]
[1]경기대학교, [2]Hansol IONES Co., Ltd.

**PG3A-47**

진공 플라즈마 용사(VPS)법을 이용한 $Y_2O_3$ 코팅막 제조 및 특성 분석

임유나[1], 최지원[1], *김강덕[1], 김대근[2], 석혜원[2]
[1]경기대학교, [2]Hansol IONES Co.. Ltd

**PG3A-48**

Pd2Si dealloying of Pd2Si-SiOC fiber for fabrication of Pd-SiOC fiber

김진례[1], *류도형[1]
[1]서울과학기술대학교

**PG3A-49**

극한환경 리튬이온 슈퍼커패시터용 다공성 SiC 마이크로 입자 합성 및 미세구조 분석

김수연[1,2], 이혁준[1,2], 김태현[1,2], 정영근[2], *조광연[1], *주영준[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**PG3A-50**

Al2O3-Y2O3-CaO계 첨가제가 AlN 기판 밀봉 및 계면 구조에 미치는 영향

권세진[1], 김도원[1], 성현우[1], 최승곤[1], 김승욱[2], 이화평[2], *정대용[2]
[1]원익큐엔씨, [2]인하대학교

**PG3A-51**

Grain growth behavior and dielectric property of the $SiO_2$ added $Ba_{0.85}Ca_{0.15}TiO_3$ system

LEE Gyeong-Lim[1], LEE Chul-Lee[1], *MOON Kyoung-Seok[1]
[1]Gyeongsang National University

**PG3A-52**

사고저항성 핵연료 소결체의 LFA를 이용한 열확산도 분석 및 시편 준비 영향 평가

*윤지해[1], 김동석[1], 양재호[1], 이지환[1], 김동주[1]
[1]한국원자력연구원

**PG3A-53**

수소열처리에 따른 SiC-HfC 나노복합세라믹섬유의 결정화 거동

문찬석[1], *류도형[1], 황건호[1], 배성군[2], 신동근[2]
[1]서울과학기술대학교, [2]한국세라믹기술원

**PG3A-54**

SiC Fiber Synthesis Process from Electron Beam Cured PCS: Heat Treatment in a Vacuum Atmosphere for Radical Removal

Kim Woojun[1], BAE Geonwan[1], *Riu Dohhyung[1], KIM Jinrye[1]
[1]Seoul National University

**PG3A-55**

Implementing Selectivity using Colloidal Ceria Nanoparticles in Advanced STI CMP

KIM Youngseo[1], HONG Seokju[1], KIM Dongwon[1], LEE Kangchun[1], *AN Gye Seok[1]
[1]Kyonggi University

**PG3A-56**

Investigating Effect of co-adding $Dy_2O_3$ and $Yb_2O_3$ on the crystal structure, microstructure, and dielectric property of $BaTiO_3$

HWANG Si-Yeon[1], *MOON Kyoung-Seok[1]
[1]Gyeongsang National University

**PG3A-57**

세리아 안정화 지르코니아 입자의 크기와 형상에 미치는 졸겔 공정 중 산/물 비율의 영향

서혜성[1], 박윤식[1], 장정혁[1], *조의제[1]
[1]순천대학교

**PG3A-58**

Yb/Y-co-doped SiAlON 세라믹스의 색상변화와 공융반응

최재형[1], *김성원[2], 이성민[2], *김도경[1]
[1]한국과학기술원, [2]한국세라믹기술원

PG3A-59

열전재료로 설계된 삼차원 ZnO@ZnS 코어-쉘 나노구조

김제욱[1], *전석우[1]
[1]고려대학교

PG3A-60

산소아세틸렌 토치를 이용한 다양한 화염 조사각에서의 ZrB2-SiC UHTC 복합재료의 삭마 특성

이승용[1], 공정훈[1], 송정환[1], 조윤재[1], 손영일[2], *김도경[1]
[1]한국과학기술원, [2]국방과학연구소

## PG4A : 나노 융합 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PG4A-1

기능성 나노 소재 기반 전극 및 소자 층을 갖춘 이식형 신경 인터페이스 시스템

오세혁[1], 제갈장환[1], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원

PG4A-2

정렬된 3차원 나노구조 흡착제를 이용한 고성능 초소형 가스상 사전농축기

차용성[1], *전석우[1]
[1]고려대학교

PG4A-3

Color control in core-shell-structured nanophosphors

LIM Jun Pyo[1], SHIN Seung Yong[1], OH Soong Ju[2], *JANG Ho Seong[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Korea University

PG4A-4

Control of Thermal Conductivity in Silica Aerogel through Deposition of Parylene

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], KWON Soon-Il[1]
[1]Yonsei University

PG4A-5

망가니즈 도핑을 통한 영차원 금속 할라이드 페로브스카이트 나노입자 상안정화 및 발광 메커니즘 분석

민정완[1], 조한빈[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

PG4A-6

고온에서 고안정한 영차원 비납계 금속 할라이드 신틸레이터

장성우[1], 한주형[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

PG4A-7

자기계층화 반응을 활용한 3차원 표면 초소수 / 친수성 선택적 코팅

김리안[1], 윤경호[1], 남민호[1], 조수현[1], *이재근[2], *이승협[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

PG4A-8

High-Performance Pressure Sensors Based on Large-Scale PVDF Fabrics

HAN Ju[1], *KWON Jaewon[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

PG4A-9

High-Performance Photoresponse in Ferroelectric 2D $MoTe_2$

JUNG Ye Seul[1], *KIM Ji Yeon[1], HAN Seo Yeon[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

PG4A-10

Power Generation of Large-Scale Monolayer $MoS_2$ Films with Interdigitated Electrodes

JUNG Ye Seul[1], KIM Ji Yeon[1], *SHEN Wenhu[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

PG4A-11

Direct patterning of QDs with thiol molecule ligands

LEE Yunseo[1], SHIN Seungki[1], *OH Nuri[1]
[1]Hanyang University

PG4A-12

Flow Chemistry for Rapid and Uniform Synthesis of Heavy Metal-Free InP Quantum Dots

공혜인[1], *오누리[1], 곽남영[1], 신승기[1]
[1]한양대학교

## 2024년 4월 17일(수)

**PG4A-13**

Molten-Salt Synthesis of Single-Crystal Potassium Sodium Niobate-Based Microcubes

JEONG Hui Yong[1], PARK Seonhwa[1], *MIN Yuho[1]
[1]Kyungpook National University

**PG4A-14**

비인간 영장류의 신경 신호 측정을 위한 유연 신경 전극

제갈장환[1], 오세혁[1], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원

**PG4A-15**

Taste Bud-Inspired Single-Drop Multitaste Sensing forComprehensive Flavor Analysis with Deep Learning Algorithms

YEA Junwoo[1], *JUNG Han Hee[2], LEE Hyunjong[1], KWAK Jeongho[1], CHOI Jihwan P[3], *JANG Kyung-In[1]
[1]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology, [2]Hannam University, [3]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**PG4A-16**

Development of Carbon Nanostructure-Based Ink with Tunable Conductivity and Patterning Process

KIM Seokhwan[1], PARK Seonhwa[1], *MIN Yuho[1]
[1]Kyungpook National University

**PG4A-17**

Highly Sensitive $H_2$ Gas Sensor at Room Temperature based on Biomorphic Hierarchical Porous Cerium Oxide Structure

Do Soo Jee[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG4A-18**

파킨슨 병의 진단을 위한 양면 구조의 3전극 기반 뉴럴프로브

하정대[1], *정한희[2], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원, [2]한남대학교

**PG4A-19**

NIR-SWIR 흡수 향상을 위한 $Ag_2Te$ 코어쉘 구조 양자점의 합성 방법

김민지[1], 장성우[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

**PG4A-20**

Optimizing QLED Performance: Dual-Layer Approach with $V_2O_5$ and PEDOT:PSS for Enhanced Charge Control and Reduced Electron Leakage

JANG Se Hyuk[1], CHO Han Bin[1], *IM Won Bin[1]
[1]Hanyang University

**PG4A-21**

$VO_2$를 정공주입층으로 활용하여 효율적인 전하 주입을 통한 양자점 발광 다이오드 성능 향상

문지윤[1], 조한빈[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

**PG4A-22**

세 가지 형태로 합성된 망간 도핑 육방정계 페로브스카이트 소재의 자기 포획 엑시톤 영향에 대한 광학적 분석

김유리[1], 한주형[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

**PG4A-23**

상향변환 수분감지 금속 할라이드 소재 개발 및 정보보안 응용

서정민[1], 한주형[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

**PG4A-24**

Crystal structure stabilization of metastable $NiMoO_4$ by Sb doping for electrochemical application

JEONG Si Hoon[1], LEE Seung Yong[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG4A-25**

Understanding of $NH_3$ gas sensing mechanism by observing Oxygen ionic species in Palladium nanoparticle-decorated ZnO Nanosheet

CHOA Haeun[1], KIM Min Young[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG4A-26**

Low-Temperature Operation of ZnO-SnO2 Heterojunction Gas Sensors via defect Control Using Surfactants

김용환[1], 박철오[1], 황정윤[1], *이규형[1]
[1]연세대학교

PG4A-27

광양이온 중합형 지환식 에폭시올리고 실록산의 합성과 3D 프린팅에서의 적용

SHIORI Sakuragi[1], 박혜영[1], 이정현[1], *양승철[1], 정연길[1]
[1]국립창원대학교

PG4A-28

저탄소 공정 기반 고엔트로피 합금 분말 구형 응집체 제조에 대한 연구

김민종[1], 임태협[1], 오흥석[1], 몽겔라 걸트루드[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

PG4A-29

유·무기계 첨가제 혼합을 통한 반도체 소자용 나노소재의 특성 향상 연구

정진욱[1], 마요한[1], 황규완[1], 김도경[1], *김종복[1]
[1]국립금오공과대학교

PG4A-30

Conductive non-noble-metal oxide nanosheets as efficient hybridization matrices

KWON Nam Hee[1], JIN Xiaoyan[2], *HWANG Seong-Ju[1]
[1]Yonsei University, [2]University of Seoul

## PG5A : 바이오 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PG5A-1

Bacteria-based self-healing method for concrete cracks

HONG Min Yong[1], PARK Hyo Jung[1], WON Jong In[1], LEE Young Ran[1], LEE Hye Sun[1], LEE Jin Hyung[1], *JEON Byoung Seung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

PG5A-2

3D printing of dental prosthesis using lithium disilicate manufactured by sol-gel method

KIM Ye Seul[1], KIM Young Ran[1], KANG Jin Ho[1], *PARK Chan[1]
[1]Chonnam National University

PG5A-3

굴 패각으로부터의 탄산칼슘 추출 및 그것을 이용한 생분해성 필름 합성

이상헌[1,3], 이학래[2], 심원철[2], 김선진[2], 고의석[2], *이진형[3]
[1]한양대학교, [2]뉴로팩, [3]한국세라믹기술원

PG5A-4

Pilot-scale continuous biogenic silica alkali hydrothermal treatment and ball milling

박지연[1,2], 상병인[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

PG5A-5

3D plasmonic paper-based SERS sensor for label-free detection and diagnosis of rheumatoid arthritis and osteoarthritis

HEO Boyou[1], *JUNG Ho Sang[1]
[1]Korea Institute of Materials Science

PG5A-6

Electrochemical One-Step Immunoassay via Switching Peptides and Pyrolyzed Carbon Electrode

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], LIM Taek Su[1]
[1]Yonsei University

PG5A-7

Machine Learning-based Inorganic Plasmonic Sensor for Detection of Multiple Hazardous Molecules

SEO Hyo Jeong[1], *JUNG Ho Sang[1]
[1]Korea Institute of Materials Science

PG5A-8

Label-free colorectal cancer detection using inorganic and plasmonic SERS needle sensor

JO Kang Seok[1], *JUNG Ho Sang[1]
[1]Korea Institute of Materials Science

PG5A-9

공기 중 미생물에 대한 식물 추출물을 이용한 항균 공기 필터 코팅

하수연[1,2], 변하람[1,2], 박선영[1], 황의택[3], 상병인[2], 민지호[4], 성대경[1], 최원일[1], 김성현[1], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교, [3]동아대학교, [4]전북대학교

PG5A-10

Electrochemical biosensors using diffusion layer dispersed electrodes

김은영[1,2], *이가연[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

PG5A-11

Alkali Extraction to Detoxify Rice Husk-Derived Silica and IncreaseIts Biocompatibility

박지연[1,3], 문원식[2], 천진녕[1], 상병인[3], MITCHELL Robert J.[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]울산과학기술원, [3]한양대학교

PG5A-12

Synthesis of hydrophobically modified, rice husk-derived spherical silica particles

박지연[1,2], 천진녕[2], 전병승[2], 이혜선[2], 상병인[1], *이진형[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

PG5A-13

Li-Doped Calcium Silicate for Effective Endodontic Cement

LEE Ju Young[1], LEE Jiyu[1], YOO Kyung-Hyeon[2], *YOON Seog-Young[1]
[1]Pusan National University, [2]The University of Tokyo

PG5A-14

Development of a combinatorial refinery process for 9-Hydroxynonanoic acid, which is a biodegradable plastic precursor

LEE Chan-Yang[1,2], PARK Hyo-Jung[1], WON Jong In[1,2], PARK Jin-Byung[3], OH Deok-Kun[4], SANG Byoung-In[2], *JEON Byoung Seung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Hanyang University, [3]Ewha Womans University, [4]Konkuk University

PG5A-15

Effect on functional activity of cerium substituted 45S5 bioactive glass

*HONG Min-Ho[1], RYU Jeong-Hyun[2], CHOI Sung-Hwan[2], KWON Jae-Sung[2]
[1]Gangneung-Wonju National University, [2]Yonsei University

PG5A-16

Synthesis and In vitro Evaluation of Magnesium doped Monetite

LEE Jiyu[1], YOO Kyung-Hyeon[2], *YOON Seog-Young[1]
[1]Pusan National University, [2]The University of Tokyo

PG5A-17

Manufacturing Methods for ZrO2 Porosity Assurance and Strength Characteristics of ZrO2-Resin Composites

이준섭[1,2], *이혜선[2]
[1]경북대학교, [2]한국세라믹기술원

PG5A-18

산 처리를 통한 베트남 바가스 내 알칼리 성분 제거 연구

하수연[1,2], 박지연[2], 상병인[1], *이진형[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

PG5A-19

부드럽고 빠른 생분해가 가능한 3D 프린팅 전자소자

박주현[1], 이주용[1], 김종형[2], 강세훈[1], *강승균[1]
[1]서울대학교, [2]Harvard University

PG5A-20

AI-assisted Electron Microscope Analysis of Long Genomic DNA Molecules

SHIM Youmin[1], KIM Yunchul[1], SUNDHARBAABU Priyannth Ramasami[1], CHANG Junhyuck[1], NOH Chanyoung[2], LEE Byoungsang[1], *JO Kyubong[2], *LEE Jung Heon[1]
[1]Sungkyunkwan University, [2]Sogang University

## PG6A : 유리 및 비정질 세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PG6A-1

중온용 SOFC 밀봉소재용 $SiO_2$-$Al_2O_3$-CaO-MgO-$Na_2O$계 결정화 유리 소재의 밀봉 특성

김태령[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

PG6A-2

$Mn^{2+}$:$Cs_2ZnBr_4$ 기반 백색 LED용 Lead Free Perovskite 나노결정 함유 유리

김현아[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

PG6A-3

High-Strength Low-k Glass-Ceramic Composites for Smart Phone Covers

*KIM Ji Yeon[1], PARK Kwan Sik[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

PG6A-4

Optimization of Optical Property of Plate-shaped $SiO_2$ Flakes via Acid Treatment

SEO Wondeok[1], OH Seyoung[1], SEO Hyun Young[1], LEE Kyeong Min[1], CHOI Byung Ki[2], KANG Kwang Choong[2], JEONG Jae Il[2], JU Sang Jun[2], *CHO Byungjin[1]
[1]Chungbuk National University, [2]CQV Co., Ltd

PG6A-5

보로실리케이트 유리 바이알 화학강화

정지훈[1,2], 변영민[2], 우성현[1,2], 이정헌[1], *김형준[2]
[1]성균관대학교, [2]한국세라믹기술원

PG6A-6

Effect of ZnO, $B_2O_3$ addition on thermal properties of $Bi_2O_3$-$SiO_2$-based glasses

WOO Sung Hyun[1,2], BYUN Young Min[2], JUNG Jihun[1,2], LEE Jung Heon[1], *KIM Hyeong-Jun[2]
[1]Sungkyunkwan University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

PG6A-7

$SiO_2$-PTFE 스퍼터링 박막의 표면 거칠기와 발수 특성 분석

최다진[1], 이진혁[1], *최용규[1]
[1]한국항공대학교

## PG7A : 내화물 및 시멘트세라믹스
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PG7A-1

Mg을 포함하는 내화물과 Li(Ni,Co,Mn)$O_2$(LNCM) 양극재의 반응성 평가

윤일열[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

## PG8A : 전산재료과학 및 재료분석
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PG8A-1

Phase-field Simulation of Thin Film Deposition and Crystallization

이환욱[1], *권용우[1]
[1]홍익대학교

PG8A-2

Correlation between microstructure and thermal conductivity on thermoelectric properties of elemental Te crystal

ABBEY Stanley[1], JANG Hanhwi[2], FRIMPONG Braakowaa[1], *OH Min-Wook[1]
[1]Hanbat National University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

PG8A-3

디지털 트윈을 활용한 세라믹 제조 공정 최적화

박진화[1], 류가애[1], *현상일[1], 한윤수[1]
[1]한국세라믹기술원

PG8A-4

Ab-initio 열역학을 이용한 Ni 도핑된 $SrTiO_{3-\delta}$의 상안정성

이나영[1], 김선혜[1], 김종윤[1], 박선영[2], 이종호[2], *김영철[1]
[1]한국기술교육대학교, [2]한국과학기술연구원

PG8A-5

밀도범함수를 이용한 $RuO_4$의 증기압과 Si 및 $SiO_2$ 표면에서의 반응

김선혜[1], 김현규[1], 이나영[1], 김종윤[1], *김영철[1]
[1]한국기술교육대학교

PG8A-6

Multiphysics Model for Thermal Disturbance in Three-Dimensional Stacking Phase-Change Memory

KIM Yechan[1], HUR Namwook[2], SUH Joonki[2], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University, [2]Ulsan National Institute of Science and Technology

PG8A-7

Schottky barrier height modulated interfacial switching mechanism of an oxide based memristor

KHOT Sagar[1], JUNG Dongmyung[1], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University

PG8A-8

Phase Field Modeling of Strain Induced Phase Transformations in $MoTe_2$

HASSAN Hamid[1], LEE Won-Kyu[1], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University

## 2024년 4월 17일(수)

**PG8A-9**

Investigation of Resistive Switching in Filamentary RRAM Based on Fully Coupled Physics and Finite Element Simulation

정동명[1], *권용우[1]
[1]홍익대학교

**PG8A-10**

Phase Field Method Simulation of the Solid Phase Crystallization Process of Polycrystalline Semiconductor Films

PARK Jung In[1], LEE Hwanwook[1], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University

**PG8A-11**

영역 선택적 원자층 증착 방식으로 제작된 저항 메모리의 변동성 시뮬레이션

오진우[1], 정동명[1], *권용우[1]
[1]홍익대학교

**PG8A-12**

Understanding the electricity generation mechanism in droplet-based hydrovoltaic systems

강민성[1], 강준혁[1], *조성범[1]
[1]아주대학교

**PG8A-13**

Theoretical study of formaldehyde removal performance by Ag/PbO nanoclusters

YEON Changho[1], *LEE Chan-Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

**PG8A-14**

DFT Calculations of Pressure-Induced Changes in the Bonding Network of Amorphous Chalcogenide Materials

PARK YuBin[1], *LEE Tae hoon[1]
[1]Kyungpook National University

**PG9A : 생활 및 전통 세라믹스**
**Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00**

**PG9A-1**

소결조제를 이용한 리튬 고내식성 $MgAl_2O_4$계 Sagger의 저온 소결 특성

오창해[1], 김강덕[1], *강승구[1]
[1]경기대학교

**PG9A-2**

항균 유약의 발색 특성 부여를 위한 고 투광성 유약 조성 개발 연구

진서윤[1], 김휘연[1], 심소은[1], 김진호[1], 김응수[1], *최정훈[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG9A-3**

Fe-doped LLZTO 전해질의 광소결 조건에 따른 소결 특성 평가

정선호[1], 송태섭[2], 신경섭[1], 한규성[1], *김진호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

**PG9A-4**

Direct Ink Write(DIW) 적층 조형 기술을 위한 Silicate 기반 고가소성 페이스트 조성 개발

김휘연[1], 진서윤[1], 심소은[1], 김응수[1], 김진호[1], *최정훈[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG9A-5**

$Mg_2TiO_4$ 첨가에 따른 양극재 열처리용 $MgAl_2O_4$ 내화세라믹 원료의 내침식 거동 분석

함나영[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

**PG9A-6**

Anorthite($CaAl_2Si_2O_8$) 결정상을 포함한 양극재 열처리용 mullite 내화세라믹의 내침식성 특성 연구

우수진[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

**PG9A-7**

$CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 계 소결조제 첨가에 따른 양극재 열처리용 mullite 내화세라믹의 내침식 특성

길상우[1], 김연주[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

**PG9A-8**

뮬라이트 휘스커를 포함한 고내식성 양극재 소성용 내화갑 개발

이재민[1,2], 이석현[2], 송태섭[1], 최정훈[2], 김응수[2], 한규성[2], *김진호[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

**PG9A-9**

Synthesis of $LiAlO_2$-based sagger for the calcination of Li-ion battery cathode materials

김연주[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

PG9A-10

천연광물 일라이트를 소재를 활용한 벽지의 특성

권오현[1], 오승현[1], *이혜선[1]
[1]한국세라믹기술원

PG9A-11

고온 단열재용 뮬라이트 휘스커 다공성 내화세라믹 제조

김승교[1], 김기재[1], 최정훈[2], 황광택[2], 한규성[2], *김진호[2]
[1]성균관대학교, [2]한국세라믹기술원

## PSS1A : 제22회 세라믹스 표준화 심포지엄
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PSS1A-1

질화규소 분말의 산소함량 분석방법 및 최적화

김진애[1], 이현아[1], *이연숙[1], 이동원[1], 김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

PSS1A-2

비접촉식 방법을 이용한 세라믹 기판의 뒤틀림 측정 방법 표준화

오지희[1], *이동원[2], 이세미[2], 김용남[2]
[1]광운대학교, [2]한국산업기술시험원

PSS1A-3

SOFC용 밀봉 소재의 접착강도 시험방법 표준화

오지희[1,2], 오종민[1], *이동원[2]
[1]광운대학교, [2]한국산업기술시험원

## PSS2A : 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PSS2A-1

스퍼터링으로 증착된 Mo 박막의 황화 공정을 통한 이차원 $MoS_2$ 합성

장종현[1], 최태양[1], 윤혜영[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-2

실리콘 기판 위에 제작되는 전면 발광 Pe-LEDs를 위한 고반사 ITO/Ag/ITO 전극

박소망[1], 정재훈[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-3

투명 히터를 위한 Ga과 Ti이 도핑된 $In_2O_3$ 필름의 두께에 따른 특성

서영은[1], 윤혜영[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-4

웨어러블 디바이스를 위한 폴리우레탄 기판에 은 나노와이어가 내장된 신축성 있는 투명 전극

이예서[1], 천호성[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-5

공동 증착으로 제작된 PTFE와 Ag_Pd_Cu 혼합구조의 고신축성 전극에 관한 연구

천호성[1], 이예서[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-6

유연 전기변색 소자를 위한 비정질 $WO_3$ 기반의 전기변색층

박창신[1], 박승훈[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-7

향상된 P형 TFTs를 위한 IPSD로 제작된 Tellurium 초박막에 관한 연구

최태양[1], 장종현[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-8

열증착공정을 이용한 $MAPbI_3$ 페로브스카이트 층이 도입된 반투명 페로브스카이트 태양전지

임도하[1], 석해준[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-9

고립형 플라즈마 스퍼터링을 이용한 대면적 이차원 $MoS_2$ 증착

윤혜영[1], 장종현[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

PSS2A-10

저손상 스퍼터링 공법으로 성막한 탠덤 태양전지용 Mo-doped $In_2O_3$ 상부 투명전극 연구

정재훈[1], 박소망[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

## 2024년 4월 17일(수)

**PSS2A-11**

전고체 전기변색소자용 $LiTaO_3$ 특성

박승훈[1], 석해준[1], 박창신[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

**PSS2A-12**

전기변색층과 상대전극의 전하밀도 제어를 통한 고내구성 전고체 전기변색 소자 제조

신민경[1], 서인태[1], 강형원[1], 서지훈[2], *한승호[1]
[1]한국전자기술연구원, [2]고려대학교

**PSS2A-13**

Interface characteristics of highly stable semi-transparent perovskite solar cells prepared by hot pressing bonding

LUO Fang[1], *KIM Han-Ki[1]
[1]Sungkyunkwan University

**PSS2A-14**

Designing Highly Stretchable DNA Patterned Hybrid Electrodes for Wearable devices

SREEVANYA G. V.[1], *KIM Han-Ki[1]
[1]Sungkyunkwan University

**PSS2A-15**

겔 전해질로 구성된 전기변색 거울의 내구성 향상 연구

이지형[1], 강광모[1], 이상범[1], *나윤채[1]
[1]한국기술교육대학교

**PSS2A-16**

NbW산화물 박막으로 구성된 전기변색 소자의 장기 안정성 연구

강광모[1], *나윤채[1]
[1]한국기술교육대학교

**PSS2A-17**

Enhancing cyclic durability and chemical stability of $WO_3$ thin films through $Nb_2O_5$ passivation

OH Sehyun[1], *KIM Dong Hun[1], KO Dohyun[1], YANG Jeonghun[1], NAH Yoon-Chae[1,2], KANG Kwang-Mo[1,2]
[1]Myongji University, [2]Korea University of Technology and Education

**PSS4A : RLRC 수소센터 쉐프(SEHPc) : 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계**
**Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00**

**PSS4A-1**

On the Interface Compatibly Between $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ and Liquid Electrolytes

NASIR Mohammad[1], SEO Jun[1], PARK Jun Seo[1], JUNG Seo In[1], KIM Hee Jin[1], *PARK Hee Jung[1]
[1]Dankook University

**PSS4A-2**

금속지지형 고체산화물 연료전지의 지지체 미세구조 성능에 대한 영향

김정도[1], KAMAL Warshi Mohammed[1], *박희정[1]
[1]단국대학교

**PSS4A-3**

Investigation of Structure Effect on Anion Recognition using Porphyrin-based Selectors

CHOI Seung-Ho[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

**PSS4A-4**

Effect of thickness of support, anode, and electrolyte layers on the efficiency of metal-supported solid oxide fuel cells

MOHAMMEDKAMAL Warshi[1], *PARK Hee Jung[1]
[1]Dankook University

**PSS4A-5**

Rhenium-doped MoS2 Nanoflowers for Improbed NO2 Sensing Properties at Room Temperature

SEO Jae-woo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

**PSS4A-6**

하소 온도에 따른 소결된 LAGP의 리튬이온전도 특성

정서인[1], NASIR Mohammad[1], *박희정[1]
[1]단국대학교

**PSS4A-7**

Enhancement of the sinterability of the bulk ceria by adding 2-dimensional transition metal-oxide sintering aids

ZHAO Yafei[1], *PARK Hee Jung[2]
[1]Dankook University

PSS4A-8

MOF 지지체를 활용한 비정질 $Cu(OH)_2$ 나노시트 복합체 합성 및 음이온 교환막 수전해 적용 연구

김인태[1], *박유세[1]
[1]충북대학교

PSS4A-9

비금속 Se의 도입으로 감소하는 활성화 에너지 장벽을 통해 고활성 OER전극 개발과 태양전지의 적용

이성준[1], *박유세[1]
[1]충북대학교

## PSS6A : 우주항공 및 원자력용 소재 개발 현황 및 전망
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PSS6A-1

사고저항성 핵연료 기술: 상온 비공정 인발-축관 적용을 통한 다층구조 핵연료 피복관의 고온 산화 저항성

최지혁[1], 김수형[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

## PSS9A : 고효율 수소생산 촉매 기술
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PSS9A-1

Highly Stable and Efficient 3D-Building Structure Cobalt Oxide Electrode for Anion Exchange Membrane Water Electrolyzer

PAEK SaeYane[1,2], PARK Young Sang[1], LEE Albert S.[1], *KIM Jong Min[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Hanyang University

PSS9A-2

Explore Improving Water Splitting Electrode Efficiency and Stability through Heterogeneous Interfacial Property Control of Nano-Porous Structure Supports and Multi-component Catalyst Composites

CHOI Dongin[1], CHOI Jinuk[1], SURENDRAN Subramani[1], KIM Joon Young[1,2], MOON Dae Jun[1], JEONG Goung Hwa[1], *SIM Uk[1,2]
[1]Korea Institute of Energy Technology, [2]NEEL Sciences

PSS9A-3

Enhanced Catalytic Efficiency and Stability in Water Splitting via Optimizing Electronic Structure of Ir in a High Entropy Alloy

CHOI Seunggun[1], SUN Jooheon[1], KIM Jaeik[1], PARK Joonhyeok[1], KIM Minsung[1], PARK Hongjun[1], PARK Chanjin[1], CHA Gunwoo[1], *PAIK Ungyu[1], *SONG Taeseup[1]
[1]Hanyang University

## PSS10A : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PSS10A-1

MXene Electrodes with Polymer Lamination for Enhanced Stability in Diverse Environments for Field-Driven Electronic Applications

KIM Woojoong[1], KIM Gwanho[1], OH Ji Hye[1], *PARK Cheolmin[1]
[1]Yonsei University

PSS10A-2

산화바나듐을 사용한 고순도 MAX 합성 공정

이도연[1], *권한중[1], 송재민[1], 서준기[1], 양준열[1]
[1]전북대학교

PSS10A-3

Oxidation Mechanism of Mo-based Single and Bimetallic Carbide MXenes in Aqueous Suspensions

NOUSHAD Hussain[1], *KOO Chong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

PSS10A-4

Flexible, robust, and highly conductive MXene/carbon nanotube (CNTs) film for IR shielding and detection applications

TUFAIL Hassan[1], *KOO Chong Min[2]
[1]Sungkyunkwan University

PSS10A-5

Preparation of $Ti_3C_2T_x$ MXene Epoxy Composite for Multifunctional Application

NAQVI Shabbir Madad[1], *KOO Chong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

## 2024년 4월 17일(수)

### PSS11A : 시멘트*콘크리트 광물탄산화 CCU 기술 심포지엄
### Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

**PSS11A-1**

화학적 첨가제를 통한 석회석-소성점토 혼합 시멘트 ($LC^3$)의 수화반응과 역학적 성능 증진 평가

정성진[1], *문주혁[1]
[1]서울대학교

### PSS14A : 산화물 기반 소재 및 소자 연구회 심포지엄
### Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

**PSS14A-1**

Metal-insulator transition in $VO_2$ thin films by a post-annealing process

LIM Sang Myun[1], CHOI Yeong Uk[2], AHN Hyun Soo[2], JUNG Jong Hoon[2], *LEE Jung-Woo[1]
[1]Hongik University, [2]Inha University

**PSS14A-2**

Highly Crystalline Ferroelectric Oxide Membranes for Energy Harvesting

SHEERAZ Muhammad[1], KIM Jiwon[1], AHN Chang Won[1], *KIM Ill Won[1], *KIM Tae Heon[1]
[1]University of Ulsan

**PSS14A-3**

Mapping the low tolerance factor $Bi(Li_{1/3}Zr_{2/3})O_3$ end member and MPB composition nexus in $Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$-based ceramics

SHEERAZ Muhammad[1], ALI Sabir[2], YUN Won Seok[3], *ULLAH Amir[2], KIM Ill Won[1], *AHN Chang Won[1]
[1]University of Ulsan, [2]University of Science and Technology, [3]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology

### PSS15A : 미래 대응 바이오헬스소재 심포지움
### Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

**PSS15A-1**

키토산 코팅된 PLA/Poloxamer 나노 입자를 이용한 암 세포 사멸 및 화학 면역 요법 효과 증진

조성현[1,2], 이진실[2], 최원일[2], 박세영[2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

**PSS15A-2**

Development of pH-responsive Calcium carbonate Particles for Immune-Stimulating Drug Delivery System in CD44 highly expression Cancer Therapy

민아란[1,2], 조성현[1,2], 김수연[1,2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

**PSS15A-3**

항원제시 효율향상을 위한 키토산을 활용한 알루미늄 기반 암백신의 개발

조성현[1,2], 민아란[1], 박세영[2], 이진실[2], 최원일[2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

**PSS15A-4**

On-demand drug release from silica-coating hydrogel activated by micro-vibration

KIM Seo-yoon[1,2], *PARK Jang-ung[2], *KIM Byoung-soo[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Yonsei University

**PSS15A-5**

체내 항원전달 효율성을 위한 친환경공법 수산화알루미늄 나노입자의 개발

민아란[1,2], 김승연[2], 김수연[1,2], 조성현[1,2], *김성중[2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

**PSS15A-6**

$\alpha$-Bisabolol Infused Nanocapsules: Uniting Antioxidant and Antibacterial Potentials

YU Sohyeon[1], KIM Chaehyun[1], SEO Dongseong[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**PSS15A-7**

Optimized Barrier Functions and Electrochemical Redox Features of Multilayered Polymers Composed of Ferrocene and Acrylic

YU Sohyeon[1], SEO Dongseong[1], KIM Chaehyun[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**PSS15A-8**

Solvent-free preparation of nanoparticles containing efficient wound healing and antioxidant idebenone

YU Sohyeon[1], SEO Dongseong[1], KIM Chaehyun[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

PSS15A-9

에멀젼 기법을 이용한 친수성 고분자 기반 다공성 마이크로실리카 합성 연구

김승연[1], 정진우[1,2], 김동균[1,3], *김성중[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]충북대학교, [3]경희대학교

PSS15A-10

표적 단백질 분리·정제를 위한 세라믹 기반 맴브레인 크로마토그래피

정진우[1,4], 정수현[2,4], 김동균[3,4], 김승연[4], *김성현[4], *김성중[4]
[1]충북대학교, [2]한양대학교, [3]경희대학교, [4]한국세라믹기술원

PSS15A-11

염증성 골관절염 치료를 위한 c-Jun N-말단 키나제 억제제로서의 무기 하이브리드 나노자임

오혜련[1], 이진실[1], 손판모[1], *최원일[1]
[1]한국세라믹기술원

PSS15A-12

무릎 골관절염 치료를 위한 혁신적인 폴리과당 기반 나노입자

이진실[1], 오혜련[1], 손판모[1], *최원일[1]
[1]한국세라믹기술원

PSS15A-13

Development of ROS-responsive ferrocene polymer nanocparticles containing ascorbic tetraisopalmitate with antioxidant efficacy for improved wound healing

YU Sohyeon[1], KIM Chaehyun[1], SEO Dongseong[1], *SUNG Daekyung[2]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

PSS15A-14

The fabrication of stable nanoparticles incorporating cyperus rotudnus to harness antioxidant and anti-inflammatory properties

KIM Chaehyun[1], YU Sohyeon[1], SEO Dongseong[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

PSS15A-15

Potassium ion biosensor based on combination of ion-selective membrane and ferrocene redox polymer

SEO Dongseong[1], KIM Chaehyun[1], YU Sohyeon[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

## PSS17A : 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발
## Room 포스터, 04월 17일 17:30 - 19:00

PSS17A-1

수분 저항 가스 센서를 위한 the $CeO_2$ Nanoparticles on NiO Nanostructures의 역할

박시형[1], 황준호[2], 조윤행[1], 정재한[1], 손성우[2], *심영석[1]
[1]한국기술교육대학교, [2]연세대학교

PSS17A-2

Electrically Conductive 2D Metal-Organic Frameworks For Xylene Sensors

KWAK Gyeong-Won[1], SEO Jae-Woo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

PSS17A-3

Post-synthetic Modification of MOF-MWCNT composite for Chemiresistive Anion Sensor

LEE Donghee[1], CHOI Seung-Ho[1], KIM Yeon-Joo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

PSS17A-4

P4VP-SWCNT Composites Functionalized with Porphyrin-based Receptors for Real-Time $NO_2$ Detection at Room Temperature

BAEK Ga-Yeon[1], CHOI Seung-Ho[1], SEO Jae-Woo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

PSS17A-5

HT-GLAD를 통해 쉽게 수직 정렬되는 SnO2 나노플레이크 기반 고성능 가스 센서

정재한[1], *심영석[1]
[1]한국기술교육대학교

PSS17A-6

Photoactivated gas sensor based on 3-dimensional porous $TiO_2$ for extremely low detection of $NO_2$ gas

조윤행[1], *심영석[1]
[1]한국기술교육대학교

# 2024년 4월 18일(수)

**PG1A : 전자세라믹스**
**Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30**

**PG1A-1**

Photoluminescence of $Eu^{3+}$ doped $MoO_3$ two-dimensional microbelt

KIM Sang Hoon[1], *KIM Dong Hun[1], KO Do Hyun[1], OH Se Hyun[1]
[1]Myongji University

**PG1A-2**

A Wafer-Scale Nanoporous IGZO Active Pixel Image Sensor with High Optoelectronic Performance and Visible-to-NIR Detection

AVIS Wee Sin Hui[1], *SEN Anamika[1], *KIM Sunkook[1]
[1]Sungkyunkwan University

**PG1A-3**

van der Waals Interface Engineering for Enhancement of Semiconductor Device Performance

조수연[1], *박준홍[1]
[1]경상국립대학교

**PG1A-4**

Optically Simulated Synaptic Behaviors of $HfS_2$ Grown via Molten Salt Flux Method

KWON Mi Ji[1], CHO Jung Young[2], *PARK Junhong[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering andTechnology

**PG1A-5**

$Sm^{3+}$가 도핑된 $(K_xNa_{1-x})NbO_3$에서 $Sr^{2+}$ 치환에 의한 광학적 특성 향상

서지우[1], 위상원[1], 이윤상[1], *정진석[1]
[1]숭실대학교

**PG1A-6**

Centimeter scaled growth and Electric Characteristics of Layered $NiTe_2$

KWAK Hangil[1], KIM Hyeongtae[1], JE Yeonjin[1], KIM Eunjeung[2], *PARK Junhong[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Lawrence livermore national laboratory

**PG1A-7**

$PbFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$ 다강체 시스템에서 Fe 사이트 도핑에 의해 유도된 준강자성

박지훈[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

**PG1A-8**

Measurement of characteristics such as dielectric constant, dielectric loss, and polarization value through experimental $K_{1-x}Li_xNbO_3$ (KLN) synthesis and comparison of differences with simulation results

YEO Tae-Soo[1], LEE Ju-Hyeon[1], *JO Wook[1]
[1]Ulsan National Institute of Science and Technology

**PG1A-9**

Microstructure of a two-dimensional $\alpha$-MoO3 thin films grown by sputtering

KO Dohyun[1], *KIM Dong Hun[1], OH Sehyun[1], KIM Sanghun[1]
[1]Myongji University

**PG1A-10**

템플릿 기반 일방향 결정배향 성장법의 조건 최적화

고누리[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

**PG1A-11**

Luminescent high-k $HfO_2$:$Eu^{3+}$ with doping $Pr^{3+}$ and $Zr^{4+}$

HAN Jaeho[1], CHOI Hai In[2], SONG Tae Kwon[2], *LEE Yun Sang[1]
[1]Soongsil University, [2]Changwon National University

**PG1A-12**

NIR-excitation to NIR-emission phosphor with high thermal stability for the anti-counterfeiting and certification materials

김선태[1], 박영지[1], *김선욱[1], *강태욱[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG1A-13**

Conformable flexible adhesive piezoelectric patches with bioinspired hierarchically arranged microsuckers for physical energy amplification sensor

KIM Hyunseung[1], JEON Seung Hwan[2], PANG Changhyun[2], *JEONG Chang Kyu[1]
[1]Jeonbuk National University, [2]Sungkyunkwan University

**PG1A-14**

Transparent high-performance piezoceramics through pressureless sintering

유혜림[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

**PG1A-15**

수소감지를 위한 백금 담지 다공성 산화인듐 나노구조 센서

윤성도[1], 명윤[1], 김연주[1], *나찬웅[1]
[1]한국생산기술연구원

**PG1A-16**

고품질계수의 $BaMoO_4$ 마이크로파 유전체 세라믹스 제작과 특성 연구

김민정[1,2], 조명희[1,3], 김양도[2], 문경석[3], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교, [3]경상국립대학교

**PG1A-17**

Enhanced Dielectric Properties of $BaTiO_3$@Additives Core-Shell Structure via Co-precipitation Method for Multi-Layer Ceramic Capacitor (MLCC)

PARK Ji Young[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

**PG1A-18**

Low-k, low-loss forsterite/PI hybrid dielectric substrates for mm-wave communication devices

KWON Nayeon[1], SONG Tae Yeong[1], HA Jong Seok[1], *KWON Do-Kyun[1]
[1]Korea Aerospace University

**PG1A-19**

광전자소자 응용을 위한 세슘 망간 할라이드 서브마이크론 결정

이선영[1], 권석빈[2], 유정현[2], 전시욱[1], 김보영[1], 송영현[1], *최승희[1]
[1]한국광기술원, [2]성균관대학교

**PG1A-20**

Anatase to Rutile 상전이를 통해 제어한 Core-Shell 구조 다상 TiO2의 BZT 고상합성 적용

남월일[1], 김양도[2], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

**PG1A-21**

Enhanced Electromechanical Properties of Mn-substituted BF-BT-based Lead-free Piezoceramics

MUHAMMAD Aamir[1], AHMED Tauseef[1], 박홍우[1], 이정현[1], *이순일[1]
[1]국립창원대학교

**PG1A-22**

BNT계 X9R MLCC(Multilayer Ceramic Capacitor) 적용을 위한 유전체와 전극의 산소 분압에 따른 소결 거동 및 유전 특성

하송아[1], 황경미[1], 박홍우[1], 이주현[2], 조욱[2], 이성철[3], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]울산과학기술원, [3]㈜위너테크놀로지

**PG1A-23**

EFG법으로 성장한 (001)면 산화갈륨 단결정 구조 결함 연구

최미희[1,2], *신윤지[1], 홍순구[3], 정성민[2], 배시영[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원, [3]충남대학교

**PG1A-24**

강자성-강유전성 복합체 기반 자기-기계-마찰전기 변환 발전소자 제작

임예슬[1], *황건태[1]
[1]국립부경대학교

**PG1A-25**

Controlling Phase Distribution for Interface Engineering in Hafnia-based Ferroelectric Ultrathin Film

RYU Dae Haa[1], LEE Joonbong[1], *CHOI Taekjib[1]
[1]Sejong University

**PG1A-26**

Wafer-level uniformity of homo-epitaxial diamond growth by using kinetics-coupled reactor scale simulation

PHUNG Nhat-Minh[1,2], SEONG Gi-Ryeo[2], SHIN Yun-Ji[2], BAE Si-Young[2], LEE Soonil[1], *JEONG Seong-Min[2]
[1]Changwon National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**PG1A-27**

Rapid growth of single crystal under high-temperature gradient via physical vapor transport method

PARK Jae-Hyeon[1,2], SUN Ju-Hyeong[2], BAE Si-Young[2], SHIN Yun-Ji[2], KWON Se-Hun[1], KIM Chang-Min[3], LEE Won-Jae[4], *JEONG Seong-Min[2]
[1]Pusan National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [3]Hana Materials Inc., [4]Dong-Eui University

PG1A-28

Ionic Conductivity and Microstructure of $LiTa_2PO_8$ Ceramic Matrix-based Composite Solid Electrolyte

KIM Nayoung[1], *KIM Hyeonjin[2], *YOON Seog-Young[1]
[1]Pusan National University, [2]Korea Electrotechnology Research Institute

PG1A-29

Enhancing UV LEDs efficiency with non-polar core-shell quantum well (QWs) structure

HAN Shuo[1], OH Jeong-Kyun[1], UM Dae-Young[1], KIM Sung-Un[1], CHANDRAN Bagavath[1], LEE Sang-Wook[1], PARK Jin-Seo[1], *LEE Cheul-Ro[1], *RA Yong-Ho[1]
[1]Jeonbuk National University

PG1A-30

Trap-engineered GaN 1D nano/microstructures for rapid charge transport Photodetection under UV region

KIM Yong-Ho[1], UM Dae-Young[1], OH Jeong-Kyun[1], KIM Sung-Un[1], VEERAMUTHU Vignesh[1], JU Jae-Hong[1], *LEE Cheul-Ro[1], *RA Yong-Ho[1]
[1]Jeonbuk National University

PG1A-31

$(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ 기반 압전 세라믹스의 CuO 첨가량에 따른 압전 및 유전 특성

최성희[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

PG1A-32

Emission color-tunable InGaN/GaN quantum wells (QWs) for nanostructure LED grown by Selective Area Growth(SAG) mechanism

LEE Min-Seok[1], KIM Sung-Un[1], UM Dae-Young[1], OH Jeong-Kyun[1], CHANDRAN Bagavath[1], SHIN Se-Bee[1], *RA Yong-Ho[1], *LEE Cheul-Ro[1]
[1]Jeonbuk National University

PG1A-33

Two-step 소결 조건에 따른 $(K,Na)NbO_3$ (KNN) 기반 세라믹스의 미세구조 및 압전특성 연구

권태균[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

PG1A-34

Molten salt synthesis 공정을 통한 압전 세라믹 제조용 KNN 단결정 Seed 제조

전지윤[1,2], 차현애[2], 한병동[2], 안철우[2], 최종진[2], 배성환[1], *문영국[2]
[1]경남대학교, [2]한국재료연구원

PG1A-35

Self-Powered Photoresponse of Fleixble Halide Perovskite Thin Films

PARK Kwan Sik[1], *KIM Sang Heon[1], HAN Ju[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

PG1A-36

Piezoelectricity in Hybrid Halide $MAPbX_3$ (X = I, Br, and Cl) Thin Films

*JO Kyeong Su[1], PARK Kwan Sik[1], HER Sung Min[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

PG1A-37

Influence of deposition temperature on chemical properties of $SnO_x$ thin films for Extreme Ultraviolet Metal Oxide Resist

CHUNG Hyunbin[1], LEE Sangwoo[1], LEE Joonbong[1], CHO A Young[1], TURGUN Boynazarov[1], RYU Dae Haa[1], *CHOI Taekjib[1]
[1]Sejong University

PG1A-38

Rapid fabrication of Nanochannel Structure via Proximity-field Nanopatterning: Toward Gate-All-Around FET

KWON Sungjoo[1], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University

PG1A-39

$Li_2CO_3$ 첨가가 $Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O_7$(c-BZN) 유전체의 상 변화 및 마이크로파 유전 특성에 미치는 영향 연구

이유선[1], *이경호[1]
[1]순천향대학교

PG1A-40

Characteristics of High Capacitance Density and Soft Leakage Current of Buffered $BaTiO_3$-Ag Composite Film by Aerosol Deposition Process

JEON JwaBin[1], LEE JunWoo[1], KOO SangMo[1], SHIN WeonHo[1], *OH JongMin[1]
[1]Kwangwoon University

**PG1A-41**

$V_2O_5$ 첨가가 $0.8Li_2TiO_3$-$0.2LiZnNbO_4$ 유전체의 소결 및 마이크로파 유전 특성에 미치는 영향 연구

정혜원[1], *이경호[1]
[1]순천향대학교

**PG1A-42**

Control of Metal-insulator Phase Transition Characteristics of ALD-based Vanadium Dioxide for Next-generation Semiconductors

KIM Yong Tae[1], *HEO Jaeyeong[1]
[1]Chonnam National University

**PG1A-43**

Engineering of $TiO_2$-x nanosheet Core-shell strauctes for Gas sensor performance

PI Ji Hee[1], KOO Ga Yeong[1], HWANG Jeong Yun[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei university

**PG1A-44**

$P(DEA)_3$를 P 전구체로 사용한 green InP/ZnSe/ZnS quantum dots의 합성 및 QD-polymer plate 응용에 관한 연구

최재휘[1], 김성래[1], 박재형[1], 윤강석[1], 정혜영[1], *김지완[1]
[1]경기대학교

**PG1A-45**

Piezoelectric Energy Hravesting of Multiple PZT Tape-Based Cantilever Structures at Non-resonant Frequency

KIM Byeong Kon[1], *PARK Kwan Sik[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

**PG1A-46**

Surface Passivation of Layered MoSe2 via van der Waals Stacking of Amorphous Hydrocarbon

*LESTARI Windy Ayu[1]
[1]Gyeongsang National University

**PG1A-47**

Wafer-Scale Thin Film Grown WSe2 via molten salt method and Device Application

*PARK Sojeong[1]
[1]Gyeongsang National University

**PG1A-48**

Enhancement of thermoelectric properties in p-type ZnSb alloys through Cu-doping and Synthesis of layered structure materials

DHARMAIAH Peyala[1], *BAEK Seung-Hyub[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology

## PG2A : 에너지 환경 세라믹스
## Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30

**PG2A-1**

Optimization of tape casting for electrolyte-supported SOFC single cell configurations

LIM Yu Ri[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

**PG2A-2**

The electrical conductivity characteristics of the Fe doped Co-base layered perovskite of the IT-SOFC cathodes

PARK Jeong Yun[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

**PG2A-3**

Electrical conductivity characteristics with varied $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_{3-\delta}$ (LSM) cathode particle size in SOFCs

PARK Jeong Yun[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

**PG2A-4**

프러시안 블루 유사체 기반 코어쉘형 전기화학촉매의 산소발생 반응에 대한 활성 및 음이온교환막수전해조의 적용에 관한 연구

박서현[1], 이지훈[2], *조욱[1]
[1]울산과학기술원, [2]한국재료연구원

**PG2A-5**

Excellent room temperature CO gas sensing properties of KLTO: Experimental and DFT studies

HWANG Jeongyun[1], PI Ji hee[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

## 2024년 4월 18일(목)

**PG2A-6**

Silver Nanoparticles infiltrated $Pr_2NiO_4$ Cathode for Protonic Ceramic Fuel Cells

CHUN Phil Joo[1,2], YU Wong Jeong[3], JUNG Woo Chul[3], KIM Tae Woo[1], KIM Hye-sung[1], *LIM Won Bin[2], *CHOI Yoon Seok[1]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Hanyang University, [3]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**PG2A-7**

Development of Ammonia Decomposition Catalyst Using Encapsulated Non-precious Metal Nanoparticles Supported by h-BNNT

LEE Se Woong[1], OH DongHwan[1], KIM Jinwook[1], *JUNG WooChul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**PG2A-8**

Ni-Co-Mn 삼원소 MOF를 이용한 단결정 NMC111 양극재의 PVDF 및 카본 블랙 첨가에 따른 전기화학적 특성 연구

이수정[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

**PG2A-9**

Relationship of microstructure and ionic conductivity characteristics of high performance films for oxide-based lithium super-ionic conductors

HONG Yu Taek[1], BAEK Ki Sang[1], KIM Chan Gyu[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

**PG2A-10**

ZIF-8을 기반으로 한 Field Effect 트랜지스터의 전류-전압 특성 및 광 반응성 향상에 관한 연구

이재원[1], 남건우[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

**PG2A-11**

V 및 Fe 도핑을 통한 NiWO4의 응용성 다각화 : 촉매, 가스센싱 및 에너지 하베스팅

박기현[1], 이종현[1], 이승용[1], *이규형[1]
[1]연세대학교

**PG2A-12**

향상된 에너지 저장을 위한 NiCo-MOF 기반의 전극 개발

김수민[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

**PG2A-13**

Tungsten Oxide (WO3)를 이용한 리튬 하프 코인셀의 용량 및 안전성 분에 관한 연구

윤승상[1], 이용연[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

**PG2A-14**

Synthesis of $Mo_4P_3$ Nanowires for Electrocatalysis

김서현[1], 황창규[2], 김종민[2], *한혁진[1]
[1]성신여자대학교, [2]한국과학기술연구원

**PG2A-15**

Strongly correlated electron system $NiWO_4$: A new family of materials for triboelectrics using inherent Coulombic repulsion

PARK Sang Jeong[1], PARK Hyun Min[1], LEE Jeong Ho[1], *LEE Seung Yong[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG2A-16**

무기 나노입자 분산액 함침 공정을 이용한 다성분계 이온교환막 제조 및 성능 평가

김영서[1], 김민규[1], 박정근[1], *양승철[1]
[1]국립창원대학교

**PG2A-17**

3D-프린팅된 박막/후막의 마이크로 교차 구조를 통한 급속 전하 이동

조명훈[1], *안효진[1]
[1]서울과학기술대학교

**PG2A-18**

Fabrication and Analysis of Electrode from Rapid Alkaline Depolymerization of PET into $Na_2TP$ with $Ti_3C_2T_X$ MXene for High Performance Hydrogen Evolution Reaction

RAMKUMAR Rahul[1], *LEE Jung Woo[1]
[1]Pusan National University

**PG2A-19**

폐패각을 활용한 난연 단열재 제조 및 성능 평가

박민권[1], 송주현[2], *이상진[1]
[1]국립목포대학교, [2](주) 제로하우스

PG2A-20

Efficient Thermal Management Strategy via Oriented Heat Transfer by Passive Cooling Material with Thermoelectric Generator

KIM Da Seul[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

PG2A-21

W-$MgF_2$@PMMA-Graphene for High-Performance Multilayer Photothermal Absorber

LEE Ga Eun[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

PG2A-22

Impact of $TiO_2$ Facets on CO Oxidation Activity of Pt/$TiO_2$ Catalyst: Insights from Density Functional Theory Calculation

KIM Yunkyung[1], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University

PG2A-23

PVDF coated $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ scaffold for semi-solid-state batteries

MOON Youngmin[1], KIM Heesu[1], PARK Sieun[1], *PARK Sangbaek[1]
[1]Chungnam National University

PG2A-24

슈퍼커패시터용 리튬 알루미늄 산화물/탄소 나노복합체

이용주[1], *정덕영[1]
[1]성균관대학교

PG2A-25

강유전체 분극 제어를 통한 페로브스카이트계 전기촉매의 ORR/OER 성능 향상

김민서[1], 김정원[2], *김동하[2], *조욱[1]
[1]울산과학기술원, [2]이화여자대학교

PG2A-26

흐름전극 축전식 혼합 성능 향상을 위한 carbon nanofiber가 성장된 Expanded graphite 합성

박정근[1], 김영서[1], 김민규[1], *양승철[1]
[1]국립창원대학교

PG2A-27

고체산화물 전기화학 셀 페로브스카이트 전극의 상 안정성 분석

이진실[1], 신용훈[2], 김태윤[1], 최우선[3], 김영민[3], *이동화[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]포항공과대학교, [3]성균관대학교

PG2A-28

Highly Efficient Core-Shell Catalyst for Electrochemical CO2 Reduction to Ethylene via Copper Coating on Silica

CHAE Hyun Seok[1], CHOI Sung Yeol[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

PG2A-29

치밀하게 소결된 고체산화물 연료전지 전극을 통한 표면 교환 계수 분석

김태윤[1], 이진실[1], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원

PG2A-30

Unraveling Hexagonal Symmetry Breaking Effects in $BaCoO_{3-\delta}$ Perovskites as Oxygen Electrodes of Protonic Ceramic Electrochemical Cells

김동연[1], 정인철[1], 안세종[1], 오세은[1], 임하니[1], 배호한[2], 송선주[2], 이찬우[3], 정우철[1], *이강택[1]
[1]한국과학기술원, [2]전남대학교, [3]한국에너지기술연구원

PG2A-31

A Novel Spinel CoFe2O4 Bifunctional Oxygen Electrode Incorporated with Er0.4Bi1.6O3 for Solid Oxide Electrochemical Cells

KIM Doyeub[1], THAHEEM Imdadullah[2], YU Hyeongmin[1], PARK Jeong Hwa[2], *LEE Kang Taek[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology

PG2A-32

SOFC용 페롭스카이트 공기극의 고온 열화 억제 기술 개발

박진홍[1,2], *윤경중[2]
[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원

PG2A-33

One-step Process for Magnetocaloric Perovskite Lanthanide Manganese Oxide

안신유[1,2], 강기훈[2], 이기석[1], *김종우[2]
[1]울산과학기술원, [2]한국재료연구원

## 2024년 4월 18일(목)

**PG2A-34**

염료감응형 태양전지를 활용한 자체 전원 전기변색 소자의 성능 개선

박윤태[1], *이기태[1]
[1]전북대학교

**PG2A-35**

CaMn2O4 나노파이버의 전기전도성 및 슈퍼커패시터 성능 특성 연구

한민규[1], 최효민[1], 유민지[1], 이상민[1], 임동준[1], *윤종원[1]
[1]단국대학교

**PG2A-36**

Synthesis of carbon coated nickel thiophosphate as bifunctional materials for Li-ion storage and oxygen evolution reaction

이동준[1], 송희조[2], *홍성현[1]
[1]서울대학교, [2]세종대학교

**PG2A-37**

Surface-Engineered BaNiO3 Perovskite as Promising Electrocatalyst for Oxygen Evolution Reaction

최준용[1], 선정우[1], 한연비[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

**PG2A-38**

Dielectric ceramics made of $BaTiO_3$@$Ca_2Nb_3O_{10}$ core-shell nanoparticles

HAN Myeong U[1], SONG Tae Yeong[1], *KWON Do-Kyun[1]
[1]Korea Aerospace University

**PG2A-39**

Evaluating SOFC Performance through Transmission Line Model-Based Electrochemical Impedance Analysis

NAMGUNG Yeon[1], PARK Junghyun[1], PARK Saron[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

**PG2A-40**

하이브리드 가탄재의 최적화를 위한 슬래그 포밍 내부 형상 변화 관찰 연구

안효주[1], 박준혁[1], 권혁준[1], 이종원[1], *박노근[1], 강영조[2], 심상철[2], 이은진[3], 김효민[3]
[1]영남대학교, [2]동아대학교, [3]머티리얼솔루션파크

**PG2A-41**

Elevated Electrolyte Stability through Doping Strategies with High Entropy Perovskite-Type Materials in Protonic Ceramic Electrochemical Cells

OH Seeun[1], KIM Dongyeon[1], *RYU Ho Jin[1], *LEE Kang Taek[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

**PG2A-42**

Optimization of microstructure in triple conducting cathode material for high electrochemical proton ceramic fuel cells

LEE Jinwoo[1], *CHOI Sihyuk[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

**PG2A-43**

Measurements of Internal Chemical Potential in H-SOEC vs. O-SOEC

JO Junho[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

**PG2A-44**

Large-scale energy production using Cation-selective graphene oxide membrane

PARK Seokmin[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

**PG2A-45**

고에너지 기계적 밀링을 이용한 고성능 리튬이온배터리 음극재용 $MoP_2$/P와 $MoP_2$/P@CNT의 합성

이도연[1], 김경호[2], *홍성현[1]
[1]서울대학교, [2]국립부경대학교

**PG2A-46**

Mixed Ionic and Electronic Conductor-Proton Conducting Oxide Composite Cathode for Protonic Ceramic Fuel Cells

SHIN HyeongSik[1], *CHOI Sihyuk[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

**PG2A-47**

Optimizing Electrolyte-Supported Solid Oxide Fuel Cells with Thin 3-YSZ Electrolytes

CHA Donjun[1], LIM Hanyi[1], KIM Hye-Won[1], CHOI Yoonseok[1], YU Ji Haeng[1], *KIM Tae Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

**PG2A-48**

Solar-driven CO2 electrochemical reduction to formate with high solar-to-fuel efficiency

CHEON Woo Seok[1], *JANG Ho Won[1]
[1]Seoul National University

**PG2A-49**

Ion beam engineering of metal-organic frameworks for advanced oxygen evolution electrocatalysts

CHEON Woo Seok[1], BU Jeewon[1], *JANG Ho Won[1]
[1]Seoul National University

**PG2A-50**

High Performance and Durable Sr/Co-Free Air Electrode for Reversible Protonic Ceramic Cells

SEONG BoSeok[1], *CHOI Sihyuk[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

**PG2A-51**

Exploiting the Magneto-Electric Properties of BaTiO3 for Enhanced Lithium-Ion Battery Performance

이지연[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

**PG2A-52**

Preparation and electrochemical properties of carbon nano fiber/NCM composites for LIB cathode materials

SHIN Jun Yeong[1], *KIM Ki Chul[2], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University, [2]Mokwon University

**PG2A-53**

The preparation of $MoO_3$ incorporated LATP solid electrolytes for all solid state lithium ion batteries

PARK So Yeon[1], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University

**PG2A-54**

Electrospun Al-LLZO Ceramic Nanofiber/PVDF-HFP Composite Solid-State Electrolytes For Lithium Metal Batteries

HAN Joo-Young[1], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University

**PG2A-55**

$CO_2/H_2O$ 공전해를 위한 프로톤 세라믹 전기화학전지 개발

김동욱[1], 최민기[2], 이청범[3], 백종민[1], 방세희[1], 정유한[1], 홍경표[4], 홍종섭[4], CHEN Di[5], *김경학[3], *이원영[1]
[1]성균관대학교, [2]서울과학기술대학교, [3]한양대학교, [4]연세대학교, [5]Tsinghua University

**PG2A-56**

Relationship between non-exhaust particle emission from passenger vehicle and raw materials of low-steel friction materials

KO Sung Kyoon[1,2], JEONG Muhyeok[2], *KIM Jong-Young[2], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**PG2A-57**

Preparation and thermoelectric properties of Mn containing ZnSb

KANG Sung Hyun[1], LEE Jeong Min[1], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University

**PG2A-58**

Enhanced Densification of Screen Printed GDC Diffusion Barrier Utilizing Pore Filling Solution for SOFC Application

HANANTYO Muhammad[1], NAMGUNG Yeon[1], PARK Junghyun[1], ISLAM Md Shoriful[1], RACHMAN Ihsan Budi[1], *KIM Ho-Sung[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

**PG2A-59**

AgBiS2 박막의 화학적으로 기인된 양이온 무질서에 의한 광흡수계수 향상

하늘[1], *양우석[1]
[1]성균관대학교

**PG2A-60**

헤테로 구조 페로브스카이트 산화물을 이용한 Cr 저항성 및 고성능 고체산화물 연료전지

방세희[1], 이종서[2], 최민기[3], 김준규[1], 유현식[1], *이원영[1]
[1]성균관대학교, [2]국방과학연구소, [3]서울과학기술대학교

PG2A-61

Evaluating of potential of CMF/NiO composite oxide as an anode for solid oxide fuel cells utilizing ammonia as fuel

PARK Dong Jae[1], SHIN Seo Yoon[2], *YU Sang Seok[1], *SHIN Tae Ho[2]
[1]Chung Nam National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

PG2A-62

Electro-Thermochromic properties of Vanadium Oxide Thin Films Prepared by Reactive Magnetron Sputtering at Different Oxygen Flow Ratios

ECHIKH Souad[1], 김원준[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

PG2A-63

고체산화물 연료전지의 기존 소결 공정의 가열 속도 변화의 영향

남태헌[1], 이상원[1], 박동재[1], *신태호[1]
[1]한국세라믹기술원

PG2A-64

High performance boron-doped diamond electrode for electrochemical treatment

이태경[1], 조정현[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

PG2A-65

열전소자 신뢰성향상을 위한 열전소재의 기계적 특성평가

*한승우[1], 전성재[1], 신승익[2], 김다혜[2]
[1]한국기계연구원, [2]과학기술연합대학원대학교

PG2A-66

Enhancement of Capacity Retention of Ni-rich, Co-free $LiNiO_2$ through dual-modification of Zr Doping and F coating as a Cathode for Lithium-ion Batteries

LEE Eungjae[1], *HONG Seong-Hyeon[1]
[1]Seoul National University

PG2A-67

$Co_3O_4$ 나노파이버가 분산된 유·무기 하이브리드 필터의 공기정화 특성 향상

최승신[1], 최효민[1], 한민규[1], 임동준[1], 이상민[1], 유민지[1], *윤종원[1]
[1]단국대학교

PG2A-68

Enhanced efficient engineering of Ce(Mn, Fe)O2 on perovskite oxide via spray for CO2 electrolysis

이상원[1], 남태헌[2], 이석희[2], *신태호[2]
[1]한국세라믹기술원, 연세대학교, [2]한국세라믹기술원

PG2A-69

Revolutionizing hydrogen production with LSGM-based Solid Oxide Electrolysis Cells: An innovative approach to green energy generation

김수지[1,2], 이상원[1,2], 이석희[2], 김종학[1], *신태호[2]
[1]연세대학교, [2]한국세라믹기술원

PG2A-70

Ordered Macro-/Mesoporous $TiO_2$ with High Thermal Stability and Crystallinity for Enhanced Visible Photocatalytic Performance

SINAGA Pestaria[1], KIM Soo-Hyun[1], Wenji-Jin[2], *BAE Sung-Hwan[1]
[1]Kyungnam University, [2]Jiujiang University

PG2A-71

Investigating Ceria Doping Strategies for Enhanced Cathode Site Buffer Layers in Solid Oxide Cells

KIM Hye Young[1], KIM Hyo Rin[1], LEE Younki[2], YU Jihaeng[3], *SHIN Tae Ho[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Gyeongsang National University, [3]Korea Institute of Energy Research

PG2A-72

Enhancement of cathode performance by $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ infiltration with nanoencapsulation

백윤정[1], 이상원[1], 서윤경[1], 김종학[2], *신태호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교

PG2A-73

Facile Synthesis of Hollow-Silica ($SiO_2$) Aerogel Particles from O/W/O Double Emulsion

KAPADNIS Pratik[1], *HWANG HaeJin[1]
[1]Inha University

PG2A-74

Ab-initio 열역학을 이용한 $BaCe_{1-x}Zr_xO_{3-\delta}$의 상 안정성 분석

김종윤[1], 이나영[1], 김선혜[1], 박선영[2], 이종호[2], *김영철[1]
[1]한국기술교육대학교, [2]한국과학기술연구원

**PG2A-75**

Mg-Ni계 수소저장소재의 실시간 수소 흡착/탈착 거동 관찰 연구

윤한준[1,2], 김주영[1], 배지환[1], 김영민[3], 서병찬[3], *천동원[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]연세대학교, [3]한국재료연구원

**PG2A-76**

Enhancing the Performance of Direct Ammonia SOFC by Preventing Ni Electrode Nitridation

LEE Jun Su[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

**PG2A-77**

$Li_{6+x}Sn_xP_{1-x}S_5Cl_{0.5}Br_{0.5}$ 황화물 고체전해질의 Sn 치환에 의한 효과

조윤재[1], 김동규[1], *김도경[1]
[1]한국과학기술원

**PG2A-78**

전고체전지를 위한 Al과 Ta 도핑 및 용융염 합성을 통한 Li7La3Zr2O12 고체 전해질의 리튬 이온 전도도 향상

강하은[1], 김민욱[1], 이지현[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

**PG2A-79**

고상 합성을 통한 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 최적화: 향상된 입방체 상 형성 및 개선된 리튬 이온 전도도를 위한 Ta 및 Al 공동 도핑 및 리튬 소스의 영향 조사

김민욱[1], 강하은[1], 박범수[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

**PG2A-80**

실시간 라만 분광법을 이용한 리튬-산소 전지용 층상 페로브스카이트 LaSrCrO4의 산소 반응 메커니즘 조사

성명창[1], 황병준[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

**PG2A-81**

반응형 액체 유전체 기반 마찰 전기 발생기(RL-TEG)의 센서 응용 분야에 대한 적용

윤경호[1], 남민호[1], 조수현[1], 김리안[1], *이승협[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG2A-82**

비귀금속 촉매를 포함하는 내부개질 촉매층을 이용한 고성능 직접에탄올 수소이온전도성 세라믹 연료전지

김윤진[1], *박종성[1]
[1]명지대학교

**PG2A-83**

용융염법을 이용한 블랙티타니아 합성

*정민섭[1]
[1]B2D MATERIALS

**PG2A-84**

가스 분리막 적용을 위한 크기 조절 가능한 아민 기능화된 MIL 금속-유기 골격체 제조

제현모[1,2], 변준은[1,3], 최정현[1,3], *노동규[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교, [3]부산대학교

**PG2A-85**

용융염 원자로 구조재의 텔루륨 침투 저항 확산 메커니즘 연구

이민규[1], 김지원[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

**PG2A-86**

Fabrication of a porous silicon nano powder by magnesiothermic reduction of silica aerogel

KIM Hyun Young[1], *HWANG Haejin[1]
[1]Inha University

**PG2A-87**

산소이온전도성 연료극 복합체 조성이 연료극 성능에 미치는 영향

이경은[1], *박종성[1]
[1]명지대학교

**PG2A-88**

전기화학적 활성면적 극대화를 위한 박막형 나노 연료극 기능층 적용 고체산화물 연료전지 개발

한다현[1], *이소미[1], *명재하[1]
[1]인천대학교

**PG2A-89**

Crystal Structure of $\delta$-$CaCr_2O_4$ Isolated from the Reversible Phase Transformation of $CaCrO_4$

LEE Da-young[1], LEE Jisun[1], CHOI Dong-ho[1], *KIM Seung-Joo[1]
[1]Ajou University

**PG2A-90**

Highly flexible and thin solid oxide fuel cells via transformable tetragonal phase stabilization of scandia-zirconia system

WON Bo-Ram[1], *MYUNG Jae-ha[1]
[1]Incheon National University

## 2024년 4월 18일(목)

**PG2A-91**

Complementary Moisture and Triboelectric Energy Generation Enabled by Deformable MXene/Organo-ionic Hydrogel Foam

KIM Gwanho[1], KIM Woojoong[1], OH Ji Hye[1], *PARK Cheolmin[1]
[1]Yonsei University

**PG2A-92**

Chromium poisoning of air electrode under SOEC vs. SOFC modes

PARK Jun Ho[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

**PG2A-93**

Investigation of the methane decomposition properties for spinel AB2O4 compounds-supported Sr3Fe2O7/α-Al2O3 catalysts

KIM Seo Yong[1], KANG Tae Wook[1], *KIM Sun Woog[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

**PG2A-94**

Nickel Nitridation Effects on Direct Ammonia fueled SOFC Anodes

LEE Sanghaw[1], KIM Joo-eon[1], *HWANG Hae-Jin[1]
[1]Inha University

**PG2A-95**

Self-humidifying asymmetric membrane electrode assembly for high power density and durability of Polymer electrolyte membrane fuel cells enabled by polymer brush modified carbon supports

황창규[1], *김종민[1]
[1]한국과학기술연구원

**PG2A-96**

Enhancing Anode Support Cell Fabrication through Co-casting: Improved Interlayer Adhesion and Anode Functional Layer Thickness

PARK Saron[1], SHIN Sejong[1], LEE Hajin[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

**PG2A-97**

Investigating Faradaic efficiency in proton-conducting electrolyte water electrolysis

정종헌[1], *손지원[1], *양성은[1]
[1]한국과학기술연구원

**PG2A-98**

The role of cations and temperature in the selective 1-octene adsorption using ion-exchanged zeolites

조성빈[1], *유충열[1]
[1]아주대학교

**PG2A-99**

Influence of membrane electrode assembly fabricated method on PEMFCs performance and durability

KIM Jiwon[1], SHIN Seoyoon[1], *LEE Seokhee[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

### PG10A : 이차전지 재료
### Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30

**PG10A-1**

Investigation of Ion-Exchange Ability of $LiTa_2PO_8$ Compounds for Exploring New Ion Conductors

LEE Da-young[1], KIM JunSeong[1], PARK Seong-jun[1], *KIM Seung-Joo1
[1]Ajou University

**PG10A-2**

안전하고 내구성이 뛰어난 리튬 금속 배터리를 위한 $TiO_2$ 기반 충전재가 포함된 반고체 전해질

민병찬[1], 박정빈[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

**PG10A-3**

전고체 배터리의 계면 안정성 향상에 대한 리튬친화층이 미치는 영향

이진욱[1], 이정빈[1], 이세영[1], 신서윤[1], *이석희[1]
[1]한국세라믹기술원

**PG10A-4**

PVA 용액법을 이용한 이차전지 양극활물질 합성 및 특성에 대한 연구

김성도[1], *이상진[1]
[1]국립목포대학교

**PG10A-5**

분무 열분해 공정을 통한 상용 분리막급 두께의 테이프 캐스팅 LATP sheet 제조

이진웅[1,2], 윤도웅[1,2], 박준녕[2], 강윤찬[1], *정대수[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

PG10A-6

습식 공정 기반 리튬 아지로다이트 고체 전해질 합성 및 입도 분포 조절에 따른 전고체배터리 성능 분석

김도현[1], 황석호[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

PG10A-7

지르코늄 기반 할라이드 고체전해질의 이온전도도 향상을 위한 논리적인 구조 설계 전략

노주현[1], 유승주[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-8

Multi-layer all solid state battery 적용을 위한 Boracite계 glass-ceramics 고체 전해질 연구

김민석[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

PG10A-9

전기화학 임피던스 분광법을 이용한 흑연 후막 전극 성능 저하 원인 분석

윤진수[1], *양우석[1]
[1]성균관대학교

PG10A-10

Elastic exterior framework for shape resilience Li-ion batteries

LIM Jong-Heon[1], KWON Jaesub[1], LEE Kyoung Eun[1], LEE Youngsu[1], *PARK Kyu-Young[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

PG10A-11

Off-stoichiometry composition design toward high structural integrity of Co-free Li-rich layered cathode for lithium-ion batteries

LEE Youngsu[1], *PARK Kyu-Young[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

PG10A-12

Enhancing Cycling Performance in Solid-State Batteries Utilizing Li Composite Anode

KIM Min Joo[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

PG10A-13

Optimal N/P Ratio of Li-Si Alloy Anode for Improving the Stability of Sulfide-based All-Solid-State Batteries

JEONG Yu Hong[1], KIM Min Ju[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

PG10A-14

Revealing the role of carbon additive in the composite cathode in terms of transport network

LEE Juho[1,2], *JUNG Sung-kyun[2], *KIM Jinsoo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Ulsan National Institute of Science and Technology

PG10A-15

고전압 대칭 이차전지용 양극성 유기 활물질을 개발하기 위한 범용적 분자 디자인 전략

김지현[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-16

Correlation analysis between phase formation, density and ionic conductivity of sintered body by calcination temperature of lithium lanthanum titanium oxide solid-state-electrolyte

윤정재[1], 이승환[1], 백소현[1], 이현우[1], 권용범[1], 박기륭[1], 송요셉[1], 김범성[1], 곽노균[2], *정다운[1]
[1]한국생산기술연구원, [2]한양대학교

PG10A-17

코발트 프리 고니켈계 단결정을 위한 코발트와 망간 역할 분석

전영준[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-18

Few-layer graphene coated current collectors for Lithium-ion Batteries

LEE Jung Woo[1], KIM Kyung Pil[1], PARK Jong Hwan[2], *SONG Young Il[2]
[1](재)대구기계부품연구원, [2]성균관대학교

## 2024년 4월 18일(목)

**PG10A-19**

Effect of phase transition and crystal structure changes depending on calcination temperature on lithium ion selectivity of LLTO membrane

BAEK So Hyun[1,2], LEE Seung-Hwan[2], YUN Jeungjai[2], LEE Hyun-Woo[2], KWON Yongbum[2], PARK Kee-Ryung[2], SONG Yoseb[2], KIM Bum Sung[2], HWANG Haejin[1], *JEONG Da-Woon[2]
[1]Inha University, [2]Korea Institute of Industrial Technology

**PG10A-20**

Analysis of Performance Eco-Friendly Moisture-Induced Power Generator Using Recyclable Paper by Relative Humidity

LEE Hyun-Woo[1,2], LEE Seung-Hwan[2], YUN Jeungjai[2], BAEK So Hyun[2], KWON Yongbum[2], PARK Kee-Ryung[2], SONG Yoseb[2], KIM Bum Sung[2], HWANG Haejin[1], *JEONG Da-Woon[2]
[1]Inha University, [2]Korea Institute of Industrial Technology

**PG10A-21**

Utilizing Self-Defensive Redox Mediator for Surface Protection of Lithium in Li-$O_2$ Batteries through Two-Step Charging Process

황병준[1], 성명창[1], 정승호[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

**PG10A-22**

Optimized Design Principles for Enhanced $Li^+$ Diffusion Kinetics in O2-type Layered Transition Metal Oxides

KIM Youngsin[1], KIM Hyuk-Joon[1], NOH Joohyeon[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

**PG10A-23**

Ingenious Separator Architecture: Revealing the Versatile 3D Heterostructured MXene-Hydrogen Titanate Electrocatalysts for Advanced Lithium-Sulfur Battery

이다예[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

**PG10A-24**

후막 적층 공정을 사용한 $Li_2O$-$B_2O_3$-$Al_2O_3$ Green Sheet 특성

*박지현[1,2], 최문희[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

**PG10A-25**

Highly enhancing ionic conductivity of Si-substituted argyrodite(LPSBr) using a single solvent liquid-phase method

최지웅[1], 김웅주[1], 강진구[2], *김동완[1]
[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원

**PG10A-26**

Elucidating the Principle Underlying the Formation of Inactive Lithium via Discharge Pulses during Fast Charging

KIM Junhyung[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

**PG10A-27**

Covalent organic framework (COF)-based Li ion filtering protective layer for stable Li metal anodes

정상원[1], 박정빈[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

**PG10A-28**

A full oxide-based solid-state lithium battery and its unexpected cathode degradation mechanism

한상욱[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

**PG10A-29**

복합전해질을 적용한 전고체 고온전지

*정해원[1], 김민우[1], 안태영[1], 강승호[1], 노희숙[1], 최유송[1]
[1]국방과학연구소

**PG10A-30**

실리카 마그네슘 열환원을 통한 이차전지 음극재용 나노 실리콘 합성

권주찬[1], 오복현[2], *이상진[1]
[1]국립목포대학교, [2](주)카이로스

**PG10A-31**

초음파분무열분무법을 활용하여 합성한 리튬이온배터리 음극 소재용 석류형상의 실리콘

손승환[1,2], *김승규[2], *김진호[2], *한규성[2], 황해진[1]
[1]인하대학교, [2]한국세라믹기술원

PG10A-32

All-solid-state battery system using zeolite cold sintering

WON Daero[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10A-33

Nd 폐 자석으로부터 Fe3O4 기반 음극재 회수 기술 방법

진연호[1,2], *김대원[2], *김동완[1]
[1]고려대학교, [2]고등기술연구원

PG10A-34

Dry milling 기법을 활용한 가넷형 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 고체 전해질 개발 및 성능 향상

천승훈[1], 김도훈[1], *박상백[1]
[1]충남대학교

PG10A-35

A mechanistic way triggering the reversible conversion reaction in intercalation materials for high energy density lithium ion battery

허재훈[1], *강기석[2]
[1]서울대학교

PG10A-36

Reconfiguring Sodium Intercalation Process of $TiS_2$ Electrode for Sodium-Ion Batteries by a Partial Solvent Cointercalation

박주하[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-37

Unveiling crystal orientation-dependent interface property in composite cathodes for solid-state batteries by in situ microscopic probe

이선영[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-38

Elucidating Li-ion Diffusion Mechanism of Cation-Disordered Rocksalt Cathodes

KANG Byungwook[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

PG10A-39

Multi-scale defect regulation of cobalt-free layered oxides for high-energy and long-lasting cathodes

고건희[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-40

실란 커플링제를 사용하여 제작한 복합 양극 활물질의 율특성 향상

서지혜[1,2], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

PG10A-41

Advancements in Solid Electrolytes: Multiphase $TiO_2$ Synthesis and Lamination for Lithium Batteries

HWANG Yu Na[1,2], LEE Jaegeun[2], *CHOI Moonhee
[1]Korea Institute Of Ceramic Engineering and Technology, [2]Pusan National University

PG10A-42

기계학습퍼텐셜을 활용한 할라이드 고체전해질 이온전도 메커니즘 분석

유재균[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

PG10A-43

Synergistically Enhanced LiF-rich Protective Layer for Highly Stable Silicon Anodes

LEE Seungho[1], LEE Dongsoo[2], BANG Junho[1], KIM Patrick Joohyun[3], *CHOI Junghyun[2]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Gachon University, [3]Kyungpook National University

**PSS20A : 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구**
**Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30**

PSS20A-1

Low-voltage operating self-rectifying memory diode with ferroelectric polymer – 2D perovskite semiconductor blends

손정현[1], *정범진[1]
[1]부산대학교

## 2024년 4월 18일(목)

PSS20A-2

블록 공중합체 분산제를 사용한 변형 가능한 페로브스카이트 발광 복합체

천재희[1], *정범진[1]
[1]부산대학교

**PSS23A : 첨단 반도체 제조를 위한 공정용 세라믹 소재 부품 혁신**
**Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30**

PSS23A-1

반도체 게이트 패터닝 평탄화 공정에서 디펙 제어를 위한 실리카 연마제 분산안정성 향상

홍석조[1], 김동원[1], *이강천[1]
[1]경기대학교

**PG2B: 에너지 환경 세라믹스**
**Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30**

PG2B-22

Enhancement of Thermoelectric Device Performance through Induction of Localized Surface Plasmonic Resonance in MAPbBr3 Single Crystal

*SHIN Ji Won[1]
[1]Hongik University

**PG3B: 에너지 환경 세라믹스**
**Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30**

G3B-6

질화알루미늄-알루미나 코어-쉘 구조를 갖는 구형 분말의 합성 및 에폭시 복합체 특성 평가

임소빈[1,2], 김종영[1], *송태섭[2], *피재환[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

PG3B-20

방전플라즈마소결법을 이용한 $TiSi_2$와 $TiSi_2$-SiC 소재의 기계적 특성

양민혁[1,2], 박범순[1,2], 박유균[1,2], *박현국[1]
[1]한국생산기술연구원, [2]전남대학교

**PG8B: 전산재료과학 및 재료 분석**
**Room 포스터, 04월 18일 17:00 - 18:30**

PG8B-9

방전 플라즈마 소결법에 의해 제조된 Cu-Cr 복합재의 열적 및 기계적 특성평가

박윤균[1,2], 박범순[1,2], 양민혁[1,2], *박현국[1]
[1]전남대학교, [2]한국생산기술연구원

# 발표자 리스트

# 발표자 리스트

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 강경준 | SS18-4 |
| 강광모 | SS2-2 |
| 강광모 | PSS2A-15, PSS2A-16 |
| 강기범 | SS3B-3 |
| 강기석 | G10B-8, PG10A-7, PG10A-15, PG10A-17, PG10A-28, PG10A-35, PG10A-36, PG10A-37, PG10A-39, PG10A-42, PG10B-16, PG10B-19, PG10B-22, PG10B-23, PG10B-26, PG10B-31 |
| 강기훈 | PG2A-33 |
| 강나연 | G1B-1 |
| 강남현 | G3A-4 |
| 강동규 | G5-2 |
| 강민성 | PG8A-12 |
| 강민형 | PG1B-15, PG1B-16 |
| 강상규 | SS18-5 |
| 강성민 | PG10B-28 |
| 강세훈 | PG5A-19 |
| 강수진 | SS29-7 |
| 강승구 | PG9A-1 |
| 강승균 | G5-1, PG5A-19 |
| 강승민 | SS8-5 |
| 강승호 | G10A-7, PG10A-29 |
| 강영조 | PG2A-40 |
| 강윤찬 | PG10A-5, PG10B-4, PG10B-5, PG10B-9, PG10B-10, PG10B-11 |
| 강인규 | SS7-4, SS7-7 |
| 강종윤 | SS29-1, PG1B-26 |
| 강준혁 | PG8A-12 |
| 강준희 | SS16-4 |
| 강진구 | PG10A-25 |
| 강태욱 | G6-9, PG1A-12 |
| 강하은 | PG2A-78, PG2A-79 |
| 강현욱 | SS7-5 |
| 강형원 | G1B-11, G1C-6, SS29-5, PSS2A-12 |
| 게 리 | PG2B-12 |
| 고건희 | PG10A-39 |
| 고누리 | PG1A-10 |
| 고도현 | SS2-2 |
| 고성준 | PG3A-17 |
| 고소영 | PG3A-14 |
| 고의석 | PG5A-3 |
| 고재웅 | SS23-2 |
| 고재현 | SS28-10 |
| 고혁진 | PSS4B-3 |
| 공정훈 | PG3A-60 |
| 공혜인 | PG4A-12 |
| 곽남영 | PG4A-12, PG4B-7 |
| 곽노균 | PG10A-16 |
| 곽 산 | G1A-12, G1C-1, PG1B-6 |
| 곽윤상 | PG3A-4 |
| 곽종민 | G3A-4 |
| 곽진섭 | SS27-3 |
| 구근호 | SS16-1 |
| 구범모 | PG3B-2, PG3B-3 |
| 구보근 | PG1B-17 |
| 구본급 | PG1B-2, PG1B-3 |
| 구본흔 | PSS27B-1 |
| 구봉준 | PG4B-17 |
| 구종민 | SS10A-2, SS10A-4, SS10A-6, PSS10B-2 |
| 권구현 | PG10B-32 |
| 권나연 | G1B-9 |
| 권덕황 | SS14-3 |
| 권도균 | G1B-9 |
| 권석빈 | PG1A-19 |
| 권세진 | PG3A-50 |
| 권세훈 | PG1B-10 |
| 권오은 | G3A-6 |
| 권오현 | PG9A-10 |
| 권용범 | PG10A-16 |
| 권용우 | PG8A-1, PG8A-9, PG8A-11 |
| 권주찬 | PG10A-30 |
| 권지민 | SS3A-3 |
| 권지성 | SS10A-6 |
| 권창섭 | PG4B-17 |
| 권태균 | PG1A-33 |
| 권한중 | SS10A-1, SS10A-2, SS10B-4, PG3A-23, PSS10A-2 |
| 권 혁 | SS26-1 |
| 권혁준 | PG2A-40 |
| 길상우 | PG9A-7 |
| 김가은 | PG10B-10 |
| 김강덕 | PG3A-46, PG3A-47, PG9A-1, PG9A-5, PG9A-6, PG9A-7, PG9A-9 |
| 김건우 | SS7-4, SS7-7 |
| 김경원 | PG4B-5, PG4B-10, PG10B-18 |
| 김경일 | PG5B-21 |
| 김경필 | PG10B-17 |
| 김경학 | PG2A-55 |
| 김경호 | PG2A-45 |
| 김관태 | G1B-2 |
| 김광목 | SS11-9 |
| 김광수 | SS4-7 |
| 김규호 | G10A-4 |
| 김근배 | PG2B-16 |
| 김기영 | G2C-3 |
| 김기재 | PG9A-11 |
| 김기환 | G7-2, PG2B-4 |
| 김나영 | SS13B-6 |
| 김나영 | PG3A-3 |
| 김다은 | SS20-2 |
| 김다혜 | PG2A-65 |
| 김대근 | PG3A-46, PG3A-47 |
| 김대원 | PG2B-7, PG10A-33 |
| 김대종 | SS6-1, PG3A-35, PG4A-29 |
| 김도경 | PG2A-77, PG3A-58, PG3A-60 |
| 김도원 | PG3A-50 |
| 김도현 | PG10A-6 |
| 김도훈 | PG10A-34 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 김동관 | G8-2 |
| 김동규 | PG2A-77 |
| 김동균 | PSS15B-1, PSS15A-9, PSS15A-10 |
| 김동석 | G3A-8, PG3A-52, PG3B-1 |
| 김동연 | PG2A-30 |
| 김동완 | PG2A-80, PG10A-2, PG10A-6, PG10A-21, PG10A-23, PG10A-25, PG10A-27, PG10A-33 |
| 김동욱 | PG2A-55 |
| 김동원 | PSS23A-1 |
| 김동주 | G3A-8, PG3A-52, PG3B-1 |
| 김동준 | PG3B-12 |
| 김동하 | PG2A-25 |
| 김동호 | SS28-3 |
| 김동훈 | SS2-2 |
| 김리안 | PG2A-81, PG4A-7 |
| 김명기 | SS10A-6 |
| 김명기 | G7-10, SS7-3 |
| 김명진 | SS9-5, SS9-6 |
| 김명호 | G1A-14 |
| 김문찬 | SS28-3 |
| 김미소 | SS4-5 |
| 김미주 | SS23-2 |
| 김민규 | G1C-14, SS27-10, PG2A-16, PG2A-26, PG4A-27 |
| 김민규 | G2A-4 |
| 김민규 | PG5B-16 |
| 김민서 | PG2A-25 |
| 김민석 | PG10A-8 |
| 김민석 | G1C-7, G2C-6 |
| 김민성 | SS15-2 |
| 김민수 | PG3A-1, PG3A-4 |
| 김민수 | PG1B-17 |
| 김민식 | PG3B-19 |
| 김민우 | G10A-7, PG10A-29 |
| 김민욱 | PG2A-78, PG2A-79 |
| 김민욱 | PG3A-1, PG3A-2 |
| 김민정 | G1B-1 |
| 김민정 | PG1A-16 |
| 김민종 | PG4A-28 |
| 김민준 | PG3A-40 |
| 김민지 | PG10B-4, PG10B-5, PG10B-9, PG10B-10, PG10B-11 |
| 김민지 | PG4A-19 |
| 김범성 | PG10A-16 |
| 김범주 | G1A-8, G1A-13 |
| 김병관 | SS21-6 |
| 김병렬 | SS11-1, PG7B-4 |
| 김병현 | SS4-7 |
| 김보영 | G1C-11, PG1A-19 |
| 김봉중 | G2A-11 |
| 김봉중 | S1-5 |
| 김상국 | SS18-1 |
| 김상현 | G10B-2 |
| 김상호 | PG10B-32 |
| 김상훈 | PG3B-3 |
| 김서한 | G1C-8, PG1B-9 |
| 김서한 | G2C-12 |
| 김서현 | SS11-2 |
| 김서현 | PG2A-14 |
| 김석준 | SS22-2 |
| 김석희 | SS22-1 |
| 김선경 | PSS16B-1 |
| 김선규 | PG3A-4 |
| 김선길 | G1A-7, PG3B-11 |
| 김선동 | SS18-2 |
| 김선동 | G2A-3 |
| 김선욱 | G6-9, PG1A-12 |
| 김선지 | PG2B-8, PG2B-9 |
| 김선진 | PG5A-3 |
| 김선태 | PG1A-12 |
| 김선혜 | PG2A-74, PG8A-4, PG8A-5 |
| 김성균 | G2A-4 |
| 김성균 | G2A-3 |
| 김성도 | PG10A-4 |
| 김성래 | PG1A-44 |
| 김성륜 | G4-14 |
| 김성원 | S3-3, SS10A-7, PG3A-58 |
| 김성중 | |
| 김성중 | PSS15A-5, PSS15A-9, PSS15A-10, PSS15B-1 |
| 김성찬 | PG4B-8 |
| 김성현 | G3A-5, G7-8 |
| 김성현 | PG5A-9, PSS15A-10 |
| 김성현 | SS23-4 |
| 김세영 | S3-2, SS6-4, PG3A-12, PG3A-15 |
| 김세윤 | PG3A-40 |
| 김세종 | SS25-3 |
| 김세현 | G1B-3, G1B-5 |
| 김소연 | SS2-8 |
| 김수경 | PG4B-11, PG4B-12 |
| 김수민 | PG2A-12 |
| 김수연 | PSS15A-2, PSS15A-5 |
| 김수연 | G3C-4, PG3A-30, PG3A-42, PG3A-49 |
| 김수영 | G2C-10 |
| 김수지 | PG2A-69 |
| 김수현 | PG3A-40 |
| 김수현 | S3-2, SS6-4, PG3A-12 |
| 김수형 | PG3A-44, PSS6A-1 |
| 김수희 | SS26-3 |
| 김슬기 | G1A-7, PG3B-11 |
| 김승규 | PG9A-11, PG10A-31 |
| 김승빈 | SS20-2 |
| 김승연 | PSS15A-5, PSS15A-9, PSS15A-10, PSS15B-1 |
| 김승욱 | G1C-9, G7-4, PG3A-26, PG3A-31, PG3A-50 |
| 김승주 | PG2A-89 |
| 김승현 | G1A-12, G1B-7 |
| 김승호 | G6-5 |
| 김신엽 | SS18-4 |
| 김양도 | PG1A-16, PG1A-20 |

# 발표자 리스트

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 김연주 | PG9A-7, PG9A-9 |
| 김연주 | PG1A-15 |
| 김연주 | PSS17B-1 |
| 김영경 | G4-6, G4-8 |
| 김영민 | G10B-9, PG2A-27 |
| 김영민 | PG2A-75 |
| 김영서 | PG2A-16, PG2A-26 |
| 김영욱 | G3B-2 |
| 김영은 | G5-3 |
| 김영재 | PSS16B-1 |
| 김영진 | SS11-4 |
| 김영철 | PG2A-74, PG8A-4, PG8A-5 |
| 김영훈 | G10B-9 |
| 김왕현 | SS8-3 |
| 김용남 | SS1-2, SS1-8, PSS1A-1, PSS1A-2, PSS1B-1 |
| 김용재 | SS10B-5 |
| 김용현 | PG1B-10 |
| 김용환 | PG4A-26 |
| 김우식 | PG4B-5, PG4B-10, PG10B-18 |
| 김우진 | G1B-10, SS14-4 |
| 김우현 | SS27-9 |
| 김운서 | PG3A-1, PG3A-2 |
| 김웅주 | PG10A-25 |
| 김원주 | G10B-8 |
| 김원주 | G3A-9, SS6-1, PG3A-35 |
| 김원준 | PG2A-62 |
| 김유리 | PG4A-22 |
| 김유빈 | SS26-4, PG3A-33, PG3A-38 |
| 김유정 | G5-9 |
| 김유진 | PG2A-82 |
| 김유진 | PG3B-17, PG7B-7, PG7B-8 |
| 김유찬 | G2A-6 |
| 김윤기 | PG6B-3 |
| 김윤철 | PG5B-17 |
| 김윤호 | SS6-7 |
| 김은비 | SS23-2 |
| 김은영 | PG5A-10, PG5B-12, PG5B-14 |
| 김은희 | G7-8 |
| 김응수 | PG9A-2, PG9A-4, PG9A-8, PG9B-1, PG9B-2 |
| 김의철 | G7-11, PG7B-1, PG7B-2, PG7B-3 |
| 김인성 | PG1B-17 |
| 김인수 | G1A-8, G1A-13, G1C-1, PG1B-6 |
| 김인아 | G3A-4 |
| 김인태 | PSS4A-8 |
| 김장수 | G3B-4 |
| 김재국 | PG10B-8 |
| 김재선 | SS16-5 |
| 김재정 | SS15-3 |
| 김정규 | S5-3 |
| 김정근 | SS19-1 |
| 김정도 | PSS4A-2 |
| 김정수 | G1A-12 |
| 김정애 | PG3A-27, PG3B-14 |
| 김정원 | PG2A-25 |
| 김정일 | SS6-2 |
| 김정태 | G1B-2 |
| 김정헌 | SS26-4, PG3A-45 |
| 김정현 | SS24-2 |
| 김정형 | SS23-4 |
| 김정환 | G3A-3, SS29-3 |
| 김제욱 | PG3A-59 |
| 김종경 | G2B-13 |
| 김종렬 | G2B-10 |
| 김종민 | PG2A-14, PG2A-95, PG2B-23 |
| 김종복 | PG4A-29 |
| 김종식 | SS9-7 |
| 김종영 | G3B-6, PG3A-38 |
| 김종우 | PG2A-33 |
| 김종원 | G3A-5, G7-8 |
| 김종윤 | PG2A-74, PG8A-4, PG8A-5 |
| 김종일 | G3B-1, PG3A-20, PG3A-22 |
| 김종학 | PG2A-69, PG2A-72 |
| 김종형 | PG5A-19 |
| 김주영 | SS1-4, SS1-10 |
| 김주영 | PG2B-5 |
| 김주영 | PG2A-75 |
| 김주은 | PG7B-6 |
| 김주형 | SS11-10 |
| 김준규 | PG2A-60 |
| 김준영 | G5-7 |
| 김준영 | G4-16 |
| 김준혁 | G2A-10 |
| 김준환 | G7-2, PG2B-4 |
| 김지선 | G1C-7, G2C-6 |
| 김지수 | SS16-5 |
| 김지수 | PG9B-2 |
| 김지연 | G7-10, G7-11, SS7-3, PG7B-1, PG7B-2, PG7B-3 |
| 김지완 | PG1A-44 |
| 김지웅 | SS10A-5 |
| 김지원 | PG2A-85 |
| 김지유 | PG3A-11, PG3B-19 |
| 김지현 | PG10A-15 |
| 김지혜 | PG3B-8 |
| 김지훈 | G2B-2 |
| 김진례 | PG3A-48 |
| 김진만 | SS7-4, SS7-7 |
| 김진애 | PSS1A-1, PSS1B-1 |
| 김진우 | PG3B-5 |
| 김진욱 | G2A-10 |
| 김진호 | PG6B-1, PG6B-8, PG9A-2, PG9A-3, PG9A-4, PG9A-8, PG9A-11, PG10A-31 |
| 김찬수 | SS18-4 |
| 김창민 | PG1B-10 |
| 김철주 | SS3B-1 |
| 김춘식 | SS11-4 |
| 김태경 | G2C-5 |
| 김태관 | PG3B-6 |
| 김태령 | PG6A-1, PG6B-4 |
| 김태엽 | SS2-9 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 김태완 | S1-4 |
| 김태우 | SS13B-8 |
| 김태윤 | PG2A-27, PG2A-29 |
| 김태현 | G3C-4, PG3A-30, PG3A-42, PG3A-49 |
| 김태형 | SS22-2 |
| 김하늘 | SS23-2 |
| 김한기 | G1C-5, PSS2A-1, PSS2A-2, PSS2A-3, PSS2A-4, PSS2A-5, PSS2A-6, PSS2A-7, PSS2A-8, PSS2A-9, PSS2A-10, PSS2A-11 |
| 김 현 | G6-2 |
| 김현구 | PG2B-8, PG2B-9 |
| 김현규 | PG8A-5 |
| 김현미 | G1A-7, PG3B-11 |
| 김현승 | PG1B-7 |
| 김현승 | G2A-10 |
| 김현식 | G3B-2 |
| 김현아 | PG6A-2 |
| 김현아 | G2B-8 |
| 김현우 | G1A-11, PG8B-13 |
| 김현종 | SS2-1 |
| 김현종 | PSS20B-2 |
| 김현진 | SS13B-8 |
| 김형근 | G1A-7, PG3B-11 |
| 김형준 | SS26-2, PG6A-5, PG6B-2 |
| 김혜리 | G2B-3, G2C-14 |
| 김혜림 | SS10A-6 |
| 김혜영 | G1A-7 |
| 김호석 | S3-4 |
| 김호섭 | G1B-2 |
| 김화정 | SS24-2 |
| 김효경 | SS10A-5 |
| 김효민 | PG2A-40 |
| 김효정 | G1C-10, PG1B-21 |
| 김효태 | G1C-14, SS27-10 |
| 김효한 | G1C-12 |
| 김휘연 | PG9A-2, PG9A-4 |
| 김희선 | PG2B-7 |
| 나사균 | PG8B-5, PG8B-7 |
| 나선영 | G5-6 |
| 나연수 | SS6-7 |
| 나용현 | SS29-4 |
| 나윤채 | SS2-2, PSS2A-15, PSS2A-16 |
| 나주원 | SS25-3 |
| 나지나 | PG4B-8 |
| 나찬웅 | PG1A-15 |
| 남건우 | PG2A-10 |
| 남경덕 | G2A-5, G2A-6 |
| 남민수 | S3-3, SS10A-7 |
| 남민호 | PG2A-81, PG4A-7 |
| 남 산 | G1A-8, G1A-12, G1A-13, G1B-7, G1C-1, S3-3, SS10A-7, SS29-2, PG1B-6, PG1B-20, PG1B-24, PG1B-26, PG3A-3, PG3A-20, PG3B-12 |
| 남성우 | G2A-10 |
| 남 수 | G1C-5 |
| 남우현 | SS27-9 |
| 남월일 | PG1A-20 |
| 남진수 | G6-5 |
| 남태원 | SS17-6 |
| 남태헌 | PG2A-63, PG2A-68 |
| 남효빈 | PG4B-15 |
| 노기민 | SS10A-2, SS10B-4 |
| 노동규 | PG2A-84 |
| 노민석 | PG6B-8 |
| 노주현 | PG10A-7 |
| 노희숙 | G10A-7, PG10A-29 |
| 레이 장미쉘 | SS7-1 |
| 류가애 | SS16-2, SS25-2, PG8A-3 |
| 류도형 | PG3A-48, PG3A-53 |
| 류두열 | G5-9 |
| 류득현 | SS11-7 |
| 류성수 | G3B-4, G3B-5, PG3A-3 |
| 류승희 | G2C-3 |
| 류정호 | G1B-1 |
| 류지승 | SS1-4 |
| 류학기 | PG8B-2 |
| 류 현 | PG1B-6 |
| 마요한 | PG4A-29 |
| 마호진 | SS23-2 |
| 명 윤 | PG1A-15 |
| 명재하 | PG2A-88, SS13B-5 |
| 목성균 | SS6-5 |
| 몽겔라 걸트루드 | PG4A-28 |
| 무하마드 | PG1A-21 |
| 문경석 | G3A-5, PG1A-16 |
| 문경훈 | PG5B-16 |
| 문기연 | PG7B-4, SS11-1 |
| 문기현 | PG10B-32 |
| 문단비 | G10A-4 |
| 문세연 | S3-4, PG4B-4 |
| 문승욱 | G7-2, PG2B-4 |
| 문아영 | S3-4 |
| 문영국 | G1C-13, G3A-3, SS29-3, PG1A-34, PG3A-41 |
| 문원식 | PG5A-11 |
| 문은진 | SS11-10 |
| 문주혁 | SS7-5, SS11-2, PSS11A-1 |
| 문준근 | PG3B-19 |
| 문지윤 | PG4A-21 |
| 문찬석 | PG3A-53 |
| 문흥수 | PG3A-11, PG3B-19 |
| 민병재 | G1C-1, PG1B-6 |
| 민병찬 | PG10A-2 |
| 민세린 | G3B-7, PG3B-18 |
| 민아란 | PSS15A-2, PSS15A-3, PSS15A-5 |
| 민유호 | G1A-6 |
| 민정완 | G4-3, PG4A-5 |
| 민지호 | PG5A-9 |
| 박건희 | PG2B-18 |
| 박경대 | G6-5, PG6B-6 |

# 발표자 리스트

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 박구곤 | S5-4 |
| 박근형 | G1B-3 |
| 박기륭 | PG10A-16 |
| 박기현 | PG2A-11 |
| 박노근 | PG2A-40 |
| 박누리 | SS10A-6 |
| 박다빈 | SS22-1 |
| 박대환 | PG5B-13 |
| 박동재 | PG2A-63 |
| 박래형 | G7-8 |
| 박민권 | PG2A-19 |
| 박민상 | PG3B-13 |
| 박민성 | G3A-2, SS6-5 |
| 박민수 | G3A-4 |
| 박민혁 | G1B-3, G1B-5 |
| 박범수 | PG2A-79 |
| 박범순 | PG8B-9, PG3B-20 |
| 박병국 | G1A-1, S1-1 |
| 박병남 | PG2A-8, PG2A-10, PG2A-12, PG2A-13, PG2A-51 |
| 박병수 | PG3A-3 |
| 박병하 | SS18-4 |
| 박상규 | G7-2, PG2B-4 |
| 박상백 | PG10A-34 |
| 박상운 | G1B-9 |
| 박상하 | PG3B-8 |
| 박상현 | PG1B-12 |
| 박상환 | PG3B-12 |
| 박서현 | PG3B-7 |
| 박서현 | PG2A-4 |
| 박석정 | PG1B-6 |
| 박선영 | PG2A-74, PG8A-4 |
| 박선영 | PG5A-9 |
| 박선화 | G1A-6 |
| 박성영 | PG6B-6 |
| 박성태 | SS18-3 |
| 박성현 | PG5B-20 |
| 박성훈 | PG8B-12 |
| 박세민 | PG3A-4 |
| 박세민 | PG1B-4 |
| 박세빈 | G3C-3, PG3A-6 |
| 박세영 | PSS15A-1, PSS15A-3 |
| 박소망 | PSS2A-10, PSS2A-2 |
| 박솔뫼 | SS11-6, SS11-8 |
| 박수진 | G3A-6 |
| 박승훈 | PSS2A-6, PSS2A-11 |
| 박시형 | PSS17A-1 |
| 박영아 | G2C-9, SS6-6 |
| 박영조 | SS23-2 |
| 박영지 | G6-9, PG1A-12 |
| 박영진 | PG2B-25 |
| 박용민 | G4-10 |
| 박원일 | G10B-7, G1A-4 |
| 박유균 | PG3B-20, PG8B-9 |
| 박유빈 | PG8A-14 |
| 박유세 | SS4-6, PSS4A-8, PSS4A-9 |
| 박유택 | SS16-5 |
| 박윤식 | PG3A-57 |
| 박윤지 | PG10B-9, PG10B-11 |
| 박윤태 | PG2A-34, PG2B-24 |
| 박은별 | G10B-9 |
| 박은진 | G1A-11 |
| 박이현 | G2C-9, G3B-1, SS6-6 |
| 박인래 | PG4B-17 |
| 박인성 | G1B-2 |
| 박장웅 | G4-11, G4-15, G4-4 |
| 박재우 | PG2B-24 |
| 박재일 | PG3A-13 |
| 박재현 | PG1B-10 |
| 박재현 | PG1B-10 |
| 박재형 | PG1A-44 |
| 박재화 | PG1B-15, PG1B-16 |
| 박정근 | PG2A-16, PG2A-26 |
| 박정빈 | PG10A-2, PG10A-27 |
| 박종성 | PG2A-82, PG2A-87 |
| 박종헌 | PG1B-1 |
| 박주석 | G7-9, PG3B-5, PG3B-6 |
| 박주하 | PG10A-36 |
| 박주현 | PG5A-19 |
| 박주현 | SS2-9 |
| 박준녕 | PG10A-5 |
| 박준혁 | PG2A-40 |
| 박준형 | PG3B-12 |
| 박준홍 | PG1A-3 |
| 박준희 | PG5B-12 |
| 박지연 | G7-5, PG5A-4, PG5A-11, PG5A-12, PG5A-18 |
| 박지연 | G3A-9, SS6-1 |
| 박지영 | G4-16 |
| 박지현 | PG10A-24 |
| 박지훈 | PG1A-7 |
| 박지훈 | PG1B-20, PG1B-24 |
| 박지훈 | S5-1 |
| 박진균 | SS21-5 |
| 박진홍 | PG2A-32 |
| 박진화 | PG8A-3 |
| 박찬우 | PG10B-8 |
| 박찬웅 | PG10B-31 |
| 박찬원 | SS23-4 |
| 박창건 | SS11-7 |
| 박창섭 | G1A-7 |
| 박창신 | PSS2A-6, PSS2A-11 |
| 박창진 | PG3B-2 |
| 박창훈 | SS10A-6 |
| 박철민 | PG1B-14 |
| 박철오 | PG4A-26 |
| 박철현 | G5-10 |
| 박철홍 | SS28-7 |
| 박태준 | PG3A-20, PG3A-22 |
| 박태현 | SS21-4 |
| 박필주 | G2C-10 |
| 박혁준 | SS24-2 |
| 박현국 | PG3B-20, PG8B-9 |
| 박현순 | G1C-12 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 박현중 | SS22-4 |
| 박혜영 | PG4A-27 |
| 박홍우 | G1A-14, SS27-8, PG1A-21, PG1A-22 |
| 박훈민 | SS18-2 |
| 박희정 | SS4-1, PSS4A-2, PSS4A-6, PSS4A-7, PSS4B-1 |
| 방세희 | PG2A-55, PG2A-60 |
| 방형준 | S3-2, SS6-4, PG3A-12 |
| 배강빈 | G3B-7, PG3B-18 |
| 배근영 | PG1B-4 |
| 배성군 | PG3A-53, PG3B-2, PG3B-3 |
| 배성열 | PG3B-4 |
| 배성철 | G7-12, SS7-6 |
| 배성환 | PG1A-34, PG3A-40 |
| 배수빈 | PG3A-17 |
| 배시영 | PG1A-23, PG1B-10 |
| 배인성 | SS20-1, SS20-2 |
| 배종근 | S3-4 |
| 배지권 | PG8B-2 |
| 배지환 | PG2A-75 |
| 배지환 | PG2B-5 |
| 배진아 | G5-10 |
| 배진희 | SS24-2 |
| 배창준 | G3A-6 |
| 배호한 | PG2A-30 |
| 배호한 | G2A-11 |
| 백성호 | PSS4B-2 |
| 백소정 | PG4B-11, PG4B-12 |
| 백소현 | PG10A-16 |
| 백승욱 | SS24-2 |
| 백승헌 | S1-6 |
| 백윤정 | PG2A-72 |
| 백인우 | G3A-6 |
| 백재균 | G5-3 |
| 백정민 | SS26-6, PG1B-19 |
| 백종민 | PG2A-55 |
| 백종민 | SS27-3 |
| 백지원 | PG10B-27 |
| 벌시사 구디사 아마뉴엘 | SS11-6 |
| 변영민 | PG6A-5, PG6B-2 |
| 변윤기 | G7-6 |
| 변재철 | PG5B-19 |
| 변준은 | PG2A-84 |
| 빈정수 | PG8B-5, PG8B-7 |
| 사쿠라기시오리 | PG4A-27 |
| 상병인 | G5-11, G7-5, PG5A-4, PG5A-9, PG5A-11, PG5A-12, PG5A-18 |
| 서두원 | PG3A-15 |
| 서민호 | SS17-4 |
| 서병찬 | PG2A-75 |
| 서성관 | SS11-11 |
| 서승완 | SS15-2 |
| 서영은 | PSS2A-3 |
| 서예원 | PG3A-3 |
| 서윤경 | PG2A-72 |
| 서인태 | G1B-11, G1C-6, PSS2A-12, SS29-5 |
| 서재영 | PG4B-8 |
| 서정민 | PG4A-23 |
| 서종수 | G2A-11 |
| 서준기 | SS3A-4 |
| 서준기 | PG3A-23, PSS10A-2 |
| 서지연 | PG2B-6 |
| 서지우 | PG1A-5 |
| 서지혜 | PG10A-40 |
| 서지훈 | G1B-11, PSS2A-12 |
| 서태훈 | PG4B-18 |
| 서한길 | SS4-4 |
| 서해원 | PG2B-19 |
| 서혜성 | PG3A-57 |
| 석정돈 | S2-4 |
| 석지훈 | PG3B-4 |
| 석해준 | PSS2A-8, PSS2A-11 |
| 석혜원 | PG3A-46, PG3A-47 |
| 선세호 | SS22-2 |
| 선정우 | PG2A-37 |
| 선주형 | PG1B-10 |
| 성대경 | PG5A-9 |
| 성명창 | PG2A-80, PG10A-21 |
| 성솔이 | G10A-2 |
| 성영훈 | S3-2, SS6-4, PG3A-12, PG3A-15 |
| 성택경 | G1B-1 |
| 성현우 | PG3A-50 |
| 세이푸 멜라쿠 나홈 | SS11-8 |
| 소사 마리아 | PG3A-8 |
| 소재일 | G3A-2, SS6-5 |
| 소정욱 | G5-6 |
| 손경식 | SS1-3 |
| 손성우 | PSS17A-1 |
| 손승재 | G2A-4 |
| 손승환 | PG10A-31 |
| 손영일 | PG3A-60 |
| 손예지 | G1C-9, G7-4, PG3A-26, PG3A-31 |
| 손우혁 | PG3B-4 |
| 손윤국 | SS22-1 |
| 손정현 | PSS20A-1 |
| 손지원 | G2A-8, PG2A-97 |
| 손창완 | PG1B-7 |
| 손판모 | PSS15A-11, PSS15A-12 |
| 손희진 | G3A-3, PG3A-41 |
| 송도원 | G7-1 |
| 송명신 | SS8-1, SS8-3, SS8-4 |
| 송보예 | PG2B-18 |
| 송선주 | PG2A-30 |
| 송영하 | G1C-8, PG1B-9 |
| 송영현 | G1C-11, PG1A-19 |
| 송요셉 | PG10A-16 |
| 송인혁 | PG3A-8, SS15-8 |
| 송재민 | PG3A-23, PSS10A-2, SS10A-1 |
| 송재용 | SS29-7 |

# 발표자 리스트

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 송재인 | PSS4B-4 |
| 송정환 | PG3A-60 |
| 송주현 | PG2A-19 |
| 송태섭 | G3B-6, SS26-4, PG3A-38, PG3A-45, PG9A-3, PG9A-8 |
| 송태영 | G1B-9 |
| 송풍근 | G2B-9, G1C-8, G2C-12, PG1B-9, PG2A-62, PG2A-64, PG2B-15 |
| 송현석 | G1B-1 |
| 송현철 | PG1B-26, SS29-1 |
| 송혜원 | G5-10 |
| 송 훈 | SS7-2, SS11-3 |
| 송 훈 | G7-2, PG2B-4 |
| 송희조 | PG2A-36 |
| 수아드 에치크 | PG2A-62 |
| 시방사세나 | PSS27B-2 |
| 신경섭 | PG9A-3 |
| 신동근 | SS6-3, PG3A-53, PG3B-2, PG3B-3, PG3B-13 |
| 신동근 | PG3B-14, PG3B-15 |
| 신동욱 | G3A-8, PG3A-35 |
| 신민경 | G1B-11, PSS2A-12 |
| 신상철 | SS7-4, SS7-7 |
| 신상하 | PG3A-10 |
| 신서윤 | PG10A-3 |
| 신승기 | PG4A-12 |
| 신승익 | PG2A-65 |
| 신영훈 | PG2B-19 |
| 신용훈 | PG2A-27 |
| 신윤지 | PG1A-23 |
| 신윤지 | PG1B-10 |
| 신재원 | PG3A-11 |
| 신정호 | PG3B-8 |
| 신태호 | G2A-4, SS4-2, SS13A-1, PG2A-63, PG2A-68, PG2A-69, PG2A-72 |
| 신효순 | PG1B-20, PG1B-24 |
| 신희성 | PG2B-16 |
| 심상철 | PG2A-40 |
| 심소은 | PG9A-2, PG9A-4 |
| 심영석 | SS17-5, PSS17A-1, PSS17A-5, PSS17A-6 |
| 심원철 | PG5A-3 |
| 심유민 | PG5A-20 |
| 심재현 | G10B-9 |
| 아칠성 | SS2-9 |
| 안계석 | SS26-6 |
| 안광훈 | SS8-2 |
| 안무영 | SS6-6 |
| 안병호 | G3B-4, G3B-5, PG3A-3 |
| 안세종 | G2A-10, PG2A-30 |
| 안신유 | PG2A-33 |
| 안욱성 | PG2B-8, PG2B-9 |
| 안재연 | PG3A-17 |
| 안정수 | G7-2 |
| 안종필 | PG3B-6 |
| 안종혁 | G2B-10 |
| 안지향 | G1A-11 |
| 안진수 | SS18-1 |
| 안철우 | G1C-13, G1C-3, G3A-3, SS29-3, PG1A-34, PG3A-41 |
| 안치규 | SS18-1 |
| 안치원 | SS10B-5 |
| 안태영 | G10A-7, PG10A-29 |
| 안태윤 | SS7-4, SS7-7 |
| 안태호 | G7-10, G7-11, SS7-3, PG7B-1, PG7B-2, PG7B-3 |
| 안해준 | PG2B-8, PG2B-9 |
| 안혜송 | G2A-5 |
| 안효주 | PG2A-40 |
| 안효진 | G10A-4, PG2A-17, SS2-4 |
| 양 건 | G1B-3 |
| 양민혁 | PG3B-20, PG8B-9 |
| 양성은 | G2A-8, PG2A-97 |
| 양승철 | G4-2, PG2A-16, PG2A-26, PG4A-27 |
| 양우석 | PG10A-9, PG2A-59 |
| 양재교 | PG1B-5 |
| 양재호 | G3A-8, PG3A-52, PG3B-1 |
| 양주찬 | S5-6 |
| 양준열 | PG3A-23, PSS10A-2 |
| 양철혁 | SS27-4 |
| 엄기태 | SS14-2 |
| 엄지호 | G2C-2 |
| 여동준 | PG4B-6, PG4B-8 |
| 여동훈 | G1C-14, SS27-10, PG1B-20, PG1B-24 |
| 염근영 | G1A-7 |
| 오누리 | PG1B-15, PG1B-16, PG3B-17, PG4A-12, PG4B-6, PG4B-7, PG4B-8, PG7B-7, PG7B-8 |
| 오명재 | G4-15 |
| 오범석 | S3-3 |
| 오복현 | PG10A-30 |
| 오상호 | G10A-2 |
| 오성빈 | SS22-4 |
| 오세은 | PG2A-30 |
| 오세혁 | G4-5, PG4A-1, PG4A-14 |
| 오세현 | SS2-2 |
| 오승현 | PG9A-10 |
| 오유선 | PG3B-16 |
| 오윤석 | G3B-7, S3-3, SS10A-7, PG3A-20, PG3A-22, PG3B-18 |
| 오은지 | PG3A-8 |
| 오은혜 | SS26-3 |
| 오정민 | SS10A-2 |
| 오종민 | PSS1A-3 |
| 오지혜 | PG1B-14 |
| 오지희 | PSS1A-2, PSS1A-3 |
| 오지희 | SS1-2, SS1-8 |
| 오진우 | PG8A-11 |
| 오창우 | SS29-7 |
| 오창해 | PG9A-1 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 오태곤 | SS10B-7 |
| 오필건 | SS22-1 |
| 오필용 | S3-4 |
| 오현우 | PSS20B-2 |
| 오형석 | S5-2 |
| 오혜련 | PSS15A-11, PSS15A-12 |
| 오흥석 | PG4A-28 |
| 왕성은 | PG10B-5 |
| 우광선 | SS21-5 |
| 우다빈 | G5-10 |
| 우서라 | SS26-3 |
| 우성현 | PG6A-5, PG6B-2 |
| 우성훈 | PSS4B-1 |
| 우수진 | PG9A-6 |
| 우수현 | PG4B-15 |
| 우종원 | G3A-5, G7-8 |
| 원병묵 | G7-2 |
| 원종호 | PSS4B-7 |
| 원지은 | PG2B-19 |
| 원효진 | PG3A-38 |
| 위상원 | PG1A-5 |
| 유대종 | SS4-5 |
| 유미영 | G2B-9, PG2B-15 |
| 유민지 | PG2A-35, PG2A-67 |
| 유상우 | SS26-6 |
| 유성근 | SS15-2 |
| 유성봉 | PG10B-3, PG10B-8 |
| 유성종 | S5-5 |
| 유승상 | PG2A-13 |
| 유승제 | PSS4B-2 |
| 유승주 | PG10A-7 |
| 유승준 | PG9B-1 |
| 유은채 | G3C-2 |
| 유일열 | PG7A-1 |
| 유재균 | PG10A-42 |
| 유정준 | SS10B-4 |
| 유정현 | PG1A-19 |
| 유지행 | SS13B-8 |
| 유찬세 | PG1B-4 |
| 유충열 | PG2A-98 |
| 유한준 | PG2A-75 |
| 유현식 | PG2A-60 |
| 유혜림 | PG1A-14 |
| 유혜진 | SS11-11 |
| 유희일 | PG4B-4 |
| 윤경식 | SS13B-8 |
| 윤경중 | SS13B-4, PG2A-32, PG2B-19, PG2B-25 |
| 윤경호 | PG2A-81, PG4A-7 |
| 윤당혁 | G3C-1, G3C-2, G3C-3, SS6-8, PG3A-6, PG3A-7, PG3A-28 |
| 윤도웅 | PG10A-5, PG10B-4, PG10B-5, PG10B-9, PG10B-11 |
| 윤석영 | G1C-3 |
| 윤성도 | PG1A-15 |
| 윤성만 | SS24-4 |
| 윤성일 | G7-10, G7-11, SS7-3, PG7B-1, PG7B-2, PG7B-3 |
| 윤순길 | G2C-1 |
| 윤영수 | G2C-9, PG2A-78, PG2A-79, PG2A-85, PG3A-44, PSS6A-1 |
| 윤영수 | SS10B-3 |
| 윤영조 | PG3B-17, PG7B-7, PG7B-8 |
| 윤운하 | SS29-3 |
| 윤일정 | G6-2 |
| 윤정재 | PG10A-16, PG10A-16, PG10A-16 |
| 윤종원 | PG2A-35, PG2A-67 |
| 윤중락 | PG1B-18, PG3B-22 |
| 윤지수 | SS6-5 |
| 윤지욱 | SS17-2 |
| 윤지해 | G3A-8, PG3A-52, PG3B-1 |
| 윤 진 | G7-12, SS7-6 |
| 윤진수 | PG10A-9 |
| 윤형철 | G2B-3 |
| 윤혜영 | PSS2A-1, PSS2A-3, PSS2A-9 |
| 윤혜원 | PG3B-10 |
| 이가연 | G1C-14, SS27-10, PG5A-10, PG5B-11, PG5B-12, PG5B-14 |
| 이가영 | G1C-6 |
| 이가현 | G2C-14 |
| 이강천 | PSS23A-1 |
| 이강택 | SS13B-1, PG2A-30 |
| 이건수 | G1A-12, G1B-7, SS29-2 |
| 이건호 | G3A-2 |
| 이경은 | PG2A-87 |
| 이경호 | PG1A-39, PG1A-41 |
| 이계원 | PG3A-20, PG3A-22 |
| 이관형 | SS3A-1 |
| 이귀영 | G2B-10 |
| 이규형 | PG2A-11, PG2B-5, PG4A-25, PG4A-26 |
| 이규호 | PG1B-14 |
| 이기석 | PG2A-33 |
| 이기성 | PG3A-11, PG3A-17 |
| 이기태 | PG1B-7, PG2A-34, PG2B-24 |
| 이나영 | PG2A-74, PG8A-4, PG8A-5 |
| 이다애 | PG10B-32 |
| 이다예 | PG10A-23, |
| 이도연 | PG2A-45 |
| 이도연 | SS10A-1, PG3A-23, PSS10A-2 |
| 이동규 | PG1B-26 |
| 이동수 | G10A-6 |
| 이동원 | SS1-2, SS1-8, PSS1A-1, PSS1A-2, PSS1A-3, PSS1B-1 |
| 이동주 | SS10A-3 |
| 이동준 | PG2A-36 |
| 이동준 | SS20-2 |
| 이동헌 | PG3A-17 |
| 이동현 | G1B-3, G1B-5 |
| 이동화 | PG2A-27 |
| 이문환 | PG5B-9 |
| 이민규 | PG2A-85 |
| 이민선 | SS29-4 |
| 이민혁 | G4-14 |

# 발표자 리스트


| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 이민호 | G7-9, PG3B-5 |
| 이범수 | PG1B-4 |
| 이병우 | PG5B-16, PG7B-6 |
| 이병철 | SS8-4 |
| 이병필 | SS21-5 |
| 이보람 | G1A-11 |
| 이봉호 | SS27-4 |
| 이봉호 | SS4-5 |
| 이삼행 | PG3B-6 |
| 이상민 | PG2A-35, PG2A-67 |
| 이상민 | G3C-1, PG3A-28, PG3A-7 |
| 이상민 | S2-1 |
| 이상범 | PSS2A-15 |
| 이상원 | SS13A-1, PG2A-63, PG2A-68, PG2A-69, PG2A-72 |
| 이상진 | PG2A-19, PG3A-14, PG10A-4, PG10A-30 |
| 이상헌 | G5-11, PG5A-3 |
| 이상호 | G1C-12 |
| 이석현 | PG9A-8 |
| 이석희 | SS24-1, SS24-2, PG2A-68, PG2A-69, PG10A-3 |
| 이선영 | PG10A-37 |
| 이선영 | PG10B-32 |
| 이선영 | G1C-11, PG1A-19 |
| 이선영 | G1C-7, G2B-10, G2C-6, SS2-5, PG2B-6, PG4A-28 |
| 이선우 | PG7B-4 |
| 이선홍 | SS1-3 |
| 이성민 | G3B-3, G3B-7, SS23-4, PG3B-18, PG3A-58 |
| 이성수 | SS10B-2 |
| 이성준 | PSS4A-9 |
| 이성철 | PG1A-22 |
| 이성호 | G2B-6 |
| 이세미 | SS1-2, SS1-8, PSS1A-2 |
| 이세영 | PG10A-3 |
| 이세진 | G7-10, G7-11, SS7-3, PG7B-1, PG7B-2, PG7B-3 |
| 이세훈 | G3A-2, G4-2, SS6-5 |
| 이소미 | PG2A-88 |
| 이수정 | PG2A-8 |
| 이수현 | SS26-6 |
| 이순일 | G1A-14, G1C-14, SS27-8, SS27-9, SS27-10, PG1A-21, PG1A-22 |
| 이슬희 | S3-2, SS6-4, PG3A-12, PG3A-15 |
| 이승민 | G5-1 |
| 이승복 | SS13B-2 |
| 이승용 | PG2A-11 |
| 이승용 | PG3B-12, PG4B-15 |
| 이승용 | PG3A-60 |
| 이승윤 | G3B-5 |
| 이승천 | PG3A-13 |
| 이승협 | PG2A-81, PG4A-7 |
| 이승환 | G2C-8, PG10A-16 |
| 이시원 | PSS9B-3 |
| 이연숙 | SS1-1, PSS1A-1, PSS1B-1 |
| 이연승 | PG8B-5, PG8B-7 |
| 이영란 | PSS15A-1, PSS15A-2, PSS15A-3, PSS15A-5 |
| 이영로 | PG10B-22 |
| 이영환 | G1B-5 |
| 이예서 | PSS2A-4, PSS2A-5 |
| 이오정 | PG10B-8 |
| 이용수 | G1A-7 |
| 이용연 | PG2A-13 |
| 이용주 | PG2A-24 |
| 이용준 | G7-10, G7-11, SS7-3, PG7B-1, PG7B-2, PG7B-3 |
| 이우성 | PG3B-11 |
| 이우진 | G5-1 |
| 이욱진 | SS1-3 |
| 이웅걸 | SS8-1 |
| 이원석 | PG3B-15 |
| 이원영 | SS13B-7, PG2A-55, PG2A-60 |
| 이원재 | PG1B-10 |
| 이유선 | PG1A-39 |
| 이윤기 | G6-9, PG3B-13, PG3B-15 |
| 이윤상 | PG1A-5 |
| 이윤주 | PG3A-27, PG3B-13, PG3B-14, PG3B-15, PG3B-16 |
| 이은경 | PG10B-16 |
| 이은진 | PG2A-40 |
| 이은혜 | PG2B-5 |
| 이인욱 | PG10B-10, PG10B-5 |
| 이인환 | G3B-7, PG3A-22, PG3B-18 |
| 이자경 | G4-4 |
| 이재광 | G10B-9, SS1-1 |
| 이재근 | PG4A-7 |
| 이재민 | PG9A-8 |
| 이재석 | PG3A-13 |
| 이재성 | G6-7, G7-7 |
| 이재성 | SS27-6 |
| 이재성 | G2B-10 |
| 이재승 | G7-9, PG3B-5 |
| 이재우 | G4-8 |
| 이재욱 | G1B-3 |
| 이재욱 | SS23-2 |
| 이재원 | SS21-2 |
| 이재원 | PG2A-10 |
| 이재찬 | SS14-2 |
| 이정빈 | PG10A-3 |
| 이정용 | S4-4 |
| 이정우 | PG10B-17 |
| 이정우 | G3A-3, PG3A-41 |
| 이정우 | G8-5 |
| 이정원 | G1A-14 |
| 이정철 | G1C-8, PG1B-9 |
| 이정헌 | G5-10, PG5B-17, PG5B-21, PG6A-5, PG6B-2 |
| 이정현 | G1C-14, SS27-10, PG1A-21, PG4A-27 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 이정훈 | SS21-3 |
| 이정훈 | SS1-3 |
| 이정훈 | G2C-4 |
| 이종덕 | PG10B-4, PG10B-10 |
| 이종만 | PG3A-8, SS15-8 |
| 이종서 | PG2A-60 |
| 이종숙 | G2B-2, PG10B-8 |
| 이종욱 | PG10B-23 |
| 이종원 | PG2A-40 |
| 이종원 | SS13B-2 |
| 이종현 | SS29-7 |
| 이종현 | PG2A-11 |
| 이종호 | G2A-5, PG2A-74, PG8A-4 |
| 이종호 | PG1B-4 |
| 이주성 | G6-2 |
| 이주영 | PG3A-1, PG3A-4, PG3A-19 |
| 이주영 | S5-6 |
| 이주용 | PG5A-19 |
| 이주헌 | G5-6, PG5B-9 |
| 이주현 | G1A-14, G1C-4, SS27-8, PG1A-22 |
| 이주형 | PG1B-15, PG1B-16 |
| 이준기 | PG1B-7 |
| 이준석 | G5-2, G5-4, PG5B-20 |
| 이준섭 | PG5A-17 |
| 이준원 | G1B-9 |
| 이지선 | PG6B-1, PG6B-8 |
| 이지수 | PG3A-35 |
| 이지언 | G2C-4 |
| 이지연 | PG2A-51 |
| 이지현 | PG2A-78 |
| 이지형 | PSS2A-15 |
| 이지환 | G3A-8, PG3A-52, PG3B-1 |
| 이지훈 | PG2A-4, S5-6 |
| 이진실 | PG2A-27, PG2A-29 |
| 이진실 | SS15-6, PSS15A-1, PSS15A-3, PSS15A-11, PSS15A-12 |
| 이진욱 | PG10A-3 |
| 이진웅 | PG10B-9, PG10B-11 |
| 이진웅 | PG10A-5, PG10B-4 |
| 이진혁 | G6-10, PG6A-7 |
| 이진형 | G5-11, G7-5, PG5A-3, PG5A-4, PG5A-9, PG5A-11, PG5A-12, PG5A-18 |
| 이진희 | SS4-5 |
| 이찬우 | PG2A-30 |
| 이찬희 | SS27-3 |
| 이창호 | PG3B-22 |
| 이창훈 | SS27-4 |
| 이채린 | PG10B-26 |
| 이철호 | SS3A-2 |
| 이청범 | PG2A-55 |
| 이춘엽 | SS2-6 |
| 이태경 | PG2A-64 |
| 이태연 | G6-1 |
| 이태우 | SS10B-1 |
| 이태훈 | G8-2 |
| 이택주 | G1C-8, PG1B-9 |
| 이학래 | PG5A-3 |
| 이향선 | SS11-3 |
| 이헌수 | G3B-5, G4-14 |
| 이혁준 | G3C-4, PG3A-30, PG3A-42, PG3A-49 |
| 이현권 | SS5-2, PG3B-21 |
| 이현근 | SS6-1, PG3A-35 |
| 이현아 | PSS1A-1, PSS1B-1 |
| 이현우 | PG10A-16 |
| 이현진 | G2A-3, G2A-4 |
| 이혜선 | PG5A-12, PG5A-17, PG9A-10 |
| 이호용 | SS28-3 |
| 이호익 | SS15-7 |
| 이호진 | PG3B-8 |
| 이홍주 | SS15-8, PG3A-8 |
| 이화평 | PG3A-50 |
| 이환욱 | PG8A-1 |
| 이효창 | SS23-4 |
| 이후정 | G3B-5 |
| 이희수 | G7-9, SS1-1, SS1-4, SS1-10 |
| 임강훈 | G8-1 |
| 임광영 | SS6-7, SS25-4 |
| 임귀환 | SS11-10 |
| 임기성 | G2A-6 |
| 임도하 | PSS2A-8 |
| 임동준 | PG2A-35, PG2A-67 |
| 임동진 | PG3A-45 |
| 임동찬 | SS2-8 |
| 임동환 | PG1B-17 |
| 임민섭 | G4-16 |
| 임수민 | G7-12, SS7-6 |
| 임수빈 | PG3A-33, PG3A-38 |
| 임수빈 | G3B-6 |
| 임아현 | SS7-5 |
| 임예슬 | PG1A-24 |
| 임원빈 | G4-10, G4-3, G4-13, PG4A-5, PG4A-6, PG4A-19, PG4A-21, PG4A-22, PG4A-23, PG8B-13 |
| 임유나 | PG3A-46, PG3A-47 |
| 임익재 | G4-8 |
| 임재훈 | S4-2 |
| 임종민 | SS15-5 |
| 임찬준 | SS22-4 |
| 임창동 | SS25-3 |
| 임태협 | G2B-10, PG4A-28 |
| 임태흔 | SS1-4, SS1-10 |
| 임하니 | PG2A-30 |
| 임형미 | PG4B-11, PG4B-12 |
| 임형태 | SS13A-5 |
| 임호섭 | PG5B-21 |
| 장경인 | G4-5, PG4A-1, PG4A-14, PG4A-18 |
| 장근옥 | G8-3 |
| 장대환 | PG1B-5, PG2B-7 |
| 장성규 | G1A-7, PG3B-11 |
| 장성민 | G3C-1, PG3A-28, PG3A-7 |

# 발표자 리스트

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 장성우 | G4-13, PG4A-19, PG4A-6 |
| 장세규 | G4-6, G4-8, S3-6 |
| 장수희 | G1A-4 |
| 장우영 | PG5B-19 |
| 장원준 | PG4B-9 |
| 장원진 | G2C-10 |
| 장은주 | S4-1 |
| 장은화 | SS19-1 |
| 장인석 | G1C-11 |
| 장일섭 | PG2B-18, SS24-3 |
| 장재혁 | G10B-9 |
| 장정우 | G1C-6 |
| 장정혁 | PG3A-57 |
| 장정호 | G5-9, PG5B-19 |
| 장정희 | SS4-5 |
| 장종현 | PSS2A-1, PSS2A-7, PSS2A-9 |
| 장준혁 | PG5B-21 |
| 장진욱 | SS4-7, SS9-4 |
| 장진욱 | PG6B-6 |
| 장해성 | G3B-7, PG3B-18 |
| 장혜정 | PG2B-19 |
| 장혜정 | G3A-3, PG3A-41 |
| 장환윤 | PG3B-21 |
| 장 훈 | SS6-7 |
| 장훈수 | SS16-7 |
| 저우원 | G3A-2, SS6-5 |
| 전가연 | PG1B-17 |
| 전남기 | SS18-1 |
| 전동현 | SS27-3 |
| 전병승 | PG5A-12 |
| 전병혁 | PG3A-35 |
| 전상채 | G3A-5, G7-8, PG3A-8 |
| 전석우 | PG3A-59, PG4A-2 |
| 전성재 | PG2A-65 |
| 전성현 | G2A-11 |
| 전시욱 | G1C-11, PG1A-19 |
| 전영준 | PG10A-17 |
| 전은영 | G5-4 |
| 전은진 | SS11-4 |
| 전준혁 | G1A-7 |
| 전지윤 | PG1A-34 |
| 정다운 | PG10A-16 |
| 정대수 | PG10A-5, PG10B-9, PG10B-10, PG10B-11, PG10B-4, PG10B-5 |
| 정대엽 | G10B-7 |
| 정대용 | G1B-1, G1C-9, G7-4, PG3B-6, PG3A-26, PG3A-31, PG3A-50 |
| 정덕영 | PG2A-24 |
| 정도현 | PG5B-17 |
| 정동명 | PG8A-9, PG8A-11 |
| 정민석 | PG2A-83 |
| 정범균 | G2A-10 |
| 정범진 | SS20-3, PSS20A-1, PSS20A-2 |
| 정상원 | PG10A-27 |
| 정상현 | G3A-2 |
| 정서린 | PG7B-6 |
| 정서우 | SS13B-6 |
| 정서인 | PSS4A-6 |
| 정석주 | PG7B-6 |
| 정선호 | PG9A-3 |
| 정성민 | PG1A-23, PG1B-10 |
| 정성진 | PSS11A-1 |
| 정수현 | PSS15A-10 |
| 정순문 | S4-6 |
| 정순종 | PG1B-17 |
| 정승호 | PG10A-21 |
| 정승화 | PG4A-27 |
| 정연길 | G4-2, PG4A-27 |
| 정연송 | SS6-6 |
| 정영규 | G2C-4, G2C-5 |
| 정영근 | G3C-4, PG3A-30, PG3A-42, PG3A-49 |
| 정영근 | PG10B-18, PG3B-2, PG3B-3 |
| 정영근 | PG3B-16 |
| 정영근 | PG4B-5 |
| 정영석 | G3B-3 |
| 정영웅 | SS27-6 |
| 정영훈 | PG1B-19, SS29-4 |
| 정완길 | G2A-11 |
| 정용재 | PG8B-13 |
| 정우재 | PG2B-16 |
| 정우철 | SS4-3, SS13A-2, G2A-10, G2A-11, PG2A-30 |
| 정운진 | G6-5, PG6A-1, PG6A-2, PG6B-3, PG6B-4, PG6B-6 |
| 정유한 | PG2A-55 |
| 정은기 | SS25-3 |
| 정인철 | PG2A-30 |
| 정인혜 | G4-11 |
| 정인호 | G6-7, G7-7 |
| 정일동 | SS25-3 |
| 정재엽 | G6-6, PG6B-5 |
| 정재한 | PSS17A-1, PSS17A-5 |
| 정재훈 | PSS2A-10, PSS2A-2 |
| 정재훈 | S5-6 |
| 정정석 | PG8B-12 |
| 정종헌 | PG2A-97 |
| 정준호 | SS27-4 |
| 정지훈 | PG6B-2 |
| 정지훈 | PG6A-5 |
| 정진석 | PG1A-5 |
| 정진우 | PSS15B-1 |
| 정진우 | PSS15A-10 |
| 정진우 | PSS15A-9 |
| 정진욱 | PG4A-29 |
| 정창규 | PG1B-7 |
| 정태식 | SS6-7, PG3B-1 |
| 정태영 | SS9-6 |
| 정한들 | PG3A-27 |
| 정한희 | PG4A-18 |
| 정해원 | G10A-7, PG10A-29 |
| 정현덕 | G3B-5 |
| 정현석 | PG2B-2 |
| 정형욱 | SS24-4 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 정혜원 | PG1A-41 |
| 정호상 | G5-7 |
| 정호중 | G1C-11 |
| 정호진 | G2C-3 |
| 정희태 | SS10B-5 |
| 제갈장환 | G4-5, PG4A-1, PG4A-14 |
| 제현모 | PG2A-84 |
| 조강희 | SS1-1, SS1-4, SS1-10 |
| 조건희 | SS26-4 |
| 조경훈 | G1C-13, PG1A-31, PG1A-33, PG1B-12, PG7A-1, PG10A-8 |
| 조계홍 | PG7B-4, SS11-1 |
| 조광연 | G3C-4, PG3A-30, PG3A-42, PG3A-49 |
| 조명훈 | G10A-4, PG2A-17 |
| 조명희 | PG1A-16 |
| 조민수 | SS9-2 |
| 조민하 | PSS4B-3 |
| 조봉현 | PG2B-2 |
| 조성근 | G2C-2 |
| 조성범 | PG8B-8, PG8A-12, PG8B-13 |
| 조성빈 | PG2A-98 |
| 조성욱 | PG1B-19, SS29-4 |
| 조성현 | PSS15A-1, PSS15A-2, PSS15A-3, PSS15A-5 |
| 조성현 | SS11-4 |
| 조수연 | PG1A-3 |
| 조수영 | PSS10B-2 |
| 조수제 | G6-3 |
| 조수현 | PG2A-81, PG4A-7 |
| 조승원 | PG6B-1 |
| 조승호 | G2B-13, PG4B-9 |
| 조영운 | PG4B-15 |
| 조영준 | S3-5 |
| 조영훈 | G2B-3 |
| 조용준 | PG10B-18 |
| 조용준 | PG4B-10 |
| 조용현 | G1B-3 |
| 조우석 | S2-3 |
| 조 욱 | G1A-14, G1C-4, SS27-8, PG1A-7, PG1A-10, PG1B-11, PG1A-14, PG1A-22, PG2A-25, PG2A-37, PG2A-4, PG2B-10 |
| 조유리 | SS29-5 |
| 조윤재 | PG3A-60 |
| 조윤재 | PG2A-77 |
| 조윤행 | PSS17A-1, PSS17A-6 |
| 조의제 | SS25-1, PG3A-57 |
| 조장현 | G10A-7 |
| 조재훈 | SS23-3, PG3A-1, PG3A-2, PG3A-4, PG3A-10, PG3A-19 |
| 조정현 | PG2A-64 |
| 조정호 | S4-5 |
| 조준민 | SS23-1 |
| 조중영 | SS27-9 |
| 조진상 | PG7B-4, SS11-1 |
| 조태연 | G2C-2 |
| 조한빈 | PG4A-5, PG4A-21 |
| 조한울 | PG3A-45, SS26-4 |
| 조혜륜 | PG3A-13 |
| 좌용호 | G4-16 |
| 주민제 | SS6-7 |
| 주수연 | G3C-3, SS6-8, PG3A-6 |
| 주영준 | G3C-4, PG3A-30, PG3A-42, PG3A-49 |
| 주종훈 | G2A-3, G2A-4, G2A-5, G2A-6, G2B-3, G2C-14, SS13B-3, PG2A-27, PG2A-29 |
| 주현아 | G10B-9 |
| 주현재 | SS28-3 |
| 주현철 | G2A-6 |
| 지수영 | PSS20B-2 |
| 지영연 | PG4B-17 |
| 지현배 | PG8B-5, PG8B-7 |
| 진서윤 | PG9A-2, PG9A-4 |
| 진설송 | SS26-6 |
| 진소현 | PG3B-17 |
| 진연호 | PG10A-33, PG1B-5 |
| 진하늘 | PG2B-5 |
| 차경래 | SS15-1 |
| 차민규 | PG1B-9 |
| 차용성 | PG4A-2 |
| 차재민 | G1C-3 |
| 차현애 | G1C-13, G3A-3, PG1A-34, PG3A-41, SS19-3, SS29-3 |
| 채길병 | SS23-4 |
| 채민구 | SS29-6 |
| 채석준 | G1A-8, PG1B-6 |
| 채소금 | PG5B-16 |
| 천동원 | PG2A-75, PG2B-5 |
| 천승훈 | PG10A-34 |
| 천재희 | PSS20A-2 |
| 천진녕 | PG2B-18, PG5A-11, PG5A-12, SS24-3 |
| 천호성 | PSS2A-4, PSS2A-5 |
| 최가인 | PG3B-11 |
| 최강일 | PSS20B-2 |
| 최 균 | G3B-3 |
| 최근지 | PG10B-19 |
| 최기인 | PG2B-8, PG2B-9 |
| 최다진 | G6-10, PG6A-7 |
| 최명식 | SS21-1 |
| 최문기 | S4-3 |
| 최문희 | PG10A-24, PG10A-40, PG1A-20 |
| 최문희 | PG1A-16 |
| 최미희 | PG1A-23 |
| 최민기 | PG2A-55, PG2A-60 |
| 최상배 | G7-8 |
| 최선웅 | PG3A-20, PG3A-22 |
| 최선진 | SS17-1, PSS17B-1 |
| 최성범 | SS26-3 |
| 최성우 | SS11-7 |
| 최성준 | G1C-7, G2C-6 |

# 발표자 리스트


| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 최성희 | PG1A-31 |
| 최수민 | G2A-4, G2C-14 |
| 최승곤 | PG3A-50 |
| 최승목 | S5-6 |
| 최승신 | PG2A-67 |
| 최승호 | PSS17B-1 |
| 최승희 | G1C-11, PG1A-19 |
| 최시영 | G4-6 |
| 최요한 | PSS20B-2 |
| 최용규 | G6-10, G6-2, PG6A-7 |
| 최용석 | PSS4B-3, PSS4B-4 |
| 최우선 | PG2A-27 |
| 최우진 | PG1B-11 |
| 최원영 | PG1B-1 |
| 최원일 | SS15-6, PG5A-9, PSS15A-1, PSS15A-3, PSS15A-11, PSS15A-12 |
| 최원재 | SS13B-6 |
| 최원창 | S2-5 |
| 최유송 | G10A-7, PG10A-29, PG10A-29, PG10A-29 |
| 최윤석 | SS18-2 |
| 최재붕 | G1A-7 |
| 최재석 | SS26-3 |
| 최재완 | PG3B-4 |
| 최재형 | PG3A-58 |
| 최재호 | G7-11, PG7B-1, PG7B-2 |
| 최정현 | PG2A-84 |
| 최정훈 | PG9A-2, PG9A-4, PG9A-8, PG9A-11 |
| 최종영 | PSS4B-7 |
| 최종진 | G1C-13, G1C-3, G3A-3, PG1A-34, PG3A-41, SS29-3 |
| 최주현 | G6-1 |
| 최준성 | SS21-5 |
| 최준용 | PG2A-37 |
| 최준환 | G2C-3 |
| 최지범 | PG3A-12 |
| 최지우 | SS10A-5 |
| 최지웅 | PG10A-25 |
| 최지원 | PG3A-46, PG3A-47 |
| 최지혁 | PSS6A-1 |
| 최진식 | PG1B-20, PG1B-24 |
| 최태양 | PSS2A-1, PSS2A-7 |
| 최하늘 | PG2B-19 |
| 최현희 | G4-2, SS6-5 |
| 최효민 | PG2A-35, PG2A-67 |
| 타밈 아흐메드 마푸즈 | PG1B-7 |
| 탁우성 | PG4B-5, PG4B-10, PG10B-18 |
| 탁희태 | SS22-4 |
| 피재환 | G3B-6, SS26-4, PG9B-3, PG3A-33, PG3A-38 |
| 하국현 | G3A-4 |
| 하 늘 | PG2A-59 |
| 하상원 | SS11-4 |
| 하송아 | G1A-14, SS27-8, PG1A-22 |
| 하수연 | PG5A-18, PG5A-9 |
| 하수진 | G1C-13, PG3A-41 |
| 하승훈 | SS22-1 |
| 하장훈 | PG3A-8, SS15-8 |
| 하정대 | PG4A-18 |
| 하제영 | G2B-6 |
| 하지웅 | G7-4 |
| 하홍수 | G1B-2 |
| 한가람 | G6-1 |
| 한규성 | PG9A-3, PG9A-8, PG9A-11, PG10A-31 |
| 한길수 | SS21-5 |
| 한다현 | PG2A-88 |
| 한명우 | G1B-9 |
| 한민규 | PG2A-35, PG2A-67 |
| 한병동 | G3A-3, G1C-3, G1C-13, SS5-1, SS29-3, PG1A-34, PG3A-41 |
| 한상욱 | PG10A-28 |
| 한수아 | PG5B-16 |
| 한승우 | SS16-5 |
| 한승우 | PG2A-65 |
| 한승호 | G1B-11, G1C-6, PSS2A-12, SS2-3, SS29-5 |
| 한연비 | PG2A-37, PG2B-10 |
| 한윤수 | SS23-1, PG8A-3 |
| 한인섭 | S3-2, SS6-4, PG3A-12, PG3A-15 |
| 한재연 | SS27-4 |
| 한정우 | SS13A-3 |
| 한주형 | PG4A-6, PG4A-22, PG4A-23, PG8B-13 |
| 한지수 | SS2-9 |
| 한치환 | SS2-7 |
| 한혁수 | SS4-7, SS9-2, SS9-4 |
| 한혁진 | G4-1, PG2A-14 |
| 한 현 | G10A-2 |
| 한희현 | PG1B-20, PG1B-24 |
| 함나영 | PG9A-5 |
| 허성훈 | SS29-1 |
| 허수원 | G1A-11, PG8B-13 |
| 허승헌 | PG2B-8, PG2B-9 |
| 허재훈 | PG10A-35 |
| 허준혁 | G5-10, PG5B-17 |
| 현봉수 | PG3B-6 |
| 현상일 | PG8A-3 |
| 홍경표 | PG2A-55 |
| 홍상민 | G3A-5, G7-8 |
| 홍석주 | PSS23A-1 |
| 홍석진 | PG6B-3 |
| 홍성국 | G2C-14 |
| 홍성덕 | SS18-4 |
| 홍성현 | PG2A-36, PG2A-45 |
| 홍순구 | PG1A-23 |
| 홍영준 | S1-3 |
| 홍종섭 | SS13A-4, PG2A-55 |
| 홍종은 | G2A-5 |
| 홍지호 | G2A-8 |
| 홍지훈 | PG8B-8 |
| 홍현욱 | SS27-3, SS27-4 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| 황건태 | PG1A-24 |
| 황건호 | PG3A-53 |
| 황경미 | G1A-14, SS27-8, PG1A-22 |
| 황광택 | PG9A-11 |
| 황규완 | PG4A-29 |
| 황민성 | PG6B-5 |
| 황병준 | PG2A-80, PG10A-21 |
| 황부경 | G1A-11 |
| 황석호 | PG10A-6 |
| 황승우 | SS16-5 |
| 황의택 | PG5A-9 |
| 황이택 | SS15-4 |
| 황인국 | G1A-1 |
| 황재진 | G10B-9 |
| 황정윤 | PG4A-26 |
| 황준호 | PSS17A-1 |
| 황지용 | PSS20B-2 |
| 황진욱 | PG4B-5, PG4B-10, PG10B-18 |
| 황창규 | PG2A-14, PG2A-95 |
| 황해진 | PG10A-31, PSS4B-1 |
| 황효정 | PG3A-15 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| ABBAS Intizar | PG10B-3, PG10B-8 |
| AHMED Tauseef | G1C-14, SS27-10, PG1A-21 |
| AHN Chang Won | PSS14A-2, PSS14A-3 |
| AHN Hongjin | PG10B-20 |
| AHN Hyun soo | PSS14A-1 |
| AHN Jong-Hyun | G1B-12 |
| AHNKwang-Soon | PSS2B-3, PSS2B-4 |
| AHN Sejong | G2A-12 |
| ALASSANZarifah | PG4B-11, PG4B-12 |
| ALI Ammad | G3C-6, PSS9B-2 |
| ALI Muhammad Hassaan | PG8A-8 |
| ALI Sabir | PSS14A-3 |
| AN Gye Seok | PG3A-55, SS26-5 |
| AN Jihwan | SS18-6 |
| AN Kihun | PG10B-1, PG10B-2 |
| AN Sehyun | PG10B-14 |
| AN Yonghoon | PG10B-14 |
| ANDLEEB Kiran | SS28-5 |
| AVIS Wee Sin Hui | PG1A-2 |
| AYMAN Muhammad Tsabit | G3C-1, PG3A-28, PG3A-7 |
| BAE Byung Seo | SS9-8 |
| BAE Chang-Jun | G3A-7 |
| BAE Geonwan | PG3A-54 |
| BAE Hyung Eun | G4-7, PG5B-5 |
| BAE Inseong | PG3A-32, PG3A-34 |
| BAE Joongmyeon | G2C-13 |
| BAE Sa-Rang | G1B-12 |
| BAE Si-Young | PG1A-26, PG1A-27, PG1B-13 |
| BAE Sung-Hwan | PG2A-70 |
| BAEK Ga-Yeon | PSS17A-4 |
| BAEK Ki Sang | PG2A-9 |
| BAEK Seong-Ho | PSS4B-5, PSS4B-6 |
| BAEK Seung-Hyub | PG1A-48 |
| BAEK So Hyun | PG10A-20 |
| BAEK So Hyun | G2C-8, PG10A-19 |
| BAIK Jeong Min | PG1A-17, PG2A-20, PG2A-21, PG2A-28 |
| BANGJoonho | PG3A-24, PG3A-25 |
| BANG Junho | PG10A-43 |
| BAO Yiwang | SS1-6 |
| BARNETT Scott A. | G2A-11 |
| BATTULGA Nomin-Erdene | SS27-5, SS27-7 |
| BENčANAndreja | SS28-5 |
| BHARAT Lankamsetty Krishna | PG4B-16 |
| BRAKOWAA Frimpong | G8-4 |
| BU Jeewon | PG2A-49 |
| BYEON Pilgyu | G10B-4 |
| BYUN Segi | SS22-3 |
| BYUN Young Min | PG6A-6 |
| CHA Donjun | PG2A-47 |
| CHA Gunwoo | PSS9A-3 |
| CHAE Hyun Seok | PG2A-28 |
| CHANDRAN Bagavath | PG1A-29, PG1A-32 |
| CHANG Gunho | PSS2B-1 |
| CHANG Junhyuck | PG5A-20 |
| CHANG Wanhyuk | G2A-1 |
| CHARLES Hazina | PG2B-6 |
| CHEN Di | PG2A-55 |
| CHEN Haomin | PSS2B-1 |
| CHEON Woo Seok | PG2A-48, PG2A-49 |
| CHO A Young | PG1A-37 |
| CHO Byungjin | PG6A-4 |
| CHO HAN BIN | PG4A-20 |
| CHO Jaehun | G3B-8 |
| CHO Jaephil | G10B-1 |
| CHO Jung Young | PG1A-4 |
| CHO Jung-wook | G6-8 |
| CHO Min-hyeong | PG10B-13 |
| CHO Sung Beom | PG8B-10, PG8B-11 |
| CHO Wooseok | PG9B-3 |
| CHO Yong Soo | PG4A-10, PG1A-35, PG1A-36, PG1A-45, PG4A-8, PG4A-9, PG6A-3 |
| CHOA Haeun | PG4A-25 |
| CHOA Yong-Ho | G2C-8 |
| CHOI Byung Ki | PG6A-4 |
| CHOI Dongin | PSS9A-2 |
| CHOI Hai In | PG1A-11 |
| CHOI Hansoo | PG3A-43 |
| CHOI Hee-Rak | PG4B-19 |
| CHOI Jae-Seok | SS9-8 |
| CHOI Jihwan | PG4A-15 |
| CHOI Jinuk | PSS9A-2 |
| CHOI Jiwoo | PG3A-32, PG3A-34, PG3A-37 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| CHOI JUNGHYUN | G10A-1, G10A-8, G10B-10, PG10A-43, PG10B-29 |
| CHOI Junyoung | PG3A-34, PG3A-37 |
| CHOI Moonhee | PG10A-41 |
| CHOI Myungeun | G10A-5 |
| CHOI Myungwoo | G4-12 |
| CHOI Seon-Jin | PSS17A-2, PSS17A-3, PSS17A-4, PSS4A-3, PSS4A-5 |
| CHOI Seunggun | G7-3, PSS9A-3 |
| CHOI Seung-Ho | PSS4A-3, PSS17A-3, PSS17A-4 |
| CHOI Sihyuk | PG2A-42, PG2A-46, PG2A-50 |
| CHOI Sung Yeol | PG2A-28 |
| CHOI Sung-Hwan | PG5A-15 |
| CHOI Taekjib | PG1A-25, PG1A-37 |
| CHOI Yejin | SS11-5 |
| CHOI Yeon Bin | SS9-8 |
| CHOI Yeong Uk | PSS14A-1 |
| CHOI Yoon Seok | PG2A-6, PG2A-47 |
| CHOI Young Sik | PG5B-8 |
| CHUN Phil Joo | PG2A-6 |
| CHUN Sung-Yong | PG3A-39, PG3A-43 |
| CHUNG Hyunbin | PG1A-37 |
| CHUNG Kyung Yoon | S2-2 |
| CHUNG Sung-Yoon | G10B-4, G2C-11 |
| CHUNG Won Gi | G4-9 |
| CHUNG Woon Jin | PG6B-9 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| DEVARA I KETUT GARY | G1A-2 |
| DHARMAIAH Peyala | PG1A-48 |
| DiChen | G2A-10 |
| DO Soo Jee | PG4A-17 |
| ĐOàN Trung Thành | SS28-5 |
| DONG Nguyen Xuan | SS13A-1, PG2B-21 |
| ENHTUWSHIN Enhbayar | SS9-4 |
| FANG Luo | PSS2A-13 |
| FISHER J.G. | SS28-5, SS28-9, PG10B-3 |
| FRIMPONG Braakowaa | PG8A-2 |
| FUJII I. | SS28-2 |
| GAO Binghuan | G3A-7 |
| GAO Jie | SS28-5 |
| GAUR Ashish | SS9-2 |
| GELIJA Devarajulu | PG6B-9 |
| GWAK Namyoung | PG4B-3, PSS20B-1 |
| HA Jong Seok | PG1A-18 |
| HA Son | G10B-5 |
| HAM Su Been | PG3A-21 |
| HAN Hyobin | PSS9B-1 |
| HAN Jaeho | PG1A-11 |
| HAN Jeong Woo | G2A-7, G2B-4, G2B-5, G2B-11, G2C-13, PG2A-22 |
| HAN Jeong-Yeol | S3-1 |
| HAN Jihoon | PG8B-6 |
| HAN Joo Hyeong | PG4B-2 |
| HAN Joo-Young | PG2A-54 |
| HAN Ju | PG1A-35, PG4A-8 |
| HAN Myeong U | G1B-8, PG2A-38 |
| HAN Sang Soo | G2C-7 |
| HAN Seo Yeon | PG4A-9 |
| HAN Seungmin | PG10B-29 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| HAN Shuo | PG1A-29 |
| HANANTYO Muhammad | PG2A-58 |
| HARDING Joseph | PG10B-7 |
| HASSAN Hamid | PSS27B-1 |
| HASSAN Nafees | PG3A-1, PG3A-10 |
| HASSAN Tufail | PSS10B-2 |
| HEO Boyou | PG5A-5 |
| HEO Jaeyeong | PG1A-42, PG1B-23, PG1B-25 |
| HEO Su Jeong | PG2B-1 |
| HER Sung Min | PG1A-36 |
| HIROYUKI Inoue | G6-6 |
| HONG Jung-Wuk | PSS2B-1 |
| HONG Min Yong | PG5A-1 |
| HONG Min-Ho | PG5A-15 |
| HONG Seokju | PG3A-55 |
| HONG Seok-Min | PG2B-13 |
| HONG Seong-Hyeon | PG2A-66 |
| HONG Woo Tae | PG4B-14, PG4B-16 |
| HONG Yu Taek | PG2A-9 |
| HUANG Wenyan | PG9B-3 |
| HUR Namwook | PG8A-6 |
| HWANG Ee Taek | PG5B-6, PG5B-7, PG5B-8 |
| HWANG HaeJin | PG2A-73, PG2A-86, PG2A-94, PG10A-19, PG10A-20, PSS9B-2 |
| HWANG Insung | G7-3 |
| HWANG Jaejin | G10B-4 |
| HWANG Jeong Yun | PG1A-43, PG2A-5 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| HWANG Jin Uk | PG7B-5 |
| HWANG Seong-Ju | G2B-12, PG4A-30 |
| HWANG Si-Yeon | PG3A-56 |
| HWANG Sungwon | PG10B-6 |
| HWANG Yu Na | PG10A-41 |
| IM Kyuhyuk | PSS15B-2, PSS15B-3 |
| IM Won Bin | PG2A-6, PG4A-20, PG4B-2 |
| IM Yoo Sang | PG1B-22 |
| ISLAM Md Shoriful | G2B-1, PG2A-58, PG2B-12 |
| JAHANDAR Muhammad | SS2-8 |
| JANG Hanhwi | G8-4, PG8A-2 |
| JANG Hee Yoon | SS3B-2 |
| JANG Ho Seong | PG4A-3 |
| JANG Ho Won | PG2A-48, PG2A-49 |
| JANG Hye Seong | PG3A-16 |
| JANG Kyung-In | PG4A-15 |
| JANG Myeong Gon | G2C-13 |
| JANG Se Hyuk | PG4A-20 |
| JANG Su Yeon | PG8B-11 |
| JANG Yeongeun | PG3A-18 |
| JE Yeonjin | PG1A-6 |
| JEON Byoung Seung | PG5A-1, PG5A-14 |
| JEON Dong Won | PG8B-11 |
| JEON Eunyoung | PG5B-18 |
| JEON Hayun | SS9-1, SS9-3 |
| JEON Hyo Won | PG5B-7 |
| JEON Jwa Bin | PG1A-40 |
| JEON Seokwoo | G4-12, PG1A-38, PG4B-1, PG10B-7, PSS2B-1 |
| JEON Seung Hwan | PG1A-13 |
| JEONG Bora | SS11-5 |
| JEONG Chang Kyu | PG1A-13 |
| JEONG Cheol | PG3A-29 |
| JEONG Da-Woon | G3C-6 |
| JEONG Da-Woon | G2C-8, PG10A-19, PG10A-20, PSS9B-2 |
| JEONG Goung Hwa | PSS9A-2 |
| JEONG Han | G4-9 |
| JEONG Hui Yong | PG4A-13 |
| JEONG Jae Il | PG6A-4 |
| JEONG Jiwon | S2-2 |
| JEONG Muhyeok | PG2A-56 |
| JEONG Seong-Min | PG1A-26, PG1A-27, PG1B-13 |
| JEONG Seunghwan | PSS10B-1 |
| JEONG Si Hoon | PG4A-24 |
| JEONG Suhyeon | PSS15B-2, PSS15B-3 |
| JEONG Woojin | G10B-10 |
| JEONG Wooyoung | PG10B-14 |
| JEONG Young-Keun | PG7B-5 |
| JEONG Yu Hong | PG10A-13, SS27-1 |
| JI Seunghueon | G1B-12 |
| JIN Hyungyu | G2B-4 |
| JIN Seo Hyuk | PG1B-22 |
| JIN Xiaoyan | G2B-12, PG4A-30 |
| JO Junho | PG2A-43 |
| JO Kang Seok | PG5A-8 |
| JO Kyeong Su | PG1A-36 |
| JO Kyubong | PG5A-20 |
| JO Wook | PG1A-8 |
| JU Jae-Hong | PG1A-30 |
| JU Sang Jun | PG6A-4 |
| JUN Hyunwoo | G2B-5 |
| JUNAID Syed Bilal | SS28-5 |
| JUNE Hyeokjoon | G2B-4 |
| JUNG Chanwon | G8-1 |
| JUNG Dongmyung | PG8A-7 |
| JUNG Han Hee | PG4A-15 |
| JUNG Ho Sang | PG5A-5, PG5A-7, PG5A-8 |
| JUNG Hyun Suk | PG2B-3 |
| JUNG Jae Yong | PG4B-14, PG4B-16 |
| JUNG Jihun | PG6A-6 |
| JUNG Jong Hoon | PSS14A-1 |
| JUNG Seo In | PSS4A-1 |
| JUNG Sung-kyun | PG10A-14 |
| JUNG Woochul | G2A-9, G2A-12, G2C-13, PG2A-7, PG2A-6 |
| JUNG Ye Seul | PG4A-9, PG4A-10 |
| KA Juhan | PG3A-5 |
| KAMAL Warshi Mohammed | PSS4A-2 |
| KANG Byungwook | PG10A-38 |
| KANG Chong-Yun | G1A-10 |
| KANG Eun Bin | PG4B-19 |
| KANG Jin Ho | PG5A-2 |
| KANG Junhee | PG10B-15 |
| KANG Kisuk | G10A-3, G10A-10, G10B-3, PG2B-20, PG10A-22, PG10A-26, PG10A-32, |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| | PG10A-38, PG10B-20, PG10B-24, PG10B-28, PG10B-30 |
| KANG Kwang Choong | PG6A-4 |
| KANG Kwang-Mo | PSS2A-17 |
| KANG Minji | PSS2B-2 |
| KANG Sung Hyun | PG2A-57 |
| KANG Sungmin | G2A-1 |
| KANG Tae Wook | SS9-8, PG2A-93 |
| KAPADNIS Pratik | PG2A-73 |
| KATI Raju | PG3A-10 |
| KATSUKI Hiroaki | PG9B-3 |
| KEDIR Adem Jemal | SS11-12 |
| KEVINNUL Djohar Edwardus | SS2-8 |
| KHANAL G. P. | SS28-2 |
| KHOT Sagar | PG8A-7 |
| KI Ho Jae | PG1B-25 |
| KIM Beomsu | PG10B-15 |
| KIM Bum Sung | G2C-8, PG10A-19, PG10A-20, PSS9B-2 |
| KIM Byeong Kon | PG1A-45 |
| KIM Byoung-soo | PSS15A-4 |
| KIM Byung-Hyun | SS16-6 |
| KIM Chaehyun | PSS15A-6, PSS15A-7, PSS15A-8, PSS15A-13, PSS15A-14, PSS15A-15 |
| KIM Chaejeong | PG10B-14 |
| KIM Chan Gyu | PG2A-9 |
| KIM Chang-Min | PG1A-27, PG1B-13 |
| KIM Da Seul | PG2A-20 |
| KIM Dain | PG5B-6 |
| KIM Dohyun | PSS4B-5 |
| KIM Dong hun | PG1A-1, PG1A-9, PSS2A-17 |
| KIM Dongho | G10B-4 |
| KIM Dongwon | PG3A-55 |
| KIM DongWon | G3C-5 |
| KIM Dongyeon | PG2A-41 |
| KIM Doyeub | PG2A-31 |
| KIM Eun-Jeong | G3C-5 |
| KIM Eunjeung | PG1A-6 |
| KIM Gwangmok | SS11-12 |
| KIM Gwanho | PG2A-91, PSS10A-1 |
| KIM Gyuwon | PG1B-8 |
| KIM Ha-Neul | PG3A-21 |
| KIM Han-Ki | PSS2A-13, PSS2A-14 |
| KIM Hee Jin | PSS4A-1 |
| KIM Heesu | PG2A-23 |
| KIM Hong-Dae | SS11-5 |
| KIM Ho-Sung | PG2A-58, PG2B-12 |
| KIM Hye Young | PG2A-71 |
| KIM Hyeong-Jun | PG6A-6 |
| KIM Hyeongtae | PG1A-6 |
| KIM Hyeonjin | PG1A-28 |
| KIM Hye-sung | PG2A-6 |
| KIM Hye-Won | PG2A-47 |
| KIM Hyo Rin | PG2A-71 |
| KIM Hyokyeong | PG3A-32, PG3A-34, PG3A-36, PG3A-37 |
| KIM Hyuk-Joon | PG10A-22, PG10B-30 |
| KIM Hyun Young | PG2A-86 |
| KIM Hyungjun | PG5B-15 |
| KIM Hyunseung | PG1A-13 |
| KIM Hyunseung | G2A-9, G2A-12 |
| KIM Hyunsik | PG3A-5 |
| KIM Ill Won | PSS14A-2, PSS14A-3 |
| KIM Insoo | PG6B-7 |
| KIM Jaeik | PSS9A-3, S2-6 |
| KIM Jeongwon | PG3A-24, PG3A-25 |
| KIM Ji Yeon | PG4A-9, PG4A-10, PG6A-3 |
| KIM Jinrye | PG3A-54 |
| KIM Jinsoo | PG10A-14 |
| KIM Jinwook | PG2A-7 |
| KIM Jisu | PG10B-13 |
| KIM Jiwon | PG2A-99, PSS14A-2 |
| KIM Jiwoon | S2-6 |
| KIM Jiwoong | PG3A-32, PG3A-34, PG3A-36, PG3A-37 |
| KIM Jong Min | G2C-7, PG2B-23, PSS9A-1 |
| KIM Jongsoon | G10A-5, G10A-9 |
| KIMJong-Young | PG2A-56 |
| KIM Joo-eon | PG2A-94 |
| KIM Joohyeon | PG5B-15 |
| KIM Joon Young | PSS9A-2 |
| KIM Jung Hyun | PG2A-1, PG2A-2, PG2A-3, PG2A-9 |
| KIMJung-Soo | G1A-5 |
| KIM Junhyung | PG10A-26 |
| KIM JunSeong | PG10A-1 |
| KIM Keon Woo | PG5B-6 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| KIM Ki Chul | PG2A-52 |
| KIM Kihun | PSS12B-1 |
| KIM Kihwan | G8-1 |
| KIM Kwang Hyun | G10A-8 |
| KIM Kyoungoh | G10B-3 |
| KIM Kyung Pil | PG10A-18 |
| KIM Kyungwon | PG7B-5 |
| KIM Mi-Ju | PG3A-21 |
| KIM Min jae | G1B-4 |
| KIM Min Joo | PG10A-12 |
| KIM Min Ju | PG10A-13, SS27-1 |
| KIM Min Young | PG4A-25 |
| KIM Minjun | PG2B-11 |
| KIM Minsung | PSS9A-3, S2-6 |
| KIM Minwoo | G1A-10 |
| KIM Minwook | G3B-8 |
| KIM Moon-Ju | PG5B-1, PG5B-2, PG5B-3 |
| KIM Nayoung | PG1A-28 |
| KIM Patrick Joohyun | G10A-1, G10A-8, G10B-10, PG10A-43 |
| KIM Sang Heon | PG1A-35 |
| KIM Sang hoon | PG1A-1 |
| KIM Sang Hoon | G2C-7 |
| KIM Sanghun | PG1A-9 |
| KIM Sang-Joon | SS17-3 |
| KIM Se-Ho | G6-4 |
| KIM Seo Yong | PG2A-93 |
| KIM Seokhwan | PG4A-16 |
| KIM Seongchan | G1A-3, PG4B-3, PSS20B-1 |
| KIM Seon-jin | G6-8 |
| KIM Seo-yoon | PSS15A-4 |
| KIM Seung Ju | G1B-4 |
| KIM Seung-Joo | PG10A-1 |
| KIM Seungmin | PG3A-16 |
| KIM Siwon | PG10B-15 |
| KIM Soo Young | G1B-12 |
| KIM Soo-Hyun | PG2A-70 |
| KIM Sun Woog | SS9-8, PG2A-93 |
| KIM Sung kyu | G1B-4 |
| KIM Sunghyun | PSS15B-2, PSS15B-3 |
| KIM Sung-Un | PG1A-29, PG1A-30, PG1A-32 |
| KIM Sunkook | PG1A-2 |
| KIM Suyeon | PG5B-18 |
| KIM Tae Heon | PSS14A-2 |
| KIM Tae Woo | PG2A-6, PG2A-47, PG10B-25, PSS9B-1 |
| KIM Taehoon | PG3B-9 |
| KIM Tae-Hun | G5-8, PG5B-1 |
| KIM Tae-hyung | SS11-5 |
| KIM Woo Sik | PG7B-5 |
| KIM Woojin | PG3A-24, PG3A-25 |
| KIM Woojoong | PG2A-91, PSS10A-1 |
| KIM Woongchan | PG8B-10 |
| KIM Woojun | PG3A-54 |
| KIM Ye Seul | PG5A-2 |
| KIM Yechan | PG8A-6 |
| KIM Yejin | PG5B-15 |
| KIM Yeonjoo | PG4B-13 |
| KIM Yeon-Joo | PSS17A-3 |
| KIM Yong Tae | PG1A-42 |
| KIM Yong-Ho | PG1A-30 |
| KIM Yongsun | PG3A-39 |
| KIM Yosep | PG3A-24, PG3A-25 |
| KIM Young Ran | PG5A-2 |
| KIM Youngho | PG8B-3 |
| KIM Youngjae | PG2B-14 |
| KIM Youngseo | PG3A-55, SS26-5 |
| KIM Youngsin | PG10A-22, PG10B-30 |
| KIM Youngsu | G10A-10 |
| KIM Yunchul | PG5A-20 |
| KIM Yunkyung | PG2A-22 |
| KIM Yunseok | PG8B-4 |
| KO Do hyun | PG1A-1 |
| KO Dohyun | PG1A-9, PSS2A-17 |
| KO Gwan Yeong | PG5B-8 |
| KO Jae-Hyeon | SS28-5 |
| KO Jae-Woong | PG3A-21 |
| KO Sung kyoon | PG2A-56 |
| KOBLAR Maja | SS28-5 |
| KOMARNENI Sridhar | PG9B-3 |
| KONG Hyein | PG4B-3 |
| KOO Bon Heun | SS27-2, PSS27B-2 |
| KOO Bonjae | G2B-7 |
| KOO Chong Min | PSS10A-3, PSS10A-4, PSS10A-5, PSS10B-1 |
| KOO Ga Yeong | PG1A-43 |
| KOO SangMo | PG1A-40 |
| KU Bonyoung | G10A-9 |
| KUMAR Akshay | SS27-2, PSS27B-2 |
| KUMARI Kavita | SS27-2, PSS27B-2 |
| KWAK Gyeong-Won | PSS17A-2 |
| KWAK Hangil | PG1A-6 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| KWAK Jeongho | PG4A-15 |
| KWAK San | G1A-5 |
| KWAK Won-Jin | PG10B-29 |
| KWEON Hyunji | G10A-5 |
| KWON Do-kyun | G1B-8, PG1A-18, PG2A-38 |
| KWON Jaesub | PG10A-10 |
| KWON Jae-Sung | PG5A-15 |
| KWON Jaewon | PG4A-8 |
| KWON Kihwan | G10A-1 |
| KWON Mi Ji | PG1A-4 |
| KWON Nam Hee | PG4A-30 |
| KWON NaYeon | G1B-8, PG1A-18 |
| KWON Sang-June | PSS2B-3, PSS2B-4 |
| KWON Se-Hun | PG1A-27 |
| KWON Soon-Il | PG4A-4 |
| KWON Sungjoo | PG1A-38 |
| KWON Yongbum | G2C-8, PG10A-19, PG10A-20 |
| KWON Yongwoo | PG8A-6, PG8A-7, PG8A-8, PG8A-10 |
| KYUNG Sooah | PG3A-36 |
| LAURIANO Paloma | G6-7 |
| LE Thao Thi | G2C-7 |
| LEE Albert S. | PSS9A-1 |
| LEE Byoungsang | PG5A-20 |
| LEE Byungju | PG8B-1 |
| LEE Chang Hwa | PG2B-13 |
| LEE Changyeop | SS11-5 |
| LEE Chan-Woo | PG8A-13 |
| LEE Chan-Yang | PG5A-14 |
| LEE Cheul-Ro | PG1A-29, PG1A-30 PG1A-32 |
| LEE Chul-Lee | PG3A-29, PG3A-51 |
| LEE Da-young | PG10A-1, PG2A-89 |
| LEE Dong-Gyu | G1A-10 |
| LEE Donghee | PSS17A-3 |
| LEE Dongju | SS22-3 |
| LEE Dongkyu | G2B-4 |
| LEE Dongsoo | PG10A-43 |
| LEE Eunbyoul | S2-2 |
| LEE Eungjae | PG2A-66 |
| LEE Eunseo | SS9-3 |
| LEE Ga Eun | PG2A-21 |
| LEE Ganggu | G7-3 |
| LEE Ga-Yeon | G5-5 |
| LEE Geun-Soo | G1A-5 |
| LEE Gyeong-Lim | PG3A-51 |
| LEE Hajin | PG2A-96 |
| LEE Han Uk | PG8B-11 |
| LEE Heejun | PG3A-24, PG3A-25 |
| LEE Heesoo | SS11-5, PG3A-5 |
| LEE Hong Sub | G1B-4, G1B-6 |
| LEE Huiyeong | PG6B-7 |
| LEE Hwanwook | PG8A-10 |
| LEE Hye Sun | PG5A-1 |
| LEE Hye-One | G2C-13 |
| LEE Hyeongyu | PG10B-2 |
| LEE Hyun A | SS1-9 |
| LEE Hyungjun | G7-3, S2-6 |
| LEE Hyun-Jae | PG8B-1 |
| LEE Hyunjong | PG4A-15 |
| LEE Hyun-Kwuon | G3B-8 |
| LEE Hyun-Woo | G2C-8, PG10A-19, PG10A-20 |
| LEE Jaegeun | PG10A-41 |
| LEE Jaehwa | PG3A-5 |
| LEE Jaekwang | G10B-4 |
| LEE Jae-Wook | PG3A-21 |
| LEE Jaichan | PSS12B-1 |
| LEE Jeong Ho | PG2A-15 |
| LEE Jeong Min | PG2A-57 |
| LEE Jihoe | G10A-9 |
| LEE Ji-Hwoan | G3A-1 |
| LEE Jiin | PG10B-1 |
| LEE Jin Hyung | PG5A-1 |
| LEE Jin Sook | SS1-9 |
| LEE Jinwoo | G2B-5 |
| LEE Jinwoo | PG2A-42 |
| LEE Jinyoung | SS9-1 |
| LEE Jisun | PG2A-89 |
| LEE Jiyu | PG5A-13, PG5A-16 |
| LEE Jonghwan | PSS15B-2, PSS15B-3 |
| LEE Jong-Sook | SS28-5, SS28-9, PG10B-3 |
| LEE Jong-Won | PG10B-13, PG10B-14, PG10B-15 |
| LEE Joonbong | PG1A-25, PG1A-37 |
| LEE Joonseok | PG5B-18 |
| LEE Ju Hun | PG5B-10 |
| LEE Ju Young | PG5A-13 |
| LEE juho | PG10A-14 |
| LEE Ju-Hyeon | PG1A-8 |
| LEE Juhyun | PG10B-29 |
| LEE Jun Su | PG2A-76 |
| LEE Jung Heon | PG5A-20, PG6A-6 |
| LEE Jung Woo | PG10A-18 |
| LEE Jung Woo | PG2A-18 |
| LEE Jungwoo | PG10B-29 |
| LEE Jung-Woo | G8-5, PSS14A-1 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| LEE Junseong | SS28-5 |
| LEE JunWoo | PG1A-40 |
| LEE Kang Taek | PG2A-31, PG2A-41 |
| LEE Kangchun | PG3A-55 |
| LEEKangtaek | G2A-9 |
| LEE Kyeong Min | PG6A-4 |
| LEE Kyoung Eun | PG10A-10 |
| LEE Kyu Hyoung | PG1A-43, PG2A-5, PG2A-15, PG4A-17, PG4A-24 |
| LEE Mi Hye | G3C-6 |
| LEE Mi Hye | PSS9B-2 |
| LEE Minjeong | PG3A-18, PG3A-9 |
| LEE Min-Seok | PG1A-32 |
| LEE Myeung-jin | SS11-5 |
| LEE Sang Min | PG5B-10 |
| LEE Sang Won | PG2B-21 |
| LEE Sang Won | PG1B-23 |
| LEE Sanghaw | PG2A-94 |
| LEE Sanghoon | G4-9 |
| LEE Sangwoo | PG1A-37 |
| LEE Sangwook | G1A-9 |
| LEE Sang-Wook | PG1A-29 |
| LEE Se Woong | PG2A-7 |
| LEE Sea-Hoon | G3A-1 |
| LEE Seok Hee | PG2A-99, PG2B-21 |
| LEE Seonghwa | PG3A-18 |
| LEE Seoung-Ki | SS3B-2 |
| LEE Seung Yong | PG2A-15, PG4A-24 |
| LEE Seungho | PG10A-43 |
| LEE Seung-Hwan | PG10A-19, PG10A-20 |
| LEE Seungwoo | G7-3, S2-6 |
| LEE Soonil | PG1A-26 |
| LEE Sumin | PG3A-39 |
| LEE Tae hoon | PG8A-14 |
| LEE Taehee | PSS2B-1 |
| LEE Won-Jae | PG1A-27, PG1B-13 |
| LEE WonJun | G2A-7 |
| LEE Won-Kyu | PG8A-8 |
| LEE Yoojin | G2B-11 |
| LEE Young Ran | PG5A-1 |
| LEEYoungsu | PG10A-10, PG10A-11 |
| LEE Younki | PG2A-71 |
| LEE Yu Min | G1B-4, G1B-6 |
| LEE Yun Sang | PG1A-11 |
| LEE Yunho | PG10B-25 |
| LEE Yunseo | PG4A-11, PG4B-3 |
| LESTARI Windy Ayu | PG1A-46 |
| LI Fei | SS28-1 |
| LI Guorong | SS28-6 |
| LI Ju | G10B-1 |
| LI Oi Lun Helena | G2B-6, SS19-2, PG2B-14, PG3B-7 |
| LI Yangyang | G3A-7 |
| LIM Byeong Min | G1B-4, G1B-6 |
| LIM Geonwoo | PG2B-17 |
| LIM Hanyi | PG2A-47 |
| LIM Hyo-Jin | PSS4B-6 |
| LIMHyung-Tae | SS27-1, PG2A-43, PG2A-76, PG2A-92, PG2B-21, PG10A-12, PG10A-13 |
| LIM Ignatius Y | SS1-5 |
| LIM Jiyeon | PG10B-7 |
| LIM Jong-Heon | PG10A-10 |
| LIM Jun Pyo | PG4A-3 |
| LIM Sang Myun | PSS14A-1 |
| LIM Taek Su | PG5A-6, PG5B-2, PG5B-4 |
| LIM Yu Ri | PG2A-1 |
| LUO Haosu | SS28-4 |
| LUO Junmei | PG2B-14 |
| MA Ho Jin | PG3A-21 |
| MAN Zhenyong | SS28-6 |
| MHIN Sungwook | SS9-1, SS9-3 |
| MIN Choi Seung | PG1B-22 |
| MIN Park Yong | PG4B-2 |
| MIN Seokhwan | PSS2B-1 |
| MIN Yuho | PG4A-13, PG4A-16 |
| MINH Ngo Nhat | PG10B-21 |
| MINH Nguyen Hai | PG10B-21 |
| MITA Misael Ali | PG2B-20 |
| MITCHELL Robert J. | PG5A-11 |
| MOHAMMEDKAM AL Warshi | PSS4A-4 |
| MOK Jungwi | SS28-5 |
| MOON Dae Jun | PSS9A-2 |
| MOON Jintae | PG8B-4 |
| MOON Jinuk | G2B-5 |
| MOON Kyoung-Seok | G3C-5, PG3A-29, PG3A-51, PG3A-56 |
| MOON Seunghwan | G3B-8 |
| MOON Youngmin | PG2A-23 |
| MORITA Koji | G3A-1 |
| MULARSO Kelvian T. | PG2B-2 |
| MYEONG Seungcheol | G7-3, S2-6 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| MYUNG Jae-ha | PG2A-90 |
| MYUNG Yoon | PG4B-13 |
| NA Chan Woong | PG4B-13 |
| NA Jina | PG4B-3, PSS20B-1 |
| NAH Yoon-Chae | PSS2A-17 |
| NAHM Sahn | G1A-5, G1A-10 |
| NAM Deukhyeon | PG4B-13 |
| NAM H. | SS28-2 |
| NAM Yujin | PG4B-1 |
| NAMGUNG Yeon | PG2A-39, PG2A-58, PG2B-12 |
| NAQVI Shabbir Madad | PSS10A-5 |
| NASIR Mohammad | PSS4A-1, PSS4A-6 |
| NOH Chanyoung | PG5A-20 |
| NOH Joohyeon | G10A-3, PG10A-22 |
| NOH Juhwan | SS16-3 |
| NOUSHAD Hussain | PSS10A-3 |
| OESTERLUND Lars | G2C-12 |
| OH Deok-Kun | PG5A-14 |
| OH DongHwan | G2C-13, PG2A-7 |
| OH Jeong-Kyun | PG1A-29, PG1A-30, PG1A-32 |
| OH Ji Hye | PG2A-91, PSS10A-1 |
| OHJongMin | PG1A-40 |
| OHKyungHo | G2A-1, G2A-2 |
| OH Nuri | G1A-3, PG4A-11, PG4B-3, PSS20B-1 |
| OH Se hyun | PG1A-1 |
| OH Seeun | PG2A-41 |
| OH Sehyun | PG1A-9, PSS2A-17 |
| OH Seyoung | PG6A-4 |
| OH Soong Ju | PG4A-3 |
| OH Taekeon | PG10B-1 |
| OH Min-Wook | G8-4, PG8A-2 |
| PAEK SaeYane | PSS9A-1 |
| PAIK Ungyu | G7-3, PSS9A-3 |
| PANG Changhyun | PG1A-13 |
| PARK Hyo-Jung | PG5A-14 |
| PARK Jin-Byung | PG5A-14 |
| PARK Bo Keun | S1-2 |
| PARK Chan | PG5A-2 |
| PARK Chanjin | PSS9A-3 |
| PARK Chanwoo | PG10B-3 |
| PARK Cheolmin | SS10B-6, PG2A-91, PSS10A-1 |
| PARK Dong Jae | PG2A-61 |
| PARK Ha Kyung | G8-1 |
| PARK Hee Jung | PSS4A-1, PSS4A-4 |
| PARK Heesun | PSS15B-2, PSS15B-3 |
| PARK Hongjo | PG5B-7 |
| PARK Hongjun | PSS9A-3 |
| PARK Hyo Jung | PG5A-1 |
| PARKHyunMin | PG2A-15 |
| PARK Inchul | SS16-8 |
| PARK Jae-Hyeon | PG1A-27, PG1B-13 |
| PARK Jang-Ung | G4-9, PSS15A-4 |
| PARK Jeong Hwa | PG2A-31 |
| PARK Jeong Yun | PG2A-2, PG2A-3 |
| PARK Jeong-Vin | PG10B-13 |
| PARK Ji Yong | G10B-5 |
| PARK Ji Young | PG1A-17 |
| PARK jihye | G1C-2 |
| PARK Jimin | G10B-6 |
| PARK Jin Young | PG4B-14, PG4B-16 |
| PARK Jin-Seo | PG1A-29 |
| PARK Jong Hwan | PG10A-18 |
| PARK Jonghun | PG10B-24 |
| PARK Joonhyeok | S2-6, PSS9A-3 |
| PARK Jun Ho | PG2A-92 |
| PARK Jun Hong | G1A-2, G1A-3 |
| PARK Jun Seo | PSS4A-1 |
| PARK Jung In | PG8A-10 |
| PARK Junghyun | PG2A-39, PG2A-58, PG2B-12 |
| PARK Junhong | PG1A-4, PG1A-6 |
| PARK Kee-Ryung | G2C-8, G3C-6, PG10A-19, PG10A-20, PSS9B-2 |
| PARK Ki Hyun | G2C-11 |
| PARK Kwan Sik | PG1A-35, PG1A-36, PG1A-45, PG6A-3 |
| PARK Kyu-Young | PG10A-10, PG10A-11 |
| PARK Sangbaek | PG2A-23, PG10B-21 |
| PARKSangJeong | PG2A-15 |
| PARK SangUn | G1B-8 |
| PARK Saron | PG2A-39, PG2A-96 |
| PARK Seohyun | PG2B-14 |
| PARK Seokmin | PG2A-44 |
| PARK Seonhwa | PG4A-13, PG4A-16 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| PARK Seyoung | SS9-3 |
| PARK Sieun | PG2A-23, PG2B-3 |
| PARK So Yeon | PG2A-53 |
| PARK Sojeong | PG1A-47 |
| PARK Sujeong | SS27-2 |
| PARK Sujin | G3A-7 |
| PARK Sungjin | PG6B-7 |
| PARK Woon Ik | PG4B-19 |
| PARK Young Sang | PSS9A-1 |
| PARKYoung-Jo | PG3A-21 |
| PARKIN Stuart S. P. | G10A-2 |
| PAWARPravinS. | PG1B-23 |
| PESTARIA SINAGA | PG2A-70 |
| PHAM Thuy Linh | G2B-2 |
| PHUNG Nhat-Minh | PG1A-26 |
| PI Ji hee | PG1A-43, PG2A-5 |
| PINAR Colkesen | SS6-8 |
| PLASSIDIUS Chengula | PG2B-6 |
| PRASAD Aryal Krishna | PSS2B-3, PSS2B-4 |
| PYUN Jae-Chul | G4-7, G5-8, PG4A-4, PG5A-6, PG5B-1, PG5B-2, PG5B-3, PG5B-4, PG5B-5 |
| RA Yong-Ho | PG1A-29, PG1A-30, PG1A-32 |
| RACHMAN Ihsan Budi | G2B-1, PG2A-58, PG2B-12 |
| RAMKUMAR Rahul | PG2A-18 |
| RAJU Kati | G3B-8 |
| REHMAN Saeed Ur | SS13B-2 |
| RENCHINDORJ odnyam | SS27-7 |
| RIU DohHyung | PG3A-54 |
| ROH Seungwoo | G2A-9 |
| RYU Dae Haa | PG1A-25, PG1A-37 |
| RYU Gyeong Hee | PG3A-9, PG3A-18, PG3A-16 |
| RYU Ho Jin | PG2A-41 |
| RYU Jeong-Hyun | PG5A-15 |
| RYU Myeungwoo | G7-3 |
| RYU Yeeun | PG3A-43 |
| SALOKA Santosa Ade Satria | SS2-8 |
| SAMANTA Tuhin | G4-13 |
| SANG Byoung-In | PG5A-14 |
| SAPKOTA P. | SS28-2 |
| SAXENA Shivang | SS27-2 |
| SEN Anamika | PG1A-2 |
| SEO Dongseong | PSS15A-6, PSS15A-7, PSS15A-8, PSS15A-13, PSS15A-14, PSS15A-15 |
| SEO Han Gil | G2A-12 |
| SEO Hwakyoung | G2C-13 |
| SEO Hyo Jeong | PG5A-7 |
| SEO Hyun Young | PG6A-4 |
| SEO Jae-woo | PSS4A-5, PSS17A-2, PSS17A-4 |
| SEO Jaeyoung | PG4B-3, PSS20B-1 |
| SEO Jun | PSS4A-1 |
| SEO Wondeok | PG6A-4 |
| SEO Yuri | PG10B-2 |
| SEOL Myeng Jin | G1B-12 |
| SEONG BoSeok | PG2A-50 |
| SEONG Gi-Ryeo | PG1A-26 |
| SHARMA Mohit K. | SS27-2, PSS27B-2 |
| SHASHO Yonas | SS27-9 |
| SHEERAZ Muhammad | PSS14A-2, PSS14A-3 |
| SHEN Wenhu | PG4A-10 |
| SHI Xue | SS28-6 |
| SHI Ying | SS28-6 |
| SHIMJoonHyung | G2A-1, G2A-2 |
| SHIM Soobin | G1A-3 |
| SHIM Wooyoung | PG1B-8, PG2A-44, PG2A-56, PG2B-11, PG2B-17, PG3B-9, PG8B-6 |
| SHIN Dongyup | G2C-7 |
| SHIN Hong Rim | PG10B-15 |
| SHIN HyeongSik | PG2A-46 |
| SHIN Ji Won | PG2B-22 |
| SHIN Jonghwa | PSS2B-1 |
| SHIN Jun Yeong | PG2A-52 |
| SHIN Keesam | SS27-5, SS27-7 |
| SHIN Se-Bee | PG1A-32 |
| SHIN Sejong | PG2A-96 |
| SHIN Seoyoon | PG2A-61, PG2A-99 |
| SHIN Seung Yong | PG4A-3 |
| SHIN Seungki | PG4A-11, PG4B-3, PSS20B-1 |
| SHIN Tae Ho | PG2A-61, PG2A-71, PG2B-21 |
| SHIN Weon Ho | PG1A-40, PG2A-52, PG2A-53, PG2A-54, PG2A-57 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| SHIN Yun-Ji | PG1A-26, PG1A-27, PG1B-13 |
| SIM Su-Hyeon | SS28-5 |
| SIM U | PSS9A-2 |
| SIM Yelyn | G2C-11 |
| SO ByoungJin | PG2B-13 |
| SO Younghee | SS9-1 |
| SON Hayoung | PG3A-32, PG3A-37 |
| SONHyunhwa | SS1-9 |
| SONSoogyeong | PG10B-12 |
| SONG Gyojun | PSS2B-2 |
| SONG Hyun-Cheol | G1A-10 |
| SONG Seung-Wan | PG10B-1, PG10B-2 |
| SONG Sun-Ju | G2B-1, PG2A-58, PG2A-39, PG2A-96, PG2B-12 |
| SONG Tae Kwon | PG1A-11 |
| SONG Tae Yeong | G1B-8, PG1A-18, PG2A-38 |
| SONG Taeseup | G7-3, G10A-1, S2-6, PG10B-29, PSS9A-3 |
| SONG Yoseb | G2C-8, G3C-6, PG10A-19, PG10A-20, PSS9B-2 |
| SONG Young Il | PG10A-18 |
| SONG Zhiquan | G4-7, G5-8, PG4A-4, PG5A-6, PG5B-5 |
| SONH Sung Ho | SS22-3 |
| SREEVANYA G V | PSS2A-14 |
| SRIBORIBOON Panithan | PG8B-4 |
| STANLEY Abbey | G8-4, PG8A-2 |
| SUH Joonki | PG8A-6 |
| SUN Dong Hoon | G2B-12 |
| SUN Jooheon | PSS9A-3 |
| SUN Ju-Hyeong | PG1A-27 PG1B-13 |
| SUNDHARBAABU Priyannth Ramasami | PG5A-20 |
| SUNG Daekyung | PSS15A-6, PSS15A-7, PSS15A-8, PSS15A-13, PSS15A-14, PSS15A-15 |
| SUNG Jaemin | G3C-6, PSS9B-2 |
| SUNG Jeong Soo | PG5B-3, PG5B-4 |
| SUNG Kim Bum | G3C-6 |
| SURENDRAN Subramani | PSS9A-2 |
| TAK Woo-seong | PG7B-5 |
| TENGA WD | SS1-5 |
| THAHEEM Imdadullah | PG2A-31 |
| THANH Tran Thi | SS27-9 |
| TING CH | SS1-5 |
| TRAN Huyen Tran | SS28-5 |
| TRAN Tran Thi Huyen | G2B-2 PG10B-8 |
| TRAN Yen Hai Thi | PG10B-1, PG10B-2 |
| TRUNG Doan Thanh | PG10B-3 |
| TSIGE A. | SS28-2 |
| TUFAIL Hassan | PSS10A-4 |
| TULLER Harry L. | G2A-12 |
| TURGUN Boynazarov | PG1A-37 |
| UENO S. | SS28-2 |
| ULLAH Amir | PSS14A-3 |
| UM Dae-Young | PG1A-29, PG1A-30, PG1A-32 |
| UWIRAGIYE Eugenie | SS28-5 |
| VEERAMUTHU Vignesh | PG1A-30 |
| WADA Satoshi | SS28-2 |
| WANG Xinger | SS1-7 |
| WANG Z. | SS28-2 |
| Wenji-Jin | PG2A-70 |
| WON Bo-Ram | PG2A-90 |
| WON Daero | PG10A-32 |
| WON Jong In | PG5A-1, PG5A-14 |
| WOO Sung Hyun | PG6A-6 |
| XIE Dongdong | SS1-7 |
| XING Yaolong | G10A-2 |
| YADAV Naveen | SS27-2, PSS27B-2 |
| YANG Hyun Kyoung | PG4B-14, PG4B-16 |
| YANG J. Joshua | G1B-4 |
| YANG Jeonghun | PSS2A-17 |
| YANG Jian | SS1-7 |
| YANG Minkyung | PG6B-7 |
| YANG Seung Jae | G10B-5 |
| YANG Seungmin | PG3A-24 |
| YANG Subi | G10A-8, G10B-10 |
| YE Bora | SS11-5 |
| YEA Junwoo | PG4A-15 |
| YEO Dongjoon | PG4B-3 |
| YEO Junyeob | SS14-1 |
| YEO Tae-Soo | PG1A-8 |
| YEOM Jihun | PG3B-9 |
| YEON Changho | PG8A-13 |
| YEON Namgung | G2B-1 |

| 성 명 | 논 문 번 호 |
|---|---|
| YOO Chan Sik | G1B-4 |
| YOO Kyung-Hyeon | PG5A-13, PG5A-16 |
| YOO Sang-Im | PG2B-20 |
| YOO Seung-Je | PSS4B-5 |
| YOON Gayoung | PG3A-18, PG3A-9 |
| YOON Geon Woo | PG2B-3 |
| YOON Jonghyeok | PG10B-15 |
| YOON Moonsu | G10B-1 |
| YOON Seog-Young | PG1A-28, PG3A-21, PG5A-13, PG5A-16 |
| YOON Yohan | G1A-9 |
| YU Sohyeon | PSS15A-6, PSS15A-7, PSS15A-8, PSS15A-13, PSS15A-14, PSS15A-15 |
| YU Hak Ki | PG8B-3 |
| YU Hyeongmin | G2A-9, PG2A-31 |
| YU Ji Haeng | PG2A-47 |
| YU Jihaeng | PG2A-71 |
| YU Sang Seok | PG2A-61 |
| YU Seungju | G10A-3 |
| YU Wong Jeong | PG2A-6 |
| YUN Jeungjai | G2C-8, PG10A-19, PG10A-20 |
| YUN Jong-hyuk | PG10B-13 |
| YUN Sungdo | PG4B-13 |
| YUN Tae Gyeong | G5-8, PG5B-1, PG5B-2, PG5B-3, PG5B-4 |
| YUN Tae Gyu | G2C-11 |
| YUN Won Seok | PSS14A-3 |
| YUN Young Soo | G10B-5, G10B-6 |
| ZHANG Haibo | SS28-8 |
| ZHANG Shujun | SS28-1 |
| ZHANG Wenjun | G2C-7, PG2B-23 |
| ZHAO Yafei | PSS4A-7 |
| ZHENG Liaoying | SS28-6 |

# 구두발표

## G1A : 전자 세라믹스

### G1A-1 | 카이랄리티 조절을 통한 카이랄 스핀밸브의 상온 MR 증가

황인국[1], *박병국[1]
[1]한국과학기술원

Chirality-induced spin selectivity (CISS) allows for the generation of spin currents without need for ferromagnets or external magnetic fields, enabling innovative spintronic device designs. One example is a chiral spin valve composed of ferromagnetic and chiral materials, in which the resistance depends on both the magnetization direction of the ferromagnet and the chirality of the chiral material. Chiral spin valves so far have predominately employed chiral organic molecules, which have limited device applications. Chiral perovskites, which combine the properties of inorganic perovskites with chiral organic molecules, provide an excellent platform for exploring CISS-based devices. However, previous chiral perovskite-based spin valves exhibited magnetoresistance (MR) only at low temperatures. we report the first demonstration of room-temperature chiral MR in a chiral perovskite-based spin valve composed of chiral perovskites/$AlO_x$/perpendicular ferromagnetic Co structures, in which the chiral perovskites are $(R/S\text{-}MBA)_2PbI_{2.8}Br_{1.2}$. Notably, it was found that the magnitude of chiral MR increases with increasing temperature, indicating that inelastic electron-phonon interaction and associated enhancement of effective SOC are the main mechanism of the CISS effect in our device. Furthermore, we demonstrate a doubling of chiral MR by introducing a chiral organic molecule, 1-(2-naphthyl)ethylamine (NEA), which increases the lattice distortion of inorganic perovskites. Our results offer a promising route for improving the CISS effect and the associated chiral MR through chirality engineering, ultimately leading to the development of chiral spintronic devices.

### G1A-2 | Increased Sensitivity of MXene via Lignin Hybridization for Chemiresistive Sensor

DEVARA I Ketut Gary[1], *PARK Jun Hong[1]
[1]Gyeongsang National University

MXene, a 2D material used in chemical sensors, has been enhanced in sensitivity by lignin hybridization. This process reconfigures the functional groups of MXene, resulting in higher response and good repeatability for target gases with various concentrations at room temperature. The MXene/lignin hybridization sensor showed better sensitivity, higher response, and good repeatability under zero-bias operation. The sensor was also applied on a curved composite substrate to determine its potential for application in curvature objects. The MXene/lignin sensor bent showed a similar response and sensitivity to the value without curved, as exposure to 15 ppm of $NO_{2(g)}$ and $CO_{2(g)}$ gas at room temperature under zero gate bias operation. These chemical responsibilities of hybrid composite sensors were maintained after 50 bending cycles, consistent with mechanical stability. Thus, MXene/lignin could be an attractive candidate sensing material for room temperature and zero bias $NO_{2(g)}$ and $CO_{2(g)}$ gas detection.

### G1A-3 | Mimicking IR visionary system via 0D-2D heterojunction of InAs QD/WSe2 artificial Synapse

SHIM Soobin[1], KIM Seongchan[2], OH Nuri[2], *PARK Jun Hong[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Hanyang University

Emulating visionary and learning/memory function of biological neural system to use 3-terminal transistor is an important technology for effectively controlled in a low power state. In this report, we developed an artificial visionary $WSe_2$ based 3 Terminal FET with QD to emulate of IR sensitive biological synaptic behavior. Quantum dots (QDs) combined with 2D $WSe_2$ to mimicking visionary biological synapse and demonstrate neuromorphic functionalities of the human brain via van-der-Waals (vdW) heterostructure. Compared with existing $WSe_2$, QD/$WSe_2$ heterojunction FET induced better electrical characteristic and sensitivity under the illumination of visible light and infrared light. For mimicking potentiation and depression characteristic of biological synaptic behavior, Surface morphology and Contact potential of $Wse_2$ and QD/$WSe_2$ were analysis by Atomic Force Microscope (AFM) and Kelvin probe force microscope (KPFM), respectively. The bonding structure of 0D-2D heterojunction is confirmed by Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR) and Raman spectroscopy. This 0D-2D heterojunction structure provide a new pathway to emulating IR sensitive visionary neural system to develop IR sensitive visionary neural system, and emerging materials junctions.

### G1A-4 | 2차원 전이금속칼고게나이드를 기반으로 한 2D 이종구조의 형성 및 광전기적 특성 분석

장수희[1], *박원일[1]
[1]한양대학교

2차원 전이금속칼고게나이드(TMDs)를 기반으로 한 이종구조는 물질 간 독특한 상호작용으로 인해 전기 및 광전기적 소자 등 다양한 분야에 활용되고 있다. 그러나 박막 층 분리법을 사용하여

2차원 물질 간의 이종구조를 형성하는 것은 이종구조의 크기, 위치, 층수를 제어하는 데 어려움이 있는 한계가 있다. 본 연구에서는 MOCVD 공법을 활용하여 TMDs의 직접 성장을 통해 동일한 형태의 2D 이종구조를 대면적으로 형성하였다. 또한 그래핀/TMDs 및 TMD/TMD 이종구조의 다양한 구조적 특성, 접합 특성, 물질 간 상호작용 특성을 분석하여 유니크한 특성을 가진 2차원 이종구조의 형성을 확인하였다. SEM(Scanning Electron Microscopy), TEM(Transmission Electron Microscopy), 라만 분석, PL(Photoluminescence) 분석을 통해 형성된 이종구조들이 직접 성장 방법을 사용하여 균일하게 대면적으로 형성되었음을 확인하였다. 더 나아가 다양한 이종구조를 활용하여 광반응 소자를 제작하고 광전기적 특성을 분석하였다. 특히 이종 물질 사이의 표면에 존재하는 차지 트랩 사이트를 활용하여 메모리 소자로의 활용 가능성을 확인했다.

### G1A-5 | Investigation of (1-x)Pb(Zr, Ti)$O_3$-xPb($Zn_{0.4}Ni_{0.6}$)$_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ piezoceramics with R-PC-T multistructure

LEE Geun-Soo[1], KIM Jung-Soo[1], KWAK San[1], *NAHM Sahn[1]
[1]Korea University

The structural and electrical properties of $(1-x)Pb(Zr_{1-z}Ti_z)O_3-xPb(Zn_{0.4}Ni_{0.6})_{1/3}Nb_{2/3}O_3$ [(1-x)P($Z_{1-z}T_z$)-xPZNN] piezoceramics have been systematically investigated to identify compositions exhibiting the rhombohedral-pseudocubic-tetragonal (R-PC-T) multistructure. According to Rietveld refinement, it was found that the pseudocubic (PC) structure observed in the (1-x)P($Z_{1-z}T_z$)-xPZNN piezoceramics is very similar to the Pm3m cubic structure. However, the PC structure cannot be a cubic structure because the (1-x)P($Z_{1-z}T_z$)-xPZNN piezoceramics with the PC structure exhibit ferroelectric and piezoelectric properties. The R-PC-T multistructure was observed in the (1-x)P($Z_{1-z}T_z$)-xPZNN piezoceramics ($0.335 \leq x \leq 0.44$) with different z values and the compositions with the R-PC-T multistructure have been suggested. The piezoceramics with the R-PC-T multistructure typically exhibit excellent piezoelectric properties with a high $T_C$. Particularly, the 0.58P($Z_{0.41}T_{0.59}$)-0.42PZNN piezoceramic (x = 0.42 and z = 0.59) shows the large $d_{33}$ of 825 pC/N, $k_p$ of 0.7 and strain of 0.185 % at 3.0 kV/mm with a high $T_C$ of 240 °C.

### G1A-6 | 계면제어를 통한 배향세라믹 제조 및 압전물성 분석

*박선화[1], 민유호[1]
[1]경북대학교

The utilization of template grain growth (TGG) has been extensively explored to enhance the piezoelectric characteristics by aligning grains of ferroelectric perovskite materials in a specific direction. However, to further optimize these properties, it is crucial to address mechanical stress induced during grain growth and microstructural features. These challenges are often attributed to the compositional difference between the templates and matrix powders during in TGG processes. To address this, our study introduces an approach involving the design of heterostructure templates. These templates incorporate nanoparticles with a composition similar to that of the matrix powders, growing on the surface of templates. The nanoparticles act as a buffer layer between the matrix and the template during the TGG process. To validate this concept, we selected $BaTiO_3$ (BT) and Ba, Mn, Bi-doped (K, Na)$NbO_3$ (KNN) as templates and matrix powders, respectively. A heterostructure template (h-BT) was fabricated by growing 0D dopant-free KNN nanoparticles on the surface of BT via a solvothermal method. Textured h-BT-KNN ceramics were then manufactured using h-BT templates and KNN matrix powders, and their property was compared with that of random KNN and textured BT-KNN ceramics. Although both textured ceramics (h-BT-KNN and BT-KNN) exhibited a high degree of grain orientation, the piezoelectric properties (d33) of textured h-BT-KNN ceramics were notably enhanced, showing an improvement of over ~170% compared to BT-KNN ceramics. In this presentation, we will introduce the heterostructure strategy employed to improve piezoelectric properties.

### G1A-7 | Atomic Layer Deposition of Yttrium Oxide for High Plasma Resistance of 3D Etch Chamber Coatings

전준혁[1,2], 김현미[1], 장성규[1], 김혜영[1,2], 박창섭[3], 이용수[3], 염근영[2], 최재붕[2], *김선길[1], *김슬기[1], *김형근[1]
[1]한국전자기술연구원, [2]성균관대학교, [3](주)코미코

Plasma-based processes are common in semiconductor manufacture, which mainly use reactive gases such as chemically corrosive fluorine and oxygen. The presence of large numbers of high-energy ions and radicals in the plasma can cause reactions with equipment components, resulting in particle contamination. Researching etch chamber coating materials with superior plasma resistance, such as yttrium oxide (Y2O3), is significant for minimizing particle sources and enhancing production yield. Furthermore, fabricating high dense films with outstanding step coverage is essential for applying delicate 3D parts coatings. Atomic layer deposition (ALD) has emerged as a promising method for complex 3D parts coatings

since it has self-limiting characteristics, enabling to produce uniform and high-density films. In this study, ALD processes for Y2O3 were developed using the novel liquid yttrium precursor, (ARYA$^{TM}$ supplied by AirLiquide), as the yttrium source and various reactants, such as water, ozone, and oxygen plasma. In this ALD process, the growth of uniform Y2O3 films without impurities were observed within the temperature range of 300 to 450°C, confirmed by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Also, X-ray diffraction (XRD) and high-resolution transmission electron microscope (TEM) analysis were performed to identify the crystal structure and characteristics of the Y2O3 films depending on reactants. In order to demonstrate the plasma resistance of ALD Y2O3 films, etching processes with various gas conditions containing CF4, O2, and Ar gases were performed. The ALD Y2O3 films showed strong resistance to fluorine-containing plasmas, outperforming other coating materials such as silicon oxide and alumina. Additionally, post annealing under N2 flow and atomic layer annealing (ALA) process were introduced to achieve higher plasma etch resistance. This study will contribute to develop standout coating materials for etch chamber parts and enhance semiconductor production yield preventing fatal particle generations.

**G1A-8 | Development of self-rectifying and self-powered ReRAM memristor utilizing crystalline NN thin film grown on SNO nanosheets at low temperature**

김인수[1], 김범주[1], 채석준[1], *남산[1]
[1]고려대학교

In this study, [001]-oriented $NaNbO_3$ (NN) films are deposited onto $Sr_2Nb_3O_{10}$/TiN/$SiO_2$/Si (SNO-TSS) substrates at 300 °C. The SNO nanosheets serve as a template to create crystalline NN films at low temperature. When deposited on a single SNO monolayer, NN films exhibit a bipolar switching curve owing to the construction and destruction of oxygen vacancy filaments. Since the SNO monolayer does not act as an insulating layer, the film does not exhibit self-rectifying properties. However, self-rectifying properties emerge in the NN memristor formed on two SNO monolayers, which act as tunnel barriers in the memristor. The memristor exhibits extensive rectification and on/off ratios of 48 and 15.7, respectively. Tunneling is the current conduction mechanism of the device in the low-resistance state, and Schottky emission and tunneling are responsible for the conduction mechanism in the high-resistance state at low and high voltages, respectively. The piezoelectric nanogenerator produced using the [001]-oriented NN film generates high voltage (1.8 V) and power (3.2 $\mu$W). Moreover, endurance of the resistive random-access memory and nonlinear transmission characteristics of the biological synapse are accomplished in the NN memristor powered by the NN nanogenerator. Consequently, the [001]-oriented crystalline NN film formed at 300 °C may be utilized for self-rectifying and self-powered artificial synapses.

**G1A-9 | Real Time Observation of Halide Segregation and defect chatacterization in Mixed Halide Perovskite Solar Cells**

*YOON Yohan[1], *LEE Sangwook[2]
[1]Korea Aerospace University, [2]Kyungpook National University

In this work, we introduce a novel real-time current-voltage (J–V) absorbance spectroscopy (RTJAS) setup for directly observing halide segregation in mixed halide perovskite solar cells under broadband light illumination, simulating solar exposure. The setup incorporates a broadband light source calibrated to one sun irradiation and a CMOS camera for simultaneous capture of all diffracted wavelengths. J–V measurements are performed concurrently with absorbance spectra collection, enabling in situ analysis of light-induced degradation due to halide segregation, including bandgap shifts and cell performance data. Comparison of photoluminescence measurements with RTJAS data reveals differing rates of bandgap decrease, underscoring the advantages of real-time measurement techniques. The work highlights the importance of accounting for experimental conditions, such as humidity and voltage injection, which can accelerate halide segregation, ultimately emphasizing the need for careful consideration of experimental conditions to accurately characterize perovskite solar cell behavior under realistic conditions. Additionally, we extend our investigation to defect characterization through the integration of Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS) and Photoinduced Current Transient Spectroscopy (PICTS). These techniques are employed to observe deep levels, providing critical insights into the electronic trap states that challenge the performance and stability of metal halide perovskite (MHP) optoelectronic devices.

### G1A-10 | Templated Grain Growth (TGG) of Acceptor doped hard piezoelectric ceramics for High-power applications

KIM Minwoo[1,2], LEE Dong-Gyu[2], KANG Chong-Yun[2], NAHM Sahn[1], *SONG Hyun-Cheol[2]
[1]Korea University, [2]Korea Institute of Science and Technology

Piezoelectric materials, vital for converting electrical to mechanical energy, are crucial in industries like military and underwater detection. High-power applications in kHz to MHz range demand high piezoelectric constants and low heat generation. However, achieving both "hard" properties (high Qm and low tan $\delta$) and "soft" properties (high d and k) simultaneously poses challenges due to trade-offs. Polycrystalline piezoelectrics show high Qm but low d33, while single crystals exhibit the opposite due to grain boundaries. Textured Ceramics maintain grain boundaries, enabling high d33 and Qm. In this study, we enhance soft properties while retaining high hard properties via Template Grain Growth (TGG) of hard piezoelectric ceramics. Acceptor-doped PMN-PT ceramics, oriented in (001) direction using BaTiO3 templates, show improved d33 with preserved high Qm through TGG. This highlights TGG's effectiveness in grain engineering for high-power applications, opening new pathways for advanced piezoelectric materials.

### G1A-11 | Ytterbium doping에 의한 용액 공정된 IZO TFT의 작동안정성 및 전기적성능 저하의 향상

황부경[1,2], 김현우[1,3], 이보람[1,2], 박은진[1,2], 안지향[1], *허수원[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교, [3] 한양대학교

Solution processed Indium-Zinc Oxide (IZO) is one of the widely used representative amorphous oxide semiconductors, due to its excellent optical transparency, high electrical mobility, easy of composition control and large-area fabrication. However, because a large amount of oxygen vacancy (Vo) causes a large threshold voltage (Vth) shift during bias stress test, it has been studied to improve stability through doping of metal cation with high metal-oxide dissociation energy. However, it causes a decrease in carrier mobility, and it degrades transporting property. In this study, Indium-Ytterbium-Zinc Oxide (IYZO) films were fabricated through doping ytterbium (Yb) in IZO using solution process. Yb was doped at 1, 3, and 5% and optimized at 3%. The mobility of the IYZO (Yb : 3%) thin film transistor (TFT) was 11.9 cm2/Vs, which was comparable to the IZO TFT (11.6 cm2/Vs). The Vth shift was -5.2V under the negative bias illumination stress of the Yb (Yb : 3%) doped IZO TFT, which was 39% improved compared to the IZO TFT (-8.4V), and 59% improved under the negative bias temperature stress. Therefore, it shows that Yb can be an effective dopant that suppressed mobility degradation and improves instability.

### G1A-12 | PZT-PNN 압전 세라믹의 [001] 텍스처링 후 향상된 압전 특성과 결정 구조의 상관관계

김정수[1], 이건수[1], 김승현[1], 곽산[1], *남산[1]
[1]고려대학교

Ceramics with a coexisting rhombohedral-tetragonal (R-T) structure, $0.53Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O_3$-$0.47Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ [$CP(Z_{1-x}T_x)$-PNN] (x=0.57 and 0.66) containing 1.0 mol% CuO, are textured along the [001] direction using BaTiO3 (BT) templates. The $CP(Z_{1-x}T_x)$-PNN ceramics achieve effective [001] texturing at 1250 °C, as evidenced by a high Lotgering factor (〉94%) utilizing 3.0 vol% BT templates. The study reveals untextured $CP(Z_{0.43}T_{0.57})$-PNN ceramic with low $d_{33}$ (370 pC/N) and $k_p$ (0.49) values exhibiting substantial improvement in these properties (920 pC/N and 0.65, respectively) post-[001] texturing, attributed to the high R structure content (60%). Conversely, the untextured $CP(Z_{0.34}T_{0.66})$-PNN ceramic, showing higher $d_{33}$ (740 pC/N) and $k_p$ (0.63) values, experiences a reduction in these parameters to 480 pC/N and 0.52, respectively, after [001] texturing due to a lower content of the R structure (21%). Consequently, the study suggests that piezoceramics with a higher content of the R structure are more favorable for enhancing piezoelectric properties through [001] texturing.

### G1A-13 | Self-rectifying and artificial synaptic characteristics of amorphous $Ta_2O_5$ thin film bilayer memristor

김범준[1], 김인수[1], *남산[1]
[1]고려대학교

Amorphous $Ta_2O_5$ ($ATa_2O_5$) films were grown on $TiN/SiO_2/Si$ (TSS) at room temperature. $ATa_2O_5$ film has different electrical properties depending on the growing conditions. $ATa_2O_5$ film which was grown on oxygen sufficient condition has insulating property, so it was used as a tunneling barrier. Rapid thermal annealing (RTA) under oxygen condition was used to enhance insulating property of $ATa_2O_5$ thin film. $ATa_2O_5$ film which was grown on oxygen deficient condition shows resistance random access memory (ReRAM) characteristic, so it was used for switching layer. $Sr_2Nb_3O_{10}$ (SN)

metal-oxide nanosheets were used as a tunneling barrier to induce self-rectifying properties in $ATa_2O_5$ memristors. An $ATa_2O_5$ thin film grown on one SN monolayer exhibited a typical bipolar switching curve without any self-rectifying property, indicating that one SN monolayer cannot function as a tunneling barrier. This $ATa_2O_5$ thin film showed switching behavior owing to the formation and breakage of oxygen vacancy (OV) filaments. Self-rectifying characteristics were observed in an $ATa_2O_5$ thin film grown on two SN monolayers, which behaved as a tunneling barrier in the Pt/$ATa_2O_5$/SN-TSS memristor. The current conduction of this $ATa_2O_5$ memristor in the high-resistance state (HRS) is explained by Schottky emission, direct tunneling, and Fowler–Nordheim (FN) tunneling. In the low-resistance state (LRS), this $ATa_2O_5$ memristor shows insulating behavior, indicating that OV filaments were not formed. The current conduction of this $ATa_2O_5$ thin film in the LRS was attributed to direct tunneling and FN tunneling. Moreover, $ATa_2O_5$ thin films grown on two SN monolayers exhibited artificial synaptic properties. Therefore, the $ATa_2O_5$ memristor can be used as an artificial synapse with a cross-sectional array structure.

**G1A-14 | 전장 MLCC용 BNT계 유전체의 A-site 도핑에 따른 전기적 특성의 결함화학적 규명 및 Prototype MLCC 제조**

이정원[1], 박홍우[1], 하송아[1], 황경미[1], 이주현[2], 조욱[2], 김명호[1], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]울산과학기술원

$Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$(BNT)기반 강유전체는 높은 전력밀도, 큰 포화분극 뿐만 아니라 비납계 세라믹스로 친환경 요건을 충족하며 실제산업에서 MLCC유전체 재료로 연구가 되고 있는 재료이다. 하지만 열처리 과정 중에 이차상 형성, 비스무트(Bi) 휘발, 산소공공 형성 같은 현상들이 발생하며, 이에 따른 낮은 환원저항성, 유전손실과 높은 누설전류는 Bi 기반의 재료들이 가지고 있는 문제점이다. 본 연구에서 BNT기반 유전체는 La과 K Dopant로 사용하여 고상법으로 제조되었고, SEM 및 XRD 측정을 통해 미세구조 관찰을 진행하였고, 결함화학적으로 유전체의 전기적 거동을 이해하기 위하여 다양한 산소 분압과 온도에서 고온평형 전도도(HiTEC, High Temperature Equilibrium Conductivity) 측정을 진행하였다. 또한 첨가제에 따른 유전특성을 평가하였다. BNT 유전체의 경우 비스무트(Bi)의 휘발에 의한 산소 공공과 홀(hole) 농도의 증가에 따른 p-type이 주요한 고온 전도 거동을 보인 반면, 란타넘(La)을 치환한 BNLT 유전체의 경우 La의 치환에 따라 전자의 농도가 증가하게 되고 이에 따라 n-type이 주요한 고온 전도 거동이 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 La가 첨가된 경우 전체 고온전도도가 감소함을 확인하였다. 본 연구를 통해 A-site donor 첨가를 이용한 유전손실 및 누설전류 제어가 가능함을 규명하였다. 본 연구를 통해 BNT계 유전체를 활용한 MLCC제조를 진행하였으며, 각 조성별로 유전 특성의 차이를 비교분석 하였다.

## G1B : 전자 세라믹스

**G1B-1 | 나노 클러스터링을 이용한 $xPbZrO_3$-$(1-x)PbTiO_3$ 강유전 세라믹의 인공 상경계 구현**

송현석[1], 강나연[1], 김민정[1], 성택경[1], *정대용[2], *류정호[1]
[1]영남대학교, [2]인하대학교

Lead zirconate titanate (PZT) ceramics have been widely desired for various applications due to its their superior piezoelectric/dielectric properties in the morphotropic phase boundary (MPB) region which is a phase boundary separating two different ferroelectric phases. MPB can be identified only by compositional tuning because the possible compositions are limited due to solubility limitations. Traditionally, the densification by sintering is utilized for it accompanying grain growth or chemical reaction resulting in the secondary phase. Nanoclusturing using aerosol deposition (AD) can generate nano-crystalline sturcture film without compositional changes or phase transitions. MPB can be artificially implemented in the thick film by nanoclustering using AD forming the strong bonding of the interface between different phases. In this study, it is demonstrated that properties of composite thick film composed of PZ and PT at artificially formed MPB by nanoclustring were simillar with the MPB properties of the single phase PZT thick film.

**G1B-2 | The Continuous Thickness Measurement System for High-Temperature Superconducting Coated Conductors**

박인성[1], 김관태[1], 김호섭[1], 김정태[1], *하홍수[1]
[1]한국전기연구원

This study presents a significant advancement in continuous thickness measurement technology for high-temperature superconducting(HTS) coated conductors(CCs). Ensuring the alignment of HTS magnets with their intended design is paramount, precise verification of HTS CC thickness is necessary before integration. Presently, there is no device capable of continuously measuring HTS CC thickness with a reel-to-reel system, despite the frequent non-uniform thickness of HTS CCs both longitudinally and transversely. Therefore, the development of a continuous measuring system that accurately assesses both thickness and cross-section of HTS CCs is imperative. The study introduces a novel approach

utilizing a reel-to-reel transfer device in conjunction with a confocal laser sensor to enable continuous thickness measurement during the transfer of long HTS CCs. The presentation will be encompass for the discussion including (1) the specifications of the system (2) the measurement method, and (3) try out the system.

Keywords: HTS CCs, Thickness measurement system, Reel-to-reel, Confocal laser sensor Acknowledgement: This research was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by Ministry of Science and ICT(2022M3I9A1076881)

### G1B-3 | Modulation of domain dynamics and kinetics in ferroelectric $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ thin films using electrode materials

이동현[1], 박근형[1], 조용현[1], 김세현[1], 양건[1], 이재욱[1], *박민혁[1]
[1]서울대학교

Although $HfO_2$-based ferroelectrics have attracted significant attention for memory device applications, the impact of various electrode materials on domain wall motion and polarization switching kinetics remains unclear. This study explores the influence of TiN, Mo, and W electrodes on the polarization switching kinetics of 10 nm-thick $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ films deposited by atomic layer deposition. Our analysis was based on the nucleation-limited switching (NLS) model and Merz's law. The finding indicates that under 1 V, no switching in Mo electrode capacitors, while 25% and 45% of the normalized polarization was switched at the TiN and W electrode capacitors with smaller activation fields ($E_a$) for domain wall motions. The Landau-Ginzburg-Devonshire model shows a reduced energy barrier for polarization switching with TiN and W, making the W electrode preferable for high-speed applications. This demonstrates that the selection of electrode material is crucial for optimizing the performance of HfO2-based ferroelectric devices.

### G1B-4 | High-Reliability and Self-Rectifying Alkali Ion Memristor through Bottom Electrode Design

LIM Byeong Min[1,2], LEE Yu Min[1,2], YOO Chan Sik[1,2], KIM Min jae[3], KIM Seung Ju[3], KIM Sung Kyu[4], YANG J. Joshua[3], *LEE Hong Sub[1,2]
[1]Kyung Hee University, [2]Integrated Education Institute for Frontier Science and Technology, [3]University of Southern California, [4]Sejong University

Ionic memristor devices are crucial for efficient artificial neural network computations in neuromorphic hardware. They excel in multi-bit implementation but face challenges like device reliability and sneak currents in crossbar array architecture (CAA). Interface-type ionic memristors offer low variation, self-rectification, and no forming process, making them suitable for CAA. However, they suffer from slow weight updates and poor retention and endurance. To address these issues, the study demonstrated an alkali ion self-rectifying memristor with an alkali metal reservoir formed by a bottom electrode design. By adopting Li metal as the adhesion layer of the bottom electrode, an alkali ion reservoir was formed at the bottom of the memristor layer by diffusion occurring during the atomic layer deposition process for the Na:TiO2 memristor layer. In addition, Al dopant was used to improve the retention characteristics by suppressing the diffusion of alkali cations. In the memristor device with optimized Al doping, retention characteristics of more than 20 h at 125 °C, endurance characteristics of more than $5.5 \times 10^5$ , and high linearity/symmetry of weight update characteristics were achieved. In reliability tests on 100 randomly selected devices from a 32 × 32 CAA device, device-to-device and cycle-to-cycle variations showed low variation values within 81% and 8%, respectively. KEYWORDS: alkali cation, reservoir layer, artificial neural networks, synaptic response, adhesion layer ACKNOWLEDGMENTS : This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (Grant Nos. NRF-2022R1C1C1006337 and NRF-2022M3F3A2A01044952). This work was partly supported by the GRRC program of Gyeonggi province (GRRCKYUNGHEE2023-B02), Sub-nm process development for functional thin film microstructure modulation to demonstrate next-generation semiconductor devices.

### G1B-5 | Sub-5 nm $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ films with $P_r$ higher than 30 $\mu C/cm^2$ in Mo/HZO/$TiO_2$/$SiO_2$/Si capacitor

김세현[1], 이영환[1], 이동현[1], *박민혁[1]
[1]서울대학교

Emerging ferroelectric $(Hf,Zr,)O_2$ thin films are considered for next-generation semiconductor devices due to their excellent CMOS compatibility. However, several challenges, including depolarization field and low-k interfacial layer (IL) formation disturb the scaling of the $(Hf,Zr)O_2$ films. Particularly, inevitably formed a low-k $SiO_2$ IL leading to a high depolarization field, high trap density is a critical issue. In this study, to

improve the ferroelectricity and switching endurance of sub-5 nm (Hf,Zr)$O_2$ films, we insert a $TiO_2$ IL between semiconductor and (Hf,Zr)$O_2$ films. The high-k $TiO_2$ IL reduces interfacial trap density and depolarization field, resulting in a double remanent polarization ($2P_r$) as high as 60.2 $\mu C/cm^2$ in 5-nm thick ultrathin $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ film. The endurance of capacitor with $TiO_2$ IL endure up to $10^8$ cycles. Our approach offers a promising strategy to strengthen the ferroelectricity of (Hf,Zr)$O_2$ grown on Si substrate and can pave the way for next-generation semiconductor devices with improved performance.

**G1B-6 | Selector-less crossbar array resistive RAM based on TiO2 fabricated by photochemical metal-organic deposition**

LEE Yu Min[1,2], LIM Byeong Min[1,2], *LEE Hong Sub[1,2]
[1]Kyung Hee University, [2]Integrated Education Institute for Frontier Science and Technology

We demonstrated a TiO2-based 32 × 32 crossbar array resistive RAM (ReRAM), a promising candidate for next-generation non-volatile memory (NVM), by utilizing a photochemical metal-organic deposition (PMOD) process. We achieved an interface-type resistive switching device with rectifying characteristics by controlling the oxidation state of directly patterned TiOx films through post-heat treatment. The photochemical reaction induced by UV in the PMOD process and the anatase phase formation during the post-heat treatment were analyzed using Fourier-transform infrared spectroscopy, X-ray diffraction, and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). XPS analysis revealed the immediate formation of Ti peroxide post-PMOD process, underscoring the efficacy of post-heat treatments in controlling oxidation states. Employing 350 ◦C annealed TiOX as the active material, we successfully fabricated a high-yield (93%), selectorless 32 × 32 crossbar array architecture for ReRAM. Our findings highlight the PMOD process as a viable, cost-effective alternative for memory devices, offering optimized oxidation states crucial for the performance of redox-based ReRAM. This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korean government (MSIT) (grant No. NRF-2022R1C1C1006337 and NRF-2022M3F3A2A0104 4952). This work was partly supported by the GRRC program of Gyeonggi province [(GRRCKYUNGHEE2023-B02), Sub-nm process development for functional thin film microstructure modulation to demonstrate nextgeneration semiconductor devices], and the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2020R1A6A1A03048004).

**G1B-7 | Piezoelectric properties of [001]-textured (Na, K)Nb-based piezoceramics using $Na(Nb_{0.9}Sb_{0.1})O_3$ templates and low-temperature sintering**

김승현[1], 이건수[1], *남산[1]
[1]고려대학교

CuO-added $0.96(Na_{0.5}K_{0.5})(Nb_{1-x}Sb_x)O_3$-$0.04(Bi_{0.5}Ag_{0.5})ZrO_3$ (NKNS-4BAZ) were textured along the [001] direction using 3.0 mol% $Na(Nb_{0.9}Sb_{0.1})O_3$ (NNS) templates at low sintering temperature of 980 °C. All NKNS-4BAZ piezoceramics were well textured along the [001] direction with large Lotgering factors (〉 96%). The sintering additive, CuO assisted the sintering of the NKNS-4BAZ piezoceramics at 980°C. $NaNbO_3$ templates have been generally used to texture the NKN-based piezoceramics along the [001] direction. However, they were melted during sintering and produced many holes in the piezoceramics leading to the decrease of mechanical and reliability characteristics. In this research, the NNS templates were used for [001]-texturing of the NKNS-4BAZ piezoceramics at 980°C ensuring that they remained within the grains during sintering. This led to a dense microstructure without pores and improved mechanical properties. The amount of $Sb^{5+}$ content was adjusted to optimize piezoelectricity after the [001]-texturing by controlling the crystal structure.

**G1B-8 | $BaTiO_3$-$(Bi,Na)(Ti,Nb)O_3$ core-shell ceramic for BME-MLCCs**

SONG Tae Yeong[1], HAN MyeongU[1], PARK SangUn[1], KWON NaYeon[1], *KWON Do-kyun[1]
[1]Korea Aerospace University

One effective way for the $BaTiO_3$ ferroelectric ceramics to exhibit stable dielectric polarizations persisting over a wide temperature range can be found in forming complex perovskite compounds by heterovalent cation substitutions $(1-x)BaTiO_3$-$x(Bi,Na)(Ti_{1-y}Nb_y)O_3$ solid solutions were synthesized using a newly developed "wrapping process", which is a 2-D nanosheet-based process for preparing core-shell type assembly of BT nanoparticles and BNTN nanosheets mixtures. The sintered samples showed relaxor characteristics with high dielectric constant. To serve as a dielectric layer in MLCCs, BT-BNTN was sintered in a reducing atmosphere. Consequently, it exhibited a lower

dielectric constant and higher dielectric loss compared to ambient sintering conditions, resembling the outcomes seen with the reduction of the base material BT. Therefore, elements such as Mg, Mo, and Y, capable of acting as donors and acceptors, were added to enable sintering in a reducing atmosphere for simultaneous sintering. This prevented the reduction of BT, enabling the fulfillment of X8R specifications while maintaining the existing dielectric properties.

### G1B-9 | Synthesis of 2D Metallic Nanoplates and their Applications for Ultra-Thin Inner-electrodes of Next Generation MLCCs

박상운[1], 이준원[1], 한명우[1], 권나연[1], 송태영[1], *권도균[1]
[1]한국항공대학교

As the demand for sensors and electronic devices continues to surge in our daily lives, especially with the rise of autonomous vehicles and the advancement of 5G communication technology, the imperative for multilayer integration of MLCC (Multilayer Ceramic Capacitor) becomes apparent. This integration is essential for ensuring compactness, high capacity, and reliability in electronic devices. Achieving high integration necessitates the thinning of both the dielectric layers and inner-electrodes constituting the multilayer structure. In this study, we propose a novel processing for ultra-thin inner-electrodes formation utilizing electrospray deposition (ESD) of 2D metallic nanoplates. The ESD process employs electrostatic focusing to pattern even on insulator substrates, enabling the uniform formation of electrodes with thicknesses in the hundreds of nanometers. This effective ESD process, coupled with proper synthesis of 2D metallic nanoplates, presents an attractive strategy for achieving high-level uniformity and connectivity of the inner-electrodes with reduced thickness.

### G1B-10 | Topotactic engineering for oxide quantum materials

*김우진[1]
[1]부산대학교

Due to their multiple oxidation states, transition metal oxides can exist in various forms with different structure symmetries. By selectively introducing or removing oxygen from specific sites in a crystal lattice, it is possible to manipulate the material's electronic structure, leading to the emergence of quantum phenomena, such as colossal magnetoresistance and superconductivity [1,2]. In addition to the capabilities of this topochemistry, oxide heterostructures allow for synthetic degrees of freedom inaccessible in the bulk, including the control of dimensional confinement, and the imposition of non-bulk-like lattice parameters and symmetries. In this talk, I will present the latest advances in quasi-two-dimensional quantum materials synthesized through topotactic reduction reactions in thin film heterostructures [3,4]. These materials can enter diverse quantum states, such as Jahn-Teller ordering and unconventional superconductivity, depending on their d-electron filling states. Given the tunability of quantum phenomena, topotactic engineering offers a promising material platform that could contribute to the designing of innovative quantum devices for future computation and information technology. [1] R. von Helmolt et al., Phys. Rev. Lett. 71, 2331–2333 (1993). [2] D. Li et al., Nature 572, 624–627 (2019). [3] W. J. Kim et al., Nature 615, 237-243 (2023). [4] K. Lee et al., Nature 619, 288–292 (2023).

### G1B-11 | 투명 디스플레이 광학셔터용 전기변색 Ag-$WO_3$ 나노 복합 박막

신민경[1], 서인태[1], 강형원[1], 서지훈[2], *한승호[1]
[1]한국전자기술연구원, [2]고려대학교

Active-type electrochromic device (ECD) artificially change their optical properties upon application of an electrical voltage. These type of ECD have been widely used for smart windows for green buildings, rear-view mirrors and sunroofs for automobiles and optical shutters for transparent displays. Optical shutter is fascinating application demanded from various transparent displays such as see-through OLED, head-up display, and projection type display. In order to use ECD as optical shutter, high optical modulation, fast switching time, and stable long-term durability are prerequisites. In addition, moderate optical reflectance in both colored and bleached state are highly required for clear visibility. Although inorganic metal oxide-based EC films are advantageous for environmental durability and large-area in-line production, their reflectance is relatively low, making it difficult to apply optical shutter for transparent display. In this study, we investigated the reflectance enhancement of silver (Ag) nanoparticle-incorporated tungsten oxide ($WO_3$) nanocomposite films compare with pure $WO_3$ films. Ag-incorporated $WO_3$ nanocomposite thin films were fabricated by co-sputtering of Ag and W metal targets followed by

heat treatment. We evaluated the changes in microstructure, crystal structure, EC performance and optical properties of Ag-incorporated $WO_3$ nanocomposite and compared with pure $WO_3$ thin films. The highly conductive Ag nanoparticles in $WO_3$ improved the visibility of the transparent displays and switching time, while maintaining the EC performance.

### G1B-12 | Thermal-Evaporated Perovskite Light-Emitting Diode for Green-Emitting Display Application with Thin-Film Transistor

SEOL Myeng Jin[1], JI Seunghueon[2], BAE Sa-Rang[1], AHN Jong-Hyun[2], *KIM Soo Young[1]
[1]Korea University, [2]Yonsei University

Recently, many researchers have emerged in the application of halide perovskites because of their superior optical properties and electrical properties. Those properties ease to application of perovskites to diverse devices such as light-emitting diodes (LEDs), and solar cells. However, the solution process is disadvantageous to scale-up and patterning for full-color display and commercialization. On the other hand, the properties of thermal evaporated perovskite LED (PeLED) have been inferior compared with solution-processed PeLED, but uniform thickness and scale-up can be achieved by thermal evaporation.
In this study, we synthesized solid-state halide perovskite for fabricating PeLED by single-source thermal evaporation, in which the luminance of fabricated PeLED was measured as 5136 cd $m^{-2}$. Also, we integrated PeLED with TFT based on $MoS_2$ for fabricating an active-matrix PeLED display with an 8 × 8 array, which exhibits excellent brightness control capability and high switching speeds. This study demonstrates the probability of PeLEDs as candidates for next-generation displays.

## G1C : 전자 세라믹스

### G1C-1 | Good thermal stability in dielectric properties of $(1-x)(K_{0.8}Na_{0.2})NbO_3-xSrTiO_3$ ceramics for the application to X9R MLCC

곽산[1], 김인수[1], 민병재[1], *남산[1]
[1]고려대학교

$(1-x)(K_{0.8}Na_{0.2})NbO_3-xSrTiO_3$ [$(1-x)(K_{0.8}N_{0.2})N-xST$] ceramics are well sintered at 1080 – 1160 ˚C for 2 h. The Curie temperature (TC) and the orthorhombic–tetragonal phase transition temperature (TO–T) of the ceramics considerably shifts toward low temperature region and the TC peak is broadened with the increasing amount of x. Moreover, the ceramics ($x \geq 0.09$) exhibit relatively large relaxor ferroelectric behavior. The $0.9(K_{0.8}N_{0.2})N-0.1ST$ ceramics display a remarkable thermal stability in dielectric properties, and it satisfy the requirement of the Electronic Industries Alliance standard X9R multilayer ceramic capacitor (MLCC) specification. However, the 0.9(KyN1 – y)N–0.1ST ceramics ($0.0 \leq y \leq 0.6$), which contain relatively large amount of Na+ ions, cannot satisfy the requirement of the X9R MLCC specification, because they exhibit relatively small relaxor ferroelectric behavior and the reduced decreasing rate of the TC. The (1 – x)(KyN1 – y)N–xST ceramics (x = 0.10, $y \geq 0.7$), which contain relatively large amount of K+ ions, exhibit large relaxor ferroelectric behavior, satisfying the requirement of the X9R MLCC specification. Therefore, the 0.9(K0.8N0.2)N–0.1ST ceramic can serve as one of the excellent candidate materials for the application to X9R MLCC devices.

### G1C-2 | Charge Trap Engineering and Synaptic Behavior of Transition Metal Dichalcogenides Transistor, via Molecular Dynamics.

*PARK Jihye[1]
[1]Gyeongsang National University

The electrical performance of semiconductor devices has a significant dependence on the surface states of the semiconductors because the channel between source and drain regions for charge carrier transports is mostly formed near the surface with applying gate bias. Therefore, it is critical to engineering the surface chemistry of the semiconductor material. Coupling an intrinsically atomically thin body with a finite bandgap, layered transition metal dichalcogenides (TMDCs) have been employed as semiconducting channel platforms with a large ON/OFF ratio and near theoretical subthreshold swing. Here, chemically reconfigurable synapse behaviors of TMDC via molecular semiconductor interaction are demonstrated with three terminal $MoSe_2$ synapse devices. Molecular adsorption on the $MoSe_2$ surface is induced with dipping in $(NH_4)2S(aq)$ diluted in $H_2O$ with 25%, while the solution temperature is held at 50℃. H2S or HS molecules can be adsorbed on the $MoSe_2$ surface during this chemical treatment and act as trapping centers for transported carriers. The adsorbed molecules can be desorbed from $MoSe_2$ surfaces with wash with isopropanol. In the transfer characteristic of $MoSe_2$ devices, molecular

adsorption induces a significant increase of hysteresis from 38.3 VTH to 59.0 VTH, consistent with charge carrier trapping near the channel. In contrast, molecular desorption from $MoSe_2$ surfaces results in a decrease of value to 45.3 VTH with the removal of trapping center from the surface of synapse devices. Afterward, to mimic the biological synapse, the electrical synapse response of $MoSe_2$ transistors is modulated by a pulse generator wherein excitatory modes; thereby synapse plasticity is controlled by spike-like gate bias as a presynaptic input. To emulate the visual sensory behavior of humans, the artificial synaptic plasticity of synaptic devices has been explored by applying light pulse. As light stimulation with pulse modulation, the channel's conductance near-linearly increases as the number of light pulses increases, consistent with optical potentiation. Afterward, electric depression of molecularly functionalized synapses can be observed with the linear decrease of conductance.

### G1C-3 | Pb 기반 페로브스카이트 템플릿 합성 및 템플릿 결정립 성장

차재민[1,2], 안철우[1], 한병동[1], *윤석영[2], *최종진[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

A doner was added to the $0.4(Na_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3$-$0.6PbTiO_3$ seed used for Pb-based piezoelectric ceramics template grain growth (TGG) to synthesize a larger, uniform, angular seed than the existing seed. The synthesized seed is large in size and melts quickly at low temperature (950°C) to form a liquid phase, showing a high sintered density (Relative density 〉 95%). And it enables oriented growth in $[001]_{PC}$ direction at low temperature (950°C). In addition, since it does Reactive Template Grain Growth (RTGG), it does not remain inside after sintering, so it has the advantage of not reducing the polarization. As a result, the $0.705Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O$¬-$0.295PbTiO_3$ + 5NBT-PT ceramics textured in the $[001]_{PC}$ direction have high density (relative density = 97%) and excellent piezoelectric properties ($d_{33}$ = 951 pC/N ) shows.

### G1C-4 | 클래스 1 유전체 CaZrO3의 저온 소결 유도연구

이주현[1], *조욱[2]
[1]울산과학기술원

다층 세라믹 콘덴서(Multi-Layer Ceramic Capacitor, MLCC)는 전자회로의 능동소자에 안정적으로 전압을 공급하거나 노이즈를 필터링하는 부품으로 전자산업의 필수 수동소자이다. 세라믹 콘덴서는 미국 전자산업협회(Electronic Industries Alliance, EIA)가 지정한 용량과 온도안정성에 따라 4가지의 클래스로 나눠진다. 그중 클래스1 콘덴서는 낮은 유전 용량을 가지고 있지만, 작동 온도 범위 내에서 용량 변화가 ±0.3~1% 이내로 매우 우수한 온도 안정성을 가진 콘덴서이다. 이 콘덴서의 기본 유전체 세라믹 재료에는 $MgTiO_3$(MTO)와 $CaZrO_3$(CZO)등 이 있는데, 특히 CZO는 고온 유전체 세라믹 소재 개발에서 온도 안정성을 향상시키는 재료로 잘 알려져 있는 상유전 재료이다. 그러나 CZO의 소결 온도는 1650도이며, 상용 MLCC의 내부 전극인 니켈의 용융점은 1455도이며, 공기 중에서 소성될 수 있는 구리 전극의 용융점은 1080도인 것을 고려할 때, CZ의 저온 소결은 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 CZ의 저온 소결을 위한 적절한 소결 조제 선택 방법을 제안하고, 선택된 소결 조제의 비율에 따라 최적 저온 소결 온도와 전기적 특성 변화를 분석함으로써 저온 소결을 성공적으로 유도할 수 있는 결과를 제시한다.

### G1C-5 | 페로브스카이트 태양전지용 마그네트론 스퍼터링 하프늄 도핑된 산화주석 전자수송층

남수[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Perovskite solar cells using $SnO_2$ electron transport layers (ETLs), especially the magnetron-sputtered $SnO_2$ ETLs, are faced with the problem of intrinsic point defects, which limits the open circuit voltage ($V_{OC}$) and fill factor (FF). We attempted to passivate the oxygen vacancy defects in magnetron-sputtered $SnO_2$ via Hf doping to minimize the non-radiative charge recombination pathways in the bulk and at the interfaces and boost the device performance. Hf is chosen as the dopant for the following two reasons: a) $Hf^{4+}$ ions have a similar ionic radius (71 pm) to that of $Sn^{4+}$ ions (69 pm); the introduction of $Hf^{4+}$ into $SnO_2$ may not lead to a large distortion of lattice constant, which benefits the high carrier mobility. b) The higher binding energy of Hf-O bonds (901 kJ $mol^{-1}$) than that of Sn-O bonds (528 kJ $mol^{-1}$) will prevent the formation of oxygen vacancies.

### G1C-6 | 산화물계 고체전해질의 산소 공공 형성이 Li-이온전도도에 미치는 영향

장정우[1], *이가영[1], *강형원[1], *한승호[1], *서인태[1]
[1]한국전자기술연구원

Li ion battery는 전기차 및 각종 IT 기기에 폭넓게 사용되는 가장 중요한 에너지 저장 소자이나 액체 전해질 사용에 따른 안전성이 큰 문제로 대두되고 있다. 최근에는, 기존 액체 전해질 이차 전지의 안전성과 부피당 용량 밀도 향상을 위해서 고체 전해질 기반의 전고체 전지 개발이 가속화되고 있다. 일반적으로 전고체 전지는 전해질 종류에 따라 산화물계, 황화물계 및 고분자계로 나뉘며, 이중 산화물계 전고체 전지는, 타 시스템 대비 전기화학적 안정성 및 기계적 강도가 우수하여 전장 및 항공우주와 같이, 고신뢰성을 필요로 하는 분야에서 차세대 전지로

주목받고 있다. 하지만, 산화물계 고체 전해질은 타 시스템 대비 이온전도도가 상대적으로 낮아 용량 밀도 향상에 한계가 있어, 상용화에 어려움이 있다. 산화물계 전고체 전지의 단위 부피당 용량 밀도 향상을 위해, 적층 세라믹 공정을 적용한 적층 전고체 전지가 개발되고 있다. 이러한 적층 산화물계 전고체 전지의 구현을 위해서는 양극/전해질/음극/집전체로 이루어진 적층 셀의 동시 소결 공정이 필요하다. 동시 소결 공정 중, 집전체의 산화와 음극 활물질의 휘발을 방지하기 위해서는 환원 분위기가 유지되어야 하나, 소결 시 환원 분위기 유지에 따른 산화물계 전해질 및 양극 활물질 내에 산소 공공이 발생하는 문제가 있다. 이러한 산소 공공은 양극 활물질 및 전해질의 결정 구조 내에 형성되어, 산소 이온 전도 및 Li 이온 전도 경로의 변화를 유도할 것이 예상되므로, 산소 공공이 산화물계 고체 전해질의 Li 이온전도도에 미치는 영향에 대한 정확한 이해가 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 환원 분위기 소결에 의해 발생하는 산소 공공이 산화물계 고체 전해질의 Li 이온전도도에 미치는 영향에 대해 다각도로 다루고자 하였다. 결과적으로, 산화물계 고체 전해질 내 산소 공공의 형성은 Li 이온전도도에 긍정적인 영향을 미침을 확인하였다.

### G1C-7 | 텅스텐 산화물의 결정 구조에 따른 전기 변색 소자 성능 차이에 대한 연구

김민석[1], 김지선[1], 최성준[1], 곽준영[2], *이선영[1]
[1]한양대학교, [2]애드크로(주)

전기 변색이란, 외부 전압 공급에 의해 전해질과 변색 물질 간의 전기화학 반응이 일어나 소자의 광학적 특성이 변화되는 기술이다. 텅스텐 산화물($WO_3$)은 대표적인 전기 변색 물질로 전해질 내의 이온 삽입 시 환원되어 변색되고, 탈리 시 산화되어 탈색된다. 이러한 $WO_3$기반 전기 변색 소자의 뛰어난 변색 성능과 열적/화학적 안정성과 같은 장점에도 불구하고 느린 변/탈색 속도는 해결되어야 할 문제이다. 현재까지 보고된 연구에 따르면 $WO_3$결정 구조 내 리튬 양이온($Li^+$)이 삽입/탈리 가능한 위치는 결정 구조에 따라 trigonal cavity, square window, hexagonal window로 나뉘며, 각 위치에 따라 삽입/탈리에 필요한 에너지의 차이로 소자의 변/탈색 성능 차이가 발생한다. $WO_3$는 square window를 가진 Monoclinic $WO_3$와 trigonal cavity, square window, hexagonal window를 가진 Hexagonal $WO_3$로 나누어진다. 또한 전기 변색 소자는 '전기 변색 층(WO3)|| 전해질 || 이온 저장 층(ATO; Antimony-doped tin oxide)'의 구조로 제작되는 데 본 연구에서는 전기 변색층 및 이온 저장층 박막을 건식 적층 방식인 나노 입자 적층 시스템(NPDS; Nanoparticle deposition system)을 이용하여 제작하였다. 이러한 건식 적층 방식을 이용하여 증착된 $WO_3$박막의 결정 구조에 따른 WO3기반 전기 변색 소자의 성능을 본 연구에서 비교하고자 한다. XRD분석을 통해 두 종류 박막의 결정 구조를 비교하였을 뿐 아니라 두 박막을 이용하여 제작한 소자의 변/탈색 투과도 측정을 통해 전기 변색 성능, 변색 속도 및 장기 구동성을 확인하였다. 또한 전기화학 임피던스 분광법(EIS), 순환 전압 전류법(Cyclic Voltammetry)을 통해 전기화학적 특성을 비교하였다.

### G1C-8 | SAW 필터용 패시베이션 층 적용을 위한 반응성 스퍼터링을 통한 실리콘 산질화물 박막 연구

송영하[1], 김서한[1], 이정철[2], 이택주[2], *송풍근[1]
[1]부산대학교, [2]주식회사 쏘닉스 기술연구소

SAW(Surface Acoustic Wave, SAW) 필터는 고주파 신호 중 원하는 주파수 대역만을 분리해내는 부품으로써, 무선통신용 부품 중 가장 중요한 부품이다. 최근 무선통신 분야가 4G 시대에 이어 더욱 고주파 영역으로 이동하고, 부품이 소형화 됨에 따라 SAW필터의 신뢰성이 더 주목받고 있다. 하지만, 현재 패시베이션 층으로 주로 사용되고 있는 $SiO_2$박막은 이에대한 수요를 충족하기 어려운 상황이다. 따라서 SAW필터의 신뢰성 향상을 위해서는 새로운 소재의 적용에 대한 연구가 필요하다. 실리콘 산질화물은 실리콘 산소와 질소의 조성에 따라 밀도와 굴절률의 제어가 가능하여 적절한 조성설계를 통해 SAW특성에 미치는 영향을 최소화 하는 것이 가능한 소재로, SAW필터의 온도민감성까지 제어할 수 있어 SAW필터용 패시베이션 층의 새로운 대안으로 주목받고 있다. 따라서, 본 연구에서는 실리콘 산질화물의 미세조성 제어를 위해 반응성 스퍼터링 방법을 사용하여 실리콘 산질화물을 제작하였다. 증착시 산소와 질소의 분율에 따른 밀도 변화를 XRR을 이용하여 분석하였으며, XPS를 통하여 결합상태를 평가한 후, 조성변화를 SIMS를 이용하여 관찰하였다. 또한, uHAST 방법을 통해 SAW필터의 삽입손실 변화를 평가하여 신뢰성을 평가하였다.

### G1C-9 | AD를 통해 증착한 세가지 배합 비율에 따른 PZT 혼합물 세라믹 필름의 유전 특성 평가

손예지[1], *정대용[1], *김승욱[1]
[1]인하대학교

Lead zirconate titanate (PZT) is a ceramic material with a perovskite crystal structure, renowned for its high dielectric constant, making it a prime example of a ferroelectric material. This high dielectric constant is attributed to the coexistence of the rhombohedral structure of PZ andthe tetragonal structure of PT at the morphotropic phase boundary (MPB), where the mixing ratio of PZ to PT is optimal at 50:50, enhancing its ferroelectricity. However, PZT is sensitive to temperature, limiting its dielectric properties to a relatively narrow temperature range.

To overcome this limitation, adjusting the mixing ratio of PZ and PT is necessary to extend the operational temperature range, which traditionally involves sintering processes that could potentially induce phase changes due to heat. In response, this study employs the aerosol deposition (AD) process, which enables the formation of ceramic films at room temperature without the need for sintering, thus avoiding heat-induced phase changes. By preparing PZT mixtures at various ratios and applying them to substrates via AD, we observed that ceramic

films with three different compositions maintained their dielectric properties over a wider range of Curie temperatures (Tc) than previously achieved. Consequently, this research aims to utilize improved PZT in temperature-sensitive applications to maintain high permittivity.

### G1C-10 | 할라이드 페로브스카이트 기반 저항변화 메모리 소자 동향

*김효정[1]
[1]세종대학교

정보화 시대의 발전으로 인해 많은 양의 데이터를 처리하는 고성능 저장 장치의 필요성이 부각되었으며, ReRAM은 기존 메모리 장치의 대체재로 주목받고 있다. 기존의 ReRAM 소자는 주로 금속 산화물을 사용해 왔지만, 이에 대한 연구는 여전히 활발하게 진행되고 있다. 그러나 이러한 소자는 저항 변화 메모리로 사용될 때 기계적 유연성이 낮고, 제작 비용이 높으며 전기적 특성을 제어하는 데 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 새로운 절연층을 탐색하는 연구가 필요하며, 최근에는 할라이드 페로브스카이트 소재를 사용한 ReRAM 소자에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 할라이드 페로브스카이트를 기반으로 한 ReRAM 소자는 뛰어난 전기적 특성을 보이며, 높은 온/오프 비율과 낮은 구동 전압으로 주목받고 있다. 본 발표에서는 할라이드 페로브스카이트 소재의 전기적 특성과 ReRAM 소자의 동작 메커니즘에 대해 논의하고, 저항 변화 스위칭 성능을 향상시키기 위한 연구 주제를 제시한다.

### G1C-12 | 금속 유도 화학 에칭법에 의해 제조된 기공성 실리콘의 표면형상 및 전기적 특성

김효한[1,2], 이상호[1], *박현순[2]
[1]한국알박(주), [2]인하대학교

실리콘 나노결정은 벌크형 실리콘과 다른 전자 에너지 구조를 지닌다. 기공성 실리콘 표면에서 생성되는 실리콘 나노결정의 크기를 변화시킴으로써 전자 에너지 구조와 발광 특성의 변화를 가져올 수 있다. 금속 유도 화학에칭은 에칭 과정 중 외부 전기 퍼텐셜을 인가하지 않고 에칭 용액 내에서 실리콘웨이퍼에 증착된 금속의 촉매 역할에 기인한 양극산화 기법이다. 이는 전기화학 에칭에 비하여 공정의 편리함, 경제적인 잇점을 지니고 있으며, 따라서 최근 반도체 미세 트렌치 생성 등과 같은 분야에 적용을 위한 많은 연구가 진행 중이다. 본 연구에서는 금속 유도 에칭을 통해 제조한 기공성 실리콘의 전기적인 특성 및 활성화 에너지를 조사하고 조건에 따른 나노 구조적, 광학적 특성을 분석하였다. 촉매금속을 형성하기 위해 약 300um이하의 패턴화된 원반 형태의 백금이 스퍼터법으로 15초간 증착되었다. 에칭용액 내 정공의 공급을 위해 불산과 증류수 외에 과산화수소가 첨가되었으며, 농도는 0.3에서 24.0%로 조정되었다. 과산화수소의 농도가 변화될 때, 에칭과정 중 발생되는 에칭거동은 “기공형성”에서 “전해연마”단계로 변화되었고 반응 활성화에너지는 전류-온도 곡선을 통해 0.20에서 0.36 eV로 변화되는 것을 관측하였다. 이에 기인하여 에칭구조는 nm 스케일의 ‘스펀지’구조에서 3차원 um스케일의 기공구조로 변화되었다. 에칭구조층은 실리콘 양자구조, 비정질 상, SiOx를 포함하였고 이 같은 상의 존재비율은 에칭거동에 따라 변화하였다. 발생되는 발광특성은 1.73에서 1.88 eV의 밴드갭 영역 내에서 확인되었고 이에 기인하여 실리콘 나노결정의 크기는 3.0에서 4.6nm로 변화하였다. 실리콘 나노결정의 크기, 비정질상의 분율 변화에 의해 발광의 강도 및 밴드갭의 변화가 유발되었다. 또한 과산화수소의 함량에 따라 형광특성이 발생되는 영역이 변화하였다. 다소 낮은 과산화수소의 농도의 에칭용액에서 제조된 기공성 실리콘의 경우, 형광특성은 실리콘 웨이퍼와 금속원반 사이의 계면에서 우선적으로 발생한 반면 19.5에서 24.0%의 농도에서는 형광특성이 비코팅 영역까지 확산되었다.

### G1C-13 | 비정상 입성장을 유도하는 압전 세라믹 소재의 조성 설계 연구

하수진[1,2], 조경훈[1], 차현애[2], 문영국[2], 최종진[2], 한병동[2], *안철우[2]
[1]국립금오공과대학교, [2]한국재료연구원

압전 소재는 압전특성을 활용하는 압전 센서, 압전 스피커 등 다양한 분야에 사용되고 있다. 현재 압전 디바이스는 세라믹 소결체를 사용하여 제조되고 있으나, 가까운 미래에는 단결정 및 결정 배향 소재의 높은 압전 특성을 활용하는 압전하베스팅 등의 응용 분야와 새로운 형태의 압전 소재가 필요한 플렉서블 압전 디바이스 등의 다양한 응용 분야가 개척될 것으로 예상되고 있다. 이와 같은 이유로 결정 배향 소재와 플렉서블 압전 디바이스 제조에 필요한 압전 단결정 seed 소재의 개발이 필요하며, 본 발표에서는 압전 단결정 seed 소재 제조에 필요한 조성 설계에 대해 소개하고자 한다. 특히 비정상 입성장을 유도할 수 있는 조성 설계를 통해 간단한 제조 공정으로 plate 형태의 단결정 seed 소재를 제조할 수 있는 연구 결과를 소개한다. 제조된 단결정 seed 소재는 유연 압전 소재 등 다양한 미래형 소재에 응용될 수 있다.

### G1C-14 | $(Ca_{1+x}Sm_{1-x})(Al_{1-x}Ti_x)O_4$세라믹의 미세구조 및 격자 왜곡에 따른 마이크로파 유전특성

김민규[1], AHMED Tauseef[1], 이정현[1], 김효태[1], 이가연[2], 여동훈[2], *이순일[1]
[1]창원대학교, [2]한국세라믹기술원

최근 자율주행, IoT 등 혁신기술의 지속적인 발전에 따라 차세대 무선통신(5G+/6G)의 요구 또한 증가하고 있다. 따라서 관련 기반 기술과 그에 응용되는 기초 재료, 특히 중간 또는 고 유전율의 저손실(low-loss) 유전 재료에 대한 관심과 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근에는 적용 주파수의 대역이 증가함에 따라 무선통신 기지국의 RF 필터에 적용할 수 있는 재료로써 저손실 중유전율(middle-permittivity, k~20) 마이크로파 유전체가 주목받고 있으며, 일반적으로 $ABO_3$페로브스카이트 구조의 유전체가 유전율이 높고 유전손실이 적으며 유전특성이 온도 변화에 안정적인 것으로 보고되고 있다. 또한, 이들의 마이크로파 유전특성은 세라믹의 미세조직 및 결정구조, 화학적 규칙성(chemical ordering) 등을 제어함으로써 달라질 수 있어 다양한 연구가 진행 중이다.

본 연구에서는 $(Ca_{1+x}Sm_{1-x})(Al_{1-x}Ti_x)O_4$(x=0.1,0.15,0.2)세라믹스를 고상 반응법을 통해 제조하였으며, 이들의 마이크로파 유전특성을 미세구조(microstructure)와 격자왜곡(lattice distortion)의 관점에서 분석하였다. 결론적으로, 유전손실은 격자왜곡에 우선적인 영향을 받는 것으로 사료되며, x = 0.1 조성의 세라믹에서 ~19, ~84,000 GHz, 공진주파수 온도계수(TCF) ~ -2.77 ppm/℃의 우수한 마이크로파 유전특성을 확인하였다.

## G2A : 에너지 환경 세라믹스

### G2A-1 | Inkjet Printing of Protonic Ceramic Fuel Cells

CHANG Wanhyuk[1], KANG Sungmin[1], OH Kyung Ho[1], *SHIM Joon Hyung[1]
[1]Korea University

Protonic ceramic fuel cells (PCFCs) represent the next generation of environmentally friendly power sources, surpassing the attention garnered by solid oxide fuel cells (SOFCs). Their ability to operate at lower temperatures, attributed to lower activation energy and higher ion conductivity in the low-temperature regime compared to conventional oxide ion conducting ceramics, positions them favorably. Consequently, PCFCs demonstrate superior performance to SOFCs at lower temperatures, offering potential energy and cost savings in system operation. In this study, we achieved the successful fabrication of high-performance and stable PCFCs with inkjet-printed perovskite cathodes. A printable cathode ink of high quality, possessing suitable composition and stability, was developed. The inkjet-printed PCFCs exhibited a peak power output of approximately 350 mW/cm$^2$ at 500 °C. Microstructural and impedance analyses were conducted to correlate performance enhancements with structural characteristics. Furthermore, a long-term stability test spanning over 80 hours was conducted to affirm the reliability of inkjet-printed PCFCs. During the presentation, we will discuss the promising aspects of inkjet printing for the production of high-quality PCFCs and discuss the challenges associated with their practical application.

### G2A-2 | Inkjet-Printed $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ Cathodes for Large-Area Solid Oxide Fuel Cells

OH Kyung Ho[1], *SHIM Joon Hyung[1]
[1]Korea University

Despite the many advantages of solid oxide fuel cells (SOFCs), skepticism persists regarding their viability due to lower-than-expected performance at low operating temperatures (≤ 600 °C) and challenges with scalability. Addressing these issues hinges on the production of high-quality cathodes, where significant energy loss occurs during the oxygen reduction reaction. Traditional liquid-coating methods often fail to achieve the optimal microstructure of the cathode layer required for stable, high performance. In contrast, inkjet printing (IJP) technology offers a promising solution. It enables precise control over the amount, concentration, and combination of printing inks, facilitating the production of thin films with desired material compositions and microstructures over large areas. In this study, we successfully fabricated $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (PBSCF) cathode layers for large-area SOFCs using a piezoelectric printer. The ink formulation, synthesized with carefully calibrated amounts of powder, solvents, and additives, ensured excellent adhesion and performance in the intermediate temperature regime. The microstructure of the PBSCF layer was finely tuned through IJP conditions, resulting in SOFCs with cathodes exhibiting high power output and decent open circuit voltages. Our experiments demonstrated peak power densities exceeding 1 W/cm$^2$ at 600 °C. We anticipate that this approach will facilitate the fabrication of large-scale unit cells in SOFC research, offering a pathway toward addressing scalability challenges and enhancing the performance of SOFCs for practical applications.

### G2A-3 | 고체 산화물 전해 셀 운전 조건에서의 이트리아 안정화 지르코니아 전해질의 상 안정성에 대한 이해

김성균[1], 이현진[1], *김선동[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원

고온에서 작동되는 SOEC(Solid Oxide Electrolysis Cells) 기술은 저온에서 작동되는 알칼라인이나 고분자 전해질 전기 분해에 비해 열역학적으로 효율적인 차세대 수전해 시스템으로 각광받고 있다. 그럼에도 불구하고, 장기 안정성에 대한 문제는 여전히 남아있다. 현재까지는 SOEC의 열화 메커니즘 연구가 대체로 전극과 전해질 계면에 집중된 반면 전해질 자체의 열화 메커니즘에 대한 이해는 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 SOEC 작동 모드에서 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ) 전해질의 열화 메커니즘을 중점적으로 연구하였다. 특히 8~10 mol% 범위의 $Y_2O_3$ 도핑된 YSZ의 열화 거동을 연구한 결과, 100시간 동안 900 ℃에서 SOEC 작동 환경에서 8YSZ은 9.5 및 10YSZ에 비해 이온 전도도가 현저하게 감소함을 확인하였다. 전기화학 및 특성 분석을 통해 전해질의 열화 거동을 평가하였으며 머신러닝을 적용하여 STEM-EDS를 통해 관찰된 전해질 내의 무질서한 원자들의 규칙성을 도출하였다. 본 연구는 SOEC 환경에서 전해질의 열화에 대한 기작을 명확히 하고, SOEC 운영 조건 하에서의 장기안정성을 고려하였을 때, 초기의 높은 이온전도도를 보이는 8YSZ가 최적의 조성인지 논의하고자 한다.

### G2A-4 | A-site 및 B-site 도핑을 통한 $PrBaFe_2O_{5+\delta}$ 전극 기반 고체 산화물 셀의 연료 전지 및 이산화탄소 전해전지 성능 향상 연구

이현진[1], 손승재[2], 김성균[1], 최수민[1], 김민규[3], *신태호[3], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]충북대학교, [3]한국세라믹기술원

기후 변화로 인한 문제를 완화하기 위해서는 온실가스가 발생없이 에너지를 얻을 수 있으며, 나아가 온실가스를 자원화 할 수 있는 기술의 도입이 필요하다. 고체 산화물 셀은 화학 연료를 전기 에너지로 전환하는 유망한 차세대 장치로, 청정에너지인 수소를 이용하여 온실가스가 발생하지 않는 전력을 공급할 수 있을 뿐만 아니라, 신재생에너지를 이용해 청정에너지원인 수소 또한 생산할 수 있다. 또한, 탄소 침적 내성을 가진 전극을 사용할 경우, 온실가스인 이산화탄소를 일산화탄소로 분해하여 온실가스 저감 및 화학 공업의 원료를 생산하는 것 또한 가능하다. 본 연구에서는 산화/환원분위기에서 모두 안정한 소재로 널리 알려져 있는 $PrBaFe_2O_{5+\delta}$ 소재를 기반으로 A-site에는 Sr을, B-site에는 Ge을 적절히 도핑한 물질을 고체 산화물 셀의 대칭 전극으로 적용하였다. 기존 연구에서 Sr이 A-site인 Ba 자리에 도핑 될 경우 전자 전도도가, Ge이 B-site인 Fe 자리에 도핑 될 경우 산소 이온 전도도가 향상되었기 때문에, 연료전지와 이산화탄소 전해전지의 대칭 전극으로 사용할 수 있을 것이라 판단하였다. 도핑을 통해 제조된 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Fe_{1.9}Ge_{0.1}O_{5+\delta}$ 소재는 산화/환원 분위기에서의 안정할 뿐만 아니라, 대칭 전극으로 적용하여 연료전지 및 이산화탄소 전해전지 성능을 평가하였을 때 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 성능 향상의 원인을 찾기 위해 임피던스 및 DRT (distribution of relaxation times) 등 전기화학 분석을 진행하였고, 이를 통해 도핑 된 소재는 상대적으로 이산화탄소의 흡착/해리 반응이 촉진된 것을 확인하였다. 또한 추가적인 TGA (Thermogravimetric analysis), XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), ECR (electrical conductivity relaxation) 분석을 통해 A-site 및 B-site 도핑을 통한 산소 공공 농도 증가 및 표면 교환 반응 향상이 전극의 전기화학 반응을 촉진시킬 수 있음을 규명하였다.

### G2A-5 | Anode-supported solid oxide fuel cell에서 메탄사용의 구동 조건 도출 및 가스크로마토그래피를 이용한 구동 중 메탄 침적 거동 분석

안혜송[1], 남경덕[1], 홍종은[2], 이종호[3], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원, [3]한국과학기술연구원

고체산화물 연료전지(Solid oxide fuel cells, SOFC)는 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 고효율 장치로 기존의 화석연료 이용 방식과 비교하여 대기오염물질 배출이 적은 환경 친화적 에너지 기술로 주목받고 있다. SOFC는 주로 600 ~ 1000 에서 작동되며 고온 특성으로 인해 수소 외에도 천연가스, 석탄가스, 메탄을 등 다양한 연료를 사용할 수 있다. 성능면에서 가장 우수한 원료는 수소이지만, 수소는 산소나 탄소와 결합한 형태로만 존재하기 때문에 별도의 분리 작업이 필요하여 추가적인 에너지와 비용이 발생한다. 따라서 메탄과 같은 수소의 대체 연료는 SOFC에서 유망한 선택지로 여겨지며, 메탄은 액화천연가스(LNG)의 주요 구성 성분으로 공급량이 많고 비용이 저렴하여 SOFC에 적합한 연료이다. Ni cermet 기반으로 제작되는 연료극 지지형 (Anode-supported) SOFC는 중・저온에서 높은 출력 밀도를 가지는 장점으로 많은 연구가 진행되고 있지만, Ni cermet을 메탄 연료의 내부 개질 촉매로 사용할 경우 탄소 침적에 대한 취약성으로 인해 전극의 활성 표면적이 감소하며 셀 안정성이 크게 저하될 수 있다. 이에 본 연구에서는 스팀 메탄 개질(Steam methane reforming, SMR)과 같은 메탄 이용 방법을 고려하여 SOFC의 성능과 안정성을 유지하는 조건에 대한 연구를 진행하고자 한다. 이 과정에서 전기화학 및 표면 분석을 통해 전극 비활성화 메커니즘을 분석하고 안정성과 성능을 고려한 최적 조건을 도출하고자 한다. 또한 온도, 구동 전압, 연료/증기의 비(Steam to carbon ratio) 등과 같은 다양한 작동 조건 사이의 복잡한 상호작용을 이해하는데 도움이 되고자 한다. 메탄 연료 사용 후 탄소 침적 분석은 셀 구동을 마친 후에 SEM, Raman 분석과 같은 표면 분석 기법을 통해 주로 이루어진다. 이러한 방법들로는 셀 구동 중 탄소 침적 현상을 직접적으로 하기 어렵다. 셀 구동 중 전기화학 분석을 통해 탄소 침적으로 인한 셀 성능 저하를 확인할 수 있으나 이는 탄소 침적이 극소 부위에 발생했을 때는 탐지하기 어렵고 열화가 상당히 진행된 경우에 확인 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 셀 구동 중 가스 크로마토그래피(Gas Chromatography)를 이용하여 탄소 침적 메커니즘을 규명하고자 한다.

### G2A-6 | 공기극 지지체 SOFC의 redox cycle 특성 연구

남경덕[1], 임기성[2], 김유찬[2], 주현철[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]인하대학교

고체산화물 연료전지(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)는 구성 요소인 전해질 및 전극 소재가 모두 세라믹 소재로 이루어진 연료전지로써 고온의 작동 환경에서 시스템 발전 효율이 높고 다양한 연료를 이용할 수 있다는 장점으로 인하여 미래 에너지 전환 기술로 주목받고 있다. SOFC는 크게 공기극, 전해질, 연료극으로 구성되어 있으며 여러 개의 단위 전지가 연결재를 통해 연결된 형태로 발전 장치에 활용되고 있다. 전해질과 전극의 구성 방식에 따라 SOFC는 공기극 지지체, 연료극 지지체, 전해질 지지체로 구분되어진다. Ni cermet을 기반으로 하는 연료극 지지체 SOFC는 전해질을 얇게 제조 할 수 있어 작동 온도를 낮출 수 있고, 높은 출력 밀도를 갖는 장점을 가지고 있어 일반적으로 연료극 지지체 SOFC를 중심으로 연구 개발이 이루어지고 있다. 하지만 연료극 지지체 SOFC는 두꺼운 연료극 층으로 인해 redox cycle 상황에서 Ni의 팽창으로 인한 셀의 파괴를 쉽게 야기할 뿐만 아니라 연료극 소재의 유연한 설계가 어렵기 때문에 탄화수소를 직접 연료로 사용하는 SOFC 상용화에 여러 제약이 있다. 이와 달리 공기극 지지체 SOFC (cathode-supported SOFC)는 연료극 소재 활용이 유연하여 coking을 억제하기 위한 다양한 탄화수소계 연료극 조성 설계가 가능 할 뿐만 아니라 공기극 지지의 구조적 이점으로 redox cycle에 안정한 SOFC 제조가 가능한 장점을 가지고 있으나, 공소결시 공기극/전해질 간의 확산 문제와 공기극 미세구조 제어의 어려움으로 인해 세계

적으로 연구 결과가 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 공기극과 전해질 소재 기술 및 미세구조 제어 기술을 바탕으로 공기극 지지형 SOFC를 제조하였다. 공기극 및 전해질 소재로는 $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$-$Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{2-\delta}$ 및 $Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{2-\delta}$를 각각 사용하였으며 테이프 캐스팅 공정 및 공소결을 통하여 20um의 전해질 두께를 갖는 공기극 지지형 SOFC를 확보하였다. 본 발표에서는 공기극 지지형 SOFC의 redox cycle 특성에 대해 논의하고자 한다.

**G2A-7 | Highly Active, Stable Ru-free Anode for Direct Ammonia Solid Fuel Cells: Enhanced Performance through Donor-Promoted NiFe Alloy Catalyts**

LEE WonJun[1], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University

The emerging interest in Direct Ammonia Solid Oxide Fuel Cells (DA-SOFCs) highlights their potential as a promising technology for sustainable energy conversion, exploiting ammonia's high hydrogen density and ease of liquefaction. However, practical application of DA-SOFCs is hampered by the high cost of Ru catalysts, alongside the poor stability of traditional promoters under fuel cell operating conditions. Addressing these challenges, we employed a systematic approach through density functional theory calculations, proposing a low-precious-metal, high-performance DA-SOFC system. By identifying nitrogen adsorption energy and work function as key descriptors, a NiFe alloy and Nb-doped $SrTiO_3$ (NSTO) were designed as the catalyst and promoter-doped support, respectively. The experimental validation confirmed the superior performance of the NiFe-NSTO system, demonstrating its high ammonia conversion rate. Our research may guide the further development for high-performance DA-SOFCs and suggest that donor doping in oxides is an effective strategy for producing and maintaining promoter effects in fuel cells.

**G2A-8 | 니켈 나노입자: 세리아(Ceria) 전극의 전기화학 반응 향상을 위한 핵심 요소**

홍지호[1,2], *손지원[1,2], *양성은[1]
[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원

Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) offer high energy efficiency and are a promising renewable energy option. This study explores the anode reactions in SOFCs using composite anodes comprised of nickel and gadolinium-doped ceria (GDC). Specifically, research focuses on the active sites for H2 oxidation reaction within these anodes, namely the ceria-H2 contact area (double-phase boundary, DPB) and the nickel-ceria-H2 contact area (triple-phase boundary, TPB). While both DPB and TPB have been identified as active regions, further investigation is required to elucidate their mechanisms and relative activity levels. Several analytical techniques, including XRD (X-ray diffraction), TEM (transmission electron microscopy), and Raman spectroscopy were employed to provide insights of the Ni-GDC active areas. Also, by incorporating the two active sites in the full cell's anode, we had results about the effect of the presence and the morphology of the nickel catalyst. The electrode containing nickel nanoparticles outperformed those with pure and single-atom/doped nickel in symmetrical and full cell tests. Our research not only provides insights into the active areas of the Ni-GDC electrode but also achieves significantly higher performance levels than previous studies.

**G2A-9 | Investigating effect of phase change on $BaCo_{0.85}Y_{0.15}O_{3-\delta-x}F_x$ as an efficient cathode material for solid oxide fuel cell**

ROH Seungwoo[1], KIM Hyunseung[1], YU Hyeongmin[1], *LEE Kangtaek[1], *JUNG Woochul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Solid oxide fuel cells (SOFCs) have seen substantial advancements in recent decades. Much of the research has revolved around the development of air electrodes due to their inherently slow oxygen reduction reaction kinetics. Despite having high concentrations of cobalt in B-site, known for high oxygen reduction reaction (ORR) activity, pure $BaCoO_{3-\delta}$ with hexagonal phase exhibits low ionic diffusivity and poor ORR kinetics. In this study, we employed an anion doping strategy to convert hexagonal $BaCo_{0.85}Y_{0.15}O_{3-\delta}$ into cubic phase, while maximizing the concentration of the highly active element. By doping fluorine into $BaCo_{0.85}Y_{0.15}O_{3-\delta}$ (a mixed cubic and hexagonal phase), a simple cubic phase with high crystallinity was achieved. As the fluorine doping concentration increased, the proportion of the cubic phase rose, with 10 mol% of fluorine effecting a complete transition. The area-specific resistance value, obtained from electrochemical impedance spectroscopy with symmetrical cells, decreased by 40%, dropping from 0.051 $\Omega \cdot cm^2$ to 0.031 $\Omega \cdot cm^2$ at 650°C. Single Cell performance of BCY15 F10 showed peak power density of 1.07W/$cm^2$ at 650°C, showing 33% of improvement compared to Bare BCY15(0.87W/$cm^2$). This improvement is primarily attributed to a 5-fold increase in $k_{chem}$, as measured by electrical conductivity

relaxation tests, and is due to the phase change into a symmetrical cubic lattice resulting from cobalt reduction caused by fluorine doping. The phase change from hexagonal to cubic, which has not been reported previously, resulted in a significant performance enhancement. This suggests that fluorine anion substitution could be an effective strategy for developing highly functional perovskite electrocatalysts in the field of energy conversion.

### G2A-10 | 프로톤 전도성 산화물 전지 연료극의 반응 활성점 및 반응경로 탐구

김진욱[1], 남성우[1], 안세종[1], 김현승[1], 김준혁[2], 정범균[3], DiChen[4], *정우철[1]
[1]한국과학기술원, [2]성균관대학교, [3]한국기초과학지원연구원, [4]Tsinghua University

Proton-conducting ceramic cells are emerging as promising alternatives to conventional oxygen ion-conducting devices, offering the potential for low-temperature operation in next-generation energy technologies. Despite their promise, a detailed understanding of the electrochemical reactions at the electrodes of proton-conducting ceramic cells remains elusive, impeded by the complex nature of these reactions and a gap in knowledge concerning electrode materials. Notably, the use of model electrodes for in-depth mechanistic studies—commonplace in the research of traditional oxygen ion-conducting fuel cells—is scarce for proton-conducting counterparts. This study focuses on fundamental research of the electrochemical reactions occurring at the fuel electrode surface in proton-conducting cells. Metal patterned $BaZr_{0.4}Ce_{0.4}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ model composite electrodes are utilized to investigate the electrode reactions. Impedance analysis is conducted under various hydrogen partial pressures and applied voltages to analyze the electrochemical activity. Additionally, in-operando X-ray photoelectron spectroscopy is employed to perform real-time surface chemical analysis under high-temperature with hydrogen exposure conditions and over-potentials. This comprehensive analysis lead to the identification of triple phase boundaries as the dominant active sites and the charge transfer step of protons to metal as the RDS for the hydrogen incorporation reaction among 45 candidate steps. The findings contribute to a comprehensive understanding of the electrochemical processes in proton-conducting ceramic fuel cells, providing valuable insights for the design of fuel electrode materials.

### G2A-11 | 페로브스카이트 산화물 표면 비정질화 및 나노촉매 형성을 통한 고온 산소환원반응 개선

전성현[1], 정완길[2], 배호한[3], BARNETT Scott A.[3], 서종수[4], 김봉중[5], *정우철[1]
[1]한국과학기술원, [2]한국기초과학지원연구원, [3]Northwestern University, [4]한국에너지기술연구원, [5]광주과학기술원

The efficacy and durability of chemical and electrochemical catalysts heavily rely on their surface properties. Therefore, conducting a thorough analysis of catalyst surfaces is crucial for advancing catalyst development. In this research, we explore Cu-substituted $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$, a state-of-the-art material for oxygen reduction reaction (ORR), to monitor real-time alterations in surface morphology and chemistry under elevated temperatures in a reducing environment. Notably, we make a significant discovery: the perovskite surface undergoes amorphization at an unexpectedly low temperature of approximately 100°C, accompanied by the formation of multi-component metal nanocatalysts on the amorphous surface as the temperature reaches 400°C. Additionally, our investigation into the stability of the resulting amorphous layer under oxidizing conditions reveals that it can endure high-temperature oxidizing atmospheres (~650°C) only after undergoing sufficient reduction for an extended period. As a result, the coexistence of active nanocatalysts with the defective amorphous surface leads to an almost 100% enhancement in electrode resistance for the ORR over 200 hours, with minimal degradation. These discoveries propose an innovative catalytic design strategy utilizing redox-dynamic perovskite oxide host materials.

### G2A-12 | Revealing the Crucial Role of Metal Oxide Infiltration in Regulating Surface Oxygen Exchange Activity of Perovskite Oxides

KIM Hyunseung[1], SEO Han Gil[2], AHN Sejong[1], TULLER Harry L.[3], *JUNG WooChul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Dankook University, [3]Massachusetts Institute of Technology

Enhancing the oxygen reduction activity of mixed electronic-ionic conducting oxides is crucial for various energy and fuel conversion technologies. One effective approach involves modulating the surface oxygen kinetics on fluorite-type oxides by leveraging the acidity of infiltrated binary oxides. Extending this strategy to

complex perovskite-oxide-based electrocatalysts, we investigated the influence of surface infiltration of basic CaO or acidic Al2O3 on the oxygen exchange kinetics of $SrTi_{1-x}Fe_xO_{3-\delta}$ (STFx) mixed conductors. Through systematic evaluation of the (de)activation induced by infiltration on STFx as a function of iron concentration x, we confirmed the applicability of the acid-base approach to perovskite oxides. Intriguingly, despite uninfiltrated specimens showing a surface oxygen exchange rate diverging by over an order of magnitude with variations in x, it tended to converge to a specific value following CaO or $Al_2O_3$ infiltration. This underscores the benefits of utilizing infiltrated STFx with low iron content, providing improved mechanical, thermal, and chemical stability.

## G2B : 에너지 환경 세라믹스

### G2B-1 | Understanding morphology effects on mixed potential ammonia Sensor by homogenous infiltration of $BiVO_4$ sensing electrode

ISLAM Md Shoriful[1], YEON Namgung[1], RACHMAN Ihsan Budi[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

Real-time monitoring of ammonia slip from the automotive and diesel engine exhaust is necessary in order to prevent the escaping ammonia to become an environmental pollutant. To this end, the solid electrolyte-based electrochemical mixed-potential $NH_3$ sensor has become a viable solution. This work aims to enhance the $NH_3$ sensing performance of a $BiVO_4$-based sensing electrode (SE) by tailoring its microstructure with homogeneous infiltrating of $BiVO_4$ precursor solution of varying molarity into the preformed $BiVO_4$ substrate and subsequent thermal curing. The physical and electrochemical characterization of the homogenous infiltration $BiVO_4$ (i-BVO) SE indicates that microstructure tailoring enhances the sensor performance by extending the gas/SE/solid-electrolyte triple phase boundary. The sensitivity (-119.47 mV/decade) and response time (20 s) of the i-BVO SE-based sensor at the optimum operating temperature (600 ℃) are 20% higher and 8 s faster than the corresponding values for the bare BiVO4 SE-based sensor. The selectivity, cross-sensitivity, and stability under a wide $pO_2$ range are tested, and the sensor response mechanism is investigated. Furthermore, the present SE (i-BVO) was compared with various oxide-based SEs which highlights its suitability for mixed-potential $NH_3$ sensing.

### G2B-2 | 다결정고체전해질 임피던스의 궁극적 해석모델: LLZ와 베타알루미나에의 적용

*이종숙[1], PHAM Thuy Linh[1], TRAN Tran Thi Huyen[1], 김지훈[1]
[1]전남대학교

Solid electrolytes like beta alumina were considered a ‘prelude to a revolution in solid electrochemistry’ in the 70s. Recent interest in solid electrolytes for all-solid-state batteries may complete the revolution, which seemed unsuccessful or incomplete. The brick-layer model with constant phase elements as generalized capacitors is widely used where bulk conductivity and dielectric constant are estimated from the high-frequency impedance arc, and the middle-frequency response was attributed to the blocking grain boundaries due to the depletion of charge carriers. At lower frequencies, blocking effects of Ag or Au inert metal electrodes appear. Impedance spectroscopy conveniently separates the sample property even when Li or Na reversible electrodes are not used. Yet the AC behavior of the solid electrolytes is not satisfactorily described. Frequency dispersion at high frequencies has been studied with key concepts such as ‘UDR (universal dielectric response) or CK1 model, corresponding to the stretched exponential decay in the time domain. Temperature dependence, as often shown by scaling law, suggests the origin of the mobile charge carriers. While the space charge layer has become the most popular model for the grain boundary effects, Li7La3Zr2O12 (LLZ) and sodium beta alumina strongly suggest current constriction effects indicated by the temperature dependence, the same as for the bulk conduction. Well-defined temperature and frequency dependence of the solid electrolytes can be seen in the AC conductivity (admittance) Arrhenius plots and admittance and capacitance Bode plots. Sample response can be described by the several Havriliak-Negami capacitance functions with fixed exponents, relaxation times all activated the same as the bulk conduction, and the capacitance magnitudes associated with the mobile charge carriers inversely proportional to the temperature. The resistance effects are in parallel to the several capacitance functions. The concepts were proven and reported about ten years ago, but the parameter determination from the individual spectrum fitting required too much time and effort. Finally, a Python-based algorithm has been developed that fits a series of impedance data at different temperatures, which can be thousands, with only a dozen parameters.

### G2B-3 | 고온 수전해 기반 전기화학적 암모니아 합성 연구

조영훈[1], 김혜리[1], 윤형철[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원

암모니아는 수소에너지에 대한 에너지 저장 밀도가 높아 수소 캐리어로 용이하게 사용될 수 있다. 또한, 기존 비료 공급망 및 운송 라인과의 활용도가 높고 비용 측면에서도 이점을 지닌다. 현재 암모니아는 주로 하버-보슈법을 통하여 생산되고 있다. 하지만, 하버-보슈법은 고온과 고압에서 작동하기 때문에 에너지 효율이 낮고 많은 에너지를 소비한다. 또한 수소를 생산하는 과정에서 전세계 이산화 탄소 배출량의 약 1.8%가 배출이 되는 문제가 있으며 이를 해결하기 위해 그린 암모니아 생산 기술에 대한 필요성이 증대하고 있다. 그 중 고체 전해질을 이용한 전기화학적 암모니아 합성 기술은 생산된 암모니아에 대해 추가적인 분리 공정이 필요하지 않을 뿐만 아니라 저온 수전해 기반 암모니아 합성 기술에 비해 열역학적으로 물 분해 반응에 필요한 에너지 감소로 저온 암모니아 합성보다 구동 전압 장점이 있다. 현재 고온 암모니아 전기화학적 전지 연구는 cathode 전극 지지형 셀(Ni Cermet)을 이용한 연구가 중점적으로 이루어지고 있으나, Ni Cermet 경우 전극의 산화를 막기위해 수소 분위기에서 구동해야 하는 문제가 있으므로, 본 연구에서는 순수한 물을 분해하여 암모니아를 생산할 수 있는 수소를 공급하고, 질소나 $NO_X$ 로부터 전기화학적 암모니아 합성이 가능한 전해질 지지형 고체 산화물 전지를 설계를 하였다. 또한 중저온에서 높은 산소 이온전도성을 가지며 SOEC 구동조건에서 적합성을 가지는 $La_{0.9}Sr_{0.1}Ga_{0.8}Mn_{0.2}O_{3-\delta}$ (LSGM)을 전해질로 사용하여 및 다양한 변수 (온도, 연료, 전압) 조절하여 암모니아 합성속도($10^{-10}$~$10^{-9}$ mol $NH_3/cm^2$ •sec) 증진시키고자 한다.

### G2B-4 | Density functional theory study of iron-poor nickel ferrites for highly efficient thermochemical water splitting

JUNE Hyeokjoon[1], LEE Dongkyu[2], JIN Hyungyu[2], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University , [2]Pohang University of Science and Technology

Hydrogen production through thermochemical water splitting presents a promising avenue in the field of energy science, offering a pathway to decarbonize global chemical industries. This research focuses on the use of Fe-poor Nickel Ferrite oxides, with a particular emphasis on $Ni_{0.65}Fe_{0.35}O_x$ (NFO35). NFO35 exhibits superior conversion efficiency in producing hydrogen through thermochemical water splitting surpassing the performance of conventional materials such as $CeO_2$ and perovskites. Through comprehensive experimental studies and Density Functional Theory (DFT) analyses, the study underscores the crucial role of Fe migration, the optimal strength of O-H bonding, and the significant contribution of Ni in enhancing hydrogen adsorption. These findings highlight the critical importance of material design in advancing hydrogen production technologies for sustainability of carbon-neutral energy system.

### G2B-5 | Selective control of oxygen evolution mechanisms by doping concentrations in $RuO_2$

MOON Jinuk[1], JUN Hyunwoo[2], LEE Jinwoo[2], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Electrochemical water splitting offers a promising strategy for the production of clean hydrogen. The development of effective anode catalysts for the acidic oxygen evolution reaction (OER) is crucial for efficient electrolysis, as sluggish OER kinetics have hindered the overall efficiency of cell operation. Recently, ruthenium oxide catalysts have gained prominence as an anode catalyst, and its kinetics can even be improved by doping transition metal atoms. We have used a combination of computational quantum chemical calculations and advanced experimental methods to design a novel Ru-based oxide catalyst by controlling the amount of manganese doping. The thermodynamic feasibility of the four-electron water oxidation mechanism is explored based on the adsorbate evolving mechanism (AEM) and the lattice oxygen mechanism (LOM). This work provides a comprehensive understanding of the OER mechanism and provides design principles for designing OER catalysts with enhanced activity and stability.

### G2B-6 | 플라즈마 적용 불가사리 기반 탄산칼슘 촉매를 활용한 바이오디젤 생산

하제영[1], 이성호[1], *LI Oi Lun Helena[1]
[1]부산대학교

화석 연료 사용 시 발생하는 온실가스로 인해 지구온난화가 가속화되어, 온실가스 절감을 위한 화석 연료 대체제가 연구됨. 바이오디젤은 유기폐기물을 활용한 재생 가능한 연료임. 이 연료는 비독성, 폐기물의 재사용, 추가 가공없이 기존 디젤 엔진에서 사용 가능하지만 수율, 바이오디젤 생산 시 에너지 효율 및 비용 등의 문제가 있어 지속적인 연구가 필요함.
본 연구는 폐기물로 여겨지는 불가사리를 활용한 촉매를 통해 바이오디젤 생산을 하여 환경 오염 해결에 기여를 하였음. 불가사리는 대부분 탄산칼슘으로 구성되어, 900℃ 열처리를 통해 주로 트랜스에스터화 촉매로 활용되는 CaO를 합성함. CaO와 같은 세라믹은 열적, 화학적 안정성을 가지며, 반응물과 쉽게 분리되어 바이오디젤 생산을 위한 촉매로 연구가 활발히 진행됨. CaO와

아연 전구체 양을 조절하여 솔루션 플라즈마 공정을 통해 Zn-CaO 촉매 합성함. 촉매는 SEM, XRD, TGA, BET, XPS를 통해 분석 진행함. 트랜스에스터화는 식물유, 메탄올 10:1 몰 비율, 1 wt% 촉매, 64℃, 1500 rpm 조건 하에 진행되었음. CaO와 아연 전구체의 몰 비율 10:1의 Zn-CaO 촉매가 최대 91.7%의 수율을 가짐. 촉매 재사용 시 91.5% 수율을 가지는 것을 확인함.

### G2B-7 | A New Strategy for Material Design of Perovskite Oxide-based $CO_2$ Methanation Catalysts

*KOO Bonjae[1]
[1]Sungshin Women's University

The increase of carbon dioxide ($CO_2$) in the global atmosphere is a critical problem that accelerates global warming through the greenhouse effect, and a solution is needed to reduce $CO_2$. Among the various carbon reduction technologies, $CO_2$ methanation can contribute to reducing $CO_2$ emissions by chemical reaction with hydrogen ($H_2$). And synthetic methane ($CH_4$) gas obtained by the reaction can be stored and transported through an advanced natural gas infrastructure. However, it is necessary to develop catalysts with high catalytic activity and durability in order to maintain methane production for a long time. Exsolution process is a synthetic technique of metal nanoparticles, in which metal ions doped in B-site of perovskite oxide ($ABO_3$) lattice escape from the lattice and form well-distributed metal nanoparticles on the oxide surface. It has been reported to perform an active and stable catalyst by anchoring metal nanoparticles with oxide supports in high-temperature catalysis. In this study, we aim to apply an isovalent doping effect in perovskite-type oxide to promote the exsolution of Palladium (Pd), which is known as a representative active catalyst for $CO_2$ methanation reaction. Barium (Ba) is added in Strontium (Sr) sites in perovskite oxide for controlling on Pd-O bond length in the $SrTiO_3$ as a model oxide support. We evaluated the catalytic activity and durability of Pd exsolved $SrTiO_3$ catalysts by Ba doping in Sr sites against $CO_2$ methanation. Pd-excess can be remarkably accelerated by the isovalent doping effect, improving the catalytic activity and long-term stability of the perovskite surface. Based on these findings, it is suggested that isovalent doping is an effective method to design perovskite oxide-based catalysts for $CO_2$ methanation.

### G2B-8 | 촉매 결함 제어를 통한 이산화탄소 전환 선택성 향상 연구

*김현아[1]
[1]한국항공대학교

Concerns on the sustainability and the exhaustion of fossil fuels have spurred global efforts to develop renewable energy resources and their widespread applications. Among the various alternative energy solutions, $CO_2$ fixation via electrochemical reduction to generate hydrocarbons is one of the most environmentally friendly methods to directly convert $CO_2$ under mild conditions. Despite efforts over the past decades to date, the main challenge for $CO_2$ reduction remains the design of a highly selective, active, and stable electrocatalyst. $CO_2$ reduction reaction exhibits multiple reaction pathways associated with electron transfer, leading to a range of value-added carbon fuels. Instead of obtaining a mixture of chemicals, it is important to design a catalyst that can increase the product selectivity to achieve the target product. Reduction of CO2 to CH4 is promising as the resulting CH4 can be further transformed into hydrocarbons, making it one of the most economically viable CO2 reduction products out of various possible products. In this study, we select hBN on Cu as a model system and systematically boost the product selectivity toward $CH_4$ using the oxygen substitution method. A series of defective hBN on Cu with varying ratios are scrutinized and proposed as a new $CO_2$ reduction catalyst. A clear trend of increasing $CH_4$ production and decreasing CO production are shown. The increased $CH_4$ selectivity may be due to altering the electronic properties of hBN-Cu with increasing defects, thereby modulating the adsorption energy of the $CO_2$ reduction intermediate, which determines the product selectivity. Our study demonstrates an easily tuning method for increasing the selectivity of $CO_2$ reduction and the critical role of intermediate adsorption energy on the $CO_2$ catalytic activity, which would guide the design of new effective catalysts.

### G2B-9 | 하수슬러지 전기침투탈수를 위한 불용성양극전극의 적용성 연구

유미영[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

Achieving increasing importance in wastewater treatment facilities, advanced treatment plays a crucial role, and the additional cost of sludge disposal generated

as a result has become a significant economic factor in wastewater treatment plant operations. Reducing the volume of generated sludge is essential, and dehydration of sludge is indispensable for volume reduction.
While free water present in the sludge can be relatively easily discharged externally, bound water within the sludge, whether within the sludge capillary or bound to substances within sludge cells, is difficult to remove. Therefore, in this study, to address the drawbacks of currently industrially utilized inert anode electrodes such as $IrO_2$ and Pt electrodes, Boron-Doped-Diamond (BDD) electrodes were selected to investigate the dewatering efficiency characteristics of sludge cakes.
The Boron-Doped-Diamond (BDD) electrode, renowned for its excellent mechanical properties, non-toxicity, and wide potential window, was deposited onto an Nb substrate using the HFCVD method. In order to compare its treatment characteristics with the conventional $IrO_2$ electrode, the efficiency of sludge cake dehydrating was analyzed as a function of treatment voltage and duration. The results indicate that the electrochemical dehydrating method employing the BDD electrode surpasses conventional drying methods and those utilizing $IrO_2$ electrodes in terms of treatment efficiency and economic viability, suggesting its broad applicability.

**G2B-10 | 볼밀링을 이용한 MgO 절연 코팅된 Fe-4.5 wt.%Si 기반의 코어-쉘 구조 연자성 복합체 개발 및 고주파 (~1 GHz) 특성 평가**

임태협[1], 안종혁[1], 이귀영[1], 이재성[1], *김종렬[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

높은 비저항으로 고주파수에서 와전류 손실을 최소화하는 물질로 알려진 MnZn 페라이트와 NiZn 페라이트는 100 kHz 이상의 고주파수에서 사용된다. 특히 무선 전력 충전기의 경우, 주로 100-205 kHz 주파수 범위에서 사용된다. 그러나 이러한 페라이트는 수신기와 송신기 유닛 사이의 거리와 방향을 제어할 수 있는 자화 값이 낮다는 한계가 있다. 따라서 고주파 영역에서 와전류 손실을 최소화하면서 높은 자화 값을 보유한 금속 기반의 연자성 복합체의 개발이 요구된다. 이를 위해 본 연구에서는 연자성 물질의 코어 재료로 알려져 있는 Fe-4.5 wt.%Si 분말 표면에 와전류 손실을 최소화할 수 있는 MgO 절연층을 코팅하는 공정을 개발하고자 하였다. 일반적인 코팅 방법으로 Sol-gel, CVD 등과 같은 화학적인 방법을 이용하여 절연막을 제조하고 있으나 균일한 코팅 및 대량 생산이 어렵다는 단점이 있다. 본 연구에서는 간단한 방법인 볼 밀링을 통한 절연막 제조 방법을 제시하며, 균일한 코팅막을 이루어 효과적으로 형성된 MgO 절연막을 보여준다. $Mg(OH)_2$를 Fe-4.5 wt.%Si 분말과 함께 혼합했으며, 열처리를 통해 최종적으로 Fe-4.5 wt.%Si 분말 표면에 물리·화학적으로 형성된 MgO, $Mg_2SiO_4$ 절연막을 확인했다. 볼 밀링을 통해 제조된 연자성 복합체를 압축 성형하여 제조된 코어 내 Fe-4.5 wt.%Si 분말은 고압에서 성형이 되었음에도 MgO 절연막으로 명확하게 구분되어 있었다. 이를 이용한 고주파 특성 평가에서 연자성 코어는 10 MHz 이상의 주파수까지 투자율이 유지되는 것을 확인함으로써 페라이트 계열의 연자성 코어의 대체 가능성을 확인했다.

**G2B-11 | Synergistic effect between $MoO_x$ and Pd for effective dehydrogenation: A density functional theory study**

LEE Yoojin[1], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University

Introducing metal oxides is an effective strategy for enhancing the efficiency of precious metals. Molybdenum oxide forms different coordination structures on the support surface, depending on the added concentration. The altered surface structure serves to modify both the electronic and geometric structure of the active metal and acid sites. The study focuses on Pd-$MoO_x$/$Al_2O_3$ catalyst in the dehydrogenation reaction of liquid organic hydrogen carrier (LOHC) systems. Density functional theory (DFT) calculations reveal a synergistic interaction between $MoO_x$ and Pd, inducing changes in electronic and surface structures, thereby leading to increased surface activity. The addition of $MoO_x$ enhances Pd dispersion, as confirmed by adsorption energy calculations. $MoO_x$ acts as an electron acceptor, validated through charge density difference analyses. Predictions of dehydrogenation performance are made based on adsorption energies of reactants, products, and hydrogen.

**G2B-12 | Exsolution-driven stabilization of single atom catalysts with efficient electrocatalyst performance**

SUN Dong Hoon[1], JIN Xiaoyan[2], *HWANG Seong-Ju[1]
[1]Yonsei University, [2]University of Seoul

Single atom catalysts evoked tremendous research activity because of their high catalytic activity for various reactions. However, large surface energy of these atomic species caused the agglomeration and structural instability, had detrimental effect on their electrocatalyst performances. As an effective method to overcome this drawback of single atom catalysts, we developed a phosphidation-induced exsolution approach to immobilize single atom catalysts in conductive metal phosphide matrix. Nickel iron phosphide is used as a matrix which is synthesized by phophidation of Ni-Fe-layered double hydroxide (LDH). This process

leads to the embedding of Ru single atom catalysts as well as to the phase transition from Ni-Fe-LDH to conducive nickel iron phosphide. The exsolved Ru single atom catalysts showed outstanding electrocatalytic performance and high durability as hydrogen evolution reaction catalysts, which are much superior to those of Ru-substituted Ni-Fe-LDH and Ru-deposited nickel iron phosphides. The impact of phosphidation-driven exsolution approach could be attributed to the enhancement of electronic coupling between Ru metal atoms and conductive metal phosphide substrate.

### G2B-13 | Improving Water Oxidation Catalysis via Controlled Interlayer Metal Cation Distribution in Layered Double Hydroxides

김종경[1], *조승호[1]
[1]울산과학기술원

The bottleneck of the electrochemical water splitting process, the oxygen evolution reaction (OER), has slow kinetics that hinder the commercialization as a crucial strategy for the generation and storage of renewable energy. Therefore, it is essential to design effective electrocatalysts for this reaction. Owing to the potential for electronic interactions between multiple metal cations, multi-metal-based (hydr)oxides have shown to be promising OER electrocatalysts that could result in better electrocatalytic performances. However, not all metal cation combinations result in advantageous synergistic effects. The appropriate distribution of the cations is also critical, however, controlling their dispersion is challenging because of the high dispersibility of the cations in these hydroxides. Herein, we provide a method to enhance the OER performances of layered double hydroxides (LDHs) by controlling the metal cation distribution. Restacking of exfoliated NiFe and CoAl LDH nanosheets leads to electrochemical synergistic effects between different nanosheets. The restacked LDH revealed the lowest Tafel slope (34.26 $mV \cdot dec^{-1}$) and lowest overpotential (224 mV) among reported powder-type (hydr)oxide and alloy OER electrocatalysts with more than three different metal cations. As a result, this study presents a novel design strategy to improve the electrochemical performances of LDHs

## G2C : 에너지 환경 세라믹스

### G2C-1 | 비스무스 할라이드 페로브스카이트 를 이용한 에너지 수확과 동시에 리튬 이차전지에 양극재료로 활용연구

*윤순길[1]
[1]충남대학교

Halide perovskite, renowned for its multifunctional properties, shows considerable promise for realizing self-charging power systems. In this study, a lead-free methylammonium bismuth iodide ($MA_3Bi_2I_9$) perovskite is used to create a self-charging power unit (SPU). This involves constructing a hybrid piezoelectric-triboelectric nanogenerator (Hybrid-TENG) and utilizing $MA_3Bi_2I_9$ for energy storage as an anode in a lithium-ion battery (LIB). Initially, $MA_3Bi_2I_9$ nanorods are synthesized and composited with a polystyrene-block-poly(ethylene-ran-butylene)-block-polystyrene polymer. The dielectric and mechanical properties of composite films having perovskite loading content are investigated. The optimized Hybrid-TENG exhibits superior performance, generating a voltage of 537 V, current density of 13.2 $\mu A/cm^2$, and maximum power density of 3.04 $mW/cm^2$, which can be attributed to the high piezoelectric coefficient of $MA_3Bi_2I_9$ nanorods (~20.6 pm/V). A $MA_3Bi_2I_9$ thin film, serving as an electrode in LIB, demonstrates a high specific capacity of 2378.9 $mAh/cm^3$ with a capacity retention of ~87.5% over 100 cycles, underscoring its stable performance. Furthermore, a Hybrid-TENG is employed to charge the $MA_3Bi_2I_9$-based LIB, thus realizing an SPU for driving portable electronics. This study highlights the promising potential of perovskites for developing efficient nanogenerators and LIBs, paving the way for sustainable energy solutions in small-scale electronics.

### G2C-2 | PEALD 공정을 이용한 광학 용 항균 기능성 수분 배리어 필름 개발

엄지호[1], 조태연[1], *조성근[1]
[1]한국화학연구원

The onset of the fourth industrial revolution has prompted the widespread adoption of the Internet of Things in everyday life, consequently elevating the significance of mobile electronic devices, notably touch displays. The surfaces of these devices need to tackle health risks arising from moisture-induced damage that can penetrate the device's interior, as well as the potential intrusion of various bacteria, including E. coli and S. aureus, into the user's body. In response to this challenge, extensive research is underway to explore

antibacterial and moisture barrier properties in various materials, encompassing both metallic and organic compositions. This study investigates the development of Zn-based composite oxide-based antibacterial moisture barrier films for flexible electronic devices using PEALD.

### G2C-3 | 오존 분해 상용화 기술을 위한 수분 저항성이 향상된 $Pd/CeO_2$ 모노리스 촉매

*최준환[1], 류승희[1], 김기영[1], 정호진[1]
[1]한국재료연구원

Durability is a crucial requirement in heterogeneous catalysis. Many catalysts, however, suffer from severe deactivation in humid conditions due to water poisoning. Ozone ($O_3$) generated from cold plasma or UV lamp is a powerful oxidant and could be used to kill pathogens in air. This high oxidizing potential, however, causes ozone to damage mucous and respiratory tissues in human body also. Residual ozone after sterilizing the air needs to be removed before being exhausted. Gaseous ozone coexists with water vapor in real living conditions, so it is very important to develop water-resistant monolithic catalysts to effectively remove the residual ozone for practical applications such as air sterilizer and purifier. Here, we present highly durable $Pd/CeO_2$ based nano-catalysts achieved by simple heat treatment to ceria nanoparticle supports. Heat treatment modulated the surface properties of ceria nanoparticles, facilitating the removal of oxygen vacancy defects and the formation of basic surface oxygen, thus preventing water poisoning. When $Pd/CeO_2$ monolithic catalysts were used to bench-scale $O_3$ decomposition, the catalyst heat-treated at 900 ºC showed excellent performance without deactivation by water poisoning. Tuning the ceria surface property is a key role to enhance water resistance, and heat-treated $Pd/CeO_2$ can be a promising candidate for practical $O_3$ decomposition.

### G2C-4 | 화학 반응성 가스 센서에서 촉매 Ni 나노입자의 용출을 통한 매우 선택적이고 안정적인 에틸렌 검출

이지언[1], 이정훈[2], *정영규[1]
[1]한국생산기술연구원, [2]한국과학기술연구원

Ethylene, a gaseous indicator that provides critical information about plant aging, is biologically active in plants, even at trace levels. Therefore, it must be precisely monitored and controlled at sub-ppm levels. However, the accurate detection and clear identification of ethylene has been a major challenge, owing to its low chemical reactivity and severe interference with other gases, including water vapor. In this study, we devised a novel sensor capable of detecting even trace amounts of ethylene using ZnO nanoflowers embedded with exsolved Ni nanocatalysts. It completely removed interferents via catalytic oxidation and exhibited remarkable gas selectivity (approximately 60 and 32 to 1 and 0.2 ppm ethylene, respectively) and an excellent stability against humidity variations. Furthermore, owing to robust metal-support interactions in the nanocatalysts, the sensor exhibited excellent thermal stability and reliable long-term sensing performance at elevated temperatures. This study provides an approach for facilitating the successful commercialization of ethylene detectors.

### G2C-5 | 금속 산화물 화학 반응성 가스 센서에서 매우 선택적이고 안정적인 아세톤 검출을 위한 촉매 Co 나노입자의 용출

김태경[1], *정영규[1]
[1]한국생산기술연구원

A sensor capable of detecting acetone gas down to the sub-ppm level with ultrahigh selectivity and excellent thermal stability as well as humidity immunity was explored by exsolving catalytic Co nanoparticles on the surface of ZnO support sensing layers. The sensor provided the highest gas selectivity to trace acetone concentrations over various interferents, such as benzene, toluene, $NH_3$, $H_2S$, CO, $H_2$, ethanol. In particular, it demonstrated excellent ability in the discriminatory detection of acetone over ethanol, which has been considered challenging for SMO sensors owing to similar chemical structure between acetone and ethanol and their high chemical reactivity in reactions with SMO surfaces; it exhibited a gas selectivity approximately 104 for 1.8 ppm of acetone over ethanol. Regarding the effect of humidity on the sensor, Co5-ZnO was found to be highly stable against changes in humidity, even at rise of relative humidity (RH) as high as 80%. More importantly, this sensor exhibited excellent long-term thermal stability in the high temperature reliability test. By virtue of strong metal-support interaction in the exsolved nanocatalysts, the initial high acetone selectivity was maintained consistently for 30 days without changes in the size and shape of the Co nanocatalyst, while the control group prepared by the conventional chemical reduction method showed a significant decrease in the gas selectivity.

### G2C-6 | 건식 적층 기반 ZnO 박막 증착 및 $MoS_2$ 코팅을 통한 ZnO/$MoS_2$ 센서의 저온 구동 $NO_x$ 가스 센싱 시각화 시스템에 대한 연구

최성준[1], 김지선[1], 김민석[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

산업 발전에 따른 유해가스 배출이 지속적으로 증가하게 되면서 가스 센서를 통해 유해가스 배출을 모니터링 하는 것에 대한 중요성은 점차 증가하고 있다. 현재 가장 보편적으로 사용되는 산화물 반도체식 가스센서는 필요한 재료의 소비가 적으며, 재료를 선정함에 있어 폭이 넓은 장점이 있고, 센서 제작이 간단하다는 특징이 있다. 산화물 반도체식 가스센서를 통해 가스의 유출을 감지하기 위해서는 일반적으로 버저를 통한 경보 시스템과의 회로를 구현하는 방법으로 사용된다. 따라서 일반적으로 사용자는 청각에 의존하여 유해 가스유출에 대한 정보를 감지하게 된다. 하지만 청각은 사용자의 이용환경 또는 신체적 능력에 따라 센서를 감지하기 어려운 가능성이 있으므로 보다 직접적이고, 간편하며, 빠르게 가스 유출에 대한 정보를 습득할 수 있도록 가스 유출을 시각화 하는 시스템 구현이 필요하다. 산화물 반도체식 가스센서는, 센싱 물질의 표면에 가스의 흡/탈착에 따른 저항 변화를 통해 가스를 감지하며, 이를 위해 약 300 ℃로 가열해 주어야 구동이 가능하다는 단점이 있다. 이러한 문제는 센서에 큰 전력 소모가 수반되며, 센서의 수명을 감소시키며, 상용화에 어려움이 있다. 따라서 저온에서 구동이 가능한 가스센서를 제작하는 것은 필수적으로 해결해야 할 기술적 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 센서 재료의 표면적을 향상시켜 active site를 향상시키거나, 2D 계면물질과의 헤테로 접합을 통해 bandgap을 감소시는 방법을 통해 센싱 재료의 반응성을 향상시켜 저온에서 구동이 가능한 센서를 제작할 수 있다.
본 연구에서 사용한 건식 적층법은 챔버와 노즐간의 압력차로 인해 분말이 분사되면서 분말이 기판에 적층 되는 원리로, 유기용매 없이 박막 제작이 가능해 친환경적이며, 상온 저진공 분위기에서 증착이 가능하여 공정 단가가 저렴하며, 건식 적층법 특성상 박막의 표면적이 크게 적층 되는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 질소 산화물계 가스($NO_x$)의 센서로 가장 많이 사용되는 ZnO를 건식 적층법을 통해 증착 하였으며, 수열 합성법을 통한 2D 계면물질인 $MoS_2$를 표면에 코팅하였다. 이를 통해 $NO_x$가스의 반응도를 극대화하여 저온 구동이 가능한 가스 센서를 제작하고자 하였다. 더불어 본 연구에서는, 가스 센서와 전기 변색 소자를 한 회로에 구현하여 유해 가스 유출 시 가스 센서의 저항이 변화한다는 특성을 이용하여 회로의 전류를 통제함으로, 전기 변색 소자의 변색을 통해 유해 가스 유출을 시각화 하는 방향을 제시함으로써, 가스센서 시스템 연구에 대한 새로운 방향을 제시하고자 한다.

### G2C-7 | Intensified Electrochemical $H_2O_2$ Synthesis and Highly Efficient Pollutant Removal Enabled by Nickel Oxides with Surface Engineered Facets and Vacancies

ZHANG Wenjun[1,2], LE Thao Thi[2], SHIN Dongyup[2], HAN Sang Soo[2], KIM Sang Hoon[2], *KIM Jong Min[2]
[1]Korea National University of Science and Technology, [2]Korea Institute of Science and Technology

Electrochemical $H_2O_2$ synthesis shows promise for decentralized environmental remediation via electro-Fenton. Challenges include the lack of robust electrocatalysts and high costs in conventional systems for treating concentrated wastewater. This study introduces an efficient water treatment system by integrating an advanced electro-Fenton setup with a high-valent NiO catalyst, {111}-NivO. This catalyst, engineered through a precipitation method, exhibited 96% selectivity and high mass activity (59 A $g^{-1}$) for $H_2O_2$ production, surpassing previous Ni-based catalysts. The integrated system achieved 100% removal of 50 ppm bisphenol A in 200 mL of wastewater, with a rapid degradation rate (4 min, k = 1.125 $min^{-1}$), 102 times faster than conventional systems. Hyper-efficiency results from continuous $H_2O_2$ supply, $O_2$ provision, and timely electrolyte recycling under high current density. The catalyst also showed 93% removal of total organic carbon, opening potential for efficient removal of concentrated pollutants in wastewater treatment.

### G2C-8 | Advancing Towards Sustainable Lithium Supply: Approaching Ceramic Membrane-Based Lithium Ions Extraction from aqueous water

LEE Seung-Hwan[1,2], BAEK So Hyun[1], YUN Jeungjai[1], LEE Hyun-Woo[1], KWON Yongbum[1], PARK Kee-Ryung[1], SONG Yoseb[1], KIM Bum Sung[1], CHOA Yong-Ho[2], *JEONG Da-Woon[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology, [2]Hanyang University

Global lithium demand is expected to increase from 500,000 tons in 2021 to 2 million tons in 2030, and the lithium shortage is expected to reach 220,000 tons. This dramatic increase in lithium demand is largely due to the widespread use of lithium ion batterie, or electronic devices. In recent years, there has been a global effort to extract lithium ions from dissolved seawater or wastewater. We also developed a lithium extraction system consisting of an anion exchange membrane (AEM) and lithium lanthanum titanium oxide (LLTO) membrane. The system produced lithium concentrated solutions with a lithium ion concentration of 10,000 ppm and a lithium selectivity ($Li^+/Mg^{2+}$) of

1000. Lithium phosphate powder with 99.5% purity was fabricated from lithium concentrated solution through a powdering process. Its purity is such that it can be used in industry and is expected to have a wide range of applications.

### G2C-9 | 분말사출성형법을 이용한 핵융합로용 삼중수소 증식재 $Li_2TiO_3$ pebble의 제조

박영아[1,2], *박이현[1], *윤영수[2]
[1]한국핵융합에너지연구원, [2]가천대학교

삼중수소 증식재는 핵융합 발전에 필요한 삼중수소를 생산하기 위한 리튬 기반 물질을 의미한다. 핵융합로용 증식블랑켓의 삼중수소 증식재로 직경이 1mm인 구형의 리튬 산화물 페블이 고려되고 있다. 페블은 증식블랑켓 내에서 충진율을 높여 삼중수소 생산 효율을 향상시키기 위해서 높은 구형도 및 표면과 내부의 균일한 미세구조 등이 요구된다. 페블 물질로는 선행 연구들에 따라 현재 Lithium orthosilicate ($Li_4SiO_4$)와 Lithium titanate ($Li_2TiO_3$)가 가장 유망한 물질로 연구되고 있다. 지금까지의 $Li_2TiO_3$ 페블은 $Li_2TiO_3$ 분말을 슬러리화한 후, 이를 한방울씩 떨어뜨려 페블 성형 및 소결 과정거쳐 제조되는 droplet 법 즉, 습식법을 기반으로 제조된다. 습식법에서는 페블의 기공률 제어, 균일한 미세구조를 위해서는 슬러리 제조 과정에서 슬러리 탈포 과정이 필수적이다. 그러나, 고점도 슬러리를 이용하여야 하므로 탈포 과정이 제대로 이루어지지 않아, 페블의 기공율이 증가하고, grain size가 증가하게 된다. 뿐만 아니라 슬러리 액적 형성시 페블의 크기가 불균일하게 생산되어 증식블 블랑켓 내 페블 베드 형성 시 충진 효율이 낮아질 가능성이 높다. 본 연구에서는 기존의 습식법이 아닌 건식법을 통해 제조된 $Li_2TiO_3$ 페블의 특성 평가를 수행하고자 한다. 페블 제조에 있어서 채택된 건식법은 분말사출성형법 (Powder Injection Molding, PIM)을 기반으로 하였다. 분말사출성형법은 페블 원료인 $Li_2TiO_3$ 분말과 바인더만을 혼합하여 성형 몰드 내에 주입하여 압착시키는 방식으로 성형하며, 흔히 구조가 복잡하여 단순 제조 공정으로 생산하기 어려운 제품을 생산할 때 주로 많이 활용되는 제작 방식이다. 분말사출성형법에 의하여 제조된 $Li_2TiO_3$ 페블 (PIM-LTP) 은 Optical Microscopy을 통해 직경 및 구형도를 분석하였으며, Scanning Electron Microscopy을 통해 표면과 내부의 미세구조를 비교 분석하였다. 그리고 Inductively coupled plasma-Mass spectroscopy와 Inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy를 통해 페블의 성분 및 불순물 함량 분석을 수행하였다. 또한, 만능재료시험기, laser flash 장치 및 Hg porosimeter을 이용하여 페블의 기계적 강도, 열전도 특성 및 기공율을 분석하였다.

### G2C-10 | 효율적인 페로브스카이트 태양전지를 위한 아이오딘화 세슘 후처리 공정

박필주[1], *장원진[1], *김수영[1]
[1]고려대학교

Organometal halide perovskite materials have emerged as a cost-effective perovskite solar cell (PSC) technology due to their promising photovoltaic properties, such as high absorption coefficient, long diffusion length, high carrier mobility, and small exciton binding energy. Still, further effort is required for the commercialization of PSCs due to the disadvantages of being vulnerable to moisture, oxygen, heat, and light. So far, interface engineering has been extensively studied to reduce efficiency loss caused by defects occurring in the perovskite bulk and heterojunction between the perovskite and carrier transport layer. Herein, we report an effective post-treatment process using Cesium Iodide (CsI). As a result, the performance of perovskite solar cells fabricated with CsI post-treatment process showed enhanced power conversion efficiency (PCE) by 1.57% compared to the controlled device. The target devices were characterized using X-ray diffraction (XRD), UV-vis absorbance spectra, and Scanning Electron Microscope (SEM). Based on the results, it was confirmed that the photovoltaic characteristics of the device superior to raw-material PSC were due to improved crystallinity, passivation of trap states by chemical bonding of CsI with excess $PbI_2$, and improved energy level alignment.

### G2C-11 | Suppression of Lattice Oxygen Participation in Barium Iridates by Atomic-Level Chemical Ordering of $d^0$ Elements for Durable Oxygen Evolution Electrocatalysts

PARK Ki Hyun[1], SIM Yelyn[1], YUN Tae Gyu[1], *CHUNG Sung-Yoon[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Complex iridates attract a lot of attentions as candidates for oxygen evolution electrocatalysts in proton-exchange membrane water electrolyzers due to its high-activity and corrosion-resistance in acid. However, lattice oxygen participation is unavoidable under high anodic potential which induced structural degradation. Therefore, the suppression of lattice oxygen activation is crucial for developing highly durable iridates. Here, we demonstrate the atomic-level chemical ordering effects on the stability of $Ba_x(M, Ir)_yO_z$ (M=Mn, Co, Ni, In, Nb, Ta)-type perovskites. Various cations except Mn are periodically locate at the corner site bridging adjacent face-sharing $[Ir_2O_9]$ dimers or $[Ir_3O_{12}]$ trimers. Notably, noncorrosive $d^0$ $Nb^{5+}$ and $Ta^{5+}$ cations with highly ionic bonding induced the remarkable suppression of lattice oxygen participation. Our research validates the correlation between electronic configuration and bonding natures within crystals, which proposes the proper management of chemical

ordering in oxides offers a straightforward yet effective approach for developing electrocatalysts with significantly enhanced longevity.

### G2C-12 | Study on mechanism of inorganic photochromic and thermochromic thin films

*김서한[1], *송풍근[2], *OESTERLUND Lars[1]
[1]Uppsala University, [2]부산대학교

We are all familiar with photochromic glasses, light-adaptive glasses that turn reversibly into sunglasses under strong solar irradiance. This type of eyeglasses has been commercialized successfully during decades. However, the same concept for building windows is failed to achieving commercialize. Unfortunately, the photochromic approach that works well for eyeglasses is not easily transferred to the window industry. If it is possible, a photochromic window would allow us to take control of the solar irradiance in a dynamic way, preventing an overheating of the building and promising larger energy saving than a conventional static window. Moreover, photochromic window would increase the thermal and visual comfort of the building's users. Most photochromic materials have been applied and commercialized are based on organic material, and hence do not have an adequate durability to be used in building windows. Photochromic inorganic materials, such as silver halides, are stronger candidates than their organic counterparts for this purpose. However, silver halides are not compatible with the float glass fabrication method. In this talk, it will be discussed that the inorganic photochromic thin films, which can be representative rare earth oxyhydrides, such as yttrium, gadolinium, and lanthanum, prepared using reactive sputtering. Furthermore, the inorganic thermochromic thin films also discussed which is promising materials for chromogenic windows.

### G2C-13 | Deciphering the ambiguous role of ex-solved PtRu alloy in commercial diesel fuel reforming reaction

OH DongHwan[1], LEE Hye-One[1], SEO Hwakyoung[2], JANG Myeong Gon[2], HAN Jeong Woo[2], BAE Joongmyeon[1], *JUNG WooChul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Seoul National University

Alloying is one of the common methodologies to yield the desired catalyst, harnessing synergistic profit from each discrete component. However, certain reactions involving heavy molecules undergo complicated cascade catalysis which makes it challenging to interpret the individual role of every element, thereby impeding understanding of the alloying effect. Here in, we showcase a PtRu ex-solution catalyst demonstrating commercial diesel fuel auto thermal reforming with outstanding performance. By using propane as a representative reactant instead of diesel, we systematically investigated the synergistic effect of PtRu alloy by virtue of activation energy, reaction dependency, adsorption/desorption strength, and diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy. It was shown that the addition of Ru on Pt underpins decent reactivity towards oxygen due to the high oxophilicity of Ru, achieving enhanced activity with high coke resistivity. In the sum of all, the ideal composition of ex-solved PtRu catalyst dedicates the superior activity on commercial diesel reforming reaction for 70 h of operation at 750. Our study not only advances the novel catalyst for fuel reforming but also paves the way for tackling the role of monometallic elements in such complicated reactions.

### G2C-14 | 산화물 기반 열화학 열저장 물질의 열저장 kinetics 향상 및 성형 기술 개발

최수민[1], 이가현[1], 김혜리[1], *홍성국[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]한국에너지기술연구원

간헐적 재생에너지원의 사용이 증가함에 따라 에너지 수급을 맞출 수 있는 기술이 요구되고 있으며 이에 열에너지 저장 기술의 중요성이 증가하고 있다. 열저장은 크게 현열, 잠열, 열화학열저장으로 분류되는데 그 중 열화학 열저장 기술은 고밀도 및 장기간의 열저장이 가능한 차세대 열저장 기술로 주목받고 있다. 특히, MgO는 중·저온 (300-400 ℃) 대에서 높은 열저장 밀도를 갖을 뿐 아니라, 가격이 저렴하고 독성이 없어 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 MgO에 대한 연구는 아직 초기 단계에 있으며, kinetics 향상과 열저장 온도 강하를 위한 소재 개발 연구가 주로 파우더 형태로 이루어지고 있다. 파우더 형태의 열사이클은 응집 현상을 야기하여 열저장 성능을 저하시키므로, 열화학 열저장 기술의 시스템으로의 적용을 위해서는 열저장 소재의 성형 기술 개발이 필수적이다.
본 연구에서는 지지체 복합체 세라믹 성형 기술을 기반으로 다공성 구조체의 열저장 성형체를 제조하였다. 계층적인 기공 구조와 작은 입자 사이즈를 통해 향상된 열저장 특성을 확인하였다. 또한, 소결 과정 중 발생하는 입자사이의 넥킹(neking) 현상과 세라믹 섬유와의 복합화를 통해 높은 구조적 안정성을 확보하였다. 실증적 열저장 시스템에서의 MgO 도입에 필수적인 요소인 높은 열저장 kinetics 및 열저장 싸이클 내구성에 대한 연구를 논하고자 한다.

## G3A : 엔지니어링 세라믹스

### G3A-1 | Microstructural evolution in spark plasma sintered $Y_2O_3$ ceramics depending on the mold set-up

LEE Ji-Hwoan[1,2], MORITA Koji[2], *LEE Sea-Hoon[1]
[1]Korea Institute of Materials Science, [2]National Institute for Materials Science

Two mold set-ups (conductive and insulative) on electric conductivity were employed to investigate the current effect during SPS process of $Y_2O_3$ ceramics. The current effects were investigated with densification behavior, fully densified temperature, and microstructural evolution. In the present work, the electric conductivity of mold set-up resulted in a difference in full densified temperature of around 100°C and the densification behavior at final stage of sintering. The normalized displacement curve of conductive set-up showed the rapid decrease from 800°C, finally, at 850°C, the densification of conductive set-up almost completed before holding stage at 850°C. Through the SEM images for two mold set-ups, the difference in temperature, which showed densified microstructure not particle shape, also observed. Consequently, the physical phenomena of current effect during SPS process could be supposed with densification behavior at final stage of sintering and microstructural evolution.

### G3A-2 | PIP법 적용을 위한 산화계 지르코늄계 전구체 합성

소재일[1], 이건호[1], 박민성[1], 정상현[1], 저우원[1], *이세훈[1]
[1]한국재료연구원

최근 정부주도의 우주항공청 설립 및 우주 탐사 계획이 활발히 수립되고 있으며 우주 및 국방 산업에 관심히 높아지고 있다. 이에 따라서 우주 및 극한환경에서 사용 가능한 초고온 세라믹 소재의 필요성이 증가하고 있다. 초고온 세라믹의 다양한 응용을 위해서는 복잡 형상 성형 및 밀도화 공정이 필수적인데 이 중 Precursor impregnation and pyrolysis (PIP) 법은 복잡 형상의 세라믹 성형체를 제조 가능한 유용한 성형법이다. PIP법은 고분자 전구체를 이용한 세라믹 밀도화 방법이므로 무기 고분자에 특성이 최종 세라믹 물성을 결정 가능한 중요한 요인이다. 특히 고분자를 구성하는 원소, 분자량, 점도 등의 성질은 세라믹의 수율, 성질, 상대 밀도를 결정하게 되며 PIP법은 함침 공정이 필수적이기 때문에 전구체의 점도가 낮고, 다루기 용이 한 물질이며 장기보관성이 좋을수록 활용 가치가 높아진다. 이런 측면에서 산화계 전구체는 비산화계 전구체에 비해 세라믹 수율은 낮으나 분자의 안정성으로 인해 화재 위험성이 적고 가격이 저렴하기 때문에 공정 적용에 유리한 면이 존재한다. 본 연구에서는 초고온 세라믹 중 융점이 3000 °C 이상인 ZrC를 PIP법을 제조하기 위한 효과적인 산화계 전구체 합성을 진행하였고 PIP법을 적용을 위해 점도를 낮추며 세라믹 수율을 올리기 위해 저분자 탄소 공급 물질을 사용하였다. 결과적으로 PIP법에 적용할만한 점도를 가지고 세라믹 수율도 약 30 %에 ZrC 합성이 가능하며 공기중에서 안정한 세라믹 전구체 합성에 성공하여 이를 PIP에 적용시키는 것이 가능하였다.

### G3A-3 | 알루미나의 미세구조 및 물리적 특성 제어를 위한 방법에 관한 연구

손희진[1,2], 장혜정[1,2], 문영국[1], 김정환[1], 차현애[1], 최종진[1], 한병동[1], *이정우[2], *안철우[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

알루미나($Al_2O_3$) 소재는 우수한 가격 경쟁력으로 방열 세라믹 기판 시장에서 높은 점유율을 가지지만, 질화물 소재들에 비해 열전도도 및 굽힘 강도가 상대적으로 낮아 점차 그 점유율이 줄어드는 추세이다. 그 때문에 알루미나의 시장 경쟁력 강화를 위해서는 알루미나 소재의 개선이 필요하다. 본 연구는 지르코니아($ZrO_2$)를 첨가제로 사용하여 알루미나 입자의 크기를 성장시켜 높은 열전도도를 얻고, 입자의 크기를 최소화함으로써 높은 굴곡 강도를 달성함으로써 알루미나 소재를 개선하고자 하였다. TIM (thermal interface material) 소재의 경우 효율적인 방열을 위해 높은 열전도도가 요구되므로, 알루미나의 액상 소결을 통해 입자의 크기를 키움으로써 열전도도를 향상할 수 있었다. 반대로 세라믹 기판의 경우에는 높은 굴곡 강도가 요구되므로 입자의 크기뿐만이 아니라, 첨가제와 알루미나 사이의 입자 크기 차이를 최소화함으로써 굽힘 강도를 향상할 수 있었다. 결과적으로 액상 소결을 통해 입자가 성장한 알루미나에서는 36 $Wm^{-1}K^{-1}$ 의 높은 열전도도를 얻었으며, 세라믹 기판용 알루미나에서는 745 MPa의 높은 굽힘 강도를 얻을 수 있었다.

### G3A-5 | $TiO_2$ 첨가에 따른 동결 주조 다공성 $Al_2O_3$의 저온 치밀화 촉진

우종원[1], 김성현[1], 홍상민[1], 김종원[1], 문경석[2], *전상채[1]
[1]국립창원대학교, [2]경상국립대학교

동결 주조로 성형한 다공성 알루미나의 기계적 안정성을 확보하기 위해서는 소결 중에 일어나는 치밀화와 입자 성장을 유리하게 제어해야 한다. 본 연구에서는 다공성 알루미나의 기공 벽 내부 미세구조를 유리하게 재단하기 위해 $TiO_2$를 첨가하고 $TiO_2$의 입계 편석 효과와 입자 성장 거동을 조사했다. 그 결과, 비정상 입자 성장과 함께 faceted 계면이 관찰되었다. 이는 입계구조에 의존하는 입자 성장 이론으로 설명할 수 있다. 한편, 치밀화 측면에서, $TiO_2$를 첨가하지 않은 경우에 비해 1.5 wt.%의 $TiO_2$를 첨가한 경우 더 높은 밀도를 얻을 수 있었으며 특히, 비교적 저온인 1400도에서 밀도 향상 효과가 분명하게 나타났다. 반면, 1500도 이상의 조건의 경우에서는 밀도가 감소했다. 치밀화의 온도 의존성은 1500도에서 지배적인 치밀화 기구의 변화로 이해할 수 있었으며, 1400도에서만 치밀화가 촉진되는 현상을 설명한다.

### G3A-6 | PEEK (Poly ether ether ketone)의 3D프린팅 특성을 통한 복합체의 점탄성 거동

권오은[1,2], 백인우[1], 박수진[1], *배창준[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

In the aerospace industry, the use of composite materials continues to increase, especially, PEEK is represented as a 3D printing material due to its excellent thermal and mechanical properties. Through the printing and thermal behavior, the viscoelasticity trend can be confirmed. First, securing printability was investigated to achieve high resolution regarding to the printing environment including temperature, printing speed and layer thickness. It was found that the crystallinity arrangement affects viscoelasticity trends, indicating different line widths. Second, thermal analysis was conducted to understand the effect of printed temperature on crystallinity by DSC. It shows that PEEK 370 (after printing) has a higher degree of crystalline region than PEEK raw (before printing), and cold crystalline peak was observed for PEEK 370 resulted in the printing thermal effect. Finally, a study was directed towards improving the degree of delamination on the plated surface during the etching process. By modulating the degree of crystallinity, small and uniform pores were induced on the PEEK surface during etching. Leveraging viscoelasticity control during 3D printing facilitates the creation of desired properties by monitoring changes in crystallinity.

### G3A-7 | 3D Printed Battery Fabricated by Extrusion-based Additive Manufacturing for Fast Li-ion Transport

LI Yangyang[1,2], GAO Binghuan[1,2], PARK Sujin[1], *BAE Chang-Jun[1,3]
[1]Korea Institute of Materials Science , [2]Pusan national University, [3]University of Science and Technology

3D printing technology has been used to generate fast lithium-ion (Li-ion) diffusion paths in lithium-ion batteries, while there are still difficulties remained in precision control and reliability assurance. In this study, we investigated the relationship between 3D printing behavior and accurate geometry control using extrusion-based additive manufacturing, and discussed the Li-ion transport mechanism facilitated by structural cathode. Firstly, the rheological behavior of ink was studied to understand its correlation with printability, where the optimum composition for smooth ink extrusion and precise size control possessed the appropriate viscosity and viscoelasticity. Next, the printing dynamics and structure prototyping were investigated by regulating printing conditions combined with thinning mode. Finally, the cell performance with printed LCO cathode was discussed in terms of Li-ion transport mechanism. The structural cathodes with higher specific areas are preferred for better performance due to reduced tortuosity and enhanced fast Li-ion transport.

### G3A-8 | 고함량 $Gd_2O_3$를 첨가한 $UO_2$ 핵연료의 O/M(U,Gd)$O_{2+x}$ 변화에 따른 열전도도 특성평가

이지환[1,2], 양재호[2], *김동석[2], 김동주[2], 윤지해[2], 신동욱[1]
[1]한양대학교, [2]한국원자력연구원

원자력 발전에 사용되는 $UO_2$ 핵연료의 핵분열 반응을 효율적으로 제어하기 위해서는 가연성 흡수체(Burnable absorber)를 필요로 한다. 가연성 흡수체는 일반적으로 가돌리늄(Gd), 붕소(B), 어븀(Er) 등 중성자 흡수 단면적이 큰 원소들을 사용하며, $UO_2$ 핵연료와 혼합하여 일체형 가연성 흡수체 핵연료의 형태로 원자로 내의 핵분열 반응도를 조절한다. 최근 원자력 발전의 경제성을 높이기 위해 5% 이상의 $U_{235}$ 농축도를 고려한 고연소도 장주기 핵연료의 적용을 고려되고 있으며, $U_{235}$의 농축도가 높아짐에 따라 증가된 핵분열을 제어하기 위해 기존 핵연료보다 많은 가연성 흡수체의 사용이 고려되고 있다. 그러나 핵연료 내 가연성 흡수체의 양이 증가됨에 따라 용융 온도, 열전도도 등 핵연료 열물성이 감소하고 이와 같은 열물성 변화는 핵연료 내부의 온도 구배와 팽창 거동 등의 변화를 일으킬 수 있으며, 이는 핵연료의 성능, 효율, 안전성에 영향을 미칠 수 있다. 앞선 연구들에 따르면 $UO_{2+x}$의 x의 편차가 커질수록 핵연료의 열전도도는 낮아진다고 알려져 있으며, 현재까지의 연구들은 $Gd_2O_3$를 12wt% 이상 첨가한 고함량 가연성 흡수체 핵연료의 열물성과 O/M비의 변화가 열물성에 미치는 영향에 대한 연구가 충분히 이루어지지 않은 상황이다. 본 연구에서는 고연소도 장주기 핵연료의 적용을 위하여 고함량 가연성 흡수체 핵연료의 O/M비 변화에 따른 열전도도 분석을 통해, 고함량 가연성 흡수체 핵연료의 기초 열물성 자료로 사용하고자 한다. UO2 핵연료에 $Gd_2O_3$를 8~17wt% 범위에서 혼합하여 제조하였고, 고함량 가연성 흡수체 핵연료의 O/M비 변화에 따른 열전도도 평가를 수행하였다.

### G3A-9 | 장섬유 강화 CMC 복합체 물성 평가의 ISO 표준화: 복합체 튜브의 C-ring 강도

*박지연[1], 김원주[1]
[1]한국원자력연구원

단미 세라믹스에 비하여 인성이 증진된 장섬유 강화 CMC (Ceramic Matrix Composite) 소재 기술이 고도화됨에 따라 고온 특성과 성능이 우수한 극한 환경용 CMC 부품의 실용화가 이루어지고 있으며, 우주 항공 및 에너지 산업에서 적용 분야의 확대를 진행 중이다. (구조용) CMC 소재의 실용화를 위해서는 coupon 기반 연구에서 시제품의 Scale up / 설계 / 물성 및 성능의 표준 및 data base화 / 인증 절차가 수반되어야 한다. 단미 세라믹스와 달리 파괴 거동이 복잡한 장섬유 강화 CMC

소재는 물성 평가 절차의 표준화와 고신뢰성의 물성 data base의 확보가 재료 및 부품의 설계에 대한 신뢰성을 향상시키고 실제 부품의 응용에 크게 기여하게 된다. 따라서 많은 나라에서 CMC 소재의 물성 평가 표준화 제정에 많은 노력을 기울이고 있다. 본 발표에서는 ISO TC 206 (파인 세라믹스 기술위원회)의 Working Group 04- 복합재 작업반에서 수행되고 있는 CMC 복합체의 물성 평가 표준 현황을 요약하고, 한국원자력연구원에서 주도 중인 CMC 튜브의 C-ring 강도 평가법의 ISO 표준화 진행 상황 소개를 통하여 ISO 물성 표준화 절차의 실례를 살펴보고자 한다.

## G3B : 엔지니어링 세라믹스

### G3B-1 | 핵융합 에너지 시스템 구현을 위한 엔지니어링 세라믹스의 적용

*김종일[1], 박이현[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]한국핵융합에너지연구

원자력 발전 에너지는 22년도 EU, 그린 택소노미에 포함을 시작으로 친환경 에너지원으로 자리잡고 있다. 이러한 원자력 에너지는 원자의 거동에 따라 핵분열(원자력) 및 핵융합 에너지로 구분이 가능하다. 원자력 및 핵융합 등과 같은 에너지 시스템에 대하여 연구자들은 대량의 에너지를 안전하면서도 전환 효율을 높이기 위해 많은 연구를 진행하고 있다. 핵융합로는 개념 자체가 원자로에 비하여 사고 발생율이 매우 낮고 연료 확보 문제, 방사성 폐기물 문제, 핵확산 억제 등에 있어서 많은 이점을 보여주고 있다. 핵융합로(블랑켓)은 중수소(D)-삼중수소(T) 반응으로부터 발생하는 고에너지 중성자(14.1MeV)를 열로 변화하여 에너지를 생성한다. 따라서 블랑켓은 가혹한 중성자 조사, 초고온, 고자기장 부여되는 극한 환경을 동반하므로 다양한 설계 및 해석과 동시에 극한 환경에서 견딜 수 있는 재료가 필수적이다. 본 발표에서는 위와 같은 극한환경에서도 구조 및 기능재료로서 임무 수행 가능한 엔지니어링 세라믹스 관련 내용에 대해 소개하고자 한다.

### G3B-2 | 액상소결 탄화규소의 열전도도

김현식[1], *김영욱[1]
[1]서울시립대학교

Silicon carbide (SiC) exhibits excellent thermal conductivity. Recently, thermal conductivity that amounts to 261.5 W/m-K has been obtained in polycrystalline SiC ceramic liquid-phase sintered (LPS) with $Y_2O_3$-$Sc_2O_3$ additives at 2050 ˚C under a nitrogen atmosphere. From the additive used to the sintering atmosphere selected, many factors affect the thermal conductivity of the SiC. In this review, important factors that are known to determine the thermal conductivity of LPS-SiC (lattice oxygen/nitrogen content, porosity, grain size, grain boundary structure, phase transformation, and additive composition) have been evaluated. While reviewing the impact of each factor on thermal conductivity, hidden correlations among different factors are also discussed. Among the factors that are claimed to be important, we suggest a few factors that are more critical to thermal conductivity than others. Based on the most critical factors on the thermal conductivity of LPS-SiC, a complete engineers' guide for high thermal conductivity LPS-SiC is proposed.

### G3B-3 | CVD에 의해 증착된 boron carbide의 내플라즈마 저항성

*최균[1], 정영석[1], 이성민[1]
[1]한국세라믹기술원

Boron carbide is a covalent material that has high hardness and specific strength, so it is widely used as a ceramic structural material such as bulletproof material or abrasive. According to recent research, silicon and silicon carbide are powerful materials that can be used as plasma-resistant applications such as plasma etcher or PECVD, but their widespread use has been limited due to the difficult and expensive manufacturing method. Boron carbide is manufactured at a temperature in the range of 1500 ~ 2300 ℃ by adding a sintering agent to the powder mixed with B2O3 and graphite in the hot press process. Chemical vapor deposition can produce boron carbide at a lower temperature than hot press and can grow a large-area coating layer with a uniform composition ratio by controlling the process conditions. In this study, boron carbide was grown on a graphite substrate with a BCl3-CH4-H2 system using hot wall low-pressure CVD, and the microstructure and phase of the formed layer were analyzed according to the deposition temperature. In addition, a plasma resistance test of boron carbide formed by CVD was performed to confirm the etching rate under harsh conditions.

### G3B-4 | BN nanotubes의 산화 변형을 이용해 제작한 열적 및 기계적 특성이 향상된 machinable AlN-BN 복합재료

김장수[1], 안병호[1], *류성수[1]
[1]한국세라믹기술원

Aluminum nitride (AlN) ceramics possess desirable properties for electronic device packaging due to their electrical insulation, low density, and high thermal conductivity. Yet, their brittleness and low fracture toughness limit practical application. To address this issue, we fabricate AlN-BN composites using a novel method that involves in-situ oxidative unzipping of BN nanotubes within the AlN matrix. It is important to note that we are the first to incorporate BN nanotubes in

AlN ceramics and subsequently unzip them through oxidative transformation. Contrary to conventional AlN-BN composites exhibiting compromised thermal conductivity, our composites have enhanced thermal conductivity alongside improved machinability and fracture toughness, thus demonstrating the versatility and potential applications of these novel composites. Moreover, our investigation spans various conditions, including sintering temperatures and BN nanotube contents, offering insights into the in-situ synthesis of AlN-BN nano-sheet composites.

**G3B-5 | BN nanotube가 첨가된 $ZrB_2$ 복합체의 치밀화 거동 연구**

이승윤[1], 안병호[1], 이헌수[2], 정현덕[2], 이후정[3], *류성수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한국과학기술연구원, [3]성균관대학교

최근 차세대 우주항공 및 국방용 무기 체계에서 대기권 재진입 및 극초음속 진입으로 인하여 표면 2000℃의 초고온화 현상이 나타나고 있다. 따라서, 2000℃ 이상의 극한 환경에서도 견딜 수 있는 초고온 세라믹 (ultra-high-temperature ceramic, UHTC) 기반 소재에 대한 개발 필요성이 높아지고 있다. $ZrB_2$는 뛰어난 열적・화학적 안정성으로 인해 대표적인 UHTC 소재로 주목받고 있지만, 소결이 어렵고, 특히, 낮은 파괴인성과 고온에서의 낮은 산화저항성이 떨어져 이를 개선할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 파괴인성과 내산화성을 향상시키기 위해 보강재로 boron nitride nanotube (BNNT)를 첨가하고자 하였다. BNNT는 고내열성을 가지고 있을 뿐만 아니라 기계적인 물성이 뛰어나, $ZrB_2$의 물성 향상을 기대할 수 있다. 먼저, $ZrB_2$ 입자내에 BNNT의 균일한 분산을 위해 planetary milling을 이용하여 혼합하였다. BNNT 첨가 효과를 조사하기 위해 BNNT 함량과 소결온도를 달리하여 BNNT 첨가 $ZrB_2$ 복합체를 제조하였다. 소결은 방전플라즈마 소결법(spark plasma sintering, SPS)을 이용하였다. 소결결과, 2000℃에서 완전 치밀화된 소결체를 제조할 수 있었고, XRD, FE-SEM, TEM 분석 등을 통해 BNNT는 온도가 증가함에 따라 h-BN으로 unzipping 되어 $ZrB_2$ 입자 사이에 분포하면서 치밀화가 되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, BNNT 첨가가 $ZrB_2$의 기계적 물성에 미치는 영향에 대해서도 조사하였다.

**G3B-7 | 반응성 스퍼터링을 통한 $Y_2O_3$ 박막의 뚜렷한 플라즈마 저항성 향상**

장해성[1,2], 배강빈[1,2], 민세린[1,2], 오윤석[1], *이성민[1], *이인환[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

Reactive sputtering deposition은 고품질 플라즈마 저항성 박막을 증착하기 위한 진보된 접근 방식이다. 기존의 세라믹 타겟을 사용하는 sputtering 방법은 낮은 증착속도와 대면적 확장에 어려움이 있어 산업적 상용화에 단점을 갖는다. 본 연구에서는 금속 이트륨 타겟을 사용하여 고속 증착 플라즈마 저항성 $Y_2O_3$ 박막을 증착하고, 새로운 조성의 이트륨 옥사이드 박막의 적용 가능성을 제시한다. 산화물 조성 박막 증착은 타겟이 metallic mode 인 경우에 이루어졌으며 poisoned mode (oxide mode) 보다 약 8배의 증착속도를 보였다. CF계 플라즈마 저항성의 지표인 식각 속도는 6.4 nm/min으로 소결체(rate = 6.16 nm/min)에 준하는 우수한 수준으로 나타났다. 특별하게도, 기판 온도가 증가하는 경우 식각 속도는 상온 증착 시편보다 감소하는 경향을 보였다. 산화물 조성의 박막은 경도 11.4, 탄성계수 144 GPa로 소결체 수준의 우수한 기계적 특성을 나타내며 식각 속도 저하에 따른 오염입자의 상당한 감소를 충족시킬 것으로 판단된다. 또한, metal-rich 조성 박막은 불소 원자와의 높은 반응성을 바탕으로 $YF_3$와 유사한 표면을 가진 박막을 제조할 수 있는 새로운 방법을 제시하여 새로운 전도성 플라즈마 저항성 소재로써의 응용 가능성을 제시한다.

**G3B-8 | Preparation of high-quality $Si_3N_4$ powders without any catalyst through direct nitridation**

RAJU Kati[1], KIM Minwook[1], MOON Seunghwan[1], CHO Jaehun[1], *LEE Hyun-Kwuon[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

Preparation of high-quality $Si_3N_4$ powders (mainly $\alpha$-phase) is crucial because sintering causes a phase transformation to form columnar $\beta$-phase possessing enhanced properties. Hence, in this work, we report on the efficient preparation of $Si_3N_4$ powders with high $\alpha$-phase content by direct nitridation using Si powders without any catalyst. The effects of various parameters such as particle sizes of Si, gas atmosphere, nitridation temperatures and time on degree of nitridation and $\alpha$-phase contents are investigated in detail. The phase contents and microstructures are analyzed with XRD and SEM. The quantitative phase analysis of $\alpha$ − and $\beta$ − phases of $Si_3N_4$ was evaluated through Rietveld refinement technique. Results indicated that $Si_3N_4$ powders with $\alpha$-phase more than 93 % can be realized efficiently by optimizing processing and nitridation parameters. The promising outcomes of this work are expected to pave the way for producing high-quality $Si_3N_4$ powders industrially on a large scale.

## G3C : 엔지니어링 세라믹스

**G3C-1 | 질화 촉진제를 이용한 탄소환원질화법 기반 고순도 미립 AlN 분말 합성**

이상민[1], 장성민[1], AYMAN Muhammad Tsabit[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

AlN은 $Si_3N_4$나 $Al_2O_3$에 비하여 열전도도(320 W/m•K)가 높기 때문에, 전기자동차의 파워 모듈용 고출력 기판과 배터리의 방열에 이상적인 재료이다. 하지만, AlN은 소결이 어렵기 때문에 미립의 분말이 요구되며, 포논 산란을 최소화하여 높은 열전도도

를 구현하기 위해서는 고순도 분말이 필요하다. 일반적으로 AlN 분말은 경제성과 생산성을 고려하여 $Al_2O_3$ 분말에 탄소를 환원제로 첨가한 후, 고온 질소분위기에서 질화시키는 탄소환원질화법으로 제조한다. 기존 연구에서 출발 물질의 조성, 질화 처리 온도와 시간, 그리고 질소 유량 등이 AlN 분말 합성에 미치는 영향을 파악하였다. 일반적으로, 열처리 온도가 낮고 유지시간이 짧을수록 미립의 AlN 분말을 얻을 수 있지만, 출발 물질이 잔존하여 순수한 AlN 제조가 어려움을 확인하였다. 예를 들면, 1600℃ 이하의 질화처리 조건에서는 출발 물질인 $Al_2O_3$가 잔존하였으며, 이를 AlN으로 전환시키기 위하여 열처리 온도와 유지 시간을 증가시키면 입자의 조대화가 발생하였다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 본 연구에서는 다양한 질화 촉진제를 첨가하여 상대적으로 낮은 열처리 온도에서 탄소환원질화 반응을 유도하고, 이를 바탕으로 고순도의 미립 AlN 분말을 제조하고자 하였다. 미립의 $Al_2O_3$ 에 화학양론비 이상($C/Al_2O_3$ 몰비 = 3.1/1)의 탄소와 다양한 종류의 질화 촉진제($Li_2CO_3$, $AlF_3$, $CaF_2$, Ca-nitrate 및 Y-nitrate)를 혼합하여 전구체를 제조한 후, 1600℃ 이하의 온도에서 열처리를 진행하여 AlN 분말을 제조하였다. 합성된 AlN 분말에 잔존하는 탄소는 650℃의 공기 분위기에서 2시간 동안 탈탄을 진행하여 제거하였으며, 제조된 분말에 대한 XRD 및 Rietveld법을 이용한 상 분석, SEM을 이용한 미세구조 분석 및 입자의 크기 분석, 그리고 원소 분석기를 이용한 산소와 탄소 함량을 평가하였다. 실험 결과, 특정 질화 촉진제의 첨가를 통하여 낮은 열처리 온도에서도 고순도의 AlN을 합성할 수 있었으며, 최적의 첨가제와 첨가량을 선정하였다.

### G3C-2 | MgO 함량이 알루미나 소결체의 비정상 입자 성장 및 소결 특성에 미치는 영향

유은채[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

알루미나 소결체는 상대적으로 우수한 내플라즈마성을 보유하고 있어 반도체와 디스플레이 제작 챔버의 내부 구조재료 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 이러한 대면적 구조체는 슬립캐스팅 및 필터프레싱과 같은 습식 공정을 통해 주로 제작되기 때문에, 내플라즈마성을 위한 고밀도 소결체를 제작하기 위해서는 수계 슬러리 점도 감소를 통한 성형밀도의 향상과 소결조건의 최적화가 필요하다. 본 연구에서 사용한 국산 알루미나 분말은 1650°C에서 5시간 동안 소결 시 20 μm 이상의 비정상 입자 성장을 보여주었는데, 이는 유사 등급의 외산분말에 비하여 비정상 입자성장의 정도가 매우 높음을 확인하였다. 이러한 비정상 입자성장은 알루미나 소결체의 기계적 특성을 감소시키며, 특히 비정상 입자성장 과정에서 발생하는 기공의 응집으로 소결밀도가 크게 감소하게 된다. 따라서, 내플라즈마 특성을 향상시키기 위해서는 최적의 분말 처리조건과 소결조건을 모색하여 비정상 입자성장을 최소화함으로써, 작고 균일한 입자 크기를 갖는 미세구조의 구현이 필수적이다. 기존 보고에 따르면, MgO는 알루미나의 비정상 입자 성장을 억제함과 동시에 소결촉진제로 작용한다고 알려져 있다. 본 연구에서는, MgO가 알루미나의 소결특성에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 국산 알루미나 분말에 0-3000 ppm 함량의 MgO를 인위적으로 첨가하여 소결을 실시하고 특성을 비교하였다. 고상의 $MgCO_3$를 첨가하여 건식 밀링한 분말과, $Mg(NO_3)_2$를 용해하여 균일하게 분포시킨 습식 분말을 각각 800°C에서 하소 처리하여 MgO 함량이 다른 알루미나 분말을 제조하였다. 제조한 분말을 1650°C에서 1-5시간 동안 소결을 실시하고, MgO 함량별 알루미나 소결체의 밀도 및 미세구조를 비교하였다. 일반적으로, 1200 ppm까지는 MgO 함량이 증가함에 따라 소결밀도가 증가하는 경향을 보였으며, 2000 ppm 이상에서는 소결밀도가 감소하였다. 또한, MgO 함량이 증가할수록 작고 균일한 입자 크기를 가진 알루미나 소결체를 구현할 수 있었다. 특히, MgO가 첨가되지 않은 분말은 소결밀도가 낮음에도 불구하고 높은 비정상 입자성장을 보여주어, MgO의 첨가가 균일한 미세구조와 높은 밀도를 보유하는 알루미나 소결체를 제작하기 위해서는 필수적임을 확인하였다. 이외에도 MgO 첨가에 따른 소결체의 색상 변화 및 고상과 액상 형태로 첨가한 수계 슬러리의 점도변화 거동도 비교 평가하였다.

### G3C-3 | SiC/C 접합재에 용융 Si 함침을 통한 SiC 접합 최적화

주수연[1], 박세빈[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

SiC는 높은 열전도율 및 비강성 등 우수한 기계적 특성과 고온 안정성을 보유하고 있어, 반도체 산업, 우주항공, 원자력 발전 및 다양한 구조재료로의 활용이 가능하다. 하지만, SiC는 강한 공유결합성과 낮은 확산계수로 인하여 소결이 어렵기 때문에, 소결조제를 첨가하여도 단순한 형상으로만 제작이 가능하다. 따라서, 실제 활용에 필요한 복잡한 형상이나 대면적을 구현하기 위해서는 최적화된 접합 방법의 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 현재까지 보고된 다양한 SiC 접합 방법 중 용융 Si 함침을 통한 반응접합법에 대한 체계적인 접근을 시도하였다. 접합계면에 존재하는 Si의 함량을 최소화함과 동시에 균일한 접합 두께를 구현하기 위하여, SiC와 C로 구성된 그린 테잎을 제작하여 접합재로 사용하였으며, 여기에 1500°C 진공분위기에서 1시간 동안 용융 Si을 함침함으로써 접합을 구현하였다. 잔류 Si 함량을 최소화하고 최대 접합 강도를 보여주는 조건을 모색하기 위하여, SiC/C의 중량비를 30/70, 50/50, 70/30, 80/20, 90/10으로 변화시킨 그린 테잎을 제작하여 접합을 실시하고, 접합 미세구조 및 접합강도 등을 평가함으로써 최적조건을 모색하였다. 또한, 테잎 제작을 위한 슬러리에 함유된 PVB 바인더, 가소제 및 분산제의 함량 변화가 슬러리의 점도 및 그린 테잎 형상에 미치는 영향을 평가하였다. 상대적으로 C 함량이 높은 테잎을 이용한 접합계면에서는 잔류 Si의 함량이 높게 나타난 반면, SiC의 함량이 증가할수록 잔류 Si의 양이 줄어듦을 확인하였다. 하지만, SiC의 함량이 너무 높은 경우에는 낮은 접합강도를 보여주었는데, 이는 함침된 용융 Si의 함량이 너무 적어 접합에 필요한 충분한 젖음성을 제공하지 못한 때문으로 추정된다. 슬러리 분산성, 접합강도 및 접합 미세구조를 고려하였을 때, 최적 SiC/C 분말의 조성은 80/20임을 확인하였다.

### G3C-4 | 극한환경에서 SiC 섬유의 열분해 및 산화 영향

이혁준[1,2], 김수연[1,2], 김태현[1,2], *정영근[1], *조광연[2], *주영준[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

Silicon carbide (SiC) fibers are promising reinforcements for ceramic matrix composites (CMCs) in aerospace applications due to their exceptional mechanical properties, including high tensile strength (≥2.45 GPa) and modulus (220 GPa) at temperatures exceeding 1300℃. Traditional evaluations at room temperature after heat treatment do not replicate space reentry or hypersonic conditions. Thus, to simulate extreme environments, in-situ tensile strength of SiC fibers was measured during a $\Delta$1500℃ thermal shock in air. The fracture behavior was analyzed to understand impurity effects or microstructure at high temperatures. Tensile strength decreased immediately after thermal shocks to 1000℃, 1300℃, and 1500℃, reaching 0.87 GPa after 120 minutes at 1500℃. In-situ measurements revealed a three-step stress-strain behavior: thermal expansion, elastic deformation, and ductile deformation, contrasting general methods. SEM images displayed sharp, pencil-like fracture surfaces, indicating ductile deformation. XRD and TEM showed maintained $\beta$-SiC crystal size at 1500℃, but increased $SiO_2$ phase ratio. $SiO_2$ peaks were evident post-thermal shock at 1500℃, with onset at 1300℃ after 120 min. The oxide layer insignificantly affected high-temperature strength, but excess carbon led to interface defects under thermal shock. In-situ high-temperature measurement better mimics extreme environments, offering insights for next-gen SiC fibers.

### G3C-5 | Effect of controlling the sintering behavior of Yttria-Stabilized Zirconia microbeads through spontaneous adsorption of graphitic carbon nitride

KIM DongWon[1], KIM Eun-Jeong[2], *MOON Kyoung-Seok[1,2]
[1]National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

We prepared approximately 30 $\mu$m spherical yttria-stabilized zirconia (YSZ) green body formed with an organic binder. Additionally, graphitic carbon nitride (g-$C_3N_4$) nanosheet was introduced to control the sintering behavior of zirconia. Bulk g-$C_3N_4$ polymerized using melamine as a raw material was exfoliated and surface modified through protonation reaction to increase dispersibility and adsorption efficiency. Since the surface potential of YSZ in aqueous solution of pH 6-7 has a negative value, it can be considered that the g-$C_3N_4$ with a positive charge spontaneously adsorbs due to electrostatic attraction. The higher the specific interface energy during sintering, the more the interfacial diffusion mechanisms are favored compared to volume diffusion. The spontaneous adsorption of nanosheets can induce thermodynamically nearly uniform surface energy levels, and this effect is postulated to increase the activation energy for surface diffusion. Therefore, the critical driving force decreases, and the abnormal grain growth can be controlled in the early stage of sintering.

### G3C-6 | Investigating Nitridation Effects on WC-Co-Ti Composites: Synthesis and Characterization Analysis with TiN Phase Enhancement

ALI Ammad[1,3], SUNG Jaemin[2,3], LEE Mi Hye[3,4], SONG Yoseb[3,4], PARK Kee-Ryung[3], JEONG Da-Woon[3,4], *KIM Bum Sung[3,4]
[1]University of Science and Technology, [2]Inha University, [3]Korea Istitute of Industrial Technology, [4]National Korea Institute of Rare Metals

This work explores the nitridation impacts on WC-Co-Ti composite powders, mainly on characterization, synthesis, and TiN phase assessment, which has great application in the powder metallurgy. First, powders of tungsten carbide-cobalt (WC-Co15%) and titanium (Ti) are properly mixed in an 80:20 weight ratio and mechanically alloyed for 48 hours. This systematic technique assures the production of a finely blended mixture, which is an essential precondition for the processes that follow. The ground powders are then nitridated in a carefully regulated environment, paying close attention to changes in temperature, partial pressure, and nitriding time. The ideal circumstances required for the TiN phase to be retained as long as possible are carefully taken into account and implemented. The meticulously calibrated settings are designed to preserve the integrity of the composite powders while facilitating the production of the titanium nitride (TiN) phase inside the composite structure. After nitridation, those resulting composite powders are thoroughly characterized using sophisticated methods including energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray diffraction (XRD). The phase composition, microstructure, particle shape, and elemental distribution of the composite powders are all thoroughly explained by these investigations. In general, the goal of the current study is to investigate in detail how nitridation affects WC-Co-Ti composites, with an emphasis on synthesis

and characterization utilizing TiN phase enhancement. The results provide significant contributions to the creation of sophisticated composite materials, which may find use in a number of different industrial domains.

## G4 : 나노 융합 세라믹스

### G4-1 | Synthesis and Scaling effect on resistivity of Topological Metal MoP Nanowires

*한혁진[1]
[1]성신여자대학교

In this talk, I will present the synthesis and transport properties of MoP nanowires, which were synthesized by reacting $MoO_3$ nanostructures with phosphorous precursors (H. J. Han et al., APL Materials (2020), 8(1), 011103, H. J. Han et al., Science Advances (2021), 7(41), eabh2012 and H. J. Han et al., Advanced Materials (2023), 35(13), 2208965). We have found that the initial diameter of the $MoO_3$ nanowires significantly determines the crystalline quality of the converted MoP nanowires, ranging from porous flakes to polycrystalline nanowires, and ultimately to single-crystalline nanowires. This size-dependent crystallinity can be attributed to the suppression of nucleation at the nanoscale. While the resistivity values of the polycrystalline MoP nanowires were measured to be higher than the reported resistivity of MoP bulk single crystals, due to the presence of nanoscale grains, we observed that the resistivity values approach those of the bulk as the diameter of the MoP nanowires decreases. Importantly, we show that the line resistance in relation to the total cross-sectional area of MoP nanowires is comparable to, or even superior to, those of effective Cu and barrier-less Ru interconnects, suggesting that MoP is a viable solution to the current scaling challenge of Cu interconnects.

### G4-2 | 세라믹스의 수축 저항성 향상을 위한 유기-무기 하이브리드 레진

최현희[1], 이세훈[1], *양승철[2], *정연길[2,3]
[1]한국재료연구원, [2]창원대학교, [3]한국세라믹기술원

세라믹스의 경우, 높은 강도를 발현하기 위한 열처리 과정이 필수적인데, 열처리 과정에서 수축 및 변형이 발생하기 때문에 세라믹스 부품의 치수 안정성 확보가 어려운 실정이다. 이를 해결하기 위해 무기 바인더를 추가적으로 적용하는 공정이 제안되었다. 무기 바인더 코팅의 반복으로 형상 변형을 최소화하면서 세라믹스의 강도를 증가시킬 수 있지만, 열처리 전의 성형강도 발현을 위한 유기 바인더, 열처리 후 강도 발현을 위한 무기 바인더를 각각 적용해야 한다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 기계적 특성이 우수한 지환식 에폭시 유기 관능기를 가지는 3관능성 실란 커플링제와 2관능성의 실란, 촉매 및 열경화제를 첨가함으로써 에폭시 수지와 실록산 결합이 동시에 포함되어 있는 지환식 에폭시 실록산 레진을 합성했다. FT-IR 및 TGA 분석을 통해 레진의 경화 조건 및 고형 분량을 확인하여 최적의 조성비를 도출하였다. 지환식 에폭시 실록산 레진의 지환식 에폭시 그룹은 성형체의 강도를 향상시키며, 실록산 결합 부분은 소결 후 실리카 생성 및 시험편 내부의 입자간 necking 형성에 기여함으로써 수축률이 0.5% 이하로 감소함을 확인하였다.

### G4-3 | 도핑을 통한 세륨 기반 금속 할라이드 나노입자 특성 분석 및 광검출기 응용

민정완[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

In recent years, efficient ultraviolet photodetectors (UVPDs) have become essential for various applications, such as guided weapons, biological sensors, optical communication, and atmospheric monitoring. Lead halide perovskites (LHPs) are notable for their high absorbance coefficient and charge-carrier mobility. However, the toxicity of lead restricts its potential as UVPDs. Herein, lead-free zero-dimensional (0D) cesium cerium chloride ($Cs_3CeCl_6$) nanocrystals (NCs) are presented as a promising alternative owing to their unique optical properties. Furthermore, $Gd^{3+}$ doping in $Cs_3CeCl_6$ (CCC) NCs increase the photoluminescence quantum yield (PLQY) from 57% to 96%, along with significantly enhanced phase and chemical stability. Density functional theory (DFT) calculations are performed to confirm the effect of $Gd^{3+}$ doping on CCC. Moreover, the $Gd^{3+}$-doped CCC (CCGC) NCs are applied as the active layer in UVPDs with different $Gd^{3+}$ doping levels. Finally, the excellent device performance is shown at 20% of $Gd^{3+}$ in CCGC NCs with high detectivity ($1.4910 \times 10^{11}$ Jones) and responsivity (0.195 A/W) at −0.1 V at 310 nm. This study paves the way for the development of lead-free lanthanide-based metal halide NCs for next-generation UVPDs and other optoelectronic applications.

### G4-4 | In-depth Electrophysiological Analysis of Therapeutic Magnetogenetic Stimulation in Parkinson's Disease Using Phase-changeable Soft Neural Probe

이자경[1], *박장웅[1]
[1]연세대학교

Electrical deep brain stimulation (DBS) is a conventional surgical therapy for Parkinson's disease (PD). However, this method inevitably involves chronic electrode implantation and faces challenges in therapeutic

duration and cellular specificity. Magnetogenetic (MG) DBS, utilizing nanoscale magnetic actuators, has recently emerged as an innovative alternative. These actuators apply torque force under rotating magnetic fields to activate pre-encoded target neurons, enabling wireless and specific DBS, and enhancing motor recovery duration in PD. Herein, we present a phase-changeable soft neural probe, based on the liquid metal electrode, for thorough electrophysiological analysis of MG DBS in PD mice. Unlike conventional rigid electrodes, the liquid-metal-based probe minimizes neural network destruction, allowing a comprehensive examination of functional connectivity in the PD circuit. Furthermore, the neural probe can be stably implanted into deep brain regions by utilizing a biodegradable temporal stiffener that dissolves within the biological tissue. We thoroughly explore the therapeutic effect of MG DBS by recording electrophysiological signals from the entire cortico-basal ganglia-thalamic neural circuit using this neural probe. Our results provide interdisciplinary evidence supporting the effectiveness of MG DBS and contribute to advancements in the field of neuroscience.

### G4-5 | 영장류의 자연 본능 행동 연구를 위한 은밀한 신경 기록기

오세혁[1], 제갈장환[1], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원

Neural recorder is a pivotal device for studying neurological mechanisms inherent in specific behavioural and cognitive states by monitoring brain neural signals. Among several animal models, non-human primates can provide pre-clinical insights through neural recorders due to their resemblance to humans in brain neuroanatomy and complex neural connectivity allowing exploration of advanced cognitive functions. However, the large brain volumes, extensive range of uncontrolled movements, and inherent wildness of primates pose substantial engineering challenges for the covert, long-term recording and analysis of deep brain neural signals amidst wild-like naturalistic behaviours. Here, we introduce a stealthy neural recorder for studying naturalistic behaviours in primates. The neural recorder incorporates a miniaturised wireless embedded system, a flexible neural probe with a mechanically transient shuttle, and a repeater coil-based wireless power transfer system for body-scale operation range. we successfully recorded neural signals in the deep brain area and behavioural signals over one month in the freely moving monkey during eating behaviours. Then, the developed artificial intelligence model classified eating behaviour phases with extracted biomarkers from recorded neurobehavioural signals.

### G4-6 | 거시적 어셈블리를 위한 계면활성제를 이용 질화붕소나노튜브 액정에 대한 연구

김영경[1,2], 최시영[2], *장세규[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]한국과학기술원

The macroscopic assemblies of Boron Nitride Nanotubes (BNNTs) have been attracting great attention due to their unique properties such as high thermal properties, oxidation resistance, and neutron shielding. Recently, we demonstrated microfiber fabrication with lyotropic liquid crystals of BNNTs (BNNT-LC) using a polymeric stabilizer. However, the low density of BNNTs caused by the presence of the polymeric stabilizer remains a problem to be resolved to improve the physical properties of the fibers. In this talk, we suggest a facile approach to preparing BNNT-LC with surfactant which occupies minimum volume for the high packing density of BNNTs. The phase transition behavior of BNNT-LC is systematically analyzed with the polarized optical microscope. The uniform BNNT-LC thin film with high alignment and high packing density by simple shear force was demonstrated. The BNNT-LC film has three times higher packing density of 1.25 g/cm$^3$ compared to the reported buckypaper.

### G4-7 | Controlling thermal conductivity of silica aerogel using plasma-deposited parylene-N

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], BAE Hyung Eun[1]
[1]Yonsei University

This study focuses on the thermal conductivity of SiO2 aerogels, focusing particularly on waterglass and tetraethylorthosilicate (TEOS), both pre- and post-coating with parylene via two different methods: thermal deposition and plasma deposition. The compositional analysis of the aerogels was conducted using scanning electron microscopy. Notably, when employing thermal deposition for parylene coating with a thickness surpassing 50 nm, the pore structures exhibited disappearance. Conversely, with plasma deposition, the pore structures were preserved to a higher degree, as corroborated by Brunauer-Emmett-Teller analysis. Moreover, the thermal conductivity of the aerogels was determined through differential scanning calorimetry analysis. The thermal conductivity of SiO2 aerogels derived from waterglass and TEOS were notably

impacted by the parylene coating deposited via plasma, manifesting an optimal parylene coating thickness that minimized thermal conductivity, thereby maximizing thermal insulation. This indicates the efficacy of parylene-N coating in modulating the thermal conductivity of SiO2 aerogels synthesized from waterglass and TEOS within the targeted range.

### G4-8 | 붕소 함유 세라믹 유사 고분자의 합성

임익재[1,2], 김영경[1], 이재우[2], *장세규[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]전북대학교

Boron-containing ceramic fillers such as hexagonal boron nitride (hBN) and boron carbide (B4C) have been extensively used for neutron shielding applications owing to its high absorption against thermal neutron. It is known that the radiation stopping power of the shielding material is highly correlated to the concentration of boron species. Therefore, to maximize the shielding capability, it would be more efficient to fabricate polymeric composites with a boron species together with ceramic fillers above mentioned. However, to date, there have been a lack of research on the application of boron-containing polymeric materials. In this presentation, we propose a method of synthesizing a linear polymer with an alternating boron and nitrogen backbone. The chemical structure and molecular weight of the produced polymer were systematically analyzed through NMR and GPC. In addition, cross-linking chemistry using ceramic-like functional groups is successfully applied to fabricate thin films and polymeric composites with boron-containing ceramic fillers.

### G4-9 | Electrophysiological analysis of retinal organoid development using three-dimensional microelectrodes of liquid metals

LEE Sanghoon[1], CHUNG Won Gi[1], JEONG Han[1], *PARK Jang-Ung[1]
[1]Yonsei University

Despite of the substantial potential of human-derived retinal organoids, the degeneration of retinal ganglion cells (RGCs) during maturation limits their utility in assessing the functionality of later-born retinal cell subtypes. Additionally, conventional analyses primarily rely on fluorescent emissions, which limits the detection of actual cell functionality while risking damage to the three-dimensional (3D) cytoarchitecture of organoids. Here, we present an electrophysiological analysis to monitor RGC development in early to mid-stage retinal organoids, and compare distinct features with fully-mature mouse retina. Our approach utilizes high-resolution 3D printing of liquid-metal microelectrodes, enabling precise targeting of specific inner retinal layers within organoids. The adaptable distribution and softness of these microelectrodes facilitate the spatiotemporal recording of inner retinal signals. Our study not only demonstrates the functional properties of RGCs in retinal organoid development but also provides insights into their synaptic connectivity, reminiscent of fetal native retinas. Further comparison with fully-mature mouse retina in-vivo verifies the organoid features, highlighting the potential of early-stage retinal organoids in biomedical research.

### G4-10 | Exploring the crystal fields of aluminate phosphors for diverse emission wavelengths from red to SWIR

PARK Yong Min[1], *IM Won Bin[1]
[1]Hanyang University

When an activator is introduced into the host material of a phosphor, the emission spectrum can exhibit a variety of characteristics. This diversity arises not only from the intrinsic energy levels of the parent or activator materials but also from the crystal structures formed within the phosphor. In this study, we report multi-component aluminate phosphor that synthesized by solid-state reaction method. This phosphor has five different doping sites, comprising three octahedral and two tetrahedral sites, each with a different crystal field that results in varying emission wavelength. Two excitation peaks centered at 410 nm and 570 nm were observed. The aluminate phosphor displayed two different emission regions: one from 610 to 1050 nm, and the other from 1350 to1800 nm. Each region exhibits two types of peaks: two sharp emission peaks with centered at 610 and 1390 nm, and two broad emission peaks centered at 890 and 1550 nm. Each spectrum peaks were classified into an activator and its energy level transfer according to the Tanabe Sugano diagram. Through this, the luminescence mechanism of CAO was accurately analyzed and the energy level of $Cr^{4+}$ hidden by $Cr^{3+}$ luminescence was also confirmed.

### G4-11 | 뇌 오가노이드의 다중인자 모니터링 및 전기자극을 위한 오가노이드 장기배양 종합 플랫폼

정인혜[1], *박장웅[1]
[1]연세대학교

Cerebral organoids have emerged as a powerful tool for a comprehensive understanding of human brain development and disorders. Conventional organoid analysis methods rely on surface signals that propagate through culture media, and characterization using rigid probes damages organoids due to slicing or penetrating procedures. Here we introduce a 3D microelectrode array featuring micropillar electrodes made of liquid metal. This innovation allows for the stable, long-term monitoring of electrophysiological signals from the intra-organoid interface. The dimensions of these micropillar electrodes can be conveniently adjusted using our straightforward direct-printing technique. The intrinsic softness of the electrode material enables long-term repetitive measurement to identify neuronal circuitry without degrading the condition of the organoid. Therefore, we can delve into the development of electrophysiological characteristics and networks in tandem with organoid maturation. This valuable information greatly enhances our comprehension of neural network traits during brain growth.

### G4-12 | High Thermoelectric Performance for ZnO Nanostructures by Interfacing Lowly-Oxidized Graphene Quantum Dots

CHOI Myungwoo[1], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University

Thermoelectric technology holds promise for converting wasted heat into electricity. While traditional thermoelectric materials boast high performance, their scarcity and toxicity limit their applications. Zinc oxide (ZnO) emerges as a favorable alternative due to its abundant nature, non-toxicity, and relatively high Seebeck coefficient. However, its high thermal conductivity remains a challenge. In this study, we employ a multi-step approach to achieve a notably high dimensionless figure-of-merit (zT) value of about 0.486 at 580 K by interfacing graphene quantum dots (GQDs) with 3D nanostructured ZnO. We demonstrate the fabrication of GQDs interfaced with 3D ZnO, resulting in the highest zT value reported for ZnO counterparts. Our experimental findings indicate that the 3D GQD@ZnO exhibits significantly reduced thermal conductivity of 0.785 W $m^{-1}K^{-1}$ and an extremely high Seebeck coefficient of -556 $\mu$V $K^{-1}$ at 580 K.

### G4-13 | 금속산화물 나노입자 기반 NaYF4 상향변환 나노형광체 발광 특성의 획기적 개선

장성우[1], SAMANTA Tuhin[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

Upconversion material that convert infrared photon into visible and ultraviolet photon are capable of a broad range application such as deep tissue bio-imaging, security labelling and anti-counterfeit, etc. Lanthanide-doped sodium yttrium fluoride ($NaYF_4$) upconversion nanoparticles (UCNP) are one of the most efficient UCNPs. However, the practical application of upconverting materials is limited owing to their extremely weak and narrow band absorption. Moreover, it is still a great challenge to short-wave infrared photon (such as 1550 nm) to visible since photon should be 3-pumped for visible region emission which hamper itself to a wide variety of application. Here, we applied the localized surface plasmon resonance (LSPR) effect of indium tin oxide (ITO) NPs to enhance the 1550 nm absorbance of $NaYF_4$:$Er^{3+}$ NPs. We successfully synthesized core-shell $NaYF_4$:$Er^{3+}$@$NaYF_4$ NPs with particles size distribution of 15 nm via co-precipitation synthesis method. Further, we integrated those NPs with 7 nm particle sized ITO NPs (Sn 5 mol%) which exhibit intense LSPR effect in the range of 1400 to 1800 nm that perfectly overlap with 1550 nm excitation of $Er^{3+}$ ions. We characterized structural and morphological properties of each NPs and optical properties of those NPs mixture solution. To verify plasmonic effect induced upconversion luminescence (UCL) enhancement, we measured pump power dependent photoluminescence (PL) measurement. Finally, we proposed UCL enhancement mechanism of our designed NPs composite strategy.

### G4-14 | BNNT 종류에 따른 세라믹 복합소재 제조 공정에서의 BNNT 구조 변화 비교 분석

이민혁[1], *이헌수[1], *김성륜[2]
[1]한국과학기술연구원, [2]전북대학교

초고온 세라믹은 매우 높은 강도 가진 세라믹의 한 종류로, 매우 뛰어난 열적 특성을 가져 초음속 비행체 및 우주 왕복선 등의 엔진 노즐 및 비행체 첨단부 등 고온을 필요로 하는 부품의 재료 역할로 사용됩니다. 다만, 초고온 세라믹은 세라믹의 취성을 가지고 있어 쉽게 파손되어 일반적으로 재사용하기 어렵습니다. 이러한 단점을 극복하기 위해 다양한 섬유 재료를 filler로 하여 섬유강화 초고온 세라믹 복합재료를 제조합니다. 그 중 이 연구에서는 CNT보다 열적 특성이 우수하면서 매우 뛰어난 기계적 물성을 가진 BNNT를 filler로 사용하는 BNNT-UHTC에 대해 소개하며, 복합재료 제조 공정 중 발생할 수 있는 BNNT의 종류에 따른 BNNT의 구조 파괴에 대한 연구를 수행했습니다.

**G4-15 | 변화하는 자기장에서 뇌의 전기 생리학적 신호 분석을 위한 그래핀 기반 뉴럴 프로브**

오명재[1], *박장웅[1]
[1]연세대학교

Neuromodulation utilizing magnetic nanoparticles has received the spotlight for its selective non-invasive deep brain stimulation. Despite its popular usage as a neuromodulating device, real-time neural signal recordings during neuromodulation have been hampered by noise generation under the altering magnetic field arising from eddy current generation in conventional metal-based electrodes. Thus, nanoparticle-driven neuromodulation has been observed with behavior studies only due to the absence of a suitable neural probe. For a deeper understanding, analysis of neuronal activity during stimulation is required. In this study, we developed a flexible graphene-based neural probe to concurrently minimize noise generation from magnetic fields and record neuronal activity. Compared to the neuronal recordings of the metal electrode, the graphene-based probe has indicated significantly reduced noise generation and detection of neural signals under the influence of changing magnetic fields. Altogether, our work opens a new scope to observe electrophysiological signals of an emerging field of neuromodulation.

**G4-16 | 일산화탄소 저항성을 갖는 PtRu/$CeO_2$ Hollow Nanofiber을 이용한 수소 센서**

김준영[1], 임민섭[1], *박지영[1], *좌용호[1]
[1]한양대학교

The broad flammability range of hydrogen (4-75 %) underscores the critical need for precise and efficient detection methods. Traditional catalytic combustion sensors can detect combustible gases rapidly; however, they have disadvantages such as high operating temperatures, increased power consumption, and dependence on platinum, with vulnerability to CO poisoning. This study introduced a groundbreaking approach that utilizes $CeO_2$ hollow nanofibers supported by PtRu nanoparticles to sense hydrogen under extreme conditions, including environments with CO concentrations up to 500 ppm. The unique structure of $CeO_2$, derived from the $Ce^{4+}/Ce^{3+}$ redox pair, provides a high density of oxygen vacancies, which enhances hydrogen detection and enables reactions at room temperature. Integrating PtRu nanoparticles into $CeO_2$ significantly counters CO poisoning, thereby marking a substantial advancement in sensor technology. Novel $CeO_2$ hollow nanofibers developed through electrospinning improve the interaction between oxygen vacancies and hydrogen on PtRu, thereby resulting in enhanced sensitivity and response times compared to conventional sensors. Our findings confirmed the superior performance of the sensor in realizing consistent and rapid detection in a CO-rich atmosphere. This study presented a significant step toward robust wide-range hydrogen detection, paving the way for safer and more sustainable environmental monitoring.

## G5 : 바이오 세라믹스

**G5-1 | 자가조립단분자층을 활용한 전사인쇄공정을 통한 친환경적인 생분해성 전자소자의 제작방법**

이승민[1], 이우진[1], *강승균[1]
[1]서울대학교

최근 일정기간동안 다양한 생체 시그널 센싱 및 치료를 제공한 후 시간이 지나면 스스로 분해되어 생체적합성 및 생체흡수성 부산물로 분해되는 특성을 가지는 생분해성 전자소자에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 다양한 생분해성 의료용 전자장치에 관한 연구가 진행되고 있으나, 생분해성 고분자 기판상의 직접적인 소자 제작은 낮은 유리 전이 온도와 유기 용매에 대한 활성 반응성 때문에 고성능 소자제작을 위한 고해상도 포토리소그래피 공정을 적용하기 어렵다는 한계를 가지고 있다. 본 연구에서는 Si 웨이퍼의 표면처리를 통해 생분해성 금속 기반 전자소자를 생분해성 고분자 기판으로 옮겨내는 대량 생산 방식을 제안한다. 금속과 웨이퍼간 접착력은 기계적 분석 및 계면 분석을 통해 증명되었다. 본 방식을 활용하여 다양한 생분해성 삽입형 및 웨어러블 기기를 제작하였고, 동물 실험을 통해 그 작동성을 증명하였다. 이 밖에도 회로 구성 요소 (인덕터, 커패시터, 레지스터)의 대량생산 및 생분해성 인쇄 회로 기판 (PCB)의 생산성을 보여주었다. 본 연구에서 제시된 일련의 전사 인쇄 기법과 다양한 전자소자의 예시는 고성능 생분해성 전자소자의 대량 생산 및 친환경적인 제조를 위한 새로운 전략을 제공한다.

**G5-2 | 란타나이드-도핑된 나노 물질을 이용한 생체분자 진단 및 다양한 생물학적 응용**

강동규[1], *이준석[1]
[1]한양대학교

Lanthanide-doped upconversion nanomaterials are well known for their ability to convert near-infrared (NIR) photons into visible, ultraviolet, and NIR photons. The use of NIR light for excitation is advantageous in biological settings due to its low autofluorescence background and its ability to penetrate deeply with reduced scattering of light. As a result, these materials have garnered significant interest for their unique optical characteristics, which include large anti-Stokes

shifts, distinct emission spectra, and prolonged excited-state lifetimes. These features have paved the way for their use in various fields, such as bioassays, biomedical imaging, and forensic science. The nanomaterials are versatile, finding applications in detecting different analytes, bioimaging, therapeutic interventions, energy transformation, and security measures.

### G5-3 | 등온증폭 및 압타머 탐침자 기반 단일 뉴클레오타이드 선택도를 가진 분자진단 기술

백재균[1], *김영은[1]
[1]서울대학교

Abstract: Nucleic acid detection, a technique that analyzes the presence of genetic materials (DNA or RNA) with specific sequences, has been utilized as an indispensable tool in a wide range of real-life applications including food safety, environmental monitoring, and medical diagnostics. Programmable and precise control to edit, or functionalize nucleic acid strands has continuously evolved, adding to the fundamental knowledge on molecular diagnostics, which gained an unprecedented pace of development during the SARS-CoV-2 pandemic. We report a novel platform for label-free nucleic acid detection using isothermal amplification and light-up aptamer probes. This assay converts double-stranded amplicons into single strands to enable sequence-specific hybridization with split dapoxyl aptamers, offering femtomolar sensitivity and single-base specificity.

### G5-4 | A robust adhesive hydrogel-impregnated nanolayer for the prevention of stent migration in the rat esophagus

전은영[1], *이준석[1]
[1]한양대학교

Hydrogels are vital for bridging biological tissues and implantable devices owing to their biocompatible, flexible, and excellent tissue-adhesion properties. However, their poor adhesion to smooth surfaces of devices significantly hinders their utility. In this study, we synthesize a porous silica nanolayer on stent surfaces as an interfacial layer between hydrogels and stents. The porous structure offers mechanical interlocking, numerous physical bonding sites, and efficient distribution of osmotic swelling stress. While the adhesive strength of the flat surface measures ~ 8 kPa, the introduction of the porous silica nanolayer enhances it to ~ 145 kPa. The hydrogels on the bare stent swell and delaminate quickly when immersed in water, while the porous silica nanolayer-coated stent effectively supports hydrogels even after an hour. Consequently, this work suggests the possibility of a good means to prevent stent migration in the esophagus.

### G5-5 | Electrochemical biosensors based on microelectrodes

*LEE Ga-Yeon[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

This research presents the development of microelectrodes for highly sensitive amperometric immunoassays using : 1) band microelectrodes using standard UV lithography technologies, 2) a redox cycling method based on interdigitated electrodes (IDEs) for signal amplification. A band microelectrode was developed using a sequential layering and etching method. For the characterization of the band microelectrode, the estimation of the influence of electrode geometry on the diffusion layers was estimated for the band electrodes and the conventional circular electrodes, which were fabricated to have different electrode areas by changing the size (diameter) and thickness of the exposed metal layer. These results show that both the geometry as well as the area of an electrode can influence its properties. Redox cycling amperometry based on interdigitated electrodes (IDEs) was used to develop highly sensitive immunoassay. The first working electrode (the generator) was used for the cyclic voltammetry of the TMB samples, while the second working electrode (the collector) was used to apply sequentially two potentials for the reduction and oxidation of the TMB. As the IDE fingers were located very close to each other, the products of the reduction and oxidation of the TMB at the collector electrode (the second working electrode) could be supplied to the diffusion layer of the generator electrode (the first working electrode). The TMB measurements performed using redox cycling amperometry were 5 times more sensitive than those based on conventional amperometry. The redox cycling amperometry was applied to a commercial immunoassay for the carcinogenic embryonic antigen (CEA)

### G5-6 | Advanced Nanoparticle based Molecular Detection System for Nucleic Acid Amplification

나선영[1], 소정욱[1], *이주헌[1]
[1]한양대학교

Nucleic acid detection has advanced with the rise of

DNA-functionalized nanoparticles. We developed the nSLAM (nanoparticle-based Surface Localized AMplification) system, which uses $Fe_3O_4$(core)-Au(shell) nanoparticles (CSNPs) to detect target nucleic acids. Functionalized with oligo primers, the CSNPs directly participate in the amplification process, increasing efficiency by accumulating targets on the nanoparticle surface. Through electrochemical detection (ECD), the amplicons are converted into electrical signals. The CSNPs also serve as dispersible electrodes, facilitating the transfer of amplicons towards working electrodes, resulting in signal amplification. Evaluation using SARS-CoV-2 targets revealed impressive sensitivity, with detection possible at 1 RNA copy/$\mu$L concentration within 35 amplification cycles. Moreover, with 1 fM concentration cDNA, the runtime was drastically reduced to just 4 cycles (about 7 minutes). In addition, we are developing a system to discriminate variants of SARS-CoV-2 and have obtained the results of studies targeting mutant genes in breast cancer ctDNA (circulating tumor DNA) other than viruses.

### G5-7 | Paper-based inorganoic and plasmonic nanomaterials for the detection of microplastics

김준영[1], *정호상[1]
[1]한국재료연구원

Microplastics (MPs), defined as synthetic polymers with a particle size of 〈5 mm, have been a major global concern for several years. In particular, MP contamination exists as a harmful threat to both ecosystems and human health. Herein, we developed a three-dimensional plasmonic gold nanosponge (3D-PGNS) on a paper substrate for detection of MPs. The paper-based 3D-PGNS is integrated with a syringe filter device, and then, MP-containing solutions are injected through the syringe. Detection of the MPs using the surface-enhanced Raman scattering (SERS) successfully identifies the MPs without pretreatment. The interface and volumetric hotspot generation of 3D-PGNS around the captured MPs significantly improves the sensitivity, which is confirmed by finite-difference time-domain simulation. Then, the SERS mapping images obtained from a portable Raman spectrometer are transformed into digital signals via machine learning (ML) technique to identify and quantify the MP distribution. The developed SERS-ML-based MP detection method is applied for mixture MPs and for real matrix samples, demonstrating that the method provides improved accuracy. The technology can be applied for not only developing an onsite MP detection system but also various environmental sensing tools in the future.

### G5-8 | $TiO_2$ Aerogel Based Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry for Sepsis Diagnosis

YUN Tae Gyeong[1], SONG Zhiquan[1], KIM Tae-Hun[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

Aerogel is prospective for laser irradiation environment in LDI-MS application due to its nanoporous network structure. In this study, $TiO_2$ aerogels were synthesized and applied to LDI-MS for quantitative analysis of small molecules. $TiO_2$ aerogels were synthesized by super critical drying (SCD). The $TiO_2$ aerogels with various post-processing conditions were optimized via photocatalytic efficiency from methylene blue (MB) degradation. Moreover, to understand the desorption properties of $TiO_2$ aerogel, thermal analysis conducted by differential scanning calorimetry. Effect of porosity on organic matrix crystallization was investigated by Gibbs-Thomson equation. Additionally, the activation energy for CHCA nanocrystal melting for desorption was calculated using the Borchardt and Daniels model with Arrhenius equation. MS analysis on small molecule with aerogel showed reduced noises and enhanced analyte signals compared to conventional LDI-MS. Furthermore, a combi-matrix, a mixture of inorganic aerogel and organic matrix, was applied to LDI-MS on lysophosphatidylcholine (16:0) for the diagnosis of sepsis.

### G5-9 | Rapid hydrolysis, acylation and lipolysis with CalB and CalB@NF enzyme immobilized silica-coated magnetic nanoparticles

김유정[1], 류두열[2], *장정호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교

This study reports the demonstration of rapid hydrolysis, acylation and lipolysis of p-nitrophenyl butyrate (p-NPB), benzoic anhydride, and olive oil using Candida antarctica lipase B (CalB) and nanofructosome encapsulated CalB (CalB@NF) immobilized silica-coated magnetic nanoparticles (Si-MNPs). Various kinetic parameters ($K_m$, $V_{max}$, and $K_{cat}$) for the enzymatic hydrolysis against p-nitrophenyl butyrate (p-NPB) were calculated using the Michaelis-Menten equation and Lineweaver-Burk plots. The acylation synthesis of benzoic anhydride to benzylbenzoate was confirmed,

and the conversion efficiency was found to be more than 99%. Furthermore, the enzymatic lipolysis of olive oil using Si-MNPs@CalB and Si-MNPs@CalB@NF was characterized by thin-layer chromatography (TLC), column chromatography and proton nuclear magnetic resonance ($^1$H- NMR), and it was found to be decomposed to oleic acid during olive oil lipolysis.

### G5-10 | 3d 전이금속 치환을 통한 금속치환 휘트로카이트 특성 연구

배진아[1], 송혜원[1], 박철현[1], 우다빈[1], *허준혁[1], *이정헌[1]
[1]성균관대학교

To date, research on bioceramics has primarily focused on Hydroxyapatite (HAp) and Tricalcium Phosphate (TCP), owing to their compositional similarity to bone. However, both HAp and TCP exhibit limitations, such as inadequate mechanical strength and suboptimal bone regeneration capabilities. In contrast, Whitlockite (WH), the second most prevalent bioceramic in the human body, not only demonstrates greater mechanical strength but also contains Mg within its structure, enhancing its potential for bone and vascular regeneration. Nonetheless, the synthesis of WH has proven challenging. Here, we report the synthesis of uniform WH through low-temperature oven aging and the study of a new material by replacing Mg in WH with 3d transition metals such as Ni, Cu, and Co. This approach yielded nanoparticles with distinct structural properties for each element. Notably, Ni-WH, which assumes an amorphous ceramic structure, exhibited significantly higher stiffness and elasticity than other forms of WH and HAp.

### G5-11 | 산 용매에 따른 굴 패각 기반 탄산칼슘의 특성 연구

이상헌[1,2], 상병인[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

굴 패각은 높은 함량의 탄산칼슘을 함유하고 있어 소재로써 사용하기에 효율적인 재료 중 하나이다. 기존 연구에서는 굴 패각은 염산 처리를 통해 염화칼슘 용액을 얻고, 염화칼슘 용액을 탄산나트륨 용액과 섞어 침전 반응을 통해 고순도탄산칼슘을 추출하였다. 하지만 염산의 경우 환경적으로 문제를 일으킬 가능성이 높으며, 이에 따라 본 연구에서는 염산대신 다른 산을 사용하고, 산 변경에 따른 탄산칼슘의 특성 변화를 확인하였다. 사용한 산의 종류는 시트르산, 아세트산, 옥살산, 포름산이고, 염산을 대조군으로 사용하여 패각 분말과 반응시켰다. 반응한 용매 중 액상만을 탄산나트륨 용액과 혼합하여 침전 반응을 유도하였으며, 침전된 탄산칼슘을 세척 후 분리하고 오븐에 말려 제조하였다. 추출한 탄산칼슘은 X-Ray Fluorescence(XRF), X-Ray Diffraction(XRD), Scanning Electron Microscope(SEM), Particle size analysis(PSA)를 통해 분석을 진행하였고, 그 결과 산의 변화에 따라 생성된 탄산칼슘의 순도는 비슷하나, 일부 유기산의 농도의 차에 따른 결정성의 차이가 확인되었다. 특히 포름산이 가장 높은 수율을 보임에 따라 포름산이 염산을 대체할 수 있는 가장 적합한 산임을 확인하였다.

## G6 : 유리 및 비정질 세라믹스

### G6-1 | 차세대 적외선 광학소재부품 기술동향

*최주현[1], 한가람[1], 이태연[1]
[1]한국광기술원

As the application field of infrared optical systems expands, the need for new technology development is emerging to enable the applicability of various materials and reduce the production cost of optical components. In particular, the need for new specialized infrared glass materials and optics has been increased. Those infrared optics and modules can be mass-produced in industry applications and should not be conflicted against the safety and environmental regulations. In this presentation, we would like to introduce technological trends in the advancement of manufacturing technology methods using eco-friendly chalcogenide optical glass materials and infrared lens. In particular, as a basis for the roadmap of technological products, we aim to help understand the technology value chain and application industries ranging from optical materials, optical components, and optical products to end-users for smart devices and self-driving cars.

### G6-2 | 칼코지나이드 유리와 단결정 실리콘의 굴절률 일치화 및 접합

윤일정[1], 김현[1], 이주성[1], *최용규[1]
[1]한국항공대학교

단결정 실리콘 소재는 기존 상용 칼코지나이드 유리 대비 뚜렷하게 높은 굴절률을 가지며 두께가 얇은 경우에 한정하여 비교적 양호한 원적외선 대역 투과도를 가지기 때문에 소형 열화상 카메라 모듈의 보호 창 및/또는 결상 렌즈로 적용되고 있다. 실리콘 기반 결상 렌즈의 구현에는, 결정질 소재의 태생적 특성으로 인하여, 직가공 또는 MEMS 공정의 적용이 필요하기 때문에 생산 단가 측면에서 불리한 측면이 있다. 본 연구에서는 고굴절 특성의 구현에 적합한 Ge-Ga-Te 조성계를 대상으로 단결정 실리콘 소재의 굴절률 수준을 만족하는 칼코지나이드 유리를 제작하였고, 해당 유리 디스크와 실리콘 웨이퍼의 접합 특성을 확인하였다. 열간 접합 방식 및 물리적 접합 방식에 대한 원적외선 대역 투과도를 집중적으로 분석하였으며, 해당 접합 소재의 잠재적 응용 분야를 평가하였다.

### G6-3 | 초고속 통신 및 3차원 반도체 제작을 위한 유리마이크로머시닝 기술동향

*조수제[1]
[1]마이크로팹

최근 유리의 마이크로머시닝 기술은 국내에서도 많은 관심을 가지는 파워인덕터나 고주파 인덕터, 고주파캐패시터, 양자통신용 각종 광소자 등과 3차원 반도체용 인터포저나 수동소자 내장형 system in package, 초소형인공위성 추진체, 잉크젯헤드를 중심으로 하는 각종 MEMS소자, 암진단용 의료용 바이오칩 등 다양한 분야에서 개발 되거나 적용되고 있다.
유리를 마이크로머시닝 하는 기술로는 드릴로 뚫는 고전적 방식, 초음파를 이용해서 홀을 형성하는 초음파머시닝, 레이저에 의한 유리에 마이크로머시닝 기술들이 이용되어 왔으며 최근엔 레이저로 미세 크랙을 유도한 다음 이것을 화학 에칭하여 홀을 형성하는 방식도 개발되어 있다.
이들 공정은 하나 하나의 홀을 형성하는 공정임에 반해 포토리소그라피 공정에 의해 수 많은 홀을 한꺼번에 형성하는 기술로는 샌드브라스트 공법과 광감응유리 공정이 대표적이다.
샌드브라스트 공법은 일반적인 화학에칭과 다르게 홀이 형성될 마스크를 원하는 소재에 형성한 다음 미세한 알루미나 입자같은 것으로 충돌시켜 노출된 부분을 물리적으로 에칭해내는 기술로 각종 마이크로 유체소자 제작에 많이 활용되고 있으며 폴더폰에도 양산적용되고 있는 기술이다.
광감응유리공정은 포토리소그라피 공정 기반 가장 정밀한 기술로 볼수 있으며 유리를 노광하여 유리내에 전자를 발생시키는 광화학반응과 이 전자를 특정 금속이온(예로 은이온)과 열적으로 반응시키는 열환원공정, 석출된 은원자들을 중심으로 결정을 성장시키는 결정성장단계를 지니며, 결정이 성장한 부분은 주변 비정질 유리 부분에 비해 에칭속도가 높게 되어 정밀도가 높은 마이크로구조체를 구현하는 것이 가능하게 된다.
당 현상은 1947년 코닝의 스투키박사가 발견한 현상으로 오늘날 코닝의 기반이 된 기술로 볼 수도 있으며 1997년 발표자는 이와는 반대로 빛을 받지 않은 부분이 결정화되고 에칭되면서도 기존에 비해 정밀도가 훨씬 우수한 네거티브현상을 발견하여 세계재료학회 등에 발표한 바 있다.
이와 같은 광감응유리 공정은 미국 유럽을 중심으로 하여 수많은 분야에서 새로운 소자를 제작하는 데 활용이 되고 있으나 국내의 경우엔 기술적 우위가 있음에 반해 이의 소자화는 극히 초보적 단계에 있어 각종 첨단 분야에서 이의 소자화가 시급한 상황이다.

### G6-4 | Multidimensional Analysis of Ion Exchange in Chemical Strengthening of Ultra-Thin Display Glass

*KIM Se-Ho[1]
[1]Korea University

Ultra-thin glass for a foldable display has attracted widespread attention as an alternative to rigid electronics. However, the detailed compositional effect in chemical strengthening of the glass is not well understood. This is because most characterization techniques are either indirect or limited by their spatial resolution or detection sensitivity. In this work, commonly used X-ray spectroscopy techniques and atom probe tomography (APT) are reviewed to investigate the distribution of constituent elements in two commercial smartphone glass samples: non- and chemically tempered glasses. Our APT analyses revealed that during the tempering process, there are ion exchanges of not only Na-K but also Li-P-Ca ions. With this finding, we could elucidate the interaction between chemistry and mechanical property.

### G6-5 | 분자 동역학 및 Solid-state NMR을 통한 내충격이 향상된 소다 알루미노-규산계 유리의 구조 연구

박경대[1], 남진수[2], 김승호[2], *정운진[1]
[1]공주대학교, [2]삼성디스플레이

Sodium Alumino-silicate(SAS) 유리는 화학적 강화가 가능하며, 최근 접이식 모바일 기기에서 커버 윈도우에 사용되는 UTG(Ultra-thin glass)와 같은 초박형, 초경량 응용 분야로 적용 범위가 확대되고 있다. 유리 조성을 변화하여 화학적 강화 특성을 조절할 수 있으며, 본 연구진은 $P_2O_5$ 및 $B_2O_3$를 포함하는 SAS 유리의 화학적 강화 특성에 대한 조성 효과에 대해 보고하였다. 특히, 최근 유리 조성의 제어를 통해 상용 SAS 유리 대비 내충격 특성이 크게 향상된 UTG 유리 소재를 보고한 바 있으나, 내충격 특성 향상에 기여한 것으로 판단되는 유리 조성에 따른 물리적 구조적 변화에 대한 구체적인 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 분자 동역학(MD: Molecular Dynamics)과 Micro-Raman, XPS, Solid-state NMR 등과 같은 다양한 실측 구조 분석을 수행하여 상용 UTG용 SAS 조성 대비 내충격이 향상된 것으로 판단된 두 가지 신규 조성의 구조적 차이를 비교 분석하였다. 분자 역학 시뮬레이션은 이전 연구에서 보고된 원자 간 전위를 사용하여 수행되었으며 원자 간 결합 길이, 결합 각도 및 배위 수를 추정하였다. 또한, MD를 통해 유리 내 $K^+$ 이온의 상호 확산 계수를 계산하고자 시도하였다.

### G6-6 | 상분리를 통한 고준위 방사성 폐기물 유리에서의 금속회수 방안에 대한 고찰

*정재엽[1], *HIROYUKI Inoue[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]The University of Tokyo

In part 1, we verified the selective recovery from the modified High-level radioactive waste (HLW) glass and performed the processes of separating and retrieving Se, Zr, Pd, and Cs elements based on the results of the dissolution experiment and evaluated. To cause phase separation, $SiO_2$ and $B_2O_3$ were added to the simulated HLW glass and adjusted the ratio of $SiO_2$:$B_2O_3$: other oxides to 40:50:10. The phase separated glass was

immersed in aqueous solutions of 0–3mol/L of $HNO_3$, $H_2SO_4$, and a 1:1 mixture of HCl–$HNO_3$ at 363 K for 20 h, and the dissolution behavior of 17 elements was examined. The relationship between the dissolved mass fraction of each element and the acid concentration in the immersion liquid could be approximated by the modified sigmoid function. The recovery of stable nuclei Se, Zr, Pd, and Cs instead of long-lived radioactive nuclei was tested using a four-stage leaching process in which the sample was immersed sequentially in four aqueous solutions at 363 K of distilled water, $HNO_3$, $H_2SO_4$, and a 1:1mixture of HCl–$HNO_3$ for20h. It was confirmed that Se, Zr, Pd, and Cs could be recovered selectively. In part2, we investigated the effect of $P_2O_5$ as an additives to promote the phase separation of sodium borosilicate glasses and analyzed the degree of phase separation based on leaching fraction of annealed glasses. $^{31}P$, $^{11}B$ and $^{29}Si$ nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopies were performed to further understand the phase separation. We prepared various NBS1 glasses: (100-x)(0.17$Na_2O$–0.29$B_2O_3$–0.54$SiO_2$)-x$P_2O_5$ (x = 0, 3, 5, 7, and 10 wt%) and an NBS2P7 glass: 93(0.22$Na_2O$–0.24$B_2O_3$–0.54$SiO_2$)-7$P_2O_5$ (wt%). It was confirmed that phase separation was induced when the $P_2O_5$ content was great than 5 wt% in NBS1 glasses, together with a change in the mechanism of phase separation from droplet-type to spinodal-type with increasing $P_2O_5$ concentration. The phosphorus incorporated into the borate-rich phase and formed borophosphate units after phase separation. Additionally, the fraction of [$BO_4$] units decreased with increasing $P_2O_5$ concentration. This phenomenon is expected to strongly influence the phase separation of sodium borosilicate glasses. In the NBS2P7 glass, no phase separation was observed owing to the high contents of $P_2O_7^{4-}$ and $PO_4^{3-}$ units. These units were released from the borosilicate matrices to form $Na_4P_2O_7$ crystalline phases.

### G6-7 | Determination of the $SiO_2$ liquidus in the $Li_2O$-$SiO_2$ system

이재성[1], LAURIANO Paloma[2], *정인호[1]
[1]서울대학교, [2]Ensil-Ensci

Accurate phase diagram information for the liquidus of $SiO_2$ varying with small oxide impurities like $Li_2O$ is essential to understand many glass-making processes such as the vitreous oxide production. Experimentally, due to extremely high viscosity of the $SiO_2$-rich oxide melt and the high vapor pressure of $Li_2O$, the accurate phase diagram measurement of the $SiO_2$-rich region (above 0.95 mole fr. of $SiO_2$) especially at high temperatures (>1500 °C) is rarely available. In this study, the changes in the $SiO_2$ liquidus by $Li_2O$ in $SiO_2$-rich region were successfully measured at 1550 to 1650 °C by classical equilibration (7 - 21 days) and quenching method using sealed Pt crucibles followed by X-ray diffraction phase analysis and electron probe micro-analysis. The present experimental data were also compared with the available literature data and the phase diagrams calculated using FactSage™ FTOxid database. The implication of the present experimental results in the glass-making process is discussed based on the $SiO_2$ network modification by $Li_2O$.

### G6-8 | Structural investigation of alkali aluminoborosilicate glass containing $MoO_3$ for vitrification of nuclear waste

KIM Seon-jin[1], YEO Tae-min[1], *CHO Jung-wook[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

Molybdenum (Mo), a prevalent fission product found in high-level radioactive waste, presents challenges due to its low solubility and tendency to undergo undesirable crystallization in nuclear waste glasses. Increased concentration of $MoO_3$ promotes the formation of crystalline phases (e.g., $Na_2MoO_4$, $CaMoO_4$) in the glass network, potentially harming the long-term property of nuclear waste glasses. In this study, the effects of incorporating various alkali cations (Li, Na, K, Cs) into Mo-containing aluminoborosilicate glasses were investigated using XRD, SEM, DSC, XAS, XPS, Raman, and solid-state MAS NMR spectroscopy. When taken together, the results indicate that incorporating larger alkali cations leads to a more polymerized silicate network, which in turn hinders the crystallization kinetics. The spectroscopic results suggest that the structure of Mo units changes with the increasing size of alkali cation, which could be manifested in two possible ways. Both possibilities enable direct connection of Mo units with the silicate network (Mo-O-Si) considering Paluing's stability rule. The formation of the Mo-O-Si bond attributes not only to enhance the solubility of Mo in aluminoborosilicate glasses, but also prevents the crystallization of Mo-containing phase by inhibiting the formation of nucleation seed, $MoO_4^{2-}$ entities.

### G6-9 | Development of halide-based $Li_2O$-LiCl-$B_2O_3$-$SiO_2$ glass-ceramic electrolyte for all-solid-state lithium-ion batteries

박영지[1,2], 강태욱[1], 이윤기[2], *김선욱[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]경상국립대학교

All-solid-state batteries (ASSBs) have attracted great attention because of their exceptional electrochemical stability, non-flammability, enhanced reliability, prolonged cycle life, and high energy density. Especially, glass-ceramic electrolytes have received significant attention due to their high electrochemical stability, high stability against moisture, wide potential window, and impressive ionic conductivity. Also, glass-ceramic electrolytes offer a promising avenue for developing high-energy-density batteries with improved safety profiles compared to conventional liquid electrolytes. In this study, glass-ceramic was developed by adding LiCl in the eutectic point composition of the $Li_2O$-$B_2O_3$-$SiO_2$ glass system. The halide-based $Li_2O$-LiCl-$B_2O_3$-$SiO_2$ glass-ceramic electrolyte (LBSL-electrolyte) was prepared through the conventional melt quenching technique, followed by sintering at crystallization temperature for 1-24 hours. The LBSL-electrolyte exhibited a total ionic conductivity of $1 \times 10^{-5}$ S/cm. Then, the LBSL-electrolyte sheets were synthesized via a tape-casting process using a doctor blade. The prepared sheets are to be sintered at a crystallization temperature and a coin cell using this sheet, paired with a $LiCoO_2$ cathode and Li foil anode. The assembled cell was subjected to charge-discharge cycles using a battery cycler.

### G6-10 | 스퍼터링 공정 기반 유무기 혼성 박막의 증착 거동 분석

이진혁[1], 최다진[1], *최용규[1]
[1]한국항공대학교

유무기 혼성박막은 무기소재의 상대적으로 강한 결합에너지에 유래하는 높은 경도와 강도를 활용하고 유기소재의 고유 미세구조에서 유래하는 높은 유연성을 공동으로 활용할 수 있는 장점을 가지며 추가적으로 표면 특성의 개질을 기대할 수 있다. 스퍼터링 공정은 대표적인 물리기상증착 공정으로서 전형적인 습식 공정 내지 화학기상증착 공정 대비 양산성이 우수한 것으로 평가된다. 무기소재의 경우에는 다양한 조성들이 스퍼터링 공정에 의한 성막이 가능한 반면에 유기소재는 스퍼터링 공정의 적용이 용이하지 않은 것으로 알려져 있다. 상용 엔지니어링 고분자 소재 중에서 polytetrafluoroethylene(PTFE)는 열적/화학적 안정성과 더불어 고유의 표면 특성을 가지며, 이와 동시에 스퍼터링공정을 통한 성막이 가능하다. 이에 본 연구에서는 유기소재로서 PTFE 타겟을 채용하고 무기소재로서 $SiO_2$, $TiO_2$, $ZrO_2$, $Al_2O_3$ 타겟을 선정하여 각 유무기 조합에 대한 RF 스퍼터링 공정에서의 증착 거동을 조사하였다. 각 유무기 혼성 박막의 가시광 대역 투과도, 수분에 대한 접촉각, 표면 경도 등을 측정하였으며, 이러한 결과를 IR 분석과 XPS 분석을 통한 구조해석과 연계하여 설명하고자 하였다.

## G7 : 내화물및시멘트세라믹스

### G7-1 | 고온 열복사 차단을 위한 고엔트로피 세라믹 소재 설계 전략

*송도원[1]
[1]국립금오공과대학교

본 연구는 고온 열 복사 차단을 위한 고엔트로피 세라믹 소재의 설계 전략을 제시한다. 고온 환경에 적용될 내화물 세라믹스 개발을 위해, 2가의 다양한 양이온(Zn, Ca, Mg)을 고용 한계 이상으로 포함하는 고엔트로피 A2B2O7 산화물이 단일상으로 합성되었고, Oxygen vacancy의 증가가 확인되었다. 다양한 2가 양이온의 첨가는 Phonon mean free path 감소에 기여하여 Phonon scattering 극대화를 통해 낮은 열전도도와 더불어, 고온에서의 열 복사를 효과적으로 차단하는 우수한 내열성을 보였다. 본 연구의 고엔트로피 전략은 내화 세라믹스의 설계와 개발에 새로운 방향을 제시하며, 기존 도핑 기법을 넘어서는 소재 다양성 확장의 가능성을 제시한다. 이를 통해 고온 환경에서 요구되는 열차단 및 내열 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

### G7-2 | 비혼화성을 활용한 고온 반응방지 세라믹 신소재 개발

문승욱[1,2], 박상규[2], 안정수[2], 김기환[2], 송훈[2], 김준환[2], *원병묵[1]
[1]성균관대학교, [2]한국원자력연구원

차세대 원자로중 하나인 SFR원자로는 pyroprocessing 기술과 결합해 사용후 핵연료를 재활용할수 있는 장점을 가지고 있다. 재활용된 금속핵연료심은 U-Zr-RE 의 성분으로 이루어진다. 하지만, RE원소는 높은 반응성을 가지고 있으며, 주조 과정에서 주조부품과 반응하여 핵폐기물을 만든다.
용융된 금속핵연료와의 반응을 방지하여 핵 폐기물을 감소시기키 위해 기존의 Y2O3 보다 뛰어난 반응방지 성능과 고온 안정성을 가지는 세라믹 소재를 개발 하였다.
금속연료의 주된 성분인 우라늄과의 비혼화성을 가지는 희토류 원소의 성분중 하나인 Nd2O3와 Y2O3를 혼합하여 NdYO3를 sintering 공정으로 합성하였다. 이후 Sessile drop test를 통한 U-Zr-RE 금속연료심과의 반응층 및 우라늄 침투 여부를 확인하였다.
Sessile drop test 결과 Y2O3 보다 반응층을 얇게 형성하고 있었으며, 고온에서의 변형은 확인되지 않았다. 또한, 우라늄의 소재 내부로의 침투는 없었으며, 반응층은 일부 희토류 원소와 반응방지 세라믹의 혼합층이었다.
NdYO3는 기존의 소재인 Y2O3 보다 반응방지 성능이 뛰어나며, 우라늄과의 비혼화성을 통한 주조부품 재활용소재임을 확인하였다.

### G7-3 | The Effects of $Ta^{5+}$ Doping on the $Y_3NbO_7$ Ceramic Properties and its Application in Refractory Materials

RYU Myeungwoo[1], LEE Ganggu[1], HWANG Insung[1], LEE Hyungjun[1], CHOI Seunggun[1], LEE Seungwoo[1], MYEONG Seungcheol[1], PAIK Ungyu[1], *SONG Taeseup[1]
[1]Hanyang University

Refractory materials are used in almost all industries involving high-temperature processes, including iron and steel production, non-ferrous metal industries requiring smelting, cement manufacturing, ceramics, glassmaking, nuclear power plants, thermal power plants, and incinerators. Therefore, properties that can withstand high temperatures and heat are essential. Additionally, it must maintain high mechanical properties under high-temperature environmental conditions. This study investigates the effects of substituting the B cation in $A_3BO_7$ ceramics on their thermal and physical properties by applying a significant mass difference. $Y_3(Nb_{1-x}Ta_x)O_7$ (where x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5) ceramics were synthesized, and their structural characteristics were analyzed. Substituting with $Ta^{5+}$ improved the resistance to sintering, resulting in enhanced thermal insulation performance through grain boundary scattering. Furthermore, the effect of mass difference on the thermomechanical properties of the ceramics was examined, suggesting a simple strategy for engineering the chemical composition of new refractory materials.

### G7-4 | 소결 온도에 따른 이트리아 세라믹의 기계적 거동에 대한 Weibull 분석

김승욱[1], 손예지[1], 하지웅[1], *정대용[1]
[1]인하대학교

This study systematically investigated the microstructural evolution of hot-pressed sintered Yttria ceramics by varying the sintering temperature. Mechanical properties, including Vickers hardness, were rigorously assessed to gain insights into the material's response to different processing conditions. Furthermore, fracture toughness was derived from Vickers hardness measurements, and a comprehensive Weibull statistical analysis was conducted to understand the material's failure behavior. Our findings reveal distinct trends in mechanical properties as a function of sintering temperature. Specifically, the Shape and Scale parameters of the Weibull distribution exhibited significant variations in the temperature range where mixed crystalline and glassy phases coexisted. Notably, fracture toughness exhibited a pronounced decline at temperatures favoring the formation of glassy materials. Microstructural observations unveiled intriguing phenomena, including crack splitting and hackle formation, predominantly in the uncrystallized remnants of liquid phase specimens with increased density. The emergence of these fracture patterns underscores the role of microstructural changes within the grain boundaries. When crystalline phase transitions occurred, statistically processed fracture toughness data revealed a mean value of 1.39 ± 0.071 MPa, providing a robust confidence interval for Yttria ceramics. This research elucidates the complex interplay between microstructural variations and mechanical properties, shedding light on the critical factors influencing the performance and reliability of Yttria ceramics under varying sintering conditions.

### G7-5 | Behaviors of alkali components in bagasse during the co-combustion with aluminosilicate fuel additive

박지연[1,2], 상병인[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

Alkali components in lignocellulosic biomass produces the agglomerations that causes corrosion and contamination of a biomas combustor or boiler during combustion. This study used an aluminosilicate-based fuel additive to reduce the tendencies of corrosion and contamination of a biomass combustor or boiler by changing the behavior of alkali components. The aluminosilicate-based fuel additive reacted with alkali components in bagasse, forming compounds, such as kalsilite, microline, and lomonosovite, having higher melting points than the ash compounds formed by solely bagasse combustion. Alkali chloride was reduced to 37.8%, and the melting point of the initial deformation temperature improved to 38.9%. At the optimal condition of 7% of the fuel additive mixing co combustion, the tendencies of fouling, slagging viscosity, and bed agglomeration formation decreased 18.33%, 37.57%, and 80%, respectively. Furthermore, the base and acid ratio index, representing the risk of slagging, exhibited 26.67% reduced tendency. Ultimately, these will reduce the possibility of corrosion of biomass boilers and combustors.

### G7-6 | 고온환경하에서의 내화물 내열충격성능 평가에 관한 연구

*변윤기[1]
[1]포스코

철강 산업용 내화물은 그 사용환경이 가혹하여 요구성능이 매우

높다. 특히 용강이나 슬래그에 대한 화학적 내침식성과 기계적 내마모성능이 우수하여야한다. 하지만 고온의 액상인 용강이나 슬래그에 대한 반응관계가 없을 경우 대부분 내화물의 성능 내열성능과 열충격저항성능이 우선이 되어야 한다. 특히 철강공정에서는 CDQ, Cokes oven로, 열연가열로와 같이 대형 공업 가열로에 사용되고 있는 내화물에서는 내열충격성능이 무엇보다 우선되어야 한다. 내열충격성능은 내화물 소재가 가지고 있는 열물성에 의존하게 되며, 열에 의해 발생되는 내화물 내부 열충격량을 정량화 하는 것이 내화물 소재 Engineering에 큰 도움이 된다. 본 연구에서는 이러한 내열충격량에 대한 정량적 평가와 내열충격성능 향상을 위한 소재 Engineering 기술을 소개하고자 한다. 본 연구를 위해서 Thermocouple을 내화물내부에 삽입하고 편면가열로를 활용하여 내화물 열충격량을 측정하였으며, 유도가열로 보호용 내화 Plate 내화물과 direct fired furnace 내부의 burner block용 내화물에 대한 case study를 수행하였다.

### G7-7 | Phase diagram study and thermodynamic modeling of the $Na_2O$-$SiO_2$-$ZrO_2$ system

이재성[1], *정인호[1]
[1]서울대학교

In the production of the soda-lime glass (12 ~ 14 wt. % $Na_2O$), corrosion of the AZS ($Al_2O_3$-$ZrO_2$-$SiO_2$) refractory and silica crown can happen by reacting with Na vapor and glass melt in melting furnace and induce inhomogeneities in the free surface of the glass. Therefore, the understanding the phase diagram of the $Na_2O$-$ZrO_2$-$SiO_2$ system is essential in solving the problems that can occur in the glassmaking process. However, available literature data on the phase diagram and thermodynamic properties in the $Na_2O$-$ZrO_2$-$SiO_2$ systems are limited especially at high temperatures. In the present study, coupled phase diagram experiments and thermodynamic modeling of the $Na_2O$-$ZrO_2$-$SiO_2$ system was performed to determine accurate phase diagram and thermodynamic database. DTA and classical quenching experiments were carried out and isothermal phase diagrams of the system above 1300 $^oC$ were obtained for the first time. The CALPHAD type thermodynamic database was developed and all the phase diagrams and thermodynamic properties within the ternary systems can be calculated within experimental error range. The thermodynamic database can be further incorporated with existing database for the complete description of the ternary $Na_2O$-$ZrO_2$-$SiO_2$ system and used for more practical calculations related to melting, refining and refractory corrosion in a glass-making furnace.

### G7-8 | 수소에 노출된 내화물의 환원 거동 및 경정질 $SiO_2$의 기계적 특성에 미치는 영향

김성현[1], 우종원[1], 홍상민[1], 김종원[1], 김은희[1], 박래형[2], 최상배[2], *전상채[1]
[1]국립창원대학교, [2]조선내화

철강산업에서 기존의 코크스 환원 제철로 인한 다량의 이산화탄소가 발생하므로, 이를 줄이기 위한 방안으로 수소 환원 제철이 각광받고 있다. 그러나, 수소 환원 제철 시에는 환원로에 적용된 내화재의 안정성 검토가 필수적이며, 이를 위해 기존 내화재들의 수소 분위기 하 환원 거동을 살펴봐야 한다. 본 연구는 실제 환경을 고려하여 뮬라이트 및 안달루사이트로 구성된 내화를 100% 수소 분위기에서 1100℃에서 72시간 열처리한 후 내화물의 물성 변화를 고찰하였다. 그 결과, 광학적 특성($Fe_2O_3$ 및 $TiO_2$의 환원으로 인한 색상 변화) 및 기계적 특성(환원 생성물(SiO 및 $H_2O$)의 휘발로 인한 중량 감소 및 파단 강도 변화) 변화가 관찰되었다. 한편, 비교 실험을 통해 비정질 $SiO_2$상이 많을수록 휘발에 의한 기계적 열화가 두드러짐을 볼 수 있었다. 비정질 함량이 낮은 시편에서는 수소 환원에 의한 중량 감소에도 불구하고 결정상에 의한 균열 성장 방해로 강도가 크게 감소하지 않았다. 이는 비정질 $SiO_2$ 함량을 줄여야 함을 강조하며, 향후 수소 환원 제철을 위한 내화물 조성 설계 시 비정질 $SiO_2$의 함량을 반드시 고려해야 할 것으로 본다.

### G7-9 | $MgO$-$Al_2O_3$ 함량에 따른 상변화가 내화도 측정용 $MgO$-$Al_2O_3$-$SiO_2$ 소결체의 내화 거동에 미치는 영향

이재승[1,2], 이민호[1], *이희수[2], *박주석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

제조하고 MgO와 $Al_2O_3$의 함량 변화에 따른 내화 거동의 차이를 알아보고자 하였다. MgO, $Al_2O_3$, $SiO_2$의 배합비를 조절하여 혼합된 슬러리는 분무건조기를 통해 과립분말의 형태로 제조하였고 KS L ISO1146(내화도 시험용 표준콘)에 따라 일축가압성형 후 소결하여 소결체를 만들었다. 소결체는 KS L 3113(내화물 및 내화원료의 내화도 시험방법)의 시험방법에 따라 시험편이 가열되어 변형상태에 도달하기까지의 내화 거동을 측정하였다. XRF 분석을 통해 제조된 $MgO$-$Al_2O_3$의 함량비를 계산하였으며, XRD, TG-DSC, SEM, TEM 4종의 분석결과를 상호비교하여 $MgO$-$Al_2O_3$ 함량비에 따른 결정상과 미세구조, 유리전이온도에 미치는 영향을 확인하였다. 문헌에 따르면 MgO는 Silicate glass structure을 약화시키고 내화거동에 변화를 주는 Cordierite상의 형성을 증가시킨다는 사실을 이용하여 MgO를 변수로 $MgO$-$Al_2O_3$-$SiO_2$ 소결체를 제조하였다. 제조된 소결체를 바탕으로 분석한 결과 MgO는 Mullite에서 Cordierite로 결정상이 변화함에 따라 융점이 변화하며, 내화거동에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 1600℃ 이상의 온도구간에서 MAS 소결체 내화거동을 확인한 결과, MgO는 내화 거동에 영향을 미치지 않음을 실험적으로 확인하였으며, $Al_2O_3$의 함량 변화를 통해 내화 거동을 조절할 수 있음을 확인하였다.

### G7-10 | 해외 시멘트산업 탄소포집 및 시멘트 활용 이산화탄소 저장 기술 개발 동향 조사

*윤성일[1], 김지연[1], 이세진[1], 안태호[1], 이용준[1], 김명기[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

시멘트 산업은 생산 공정에서 발생하는 다량의 온실가스로 인해 전 세계 이산화탄소 배출량의 주요 원인 중 하나라고 널리 인식되고 있으며, 2022년도 기준 국내 시멘트 산업의 이산화탄소는 3천 6백만톤이 배출된 것으로 나타났다. 시멘트업계에서는 탄소중립 전략 수립 과정을 통해 이산화탄소 총 배출량을 저감하는 방법으로 산업 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집하여 재이용하는 CCUS 기술을 핵심 기술로 언급 하였으며, 크게 탄소포집기술, 이산화탄소 반응경화 시멘트 제조, 저탄소 시멘트 제조 기술이 있다. 다양한 탄소배출량 감축을 위한 노력에도 불구하고 시멘트는 석회석을 주원료로 사용하기 때문에 현재는 석회석으로부터 배출되는 다량의 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있는 수단이 전무한 상황이며, 시멘트 산업에서 탄소중립 달성을 위해서는 CCUS 기술의 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 석회석으로부터 발생하는 이산화탄소를 포집하기 위한 신기술의 개발 동향과 이산화탄소를 활용하여 저장하는 다양한 반응경화 및 광물탄산화 기술에 대해 조사하였다.

### G7-11 | 소성점토 혼합시멘트 연구 동향 및 소성점토용 원료 요구 특성 조사

*이세진[1], 윤성일[1], 안태호[1], 김지연[1], 최재호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

최근 전세계적으로 탄소중립을 위한 친환경설비 전환에 관심이 높으며, 이에 따라 시멘트 혼합재 확대에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 하지만 시멘트 혼합재 종류 중 슬래그 및 플라이애시는 해외와 마찬가지로 수급이 점차 어려워질 것으로 예측된다. 국내의 혼합시멘트 시장은 고로슬래그시멘트가 거의 유일하며, 기존 혼합재를 대체할 혼합재 개발이 필요하다. 해외에서는 시멘트 분야에서 기존 혼합재를 대체하며 $CO_2$배출량을 저감할 수 있는 혼합재로서 소성점토에 관심이 높다. 보통 소성점토는 카올린나이트 점토류를 적정 온도에서 소성하면 포졸란 특성을 갖는 것으로 알려져 있다. 포졸란 특성을 가지는 소성점토에 소량의 석회석 미분말 첨가하여 시멘트 클링커 비율을 50%까지 낮춘 소성점토 혼합시멘트(LC3)에 대한 개발 및 적용 연구가 이루어지고 있다. 우리나라도 해외의 사례처럼 소성점토를 혼합재로 사용하는 신규 혼합시멘트에 관심을 가지고 연구 및 제조기술 개발을 추진할 필요가 있다. 이에 본 연구는 소성점토 혼합시멘트 연구 동향 및 소성점토용 원료 요구 특성을 조사하여 국내 소성점토 혼합시멘트 개발에 참고 자료로 활용하고자 한다.

### G7-12 | 염화물 및 황산염 노출 환경의 pH 조건에 따른 칼슘 실리케이트 수화물(C-S-H)의 물리화학적 특성 변화

윤진,[1] 임수민[1], *배성철[1]
[1]한양대학교

본 연구의 목적은 시멘트 경화체의 주요 수화생성물인 칼슘 실리케이트 수화물(C-S-H)의 염화물 및 황산염 노출에 의한 열화 과정을 규명하는 것이며, Si 핵자기공명 및 방사광 가속기 시설의 고에너지 X선 산란 분석을 이용한 원자짝 분포 함수(PDF) 해석을 통해 C-S-H의 물리화학적 특성 변화를 분석하였다. NaCl 및 Na2SO4 복합 용액을 이용하여 염화물 및 황산염 노출 환경을 조성하였으며 Ca/Si 몰비율은 0.8, 1.0으로 설정하였고, 복합 용액의 pH는 각각 7, 11, 13.5로 조절하여 pH에 의한 영향을 추가적으로 규명하였다. 연구 결과에 따르면 염화물 및 황산염은 층간 칼슘 용출 현상을 강화시키고, 높은 초기 pH는 칼슘 용출 현상을 억제하면서 실리케이트 체인의 분해를 야기한다. 낮은 Ca/Si 몰비율에서는 층간 칼슘 용출에 의해 실리케이트 체인의 중합이 촉진된다. 또한 층간 칼슘 용출 증가에 따라 역학적 성능이 감소하는 경향을 관찰하였다. 높은 초기 pH에서는 나트륨 이온의 C-S-H 층간 삽입으로 인해 층간 밀도가 증가하거나 층간 물분자 양 증가에 의해 더 높은 수준의 건조 수축이 발생하여 C-S-H의 역학적 성능이 증가한다는 결과를 얻었다.

## G8 : 전산재료과학 및 재료분석

### G8-1 | First-Principles Study of Defect and Strain Tolerance of CIGS Solar-Cell Materials

*YIM Kanghoon[1], JUNG Chanwon[2], PARK Ha Kyung[3], KIM Kihwan[1]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Max Planck Institute for Iron Research, [3]Ewha Womans University

Developing flexible solar cells based on Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) holds significant importance for high cost-effectiveness and good versatility for various applications such as curved surface, irregular shape and lightweight structures. CIGS exhibits remarkable defect tolerance, and incorporating alkali elements into grain boundaries (GBs) enhances performance. However, the mechanisms behind this excellent interfacial stability and performance improvement through defect engineering remain unclear. For instance, atom probe tomography of CIGS reveals compositional fluctuations near GBs, regardless of alkali presence. This work theoretically investigates the origin of these chemical fluctuations at CIGS grain boundaries using density functional theory (DFT) to analyze surface structures and related defect chemistries. We discover a general preference for Cu-poor surface formation and explore how alkali-metal incorporation at GBs affects material conductivity. Additionally, we employ a combined experimental and computational approach to understand the strain impact on the optoelectronic properties of CIGS films under bending conditions.

### G8-2 | DFT 기반 제일원리 계산을 통한 비정질 BTeN 재료 내 클러스터 형성 및 하이퍼본딩에 대한 연구

김동관[1], *이태훈[1]
[1]경북대학교

Amorphous-chalcogenide materials, particularly those enriched with tellurium (Te), play a crucial role in the development of Ovonic threshold switches (OTSs) used as selector switches in electronic devices. These switches exhibit a nonlinear response when subjected to voltages above a certain threshold, a characteristic that is vital for their application in memory and logic devices. Recent experimental studies have shown that the introduction of various dopants such as germanium (Ge), silicon (Si), arsenic (As), boron (B), and nitrogen (N) can significantly enhance the thermal stability of these switches, thereby improving their reliability during cyclical operations. This enhancement is crucial for the development of devices that require stable performance over extended periods. In this detailed study, we explore the mechanisms underlying these phenomena through the lens of ab initio molecular-dynamics simulations. Specifically, we analyze three amorphous models of boron and nitrogen-doped Te (BTeN) comprising 300 atoms each, with the concentration of nitrogen doping varied at 0%, 5%, and 10%. This approach allows us to systematically investigate the impact of nitrogen doping on the structural and electronic properties of these materials. Our analysis reveals consistent structural patterns across the amorphous models and the boron-nitrogen (BN) clusters, including similarities in coordination numbers, bond angles, and ring patterns. However, notable differences emerge with increasing concentrations of nitrogen doping, highlighting the dopant's significant impact on the material's structure. To further understand these structural changes, we delve into the electronic structure of the materials, employing techniques such as the Electron Localization Function (ELF), Maximally Localized Wannier Functions (MLWFs), and Crystal Orbital Hamilton Population (COHP) analysis. These methods provide insights into the electronic structure and chemical-bonding network properties, enabling a comparison with the structural propensity of the materials. A key finding of our study is the pivotal role played by the BN cluster in promoting linear triatomic tellurium bonding geometries. This structural arrangement leads to the formation of hyper-bonding configurations, where the combined count of lone pairs and bonding electron pairs surpasses the conventional octet rule, amounting to more than four. This phenomenon of hypervalency is crucial for understanding the enhanced performance of Te-rich OTSs doped with boron and nitrogen.

### G8-3 | 상장모델을 통해 평가한 탄성이 상평형에 미치는 역할 분석

*장근옥[1]
[1]경희대학교

Cahn과 Larche 와 J. Lee 등에의 선행연구에 의해 탄성이 상평형에 미치는 영향에 대해 정량적으로 분석하였다. 본 연구는 그들의 모델에서 적용한 방법론을 확장하고 그것을 통해 농도와 eigenstrain의 상관관계에 따라 상평형에 탄성이 미치는 영향이 어떻게 바뀌며, miscibility gap의 존재유무와 폭이 어떻게 바뀌는지에 대해 다시 검증하였으며, 이 결과를 KKS (Kim-Kim-Suzuki) 모델에 기반한 다상 상장모델을 통해 해당 결과를 비교검증하였다. 이론적인 예측과 수치적인 예측의 차이를 기술하였으며, 그 원인에 대한 분석을 진행하였다.

### G8-4 | Enhancing the thermoelectric performance of Zintl InTe by altered covalency and isoelectronic doping.

BRAKOWAA Frimpong[1], STANLEY Abbey[1], JANG Hanhwi[2], *OH Min-Wook[1]
[1]Hanbat National University, [2]Advanced Institute of Science and Technology

Zintl InTe exhibits a combination of covalent and ionic bonding that can be adjusted by varying dopant levels to enhance thermoelectric efficiency. Manipulating nanostructure or electronic structure can increase the Seebeck coefficient by creating a high density of state-effective mass. Increasing the electronegativity gap between cation and anion boosts effective mass by altering covalence, increasing the band gap. High electronegativity of Se/S enhances hole carrier concentration by isoelectronic electron trapping. We show that d oping Se/S at Te sites increases effective mass and carrier concentration simultaneously, improving the Power factor. Point defects lead to extensive phonon scattering, significantly reducing lattice thermal conductivity. A zT of 1.04 and 1.14 is achieved for $InTe_{0.97}Se_{0.03}$ and $InTe_{0.97}S_{0.03}$ doping respectively.

### G8-5 | Point defect engineering in complex ceramic thin films by hybrid deposition methods

*LEE Jung-Woo[1]
[1]Hongik University

Point defects have played a major role in tuning the properties of materials over the last few decades. In

complex ceramic thin films, however, the control of individual point defects, which is mostly governed by the stoichiometry of films, continues to be challenging. Furthermore, the effect of individual point defects on functional properties has not been clearly understood. In this presentation, we show the ability to tune point defects in complex ceramic thin films by newly developed hybrid deposition methods. Defect-controlled thin films and their heterostructures not only exhibit the high electron mobilities at low temperature, but also allow us to exhibit ferromagnetism and superconductivity. These results provide new insights into point defect engineering of the next generation of complex ceramic thin films and heterostructures to investigate new phenomena.

## G10A : 이차전지 재료

### G10A-1 | Dry-processed $LiFePO_4$ electrode enabling fast and efficient electrochemical reactions in High-Energy-Density Lithium-ion batteries

KWON Kihwan[1], SONG Taeseup[2], KIM Patrick Joohyun[3], *CHOI Junghyun[4]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Hanyang University, [3]Kyungpook National University, [4]Gacheon University

$LiFePO_4$ (LFP) is a promising cathode material for lithium-ion batteries owing to its low cost, long cycle life, and thermal stability. However, the LFP electrode is still limited by a relatively low operating voltage and theoretical specific capacity, leading to lower energy density of the batteries. Herein, we present the LFP electrode with high active material loading and low ionic/electrical resistance through the dry process for the first time. The dry process not only enables the homogeneous dispersion of the binders within the thick electrode but also prevents the formation of cracks. Moreover, the bridge-like connection of polytetrafluoroethylene promotes the insertion and extraction of Li-ions to the LFP crystal. Hence, the dry-processed LFP electrode (7.8 mAh $cm^{-2}$) shows excellent cycle stability over 300 cycles in full-cell operation. Additionally, it is demonstrated that the estimated energy density of prismatic cell with the dry-processed LFP electrode is competitive with state-of-the-art $Li[Ni_{1-x-y}Mn_xCo_y]O_2$-based cell.

### G10A-2 | In-situ STEM을 통한 lithiation에 따른 T-$Nb_2O_5$ 음극에서의 실시간 상 전이 관찰

성솔이[1], XING Yaolong[1], 한현[2], *PARKIN Stuart S. P.[2], *오상호[1]
[1]한국에너지공과대학교, [2]Max Planck Institute of Microstructure Physics

$Nb_2O_5$, distinguished by its polymorphic forms including TT, T, B, and H-$Nb_2O_5$, is widely studied for Li-ion batteries and catalysis. The T-$Nb_2O_5$ polymorph, in particular, notable for fast ion conduction, was examined in a (180)-oriented epitaxial film, revealing nonvolatile electronic properties during ionic gating. We investigate phase transition of T-$Nb_2O_5$ thin films under electrical fields with a focus on Li-ion migration by scanning transmission electron microscopy (STEM) and electron energy loss spectroscopy (EELS). Films were grown on $SrTiO_3$ substrates with overlying layers of amorphous LiPON and $LiFePO_4$ as electrolyte and cathode. We validated that the orthorhombic structure of T-$Nb_2O_5$ contains a limited quantity of Li ions, which substantially increases as the structure transitions to an amorphous state. Li ions migration, facilitated by high voltages, led to a phase transition in T-$Nb_2O_5$ from the orthorhombic state through monoclinic to an amorphous state. Evidence of such migration is observed through volumetric expansion and EELS spectra modulation. This research highlights directly imaging of small lithium ions for future work.

### G10A-3 | Design of a trigonal halide superionic conductor by regulating cation order-disorder

YU Seungju[1], NOH Joohyeon[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

Halides have become prominent as solid electrolytes, offering superionic conductivity on par with leading sulfide electrolytes and suitable electrochemical stability for high-voltage (〉4 V) operations. Despite their advantages and the growing interest in halide materials, the understanding of their superionic conduction mechanism and its dependence on structure is still limited, which hinders the development of new halide electrolytes. Herein, we revealed that in trigonal halides like Li3MCl6 (M=Y, Er), superionic conduction is influenced by intralayer lithium diffusion pathways and the interlayer distance. Importantly, we found these factors to have an inverse relationship, mediated by the partial occupancy of M, which both impedes diffusion and serves as a pillar to support wider interlayer spacing. Based on these findings, we offer design principles for

superionic trigonal halide electrolytes, demonstrating that simply adjusting the M ratio can significantly enhance ionic conductivity, achieving a record high in the trigonal halides (1.19 mS $cm^{-1}$).

### G10A-4 | 코어/쉘 구조를 갖는 산화물 전극의 전기화학 성능 향상

문단비[1], 조명훈[1], 김규호[1], *안효진[1]
[1]서울과학기술대학교

4차 산업혁명의 도래로 인한 에너지 사용량의 증가에 따라 지구온난화와 환경오염 등의 문제가 가속화되고 있다. 이에 따라 리튬이온 배터리, 전기화학 커패시터, 연료 전지 및 레독스 흐름 전지 등 전기화학 기반 에너지 소자들이 크게 주목 받고 있다. 그 중에서도 높은 에너지 밀도와 우수한 수명의 특성을 지닌 리튬이온전지의 응용 시장의 규모가 커지면서 고에너지밀도, 장수명, 급속 충/방전 등의 에너지 저장 성능을 향상시키기 위한 노력이 계속되고 있다. 리튬이온전지는 양극, 음극, 전해질 및 분리막으로 구성되어 있으며, 전극 활물질에서의 산화, 환원 반응은 전기화학 성능에 큰 영향을 미친다. 이에 따라 전극 활물질에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있는 상황이다. 본 연구에서는 산화층을 갖는 코어/쉘 구조의 전극 활물질 합성을 통해 이온 및 전자의 거동 능력을 가속화하여 전기화학적 성능을 향상시키고자 하였다. 활물질 표면에 산화층이 형성되어 있는 코어/쉘 구조는 충/방전시 발생하는 활물질의 부피팽창 문제를 완화시킬 수 있다. 더불어 산화층에는 메조 기공과 산소 공공을 동시에 부여함으로써 리튬이온 확산 속도와 전기전도도 향상에 기여하였고 이를 통해 급속 충/방전 성능을 향상시키고자 하였다. 본 연구 내용은 2024년도 춘계 한국 세라믹학회에서 더 자세히 논의될 것이다.

### G10A-5 | Synergetic effect of Li-Cu cations in exploiting oxygen redox for P3-type Na layered oxides

CHOI Myungeun[1], KWEON Hyunji[1], *KIM Jongsoon[1]
[1]Sungkyunkwan University

The synergetic effect of Li-Cu cations in layered oxides for sodium-ion batteries is proposed to optimize the oxygen redox, utilizing “stepwise redox mechanism” and “Li displacement” concepts. Herein, P3-type $Na_{0.7}[Li_{0.1}Cu_{0.2}Mn_{0.7}]O_2$ cathode is achieved a large specific capacity of ~212 mAh $g^{-1}$ at 15 mA $g^{-1}$ and maintained about ~90% of cycle retention after 100cycles with a stable occurrence of oxygen redox reaction. Advanced experimental analyses and first-principles calculations confirm the stepwise redox reaction involving Cu and oxygen ions as the charge-compensation mechanism during charging. Furthermore, it is verified that Li displacement and suppressed P3-O3 phase transition with the stable oxygen redox affect the outstanding electrochemical performance. This concrete understanding of the reaction mechanism highlights the crucial role of the synergy of cations in suppressing structural changes in P3-type layered material, suggesting its effectiveness in stabilizing oxygen redox in oxide cathodes for SIBs.

### G10A-6 | 단결정 $LiNiO_2$를 적용한 고에너지밀도 전고체전지

*이동수[1]
[1]가천대학교

Single-crystalline layered oxide cathodes show exceptional electrochemical properties due to their robust morphological integrity and high electrochemical oxidative stability in all-solid-state batteries (ASSBs). In terms of energy density, $LiNiO_2$ (LNO) is one of the most promising cathode materials with a high theoretical specific capacity of 275 mAh $g^{-1}$ and a high discharge voltage of 3.7 V (vs. $Li^+$/Li). However, there has been a lack of research on single-crystalline LNO in ASSBs. In this study, polycrystalline and single-crystalline LNO cathodes with minimal cation mixing (< 2%) are investigated employing sulfide and halide solid electrolytes in ASSBs. It is demonstrated that micron-sized single-crystalline LNO composite cathodes prepared with a halide solid electrolyte exhibit outstanding electrochemical performance in room-temperature ASSBs. This study focuses on the significance of engineering factors, such as particle size and specific density, for the high energy density ASSBs. The findings provide insights for a rational design of cathodes in ASSBs.

### G10A-7 | 열전지 개발현황 및 발전방향

*정해원[1], 김민우[1], 안태영[1], 강승호[1], 노희숙[1], 최유송[1], 조장현[1]
[1]국방과학연구소

높은 온도에서 작동하는 비축형 일차전지인 열전지(thermal battery)는 유도무기 등에 전원을 공급하는 대표적인 고온 전지이다. 대부분의 열전지는 높은 작동온도(~500℃)에서 액상화되는 용융염을 전해질로 사용하고 있다. 용융염 전해질은 음극과 양극이 서로 물리적 접촉을 방지하면서 리튬이온이 이동하는 통로를 제공하는 역할을 한다. 이들 용융염 전해질은 작동온도에서 이온전도도는 탁월하지만, 심한 가속 또는 충격 환경에 노출되거나 온도가 상승하면 전해질 누설 등에 의하여 내부 저항이 증가하거나 내부 단락에 의한 전지 파열의 원인을 제공하기도 한다. 이 같은 액상 전해질의 불안정성을 극복하여 전지의 안전성을 향상하기 위하여 무기질 바인더를 주로 혼합하여 사용하고 있다. 최근 들어 높은 온도에서 화학적 안정성이 우수한 고체전해질에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 대표적인 산화물 고체전해질인 Li7La3Zr2O12 (LLZO)를 적용하여 열적·

전기화학적 안정성, 도핑되는 원소 종류에 따른 영향을 비교하였다. 특히 고체전해질 분말 표면에 용융염을 첨가함으로써 입자 사이의 계면 저항과 전극-전해질 사이의 계면 저항을 낮춤으로써 열전지의 출력 특성을 기존 고체전해질에 비하여 크게 증대시킬 수 있었다. 열전지용 양극으로는 기존의 황화물 대신에 불화물, 산화물, 염화물 등을 적용하여 작동전압을 높임으로써 열전지 소형화 가능성도 확인하였다. 본 연구에서 사용된 고체전해질과 고전압 양극은 기존의 열전지 분말 제조공정 및 성형 공정을 그대로 적용할 수 있으므로 개발 결과를 기존의 생산설비에 바로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 열전지용 음극으로 리튬 합금이 세계적으로 널리 사용되고 있다. 한편 철(Fe) 분말은 전기 도전성이 우수하고 리튬과의 화학적 안정성도 우수하므로 용융 리튬을 잡아주는 도전성 바인더로 사용되고 있다. 본 연구에서는 금속 다공체를 이용한 리튬 음극을 적용하여 방전 용량을 더욱 증대시킬 수 있는 새로운 기술을 개발하였다. 또한 기존의 유리섬유, 세라믹섬유, 미세다공체 단열재를 대체하는 새로운 복합 에어로겔, 진공다층막 기술을 적용하여, 열전지의 작동시간을 향상하고자 하였다. 이와 같은 열전지 전극 및 전해질 연구를 통하여 극한 환경에서도 작동 안정성이 확보되는 복합 고체전해질, 고전압 양극, 용융 리튬 음극 및 단열기술을 적용함으로써 열전지의 성능이 크게 향상되리라 기대된다.

### G10A-8 | Multifunctional Separator With Graphene and Boehmite For High Performance Lithium Metal Batteries

KIM Kwang Hyun[1,2], YANG Subi[1,2], *CHOI Junghyun[3], *KIM Patrick Joohyun[2]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Kyungpook National University, [3]Gachon University

Lithium metal batteries (LMBs) are a promising next-generation battery due to high theoretical capacity and the lowest redox potential of lithium metal anodes (LMAs). However, inherent problems such as uncontrolled growth of Lithium dendrites have limited the application of LMAs. Among several strategies to address these problems, the introduction of functional separators has shown efficient strategy to improve the electrochemical performance and stability of LMBs. Herein, we assessed a multilayer separator to study how a multifunctional separator affects the cycle stability of LMBs. The graphene layer reduces the local current density by storing a portion of Li-ions, resulting in the suppression of dendritic Li growth. The boehmite layer facilitates transfer of Li-ions and prevents short-circuit due to its excellent electrolyte wettability and thermal stability. Owing to synergistic effects between graphene and boehmite, the Li-Cu cell with multifunctional separator exhibits superior electrochemical stability with high coulombic efficiency for over 200 cycles.

### G10A-9 | Stable high-voltage operation of P2-type Na-layered cathode materials driven by Cu-Co synergy effect

KU Bonyoung[1], LEE Jihoe[1], *KIM Jongsoon[1]
[1]Sungkyunkwan University

It has been noted that P2-type Na cathode can offer substantial available capacity and energy density not only through the cationic redox reaction but also via anionic redox reaction of oxygen anions. However, sluggish kinetics and structural instability induced by oxygen redox may compromise the electrochemical performance of cathode materials, resulting in a much lower discharge operation voltage compared to charging (especially at high current densities) and poor power capability. In this investigation, we present successful efforts to stabilize oxygen redox in P2-type Mn-based layered oxide cathodes through the synergy of Cu-Co. P2-type $Na_{0.67}[Cu_{0.2}Co_{0.2}Mn_{0.6}]O_2$ with oxygen redox shows minimal volume change during charge/discharge and successful suppression of undesirable phase transition of P2-OP4. Notably, the discharge operation voltage and energy density during fast charging are significantly improved. These findings underscore the feasibility of utilizing oxygen-redox-based P2-type Na-layered oxide as a viable approach for achieving outstanding high-rate and high-voltage performance.

### G10A-10 | Micellar Solubilization for High-Energy-Density Aqueous Organic Redox Flow Batteries

KIM Youngsu[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

High solubility of active materials is crucial for achieving a high-energy-density catholyte/anolyte in redox flow batteries. However, solubility largely depends on the compatibility with electrolyte, limiting the types of redox-active materials that can be used in aqueous electrolytes. Herein, a universal strategy is introduced to attain a high solubility of active materials regardless of the compatibility with aqueous electrolytes while preserving their intrinsic redox activity via micellar solubilization. Leveraging the amphiphilic nature of surfactant molecules, insoluble redox-active materials are encapsulated by surfactants to be dissolvable with significant solubility. As a demonstration, it is showed that an order-of-magnitude solubility enhancement can be achieved for (2,2,6,6-tetramethylpiperidin-1-yl)oxyl (TEMPO) in aqueous catholyte (≈0.8 m). Consequently, the catholyte performance of TEMPO is fully harnessed, leading to an energy density enhancement of more than

ten times compared to that in bare electrolyte. It is also observed that micellar solubilization unexpectedly improves the cycle stability, attributed to the mitigation of intermolecular side reactions and reduced crossover. Finally, the fundamental electrochemical reaction mechanism of micelle-encapsulated TEMPO is discussed. This strategy offers a new insight regarding the solubility and stability of the catholyte/anolyte, and is expected to be applicable to other redox-active molecules, opening up an unexplored micellar chemistry in redox flow batteries.

## G10B : 이차전지 재료

### G10B-1 | Synthesis of Single-Crystalline Cathodes via Eutectic Salt-Assisted Planetary Centrifugal Deagglomeration

YOON Moonsu[1], *CHO Jaephil[2], *LI Ju[3]
[1]Gachon University, [2]Ulsan National Institute of Science and Technology, [3]Massachusetts Institute of Technology

In this study, we address the challenge of producing high-quality, single-crystalline layered cathodes for advanced lithium-ion batteries. The synthesis of a single-crystalline cathode is constrained by the accessible temperature range, lithium evaporation, and the occurrence of lattice defects and particle agglomerations. To overcome these challenges, we introduce a novel mechanochemical activation process as a scalable solution for creating coarse, single-crystal cathodes with Li-/Mn-rich or Ni-rich compositions. Our innovative approach utilizes interfacial reactive wetting facilitated by transient eutectic salts, which are melted in situ through moderate mechanical agitations within several minutes. This process creates a colloidal suspension of nanosized oxides within liquified lithium salts. It effectively breaks apart polycrystalline precursors, reorganizes the crystals, and evenly distributes the lithium salts. Consequently, this method facilitates the growth of particles into a micro-sized single-crystalline morphology with fewer crystal defects, significantly enhancing the electrochemical performance of the cathodes.

### G10B-2 | Ca-ion batteries for a new energy storage system: an overview and recent advances

*김상현[1]
[1]인하대학교

Calcium-ion batteries are under investigation as next-generation energy storage devices due to their theoretically high operating potentials and lower costs tied to the high natural abundance of calcium. However, the development of Calcium-ion batteries has remained in a nascent stage due to the lack of functional electrode materials and effective electrolytes. This presentation will overview the current issues and latest progress of reported Calcium-ion batteries briefly and present recent efforts in new Calcium cathode materials based on polyanion phosphate, layered oxide and chalcogenide materials.

### G10B-3 | Macroscale inhomogeneity in electrochemical lithium-metal plating triggered by electrolyte-dependent gas phase evolution

KIM Kyoungoh[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

Promoting homogeneous electrode reactions is vital for mitigating premature electrode degradation and enhancing cycle stability, especially for lithium metal electrodes that experience significant morphological changes during electrochemical cycles, leading to dendritic growth and safety risks. Extensive research has focused on nano-/micro-scale dendritic lithium management, emphasizing electrolyte engineering's role in shaping the solid-electrolyte interphase. We reveal that macroscale inhomogeneity in lithium plating, related to the electrode size, is influenced by the electrolyte but is independent of its effect on dendrite growth. In-situ probes show that electrolyte composition-triggered gas-generating reactions and subsequent gas-phase evolution cause localized lithium growth. This process, due to restricted lithium-ion transport through bubbles, increases overpotential and worsens macroscale inhomogeneity, supported by experimental results and simulations. Our findings on electrolyte-dependent macroscale lithium inhomogeneity underscore the need for a multi-scale approach in control strategies for lithium deposition/stripping homogeneity.

### G10B-4 | Atomic Scale and Spectroscopic Investigation of Lattice-Strain-Induced Oxygen Release in Lithium Layered Oxide Cathodes

KIM Dongho[1], HWANG Jaejin[2], BYEON Pilgyu[1], *LEE Jaekwang[2], *CHUNG Sung-Yoon[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Pusan National University

Oxygen loss is prevalently observed in lithium layered oxide cathodes, potentially leading to severe structural deterioration during cycling. While numerous studies

have reported such findings, lattice strain is commonly attributed to the non-uniform delithiation, even within a single grain. We focused on the lattice strain through external mechanical strain without electrochemical cycling. Moreover, adopting single crystalline substrate as a model system enables the eliminating potential deviations from size distribution. Consequently, we demonstrated the presence of lattice-strain-induced cation mixing and formation of amorphous region by atomic scale (S)TEM. Spectroscopic analyses further supported the occurrence of oxygen release. Additionally, DFT calculation confirmed the favorable oxygen vacancy formation. It can be inferred that the strain relaxation can be an effective approach to mitigate oxygen release in layered oxide cathode materials.

### G10B-5 | Optimizing Lithium Deposition Reaction Kinetics with DWNT Membranes for Lithium Metal Anodes

HA Son[1], PARK Ji Yong[2], *YANG Seung Jae[2], *YUN Young Soo[1,3]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Inha University, [3]Korea University

During the complex and heterogeneous electrochemical reaction known as lithium deposition reaction (LDR), lithium forms high-aspect-ratio structures when reaction kinetics are maximized, posing risks to battery safety. This indicates that enhancing LDR kinetics could be crucial for developing a high-power, safe lithium metal anode. In this study, we explored the kinetic limitations of LDR on a lithium foil-based anode (LFA) through both operando and ex situ investigations, employing in-depth electrochemical analyses. We also engineered ultra-thin (~0.5 $\mu$m), high-modulus (≥19 GPa) double-walled carbon nanotube (DWNT) membranes with asymmetric surface properties to promote safer LDRs. The addition of oxygen-functionalized DWNT membranes atop the LFA fostered the formation of numerous lithium nuclei, resulting in film-like lithium deposits even at high current densities of 20 mA $cm^{-2}$. Crucially, the layer-by-layer assembly of the oxygen-functionalized and pristine DWNT membranes resulted in different surface energies between the top and bottom surfaces, enabling selective surface LDRs underneath the high-modulus bilayer membranes. This protective mechanism ensured reliable cycling in large-area pouch cells at 1 mA $cm^{-2}$ current density across more than 1,000 cycles.

### G10B-6 | Insight into lithium nucleation and growth mechanism on defective carbon-based electrodes

PARK Jimin[1], *YUN Young Soo[2]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Korea University

Lithium metal anode (LMA) is in the spotlight as a promising candidate for the next-generation active electrode materials because of its high specific capacity of ~3,860 mA h $g^{-1}$ and low redox potential of −3.04 V vs. SHE. Despite its potential, the matter of grave concern for dendritic metal formation hinders its practicability. To address critical challenge, researchers have explored various strategies, with the development of lithiophilic electrodes marking a significant advancement. These electrodes are characterized by excellent lithium affinity, which can be understood from two perspectives: macroscopically, as materials exhibiting superior lithium wettability, and microscopically, as materials containing abundant atomic lithium adsorption sites. While previous studies suggest that the strong lithium binding sites enhances electrochemical performance, this view only partially coincides with the traditional atomic nucleation theory related to lithium nucleation, as it does not consider kinetic factors. Herein, our research focuses on understanding lithium nucleation and growth mechanism within defective carbon-based electrodes, representing supersaturated electrodes, from the perspective of surface diffusion kinetics, aiming to further enhance LMA performance.

### G10B-7 | 수계 아연 이온 배터리의 덴드라이트 성장과 부반응 억제를 위한 아연 염이 첨가된 코팅층

정대엽[1], *박원일[1]
[1]한양대학교

아연 이온 배터리는 경제적인 장점과 뛰어난 이론 용량 (820 mAh g-1, 5854 mAh L-1)으로 주목받고 있습니다. 또한, 수계 전해액을 사용하여 화재 위험을 최소화하고 빠른 작동 속도를 제공하여 차세대 2차 전지로 간주되고 있습니다. 그러나 아연 금속 음극과 수계 전해액에서 발생하는 덴드라이트 성장과 수소 발생 반응으로 인해 배터리의 성능과 효율이 저하됩니다. 이러한 문제를 해결하기 위해 음극에 아연 염이 첨가된 Polymethylmethacrylate (PMMA) 코팅층을 도입했습니다. PMMA 코팅층은 절연 특성을 가지며 음극과 전해액의 직접적인 접촉을 제한하여 수소 발생 반응을 억제합니다. 또한, 코팅층에 균일하게 첨가된 아연 이온은 코팅층 내 이온 전도도를 높여 균일한 증착을 유도합니다. 이에 따라 코팅층이 적용된 전지는 2000시간 동안 안정적으로 운전하며 거의 100%의 쿨롱 효율을 유지하고, 높은 전류 밀도(10 mA cm-2)에서도 안정적인 성능을 나타냈습니다. 더 나아가 MnO2

양극과 함께 조립한 배터리의 성능을 평가한 결과, 초기 효율에 비해 300 사이클 후에도 80% 이상의 효율을 유지했습니다.

### G10B-8 | 할라이드 고체전해질의 열화특성

김원주[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Halide solid electrolytes are anticipated as the coating-free high voltage catholytes, owing to their superior oxidation stability. However, the intrinsic chemical stability towards oxide cathodes has been overlooked, while its clarification is critical for the realization of the SSBs in large-scale systems. Herein, we explored the degradation mechanisms of halide solid electrolyte (e.g., $Li_3InCl_6$) and oxide cathodes (e.g., $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$) during day-to-month-scale aging with three different SOC levels. We reveal that halide solid electrolytes can provoke reductive side reactions with oxide cathodes during aging. The correlation between the states of charge level of oxide cathode and the degradation degree was significantly different from the aging feature of typical lithium-ion batteries. Moreover, the characteristic feature of the main decomposition product, reveals that the instability highly related to the reduction tendency of metal components in halide solid electrolytes. Our understanding on the unanticipated degradation reaction of halide solid electrolytes with oxide cathodes points the role of metal components in developing halide solid electrolytes with chemical compatibility.

### G10B-9 | Directed Li-ion Transport via Oxygen Vacancy-Engineered Perovskite Oxides for High-Performance Solid Electrolytes

주현아[1], 박은별[1], 황재진[2], 김영훈[1], 장재혁[3], 이재광[2], 심재현[4], *김영민[1]
[1]성균관대학교, [2]부산대학교, [3]한국기초과학지원연구원, [4]동신대학교

Despite boosting electrical properties in oxides, introducing oxygen vacancies ($V_o$) in solid electrolytes (SEs) has been debated due to concerns like lithium loss and instability. We explored $V_o$'s role in lithium lanthanum titanate (LLTO) SEs at the atomic level. Surprisingly, $V_o$ doesn't destabilize the structure but forms a 2D network, widening pathways for lithium ions and significantly increasing conductivity. Remarkably, the SE retains its insulating properties with no bandgap narrowing. This study challenges current understanding and reveals $V_o$'s potential for enhancing conductivity and stability in SEs, paving the way for future optimization.

### G10B-10 | Uniform Li deposition through Holey Graphene based Li-ion regulator for High-rate Li metal batteries

YANG Subi[1], JEONG Woojin[1], KIM Patrick Joohyun[2], *CHOI Junghyun[3]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Kyungpook National University, [3]Gachon University

Li metal batteries (LMBs) are considered as the most promising next-generation batteries owing to their high energy density. However, the poor coulombic efficiency and the Li dendrites growth during cycling hinder the practical implementation of the LMBs. Among various strategies, separator modification with functional materials is considered as one of the most effective ways to solve these problems. Herein, we propose a new functional separator coated with holey graphene to achieve long-term stable LMBs. The holey graphene not only provides additional junctions for electron transfer but also serves as a Li ion flux regulator with their uniformly distributed nanopores, which facilitates the rapid charge transfer. Due to these favorable properties, the holey graphene-coated separator exhibited excellent cycling performances in the Li metal cell and Li-S cell tests. These results prove that tailoring separator with porous and electron-conductive materials is an effective way for improving the electrochemical stability of the LMBs.

## S1 : 반도체

### S1-1 | SOT MRAM 기술과 응용 소자

*박병국[1]
[1]한국과학기술원

Magnetic random-access memory (MRAM), actively being developed as one of the next-generation non-volatile memories, offers advantages in endurance, speed, and reduced power consumption. Recently, spin-orbit torque (SOT) has emerged as a new writing technology for MRAM, providing additional benefits such as device reliability, sub-ns operation speed, and versatile gate applicability. This broadens MRAM's applications through advancements in materials and device technologies.
This presentation will initially introduce the principles of SOT, the development of the SOT materials, and the advantages of employing SOT-MRAM. Secondly, various

applications of SOT-MRAM will be presented, including processing-in-memory, physically unclonable functions, and probabilistic computing.

### S1-2 | Development of Precursors for the Various Applications

*PARK Bo Keun[1]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology

Several metal thin films must be deposited in order to produce semiconductors. ALD and CVD methods are used to generate the metal thin films. In particular, as semiconductors become more deeply integrated and scale down, the significance of ALD is increasing. To generate the metal thin films, precursors—extremely volatile metal compounds—are required. Our research group has been investigating the ligand-based synthesis of new precursors. We used the synthetic strategy for the design of organic ligands on the molecular level to synthesize the desired metal precursors. Particularly, the precursors of aminoalkoxide and N-alkoxy carboxamide showed good volatility and thermal stability, and the ALD thin films confirmed exceptional features. Also, ALD thin films can be used in a variety application, including display, energy, and catalysts. In this session, we will discuss the precursor development and thin film deposition for ALD.

### S1-3 | 비공유결합 에피택시에 의한 수직구조의 삼차원 고밀도 이종집적 반도체 소자 제작

*홍영준[1]
[1]세종대학교

1959년, 잭 킬비(J. Kilby)에 의해 발명된 모노리식 미세 반도체 집적회로는 반도체 소자의 고집적화를 위한 기초가 되었다. 이어진 무어의 법칙(1965)은 소자 밀도가 24개월마다 두 배씩 증가한다는 이론으로, 현재까지도 집적도 기술 발전의 기준으로 자리잡고 있다. 최신 집적 기술을 통해 한 칩에 수백억 개의 트랜지스터를 제작할 수 있는 시대에 이르렀다. 최근 전자공학은 메타버스, 인공지능, 빅데이터와 같은 다기능을 필요로 하는 분야에서도 이전의 집적도 한계를 넘어서려는 노력을 기울이고 있으며, 소위 '모어 무어(More Moore)'와 '비욘드 무어(Beyond Moore)'라고 일컫는 목표를 가지고 다기능 이종집적(multifunction hetero-integration)기술 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 이종집적은 주로 인터포저를 활용한 평면적 연결 방식에 의존하고 있으나, 칩간 연결을 최소화하고 면적을 줄이기 위한 수직 적층(vertical stack)기술로의 발전이 예상된다. 이 기술에 의하면 Si, GaAs, GaN, complex oxides 등 다양한 기능을 가진 칩들의 수직적 적층을 가능하게 하여 다기능 이종집적에 이상적인 기술적 방법으로 여겨진다. 이러한 기술발전과 목표를 위해서는 "어떻게 하면 이러한 다양한 소재/소자들을 수직으로 집적할 것인가"에 대한 기술적 방법이 구체적으로 제시될 필요가 있다. 한편, 에피택시(epitaxy) 기술은 단결정성 박막 및 박막 소자 제조에 있어 중요한 역할을 하며, 여러 양자 기능 광 및 전자 소자 (예: single photon emitter/detector, laser diode, quantum cascade laser, high electron mobility transistor, LED 등)의 상용화에 기여해 왔다. 에피택시는 대개 단일 기능의 고성능 소자를 제조하는데 사용되어 왔으나, 최근에는 이종집적을 위해 다층구조의 다중 에피택시법(multi-epitaxy)이 개발되어 두가지 이상의 기능을 가지는 소자들을 수직으로 성장하는 기술이 개발되었다. 그러나 에피택시는 서로 다른 결정 구조 또는 격자 상수 차이를 가진 박막의 성장 시 전위와 균열 발생 등의 문제로 인해 진정한 다중 이종집적이 어려워 상용화가 요원하다. 본 발표에서는 화합물 반도체 에피택시와 포토리소그래피 기반의 반도체 공정의 장점을 살린 수직이종집적 고밀도 반도체 소자 제작에 대해 논의하고자 한다. 하나의 예로써, 화학 결합을 필요로 하지 않는 두 가지 에피택시 방법인 원격 에피택시와 반 데어 발스 에피택시법을 통해 얻어진 박막을 기계적으로 박리하고 박리된 멤브레인 형태의 이종 소재들을 수직으로 쌓는 과정을 통해 5,100 PPI 밀도의 풀컬러 마이크로 LED 수직 픽셀을 제작한 연구결과를 소개하고자 한다.

### S1-4 | Growth and fabrication of 2D TMDs semiconductors for electronic devices

*김태완[1,2]
[1]서울시립대학교, [2](주)투디에피

The synthesis of large-area, high-quality 2D TMDs films grown by metal-organic chemcial vapor deposition (MOCVD) is attracting considerable attention owing to their widespread application in industrial optoelectronics, nanoelectronics, and flexible devices. Despite this interest, the precisely controlling the growth of a $MoS_2$ films remains a challenge, specifically in terms of atomic layer number, growth rate, and modulation of electrical properties. In this study, we achieve the wafer-scale growth of a few-atomic-layer $MoS_2$ thin films on $SiO_2$/Si wafer, using organic chalcogen precursors. We investigate the impact of growth conditions, including the S/Mo ratio, ambient gas ratio, and growth pressure, on the optical and electrical properties of MoS2 films. Heterostructures of 2D TMDs have been fabricated for band-to-band tunneling FET and solar cell applications.

### S1-5 | 광학 분야에서의 전사공정 기법

*김봉중[1]
[1]홍익대학교

Transfer printing techniques have advanced the assembly of micro- and nanomaterials into precise, two- and three-dimensional arrangements. These techniques provide versatile ways to apply these materials and

structures in integrated functional systems, including flexible electronics, optoelectronics, and high-performance sensing. This chapter covers recent developments in various transfer printing techniques with specific focuses on their mechanisms, fundamental elements, and specific applications in optical systems with various levels of complexity to the mechanical and material factors that govern their operation. This chapter also explores the mechanical and material factors that influence their operation and provides an outlook for their potential in both research and industrial production.

### S1-6 | 재설정 가능한 소자 및 차세대 컴퓨팅을 위한 새로운 MRAM 소재

*백승헌[1]
[1]한국과학기술연구원

The emergence of Magnetic random access memory (MRAM) in the market by large semiconductor foundry companies signifies a growing trend towards adopting MRAM in SoC for various applications. Thus further research in improving MRAM technology is required to widen the application of MRAM. One promising candidate in MRAM advancement is the voltage-controlled magnetic anisotropy (VCMA) phenomenon, which enables the manipulation of magnetic properties via an external voltage source. Although VCMA has been primarily studied to reduce the switching current of MRAM for low-power electronics, it also has the potential to improve the switching speed of MRAM by decreasing the magnetic anisotropy. This new approach offers a promising opportunity to overcome the current performance limitations of MRAM, which has been hindered by its relatively slow write times compared to SRAM. By enabling faster switching speeds, VCMA-based MRAM technology could potentially replace SRAM in a wide range of applications, including high-performance computing and mobile devices. In this talk, I will discuss about the history of MRAM development, explore various approaches to VCMA in MRAM devices and finally introduce some new materials that can enhance VCMA.

## S2 : 이차전지

### S2-1 | 리튬이온전지를 뛰어넘기 위한 리튬금속화학의 합리적 설계

*이상민[1]
[1]포항공과대학교

In the era of the 4$^{th}$ industrial revolution, the battery industry has reached a new era of growth, ranging from the explosive increase in demand for electric vehicles and power storage devices to the aviation battery industry such as electric airplanes and drones. However, this explosive increase in demand further encourages the technological evolution of rechargeable batteries, further requiring research and development activities that go beyond the performance limits of existing lithium-ion batteries. Technical requirements for rapid charging characteristics, high energy density, and low price, which are the main limiting performance required of lithium ion batteries, have been constantly demanded, and technological progress has reached a considerable level. As the demand for eco-friendly mid- to large-sized electric power surges, the high energy density of lithium ion batteries is still very important above all else, and additional effects such as reducing the price of battery modules and improving fuel efficiency can be expected through this. However, future lithium-ion battery energy density prospects require a new technological paradigm that is completely different from the development history so far. This is because the development of next-generation anode materials represented by silicon and lithium, which have higher storage capacity than NCM cathode oxide materials, which have been major development factors so far, but have high technical difficulty, is highly likely to determine success or failure. In particular, the development of original technology based on lithium metal anode is considered to be most urgent than anything else for the early development of next-generation rechargeable batteries such as lithium-sulfur, lithium all-solid, and lithium-air, in addition to lithium metal rechargeable batteries. Therefore, in this presentation, the various lithium metal chemistry designs and electrochemical performances are considered to maximize the practical reversibility of lithium metal rechargeable batteries.

### S2-2 | Characteristics Analysis of All-Solid-State Lithium-Sulfur Battery Using Sulfide Based Solid Electrolyte

LEE Eunbyoul[1], JEONG Jiwon[1], *CHUNG Kyung Yoon[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology

All-solid-state Li-S batteries (ASSLSBs) have enormous potential as next generation energy storage systems with high gravimetric energy density and safety compared to the currently used LIBs. However, there is a limit to commercialization due to the insufficient understanding of the redox mechanism of sulfide-based

cathode active materials in all-solid-state systems. Therefore, a thorough investigation of the redox mechanism for commercialization within a short period of time has become a critical aspect of ASSLSBs research. Herein, synchrotron X-ray based analytical techniques such as X-ray diffraction (XRD) and X-ray absorption spectroscopy (XAS) are employed to investigate characteristics of composite cathode using sulfide-based solid electrolyte. Based on these analyses, the initial redox mechanisms according to the type of cathode active materials are identified and the detailed experimental methods and comprehensive analysis results will be discussed in the presentation.

**S2-3 | 고에너밀도 구현을 위한 황화물계 전고체전지용 양극 소재 기술**

*조우석[1]
[1]한국전자기술연구원

황화물 고체전해질의 높은 이온전도도와 물성에 기인하여, 이를 적용한 전고체전지의 상용화 기술 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 전고체전지의 연구는 핵심 소재인 고체전해질 분야에 많은 집중이 되어 왔으나, 고에너지밀도화를 위해서는 전제 조건이 되는 고에너지밀도의 양극 연구가 중요한 시점이다. 전고체전지의 연구 방향은 기존 LIB에서 적용된 양극 활물질을 포함하는 전지 부재를 적용하려고 하고 있다. 하지만 전고체전지는 기존 LIB와는 달이 전지 전체 반응이 고체 상태 리튬 이온전도에 기인하는 고체/고체 계면 이동을 포함하는 전도 메커니즘을 수용하고 있어, 이에 대한 정확한 이해를 바탕으로 한 양극 소재 및 전극 설계가 이루어져야 한다. 먼저 고용량 Ni-rich 양극 활물질을 수용하되 계면 접합 등 최상의 전도 패스를 구현하기 위한 적합한 활물질의 물성 설계가 중요하다. 또한 전극을 구성하는 물질들의 계면에서의 저항 형성 원인에 대한 이해 및 이를 개선하기 위한 기술도 요구된다. 마지막으로 높은 면적당 용량을 확보하기 위한 후막화 기술의 적용도 요구된다. 본 발표에서는 황화물계 고체전해질 기반의 전고체전지용 양극에서의 소재 및 계면 설계 이슈를 포함하는 양극 소재의 기술 개발 현황에 대하여 논의하고자 한다.

**S2-4 | Rational Design for Functional Electrodes and Interlayers in Advanced Li-S Batteries**

*석정돈[1]
[1]한국화학연구원

As the demand for large-scale energy storage solutions continues to grow, there is a pressing need for the advancement of next-generation battery technologies. Lithium-sulfur (Li–S) batteries have garnered significant attention as a promising alternative to conventional lithium-ion batteries, primarily due to their high theoretical capacity, abundance of source materials, and cost-effectiveness. However, the practical utilization of Li-S batteries is impeded by several inherent challenges, including low coulombic efficiency, limited rate capability, and poor cycling stability. These issues stem from the intrinsic properties of sulfur, such as its low electrical conductivity, the dissolution of polysulfides in the electrolyte, and undesirable redox shuttling and parasitic reactions. Addressing these challenges necessitates the development of sulfur-carbon composite materials with superior performance characteristics and prolonged cyclability. In this presentation, we present a scalable chemical synthesis approach for the fabrication of cathode and interlayer materials with enhanced functionality. Our method offers a promising avenue for overcoming existing limitations in Li-S battery technology. By providing a platform for the creation of high-performance Li-S batteries, this research contributes to the advancement of energy storage systems and the realization of sustainable energy solutions.

**S2-5 | 소듐이온전지용 산화물계 양극소재 및 옥시카바이드 복합 음극소재**

*최원창[1]
[1]건국대학교

Sodium-ion batteries (SIBs) are considered a reasonable alternative to solve the geopolitical of limited resource problems of Lithium-ion batteries (LIB) because of the abundance of sodium on Earth, which is 1000 times greater than that of lithium. In addition, because SIB are expected to utilize the production process of existing LIB, mass production of SIB can be achieved through existing facilities.

For the cathode materials, various materials such as layered oxides, polyanion materials, or iron cyanide-based materials have been proposed as host materials for SIB application. Among them, Na-layered oxides with O3-type has attracted interest because these materials are similar as currently adopted cathode materials in LIB application. However, these materials exhibit unstable surface properties or experiences weak air or moisture stability after synthesis or during battery operation. Here, utilization of several inorganic-based materials and surface coating techniques as well as the influence of surface-modification on electrochemical performances of cathode materials in SIB application will be addressed.

For the anode materials, the conventional graphite

materials in LIB cannot be utilized in SIB application because of large size of sodium ion, and other carbonaceous materials such as had carbon is not satisfactory in terms of capacity, voltage, and columbic efficiency. In this regard, alloying-based high capacity materials has been investigated in spite of severe volume expansion. In this presentation, several strategies to suppress volume expansion by introducing ceramic-based matrix materials will be addressed.

### S2-6 | Dry processing for LIB cathode with high energy density

*SONG Taeseup[1], KIM Jiwoon[1], KIM Minsung[1], LEE Seungwoo[1], MYEONG Seungcheol[1], LEE Hyungjun[1], KIM Jaeik[1], PARK Joonhyeok[1]
[1]Hanyang University

In the current growth of the electric vehicle (EV) market, roll-to-roll dry coating process has emerged as a practical approach for mass-production of high-thick electrodes, paving the way for cost-effective and high-energy-density Li-ion batteries (LIBs). However, as the thickness of the electrode becomes greater, ionic resistances dramatically increase due to extended diffusion lengths for Li-ion and electron. This is attributed to the non-uniform distribution of electrode components and severe fractures of cathode active material during the dry coating process. Therefore, it is important to manipulate the microstructure of the electrode. In this study, we identified the factors associated with the increase in ionic resistance through electrochemical analysis. Subsequently, engineering of material and process parameters was conducted to optimize the microstructure of the dry electrode. Finally, we successfully developed a 10mAh $cm^{-2}$ dry electrode with low ionic resistances, exhibiting the enhanced of $Li^{+}/e^{-}$ kinetics.

## S3 : 우주항공

### S3-1 | Development of ceramic materials for large reflected optical systems

*HAN Jeong-Yeol[1,2]
[1]Korea Astronomy and Space Science Institute, [2]University of Science and Technology

For deep space observations, it is necessary to observe extremely faint light sources to obtain enough valid data to obtain information about astronomical objects. In order to acquire sufficient information from extremely small light sources, large reflected optical systems must be developed with large apertures. However, as the mirror size increases, the structure becomes larger, and the volume and weight of the entire system increases in proportion to the size of the structure, so the mirror and structure materials must be lightweighted and have good structural properties with high rigidity. In order to realize the 30-meter class ground-based telescope and 6-meter class space optical system currently being investigated for space observation, it is necessary to develop new materials that reflect the requirements of structural stability and light weight. In other words, it is necessary to have sufficient rigidity and excellent weight reduction properties to reduce weight, and at the same time, it is necessary to have polishable properties so that it can be used as an optical surface. In this presentation, we will share the current status of the development of large reflected optics for space observation and introduce the progress and prospects of developing ceramic materials for the development of new materials.

### S3-2 | 우주발사체용 탄소섬유 강화 탄화규소 복합소재

*김세영[1], 한인섭[1], 방형준[1], 김수현[1], 성영훈[1], 이슬희[1]
[1]한국에너지기술연구원

우주발사체용 섬유강화 세라믹 복합소재 (Ceramic Matrix Composites, CMC)는 우수한 고온 강도와 파괴 인성을 지닌다. 주로 탄소섬유 또는 탄화규소 섬유를 이용한 C/SiC 또는 SiC/SiC 소재로 우주발사체의 고온 부품에 적용된다. 현재 사용 중인 Ni계열 합금은 900°C 부근이 내열 한계이지만 (무냉각), CMC는 약 1300°C 이상에서 사용 가능하여 우주선 및 발사체의 재진입 열차폐와 추진기관의 노즐 등 극한 고온에 노출되는 부품에 적용되고 있다.

금속 사용 시 고온 저항성 향상을 위해 부품에 연료를 이용한 냉각 시스템을 적용하는 것이 일반적이지만 이는 무게와 발사 비용의 증가로 이어진다. 그러나 CMC 적용 시 냉각 장치가 필요하지 않아 우주발사체에 추가적인 화물 이동과 발사 비용 저감의 이점이 있을 뿐만 아니라, 우수한 고온 내구성으로 발사체의 재사용에도 기여 할 수 있다.

해외에서는 유럽 EADS가 Ariane5의 엔진에 C/SiC 노즐을 적용하여 경량화 40%와 6,000초의 내구성을 확인했고, 미국 NASA는 CMC를 우주비행체에 적용하여 고온 열 관리 시스템의 최소화와 경량화 기술을 확보 하였다. 독일 DLR은 재사용이 가능한 발사체 추진 시스템 개발에 냉각이 필요없는 CMC 노즐과 연료 인젝터를 개발 중에 있다.

국내 극한환경용 CMC 산업은 선진국 대비 기술력이 70%로 평가되며 국내 시장 규모는 100억원 이내로 방위산업 외에는 활성화되지 못하고 있다. 현재 방산분야 중심 연구와 일부 출연연 및 대학을 통한 연구개발이 진행 중이며, 민수용 항공기 및 우주발사체에 적용 가능한 CMC 복합소재 내열 부품 개발도 최근

소재부품개발사업에서 진행 중이다.
최근 소형위성 및 우주 탐사 수요가 급증하고 있으며, Space-X의 재사용 가능한 발사체를 통해 발사 단가를 현저히 낮추어 대량 위성 발사에 성공하였다. 이를 위해서는 극한환경에서 충분한 내구성을 갖는 내열구조소재의 개발이 필요하며, 이는 국내 스타트업 발사체 기업의 경쟁력 강화와 국방 기술의 고도화에 기여할 것으로 기대된다. 특히, CMC 소재의 국내 연구 개발 지원이 시급하며, ITAR 규제로 인해 국내 기술의 도입과 교류가 중요한 과제로 부각되고 있다. 본 발표에서는 이러한 CMC 소재 동향과 국내 연구 개발의 중요성에 대해 논의하고자 한다.

**S3-3 | 재사용 열방호시스템용 세라믹 단열소재의 제조와 특성**

*김성원[1], 남민수[1], 오윤석[1], 남산[2], 오범석[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교, [3]한국항공우주연구원

Thermal protection systems(TPS) are group of materials essential in order to protect spacecraft from the aerodynamic heating experienced during re-entry into an atmosphere or hypersonic flight. Among candidate materials for TPS applications, ceramic insulation materials are ones for reusable TPS.
In this study, we report the development of ceramics insulation materials, such as FRCI(Fibrous Refractory Composite Insulation), which are fabricated by using ceramic fiber and additives via typical ceramics processing. Some issues on processing difficulties are reported in order to produce properly fabricated RSI(Reusable Surface Insulation).

**S3-4 | 우주항공용 초고온세라믹 소재 개발 및 평가 연구**

*문세연[1], 오필용[1], 김호석[1], 문아영[1], 배종근[1]
[1]전북대학교

최근 국내외적으로 우주 항공 분야 적용을 위한 발사체 및 위성 기술에 대한 수요와 개발이 급성장하고 있다. 다만 지구귀환이나 심우주 탐사와 같은 비행체가 극한환경에 노출되는 상황에 대한 연구는 여전히 기초 수준에 머물러 있으며, 특히 극한 우주환경 또는 극초음속 환경에 적용될 수 있는 초고융점 표면 소재의 개발은 발사체, 로켓 추진 및 지구 재진입, 초고속 항공기 등의 개발을 위해 필수적으로 선행되어야 한다. 이러한 초고융점 소재 중 다양한 장점으로 인해 융점이 2000도 이상을 가지는 초고온세라믹 (UHTC, ultra-high temperature ceramics)에 대한 관심이 증가하고 있다. 다만, 용융점이 높아 형상 제어의 어려움이 있으며, 세라믹 특성상 낮은 파과인성과 높은 열팽창계수로 인해 열충격에 약하고, 금속탄화물 혹은 금속산화물 기반 소재 특성상 고중량 문제를 해결해야 한다. 따라서 본 발표에서는 초고온세라믹의 단점을 최소화하면서 그 장점을 적용할 수 있는 다양한 초고온세라믹 기반 소재의 활용 방법을 소개하고, 그 중 고온플라즈마를 이용한 탄소복합재 상에 초고온세라믹을 코팅하는 기술 현황을 소개한다. 또한 개발된 초고온세라믹 소재 및 부품을 극한환경에 적용할 수 있도록 지상모사 시험을 통해 우주환경과 유수한 고온산화환경의 구현 방법과 이러한 환경에서 초고온세라믹 소재의 평가 방법 및 결과 분석을 통한 우주항공용 초고온소재 및 부품 개발의 최적화 과정도 함께 소개한다.

**S3-5 | 위성용 우주급 반도체 소자의 기술 특징 및 개발 동향**

*조영준[1]
[1]한국항공우주연구원

우주에서 임무를 수행하는 위성시스템은 고장 수리가 불가능한 환경에서 운용되므로 시스템의 신뢰도를 좌우하는 능동 및 수동 소자들에 대해 높은 신뢰도를 요구한다. 또한 이러한 소자들은 가혹한 우주환경을 견딜 수 있어야 하며 특히 반도체 능동소자들은 다양한 우주방사선입자들에 대한 내성과 보호가 필요하다. 전장품 내에서 핵심 기능을 담당하는 우주용 반도체 소자들이 지상용 소자들과 다른 차이점과 주요 특징들에 대해 설명하고 기술적 개발 동향에 대해 다루고자 한다.

**S3-6 | Boron Nitride Nanotube as an Advanced Ceramic Material for Space Applications**

*장세규[1]
한국과학기술연구원

Space radiations such as galactic cosmic ray (GCR) and solar particle have been considered as an obstacle for long-term exploration of astronauts because their significant impact on human health and electronic device causing malfunction. Boron nitride nanotube (BNNT) has been drawing attention as a future space material due to its effective attenuation capability of secondary neutrons typically present in the space environment as well as its specific mechanical strength and high temperature tolerance. Here, we introduce recent BNNT researches in KIST including BNNT synthesis, polymeric/ceramic composite fabrication, and fiber fabrication using BNNT liquid crystal. In addition, neutron shielding capability of BNNT composites and their use for space shielding material will be introduced.

## S4 : 디스플레이

**S4-1 | Perspectives on Current display technology: Why and How QD emerged**

*장은주[1]
[1]성균관대학교

Through the research on novel quantum dot materials, we have successfully produce the materials in large scale and integrated them into the consumer electronics sector, particularly in the display industry. Advancing

practical devices with state-of-the-art technology required many approaches such as technological capabilities, environmental impacts, market size, cost factors, supply chains, and patent portfolio. As for the field of display technology, significant advancements have been made in resolution, color reproduction, dimensions, exterior design, and intelligent connectivity, all of which aimed at enhancing user experiences. Industry trends have led to the development of large-scale TVs, IT and autonomous displays, wearables, and applications in augmented reality (AR), virtual reality (VR), and mixed reality (MR) using mini-LED, OLED, and u-LED in most cases depending on their technological limitations in each type of backplane. Quantum dots offer numerous advantages for display applications. The first generation of color-converting QD films has been widely adopted in current major LED TV applications due to their highly saturated colors. Additionally, the second generation of QD display with QD color filters has been released using blue OLED backlights, providing a wide color angle and great contrast ratio. These achievements have significantly enhanced our understanding of the fundamental science and established quantum dots as a foundational technology for future applications. In this presentation, I would like to share the experiences in developing the quantum dot materials and display products. Furthermore, I will discuss current competing display technologies and explore potential future directions in the field.

### S4-2 | 결함 제어를 통한 고효율 양자점 발광소자 구현

*임재훈[1]
[1]성균관대학교

Colloidal quantum dot-based light-emitting diodes (QD-LEDs) have demonstrated rapid progress in terms of peak efficiency and brightness and are now poised for the development of next-generation displays for augmented and/or virtual reality. This presentation focuses on a comprehensive analysis and strategies to realize efficient and stable all-inorganic QD-LEDs. The energy landscape of QLEDs reveals that the defect states in charge transport layers and QDs influence the development of the potential landscape of QD-LEDs and their corresponding electrical and spectroscopic behaviors. Our spectroscopic investigation revealed that the zinc vacancy in the zinc chalcogenides shell, incorporated during shell growth, behaves as a hole trap, lowering quantum yield. However, the compressive strain developed by the outermost shell can deactivate its involvement in the exciton recombination process. Additionally, we unveiled the spatial distribution of cationic vacancies in NiO-based inorganic hole transport materials. Passivation of the Ni vacancy on NiO nanoparticles allowed us to manipulate their transport behavior. Comprehensive defect management in all-inorganic QD-LEDs demonstrated a record efficiency of 16.3% and peak brightness exceeding 200,000 nit.

### S4-3 | 본연적으로 늘어나는 다기능성 신축성 디스플레이

*최문기[1]
[1]울산과학기술원

Multifunctional displays are actively explored as prospective human–machine interfaces. This exploration is fueled by their ability to deliver unparalleled functions in a compact design. Despite their potential, the current application of these displays is confined to visualizing mechanical/electrical signals in light. In this study, we introduce a stretchable high-resolution multicolor synesthesia display, capable of producing synchronized sound and light as input/output sources through transfer-printing. The transfer-printed emissive composite enhances the optical performance and refines the sound pressure level of the display. Thanks to the inherent stretchability of the device, our synesthesia display can operate reliably under both static and dynamic deformation without distorting the sound relative to the input waveform. We showcase the practicality of user-interactive synesthesia displays for visual–acoustic encryption, facilitating advanced encryption techniques, and multiplex QR codes that seamlessly connect multiple domains using a single device.

### S4-4 | Brightening deep-blue perovskite light-emitting diodes

*이정용[1]
[1]한국과학기술원

High-purity deep-blue perovskite light-emitting diodes (PeLEDs) are crucial for the development of next-generation displays that meet the Rec. 2020 standard. However, achieving stable deep-blue emission is challenging due to halide vacancies in mixed-halide perovskite materials, particularly chloride vacancies which form easily and lead to bandgap instability and diminished LED performance. In this study, we introduce

a strategy aimed at chloride vacancy passivation (CVTP) employing ligands with sulfonate groups of varying chain lengths. These sulfonate groups strongly bind to Pb(II) ions, effectively filling the vacancies. This approach effectively mitigated phase segregation and produced color-stable deep-blue PeLEDs with an emission peak at 461 nm and a luminance of 2,707 cd/$m^2$, among the highest reported for Rec. 2020 compliant deep-blue PeLEDs. Additionally, we report an improvement in external quantum efficiency up to 5.68%, which is significantly influenced by the length of the ligand chains.

### S4-5 | Wafer-scale transistor arrays fabricated using slot-die printing of molybdenum disulfide and sodium-embedded alumina

*조정호[1]
[1]연세대학교

Two-dimensional materials made via solution processing could be used to create next-generation electronic devices at scale. However, existing solution processing methods typically have a trade-off between scalability and material quality, which makes them unsuitable for practical applications. Here we show that wafer-scale arrays of molybdenum-disulfide-based transistors can be fabricated using a commercial slot-die printing process. We create inks of molybdenum disulfide nanosheets and sodium-embedded alumina for printing of the semiconductor and gate dielectric layer, respectively. The transistors exhibit average charge carrier mobilities of 80.0 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$ in field-effect transistor measurements and 132.9 $cm^2 V^{-1} s^{-1}$ in Hall measurements at room temperature. The high charge carrier mobility is attributed to the sodium-embedded alumina gate dielectric, which causes a band-like charge carrier transport in the molybdenum-disulfide-nanosheet-based thin-film networks. We use the transistors to create various logic gates, including NOT, NOR, NAND and static random-access memory.

### S4-6 | Touch, Press, Stretch-driven Light Generation: Mechanoluminescence in Zinc Sulfide Microparticle-embedded Polydimethylsiloxane Films

*정순문[1]
[1]대구경북과학기술원

Mechanoluminescence (ML) is a unique phenomenon wherein light emission occurs upon pressing or rubbing a material. In particular, unlike traditional luminescence, which typically requires electricity or light (i.e., EL or PL), ML occurs spontaneously in response to mechanical stimuli. Thus, it offers a sustainable optical solution without batteries, promising next-generation sustainable applications. However, traditional ML phenomena require substantial particle pressure and pre-irradiation with UV/blue light, posing significant barriers to widespread applications. In this presentation, I will introduce a novel approach enabling gentle touch, press, or stretch-driven ML from the ZnS:Cu/PDMS composite system, obviating the need for photo-excitation. Over the past decade, diverse applications utilizing ZnS:Cu/PDMS composites have emerged, including full-color ML displays, self-powered ML textiles, human interactive sensing systems, artificial skin constructs, dual-mode energy conversion devices, 3D printable ML systems, and human-computer interaction interfaces. Lastly, I will discuss the underlying mechanisms and future prospects for these advancements.

## S5 : 수소&탄소중립

### S5-1 | 지속가능한 미래를 위한 CCU 화학전환 기술

*박지훈[1]
[1]한국화학연구원

이번 발표에서는 탄소중립 달성과 산업의 지속가능한 미래를 위해 필요한 CCU 기술을 소개하고, 온실가스 저감이라는 측면에서 CCU 기술의 핵심 역할에 대해 논의해 보고자 합니다. 특히, CCU 화학공정 기술에 투입되는 에너지의 중요성을 강조하며, 효율적이고 지속 가능한 에너지원의 필요성을 부각하고자 합니다. 재생에너지와 직접 연계할 수 있는 CCU 공정으로 전기화(electrification) 전환의 중요성을 살펴보고, 수소를 포함한 신재생 에너지와의 통합을 통해 CO2를 에너지 저장 매체인 탄소 연료로 전환하는 솔루션으로 고려해보고자 합니다.

### S5-2 | 탄소중립을 위한 전기화학적 $CO_2$ 전환 e-Chemical 생산 연구

*오형석[1]
[1]한국과학기술연구원

최근 탄소중립의 이슈로 온실가스인 $CO_2$를 저장 또는 저감하기 위한 연구가 많은 관심을 받고있다. $CO_2$를 전환하는 연구는 크게 화학적 전환, 생물학적 전환, 광물화로 구분할 수 있으며, 본 발표는 화학적 전환 중 전기화학적으로 전환하는 연구의 최근 연구동향 및 연구 결과들에 대해서 발표 하려한다. 'e-Chemical'은 전기에너지의 전자를 활용하여 생산되는 고부가 화합물을 의미하며, 본 발표에서는 $CO_2$에 집중하여 발표할 계획이다. 전기화학적 $CO_2$ 전환은 일반적으로 2-전자 반응인 일산화탄소(CO) 및 개미산염(formate)를 생산하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 환원 반응에 대응하는 물산화 전극에대한 연구도활발히 진행

되고 있다. 두 산화-환원반응은 느린 반응으로 이로인해 과전압이 많이 인가되는 문제점이 있으며, 이를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 본 발표에서는 실시간 분석플랫폼을 활용하여 반응 메커니즘 및 내구성 저하 원인을 관찰하고 설명 할 예정이다.

### S5-3 | 탄소중립을 위한 고성능 광-전기화학 전환 전이금속계 소재

*김정규[1]
[1]성균관대학교

Achieving carbon neutrality through solar-to-electrochemical conversion represents a critical step towards sustainable energy storage and conversion. Transition metal-based materials play a pivotal role in facilitating this conversion process by serving as efficient catalysts. In this presentation, we focus on the rational design of transition metal-based materials tailored for two key reactions: electrochemical CO2 reduction and photoelectrochemical oxidation. These reactions offer promising pathways for producing multi-carbon chemicals and value-added chemicals, respectively. We delve into the design principles behind these materials, considering factors such as electronic structure, surface morphology, and catalytic activity. Through a combination of experimental synthesis and various material characterizations, we explore strategies to enhance the efficiency and selectivity of these catalysts, aiming to maximize solar-to-chemical conversion efficiency. Our findings highlight the potential of transition metal-based materials in advancing solar-driven chemical synthesis and contributing to the realization of a carbon-neutral energy landscape.

### S5-4 | Innovations in Phosphide-Based Catalysts for Efficient Hydrogen Production for AEMWE

*유성종[1]
[1]한국과학기술연구원

In this study, we explore the efficacy of Phosphide-Based Catalysts for Anion Exchange Membrane Water Electrolysis (AEMWE), focusing on the hydrogen evolution reaction (HER). We employed Se-doped Ru2P nanotubes, Heusler-type PtRuP2 double-walled nanotubes, and Ir2P clusters on Ru2P hollow nanotubes as catalysts. These novel catalysts demonstrated superior performance and durability compared to the conventional commercial PtRu/C catalysts. Significantly, they also reduced the usage of expensive noble metals, addressing both economic and environmental concerns. This research highlights the potential of atomically ordered mixed-metal compounds to enhance synergistic interactions between catalytic centers, each playing distinct roles. Our findings are particularly important in overcoming the sluggish reaction kinetics commonly associated with non-acidic HER in AEMWE. The results suggest a promising pathway for developing more efficient, cost-effective, and durable catalysts for hydrogen production, contributing to the advancement of clean and sustainable energy solutions.

### S5-5 | 탄소중립과 수소사회에 대응하는 수소연료전지 기술 및 핵심소재 개발 방향

*박구곤[1]
[1]한국에너지기술연구원

탄소중립 사회 구현이라는 목표를 향해서 전 세계적인 협력과 경쟁이 치열하게 진행 중이다. 민간 차원의 친환경 가이드라인으로 제시되었던 RE100, 24/7 CFE 등이 최근에는 미국의 인플레이션감축법(IRA)과 같이 구체적인 규제화로 확산되고 있다. 우리나라도 CF100 이라는 보다 현실적인 대안을 제시하며 지속가능한 발전을 지지하고 있다. 무탄소 혹은 탄소 배출을 극소화하는 전력생산에 대한 요구는 점점 커지고 있으며, 2050년 혹은 그 이후에는 세계적으로 태양광, 풍력 등 재생에너지에 의한 전력 생산 비율은 증가할 수 밖에 없는 상황이다. 2050년 탄소중립 목표달성에 수소 분야의 기여율은 약 20% 내외로 추산되고 있는데, 수소를 연료로 활용하여 직접 전력을 생산하는 분야의 기여도가 매우 크다. 또한 급격한 재생에너지 확대 과정에 전력망의 안정성을 확보하는 것은 반드시 필요하며, 그 과정에 수소 및 연료전지는 전력 생산의 간헐성을 조정하는 핵심기술로 판단된다. 수소사회로 진입하는 과도기에는 개질가스 혹은 회색수소(Grey Hydrogen)가 연료용 수소의 대부분을 차지하지만, 미래에는 재생에너지 보급증대와 그린수소 생산이 늘어나며 기존 탄화수소계 연료는 순수 수소기반 연료로 변화할 것으로 예상된다. 에너지 저장 및 이송 매체로써 수소를 대규모 연료전지 시스템에 직접 활용하는 경우, 기존 시스템 대비 보다 높은 효율 조건에서 연료전지 발전이 가능하다. 하지만 그로 인한 소재의 내구성 및 부품 최적화는 반드시 풀어야 할 숙제이다. 에 본 발표에서는 이런 사회-기술적 변화를 살펴보고, 미래 친환경 수소 연료를 사용하는 연료전지와 그 핵심소재/부품/시스템 개발 현황을 공유하고자 한다.

### S5-6 | 고효율 음이온교환막 수전해 기술: 비귀금속 촉매, MEA, 스택

이지훈[1], 양주찬[1], 이주영[1], 정재훈[1], *최승목[1,2]
[1]한국재료연구원, [2] 과학기술연합대학원대학교

In this study, Co-based non-precious group metal (PGM) oxide electrocatalysts were synthesized for the oxygen evolution reaction (OER) using co-precipitation, electro-deposition method, and so on. These catalysts were subsequently applied as anode electrodes in an anion exchange membrane water electrolyzer (AEMWE).

We easily and creatively developed nano-sized Co-based oxide catalysts with abundant oxygen vacancies, large electrochemical surface area, morphology control, and electronic modification by using several synthesis methods. As a result, the catalyst demonstrated superior catalytic activity and long-term stability in half-cell tests. Recent reports have mainly focused on the catalytic activity of electrocatalysts in half-cell tests. However, it is crucial for electrocatalysts to exhibit excellent performance in full cells to achieve commercial viability. The AEMWE cell's performance surpassed that of any previously reported AEMWE cells, even when compared to those using IrO2 as an anode catalyst.

## SS1 : 제22회세라믹스표준화심포지엄

### SS1-1 | MWCNT 성장용 Ni계 산화물 촉매에서 산소공공 영향 및 요오드 적정법을 이용한 산소공공 정량분석 기술

이재광[1], 조강희[1], 이연숙[2], *이희수[1]
[1]부산대학교, [2]한국산업기술시험원

4차 산업혁명의 주요 핵심 소재로 주목받고 있는 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)는 우수한 기계적, 열적 특성으로 인해 촉매, 에너지, 내화재 등 다양한 분야에서 연구되고 있다. 일반적으로 Multi-walled carbon nanotube (MWCNT)는 니켈(Ni), 코발트(Co), 철(Fe) 등과 같은 전이금속 촉매에 의해 성장하며, 이러한 전이 금속 산화물은 높은 탄소 고용도 및 탄소 이동도, 고온에서 우수한 안정성을 나타내기 때문에 최근 CVD 공정을 통해 CNT 성장을 위한 촉매로 연구가 활발히 진행되고 있다. 산화물 촉매의 표면 결함에 의해 발생하는 격자 변형은 CNT 성장을 위한 탄소 원자의 확산에 영향을 미친다. 특히, 산소 공공은 CNT 성장을 위해 공급되는 탄소 source의 화학 흡착을 위한 active site 역할을 한다. 본 연구에서는 나노 크기의 Ni-Fe oxide 촉매를 합성하고, CVD 공정을 통해 CNT를 성장시켰다. 촉매 표면의 산소공공 형성에 따른 CNT 성장 메커니즘을 Ni-Fe oxide 촉매의 valence state 및 local atomic structure 관점에서 논의할 것이다. 아울러, CNT 성장에서 활성점의 역할을 하는 산소 공공의 정밀, 정확한 정량화를 위하여, iodometric titration 관련 표준화 방향에 대하여 논의하고자 한다.

### SS1-2 | 세라믹 분말의 동적 흐름성 및 유동성 평가 기술 표준화 연구

*이세미[1], 이동원[1], 오지희[1], 김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

기존 세라믹 분말의 흐름성 및 유동성은 Funnel(flow meter)이나 실린더 (cylinder)를 이용한 겉보기밀도(Bulk density), 안식각(Angle of repose), 탭밀도(Tap density)로 측정되었다. 그러나 해당 방법들은 다수 데이터 기반의 수치화가 어려워 공정에 적용하기 힘들고, 초미세 분말의 경우 미세화에 따른 응집 현상 심화로 funnel의 입구를 분말이 통과하지 못하거나 실린더 내 붕괴가 이루어지지 않아 측정이 불가한 문제가 있다.
회전 드럼을 이용한 동적 흐름성 및 유동성 측정은 세라믹 분말의 흐름 특성과 응집 특성을 동시에 측정하는 범용적인 평가 기술이다. 동적 시스템에서는 다양한 형상 및 크기를 가진 세라믹 분말의 흐름성 및 유동성 거동을 수백번 이상의 데이터로 산출하여 수치화할 수 있고, 회전드럼 내 비전 이미지를 통한 직관적 분석이 가능하기 때문에 산업 현장 내 공정에 적용할 수 있다.
이에 본 연구는 실제 공정에서의 세라믹 분말의 흐름성 및 유동성을 알아낼 수 있는 척도로서 회전 드럼을 이용한 동적(dynamic) 흐름성 및 유동성 평가 기술표준화를 제안한다.
표준화 선행 연구로서 다양한 형상 및 크기를 가진 세라믹 분말을 선정하여 각 분말의 흐름성 및 유동성을 Revolution Powder Analyzer(RPA)를 이용하여 측정하였다. 장비 측정 조건과 세라믹 분말의 흐름 및 유동 특성에 중요한 변수를 설정하였고, 측정된 데이터를 기반으로 분말 흐름성 및 유동성의 거동을 수치화 및 그래프화하였다.

### SS1-3 | 열전도성 분말세라믹 및 세라믹 열계면물질 열전달 분석 표준화와 분석기술 개발 동향

손경식[1], *이선홍[1], 이정훈[2], 이욱진[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]국립부경대학교, [3]부산대학교

미래모빌리티, 에너지저장장치, 선박, 우주항공 등 국가주력산업에 있어 배터리는 이미 현대인의 생활에 밀접한 요소로 자리하고 있다. 배터리는 열 관리에 따라 성능 및 안전, 신뢰성이 결정되기 때문에 필수적 요소이고, 보다 높은 냉각특성 구현을 위해 팩모듈 단계에서의 수냉방식을 주로 활용한다. 수냉 방식의 냉각 효율 달성을 위해 배터리 셀과 냉각판의 간극을 메워주는 세라믹 분말 복합제인 열계면물질이 활용되고 있으며 고냉각효율 달성을 위해 고열전도도의 열계면물질 개발에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 열계면물질을 구성하는 분말 형태의 고방열 특성 세라믹과 열계면물질의 열전달 현상 분석에 대한 기존 표준 방법과 응용 방식을 제안하고자 한다. 레이저플래시 방식과 열저항을 통한 열전도도 분석 방식을 응용한 분말 및 점액 상태의 열계면물질에 대한 열전도도 분석 결과와 관련 기술 개발 동향을 소개하고자 한다.

### SS1-4 | 수소기술용 전도성 세라믹 소재 대칭셀의 전기화학적 임피던스 측정기술 개발 및 국제표준화

조강희[1], 임태흔[1], 김주영[2], 류지승[3], *이희수[1]
[1]부산대학교, [2](주)하이마, [3]한국산업기술시험원

수소 생산, 수소를 이용한 발전을 위한 전기화학전지 및 전도성 세라믹 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 전기화학전지 시스템의 특성평가를 위하여 기존에는 단위전지를 이용한 전기화학적 임피던스 측정법이 널리 이용되었으며, 표준화되었다. 하지만, 고도화된 재료의 개발을 위해서는 세라믹 전극 재료의 전기화학적 특성에 대하여 이해하는 것이 중요하다. 두 전극이 같은 재료로 이루어진 대칭셀을 이용하여 전기화학적 임피던스를 측정한다면 해당 전극재료의 전기화학적 특성에 대한 정보를 더욱 정밀하게 얻을 수 있다. 대칭셀을 이용한 전기화학적 임피던스

측정법은 재료의 전기화학적 특성을 정밀 · 정확하게 측정할 수 있지만, 연구그룹별, 분야별로 측정시료의 치수, 측정조건 등이 표준화되어 있지 않아 실험데이터의 정확성 및 호환성을 확보하기 어렵다. 따라서, 전기화학적 임피던스 측정법에 대한 실험방법을 최적화연구를 통해 데이터의 정확성 및 호환성을 향상시켜 더욱 신뢰도 높은 데이터를 얻을 수 있다. 이에 SOFC용 소재로 널리 사용되는 세라믹 전극과 전해질로 갖는 대칭셀을 제작하였고 전기화학적 임피던스의 다양한 측정변수를 최적화하여 국제표준안을 개발하였고 국제표준화 현황에 대하여 논의하고자 한다.

### SS1-5 | Zirconia Feedstock for High Solid Load 3D Printing Applications

*TENGA WD.[1], LIM Ignatius Y.[2], TING CH.[2]
[1]SIRIM, [2]Universiti Tunku Abdul Rahman

Feedstocks of Zirconia ceramic ranging from 50 vol% to 68 vol% solid loadings, employing a binder system comprised of paraffin wax and LDPE, were prepared and utilised for 3D printing process. The printed objects underwent a direct thermal debinding process followed by sintering at 1500°C. The sintered zirconia was characterised using density assessment, Vickers hardness, and fracture toughness measurements, as well as XRD analysis and SEM imaging. Samples produced from high solid loading feedstocks exhibited comparable density, Vickers hardness, and fracture toughness, measured at 97.5%, 12.3 GPa, and 5.5 $MPam^{1/2}$, respectively. XRD analysis and SEM imaging indicated no adverse tetragonal to monoclinic phase transformations and grain growth, respectively. This study illustrates the feasibility of utilising zirconia ceramic for 3D printing applications.

### SS1-6 | Fast Evaluation of Energy-Dissipation Rate and Hardness of Ceramics at High Temperature by Image Relative Method

*BAO Yiwang[1]
[1]Henan Academy of Sciences

High-temperature indentation tests were carried out by using high temperature in-situ microscopy combined with high temperature testing machine, which is simple and convenient to obtain the relationship between load and indentation depth in samples at different temperatures. The goal of rapid measurement of energy-dissipation rate, elastic recovery rate and hardness at high temperature is achieved by image relative method. Two kinds of experimental analysis models are developed: the isothermal relative method and the heterotherm relative method. The isothermal relative method is used to analyze the deformation pictures under different loads at the given temperature to obtain the high temperature properties of materials such as energy-dissipation rate, elastic recovery rate and so on. The heterotherm relative method is used to analyze the deformation pictures under identical load at the different temperatures to obtain the ratio of hardness at high temperatures to the hardness at room temperature, so that the temperature dependence of hardness is obtained by automatic photography with equal temperature increment. Indentation devise and sample at high temperature are shown schematically as in Fig.1. A series of photos were taken at different test temperatures. The scene and focal length of each photograph are identical, and the resolution should be about 1 um. The high temperature indentation test of Zirconia and superalloy K419 showed that the energy dissipation rate increased with the increase of temperature, and the hardness decreased with the increase of temperature. Zirconia energy dissipation rate reaches 88.5% at 1000℃, and the hardness at 1000 ℃ was only 61% of that at room temperature. The energy dissipation rate of K419 reaches 96% at 1100℃, and the hardness at 1100 ℃ was only one third of that at room temperature. Fig.1 Schematic diagram of sample, fixture and indenter placement for high-temperature indentation test. In which: 1 - High temperature resistant support; 2 - sample; 3 - Fixture; 4 - indenter; 5 - Furnace frame; 6 - Upper pressure bar

### SS1-7 | Morphological and mechanical characterization on post-fracture laminated tempered glass

*YANG Jian[1], WANG Xinger[1], XIE Dongdong[1]
[1]Shanghai Jiao Tong University

Fracture morphology has insightful information which is vital in assessing the post-fracture performance of glass members. This study performed a morphological and mechanical characterization on fractured laminated tempered glass. It seeks to firstly find the relationship between the inherent properties of tempered glass (i.e., tempering level, glass thickness etc.) and the statistical, spatial features of fracture morphology. The morphology can hence be reconstructed with a Voronoi-based method, which can be combined to produce a refined numerical model of reconstructed fractured glass member with less computation cost. The numerical results indicate that the local debonding at the fragment edges significantly affects the post-fracture stiffness of glass members. Thus, random-crack tensile tests as well

as the updated modellings were conducted to further investigate the effects due to the local debonding and the fragment overlap ratios. The variation limits of the post-fracture stiffness by those factors were identified.

**SS1-8 | 세라믹 분말의 정적 흐름성 측정 방법에 대한 표준화 연구**

*이동원[1], 이세미[1], 오지희[1], 김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

현재 세라믹 분말은 이차전지 코팅재료, 우수한 내 플라즈마성을 요구하는 반도체·디스플레이 장비 및 부품, 전자산업용 고방열 재료 등 산업 전반에 걸쳐 사용되고 있다. 이러한 첨단산업에 적용하기 위해서는 최종 제품의 성능 결정에 있어서 중요한 변수로 작용하는 분말의 크기와 형상, 비표면적, 응집특성, 흐름성 등과 같은 분말의 초기 특성들이 중요하다. 특히, 세라믹 분말은 바인더, 도전재, 용매 그리고 각종 첨가제와 섞어 슬러리 형태로 제조하여 다양한 코팅재료로 사용되기 때문에 슬러리 점도와 밀접한 관련이 있는 분말의 흐름성 평가가 중요하다. 그러나 기존의 분말의 흐름성을 평가하는 방법은 쉽게 흐름성을 측정할 수 있으나 다양한 크기 및 형태의 분말의 흐름성을 측정할 수 없고, 신뢰도 있는 데이터를 얻기 어려운 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 세라믹 분말의 정적 흐름성 평가를 위한 정적 흐름성 평가 장치를 개발하고 정적 흐름성을 평가하는 방법을 표준화하였다. 정적 흐름성 평가를 위해 원형도가 1에 가까운 표준물질을 사용하여 시료 형상에 대한 이미지 촬영 후 경사각, 종횡비, 선형성을 산출하였다. 또한 이차전지 분리막 코팅용 소재로 사용하는 보헤마이트 분말을 대상으로 분말의 흐름성과 보헤마이트 코팅 분리막의 물성과의 상관관계를 고찰하였다.

**SS1-9 | International standardization for chemical analysis method of metal impurities in high purity silicon dioxide**

*LEE Jin Sook[1], LEE Hyun A[1], SON Hyunhwa[1]
[1]Korea Testing Laboratory

The impurities present in silicon dioxide determine not only the purity, which impacts the market value, but also the performance and the characteristics. From 2020 to 2023, Korean delegate Jin Sook Lee spearheaded a project for international standardization on the chemical analysis of metal impurities in silicon dioxide within ISO/TC 206. The test method involves the acid decomposition of silicon dioxide powders using hydrofluoric acid and nitric acid, followed by the analysis of Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Pb, Li, Mg, Mn, Ni, K, Na, Ti, Zn and Zr using inductively coupled plasma-optical emission spectroscopy (ICP-OES). To validate the test method, inter-laboratory test (ILT) was conducted utilizing silicon dioxide powder certified reference materials, CRM 6001 and CRM 6002. Nine laboratories from five countries participated in the ILT. Almost all participating laboratories demonstrated the results within the uncertainty of the reference materials for all elements. In December 2023, the developed test method was published as ISO 5189. This standard method covers a concentration range from 1.0 mg/kg to 100 mg/kg for the analytes.

**SS1-10 | 고체 전해질 소재의 전자차폐층을 이용한 전자 전도 검출 기술 및 표준화**

김주영[1], 조강희[2], 임태흔[2], *이희수[2]
[1](주) 하이마, [2]부산대학교

Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)은 산소이온 전도 특성을 기반으로 높은 에너지 효율, 연료에 대한 자유도, 친환경적 반응기구로 인해 차세대 에너지원으로 각광받고 있다. SOFC는 약 800 ~ 1,000℃의 고온에서 사용되기 때문에 높은 상안정성과 전기적 특성이 동시에 요구되어 지르코니아계 세라믹을 기반으로 전이금속 첨가제를 도핑한 복합 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만, 도핑을 통한 성능 향상 방안의 경우, 이온 전도뿐 아니라 전자 전도의 발현을 야기할 수 있어 누설 전류와 같은 SOFC의 고장을 유발하는 문제가 일어난다. 이를 해결하기 위하여 소재의 전자 전도 발현 유무를 판별하여 정확한 전기적 특성을 평가하는 방법의 개발이 요구되고 있다. 전자차폐층(Electron blocking layer, EBL)을 사용할 경우, 재료에서 발생하는 전자 전도에 영향을 받지 않고 전기적 특성을 측정할 수 있으나, 형성 방법 및 측정 방법 등이 표준화되어 있지 않아 평가 결과의 정확성 및 호환성이 낮다. 본 연구에서는 고체산화물 전해질의 전기적 특성을 평가하고 연구하기 위해 전자차폐층(Electron blocking layer, EBL)을 사용한 전자 전도 검출 기술을 개발하였다. 고체산화물 전해질로는 고온 상안정성이 높은 마그네시아 안정화 지르코니아(MgPSZ)를 사용하였으며, 전이금속인 Mn의 첨가량에 따른 전기적 특성 변화를 관찰하였고, EBL의 유무에 따라 전자 전도의 검출 여부를 고찰하였다. 또한, EBL의 형성 방법, 두께, 사이즈 등의 최적화 연구를 실시하여 고체산화물 전해질 소재의 EBL을 통한 전자 전도 검출 방법 개발 및 표준화에 대하여 소개하고자 한다.

## SS2 : 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술

**SS2-1 | 스마트 유리 기술 동향 및 립하이 전고체 방식 전기변색 기술**

*김현종[1]
[1]립하이주식회사

스마트 유리 시장 중 가장 큰 시장은 여전히 건축용 시장이지만 최근 스마트 유리의 변색 기술을 활용하여 IT, 자동차 등 여러 산업군에서 다양한 제품화 시도가 되고 있음. 이에 스마트 유리 벤처기업인 립하이에서 진행하는 제품 개발 현황과 독자적 기술인 전고체 방식의 전기변색 기술 소개 예정이며 향후 개발 계획에 대해 논의함.

### SS2-2 | 스퍼터로 증착된 산화텅스텐 박막의 전기변색 특성 개선

*김동훈[1], 오세현[1], 강광모[2], 고도현[1], 나윤채[2]
[1]명지대학교, [2]한국기술교육대학교

Electrochromic materials, which demonstrate a significant modulation in optical states upon the application of an electric voltage, are considered promising for next-generation displays due to their reversible, persistent, and controllable changes, as well as their low power consumption. Among cathodic electrochromic materials that undergo color changes with the introduction of ions, $WO_3$ thin films have been extensively reported, thanks to their unique electrical, optical, and electrochromic properties. However, the low stability of $WO_3$ films in acid-based electrolytes and their slow response speed hinder their market entry, necessitating films with prolonged electrochemical cycling. In this study, we present two methods to enhance the electrochromic performance of sputter-grown $WO_3$ thin films. Firstly, we investigated Ag nanoparticle-incorporated electrochromic $WO_3$ thin films to enhance response speed. Room-temperature-sputtered thin films using composite targets with a low Ag concentration exhibited a random distribution of small nanoparticles. In contrast, in the film with a higher Ag concentration, the particles merged, resulting in a single or polycrystalline phase. Surface plasmon resonance peaks were observed in the absorption spectra of the Ag–$WO_3$ composite films, indicating the formation of metallic nanoparticles, which was also confirmed via high-resolution transmission electron microscopy. The $W_{0.91}Ag_{0.09}O_3$ thin film demonstrated a faster switching time with a higher coloration efficiency than those of the $WO_3$ thin film. However, transmittance modulation in the $W_{0.91}Ag_{0.09}O_3$ thin film was inferior to that in the other films. Furthermore, the $W_{0.91}Ag_{0.09}O_3$ thin films appeared black in the colored state, whereas the bare $WO_3$ and $W_{0.97}Ag_{0.03}O_3$ thin films exhibited a Prussian blue color, suggesting the realization of color neutrality through the incorporation of Ag nanoparticles. Secondly, $Nb_2O_5$ layers with varying thicknesses were deposited onto $WO_3$ thin films to prevent degradation of the $WO_3$ layer in acid-based electrolytes and to develop highly sustainable and durable electrochromic devices. The electrochromic performance of the bilayer thin films was critically dependent on the stacking order and thickness of each layer. The thin film stack of 100-nm thick $Nb_2O_5$/200-nm thick $WO_3$ exhibited enhanced transmittance modulation, response speed, and coloration efficiency compared to that of the 300-nm thick $WO_3$ thin film. Furthermore, up to 1300 cycles, the bilayer thin film exhibited transmittance modulation exceeding 40%; it lost electrochromic switching at the 3500th cycle, while the single-layer $WO_3$ lost its electrochromic properties at the 700th cycle. This study offers an exciting opportunity for fabricating devices with enhanced electrochemical properties through a facile method, coupled with additional processes, for potential application in next-generation electronic devices.

### SS2-3 | 상호 보완적인 전고체 전기변색 소자: 소재 및 구조 최적화

*한승호[1]
[1]한국전자기술연구원

With an increase in global warming, smart window which exhibits high potential to increase the thermal efficiency of buildings, have gained prominence. Smart windows control the transmittance of solar energy and visible light through various chromogenic technologies, minimizing energy loss and ensuring indoor comfort. Among the various smart window technologies, electrochromic devices (ECDs), which exhibit low power consumption, good memory effects, and electric dimming from dark to transparent (and vice-versa) are particularly promising. Tungsten oxide ($WO_3$) and nickel oxide ($NiO_x$) are widely used EC materials that cause cathodic and anodic coloration, respectively. However, these films mostly suffered from degradation of charge exchange during extended potential cycling. Ions were gradually trapped inside the thin films, resulting in a decrease in optical modulation. In this study, we reported the enhancement of cycling stability of ECDs using tungsten- and tantalum-doped nickel oxide as counter electrodes. In addition, the influence of the charge-density ratio on the long-term durability of ECDs was systemically investigated. We suggested a degradation mechanism of all-solid-state ECDs based on the observed EC performances.

### SS2-4 | 저온 합성된 WO3의 전기변색 소자 적용

*안효진[1]
[1]서울과학기술대학교

To achieve net-zero emissions of $CO_2$, countries worldwide have accelerated the development of energy technologies such as energy storage, conversion, and preservation. Smart windows, which are a type of

electrochromic (EC) devices, have been extensively researched owing to their adjustable optical properties such as transmittance, reflectance, and absorbance. $WO_3$ has been widely applied as cathodic EC material because of its favorable EC properties. Existing approaches carried out high-temperature process (〉 300 ℃) to fabricate structurally stable $WO_3$ crystal and solidly bonded electrodes. Our group newly introduces a low-temperature synthesized $WO_3$ for advanced EC devices. Despite the low-temperature, the $WO_3$ featured a stable crystal structure through amorphous quantization. Furthermore, the $WO_3$ exhibited notable EC performances when applied to flexible EC electrodes. Detailed experimental data and results will be discussed at the 2024 Spring Meeting of Korean Ceramic Society.

**SS2-5 | 전기변색 슈퍼 캐패시터 및 디스플레이 응용분야 적용을 위한 건식 증착 재료의 개발 현황**

*이선영[1]
[1]한양대학교

이번 강연에서는 NPDS (Nano Particle Deposition System) 라는 독특한 건식 증착 방식을 이용한 다양한 전기변색 소자의 지속적인 개발을 공유하고자 한다. 나노 입자 적층 시스템 (NPDS)는 최근 개발된 건식 증착 기술로, 압축 공기를 사용하여 저진공 상온에서 나노 및 서브 마이크론 크기의 금속 및 세라믹 입자를 증착할수 있다. 여기서 나노 입자는 압축공기를 운반 가스로 사용하여 초음속 노즐을 이용하여 가속되는 시스템으로 증착 메커니즘의 특성으로 인하여 전극의 표면을 개질할 수 있다는 장점이 있다 본 연구에서는 이러한 다양한 전극 표면과 전해질 내의 이온과 상호작용을 이용하여 소자 성능을 제어하는 사례를 발표하고자 한다 또한 상용화된 분말을 이용한 건식 증착은 용매뿐 아니라 전처리, 후처리 또한 필요하지 않아 증착 공정이 간단하고 친환경적이다 이러한 건식 적층 기술을 통해 전체 태양 스펙트럼을 아우르는 다이나믹 스마트 윈도우부터 저전압 구동 다색 전기 변색 시스템, 그리고 전기변색 슈퍼 캐패시터에 이르는 다양한 전기 변색 소자를 소개하고자 한다.

**SS2-6 | 스마트윈도우 기술 동향과 필름형 전기변색 기술**

*이춘엽[1]
[1](주)오리온엔이에스

능동형 스마트 윈도우 기술로 분류되는 전기변색 스마트 윈도우 기술은 최근 기후 변화 대응 차원에서의 미국의 IRA 법에 의한 인센티브 제공, 건물 내 재실자의 편의성 증대, 스마트 건물에 대한 관심이 높아지면서 차세대 스마트 윈도우 기술로 각광받고 있다. 본 심포지엄에서는 이러한 스마트 윈도우를 개발 또는 제품화하고 있는 선진 업체들의 동향과 기술, 다른 스마트 윈도우 기술들과 전기변색 (Electrochromic ; EC) 기술의 비교, 전기변색 스마트 윈도우 필름 기술에 대해서 논의하고자 한다.

**SS2-7 | 햇빛에 의해 자동으로 투과율을 조절하는 광전기변색 스마트 윈도우**

*한치환[1,2]
[1]한국에너지기술연구원, [2]과학기술연합대학원대학교

햇빛에 의해 자동으로 투과율을 조절해 주는 광전기변색 스마트 윈도우는 일체형 소자 내에 광 흡수층을 포함하고 있어 외부 전원 없이 변색이 가능하며 투명 전도성 기판을 사용하지 않기 때문에 생산단가를 낮출 수 있는 획기적인 스마트 윈도우이다. 광 흡수층이 전력생산뿐만 아니라 광센서 역할을 동시에 수행할 수 있어 외부 광량에 따라 윈도우 색이 자동적으로 조절되는 것이 가능하기 때문에 단순구조의 유리창이나 필름형태로 제조가 가능해 전원이 필요한 전기변색 스마트 윈도우와는 다른 시장을 형성할 수 있다. 특히 햇빛이 강할수록 태양광 차단 능력이 향상되는 광전기변색 스마트 윈도우는 여름철 냉방비용이 많은 대형빌딩 건물에 적용할 수 있으며, 외부전원이 필요 없고 필름형태로 제작이 가능하기 때문에 기존빌딩의 창문에 붙이는 형태로 제품화가 가능한 장점을 가진다. 또한 자동차 등과 같은 운송수단에 적용되어 효율을 향상 시킬 수 있기 때문에 미래 전망이 좋은 기술이다. 본 발표에서는 광전기변색 스마트 윈도우의 구조 및 작동원리에 대해서 설명하고, 시장적용에 있어 가장 큰 문제점인 안정성 향상기술에 대해서 설명할 계획이다.

**SS2-8 | 유/무기 하이브리드 전기변색 소재 및 소자**

*임동찬[1], 김소연[1], SALOKA Santosa Ade Satria[1,2], JAHANDAR Muhammad[2], KEVINNUL Djohar Edwardus[1,2]
[1]한국재료연구원, [2]국립부경대학교

유리형 건물, 전기 자동차 등과 같이 심미성과 높은 에너지 효율성을 동시에 필요로 하는 차세대 기능성 창호 개발의 니즈가 증가하면서 스마트 윈도우 기술이 재조명을 받고 있다. 스마트 윈도우 기술은 능동형, 수동형, 전기변색, 열밴색 등 다양한 분류 체계를 바탕으로 많은 우수한 연구 개발 활동이 이루어졌으나 여전히 안정적 시장 진입에 어려움을 겪고 있다. 각각의 응용 분야에 적용 가능한 색상 다변화, 미터급 이상의 대면적화, 외부 환경 변화에 따른 빠른 대응 속도, 높은 신뢰성 그리고 가격 경쟁력이 대표적으로 꼽히는 시장의 기술 개발 니즈이다. 본 연구에서는 변색 속도 및 신뢰성과 같은 구동 성능 니즈에 대응 가능한 범용적인 유/무기 하이브리드 소재 및 소자 기술에 대해 기술하고, 더 나아가 심미성 및 가격 경쟁력 확보를 위한 기능성 필름 및 공정 기술을 소개하고자 한다.

**SS2-9 | 스마트 전기변색 기술과 응용**

*김태엽[1], 한지수[1], 아칠성[1], 박주현[1]
[1]한국전자통신연구원

4차 산업혁명 기술은 실제와 가상의 통합으로 사물들이 자동. 지능적으로 제어되는 기술로 ICT 기술과 전통 제조업 기술의 완벽한 융합과 시뮬레이션을 통한 최적의 생산 시스템이 구축되는 것이라 생각된다. 인공지능 AI 기술은 4차 산업혁명 기술의 부산물로서 “전기변색 기술 (electrochromism)”이라는 말을

사용한지 60년이 넘은 고전 기술이 미래산업에 어떻게 응용될 수 있는지 살펴보고자 한다. 우선 첫번째로 지구 온난화 현상을 막기 위해, 탄소 에너지를 줄이고자 제로에너지 건축과 같은 정책이 시행되 있다. 스마트 윈도우는 제로 에너지 건축의 핵심 요소로, 착색과 탈색 반응을 통해 가시광선과 적외선 영역의 투과율을 자유롭게 조절할 수 있어 에너지 보존에 뛰어난 효율을 보인다. 다만 현재 스마트 윈도우 연구는 주로 가시광선 영역에 집중되어, 적외선 영역의 투과율 변조 성능에 대한 연구는 상대적으로 부족하다. 본 연구에서는 스마트 윈도우에 주로 적용되는 전기 변색 소자의 적외선 변조율을 개선하기 위한 연구를 소개하고자 한다.

## SS3A : 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구

### SS3A-1 | Engineering of Moiré and Fully Commensurate Structures in van der Waals Heterostructures

*이관형[1]
[1]서울대학교

The exploration of two-dimensional (2D) materials, particularly transition metal dichalcogenides (TMDs), has opened new avenues for advancing electronic device technologies beyond conventional silicon-based systems. Our recent research focuses on the fabrication and characterization of van der Waals (vdW) heterostructures, highlighting significant progress in the atomic reconstruction of TMD layers and the elucidation of their intrinsic ferroelectric properties. We demonstrate a novel process whereby strong interlayer interactions within TMD layers induce an atomic reconstruction from a twisted heterostructure into a fully commensurate (FC) phase by hexagonal boron nitride (hBN)-encapsulation annealing. This transformation enables the fabrication of perfectly aligned, zero-twisted stacked bilayers. The resultant FC structures exhibit pronounced ferroelectric properties, including a high Curie temperature and an abrupt polarization transition. Simultaneously, we address the challenges associated with the synthesis and scalability of high-quality TMDs by introducing the hypotaxial growth method. This technique facilitates the wafer-scale synthesis of single-crystal TMD films on amorphous or lattice-mismatched substrates, preserving interlayer crystalline alignment with an overlying 2D template. Through the strategic sulfurization of a pre-deposited Mo film covered by graphene, we achieve controlled growth of TMDs through nanopores in the graphene, resulting in a continuous wafer-scale crystalline film and the simultaneous removal of the top graphene layer. This process allows for the precise control of TMD thickness on a variety of substrates and enables the growth of large-scale single-crystal TMDs with exceptional thermal conductivity and carrier mobility. Our findings not only shed light on the atomic-scale mechanisms governing the ferroelectric behavior of TMD vdW heterostructures but also introduce a scalable approach for the fabrication of high-quality, single-crystal TMDs on arbitrary substrates.

### SS3A-2 | 계면 밴드 엔지니어링을 통한 고성능 2차원 반도체 트랜지스터

*이철호[1]
[1]서울대학교

Two-dimensional (2D) semiconductors such as transition metal dichalcogenides (TMDs) have emerged as promising materials for implementing beyond-CMOS electronics due to excellent gate coupling and immunity to short-channel effects at the ultimate scaling. In addition, owing to a van der Waals layered structure, they hold great potential for non-conventional electronics capable of heterogeneous integration and deformation. To achieve high-performance 2D field-effect transistors (FETs), it is highly required to control the electronic states and energy band profiles at various heterointerfaces among the semiconductor channel, the gate dielectric, and metal electrodes. In this talk, I will present two types of proof-of-concepts 2D FETs enabled by interface band engineering: 1) modulation-doped FETs (MODFETs) and 2) metal-semiconductor FETs (MESFETs). In a MODFET, we demonstrated remote modulation doping in the type-II band-modulated channel, enabling us to achieve high mobility by suppressing dopant-induced charge impurity scattering. The 2D MESFETs were also demonstrated using the Fermi-level pinning-free metal Schottky gate, whose device characteristics approach the Boltzmann switching limit.

### SS3A-3 | 단일3차원집적 시스템을 위한 용액 기반 저차원 FET 제조

*권지민[1]
[1]울산과학기술원

A novel approach for the fabrication of low-dimensional field-effect transistors (FETs) is proposed using solution-based techniques, tailored specifically for monolithic three-dimensional (3D) integration systems. Leveraging advancements in solution processing, the proposed method offers a cost-effective and scalable means to produce FETs with reduced dimensions, enabling seamless integration into vertically stacked

semiconductor layers. Especially, we exhibit a solution process for transition metal chalcogenides (TMDs), which has layered 2D structure consisting of tri-layers of atoms, promising semiconductors for its scalability due to atomically thin body. The surface of the TMDs is easy to be damaged by oxygen and moisture (e.g., hydrolysis) in the ambient air or fabrication process causing the defective crystal. (One of the effects is large density of interfacial trap state ($N_{it}$)). In this study, we demonstrate the molecular adsorption on defective $MoS_2$ surface and the subsequent repair of sulfur vacancy via the cleavage of sulfur-carbon bonding activated by the mild thermal treatment (200°C). The influence of the repairing process can dramatically reduce subthreshold swing (SS) of the FET even on the plastic substrate. With low process temperature, our solution-based fabrication process opens new avenues for the realization of complex 3D integrated circuits with enhanced performance and efficiency.

### SS3A-4 | Nanoscale memory and switching devices with atomically-thin body

*서준기[1]
[1]울산과학기술원

Layered van der Waals semiconductors show a wealth of exotic physical phenomena when confined into the 2D lattice, and the relevant electronic devices thus far have defined themselves as a promising building block of nanoelectronics owing to the near-atom thickness, superior electrostatic control, and adaptable device architecture. This talk will present highlights how such emerging materials can further benefit from materials processing and new device configurations. I will first introduce a van der Waals integrated synaptic transistor combined with the multiply stacked floating gate storage nodes, which are structurally reconfigured upon surface oxidation. With a new device structure, it has excellent non-volatile memory performance with high on/off current ratio, substantial cyclic endurance, and long retention performance. This, in turn, enables highly effective modulation of trapped charge density, so it exhibits improved weight update profile in long-term potentiation/depression synaptic behavior as an electronic synapse. Next, I will talk about gas-phase synthetic strategy for wafer-scale, thickness-controlled, and low-temperature deposition techniques to bring such new electronic functionalities into device-level applications. To be specific, we demonstrate the wafer-scale growth of mono-elemental 2D tellurium (Te) thin films using an annealing-free, low-temperature ALD process. As-deposited Te films exhibit exceptional homogeneity, precise layer controllability, and 100 % step coverage in high aspect ratio nanostructures. As a 2D building block with intrinsic p-type transport characteristics, ALD-grown Te films are employed for fabricating 2D/2D and mixed-dimensional 2D/3D vertical p-n heterojunction diodes exhibiting well-defined current rectification. Additionally, we showcase an ALD-Tebased selector device with fast switching time, selectivity and low Vth. This synthetic strategy opens the way to produce 2D electronic materials in a scalable fashion and provides a promising approach to monolithically integrating them into arbitrary 3D device architecture.

## SS3B : 차세대 반도체 채널 응용을 위한 2차원 소재 성장 및 소자 연구

### SS3B-1 | 2차원 소재 내 결정립계 형성 제어

*김철주[1]
[1]포항공과대학교

결정립계의 원자 구조 형태나 밀도를 제어하는 것은 소재 물성을 제어하는 대표적인 방법이다. 예컨데 결정립계를 통한 외부 원소의 도핑으로 물질의 물리화학적 성질을 제어하거나 결정 구조를 바꿈으로써 열화 공정에 따른 가공성을 높이는 등의 접근이 가능하다. 반면 2차원 소재의 경우 주로 단결정 구조를 얻는 기술에 대한 연구가 주를 이루고 있으며 원하는 원자 구조나 밀도로 결정립계를 형성시키는 방법에 대한 연구는 미흡하다. 본 발표에서는 대표적인 2차원 반도체 소재인 MoS2를 예시로 결정립계의 원자 구조를 제어하는 방법 그리고 후처리 공정을 통해 밀도를 제어하는 방법과 함께 그렇게 형성된 소재의 물성 변화에 대해서 소개하고자 한다.

### SS3B-2 | Laser-based Selective Photothermal Reaction for Synthesis of Transition Metal Dichalcogenides

*LEE Seoung-Ki[1], JANG Hee Yoon[1]
[1]Pusan National University

Transition metal dichalcogenides (TMDs) have garnered significant attention as essential materials for the future of electronics, including applications in logic devices, optoelectronic devices, and wearable electronics. However, the complexity of their synthesis and the multiple steps required for device fabrication, present substantial challenges to their practical application. In this work, we present a direct and rapid approach for the layer-selective synthesis of $MoS_2$ and $WS_2$ structures on a wafer scale using a pulsed laser annealing system (wavelength = 1.06 $\mu$m, pulse duration ≈ 100 ps) under

ambient conditions. The precursor layer for each TMD, with an absorption coefficient orders of magnitude higher than that of adjacent layers, efficiently absorbs the laser pulse's energy and undergoes rapid pyrolysis within nanoseconds. This process results in the formation of $MoS_2$ or $WS_2$ layers without harm to neighboring $SiO_2$ or polymer substrates. Through both experimental and theoretical analyses, we have delineated the principles behind selective synthesis and refined the laser annealing parameters, including wavelength, power output, and scribing speed, to operate optimally in ambient conditions. This methodology enabled the direct fabrication of patterned $MoS_2$ and $WS_2$ homostructures on a 4-inch wafer. Additionally, by synthesizing a second layer atop the first, we achieved a vertically stacked $WS_2/MoS_2$ heterojunction structure, pivotal for electronic devices. Demonstrating the utility of our method, we showcased a $MoS_2$-based field-effect transistor, a crumpled $MoS_2$-based omnidirectional stretchable sensor, and a heterojunction diode using $MoS_2/WS_2$. The rapid, selective synthesis method we've introduced paves the way for the mass production of large-area functional heterostructure-based electronics.

**SS3B-3 | 반데르발스 계면을 통한 2차원/3차원 반도체 성장**

*강기범[1]
[1]한국과학기술원

In this presentation, I address the innovative integration of 2D and 3D materials at the van der Waals Interface. I will discuss our advancements in optimizing the growth of 2D TMDCs like $MoS_2$ and $MoSe_2$, aiming for their effective incorporation into channels or interconnects. Given the challenges of Si CMOS BEOL applications, we've devised methods to enhance crystal quality, including additive use, substrate surface alterations, and identification of optimal MOCVD precursors. Further, an innovative AS-ALD process will be introduced, highlighting its effectiveness in achieving a precise AS-ALD pattern on 2D superlattices. Emphasis will be on understanding and implementing selective growth on laterally heterogeneous van der Waals surfaces. Our findings suggest that physisorption of ALD precursors on these surfaces is crucial for this selective deposition, broadening its application beyond traditional AS-ALD. Conclusively, I'll touch upon the vertical, hetero, and epitaxial growth dynamics of 2D and 3D materials, especially focus on the 2D/3D interface within van der Waals epitaxial growth.

## SS4 : RLRC 수소센터 쉐프(SEHPc): 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계

**SS4-1 | 쉐프(SEHP$^c$) : 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계 소개**

*박희정[1]
[1]단국대학교

단국대학교 수소센터는 과학기술정보통신부(한국연구재단)에서 주관하는 지역혁신 선도연구센터(RLRC; Regional Leading Research Center)에 선정되어 지속 가능한 수소에너지 생태계 구축에 나선다. 지역혁신 선도연구센터는 기초연구를 기반으로 지역혁신 성장 분야에 특화된 연구센터를 구축, 혁신 연구분야 전문인재를 육성하고 우수 연구 성과를 지역에 확산시키는 사업이다. 본 센터에서 충청 지역의 수소 생태계 구축을 위해 대학-기업-지역사회 3축을 연결하는 수소 3-axis(축) 플랫폼을 구축할 예정이다. 중점 연구로는 연료전지(고체산화물 연료전지) 및 수전해전지(고체산화물 수전해와 고분자 수전해) 관련 기술을 개발할 예정이다. 본 학회에서 이를 소개하고자 한다.

**SS4-2 | 고체산화물 연료전지 및 고온수전해 셀의 고성능화와 한국세라믹기술원의 새로운 전략**

*신태호[1]
[1]한국세라믹기술원

Chemical compatibility between the hierarchical interface components in solid oxide electrochemical cells (SOCs) is an emerging critical issue that significantly impact the durability of SOCs. However, there are still several challenging issues to be solved: cost-effective manufacturing configuration, lowering the operating temperature, and durability. In our recent study, we focused on high oxygen reduction reaction (ORR) cathodic part, using lattice strain for high oxygen path way, as a functionalized electrode between not only $ZrO_2$ -based electrolyte and air-electrodes but also $LaGaO_3$-based electrolyte and fuel-electrodes.
First (the effect of lattice strain), a fibrous composite cathode composed of strontium-doped samarium cobaltate (SSC) (which is an oxygen ion–electron mixed conductor) and samarium-doped ceria (SDC) (which exhibits high oxygen ion conductivity) was fabricated via electrospinning. Composite fiber cathodes prepared at specific ratios exhibited oxygen reduction properties and oxygen ion conductivity, which were attributed to the growth of small SSC particles in the fibrous electrode and nanolattice strain of SSC at the SSC and SDC interface.
Second, LSGM SOCs fabricated by new approach: We found that the optimized thickness of the LDC buffer layer for $LaGaO_3$-based electrolyte (LSGM). LSGM

electrolytes have a drawback, which they need a protective buffer layer because of their chemical compatibility. Thus, we did an effort to reduce the optimized effective thickness of the LDC by ultrasonic spraying coating to directly inject ceramic powder as a new approach instead of commercial screen printing. Our innovative activity on the recent LSGM based SOCs will be discussed in detail.
Several innovative activities at KICET for solid oxide electrochemical devices as well as the life of KICET will be introduced.

**SS4-3 | 저온 양방향 고체산화물 전기화학셀을 위한 만능 공기극 소재 개발**

*정우철[1]
[1]한국과학기술원

Solid oxide electrochemical cells (SOCs) are promising energy storage and conversion devices that represent a facile and sustainable route for converting chemical fuels into electricity and vice versa on demand. In particular, the discovery of oxygen-electrode materials that exhibit excellent reactivity and durability is the key to related device technology. Here, we present Ta-doped $BaCoO_{3-\delta}$ catalysts that exhibit record-breaking electrode performance in both fuel cell and electrolysis operations, which were demonstrated with two types of SOCs using oxygen ion- and proton-conducting electrolytes. The introduction of pentavalent Ta ions allows the parent oxide to maintain a cubic perovskite structure with high symmetry, which substantially improves its phase stability and electronic and ionic conductivity, and even catalytic activity for oxygen reduction and evolution. Hence an assortment of best-performing fuel cell and electrolysis cell results are recorded; for example, a proton-conducting SOC conveying a peak power density of 2.26 W $cm^{-2}$ at 650 °C. The design principle of the versatile electrode presented in this study not only allows for the realization of high-performance SOCs but also contributes to a broader-real world impact: a multipurpose, standardized electrode of high demand will result in significant cost reductions for related electrochemical devices.

**SS4-4 | 제어된 표면 산도를 통한 SOFC 공기극 표면 열화 억제 및 회복**

*서한길[1]
[1]단국대학교

The greatest challenge to extending the lifetime of energy devices ranging from solid oxide fuel/electrolysis cells (SOFCs/SOECs), and permeation membranes, to gas sensors is to overcome performance degradation during operation. For example, SOFC cathode materials suffer from chronic surface degradation due to both intrinsic Sr segregation and extrinsic impurities such as chromia and silica from metal interconnects and furnace refractories, respectively. Despite substantial efforts, viable solutions have not been realized, thereby constraining the practical lifespan and commercial viability of this technology. Here, we present a practical and easily scalable method to reverse surface degradations through controlled surface acidity by the infiltration of basic additives. This approach ultimately demonstrates the ability to fully recover from a decline of more than twofold in fuel cell power density. These findings hold the potential to significantly not only prolong the lifespan but also delay the degradation rate of fuel cells and other related technologies.

**SS4-5 | PEM 수전해 음극 촉매 개발**

이봉호[1], 김미소[1], 이진희[1], 장정희[1], *유대종[1]
[1]더카본스튜디오

수소는 가장 효율적인 에너지 운반체로 에너지 밀도는 천연가스나 메탄보다 2.5배 이상 높다. 많은 수소 생산 방법 중 수소 생산 효율성과 재생에너지 부하에 빠르게 응답하는 특성이 우수한 PEM 수전해 기술은 많은 연구가 진행되고 있지만, 산소 발생 반응의 (oxygen evolution reaction) 높은 과전압 특성과 고가의 Ir 금속을 사용한다는 단점을 극복할 필요성이 있다. 본 연구는 전지화학적으로 내부식성이 우수한 ATO (Antimony doped tin oxide) 산화물 담지체에 IrOx의 산화성을 증대시키기 위해서 SnOx 물질을 첨가한 IrSnOx 촉매를 제조하여 산소 발생 과전압을 낮추어 촉매 활성을 증대시키는 연구를 진행하였다. Sn/Ir 비율에 따라 표면의 Sn양이 적을 경우에는 IrOx의 산화성이 낮아져 활성이 감소하고, Sn의 함량이 많을 경우에는 표면의 IrOx양이 적어져 활성이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 본 촉매를 MEA로 구현하였을 때 상용 촉매보다 적은 Ir양으로도 높은 성능을 구현 할 수 있었고, IrSnOx/ATO 촉매는 향후 PEM 수전해 장치 상용화에 커다란 역할을 할 수 있을 것으로 기대 된다.

**SS4-6 | 산소 발생 반응의 활성화 장벽과 개시 전위 감소를 통한 고효율 음이온 교환막 수전해**

*박유세[1]
[1]충북대학교

Anion exchange membrane water electrolysis (AEMWE), which employs non-platinum group metals (PGMs), is gaining significant attention as an advanced technology

for sustainable and clean hydrogen production. However, the performance of AEMWE is limited by considerable voltage losses, primarily due to activation losses. Therefore, a high-performance electrode is essential for achieving high-efficiency water electrolysis. In this study, we developed a high-performance anode for AEMWE by incorporating cobalt into nickel-iron-(oxy)hydroxide. The introduction of cobalt into nickel-iron-(oxy)hydroxide effectively reduced the activation energy for the oxygen evolution reaction (OER) and lowered the its onset potential, leading to an improvement in AEMWE efficiency. Furthermore, the AEMWE equipped with nickel-iron-cobalt-(oxy)hydroxide demonstrated enhanced performance not only compared to the AEMWE equipped with nickel-iron- (oxy)hydroxide but also outperformed AEMWE equipped with PGM catalysts.

**SS4-7 | Ir 저감형 PEM 수전해 고효율 고내구 촉매 전극 개발**

*한혁수[1], 장진욱[2], 김병현[3], 김광수[3]
[1]성균관대학교, [2]건국대학교, [3]한양대학교

The development of cost-effective and high-performance electrocatalysts is the primary concern for electrochemical water splitting. Proton exchange membrane water electrolyzer (PEMWE) is one of the key promising technology toward large-scale hydrogen production due to advantageous operational conditions including large current density, high purity of hydrogens, and high-pressure operation. A catalyst coated membrane (CCM), comprising of anode and cathode catalyst layers with a solid electrolyte, is the core of PEMWE determining an overall efficiency for hydrogen productions. In a commercial PEMWE, only Ir-based materials are currently employed to electro-catalyze the sluggish anodic oxygen evolution reaction (OER) mainly due to strong acidic oxidizing environments. In this presentation, materials design strategies for achieving efficient and robust electrocatalysis under acidic conditions will be presented. Synthetic methods for nanostructured electrocatalyst and analytic methods for revealing catalytic reaction mechanisms associated with the respective catalyst will be discussed in details.

## SS5 : 화학연합 포럼

**SS5-1 | 12대 국가전략기술 육성을 위한 소재기술 확보 전략**

*한병동[1]
[1]한국재료연구원

정부는 22년 10월, 대통령 주재 국가과학기술자문회의를 통해 기술패권 경쟁시대에 우위를 확보하고, 미래 먹거리 창출과 경제 안보에 기여할 국가전략기술 육성 방안을 발표하였다. 국가전략기술은 유형별로 혁신선도, 미래도전, 필수기반 등의 기술군으로 나누어지며, 반도체·디스플레이, 2차전지, 첨단 바이오, 우주항공·해양, 인공지능 등을 포함하는 총 12개 기술로 이루어져 있으나, 모든 산업에 핵심기반이 되는 소재기술이 빠져 있어 소재 연구자들의 우려를 낳았다. 이에 과기정통부는 23년 3월, 소재의 뒷받침 없이는 세계를 선도할 수 있는 기술 혁신이 어렵다는 판단 하에, 소재혁신선도본부를 통해 12대 국가전략기술 실현을 위한 100대 미래소재를 선정, 발표하였고, 현재 나노 및 소재기술 개발사업을 통해 100대 미래소재에 대한 순차적이고 지속적인 과제화가 이루어지고 있다. 한편, 정부는 국가연구개발투자전략 수립을 전문적으로 지원하기 위한 기술전문기관인 국가기술전략센터를 출범했는데, 양자, 탄소중립에 이어 “소재분야 국가기술전략센터”를 한국재료연구원에 설치하여 24년부터 정식운영되고 있다. 소재 국가기술전략센터는 금속, 세라믹, 복합재료를 포함한 소재 분야의 연구개발사업 포트폴리오 분석과 투자전략 수립, 유관 산학연 전문가 네트워크 허브 기능 등을 주목적으로 하고 있으며, 궁극적으로는 12대 국가전략기술 육성을 위한 첨단 소재 개발을 지원하는 역할을 담당할 것으로 기대된다. 본 발표에서는 현재 정부의 12대 국가전략기술 육성을 위한 소재개발 지원 현황과 소재 국가기술전략센터의 역할과 임무에 대해 설명함으로써 소재 연구자들이 향후 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

**SS5-2 | 글로벌 반도체 전쟁, 대한민국 반도체 산업, 그리고 첨단반도체 소재부품 특화단지의 역할과 책무**

*이현권[1,2]
[1]국립금오공과대학교, [2]경북구미 첨단반도체 소재부품 특화단지 추진단

세계는 지금 반도체 전쟁중이다. 미중 갈등의 중심에 반도체가 있고, 유럽연합의 출사표와 일본, 대만의 전략적 제휴가 진행중이다. 개별 국가의 반도체 전략과 병행해 서방(한,미,일,대만,유럽)대 중국의 공급망 블록화도 진행중이다. 반도체는 바야흐로 산업의 쌀을 넘어서 국가 생존과도 관계되는 전략물자로 자리매김을 하고 있다. 대한민국은 삼성전자와 SK하이닉스라는 메모리분야의 글로벌 1,2위 기업이 있으나 여전히 반도체 위기라고 한다. 시스템반도체, 전력반도체, 첨단 패키징, 파운드리, 팹리스, 칩리스 등 모자라는 부분은 점점 눈에 많이 보이고 있고, 잘하고 있는 메모리 분야는 1등을 유지하는 초격차 전략도 필요하다고 한다. 속칭 아베사태로 불리우는 일본의 반도체 3대 핵심소재에 대한 수출금지 조치로 촉발된 반도체 소부장 논쟁은 벌써 기억 저너머로 아스라하다. 엄청난 대책과 실행 계획이 나오고 추진됐으나, 아직도 우리는 소부장산업이 대한민국 반도체 산업의 가장 취약점이라 자인하고 있다. 오히려 소재부품이란 단어는 이제 식상하기 까지 하다. 반도체 전방산업은 화려해 보이는데, 왜 후방 소부장산업, 특히 소재산업은 제자리 걸음일까.  정부는 반도체 첨단산업의 클러스터링을 위해 국가 첨단특화단지(용인, 평택, 구미)를 지정했고, 소부장 특화단지(안성, 부산)도 운영중이다. 5대 특화단지의 역할과 기능 그리고 책무를 고민해야 할 시간이 왔다.

## SS6 : 우주항공 및 원자력용 소재 개발 현황 및 전망

### SS6-1 | 극한환경용 SiC 복합체

*박지연[1], 김대종[1], 이현근[1], 김원주[1]
[1]한국원자력연구원

한국원자력연구원(KAERI)에서는 $SiC_f$/SiC 복합재 및 SiC 코팅에 대한 연구가 지난 20여년간 고방사선 환경 및 고온 가스터빈용 부품을 중심으로 진행되어 왔으며, 현재도 진행 중이다. SiC가 지닌 우수한 고온 강도, 화학적 안정성, 내방사선성으로 인해 고온 및 고방사선 환경에 적용되는 소재로 고려되고 있으며, 특히 SiC 섬유로 강화된 $SiC_f$/SiC 복합재는 모놀리식 SiC 세라믹의 치명적인 파손을 개선하여 극한 환경을 위한 다양한 형태의 부품으로 적용 범위를 확장할 수 있는 장점이 있다. 원자력 응용 분야에서는 고순도 특성이 매우 중요한 사양이므로, KAERI에서는 제조 공정으로 화학 기상 증착(CVD) 및 화학 기상 침투(CVI) 공정이 주로 개발되었다. SiC 복합재의 원자력 응용 외에도 개발된 CVD, CVI 공정을 활용해 연구 영역을 확대하고 이를 고온 가스터빈용 부품 개발에 적용하고자 했다. SiC 복합재가 적용될 주요 원자력 부품으로는 첨단경수로용 핵연료 피복관, 차세대 원자로 핵심부품, TRISO 코팅 핵연료 입자 등이 있고, 고온 가스터빈용 부품으로는 연소기, 베인, 쉬라우드 등이 있다. 본 발표에서는 한국원자력연구원에서 수행된 SiC 코팅 SiC 및 $SiC_f$/SiC 복합재와 관련한 연구 이력과 결과들을 간략하게 요약하려 한다.

### SS6-2 | 탄화물 세라믹의 응용 및 제조방법

*김정일[1]
[1](주)티씨케이

Si 반도체와 SiC 반도체의 중요 공정에서 탄화물 세라믹소재인 다결정 SiC와 TaC의 역할 및 그 제조방법을 조명 해 보고자 한다. Si 반도체 공정은 선폭의 미세화 진행에 따라 고출력 플라즈마가 필요하게 되었으며, 건식에칭(dry etching) 공정의 관련 부품 또한 내플라즈마 특성이 우수한 부품이 필요하게 되었다. 이에 따라, 기존 공정에서 많이 사용되었던 실리콘, 석영 및 알루미나를 대체하는 소재로서 다결정 SiC 재질의 부품 비중이 증가하였다. SiC 반도체는 환경문제가 대두되면서 발달하고 있는 전기자동차나 태양광 에너지 분야 등에 응용이 점차 확대되고 있다. SiC wafer 제조나 epi층의 증착공정이 기존 Si 반도체의 방법과 다르고, 공정 온도가 높아 고온 특성이 우수한 다결정 TaC 재질의 부품 비중이 증가하는 추세에 있다. 현재까지의 반도체 분야에 응용 가능한 고순도 탄화물의 제조방법은 여러 가지가 있으나, CVD법(Chemical Vapor Deposition, 화학기상증착방법)은 각 원소들을 포함하는 원료들을 사용 하여 이를 열분해 후 직접 탄화물을 증착하여 형성하기 때문에, 소결 방법 등에서 요구되는 공정 온도보다 낮은 온도에서 소결 조제의 첨가 없이 초고순도이면서, 이론 밀도에 근접하는 치밀한 탄화물의 제조가 가능하다는 장점을 가지고 있다.

### SS6-3 | SiC 섬유 및 응용기술 현황

*신동근[1]
[1]한국세라믹기술원

SiC 섬유는 상업화에 성공한 대표적인 비산화물계 세라믹섬유로 주로 항공우주 및 원자력 에너지 분야 등 핵심 고온부품에 적용하기 위한 세라믹섬유복합재의 강화제로 개발되었으며, 국내에서도 핵심기술 확보를 위해 수년간 정부주도형 개발을 추진해 왔다. 그러나, SiC 섬유의 가격이 매우 비싸고 여전히 일본의 일부 기업에서만 독점 생산하여 적용산업 확장에 큰 장애요인이 되고 있다. 이를 극복하기 위해 우리나라를 포함한 다양한 국가에서 차별화된 기술과 이를 이용한 응용기술 개발을 위해 노력하고 있다. SiC 섬유의 핵심기술은 폴리카보실란 원료의 정밀합성/개질 기술과 균질한 용융방사기술, 그리고 산소제어 안정화 기술 및 고온 열처리/소결기술을 포함한다. 본 연구에서는 이러한 SiC 섬유의 핵심기술 개선과 다양한 응용분야 적용 및 개발현황을 소개하고자 한다.

### SS6-4 | 용융실리콘 침투 공정을 이용한 항공우주용 CMC 소재 연구개발

*김세영[1], 한인섭[1], 방형준[1], 김수현[1], 성영훈[1], 이슬희[1]
[1]한국에너지기술연구원

세라믹 복합소재 (CMC)는 1300℃ 이상의 고온에서 우수한 기계적 물성을 보이는 경량 구조소재로 주로 탄화규소 섬유강화 탄화규소 기지상 복합소재 (SiCf/SiC)가 높은 내구성으로 알려져 있음. 이러한 CMC 소재는 터빈엔진의 성능 향상을 위해 고온 환경에서 사용되며, 특히 연소입구온도(TIT) 상승을 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있음.
미국 GE사는 미국 국방부, DOE, NASA와 협력하여 30년 이상에 걸쳐 CMC 소재 및 부품 기술 개발을 수행해왔으며, 최근에는 F414 터빈엔진의 터빈 블레이드와 LEAP 항공엔진의 CMC shroud 부품을 성공적으로 적용하여 연료 효율을 15% 이상 향상시켰음. GE는 차세대 GE9X 엔진에도 다수의 CMC 부품을 적용하기 위한 연구를 진행 중임.
세라믹 복합소재는 국방/항공/우주 분야에서 핵심 소재로 강조되고 있으나, 국가전략기술로 관리되어 기술 도입이 어려우며, 장기간의 기술개발이 필요함. 국내에서는 정부가 주도하는 연구개발이 진행 중이며, 특히 Liquid Silicon Infiltration 공정을 활용한 SiC/SiC CMC 소재 제조와 섬유 코팅, 밀도화, 물성평가 등에 관한 연구를 통해 데이터베이스를 확보하고 있음.
본 발표에서는 Liquid Silicon Infiltration 공정을 이용한 항공우주용 CMC 소재 연구개발에 중점을 두고, 섬유 코팅, 밀도화, 물성평가 등의 내용에 대해 소개함.

### SS6-5 | 고내열성 세라믹스의 복잡 형상 제조공정 개발

*이세훈[1,2], 소재일[1], 박민성[1], 저우원[1], 목성균[1], 최현희[1], 윤지수[1]
[1]한국재료연구원, [2]극한소재연구소

극초음속 체계에 적용 가능한 복잡형상을 갖는 고내열성 세라믹스 제조를 위한 성형 공정을 개발하였으며 이를 적용한 세라믹스

의 제조를 수행하였다. 최적의 분산특성을 갖는 SiC 및 $ZrB_2$ 분말의 합성 및 처리와 이들 분말을 위한 최적의 분산 공정 개발을 통하여 각각 최대 72vol% 및 68vol%의 고형량을 갖는 초고농도 슬러리를 제조하였으며 이들 슬러리를 FDM (Fused deposition modeling) 공정으로 제조한 복잡 형상의 몰드에 주입한 후 건조 및 열처리를 통하여 72 – 78%의 높은 상대밀도를 갖는 세라믹 분말 성형체를 제조하였다. 열처리를 거친 성형체는 액상 세라믹 전구체의 함침 및 열분해를 통한 밀도화를 통하여 최대 88%의 상대밀도를 갖는 고내열성 세라믹스를 제조할 수 있었다. 본 방법을 통하여 비교적 빠른 공정시간 (PIP 시간: 2.5일) 및 낮은 공정온도 (1550℃)에서 대형, 복잡형상 시편의 제조가 가능한 PIP (precursor impregnation & pyrolysis) 공정으로 제조되었음에도 불구하고 매우 낮은 X축 선 수축율 (성형 후 밀도화 완료까지 〈1%) 및 우수한 열적, 기계적 특성 (Ar, 2000℃ 4점 굽힘강도 265MPa 및 air, 1500℃ 4점 굽힘강도 325MPa) 을 갖는 고내열성 소재의 제조가 가능하였다.

### SS6-6 | 핵융합로 증식블랑켓용 세라믹스 연구개발 동향

*박이현[1], 박영아[1,2], 정연송[1], 안무영[1]
[1]한국핵융합에너지연구원, [2]가천대학교

가속화되고 있는 기후변화, 화석연료의 고갈 및 에너지 수급 불안으로 인한 경제성장과 국가안보 등의 문제를 동시에 해결할 수 있는 에너지원으로 핵융합에너지가 대두되고 있다. 핵융합에너지는 바닷물에 포함된 중수소와 리튬을 연료로 활용하기 때문에 자원 기반 에너지원이 아닌 기술 기반의 에너지원이며, 주요국들은 기술패권을 확보하기 위해 핵융합에너지 상용화에 적극적인 투자와 지원을 아끼지 않고 있다. 리튬을 이용한 삼중수소 생산, 중성자의 운동에너지를 열에너지로 변환, 플라즈마로부터 발생되는 중성자를 차폐하는 역할을 담당하는 증식블랑켓은 핵융합로의 핵심 부품 중 하나이다. 냉각재 및 삼중수소 증식재의 종류에 따라 다양한 개념으로 설계 및 연구개발이 진행되고 있으며, 대표적으로 리튬을 포함한 삼중수소 증식재가 고체 상태이면 고체형 증식블랑켓, 액체 상태이면 액체형 증식블랑켓으로 분류된다. 고체형 증식블랑켓에 사용되는 세라믹스 재료로는 리튬을 포함하고 있는 리튬 세라믹스 증식재, 액체형 증식블랑켓에는 탄화규소(SiC)의 사용이 고려되고 있다. 본 발표에서는 핵융합로 증식블랑켓용 리튬 세라믹스 및 SiC의 연구개발 동향에 대해서 다루고자 한다.

### SS6-7 | $La_2O_3$-$Al_2O_3$-$SiO_2$ 첨가 $UO_2$ 핵연료 상용화를 위한 재료 설계 평가

*임광영[1], 나연수[1], 정태식[1], 주민제[1], 장훈[1], 김윤호[1]
[1]한전원자력연료

후쿠시마 사고 이후 전 세계적인 사고저항성 핵연료 개발이 진행되고 있으며, 상용화 로드맵 수립과 함께 2022년 및 2023년에 미국 및 프랑스에서 핵연료 소결체에 대해 미국 인허가 승인이 되었다. 국내에서도 기술격차 완화와 EU 및 K-Taxonomy법에 따라 사고저항성 핵연료의 상용화 개발이 진행 중이며, 2024년 상용로 연소시험이 진행될 예정이다. 본 연구에서 사고저항성 핵연료 소결체에 대한 상용화 관점에서 재료 설계에 대해 연구하였다.
사고저항성 핵연료로서 $La_2O_3$-$Al_2O_3$-$SiO_2$ 소결첨가제가 첨가된 $UO_2$ 소결체의 대량 생산 관점에서 재료가 평가되었으며, 주요 특징으로 25 $\mu$m의 큰 결정립을 나타냄으로써 $UO_2$ 핵연료보다 3배 이상 향상된 입자크기와 3배 이상 변형률이 크게 증가된 특징을 나타내었다. 본 연구를 통해 개발되어진 $UO_2$ 핵연료는 기존 상용 $UO_2$ 소결체보다 PCI 현상을 완화하여 핵연료의 건전성 및 안전을 크게 향상 시킬 수 있을 것으로 기대되어진다.

### SS6-8 | 다양한 탄화규소 접합방법 – 개요와 실험결과

주수연[1], PINAR Colkesen[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

Because of the inherent difficulty in SiC sintering, originating from its strong covalent bond and low self-diffusivity, SiC can only be sintered to simple shape. Therefore, the development of reliable joining technique for SiC is needed to realize the complex shape for practical application in nuclear reactor and aerospace. In this talk, the overview of various SiC joining techniques will be delivered, including diffusion bonding, transient eutectic joining, direct joining, glass-ceramic joining, metallic brazing, preceramic polymer joining, Si-C reaction bonding, and MAX phase joining, in terms of their basic mechanism and joint property. Especially, special attention is paid to the Si-C reaction bonding and MAX phase joining because of the easiness in joining and the possible elimination of joining interface, respectively. Regarding Si-C reaction bonding, an optimal condition is selected after joining using a SiC/C tape filler composed of different ratios followed by molten Si infiltration at 1500°C in vacuum, while the residual stress distribution of at the joint is simulated using finite element analysis. On the other hand, the elimination of joining interface is demonstrated using $Ti_3AlC_2$ MAX phase filler based on thermal decomposition of $Ti_3AlC_2$ filler and subsequent solid-state diffusion into the base SiC. Finally, the advantages and challenges are summarized for each joining technique to give a guideline for the selection of adequate joining technique for a specific application.

## SS7 : 저탄소 시멘트 기술

### SS7-1 | 유럽 저탄소 시멘트 및 혼합시멘트(PLC, 다성분계) 현황

*LAYE Jean-Michel[1]
[1]삼표산업

The construction industry faces a critical juncture, balancing the urgent need for decarbonization with the

rising demand for infrastructure development. This presentation explores the convergence of two pivotal themes: the standardization of innovative cement types and the imperative for decarbonization in construction practices.
Firstly, the emergence of new cement compositions in Europe presents a promising avenue for reducing the carbon footprint of construction materials. These formulations offer enhanced performance and durability while significantly cutting greenhouse gas emissions associated with traditional cement production. Standardization efforts are crucial for enabling the widespread adoption of these eco-friendly alternatives, ensuring consistency, reliability, and interoperability within the construction sector.
Moreover, regulatory frameworks like France's RE2020 mandate are driving transformative changes in construction practices by imposing strict carbon emission targets and promoting the use of sustainable building materials. This presentation examines the implications of such regulations on the uptake of new cement types and their role in accelerating the industry's decarbonization efforts.
Simultaneously, there is a growing demand for Life Cycle Assessment (LCA) and Environmental Product Declarations (EPD) across all construction materials. Stakeholders are increasingly prioritizing transparency and accountability regarding the environmental impact of building materials throughout their life cycle. This shift underscores the importance of robust data and standardized methodologies in informing sustainable decision-making processes.
By synthesizing these key themes, the presentation offers insights into the evolving landscape of sustainable construction, emphasizing the synergies between innovative cement technologies, regulatory initiatives, and the growing demand for environmentally responsible practices. Through collaborative efforts and strategic interventions, the construction industry can progress towards a more sustainable future, where standardization and decarbonization serve as cornerstones of progress.

### SS7-2 | 시멘트산업 탄소중립 R&D 진행 현황 및 $CO_2$ 감축 목표

*송훈[1]
[1]한국세라믹기술원

시멘트산업에서는 시멘트의 원재료인 클링커를 제조하는 소성공정에서 대부분의 이산화탄소가 배출되고 있고, 탄소중립을 이행하고 시장경쟁력을 확보하기 위해서는 이산화탄소 감축기술 개발이 필수적이다. 시멘트분야 탄소중립 로드맵에 의하면 원료대체 및 전환기술, 저탄소 신열원 활용 공정효율 향상 기술, 공정발생 $CO_2$ 포집 및 재자원화 기술 등의 개발을 독려하고 있고, 기술개발 및 보급을 통해 이산화탄소 감축을 시도하고 있다. 이에 본 발표는 이산화탄소 감축을 위한 시멘트산업 탄소중립 R&D 진행 현황 및 $CO_2$ 감축 목표에 대해 알아본다.

### SS7-3 | 시멘트산업 폐합성수지 연료대체 현황 및 시멘트 염화물 변동성 분석 연구

*윤성일[1], 김지연[1], 이세진[1], 안태호[1], 이용준[1], 김명기[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

시멘트 제품은 다량의 석회석과 기타 광물들을 고온으로 가열하여 생산된다. 석회석은 1,500 ℃ 내외의 온도로 가열되어 탈탄산 반응이 이뤄지며, 이 과정에서 화석연료인 유연탄을 연료로 활용하여 다량의 이산화탄소 가스가 대기 중으로 배출되므로 시멘트 산업은 에너지 의존도가 높고 온실가스 배출량이 많은 산업으로 분류되고 있다. 시멘트산업의 온실가스 배출 비중은 탈탄산 및 유연탄 연소로 인한 공정 배출량이 약 67%이며, 가연성 폐기물(폐합성수지류)을 활용하여 화석연료 사용 비율을 줄이는 방안이 주요한 온실가스 감축 수단으로 주목받고 있다. 이를 위한 대규모 설비투자와 관련 제도 개선 등이 필요한 상황이며 유연탄 사용량 감소 및 폐합성수지 사용량 증대를 통해 시멘트 산업의 탄소중립을 달성하고자 관련 내용을 연구 중이다. 따라서 본 연구에서는 국내·외 시멘트산업의 폐합성수지 활용을 통한 연료대체 현황을 조사하고, 폐합성수지 및 시멘트 염화물량을 분석을 통하여 폐합성수지 사용량 증가에 따른 시멘트 염화물량 변화를 연구하였다.

### SS7-4 | 무기계 순환자원의 포졸란 반응성 평가

강인규[1], 김건우[1], 안태윤[1], 신상철[1], *김진만[1]
[1]공주대학교

무기계 순환자원 중 슬래그를 제외한 대부분은 포졸란 활성 물질로서 포틀랜드시멘트 내에서 수산화칼슘과 반응하여 칼슘 실리케이트 수화물(Calcium Silicate Hydrate, C-S-H)을 형성한다. 포졸란 활성 물질은 초기 반응성이 낮지만, 장기 강도 발현 및 수밀성 향상 등의 특징이 있다. 시멘트 산업에서는 $CO_2$ 배출량 저감 및 지속 가능한 시멘트의 생산을 위해 시멘트 대체 재료(Supplementary Cementitious Materials, SCMs)로 포졸란 활성 물질을 활용하고 있다. 현재 대표적인 포졸란 활성 물질인 플라이애시를 혼합재로 활용하고 있는데, 시멘트 산업 탄소중립 추진 전략을 이행하기 위해서는 추가적으로 혼합재의 함량과 종류를 확대시켜야 한다. 또한 소성점토, 실리카 흄, 폐유리 분말, 건식 바텀애시 등 다양한 산업에서 발생하는 포졸란 활성 물질을 자원 리싸이클링 관점에서 시멘트 대체 재료로 활용하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 포졸란 활성 물질은 클링커 대비 반응성이 낮기 때문에 각각의 재료가 가진 포졸란 활성도를 우선적으로 평가하는 것이 매우 중요하다. 이러한 배경에서 본 연구에서는 다양한 산업에서 발생하는 무기계 순환자원의 포졸란 반응성을 검토하여 새로운 SCM 후보재료로서의 사용 가능성을 평가하였다.

### SS7-5 | 활성화제 첨가에 의한 바텀애시 치환 시멘트의 압축강도 증진 및 수화반응 분석

임아현[1], 강현욱[1], *문주혁[1]
[1]서울대학교

바텀애시는 화력발전소에서 발생하는 산업 부산물로, 플라이애시와는 달리 반응성이 낮아 시멘트 대체재로 재활용되지 못하고 대부분 매립되어 환경문제를 일으키고 있다. 본 연구는 활성화제를 첨가한 바텀애시 미분말을 시멘트에 치환하여 이에 대한 수화반응을 분석하였다. 일정량의 활성화제 첨가는 바텀애시 시멘트의 재령 28일 압축강도를 증진시켰으며, 플로우 또한 증가하였다. 그러나 활성화제를 과도하게 첨가하는 경우 경화가 지연되어 전체적인 양생기간 동안 압축강도가 감소하였다. 결정 분석은 PONKCS 방법이 사용되었으며, 활성화제 첨가로 인해 수화반응 초기에 클링커의 반응이 지연된 것을 확인하였다. 양생 후기에는 활성화제 첨가에 따라 헤미카르보알루미네이트와 모노카르보알루미네이트가 증가한 것으로 나타났으며, 이는 바텀애시 시멘트의 후기 강도 상승에 기여한 것으로 보인다. 해당 연구는 극소량의 활성화제를 첨가하여 바텀애시 치환 시멘트의 역학적 성능을 향상시킴으로써 바텀애시 활성화의 경제적이고 실용적인 방안을 제시한다.

### SS7-6 | 실시간 소각 X-선 산란을 이용한 알라이트의 초기 탄산화 거동 분석

임수민[1], 윤진[1], *배성철[1]
[1]한양대학교

본 연구에서 시멘트 클링커의 4대 구성 광물 중 하나인 규산삼칼슘(tricalcium silicate, $C_3S$)의 수화 과정 동안 $CO_2$ 흡착에 의한 미세구조 변화를 관찰하기 위하여 방사광 가속기 시설의 고 에너지 X-선을 활용한 실시간 소각 X-선 산란(Small angle X-ray scattering, SAXS) 실험을 진행하였다. 실시간 SAXS 실험은 $CO_2$ 가스가 유입되는 환경에서 $C_3S$ 입자가 물과 접촉한 직후부터 3 시간 동안 수행되었으며, 프랙탈 모델에 기반하여 SAXS 데이터를 분석하였다. 이를 통해 $CO_2$ 흡착에 의한 $C_3S$ 입자의 프랙탈 구조의 복잡성, 수화반응 생성물의 미세구조 변화 등을 분석하여, $CO_2$ 반응경화 시멘트 및 재생 시멘트 미분말 내 미수화 시멘트 클링커의 초기 탄산화 거동을 규명하고자 하였다.

### SS7-7 | 다양한 혼합비율을 갖는 혼합재 증대 포틀랜드 시멘트의 기초 특성

김건우[1], 신상철[1], 강인규[1], 안태윤[1], *김진만[1]
[1]공주대학교

시멘트 산업은 국내 제조업 중 세 번째로 탄소배출량이 많은 산업이기 때문에 탄소배출량 저감을 위한 노력이 요구되고 있다. 시멘트 산업의 탄소배출 저감 전략 중 혼합재 증량을 통한 저탄소 시멘트 개발 기술은 클링커 사용량을 줄여 석회석의 탈탄산 반응에 의한 공정 $CO_2$를 저감시키는 개념으로 비교적 적용이 용이한 기술이다. 관계부처 합동으로 발표한 『2050 탄소중립 시나리오』에서는 포틀랜드시멘트의 혼합재 함량을 2030년까지 15%, 2050년까지 20%로 확대하는 것을 목표로 설정하여 저탄소 시멘트 개발을 추진하고 있다. 이를 달성하기 위해서는 시멘트 대체재료(Supplementary Cementitious Materials, SCM)를 적극적으로 활용해야 하는데, 대부분의 SCM은 클링커에 비해 활성도가 떨어지기 때문에 실적용을 위해서는 종합적인 검토가 필요하다. 우선적으로는 이미 KS에서 혼합재로 인정받고 있는 석회석 미분말, 고로슬래그 미분말, 플라이애시와 같은 재료를 대상으로 보통 포틀랜드 시멘트의 혼합재 사용 비율을 증가시킨 저탄소 시멘트의 특성을 평가할 필요가 있다. 이러한 배경에서 본 연구에서는 전술한 기존 혼합재를 원료로 사용하여 다양한 혼합비율로 제조한 혼합재 증대 포틀랜드 시멘트의 물리·화학적 특성을 검토하였으며, 시멘트 페이스트 및 모르타르 단계에서의 기초 수화반응 특성을 평가하였다.

## SS8 : 시멘트 탄소중립과 세라믹 원료의 재발견

### SS8-1 | 시멘트 탄소 중립과 SCM으로서의 비카올린계 점토

이웅걸[1], *송명신[1]
[1]강원대학교

시멘트 산업에서의 탄소 중립을 위한 노력의 일환으로 Supplmently Cement Materials(SCM)의 중요성은 너무 잘 알려져 있으며, 이러한 방안 중의 하나로 소성 점토 시멘트(LC3) 관련 연구 개발이 적극적으로 진행되고 있다. EU 등은 LC3의 기본 원료로서 Kaolinite를 기본으로 많은 연구 결과를 도출했으며, 인도 등에서는 일부 생산이 이루어지고 있다. 한편 국내에서도 LC3 관련 연구가 진행되고 있으며, 일부 그 결과가 나타나고 있다. 그러나, LC3의 기본 원료인 Kaolinite는 세라믹 산업에서도 매우 고가인 재료로서 시멘트 산업에서는 경제성에서 그 실효성이 의문시 되고 있다. 소성 점토의 대표격인 kaolinite는 소성되어 잠재수경성이 있는 포조란 재료라 할 수 있다. 잠재 수경성이 있는 포조란 재료는 단순히 소성 kaoline에만 국한되는 것이 아니라 판단되기 때문에 다양한 재료의 검토가 필요할 것이다. 본 발표에서는 kaoline 이외의 비kaoline계 점토질 재료도 LC3의 원료인 소성 점토로 사용이 가능할 수 있을 것이라는 전제하에 다양한 비kaoline계 재료의 활용 가능성을 검토하고자 한다. 구체적이고 다양한 실험 결과는 없으나, 일부 비kaoline계 원료의 실험 결과를 기본으로 다양한 점토질 원료의 사용 가능성을 검토하고자 한다.

### SS8-2 | 점토질원료 활용 및 전망

*안광훈[1]
[1](주) Lab M0

점토 원료는 성인에 따라 다양한 종류와 특성을 갖고 있으며 다양한 종류와 특성으로 매우 폭 넓은 산업분야에서 중요한 원재료의 자리를 갖고 있다. 전통적인 세라믹스 산업분야에서는 여전히 매우 중요한 역할과 위치를 가지고 있으며 건축/토목산업과 화학공업, 제지공업, 환경공업 등에서도이미 오래전 부터 중요한 역할을 담당하는 자원이다. 최근에는 제약 및 의료, 원자력 산업

등에서 필요한 성분과 구조를 정밀하게 가공함으로서 더욱 많은 분야에서 다양한 역할을 담당하고 있다. 국내 점토원료 산업의 현재와 미래에 대하여 대략적인 검토를 실시하였으며 향후 원료 산업에 대하여 전망하였다.

**SS8-3 | 소성점토 시멘트 원료로서의 석탄 경석의 특성과 현황**

*송명신[1], 김왕현[2]
[1]강원대학교, [2]강원 테크노파크

석탄 경석은 석탄의 채굴 과정에서 발생하는 폐기물로서 발열량이 낮아 에너지원으로 사용이 불가능한 재료이며, 현재 국내에는 약 3억톤 정도가 처리되지 못하고 폐기물로 방치되어 있다. 석탄 경석은 일부 부분적으로 시멘트, 내화물 및 소성 벽돌 등의 부원료로 사용되어 왔으나 그 사용량은 미미하였다. 선탄 경석은 500도 부근에서 상전이가 시작되어 강렬한 흡열 반응이 나타나며, 화학조성은 SiO2가 65wt% 이상 및 Al2O3 15wt% 이상이 존재하는 것이 일반적이다. 화학 조성은 유럽의 소성 점토 시멘트 원료인 카올린과 비교하여 Al2O3가 부족하나 이에 대한 보완으로 충분한 물성의 확보가 가능할 것이다. 경석은 일정한 온도에서 소성하면 알루미노 실리케이트 화합물로의 전이가 일어나 소성 점토 시멘트 원료로서의 사용이 가능할 것으로 판단되나, 알루미나원의 부족으로 인한 물성의 저하는 경석 이외의 보조 재료의 사용에 따른 물성의 보완으로 가능할 것이라 판단된다.

**SS8-4 | 고알루미나원으로서의 정수처리장 슬러지의 특성 및 현황**

*이병철[1], 송명신[2]
[1]한국건설생활환경시험연구원, [2]강원대학교

정수슬러지는 수돗물 생산 과정(침전 및 역세척공정)중 원수(강물)를 맑게 하기 위해 황산알루미늄(Alum)과 폴리염화알루미늄(PAC), 소석회 등 화학물질을 응집제로 사용하게 되는데, 이때 부유 현탁물이 침전 또는 억류되며 강의 펄과 섞여 만들어진 찌꺼기로서 정수시설에서 발생하는 슬러지는 80g/㎥으로, 정수슬러지는 정수처리오니(가연성, 불연성)으로 구분되어 전체 정수슬러지량은 459,881톤/년에 달한다. 정수처리 후 발생된 슬러지 처리와 처분은 발생, 중간처리, 재활용 및 최종처분으로 분류할 수 있으며 중간처리는 슬러지 취급, 체적 감소 및 안정성 확보 등을 위한 것으로 탈수, 소각 등이 있고 재활용 및 최종처분에는 요업재료, 시멘트 원료, 경량골재, 폐기물 매립지 성토재·복토재 등으로 재활용하는 방안이 있다. 실용 가능한 재활용방안으로는 복토재, 시멘트 원료, 수도관 포설토, 원예용토 및 매립 성토재이며, 복토재로 활용은 정수슬러지 CAKE을 석회와 플라이애쉬 등으로 고화처리하면 재활용이 가능할 것으로 검토되며, 또한 시멘트 원료로는 슬러지의 성분에 시멘트의 원료성분인 규소(SiO2), 알루미나(Al2O3), CaO, Fe2O3중 규소와 알루미나 성분이 80%이상 포함이 예상되어 원료로 사용이 가능하다.

**SS8-5 | 석탄화력발전소 플라이애시의 종류별 특성**

*강승민[1]
[1]케이씨그린소재

현재 시멘트 산업에서 시멘트를 대체하는 재료로 주로 고로슬래그 및 플라이애시가 활용되고 있다. 그 중에서 플라이애시는 석탄화력발전소에서 석탄 연소 잔재물로서 전기집진기에서 포집되는 미분말 형태의 재료로 석탄을 연소하는 보일러의 종류뿐만 아니라 석탄의 종류에 따라 다양한 종류가 있다. 일반적으로 미분탄 연소방식에 의해 발생되는 미분탄 플라이애시는 SiO2와 Al2O3를 주성분으로 포졸란 반응 거동을 통하여 시멘트 혼화재 또는 콘크리트 혼화재로서 사용되고 있다. 뿐만 아니라 유동층 연소방식에 의해 발생되는 유동층 플라이애시는 SiO2, Al2O3 뿐만 아니라 CaO의 함량이 높은데, 결국 그 반응 거동은 포졸란 반응을 포함하는 것으로 판단된다. 향후 시멘트 탄소 중립을 위해서는 이러한 플라이애시의 활용은 필수적이라 판단되며, 단순한 포졸란 반응이 아닌 반응 거동의 세분화를 통해 다양한 종류의 플라이애시를 소성 점토 등의 대체 자원으로서 활용을 확대하는 방안이 필요하다.

## SS9 : 고효율수소생산촉매기술

**SS9-1 | Surface-Modified Carbon Nanotubes via pulsed laser ablation with Ultrathin $Co_3O_4$ Layer for Enhanced Oxygen Evolution Reaction**

JEON Hayun[1], SO Younghee[1], LEE Jinyoung[1], *MHIN Sungwook[1]
[1]Kyonggi University

The worldwide increase in the use of fossil fuels accelerates environmental pollution due to greenhouse gases. To solve these problems, alkaline water electrolysis is essential for sustainable and efficient hydrogen production. However, the sluggish kinetics in oxygen evolution reaction (OER) requires overpotential. Recently, transition metal-based electrocatalysts has been attracted great attention for improving OER performance due to the abundant active sites and efficient charge transfer. Here, we report the $Co_3O_4$ anchored on surface-modified carbon ($Co_3O_4$@SMC) via pulsed laser ablation and atomic layer deposition for enhanced OER performance. The experimental results, combined with density functional theory calculations, elucidate that improved OER performance is attributed to the high electrocatalytic activity of the uniformly distributed $Co_3O_4$ on SMCs. This study offers valuable insights into the underlying mechanism of SMC-supported heterostructures for enhancing electrocatalytic performance in alkaline water electrolysis.

### SS9-2 | 솔방울 유래 Si,N이 도핑된 탄소 지지체를 기반한 고효율 Single atom AEM 연료전지 촉매

조민수[1], GAUR Ashish[1], *한혁수[1]
[1]성균관대학교

In AEM fuel cells, the oxygen reduction reaction (ORR) takes place at the cathode. Oxygen molecules undergo reduction to form hydroxide ions and release electrons. This reaction is crucial for producing electricity by turning chemical energy into electrical energy in fuel cell, powering many applications. Transforming biomass, like pinecones, into useful carbon composites and utilizing them as platforms for single-atom catalysts, such as iron, offers an appealing option for economically feasible catalysts. Biomass-based supports can have excellent electrochemical features due to natural doping with elements like nitrogen, enhancing the efficiency and longevity of oxygen reduction reaction catalysts within porous frameworks. In this work the Fe- single atom is incorporated in the Si and N doped carbon matrix. The matrix was derived from the biomass (pinecone tree). This catalytic feature provide highly active Fe single atom sites along with the porous carbon network for the enhanced ORR performance and durability.

* Corresponding author Hyuksu Han / Affiliation Sungkyunkwan University / E-mail address hyuksuhan@skku.edu

### SS9-3 | Optimizing Ni-Co-Fe ternary alloys for enhanced Oxygen Evolution Reaction in alkaline solution

JEON Hayun[1], PARK Seyoung[1], LEE Eunseo[1], *MHIN Sungwook[1]
[1]Kyonggi University

Increased fossil fuel consumption results in the greenhouse effect, accelerating environmental pollution. Alkaline water electrolysis has been attracted as promising hydrogen production technology due to its stability and efficiency in industrial level. However, the sluggish kinetics and energy barrier of the 4-electron pathway in OER lead to overpotentials, reducing the efficiency of hydrogen production. Recently, multicomponent transition metal-based alloys have received significant attention for enhancing OER performance due to their high conductivity, high surface area structure, and abundant valence state. Here, we report the Ni-Co-Fe ternary alloy for enhanced OER performance and optimizing their composition. Electrocatalytic activity was evaluated based on the FCC structure with highest OER activity among metal structures, and $Ni_{0.55}Co_{0.15}Fe_{0.3}$ exhibited the superior activity. Also, it demonstrated higher activity than precious metal and binary alloys. This study offers insights into the understanding of alloy catalysts that lack an established framework.

### SS9-4 | 고성능 수전해용 나노구조 촉매 개발

*한혁수[1], ENHTUWSHIN Enhbayar[1], 장진욱[2]
[1]성균관대학교, [2]건국대학교

The development of cost-effective and high-performance electrocatalysts is the primary concern for electrochemical water splitting. A number of research has devoted to developing a promising electrocatalyst for realizing efficient hydrogen production. Nanostructured materials are considered as one of the potential candidate which can be used as electrocatalysts for anode and cathode of alkaline electrolyzer. In this presentation, recent achievement of our group for designing nanomaterials as an efficient and robust electrocatalyst for water splitting under acidic and alkalized seawater conditions. Synthetic methods for nanostructured electrocatalyst and analytic methods for revealing catalytic reaction mechanisms associated with the respective catalyst will be discussed in details.

### SS9-6 | 효율적인 물분해를 위한 Ni(OH)2 나노시트 격자 도입 W 단일원자 촉매

정태영[1], *김명진[1]
[1]경북대학교

Single-atom catalysts (SACs) offer a promising strategy to enhance the electrocatalytic activity for water splitting due to their maximum atomic efficiency. Herein, Tungsten (W) single atom embedded Ni(OH)2 nanosheets (W-Ni(OH)2) are developed for overall water-splitting. Operando X-ray absorption spectroscopy measurements demonstrate that the introduction of W single atom induces the formation of $\gamma$-NiOOH, a key intermediate in the oxygen evolution reaction (OER). Density functional theory calculations clearly reveal the W single atom effect on Ni(OH)2 as enhancing water dissociation for hydrogen evolution reaction (HER). The obtained W-Ni(OH)2 shows superior electrocatalytic activities towards overall water splitting for alkaline electrolyte system. These results provide a facile strategy for designing multifunctional highly active non-precious-metal based SACs.

### SS9-7 | 전자전이 기작을 활성화시키는 고정형 라디칼들의 최근 연구 동향

*김종식[1]
[1]경희대학교

A radical can disintegrate aqueous organic wastes via addition, hydrogen ($H^•$) abstraction, or electron ($e^-$) transfer route, among which $e^-$ transfer is particularly conducive to trigger the radicalization of pollutants with high ionization potentials, resulting in their mineralization to produce $CO_2$ and/or $H_2O$. Nevertheless, $e^-$ transfer has scarcely served to do so, thereby motivating us to locate the anionic candidates prone to radicalization via $e^-$ loss under aqueous media. This presentation showcases unique features of $SO_4^{2-}$, $NO_3^-$, and $PO_4^{3-}$ anions, which can be immobilized on acidic surfaces, interplay with $^•OH$, and transform into supported $SO_4^{•-}$, $NO_3^•$, and $PO_4^{•2-}$ analogues, respectively, via radical inter-conversion. Compared to conventional $^•OH$, the supported $SO_4^{•-}$, $NO_3^•$, and $PO_4^{•2-}$ reveal higher activities, recyclabilities, and stabilities in decomposing aqueous contaminants via $e^-$ transfer.

### SS9-8 | Complete $NH_3$ decomposition using Ni supported $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$ catalyst under low temperature

CHOI Yeon Bin[1], CHOI Jae-Seok[1], KANG Tae Wook[2], KIM Sun Woog[2], *BAE Byung seo[1]
[1]Yeongwol Industrial Promotion Agency, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Ammonia ($NH_3$) decomposition for hydrogen production is an excellent alternative to clean energy. However, there is a need for more efficient and stable catalytic support reducing high operating temperature for decomposition of $NH_3$. The decomposition reaction of $NH_3$ gas is well known to proceed at a high temperature over 950℃ when $NH_3$ gas is decomposed by the thermal decomposition method without catalyst. $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$ has a Ruddlesden-Popper (R-P) type perovskite structure which exhibit high oxygen storage and release ability. These high oxygen storage capacity are expected for cracking the N-H bond in $NH_3$ decomposition. In this study, we enhance the structural stability of $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$ perovskites by incorporating $\alpha$-$Al_2O_3$ as a supporting material. In addition, Nickel as for active site was supported into $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}/\alpha$-$Al_2O_3$ to enhance the $NH_3$ decomposition activity. To achieve efficient $NH_3$ decomposition, it is important to design a Ni-supported catalyst that exhibits strong acidic properties on its surface and accelerates the desorption of the N atom, which is the rate-limiting step in $NH_3$ decomposition reaction. Among the catalysts prepared, the 8 wt.% Ni/16 wt.% $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}/\alpha$-$Al_2O_3$ catalyst exhibited the highest catalytic activity for complete $NH_3$ decomposition at a low temperature of 550 °C.

## SS10A : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용

### SS10A-1 | 저비용/고순도 맥스 합성 기술

*권한중[1], 송재민[1], 이도연[1]
[1]전북대학교

2차원 탄질화물 나노시트, 맥신(MXene)은 3차원 결정질 탄질화물, 맥스(MAX) 상으로부터 제조되므로 맥스 상은 맥신 전구체로 불린다. 맥스 상은 층상구조를 갖는 육방정계 결정계에 속하며 M과 X 원소로 구성된 층과 A 원소로 이루어진 층으로 나누어진다. M-X 층과 A 층 간 결합력은 상대적으로 약해 산에 의한 에칭 과정에서 층간 분리가 용이하다. 이러한 성질을 활용하여 층간 결합을 끊게 되면 M-X 층으로 이루어진 2차원 나노시트, 맥신이 형성되게 된다. 맥신은 전이 금속을 포함하고 있는 이유로 전기 전도성이 우수하고 표면 작용기들이 친수성 성질을 나타내어 수 분산이 가능하다는 점에서 잉크 형태 전자파 차폐 소재로 사용될 수 있다. 맥신은 맥스 상으로부터 유래하기 때문에 맥신 성질은 맥스 상 특성에 의해 변화될 수 있어 결과적으로 맥스 상을 되도록 결함이 적게 합성하는 것이 우수한 성질의 맥신을 제조하는 방법이라 할 수 있다. 본 발표에서는 고품질 맥스 상을 합성하기 위한 최적 조건을 열역학을 사용하여 결정하는 방법에 대해 논하고자 한다. 또한 맥스 상 합성 공정에서 비용을 절감하기 위한 신 공정과 이에 따라 제조되는 맥신 특성에 대해 소개하고자 한다.

### SS10A-2 | 금속 산화물을 이용한 MXene의 제조 및 상용화 기술 개발

*오정민[1], 구종민[2], 권한중[3], 노기민[4]
[1](주)이노맥신, [2]성균관대학교, [3]전북대학교, [4]한국지질자원연구원

2차원(2D) 물질이란 원자들이 단일 원자층 두께(약 1nm=10억분의 1m)를 가지고 평면에서 결정구조를 이루는 물질을 지칭하며, 이러한 2차원 물질은 대표적으로 전자파 차폐 및 차세대 배터리 분야 외 휘어지는 소자, 초저전력 소자, 정수 필터, 우주선 등 다양한 산업 분야에 적용 가능한 첨단 신소재입니다. 현재 각국에서는 2차원 물질의 상용화를 위해 다양한 형태의 2차원 물질을 연구 개발하고 있는 중입니다. 그중에서 MXene은 2011년에 처음 발견된 2차원 평면구조를 가지는 세라믹 물질로, 전이금속에 탄소 또는 질소가 결합되어 있는 원자두께의 층으로 구성된 신물질입니다. 전이금속에 의한 금속성질(전도성)을 가지면서도 말단에 존재하는 수산화기나 산소로 인해 친수성을 띄는 특이한 물질이며, 특히 그래핀에는 존재하지않는 반도체 특성을 지녀 유망한 소재로 전망되고 있습니다. 우리 ㈜이노맥신은 이러한 MXene 소재를 저급의 금속산화물을 소재화하는 기술을 확보하였으며, 본 기술은 MXene을 만들기 위한 원재료로써 Metal

Powder가 아닌 금속산화물 또는 재활용 원료의 적용이 가능한 기술입니다. 이러한 기술력을 바탕으로 타 기업보다 먼저 시장에 진출하여 선점을 목표로 운영되고 있습니다.

**SS10A-3 | Investigating the Fabrication Process and Electrochemical Properties of Two-Dimensional Transition Metal Carbide (MXene)**

*이동주[1]
[1]충북대학교

2차원 전이금속 탄화물 $Ti_3C_2T_x$ MXene은 $M_{N+1}X_NT_x$ 형태의 무기 화합물로, 뛰어난 전기 전도성, 친수성, 우수한 기계적 강도 등의 특성을 가지고 있어, 에너지 저장 시스템에 응용하기 위한 다양한 연구가 이어지고 있다. 하지만 높은 비표면적을 가지고 있는 2차원 소재의 특성 상 강한 반데르발스 힘으로 인한 re-stacking 현상은 불가피하며, re-stacking은 전해질 이온의 낮은 접근성으로 인해 전기화학 특성의 저하로 이어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해 3차원 구조체 제조, 차원 융합형 복합 전극 제조 등의 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 $Ti_3C_2T_x$ MXene기반의 다양한 전극 구조체를 제조하고 배터리, 슈퍼커패시터 및 수전해 촉매 등의 전기화학적 응용 가능성을 평가하였다. 이를 바탕으로, MXene 기반 3차원 구조체가 에너지 저장 및 변환 응용 분야에서 전기 화학적 특성을 어떻게 향상시킬 수 있는지와 성능향상 메커니즘에 대해 논의하고자 한다. 이러한 연구는 저차원 소재를 활용한 차세대 에너지 저장 및 변환 기술 개발에 새로운 가능성을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.
이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 과학기술사업화진흥원의 지원('학연협력플랫폼구축 시범사업' RS-2023-00304768), 한국연구재단의 지원 (No. RS-2023-00217581)과 국가과학기술연구회 창의형 융합연구사업 (No.CAP22072-000)의 지원을 받아 수행되었습니다.

**SS10A-4 | MXenes for Multispectral Electromagnetic Shielding**

*구종민[1]
[1]성균관대학교

The rapid expansion of advanced electronics, telecommunications, mobility solutions, and medical devices, operating across a broad spectrum of electromagnetic (EM) waves spanning from ultralow kHz to high THz frequencies, highlights the crucial need for developing EMI shielding materials that can cover multispectral EM bands. MXenes, a class of two-dimensional materials composed of transition metal carbides, nitrides, and carbonitrides, have emerged as state-of-the-art functional EMI shielding materials since their debut in 2016. Their outstanding metallic conductivity, expansive surface area, diverse surface terminations, and excellent solution processability contribute to their prominence in this field. This presentation aims to showcase MXenes' exceptional capabilities in providing effective multispectral EMI shielding against radio-frequency (RF) waves, GHz-range microwaves, and THz/infrared (IR)-frequency waves, achieved with minimal thickness and in various structural forms. Pristine MXene films, with nanometer-scale thickness, efficiently interact with EM waves across the RF, GHz, and THz frequency ranges, while also exhibiting remarkably low IR emissivity. This low IR emissivity is particularly significant for applications such as selective thermal management, IR camouflage, stealth technology, and anti-counterfeiting measures. Through this presentation I will demonstrate the versatility and effectiveness of MXenes in meeting the evolving requirements of EMI shielding across a diverse range of electromagnetic frequencies and applications.

**SS10A-5 | 탄화물 및 탄질화물 MXene의 구조적 특성 및 표면기 효과 전산해석**

*김지웅[1], 김효경[1], 최지우[1]
[1]숭실대학교

The MAX phase and its derivative, the two-dimensional MXene, possess attractive properties and potential applications, including energy storage, catalysts, and more. Despite the growing interest in MXenes, research on nitride and carbonitride MXenes are limited, thus they require further exploration. Specifically, carbonitrides with $M_4(C_{1-x}N_x)_3$ or $M_5(C_{1-x}N_x)_4$ structures have been even less investigated. This has contributed to challenges in synthesizing MXenes from the nitride and carbonitride MAX phases. They exhibit promising intrinsic properties, including remarkable chemical and mechanical properties. For instance, $Ti_3CN$ MXene combines the characteristics of both $Ti_2C$ and $Ti_2N$ MXenes. To accelerate the advancement of MXenes, we conducted a comprehensive study using computational methodologies, focusing on the structural properties and surface termination of carbonitride MXenes.

**SS10A-6 | Unlocking the Optical Potential of MXenes: Discoveries in Plasmonics and Nonlinear Absorption**

*김명기[1], 박창훈[1], 박누리[1], 권지성[1], 김혜림[2], 구종민[2]
[1]고려대학교, [2]성균관대학교

Our study uncovers exceptional optical properties of 2D $Ti_3C_2T_x$ MXenes, revealing a significant plasmon phenomenon in the short-wave infrared range (1.5 –

6.0 $\mu$m) and achieving a drastic wavelength reduction. We report a record nonlinear absorption coefficient of 1.37 × $10^{-2}$ m/W at 1.56 $\mu$m, credited to MXenes' high plasma frequency and notable optical nonlinearity. This advancement promises significant progress in optical technologies, opening new pathways for developing advanced optical devices. Our findings highlight the untapped potential of MXenes in plasmonics, paving the way for future innovations in optical applications.

**SS10A-7 | YSZ-WC 세라믹복합체의 제조와 특성**

*김성원[1], 남민수[1], 오윤석[1], 남산[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

Yttria-stabilized zirconia (YSZ) is a representative engineering ceramic that undergoes a phase transformation from the tetragonal phase to the monoclinic phase, resulting in toughening. The volume change of the unit cell of tetragonal to monoclinic YSZ increases due to crack propagation caused by external impact, which is the fundamental cause of phase transformation. Cracks in YSZ-WC composite ceramics are also deflected by WC particles, making them effective in toughening and being studied as one of the engineering materials incorporating zirconia.
In this study, YSZ-WC composite ceramics were fabricated by both pressureless sintering and hot pressing. The results were discussed from the perspectives of densification and thermodynamics. Additionally, the physical and mechanical properties of the composite ceramics were evaluated, and microstructural changes were observed. In addition, W-ZrC composites are fabricated by hot pressing as well as vacuum sintering by using WC and ZrO2 starting materials. With different starting composition and fabricating condition, the phase formation behavior and thermal properties are examined. The relation between phase formation and those properties is discussed as well.

## SS10B : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용

**SS10B-1 | Two-Dimensional Graphene and MXene for Flexible and Stretchable Displays**

*이태우[1]
[1]서울대학교

Two-dimensional materials, such as graphene and MXenes, offer promising alternatives to brittle indium tin oxide (ITO) for flexible and wearable displays. However, their practical application has been impeded by the high electron and hole injection barriers at the electrode/organic interfaces. To overcome this challenge, post-fabrication treatments were employed to modify the work function of 2D electrodes. Electron-withdrawing or electron-donating polymeric overcoating allowed for precise control of charge transfer doping, resulting in improved electroluminescent efficiency with reduced injection barriers. These surface modifications substantially enhanced the environmental stability of the 2D electrodes in ambient air. Furthermore, to address charge injection issues at stretchable electrode interfaces, a graphene layer can be introduced atop silver nanowires, forming a two-dimensional contact stretchable electrode. This approach achieves record efficiency among all intrinsically stretchable light-emitting diodes. These advancements in 2D materials establish a solid foundation for practical implementation of 2D conductive materials in flexible and stretchable displays.

**SS10B-2 | Unveiling the role of catalytically active MXene supports in enhancing the performance and durability of cobalt oxygen evolution reaction catalysts for anion exchange membrane water electrolyzers**

*이성수[1]
[1]한국과학기술연구원

The role of 2D transition metal carbides, also known as MXenes, as active catalyst supports in Co-based oxygen evolution reaction (OER) catalysts was elucidated through a combination of experimental and computation electrochemistry. Through facile seeding of commericial Co nanoparticles on three different MXene supports ($Ti_3C_2T_x$, $Mo_2Ti_2C_3T_x$, $Mo_2CT_x$), Co@MXene catalysts were prepared and their electrochemical properties examined for alkaline OER electrocatalysts. The OER activity enhancement of Co was significantly improved for $Mo_2CT_x$ and $Mo_2Ti_2C_3T_x$ supports, but marginal on the $Ti_3C_2T_x$ in rotating disk electrode and membrane electrode assembly tests. The Co@$Mo_2CT_x$ exhibited the highest anion exchange water electrolysis performance of 2.11 A $cm^{-2}$ at 1.8 V with over 700 h of stable performance, exceeding previous benchmarks for non-platinum group (non-PGM) metal OER catalysts. The superior performance was attributed to the strong chemical interaction of Co nanoparticle with the $Mo_2CT_x$ MXene support. Insights into the electrochemical and chemical oxidation according to MXene type as related to cell durability, as well the effect of electrical

conductivity and inherent boosting of electrocatalytic activity of Mo-based MXenes elucidated through density functional theory (DFT) calculations helped explain the performance and durability enhancement of Mo-based MXene supports over $Ti_3C_2T_x$ supports.

### SS10B-3 | MXene 기재에서 리튬의 기핵 및 성장 거동

*윤영수[1]
[1]고려대학교

Multiple studies have confirmed the beneficial impact of a lithiophilic substrate on the electrochemical functionality of lithium metal anodes. However, there remains a gap in understanding the precise mechanisms behind lithiophilic substrate-mediated lithium metal nucleation and growth. This research aims to address this gap by examining how a lithiophilic surface influences the nucleation and growth of lithium metal. A $Ti_3C_2T_x$ MXene substrate, featuring numerous oxygen and fluorine dual heteroatoms, is utilized for this investigation. The adoption of the MXene substrate leads to a heightened concentration of lithium ions and the creation of consistent solid-electrolyte-interface (SEI) layers on the lithiophilic surface. The interface between the MXene substrate and the SEI layer significantly impacts the surface tension of deposited lithium metal nuclei and the associated nucleation overpotential, resulting in the generation of evenly dispersed lithium nanoparticles (sized approximately 10-20 nm) across the entire MXene surface. These primary lithium nanoparticles tend to merge and form larger secondary particles while maintaining their original shapes. Subsequently, they organize into closely packed configurations, yielding a compact metal layer composed of microstructures formed particle by particle. This unique deposition behavior of lithium metal leads to exceptionally reversible cycling performance, characterized by high Columbic efficiencies exceeding 99.0% and extended cycle lives surpassing 1000 cycles.

### SS10B-4 | 바나듐계 맥신을 활용한 ESS 장주기 대응용 수계 아연이차전지 개발

*윤정준[1], 노기민[2], 권한중[3]
[1]한국에너지기술연구원, [2]한국지질자원연구원, [3]전북대학교

재생 에너지 활용을 위한 대용량 에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS) 보급이 늘어나고 있지만, 리튬이온전지(Lithium ion battery, LIB)를 사용한 ESS에서 발생한 화재 사고가 늘어나면서 안전에 대한 우려가 확대되고 있다. LIB는 외부 물리적 힘에 의한 기계적 손상과 장기간 충·방전 과정에서 발생하는 과충전, 과방전, 열 변화로 인한 분리막 손상 등으로 인해 화재 위험이 있다. LIB는 현재 다른 배터리들에 비해 에너지 밀도와 경제적 측면에서 우위에 있지만, 발화성 리튬과 인화성 유기 전해질을 사용하기 때문에 화재 위험이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 리튬 대체나 비발화성 소재 사용 등 근본적인 대책이 필요하다. 수계 아연이온전지(Aqueous Zn-ion Battery, AZIB)는 수계 전해질을 사용하여 이온 전도성이 유기계 전해질보다 높으며, 장기간 충·방전 중 단락 문제가 발생하더라도 발화 위험이 낮아 안전성이 보장된다. 또한, ESS를 구성할 때 우수한 안전성으로 인해 온도 제어 및 안전설비 설치를 간소화하여 운용 비용을 절감할 수 있다. 본 연구는 폐자원으로부터 생산된 바나듐계 맥신(Vanadium-based MXene, $V_2CT_x$)을 활용하여 상용 이차전지의 화재 및 폭발 문제를 해결할 수 있는 차세대 수계 이차전지를 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 맥신은 2D 전이금속 카바이드/나이트라이드 계열의 물질로서 높은 전자 전도도, 큰 표면적, 유연한 구조 등 독특한 특성을 가지고 있다. 특히, 바나듐 기반 맥신은 가역적인 산화환원 반응이 가능한 양극 소재 및 바나듐 산화물의 전도성 지지체로도 활용될 수 있다. 본 연구는 수계 아연이차전지의 성능을 최적화하기 위해 바나듐계 맥신의 구조와 구성을 제어함으로써, Zn 이온 삽입/탈리 속도를 향상시키고, 전기화학적 안정성을 개선하며, 최대 비용량을 극대화하는 것을 목표로 한다. 향후 연구에서는 바나듐계 맥신의 구조를 더욱 최적화하고, 긴 수명에 맞춘 전해질을 탐색하며, 실용적인 구현을 위해 기술을 확장하는 데 중점을 두고자 한다.

Acknowledgement: This research was supported by the National Research Council of Science & Technology (NST) grant by the Korea government (MSIT) (No. CAP22072-000).

### SS10B-5 | MXene 신소재의 알루미늄 원자층 에칭메카니즘 분석 및 가스센서 응용

*정희태[1], 김용재[1], 안치원[2]
[1]한국과학기술원, [2]나노종합기술원

MXenes are the fastest growing family of 2D materials with applications ranging from energy storage to communication technologies and medicine. Selective etching of MAX phase layered ceramics in acidic solutions is the most common way of preparing carbide MXenes. Understanding their etching mechanisms and obtaining direct insights into the influence of etchants on structural features and defects is of critical importance for improving MXene properties, optimization of etching protocols and exploring synthesis of new MXene compositions. Despite their importance, such studies have been challenging because of the monoatomic thickness of the A-element layers being etched and aggressive etchants that hinder in-situ studies. Here, we visualize the etching behavior of

$Ti_3AlC_2$ MAX phase in different etchants at the atomic scale using focused ion beam machining and electron microscopy. We report on the structural changes of $Ti_3AlC_2$ as a function of etching time and etchant type (LiF/HCl, HF, or $NH_4HF_2$) to reveal the etching mechanism. For all etchants, we show that etching starts from crystal edges and propagates along the basal planes, leading to the unexpected stepwise etching of Al layers and release of MXene sheets. However, the etching mechanism of grain boundaries depends on the type of etchant. HF and $NH_4HF_2$ etchants can break MAX phase poly-crystals at their grain boundaries into single-crystals, whereas poly-crystals remain intact during etching in LiF/HCl. Our findings lay the groundwork for understanding the etching behavior of MAX phases and controlling the morphology and quality of the resultant MXenes in a practical manner. We also discuss a potential application to gas sensors using MXenes.

**SS10B-6 | Moisture-driven Energy Generators Enabled by MXene**

*PARK Cheolmin[1]
[1]Yonsei University

Energy harvesting using moisture-induced electric generators (MEGs) is of great interest because water is ubiquitous, covering two-thirds of the Earth's surface, and approximately 10% of freshwater exists in the atmosphere in the form of clouds and fog. These blue energy harvesters convert chemical energy into electrical energy by utilizing the gradient in the ion concentration within an asymmetric moisturizing regulation or chemical-gradient structure. The presentation demonstrates novel strategies for high-performance MEGs based on MXene ($Ti_3C_2T_x$). First, the bilayer-based device is developed, comprising a negatively surface-charged, hydrophilic MXene ($Ti_3C_2T_x$) aerogel and polyacrylamide (PAM) ionic hydrogel [1]. The preferential selection on the surface of the porous MXene aerogel of positive charges supplied from the salts, and water in the hydrogel resulted in a high electric output in a wide relative humidity range: from 20% to 95%. Furthermore, by replacing the hydrogel with an organohydrogel of PAM that has excellent water retention and structural stability, a device with long-term electricity generation is realized, which has an output voltage lasting for more than 15 days in a broad temperature range (from −20 to 80 °C). Second, a single-cell complementary energy harvester is demonstrated, capable of simultaneously generating moisture-induced as well as triboelectric power [2]. Our harvester is based on a highly resilient and deformable three-dimensional melamine foam coated with two-dimensional conductive MXene (Ti3C2Tx) nanosheets. Our single-cell MXene/organo–ionic hydrogel foam device exhibits a maximum voltage and current of 55 V and 102 $\mu$A, respectively, and a high electric power of approximately 83 $\mu$W cm-2 with excellent stretchability and compression modulus of approximately 30 % and 2.1 MPa, respectively. Moreover, based on the unique DC and AC outputs from the complementary MEG and TENG, respectively, a novel emergency alarm and guidance system is demonstrated, wherein a constant light emitted from an alarm sensor powered by the MEG is amplified by the self-powered TENG driven by transient human walking motions in an emergency, effectively guiding people to an exit. References: [1] Zhao, K. et al., ACS Nano 17(6), 5472-5485 (2023) [2] Kim, G. et al., Energy Environ. Sci. 17, 134-138 (2024)

**SS10B-7 | 맥신 소재의 새로운 합성법 개발과 특성 및 성능 제어**

*오태곤[1]
[1]한국과학기술연구원

Although aqueous HF has enabled the emergence of selected MXenes represented by $Ti_3C_2T_x$, it usually takes days to weeks to produce other MXenes than the selected ones, and they mostly end up with poor yields. In this presentation, novel synthetic pathways for MXenes will be discussed. We have developed non-aqueous etchants for the faster and more efficient synthesis of MXenes, based on dimethylsulfoxide (DMSO) containing $NH_4HF_2$, choline chloride, or $NH_4PF_6$, along with methane sulfonic acid. The production time of MXene monolayers from respective MAX phases have been improved from several days to half a day, and the reaction yield has also been significantly enhanced. In addition, the monolayer MXene flakes prepared with the non-aqueous etchants are of better quality with less defects and larger flake sizes, and consequently, the electrical conductivity and electrochemical performances are also superior to the conventional MXenes synthesized with aqueous HF. Meanwhile, the conventional MXenes synthesized by halogen-based etching have been rarely studied in the fields of biomedicine and therapeutics due to the potential toxicity. Such cytotoxicity arises from the halogen species that chemisorbed on the reactive surface

of MXene flakes during the synthesis, which are released by the oxidative degradation of MXene. This toxicity issue is difficult to circumpass unless the use of halogenated chemicals is completely avoided. Therefore, we have developed a halogen-free hydrothermal procedure, where Al in $Ti_3AlC_2$ MAX is selectively removed by highly concentrated NaOH to produce $Ti_3C_2T_x$. After purification and delamination step, monolayer $Ti_3C_2T_x$ flakes are produced and they turn out to be completely biocompatible, showing no detectable cytotoxicity.

## SS11 : 시멘트·콘크리트 광물탄산화 CCU 기술 심포지엄

### SS11-1 | 시멘트 콘크리트 혼합 탄산화 및 탄산화 양생 연구개발 현황

*조진상[1], 문기연[1], 김병렬[1], 조계홍[1]
[1]한국석회석신소재연구소

우리나라 2030 온실가스 감축목표 설정에 따라 CCUS 부문은 2030년 까지 1,120만톤의 이산화탄소를 감축하여야 하며, 이 중 CCU 분야는 640만톤감축을 목표로 수립하였다. 이에 정부에서는 CCUS법 제정과 중점기술 R&D 추진 등 기술확보 및 상용화를 위한 노력을 기울이고 있다. CCU 기술은 이산화탄소를 원료로 하여 제품을 생산하는 신산업 분야로 화학적 전환기술, 생물학적 전환기술 및 광물학적 전환기술을 적용한 제품으로 구분할 수 있다. 현재 세계적으로 분야별 CCU 기술개발이 활발히 진행되고 있으나 대량의 제품생산은 아직 미미한 수준이다. 광물학적 전환기술을 적용한 제품은 미국, 캐나다, 유럽을 중심으로 일부 사업화되어 제품이 판매되고 있거나 상용화 바로 전단계로 제품제조 공장구축을 위한 비용이 적극적으로 투자되고 있다. 이러한 광물학적 기술적용 상용화 제품은 시멘트 콘크리트 탄산화 제품이 대부분을 차지하고 있다. 합성탄산칼슘이나 골재 제품은 산업 중간재로 활용되기 때문에 최종제품의 가격경쟁력 확보에 어려움 있으나, 콘크리트 탄산화 제품은 레미콘, 건설 2차제품 등 최종 소비재 제조공정에 적용되는 기술로 기존 시장진입에도 수월하고 경제성 확보에도 유리하다. 우리나라에서도 시멘트 콘크리트 광물 탄산화 분야 연구개발을 진행중에 있으며 본 논문에서는 현재 수행되고 있는 혼합탄산화 및 탄산화 양생 기술개발 현황에 대해 소개하고자 한다.

### SS11-2 | 화학적 자극제를 이용한 제강슬래그의 가속 탄산화 양생 연구

김서현[1], *문주혁[1]
[1]서울대학교

제강슬래그는 제강공정에서 발생하는 산업부산물로, 반응성과 분쇄성이 낮은 물질이다. 따라서 본 연구에서는 제강슬래그의 낮은 반응성 문제를 해결하기 위해 개발한 화학적 자극제를 바인더 중량 대비 0%, 1%, 3%, 5% 첨가하여 제강슬래그 페이스트를 고온에서 경화시킨 후, 상온에서 가속 탄산화 양생을 수행하였다. 경화 과정에서 제강슬래그에 존재하는 브라운밀러라이트는 자극제 첨가를 통해 반응이 크게 촉진되었고, 그 결과로 상당한 양의 하이드로가넷, AFm 상 및 비정질 상이 생성되었다. 가속 탄산화 양생 과정에서는 하이드로가넷, AFm 상, C2S가 탄산화되면서 다양한 탄산칼슘 다형체와 비정질 수산화 알루미늄이 생성되었다. 자극제 첨가량이 적을수록 열역학적으로 더 안정한 상의 탄산칼슘이 생성되었다. 탄산화 과정을 거치면서 자극제를 첨가함에 따라 제강슬래그 페이스트의 압축강도도 증가하였는데, 자극제 3%를 첨가하였을 때 가장 높은 압축강도를 보였다. 5%의 자극제가 첨가된 페이스트에서는 과도한 반응으로 인한 균열이 발생하여 3% 첨가된 샘플보다 강도가 낮았다. 또한 탄산화 과정에서 자극제로 인해서 제강슬래그의 RO 상이 반응에 참여하여 소량의 하이드로탈사이트와 M-S-H가 생성되었다.

### SS11-3 | 이산화탄소 반응경화 시멘트의 탄산화 양생 조건에 따른 반응성 분석

이향선[1,2], *송훈[2]
[1]한국해양대학교, [2]한국세라믹기술원

국내 산업 부문에서 시멘트 산업에서 발생하는 온실가스는 약 10%를 차지하며, 대부분은 시멘트 클링커 소성 공정에서 발생한다. 시멘트 클링커 소성 과정 중에서 시멘트의 주원료인 석회석의 탈탄산 반응에서 57%, 연료 소비에 의해 30%, 전력 사용으로 인해 13%의 이산화탄소가 배출되고 있다. 이러한 문제점으로 시멘트 산업에서는 이산화탄소 배출량을 감축하기 위해 원료 대체 및 전환 기술, 저탄소 신열원 활용 공정효율 향상 기술, 공정 발생 $CO_2$ 포집 및 재자원화 기술들을 개발하고자 노력하고 있다. 공정 발생 $CO_2$ 포집 및 재자원화 기술은 화력발전소나 제철소, 시멘트 공장 등에서 발생하는 대규모의 배가스에서 $CO_2$만을 분리 및 포집하는 기술로, 지중저장 및 해양저장, 탄산염 광물화로 나눌 수 있다. 그 중 탄산염 광물화 기술은 포집한 $CO_2$를 광물화하여 천연자원과 같은 유용한 자원으로 전환하는 방법이다. 이산화탄소 반응경화 시멘트는 이러한 기술을 활용한 재료로서 기존 보통포틀랜드 시멘트와 달리 이산화탄소와 반응하여 탄산염 광물 생성 및 경화한다. 본 연구에서는 이산화탄소 반응경화 시멘트의 탄산화 양생을 통한 물성 확인을 위해 탄산화 양생 조건에 따른 반응성을 분석하고자 한다.

### SS11-4 | 산업부산물을 활용한 이산화탄소 반응경화 시멘트의 물리, 화학적 특성 검토

전은진[1], 김영진[1], 하상원[1], 김춘식[1], *조성현[1]
[1]한일시멘트

시멘트 산업의 경우 $CO_2$ 배출이 많은 산업분야이며, 소성 공정에서의 $CO_2$ 발생량이 약 90%로 큰 비중을 차지해 감축이 필요한 실정이다. 이산화탄소 반응경화 시멘트(Calcium Silicate Cement, CSC)는 시멘트의 수화 반응에 의해 경화하는 보통포틀랜드 시멘트(OPC)와 달리 CS(Wollastonite) 및 $C_3S_2$(Rankinite)가 $CO_2$와 반응하여 경화하는 기경성 특성을 가진다. 또한, CSC 제조공정 특성에 따라 OPC 대비 CaO 함량이

낮아 석회석 사용량이 감소하며, 소성 온도가 약 1,250~1,300℃ 수준으로 저에너지 소성이 가능하기에 OPC 생산 공정 대비 50~70%까지 $CO_2$ 감축이 가능하다. 따라서, 본 연구에서는 산업부산물 및 저품위 석회석을 통해 CSC에 활용 가능한 원료를 발굴하고자 다양한 산업부산물의 최적 원료 배합 및 물리, 화학적 특성을 검토하였다. 도출 배합의 CS, $C_3S_2$는 각각 38, 53% 수준으로 확인되었으며, 모르타르 실험 시 클링커의 분말도를 약 3,500 $cm^2/g$ 조건에서 진행하였다. 이후, $CO_2$ 챔버(20℃, RH:60%, $CO_2$ 농도:10%)에서 탄산화 양생 후 재령 3, 7, 28일 압축강도를 측정했으며, 그 결과 각각 7.6, 28.9, 43.5MPa로 확인되었다.

감사의 글: 본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2022-00155662, 1,000t/y급 이산화탄소 반응경화 시멘트 제조 및 응용기술 개발)

### SS11-5 | Akali-activated Geopolymer for Carbonation Curing on Additive Manufacturing

KIM Tae-hyung[1,2], LEE Myeung-jin[1,3], CHOI Yejin[1,2], JEONG Bora[1], YE Bora[1], LEE Changyeop[1], *LEE Heesoo[2], *KIM Hong-Dae[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology, [2]Pusan National University, [3]Ulsan National Institute of Science and Technology

The production of cement emits approximately 0.8 to 1.0 ton of carbon dioxide($CO_2$) per ton of cement due to the characteristics of limestone and no alternative materials for replacing limestone have been developed yet. Therefore, there is a need to find a binder that can produce environmentally friendly concrete, which can replace cement. Geopolymer, an alumino-silicate that hardens through a chemical reaction at low temperatures (30~60°C) without the calcination process, has the potential as an eco-friendly material with significantly lower $CO_2$ emissions, more than 80% lower compared to Portland cement.We investigated the carbonation reaction of Al, Si, and Ca geopolymer-based materials produced using binder jet 3D printing. Our focus was on successfully manufactured $CO_2$-curable geopolymer systems designed with Ca, Al, and Si bases by jetting an $Na_2SiO_3$ activator. We researched methods to effectively immobilize $CO_2$ in geopolymer components through accelerated carbonation reaction. To examine the carbonation of geopolymers, we designed a pressurized carbonation reaction system and analyzed changes in pore distribution in the geopolymer due to carbonation, with a focus on x-ray computed tomography (x-CT) and mercury intrusion porosimetry (MIP). According to the results of x-CT and MIP, geopolymers subjected to 24-hour carbonation reactions showed a significant decrease in porosity from 37.1% to 26.1%. However, the overall average pore size of the samples increased from 19.91 $\mu$m to 23.08 $\mu$m, indicating that during the carbonation process, $CaCO_3$ crystals filled smaller pores, causing them to transform into larger pores and thus increasing the average pore diameter. The geopolymer samples in this study were found to be capable of immobilizing up to 7.31% $CO_2$ through 24-hour carbonation under conditions of 99.9% $CO_2$ purity, 0.4 MPa pressure, and RH exceeding 60%.

### SS11-6 | 칼슘 실리케이트 시멘트의 CO2 격리 가능성

GUDISA Amanuel Bersisa[1], *박솔뫼[1]
[1]국립부경대학교

Low-lime Calcium Silicate Cement (CSC) concrete has the potential to serve as a $CO_2$ sink while maintaining the desired strength. The microstructural characterization of $CO_2$-cured CSC specimens with varying water-to-cement (W/C) ratios (0.35, 0.4, and 0.45) was analyzed using XRD, $^{29}Si$ MAS NMR, $^{1}H$ NMR, and compressive strength tests. The main CSC phases ($\beta$-$C_2S$, $\gamma$-$C_2S$, $C_2S_3$, CS) solidify through $CO_2$ curing, with $\beta$-$C_2S$ and CS showing higher reactivity to $CO_2$-curing which is manifested by the reduction in resonance of the end and bridging silicate species in the $^{29}Si$ NMR spectra. Primary carbonation products, such as amorphous phases and $CaCO_3$, were identified, with their content increasing during extended $CO_2$ curing. The $CO_2$ uptake of the specimens increased with higher W/C ratios, however, higher mixing water reduced the strength of CSC compacts due to the increased capillaries and gel pores.

### SS11-7 | 액상 이산화탄소를 주입한 콘크리트의 특성에 관한 연구

*박창건[1], 류득현[1], 최성우[1]
[1]유진기업(주)

탄소중립 2050 발표에 따라 CCUS(Carbon Capture, Utilization & Storage) 기술에 대한 관심이 점진적으로 증가하고 있다. 또한 정부에서는 'CE(Circular Economy) 9 프로젝트'를 추진함으로써 각종 산업에서 발생되는 폐기물과 폐자원을 효율적으로 관리하여 자원순환 기반을 강화하고, 이를 통해 순환경제로의 전환을 이루고자 노력하고 있다. 최종적으로 우리나라의 탄소중립 실현을 목표로 하며 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 콘크리트는 건설산업 핵심 요소 중 빼놓을 수 없는 재료로 레미콘, 2차 제품 등 다양한 형태로 사용되고 있으며 연간 레미콘 출하실적만해도 1억4천만$m^3$ 이상(한국레미콘공업

협회, 2022년 기준)으로 보고되고있다. 이는 산업부산물의 콘크리트 활용은 순환경제 전환과 탄소중립 실현에 있어 핵심 기술로 자리잡을 수 있음을 의미하지만 현재까지도 이산화탄소가 콘크리트에 미치는 부정적 인식으로 인해 관련 연구가 부족한 실정이다. 특히, 출하 후 현장에서 타설되는 레미콘의 경우에는 전무하다 볼 수 있다. 이에 본 연구에서는 산업부산 이산화탄소의 활용 확대를 목적으로 액상 이산화탄소를 직접 주입한 콘크리트의 특성평가를 실시하였다. 사전 실험을 통해 주입시점, 비빔방법, 혼화제 사용량을 선정하였으며, 콘크리트 배합은 실제 출하실적을 기반으로 가장 사용량이 많은 25-24-150 규격으로 진행하였다. 액상 이산화탄소 주입 시 공기량이 소폭 감소되는 것을 확인하였으며, 일시적으로 생성되는 마이크로 사이즈의 이산화탄소 스노우가 콘크리트 흡착과정에서 나타난 결과로 사료된다. 압축강도 시험결과, 액상 이산화탄소 주입에 따라 초기재령 4.1%, 장기재령 5.0%의 강도증진효과가 나타났으며 콘크리트 내구성에서도 염소이온 침투깊이 12.3% 감소, 염소이온 확산계수 5.0% 감소되는 것을 확인하였다. 이는 액상 이산화탄소 주입에 따라 콘크리트 내부 공극이 밀실하게 형성되는 것을 의미한다 할 수 있다. 결론적으로 소량의 이산화탄소 활용으로도 콘크리트의 물성 향상뿐만 아니라 단위시멘트량 5.5%이상 감소, 이산화탄소 0.23kg/$m^3$이상 고정화가 가능한 수준의 성능발현이 가능하여 기술 개발 확대에 따라 콘크리트 산업 또한 지속적으로 탄소중립에 기여 할 수 있을 것으로 사료된다.

### SS11-8 | In-situ 탄산화의 적용 가능성에 대한 연구

MELAKU Nahom Seifu[1], *박솔뫼[1]
[1]국립부경대학교

Cement production accounts for 8% of global carbon dioxide emissions. Mitigating this impact involves exploring innovative approaches such as in-situ carbonation of concrete. This study investigates the impact of introducing $CO_2$ to a Portland cement-based concrete mix. It examines how the presence of $CO_2$ affects the microstructure of the concrete mix. Experimental results demonstrate the effective binding of higher $CO_2$ concentrations in the concrete matrix, reducing environmental $CO_2$ concentrations. XRD and TG test results exhibit a consistent correlation. The study also reveals enhanced durability and resistance to environmental attacks such as chloride penetrations, despite a slight reduction in compressive strength. The findings of the experiment highlight the potential of in-situ carbonation as a sustainable strategy for $CO_2$ footprint reduction.

### SS11-9 | Carbonation characteristics of ordinary portland cement at a very early age of curing

*KIM Gwangmok[1]
[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

Cement industry is one of major industrial sectors generating a large amount of carbon dioxide, and the carbon mineralization technology is a promising solution contributing to the reduction in the carbon dioxide in the sector. The effects of the type of carbon dioxide provided on the carbonation characteristics of ordinary Portland cement at a very early age of curing in the present study were investigated. The carbon dioxide was provided as a form of sodium hydrogen carbonate or gaseous status. The supply of the gaseous carbon dioxide was initiated within a minute upon contacting water. The carbonation characteristics of ordinary Portland cements and carbonation-induced properties including the compressive strength, flowability, and the content of fixed carbon dioxide were experimentally investigated. The details of the obtained test results will be presented. Acknowledgments This work was supported by Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) grant funded by the Korea government(MOTIE) (20212010200080, In-situ carbonation technology development using CO2 emissions from cement industry).

### SS11-10 | 레미콘 및 레미탈 제품의 이산화탄소 in-situ 기술 적용에 따른 이산화탄소 평가 연구

*김주형[1], 문은진[1], 임귀환[1]
[1]한국건설생활환경시험연구원

국내 시멘트 분야는 산업부문에서 철강, 석유화학산업에 이어 세 번째로 가장 많은 온실가스를 배출하는 산업이다. 전 세계적으로 기후변화 대응을 위한 방안으로 “탄소중립”이라는 이슈가 부각되면서 대표적인 온실가스 배출산업인 시멘트 분야도 이에 대한 노력을 기울이고 있다. 본 연구에서는 시멘트를 사용하는 제품인 레미콘 및 레미탈에 대해 온실가스를 줄일 수 있는 연구가 진행되고 있는 in-situ 기술을 적용했을 때, 이산화탄소 배출량 평가를 수행하였다. 연구 목표인 이산화탄소 반응률과 이로 인한 단위시멘트량 감소량 등을 가정하여 개발 기술이 건설 분야에 적용 했을때의 이산화탄소 배출량 분석을 실시하였다. 이러한 정량적인 검토 및 분석을 통해 적용 방법을 최적화하는데 데이터를 제공하고자 한다.

### SS11-11 | In-situ 탄산화기술 적용 콘크리트 2차제품 특성에 관한 연구

유혜진[1], *서성관[1]
[1]한국세라믹기술원

본 연구에서는 콘크리트 혼합시 이산화탄소 가스를 직접 주입하는 In-situ 탄산화기술을 적용한 콘크리트 2차제품의 제조 특성 분석을 실시하였다. 이산화탄소 가스의 일정한 주입 및 주입량 미세 제어를 위해 $CO_2$ 가스 주입용 콘크리트 믹서를 고안하였으며, 콘크리트 2차제품의 성형을 위해 실험실 규모의 가압 프레스

를 구축하였다. 최적 이산화탄소 주입량을 선정하기 위해 시멘트량 대비 이산화탄소 주입량을 0, 0.1, 0.3, 0.5, 및 0.7 wt.%로 제어하여 공시체를 제작하였다. 다양한 콘크리트 2차제품 중 보·차도용 인터로킹 블록과 호안 블록을 대상으로 실험을 진행하였으며, $CO_2$ 가스 주입량에 따른 기초 물성 분석을 위해 각 제품의 표준에 따라 흐름값, 압축강도, 휨강도 및 흡수율을 측정하였다. 그 결과 인터로킹 블록의 경우 $CO_2$ 가스 주입량 0.3% 배합, 호안블록의 경우 0.5% 배합에서 가장 높은 강도 거동을 나타내었다. 미세구조 분석 결과 이산화탄소 가스 주입량에 따른 결정 생성의 차이를 확인하였으며, 활성화제, 혼화제 적용 등의 추가연구를 통해 수화생성물 생성 촉진 및 강도 증진 등을 도출할 수 있을 것으로 사료된다.

**SS11-12 | Characterization of hydration and carbonation behaviors of ordinary Portland cement via FTIR spectroscopy under carbonation mixing condition**

KEDIR ADEM JEMAL[1], *KIM Gwangmok[1]
[1]Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources , University of Science and Technology

The greenhouse effect, a major concern in climate change, arises when greenhouse gases such as $CO_2$ absorb and re-emit Earth's infrared radiation. This process leads to an increase in global temperature. The cement production industry is a major contributor to $CO_2$ emissions. Carbon mineralization technology emerges as a promising technology for reducing $CO_2$ emissions in this sector. Carbon mineralization in concrete manufacture can be achieved through two methods which are known as carbonation mixing, and carbonation curing. Hydration and carbonation characteristics of ordinary Portland cement under carbonation mixing conditions in the present study were investigated using FTIR spectroscopy. The test results showed that carbonation mixing affects the structural characteristics of C-S-H phases, one of the major hydrates in cementitious materials. Furthermore, the effects of carbonation mixing conditions on the characteristics of calcium carbonates, gypsum, ettringite, Portlandite, and water were discussed. Further details will be presented.

## SS13A : 연료전지 내구성 연구

**SS13A-1 | Boosting the Stability and performance of SOFCs: A new approach to oxygen storage capacity using lanthanum-doped ceria interlayer technology**

*신태호[1], DONG Nguyen Xuan[1,2],이상원[1,3]
[1]한국세라믹기술원, [2]창원대학교, [3]연세대학교

Chemical compatibility between the hierarchical interface components in solid oxide electrochemical cells (SOCs) is an emerging critical issue that significantly impact the durability of SOCs. However, there are still several challenging issues to be solved: cost-effective manufacturing configuration, lowering the operating temperature, and durability. Rare-earth doped ceria (REDC) is commonly used to enhance durability and activity in solid oxide cells (SOCs) engineering, with Gd-doped ceria (GDC) being a popular choice for interlayer and additives in solid oxide fuel cells (SOFCs). However, the Ce diffusion into the lattice of $ZrO_2$ of YSZ-based electrolyte as a solid solution at high-temperature manufacturing still is remained to be solved. In our recent study, we focused La-doped CeO2 (LDC), whose Ce-sites are highly occupied with La to avoid a solid solution of Ce-Zr, as a functionalized interlayer between not only $ZrO_2$ -based electrolyte and air-electrodes but also $LaGaO_3$-based electrolyte and fuel-electrodes. First (the effect of oxygen storage capacitance OSC), it will be discussed that the high substitution of $La^{3+}$ into the ceria lattice improves the oxygen non-stoichiometry of LDC, leading to improve the oxide ion supplying of the cathode side during the high current operation. the cell containing the OSC buffer layer fabricated to avoid interfacial insulating layers, such as $La_2Zr_2O_7$ impurities, successfully displayed a dramatically high-power density value. In our recent study, we conducted La-doped $CeO_2$ (LDC), whose Ce-sites are highly occupied with La to avoid a solid solution of Ce-Zr, as a functionalized interlayer between YSZ-based electrolyte and cathode. When LDC (La-doped $CeO_2$, LDC, $Ce_{0.6}La_{0.4}O_{2-\delta}$) or Bi doped Cerium Oxide buffer layer was optimized at lowering sintering temperature to prevent a $La_2Zr_2O_7$impurity reaction, the improved electrochemical performance was achieved at the maximum power density (MPD) of ~1.43 W $cm^{-2}$ at 800°C.
Several innovative activities at KICET for solid oxide electrochemical devices as well as the life of KICET will be introduced.

**SS13A-2 | Cu가 치환된 페로브스카이트 산화물 표면에서 동시에 일어나는 비정질화와 나노촉매 형성: 고온 산소환원 반응에 대한 효과**

*정우철[1]
[1]한국과학기술원

The activity and durability of chemical/electrochemical catalysts are significantly influenced by their surface environments, highlighting the importance of

thoroughly examining the catalyst surface. Here, we select Cu-substituted $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$, a state-of-the-art material for oxygen reduction reaction (ORR), to explore the real-time evolution of surface morphology and chemistry under a reducing atmosphere at elevated temperatures. Remarkably, for the first time, we discover that the perovskite surface starts to amorphize at an unusually low temperature of approximately 100°C and multicomponent metal nanocatalysts additionally form on the amorphous surface as the temperature raises to 400°C. Moreover, our investigation into the stability of the resulting amorphous layer under oxidizing conditions reveals that the amorphous structure can withstand a high-temperature oxidizing atmosphere (≥ 650°C) only when it has undergone sufficient reduction for an extended period. Therefore, the coexistence of the active nanocatalysts and defective amorphous surface leads to a nearly 100% enhancement in the electrode resistance for the ORR over 200 h without significant degradation. These observations provide a new catalytic design strategy for using redox-dynamic perovskite oxide host materials.

**SS13A-3 | 엑솔루션을 통한 금속 열화 완화: 기체상 반응에 대한 향상된 안정성 탐색**

*한정우[1]
[1]서울대학교

Exsolution is a phenomenon that releases surface metal nanoparticles from ceramic hosts under specific reduction conditions. The exsolved metals establish unique interfaces with the perovskite hosts, either embedding into the surfaces or forming new chemical bonds. These nanoparticles not only provide numerous and uniformly distributed catalytic active sites on the oxide surface but also exhibit good thermal and redox stability. Our ongoing research centers on LaFeO3 perovskite-supported Pt exsolution catalysts, demonstrating exceptional stability in harsh environments, particularly in high-temperature water gas shift reactions. Structural analyses have revealed significant preservation of dispersion in the exsolved particles, indicating an advantage in terms of metal sintering. To investigate how exsolution particles sustain stability during the reaction, various analyses were conducted, focusing on factors such as differences in intermediates, reaction pathways, and reactant sensitivity, with the ultimate goal of identifying the causes of reduced coking tendencies. These findings underscore the remarkable stability of exsolution particles in HT-WGS contexts and highlight potential advantages in water or hydrocarbon-based reactions. Specifically, their potential integration into research on solid oxide fuel cell (SOFC) electrodes, aimed at mitigating issues such as metal particle agglomeration and coking, shows considerable promise.

**SS13A-4 | 연료극 이종합금촉매 적용 및 열/물질전달 제어를 통한 SOFC/SOEC 내구성 향상 기술 개발**

*홍종섭[1]
[1]연세대학교

We introduce a self-assembled Ni-Rh bimetallic catalyst at fuel electrode. The Ni-Rh bimetallic catalyst enables to achieve exceptional performance of ~0.50W/$cm^2$ at 500 ℃ with high catalytic activity for CH4 activation. Moreover, it allows high stable operation with a degradation rate of 0.02%/h at 500 ℃ for 500 h. To elucidate the high carbon resistance, in-situ diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFTS) and in-situ X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) examined the carbon cleaning mechanism, which provides O* species for carbon removal as charged defects (OH*, Vo, and O*) are formed due to strong interaction with H2O on the Ni-Rh bimetallic catalyst surface. Furthermore, we present a novel solid oxide cell stack design that can solve the instability problem caused by the non-uniform distribution of local thermodynamic states inside a commercial-scale stack. Unbalanced distribution of temperature and species is a major limitation of conventional stack designs because certain regions of the stack are inevitably exposed to a much harsher environment than the rest, leading to faster degradation and reduced stability of the stack. To overcome these issues, we developed a novel stack design with enhanced uniformity of thermal conditions and reaction zone.

**SS13A-5 | Chemo-mechanical Degradation Behavior of Solid Oxide Cells: FC mode vs. EC mode**

*LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

Solid oxide cells (SOCs) exhibit different degradation behaviors, depending on fuel cell/electrolysis cell modes. Chemo-mechanical failure, such as electrode delamination caused by the development of high chemical potential in electrolytes, is one of the critical degradation phenomena because it may induce

catastrophic failure in a SOC stack. This kind of degradation mechanism is also observed in other types of electrochemical cells, such as rechargeable lithium-ion batteries. Similarities exist between reversible SOC and rechargeable battery degradation mechanisms, from the viewpoint of the distribution of oxygen chemical potential across at the electrode/electrolyte interfaces. Therefore, it can be said that it is an effective strategy to study and mitigate the reversible SOC degradation through understanding the degradation mechanism of rechargeable lithium-ion batteries, or vice versa. In the present study, the mechanism of electrode delamination in SOCs was investigated concerning operating conditions, based on which we determined a critical factor correlated to chemo-mechanical failure. This study provides a basic understanding and critical insights into the chemo-mechanical failure mechanism of a SOC through understanding its similarity to that of a rechargeable battery.

## SS13B : 연료전지 내구성 연구

### SS13B-1 | Concurrently Overcoming Kinetic Instability and Promoting Conductivity in Stabilized Bismuth Oxides through Strategic Multi-Doping

*LEE Kang Taek[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

In the realm of reversible solid oxide cell (SOC) applications, singly doped-stabilized Bi2O3 (MSB) has emerged as a promising oxide ion conductor with superior ionic conductivity, especially at temperatures below 700°C. However, its potential as an SOC electrolyte is hampered by conductivity degradation over time, particularly below 650°C. To tackle this challenge, our research focused on developing highly stable stabilized bismuth oxides by judiciously substituting $Bi^{3+}$ with minute quantities of secondary dopants. We thoroughly examined the impact of this multi-doping strategy on enhancing ionic conductivity and mitigating degradation mechanisms through electrochemical impedance spectroscopy and density functional theory calculations. Additionally, we investigated the chemical and structural transformations resulting from extended annealing processes. Our innovative triple-doped stabilized bismuth oxides were applied in conventional stabilized zirconia-based SOCs, and their electrochemical performance and stability were systematically assessed in both fuel cell and electrolysis cell modes. Our analysis, including I-V characteristics and impedance spectroscopy, provided valuable insights into the performance-enhancing attributes of these novel bismuth oxides.

### SS13B-2 | 고성능/고내구성 나노 구조 공기극 개발

*이승복[1], REHMAN Saeed Ur[1], *이종원[2]
[1]한국에너지기술연구원, [2]한양대학교

Herein, an innovative $La_{0.6}Sr_{0.4}CoO_3$ (LSC) nanostructured air electrode, having superior catalytic activity and exceptional robustness against critical interfacial delamination-induced degradation, is reported. A ~50 nm thin LSC air electrode decorated onto a porosity graded $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_2$ backbone via ultrasonic-assisted infiltration showed significantly flourished ORR and OER kinetics with prolific electrochemical performance compared to the cell with conventional LSC air electrode. The SOC showed maximum power density of 2.24 W $cm^{-2}$ in the fuel cell mode and maximum current density of 4.57 A $cm^{-2}$ at an operating voltage of 1.6 V in the electrolysis mode at 750 °C. Results of the reversible cycling and galvanostatic stability tests indicate excellent durability, which is attributed to the elimination of detrimental $O_2$ pressure evolved at the air electrode/electrolyte interface. Sited among the highest performances till date, this study provides a realization of a tremendously durable SOC design for the production of green hydrogen and electricity.

### SS13B-3 | 고체산화물 전기화학 셀의 perovskite 전극 및 YSZ 전해질 열화 메커니즘 분석

*주종훈[1]
[1]광주과학기술원

고체산화물 전기화학 셀 (Solid Oxide Electrochemical Cell)은 높은 작동 온도에서 작동되며 이로 인해 에너지 효율성이 뛰어나고 연료의 다양성을 선택할 수 있는 장점이 있어 차세대 에너지 변환 장치로 많은 연구되고 있다. 셀 구성 요소가 세라믹으로 특히, 산소 교환 반응에 있어 우수한 특성을 지니는 Perovskite 전극이 이들 셀의 산소 전극으로 널리 사용되고 있으며, 전해질 소재로는 높은 이온 전도성과 화학적 안정성을 지니는 YSZ(Yttria-stabilized zirconia)가 주로 활용되고 있다. 본 발표에서는 대표적인 고체산화물 전기화학 셀의 전해질인 YSZ소재와 산소 전극 소재인 $(LaSr)(CoFe)O_{3-\delta}$의 전기화학 셀의 구동 조건에서의 성능 열화에 대한 메커니즘을 분석하고 열화에 영향을 주는 인자에 대하여 논하고자 한다.

### SS13B-4 | 고체산화물수전해전지의 공기극 박리 메커니즘 연구

*윤경중[1]
[1]한국과학기술연구원

Solid oxide electrolysis cell (SOEC) technology potentially offers the most efficient means of clean $H_2$ production.

Currently, the most critical issue is the delamination of the air electrode, but its fundamental cause has long been elusive. Using cutting-edge transmission electron microscopy techniques and density functional theory calculations, we reveal nanometer-scale interfacial degradation phenomena occurring in the early stages, clarifying the entire process of delamination and the origin thereof. During SOEC operation, oxygen ions accumulate at specific locations where they cannot be released as a gas. The annihilation of oxygen vacancies modifies the unit cell structure, causing anisotropic lattice strain; further injection of excess oxygen ions creates dislocations and segmented subgrains. Subsequently, these ions initiate the formation of nanopores, which eventually develop into cracks and delaminate the electrode.

**SS13B-5 | 연료전지 성능 향상을 위한 용출 활용 연료전지 전극 디자인**

*명재하[1]
[1]인천대학교

The utilization of in situ exsolution for nanoscale electrode design has garnered significant attention due to its promising activity and high stability. However, a comprehensive understanding of the underlying mechanisms governing particle growth is still lacking. In this study, we present cation-diffusion-determined exsolution using an analytical model grounded in classical nucleation and diffusion principles. Employing a perovskite system, we demonstrate that the exsolution trend for particle growth aligns with this diffusion model, which is heavily influenced by the initial cation concentration and reduction conditions. Leveraging experimental and theoretical findings, we utilize a highly Ni-doped anode and an electrochemical switching technique to facilitate exsolution and surmount growth limitations. The optimized cell achieves an exceptional maximum power density of 1.7 W $cm^{-2}$ at 900 °C and exhibits negligible degradation even after 240 hours of operation at 800 °C under wet $H_2$ conditions. Our study provides crucial insights into the development and tuning of heterogeneous catalysts for energy-conversion applications.

**SS13B-6 | 열화를 고려한 고체산화물전지 시뮬레이션 모델 개발**

김나영[1], 정서우[1], *최원재[1]
[1]이화여자대학교

본 연구는 고체산화물전지의 열화와 수명을 평가할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하여 고체산화물전지 내구성 재고에 기여하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 Cantera 열역학 도구와 Matlab을 사용하여 고체산화물전지 시뮬레이션 모델을 구축하였다. 시뮬레이션 모델은 공기극의 Cr poisoning, 연료극의 Ni coarsening, 인터커넥트의 부식 등의 열화현상을 반영하는 모델을 포함하여 전기화학반응을 해석할 수 있는 0D 모델로 구성하였다. 수전해 모드에서는 연료전지 모드와 다르게 연료극 내 니켈이 전해질-연료극 계면에서 연료극으로의 이동이 발생하는 것을 반영하는 모델을 구성하였다. 시뮬레이션 모델에서 공기극의 소재는 LSM-YSZ와 LSCF로 나누어 각각 구축하였고, 연료극은 Ni-YSZ, 전해질은 YSZ, 인터커넥트는 Crofer22 APU를 사용한다고 가정하였다. 모델을 이용하여 먼저 온도, 전류밀도, 습도에 대한 민감도 분석을 수행하였으며 인터커넥트 코팅에 따른 열화 감소 효과 또한 관찰하였다.

**SS13B-7 | 페로브스카이트 산화물 표면 제어를 통한 고체산화물전지 전극의 열안정성 향상**

*이원영[1]
[1]성균관대학교

Perovskite oxide is one of the most promising materials for the energy conversion devices including the solid oxide cells (SOFC/SOEC), photovoltaics, and others. However, operations at the elevated temperatures induce the considerable cation re-arrangement at the perovskite oxide surfaces, resulting in the chemical heterogeneities. Since re-arranged cations typically form the undesired secondary phases, destroying the ideal stoichiometry of the perovskite oxides near the outermost surface, the surface exchange reaction rates are significantly retarded. Therefore, the underlying mechanisms of cation re-arrangements should be systematically conducted based on in-depth fundamentals. Here, we present the relationship between the re-arrangements of the charged defects such as oxygen vacancy () and doped-Sr () in the perovskite oxides and the chemical and electrochemical stability at the elevated temperatures. Sr-doped perovskite oxides were employed as model electrodes, and Sr-free material was additionally deposited onto the perovskite oxides to make the hetero-interface for controlling the distribution of charged defects. The hetero-structured electrodes maintained the initial surface exchange reactivity at 650 °C with substantially suppressed cation rearrangements. Systematic characterizations revealed that the space charge layers established near the hetero-interfaces with re-arranged charged defects reduce the electrostatic interactions for cation rearrangements. The experimental evidences for the charge transfer near the hetero-interfaces and the

chemical and electrochemical stability at the elevated temperatures will be discussed.

**SS13B-8 | 10-cell SOC 스택의 2,000 시간 운전에 따른 열화현상: 교류 임피던스 분광학적 해석**

윤경식[1], 김현진[1], 김태우[1], *유지행[1]
[1]한국에너지기술연구원

고체산화물전지(Solid Oxid Cell)는 저온형 연료전지와 달리 전극소재나 전해질의 변화없이 연료전지방식과 수전해방식 모두 사용할 수 있는 장점 때문에 가역(reversible) 연료전지 혹은 수전해장치로서 주목받고 있다, 가역연료전지는 재생에너지의 간헐성을 보완하여 높은 에너지밀도의 그린수소(혹은 $CO_2$와 반응을 통한 그린메탄)로 저장했다가 전력수요에 따라 발전장치로 전환이 가능하기 때문이다. 그러나 SOEC 모드에서는 SOFC에 비해 2-3배 높은 전류밀도로-즉, 보다 빠른 전기화학반응속도로 운전되기 때문에 높은 열화속도를 보이며, 열화메카니즘도 다르게 보고되고 있다. 본 발표에서는 10개의 음극지지형 셀(Elcogen, 전극면적 100$cm^2$)로 이루어진 short stack을 SOFC 및 SOEC 방식으로 각각 1,000 시간 이상 운전한 결과를 보고한다. 분리판은 STS460FC (포스코) 소재가 사용되었으며, 기계적 하중을 인가한 상태에서 밀봉이 완료된 10-cell stack을 볼트와 너트로 체결한 후, load-free 상태에서 운전하였다. SOFC 운전조건에서 열화율 0.3%/kh 이하의 우수한 내구성능을 보였으나 SOEC 운전조건에서는 2.5%/kh 의 높은 열화율을 나타내었다. 교류임피던스분광법을 이용하여 각 셀에서의 저항성분을 분리하였으며, 장시간 운전에 따른 열화원인을 두 가지 모드에 대해 비교하여 분석하였다.

## SS14 : 산화물 기반 소재 및 소자 연구회 심포지엄

**SS14-1 | Laser-assisted spatial oxygen vacancy control in monoclinic WO3 photoanodes for enhanced solar water splitting cell**

*YEO Junyeob[1]
[1]Kyungpook National University

Although it is known well that a moderate concentration of oxygen vacancies in monoclinic tungsten trioxide (m-WO3) photoanode is beneficial for the photoelectrochemical (PEC) performance, spatial distribution (surface and bulk) of oxygen vacancies in m-WO3 photoanode for the enhanced PEC performance has not been thoroughly examined. In this regard, we introduce simple and novel oxygen vacancies engineering method called “laser-assisted defect control (LADC)” to control the spatial distribution of oxygen vacancies in m-WO3 photoanode for the outstanding PEC performance. Based on oxygen vacancy studies, the LADC process enables to increase oxygen vacancies concentration near the surface of m-WO3 compared to that in the bulk, resulting in the enhanced PEC performance.

**SS14-2 | 전자가 도핑된 타이타늄산 스트론튬의 전하 질서상**

엄기태[1], *이재찬[2]
[1]가천대학교, [2]성균관대학교

Charge ordering (CO), characterized by a periodic modulation of electron density and lattice distortion, has been a fundamental topic in condensed matter physics, serving as a potential platform for inducing novel functional properties. The charge-ordered phase is known to occur in a doped system with high d-electron occupancy, rather than low occupancy. Here, we report the realization of the charge-ordered phase in electron-doped (100) $SrTiO_3$ epitaxial thin films that have the lowest d-electron occupancy i.e., $d^1$-$d^0$. Theoretical calculation predicts the presence of a metastable CO state in the bulk state of electron-doped $SrTiO_3$. Atomic scale analysis reveals that (100) surface distortion favors electron-lattice coupling for the charge-ordered state, and triggering the stabilization of the CO phase from a correlated metal state. This stabilization extends up to six unit cells from the top surface to the interior. Our approach offers an insight into the means of stabilizing a new phase of matter, extending CO phase to the lowest electron occupancy and encompassing a wide range of 3d transition metal oxides.

**SS14-3 | 실시간 전류-전압 투과전자현미경을 활용한 산화물 박막의 저항변화 현상 (Memristor) 연구**

*권덕황[1]
[1]한국과학기술연구원

산화물 박막에서 대부분의 경우 전압을 가하게 되면 저항이 변화하는 현상이 일어난다. 이는 1960년대 초에 발견된 이후로 흥미롭게 여겨줘 왔으며 이를 보다 잘 이해하기 이해서 오랜 기간 과학자들의 흥미로운 대상이었다. 2000년대에 들어와서는 무어 법칙의 한계를 극복하기 위한 새로운 메모리로 재관심을 받았고, 최근에 들어서는 인공지능형 소자의 가능성으로 그 발전을 이어가고 있다. 다만 저항 변화라는 현상이 반세기 넘게 알려져 왔으나, 이에 대한 구체적인 이해는 비교적 2010년도를 지나서 최근에 그 이해가 구체화 되고 있다. 주어진 전위차에서 박막 내부에서 분포하던 결함의 이동과 이에 따른 재분포 또는 새로운 상형성에 따른변화임이 속속들이 밝혀지고 있다. 여러 전기적 분석과 다양한 분석 장비들이 동원되었으나, 이에 대한 구체적인 이해가 높아진 계기는 관찰하기 어려운 박막의 미세구조를 투과전자현미경이라는 원자 수준의 분해능으로 관찰할 수 있는 덕분에 많은 발전이 이루어졌다. 특히 실시간 투과전자현미경을 활용하여

전류-전압을 가하는 상황에서 박막의 미세구조를 분석할 수 있는 방법이 발전 확립되기 시작하면서 저항변화 현상에서의 그 동안 잘 알려지지 않았던 필라멘트의 구조에 대해서 단서가 밝혀졌으며, 이에 대한 형성 원리가 보다 구체화되었다. 본 발표에서는 실시간 전류-전압 투과전자현미경을 활용하여 대표적인 산화물 박막 ($TiO_2$, $SrTiO_3$, $SrFeO_3$) 등 에서 이루어진 일련의 미세구조 변화의 관찰 결과와 이를 통해서 이해하게 된 박막내에서의 국부적인 미세구조의 변화 현상이 어떻게 전체 박막의 저항변화라는 현상을 유도하였는지 이해하는 일련의 과정에 대해서 공유하고자 한다.

### SS14-4 | Magnetic octupole moments with broken cubic symmetry and a large anomalous Hall effect in pyrochlore iridates

*KIM Woojin[1]
[1]Pusan National University

The symmetry of the magnetic structure is known to function as a tuning knob for various quantum phenomena. Consequently, numerous studies have been conducted to investigate the relationship between the order parameter for a particular magnetic structure and macroscopic phenomena. In this context, the multipole expansion of the magnetic structure is an efficient and powerful approach to specify the order parameter for observed physical properties in a magnet [1]. Here we demonstrate that breaking the cubic symmetry of the All-In-All-Out (AIAO) antiferromagnetic order in pyrochlore iridate induces a large anomalous Hall effect (AHE), typically associated with ferromagnets. We applied epitaxial strain to pyrochlore iridate thin film to break its bulk cubic symmetry. Our multipole expansion analysis shows that the cubic symmetry-broken AIAO order has the presence of three orthonormal multipole bases, namely dipole, A2-octupole, and T1-octupole. Among the three multipole moments, we have demonstrated that T1-octupole can induce nonzero Berry curvature, leading to a significant AHE. Our results reveal a pathway for generating AHE through strain-induced magnetic structures, establishing a platform for exploring undiscovered topological phenomena via strain in correlated materials [2,3].

[1] M.-T. Suzuki et al., Phys. Rev. B 99, 174407 (2019).
[2] W. J. Kim et al., Phys. Rev. B 98, 125103 (2018).
[3] W.J. Kim et al., Sci. Adv. 6, eabb1539 (2020).

## SS15 : 미래대응바이오헬스소재심포지움

### SS15-1 | 가상 X-ray 통합 심혈관계 중재시술 훈련 시뮬레이터 개발

*차경래[1]
[1]주식회사 심비스타

In the case of highly difficult surgical techniques, such as cardiovascular disease operation techniques, the training is conducted through apprenticeship training that is passed on from a senior doctor, so there is no standard education and training course, and there is very little opportunity to practice techniques. In this study, we developed a virtual training system for cardiovascular diseases that can educate and practice surgical techniques of the cardiovascular diseases to trainees and cultivate and improve the skills of specialists. The main development contents are as follows. 1. Cardiovascular disease model shaping technology development : 3D modeling and shaping technology development required to produce a physical model for human cardiovascular disease very similar to the human body. 2. Development of augmented reality technology that includes educational contents that can practice skills and educate skills in the same environment as the field and in a situation that responds similarly to the human body. 3. Training program development : Evaluate the effectiveness of the developed AR technology cardiovascular virtual training simulator, and develop a systematic education and training program through the virtual training simulator. In addition, in this study, the usability of the virtual training simulator developed for 43 specialists with an average of 15 years or more was verified.

### SS15-2 | 플라스틱 기반 모듈형 생체조직칩의 제작 및 검증

*서승완[1], 김민성[1], 유성근[1]
[1]오송첨단의료산업진흥재단

Organ-on-a-chip (OOC) is a microphysiological system mimicking the functions and physiochemical environments of human organs. OoC devices are generally made of polydimethylsiloxane (PDMS), silicone-based elastomer, via soft-lithography methods. However, the PDMS shows the high absorbance properties for hydrophobic small molecules of drug from solution. When these molecules accumulate into the devices, the dosing concentration of a drug is decreased. Thus, it makes difficult to predict actual drug concentrations experienced by the cells. We suggest a modular multi OOC based on thermoplastic polymer

for minimizing the impact of drug absorption. The OOC is fabricated by injection molding process for high-throughput manufacturing. It consists of three organ modules and a microfluidic plate providing the perfused flow through the microfluidic channel for dynamic culture. The biocompatibility of the thermoplastic OoC system was performed based on the standard, ISO 10993-5. To mimic the perfusion flow, we adopted the bidirectional flow in microfluidic channel with the gravity-induced flow machine. The measured flow rate along the microfluidic channel (350um of width and 250um of depth) was obtained 10uL/min. For validation of the ability of an organ system, the biocompatibility and functionality of cell were performed using HepG2 cell line. The biological assessment assays (i.e. TEER, Live/Dead, MTT, and CCK-8 assays) were examined to confirm physiological functions of the organ module.

**SS15-3 | 의공학적 응용을 위한 미세유체 공정 기반 마이크로젤 조작**

*김재정[1]
[1]홍익대학교

하이드로젤 마이크로 입자, 마이크로젤은 용액과 같은 환경을 제공하면서 고체와 같은 물성을 가지고 있다는 특성이 있다. 이에 마이크로젤은 바이오에세이, 미세환경제작 등에서 널리 활용되어 화학적/기하학적 이방성을 가진 마이크로젤을 생성하는 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이러한 마이크로젤을 조작하여 어레이를 생성하게 되면, 빠른 디코딩과 무한에 가까운 인코딩 용량을 제공할 수 있기 때문에 그 활용도가 크게 확장될 수 있다. 본 발표에서는 미세유체공정을 이용하여 수력학적 힘 및 중력으로 마이크로젤을 조작하는 기술을 소개한다. 본 기술을 활용하여 민감도가 증폭된 바이오 에세이, 이종의 2차원 농도구배를 가지는 미세환경 제작을 통한 세포의 화학주성 연구, 알츠하이머병 모델 신경 스페로이드의 신경 통합 및 병리학적 특성 발현에 관한 응용 분야에 관해 다루고자 한다.

**SS15-4 | Mesoporous inorganic materials for crosslinked lipases and their properties**

*HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

Mesoporous inorganic materials, characterized by unique properties such as a large surface area and confined pore structures, have proven effective in enzyme immobilization. This process leads to synergistic effects that enhance enzyme stability, improve activity, and facilitate easy separation and reuse of enzymes. This study specifically explores the utilization of various mesoporous inorganic materials, including silica, hydroxyapatite, and zirconia, as matrices for the model enzyme lipase. The lipase enzyme is immobilized in a crosslinked form on or into the surfaces of each inorganic material, and the study investigates the immobilization mechanisms and the impact of these materials on catalytic properties and stability. Moreover, this study exhibits potential applications of crosslinked lipases in biodiesel production. By exemplifying mesoporous inorganic materials for crosslinked lipases and their properties, this study can contribute to advancements in enzyme-catalyzed reactions within biocatalysis technology applications, spanning areas such as bioprocessing, bioremediation, biosensing, or enzyme reactors.

**SS15-5 | 동축 난류 제트 믹서를 이용한 나노입자의 대량 합성**

*임종민[1]
[1]순천향대학교

Nanoparticles hold immense promise for drug delivery due to their ability to provide controlled release and targeted delivery. However, traditional bulk mixing methods often suffer from limitations in reproducibility and homogeneity. In this study, we developed a coaxial turbulent jet mixer for the large-scale synthesis of nanoparticles. The coaxial turbulent jet mixer utilizes turbulent flow to rapidly precipitate nanoparticles, resulting in smaller and more homogeneous nanoparticles compared to conventional bulk mixing methods. Furthermore, the size of the nanoparticles can be finely tuned by adjusting the Reynolds number. Our results demonstrate that the coaxial turbulent jet mixer offers superior homogeneity and reproducibility compared to bulk mixing methods. Additionally, it shows promise for drug delivery applications by enabling controlled release of loaded drugs. Overall, our findings highlight the coaxial turbulent jet mixer as a reliable and efficient tool for scalable nanoparticle synthesis, with potential applications in drug delivery.

**SS15-6 | 생체의학 분야를 위한 온도 반응성 나노 약물 전달 시스템 개발**

*최원일[1], 이진실[1]
[1]한국세라믹기술원

The small molecule drugs have some restrictions, such as non-specificity and insufficient half-life. To overcome the restrictions, nano drug delivery systems (nano-DDS) have encapsulated the small molecule drug through hydrophobic interaction and non-covalent interaction, resulting in increased stability and solubility, accumulation through EPR effect, long durability, and

enhanced efficacy through targeting. However, the nano-DDS is until challenge in low loading efficiency, drug leakage, toxicity, and limited scale up. Therefore, we developed thermo-sensitive PLA based nanoparticle (PLA: core; PF127: shell) for commercialization and overcoming the previous nano-DDS. Through the PLA based nanoparticle, we observed in various biomedical approaches such as advanced anticancer chemotherapeutic efficacy, anti-aging, and vaccination.

### SS15-7 | 기능성 셀룰로오스 나노소재 제작 및 바이오헬스케어 소재로의 가능성 연구

*이호익[1]
[1]한국생산기술연구원

Cellulose, one of abundant and eco-friendly natural polymeric materials, is considered a promising biomaterial platform owing to its outstanding intrinsic mechanical, chemical, and biological properties, which make it useful and advantageous for a wide range of applications, including medical engineering, paper engineering, and technology. However, cellulose is characterized by strong inter- and intra- chain hydrogen bonding, making it difficult to dissolve in common solvent system. To address this issue, we propose the versatile and facile route to translate cellulose acetate to cellulose using simple deacethylation. By adopting this strategy, various cellulose applications such as membrane filtration, or microbead synthesis could be proposed. Herein, we summarize these applications and the impact of the deacethylation of cellulose acetate to expand the potential and applicability of cellulose materials.

### SS15-8 | 유연성이 우수한 세라믹 나노섬유 소재의 개발 및 응용

*이종만[1,2], 하장훈[2], 이홍주[2], 송인혁[1,2]
[1]과학기술연합대학원대학교, [2]한국재료연구원

The development of flexible ceramic nanofibers has attracted much attention because they may be able to overcome the intrinsic brittleness and thus be applied towards air/water filtration media. Moreover, the pristine ceramic nanofibers can be coated with TiO2 using a sol-gel process. The TiO2 coating layer would improve the photocatalytic degradation ability. The ceramic nanofibers could be prepared through sol-gel, electrospinning, and calcination processes. The ceramic precursor solutions were mixed together and electrospun using an electrospinning device. The as-spun nanofibers were dried and calcined in air. For TiO2 coating, the pristine ceramic fibers were submerged in the TiO2 sol and rinsed. The TiO2-coated ceramic nanofibers were dried and calcined in air. Finally, they were evaluated with respect to physicochemical properties, membrane performance, and photocatalytic degradation. For the development of flexible ceramic nanofibers, the concentrations of ceramic precursors were adjusted so as to control two major parameters (grain size and fiber diameter, respectively). It was consequently revealed that smaller grain size and larger fiber diameter could increase the flexibility. The TiO2-coated ceramic fibers showed excellent adsorption/degradation of humic acid (HA, 88.2%), methylene blue (MB, 92.4%), and tetracycline (TC, 99.5%). Six recycling tests were performed to evaluate the reusability of the TiO2-coated ceramic nanofibers. The adsorption/degradation efficiency for HA, MB, and TC decreased by 3.7%, 2.8%, and 2.2%, respectively. As the ceramic precursor were increased, the nanofiber diameters increased, the specific surface area decreased, and the grain size decreased, thereby enhancing the flexibility of ceramic nanofibers. The TiO2-coated ceramic nanofibers were considered for two aspects: (1) the ability to simultaneously perform separation and degradation and (2) improving the efficiency of photocatalytic degradation.

## SS16 : AI-시뮬레이션기반소재설계

### SS16-1 | 딥러닝 기반 원자 단위 촉매 분석 및 신소재 발견

*구근호[1]
[1]한국에너지공과대학교

최근 10년간 인공지능을 활용하는 연구가 학계 전반적으로 활발히 진행되고 있다. 접근성이 좋은 이론 기반 연구 분야에서 눈에 띄는 적용 방법들이 발표되고 있는데, 한 분야로 인공지능을 계산 데이터베이스에 적용하여 계산화학을 촉진시키는 연구가 진행되고 있다. 본 발표에서는 기계학습으로 계산화학을 촉진을 함으로써 기존에는 할 수 없었던 새로운 전산 모사기법을 보여주고자 한다. 딥러닝 기법을 사용하면 간단한 표면에 집중되어 있던 촉매 메커니즘 연구를 넘어서 복잡한 촉매 표면에서 성능 발현 메커니즘을 이해할 수 있다. 또한, 기계학습과 베이지안 방법을 혼합하여 새로운 물질의 합성 가능성을 계산할 수 있고, 기계학습 포텐셜을 통해 기존에 스크리닝에 사용하기 어려웠던 성능 지표를 계산하여 새로운 기능군의 물질들도 스크리닝을 할 수 있다.

### SS16-3 | Data-Driven Strategy for Exploring Structure-Property-Synthesis Relations in Materials Chemical Space

*NOH Juhwan[1]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology

Design of new materials including both molecules and inorganic crystals with target functionality is an ultimate goal in various applications including drugs, photovoltaics, catalysts, and so on. However, the conventional trial-and-error-based approaches are resource-demanding, and thus many data-driven chemical researches have been proposed to accelerate discoveries. Initially, many data-driven strategies have been focused on learning structure-property relations for accelerated prediction of properties. Also, further efforts with deep generative models have particularly attracted significant attention in recent years because they could suggest new materials from the learned continuous representation of materials, so-called latent space. Despite promising results, there still exist challenges for the previous data-driven approaches. For example, for the predictive approach, requiring DFT-relaxed structures to make reliable predictions reduces the efficacy of the predictive model-based materials design. Also, for the generative approach, only a tiny fraction of the generated molecules is experimentally synthesized and validated its functionality. In this talk, therefore, I will present data-driven strategies for exploring structure-property-synthesis relations in materials chemical space including reliable property prediction and a generative model with the inclusion of synthesis information. Also, as a real example of utilizing the structure-property-synthesis relation, I will briefly present recent results on the closed-loop-based design of layered oxyhydride materials for effective filtering of iodate anion.

### SS16-4 | 인공지능 기반 에너지 소재 탐색 및 설계

*강준희[1]
[1]부산대학교

Machine learning (ML) effectively analyzes and forecasts the physical and chemical properties of materials by leveraging extensive databases. With nanoscale manipulation gaining significance across various material science and engineering fields, there's a growing demand to predict atomic-level phenomena using ML. While traditional methods like density functional theory (DFT) can only predict nanostructure characteristics under simplified conditions, they incur high computational costs. Nonetheless, DFT outcomes underscore the significance of accurate structural information, such as atomic arrangement and coordination number, in predicting physicochemical properties. Hence, there's a pressing need to develop force fields (FF) capable of swiftly and precisely forecasting nano-level structural changes. This presentation highlights the successful development of ML-FFs for nanomaterials using high-dimensional neural network potentials (NNPs) and Gaussian processes (GP). Leveraging databases generated by DFT calculations and ab-initio molecular dynamics (AIMD) simulations, this computationally efficient and accurate ML-FF approach offers insights into the physical properties and design principles of high-performance nanomaterials.

### SS16-5 | Introduction to SevenNet

박유택[1], 김재선[1], 황승우[1], 김지수[1], *한승우[1]
[1]서울대학교

Neural network potentials (NNPs) enable the development of interatomic potentials that achieve the accuracy of density functional theory (DFT) calculations with significantly faster computation speeds by learning from data calculated by DFT. However, existing approaches have been limited to specific chemical species, requiring researchers to invest considerable resources in manually curating suitable training data based on domain knowledge, according to the objectives of their simulations. To overcome this, recent studies have focused on developing and utilizing foundation models trained on large-scale DFT datasets for general purposes. In this context, we introduce SevenNet-0, a foundational model developed using our in-house graph neural network (GNN)-based NNP code, SevenNet. SevenNet-0 has been trained on approximately 160,000 crystal datasets from the Materials Project, demonstrating an error of 24 meV/atom for the test set. Subsequently, we have applied SevenNet-0 to a wide range of applications, including structural energy comparisons of crystals, Li diffusion coefficients in Argyrodite materials, vacancy formation energy in the Pt-Co system, surface energy of metal oxides, and adsorption reactions on various surfaces, among others, exploring many cases to demonstrate its versatility and effectiveness.

### SS16-6 | Computational Design and Experimental Verification of New Electrocatalysts for Oxygen Reduction Reaction

*KIM Byung-Hyun[1]
[1]Hanyang University

The search for sustainable and environmentally friendly energy solutions is critical, moving away from fossil fuels to innovative technologies such as solar, wind, energy storage and the use of hydrogen. Achieving carbon neutrality through this transition requires the creation of new materials known for their exceptional performance, efficiency, and eco-friendliness that overcome the limitations of current energy options. Computational materials science has emerged as a critical factor in identifying and enhancing the properties of materials for improved performance. The increasing number of new energy materials developed using computational materials science underscores its essential contribution to the advancement of renewable energy studies. In this talk, we'll discuss a computational approach to creating an improved catalyst for the oxygen reduction reaction (ORR). This approach utilizes the combined strengths of density functional theory (DFT) for prediction, material selection through data analysis, and practical methods for material synthesis and verifications. Through extensive DFT calculations and detailed data analysis, we identified potential metal candidates capable of significantly enhancing ORR performance when added to or combined with 2D transition metal dichalcogenides. This led to the proposal of a new reaction pathway to improve ORR efficiency. After successfully fabricating these metal-enhanced 2D materials, we conducted thorough studies, including operando electrochemical and surface analysis, and additional DFT research. These steps were critical in confirming the proposed reaction pathway and improving our understanding of the structure-property interplay. The results of this research may shed light on new possibilities for designing materials in various energy technologies.

### SS16-7 | 다중물리 연속체 시뮬레이션을 활용한 기업지원 사례 소개

*장훈수[1]
[1]한국세라믹기술원

원자나 전자 단위에서 수행되는 제일원리 시뮬레이션이나 분자동역학 시뮬레이션과 달리 유한요소법, 유한체적법, 유한차분법으로 대표되는 연속체 시뮬레이션 기술은 체적 내의 고제나 유체 등의 구성요소들이 연속적인 에너지 전달을 하는 연속체 소재로 이루어져 있다는 관점의 시뮬레이션 기법이다. 따라서 길이, 시간, 질량 등의 물리량을 특수한 측정 장비의 도움없이 관측 가능한 스케일에서 모사가 가능하여, 완성품이나 부품의 성능, 제조 공정 모사와 같은 시뮬레이션이 가능하기 때문에 연구 목적 뿐 아니라 산업 현장의 설계 및 디지털트윈 기술을 위한 핵심 기술로 사용되고 있다. 연속체 시뮬레이션에서 물리적 현상을 모사하는 구성방정식의 적용에 따라 구조, 유체, 전자기, 열전달, 전기화학, 광학 등 다양한 분야에 적용을 하고 있으며, 나아가 각 물리현상을 결합한 다중물리 시뮬레이션을 통해 직접적인 관측으로부터 얻지 못한 동작 원리에 대한 이해를 얻을 수 있다. 본 발표에서는 한국세라믹기술원에서 가상공학 플랫폼 구축사업을 통해 이루어지고 있는 전자, 에너지, 바이오 등 세라믹소재 관련 시뮬레이션 적용 분야에 대한 소개와 더불어 실제 기업 지원 사례를 소개함으로써 산업 현장에서 시뮬레이션 기술을 어떻게 활용 할 수 있는지에 대한 소개를 하고자 한다.

### SS16-8 | Machine Learning-Driven Electrochemical Characterization for the Design of LIB Electrode Materials

*PARK Inchul[1]
[1]POSCO Holdings

This study presents a novel approach in the application of machine learning for predicting the electrochemical behavior of batteries. This research adopts a material-focused performance prediction methodology. The foundation of this work is the comprehensive analysis of data derived from tens of thousands of charge-discharge cycles of Li-rich layered oxide (LLO) within a single cell configuration. A pivotal accomplishment is the use of deconvolution techniques to isolate intrinsic material characteristics from the dataset, a key factor in boosting prediction accuracy and material understanding. Continuous monitoring of these properties over time facilitates not only the prediction of broad trends but also a nuanced insight into the dynamic electrochemical behavior of the materials. Further, the study explores the material's elemental composition ratios, enriching the predictive accuracy and understanding of intrinsic properties. Demonstrating a prediction accuracy exceeding 98%, the research validates the effectiveness of the machine learning models and the integrity of the dataset. This work impacts battery material design and optimization, presenting a scalable model for material analysis in battery technology through the lens of machine learning.

## SS17 : 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발

### SS17-1 | 차세대 화학센서 개발을 위한 인공 리셉터 개발

*최선진[1]
[1]한양대학교

The design of arterial selectors is the key to the selective

detection of chemical analytes for applications in environmental monitoring and disease diagnosis. For example, strong chemical interaction can be achieved between metal-chelated porphyrin-based selectors and heavy metal ions through the coordination chemistry, which results in large electrical signal changes upon interaction. To further improve the chemical sensing performance, we have developed artificial selectors decorating various functional groups. The selectors then functionalized onto an electrically conductive layer such as carbon nanotubes to transduce chemical interaction into an electrical signal. Here, I will introduce the recent research progress in designing various artificial selectors and their applications in chemiresistive-type sensors for the detections of anions and cations in solution.

**SS17-2 | 호흡 분석을 통한 질병 진단을 위한 가스 감지 소재 및 샘플링 장치 설계**

*윤지욱[1]
[1]전북대학교

Monitoring exhaled volatile organic compounds (i.e., breath analysis) is interesting since their concentrations are closely related to particular diseases such as diabetes, kidney dysfunction, etc. Especially when performed with compact breath analyzers, rapid disease screening or routine assessment for early-stage detection may be possible with a higher chance for patient recovery and reduced associated healthcare expenses. Oxide semiconductors are applicable for compact and affordable breath analyzers due to their high miniaturization potential and low production cost. However, to utilize the full potential, optimizing the sensing materials in terms of gas response, selectivity, and humidity interference and developing appropriate complementary systems (e.g., breath sampler) are essential. Herein, I propose novel strategies for designing ultra-sensitive, highly selective, and humidity-resistant oxide semiconductors; I also present a breath analysis setting combined with a breath sampler and an oxide semiconductor sensor.

**SS17-3 | High-Sensitivity Sensor Materials and Reliable Gas Sensor Technology for Low-Concentration Air Pollution Source Detection**

*KIM Sang-Joon[1,2]
[1]Korea Research Institute of Chemical Technology, [2]Korea National University of Science and Technology

This study delves into innovative sensor technology aimed at effectively detecting low-concentration airborne pollutants, addressing a critical challenge in environmental conservation and air quality monitoring. Low-concentration airborne pollutants, originating from diverse chemical and microbial sources, demand swift and accurate detection for fundamental environmental issue resolution. Employing a semiconductor-based resistance-type gas sensor, the research focuses on detecting changes in electrical resistance caused by gas adsorption and desorption. To implement sensor materials exhibiting high sensitivity and selectivity towards low-concentration target gases, the study explores the design and functionalization of highly reactive nano-particles. Additionally, a proposed technique involves the adsorption and concentration of low-concentration gases, followed by desorption, aiming to enhance the precision and reliability of the sensor. This process allows for effective gas sample concentration and reuse while maintaining sensor sensitivity, facilitating continuous and accurate atmospheric monitoring. The research anticipates significant advancements in the field of low-concentration airborne pollutant detection technology, actively contributing to environmental preservation and safety management.

**SS17-4 | 폭발성 수소 가스 누출 감지를 위한 3차원 구조 최적된 팔라듐 나노와이어 센서 시스**

*서민호[1]
[1]부산대학교

Hydrogen ($H_2$), as a clean energy source with high combustion energy and no carbon byproduct, has gained significant attention in the quest for green energy and environmental sustainability. However, its inherent flammability and explosiveness necessitate vigilant safety measures. Given hydrogen's small molecule size, it is prone to leakage, making the integration of hydrogen sensors essential in various applications, thus driving the demand for accessible and precise sensing systems. In pursuit of safe hydrogen utilization, the US Department of Energy has established performance standards that encompass critical parameters such as measurement (0.1~10%), accuracy (5% of full scale), selectivity (humid and hydrocarbon resistant), operating temperature (-20~80℃), lifetime (〉10 years), and response time (〈1 second). However, achieving compliance with all these requirements remains a formidable challenge. Palladium (Pd) has long been recognized as a promising sensing material for selective

hydrogen detection due to its reversible reactivity with hydrogen, forming palladium hydride (PdHx). However, a fundamental issue associated with Pd, stemming from the phase transition of PdHx contingent upon hydrogen concentration and catalytic properties, has hindered the fulfillment of response time, measurement range, and durability requirements. In this study, we introduce a novel structural approach that enables the development of high-performance Pd-based $H_2$ gas sensors. Through comprehensive investigations, spanning mechanical, thermodynamic, and thermal aspects, we engineer unique 3D Pd nanowire structures that exhibit exceptional sensitivity, durability, rapid response times, and device-level reliability. To practically realize these advancements, we employ conventional semiconductor-based micro-electromechanical systems (MEMS) fabrication techniques to fabricate the proposed sensor devices. Finally, we present electrical sensor platforms based on the developed devices, capable of wirelessly detecting $H_2$ gas leaks, thus enhancing safety and reliability in hydrogen applications.

### SS17-5 | Facile formation of highly aligned nanostructures by VLS-GLAD for high-performance gas sensor

*SHIM Young-Seok[1]
[1]Korea University of Technology and Education

In the era of the Fourth Industrial Revolution (4IR), sensors have emerged as indispensable elements. Among the various sensors, gas sensor has been extensively received a lot of attention in many applications due to it can provide numerous chemical information. Particularly, semiconductor gas sensors based on metal oxides (SMO) with simple operation, miniaturization, and cost-effectiveness have been considering as a strong candidate to applying to 4IR. In addition, SMO based on nanostructures can enhanced the gas sensing properties such as response and response/recovery time. Accordingly, a lot of researchers have studied and developed the fabrication methods for applying these nanostructures to gas sensor applications using various approaches. Despite their efforts, achieving large-area uniformity, reliability and reproducibility has still remained as a critical challenge. We thus addressed these limitations by employing a combination of glancing angle deposition (GLAD) and Vapor-Liquid-Solid (VLS) methods, resulting in the successful fabrication of various previously unreported nanostructures with uniformity. In this presentation, we will show the novel nanostructures and discuss their gas sensing characteristics.

### SS17-6 | 다파장 양자점 프로브 어레이를 이용한 miRNA 검출 바이오센서

*남태원[1]
[1]부산대학교

We herein describe a polychromatic quantum dot array (PQDA) to compose a community signal ensemble enabling accurate and precise quantification of miRNAs in a multiplexed manner. Advanced multicomponent ultrahighresolution patterning technique achieved by capsulationassisted transfer printing following self-assembly-based poly- (methyl methacrylate) (PMMA) patterning is utilized to manufacture the PQDA, which is designed to discharge a target miRNAs-specific set of fluorescent quantum dots (QDs) through the activity of duplex-specific nuclease (DSN). On the basis of the community signal ensemble produced by the discharged QD profiles, target miRNAs are very specifically identified down to a femtomolar level (1.27 fM) in a multiplexed manner over a wide dynamic range of up to 6 orders of magnitude. The practical diagnostic capability of this strategy is also demonstrated by reliably identifying breast cancer-specific miRNAs from heterogeneous cancer cell lysates.

## SS18 : 고온수전해 방식 그린/청정수소 생산 기술

### SS18-1 | 고온공전해 스택 운전제어를 통한 E-fuel용 합성가스 조성 최적화 연구

김상국[1], *안진수[1], 전남기[1], 안치규[1]
[1]포스코홀딩스

오늘날까지 방출된 이산화탄소($CO_2$)의 대기중 농도는 위험하리만큼 높아졌고, 현재 전세계적으로 심각한 기후 위기를 초래하고 있다. 이러한 이유로 많은 과학자들은 이 위기를 극복할 저탄소&신재생에너지 기술을 실현하고자 끊임없이 연구를 계속하고 있다. 이러한 와중, 고체산화물 전해 셀(SOEC)은 최근 미래의 청정에너지원인 수소($H_2$)를 효율적으로 생산하는 수단으로써 기술적으로 많은 주목을 받고 있다. SOEC 기술은 적은 전기 에너지로 $H_2$를 효율적으로 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 공전해를 통한 $CO_2$ 감소 공정에도 활용될 수 있다. 기존 SOEC 공정에 $CO_2$ 가스를 반응물로 넣어주면, E-연료 합성 원료로 활용될 수 있는 syn-gas($H_2$/CO)가 생성가스로 배출된다. 본 연구에서는 고온공전해 스택의 운전 조건을 다양하게 제어하여 배가스의 다양한 조성 변화($H_2$/CO/$CO_2$)를 확인하였다. 이 비율을 의도적으로 조절하면 Syn-gas를 E-연료 생산 공정에 직접적으로 활용할 수 있는 수치로까지 조절할 수 있었다. 이번 발표에서는 이러한 고온공전해의 결과와 더불어, 최근의 SOEC 시스템 연구 결과도 소개하고자 한다.

### SS18-2 | KIER의 고온수전해 전용 셀 및 스택 개발

*김선동[1], 최윤석[1], 박훈민[1]
[1]한국에너지기술연구원

전 세계적으로 지속 가능한 에너지에 대한 수요가 증가하고 있는 가운데, 재생 에너지나 원자력 에너지원을 활용하여 수소를 생산하는 수전해 기술이 주목받고 있다. 특히, 고온수전해(SOEC) 기술은 알칼리, PEM 또는 AEM 저온형(

### SS18-3 | 원자력 청정수소 현황과 상용화를 위한 과제

*박성태[1]
[1]한국수력원자력(주)

최근 탄소중립 달성의 시급성과 에너지 안보 이슈로 인해 화석연료는 점차 재생에너지, 수소와 같은 무탄소에너지원으로 대체가 예측되지만 우리나라와 같이 재생에너지가 부족한 국가들은 그린수소의 경제성을 확보하기 어려운 문제가 있다. 이를 해결하기 위한 대안으로 원자로에서 생산되는 전기와 열을 이용한 수소생산이 전 세계적으로 고려되고 있으며, 주요국은 이미 자국내 수소생산 계획에 원자력 청정수소를 반영하고 실증연구를 추진 중이다. 한국수력원자력 역시 원자력 청정수소 실증을 위해 지난 2년간 기반연구를 수행하였고 현재는 수소생산 플랜트 구축을 준비 중이다. 가동 원전과 수전해를 연계할 경우 원전 출력감발 필요시 수전해 출력을 제어하여 원자력 발전이 유연성 자원으로써 전력수급 균형을 유지할 수 있으며 전력계통 안정화에 기여할 수 있게 된다. 본 발표에서는 한국수력원자력의 주력사업과 연계한 청정수소 기술개발 현황을 소개하고 상용화를 위해 경제성이 확보된 대량의 수소를 안정적으로 생산하는 방안에 대해 논의하고자 한다.

Acknowlegment : 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 00234707)

### SS18-4 | 원자력 시스템 연계 고온수전해 수소생산 실험

*김신엽[1], 홍성덕[1], 박병하[1], 강경준[1], 김찬수[1]
[1]한국원자력연구원

고온수전해는 열역학적으로 수소 생산 효율이 높아 수소 대량생산에 활용될 차세대 기술로 각광받고 있다. 초고온가스로는 수소 대량 생산 시 요구되는 많은 양의 고온 열에너지를 원자력에너지로부터 공급할 수 있는 차세대 원자력 발전소 개념이다. 초고온가스로는 800도씨 이상의 냉각재 출구 온도를 가지며, 고체산화물 수전해 셀 스택에 고온의 증기와 공기를 효율적으로 공급할 수 있다. 본 연구에서는 초고온가스로를 모사한 헬륨루프로부터 열을 전달하여 고온의 증기와 공기를 생산하고, 이를 고온수전해 계통에 안정적으로 공급하는 시험 설비를 구축하였다. 해당 시험 설비는 증기의 상변화에 따른 유동 불안정성을 흡수하기 위한 증기발생기와, 증기와 공기를 동시에 고온으로 가열할 수 있는 다중흐름 열교환기를 통해 열을 전달한다. 고온으로 가열된 증기와 공기는 고체산화물 수전해 셀 스택 내부에서 수소를 생산하고, 부생 산소를 제거하는 데에 각각 이용된다. 본 연구에서는 6kW 고온수전해 계통에 헬륨루프를 연계하여 고온 증기/공기를 공급하고 이를 이용한 수소 생산을 실증하고자 하였다. 이를 통해, 헬륨루프를 연계한 수소 생산 시의 병합 효과 시험 자료를 생산하고, 초고온가스로를 이용한 고온수전해용 고온 증기/공기 생산 공급 전략을 검토하고자 하였다.

### SS18-5 | 고체산화물 수전해 기반 고효율 수소 생산 시스템

*강상규[1]
[1]서울대학교

고체산화물 수전해(Solid Oxide Electrolysis Cell, SOEC)는 700 ℃ 이상의 온도에서 운전되는 고온 수전해로, 저온 수전해에 비하여 상대적으로 높은 전기효율로 운전되며, 가역운전이 가능하기 때문에 전력수요에 대응하여 수소 생산과 활용 간에 유연한 대응이 가능하다. 따라서 잉여전력이 발생할 때에는 수전해 모드로 발전소 및 폐열원으로부터 전력 또는 열원을 제공받아 수소를 생산하고, 전력이 부족할 때는 수소 연료전지 모드로 전력 그리드와 산업군에 전력과 열을 제공할 수 있다. 그러나 고온의 운전온도에 도달하기 위해서는 많은 열이 필요하기 때문에 경제성을 확보하기 위해서는 외부 열원과의 연계는 필수적이다. 원자력, 지열 그리고 태양열 등의 고온의 열을 포함하는 발전소나 시멘트, 철강, 그리고 정유 등의 산업군에서 발생하는 스팀•폐열을 고온수전해와 연계한 고효율 통합 고온 수전해 시스템을 구성하여 시스템 효율을 향상시켜 경제성을 확보할 수 있다.  암모니아 및 e-fuel 등의 생산 공정에서의 폐열을 활용하여 열적 통합 시스템을 구성하면 수소생산 효율을 높일 뿐만 아니라, 낮은 체적 에너지 밀도의 수소를 높은 체적 에너지 밀도의 연료로 전환함으로써 수소저장 효율도 높일 수 있기 때문에 수소 생산과 저장 측면에서 경제성을 극대화할 수 있다.

### SS18-6 | Bi-functional atomic layer deposited catalyst for reversible solid oxide cells

*AN Jihwan[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

Reversible solid oxide cells (rSOCs) are energy conversion devices that generate electricity from hydrogen energy in the fuel cell mode and efficiently decompose steam into storable hydrogen fuel in the electrolysis mode, and is therefore essential component in hydrogen economy. Designing and fabricating highly active and thermally stable catalysts with minimal noble-metal loading is crucial for high performance reversible solid oxide cells. In this talk, the design and fabrication routes to employ highly active and thermally stable metal catalysts by using atomic layer deposition (ALD) are proposed. ALD is a variant of chemical vapor deposition and is known to produce atomically-intimate dense interface between substrate and catalyst; furthermore, the interface quality can be improved with

the adoption of more energetic reactant, e.g., plasma, in the ALD process. We share the examples of the application of ALD Ru and Pt catalysts with exteremly low loading amount (< 1nm in thickness) for rSOC's oxygen and fuel electrodes, respectively, and discuss their contribution to the realization of more efficient and stable rSOCs.

## SS19 : 지속가능발전목표 달성을 위한 여성세라미스트 심포지움

### SS19-1 | 육군기술기획과 국방 세라믹소재

*장은화[1], 김정근[1]
[1]육군미래혁신연구센터

현재 육군은 과학기술의 급격한 변화가 미래 전장의 판도를 뒤바꿀 것임을 자각하고 미래전을 준비하기 위해 국방혁신4.0과 연계하여 30년후 육군의 모습을 담은 장기 전략개념서 "육군비전 2050 수정1호"를 발간, Army TIGER 및 10대 Next Game Changer 핵심전력을 선정하여 미래전 준비를 위해 다방면으로 노력 중이다. 이와 같은 노력들이 결실을 맺기 위해서는 기획한 무기체계들이 적기에 전력화되어야 하며, 이를 위해 관련 핵심기술의 사전 확보가 필수적이다. 따라서 육군은 기술기획의 주도기관은 아니지만, 국방기술기획 체계속에서 자체적인 기술기획 업무체계를 정립하여, 육군이 기획한 무기체계가 필요로 하는 핵심기술을 제 때에 확보할 수 있도록 노력하고 있다. 국방 분야는 다른 분야와 달리 경량, 고강도의 높은 성능을 동시에 요구하는 무기체계의 특성 때문에 고도의 소재기술을 필요로 한다. 특히 극한환경에서 운용되는 무기체계가 제 기능을 발휘하도록 국방분야에서는 금속이나 세라믹 같은 강건한 소재가 쓰여왔고, 앞으로도 그럴 것이다. 기술의 발전에 따라 세라믹 소재로 구현할 수 있는 기능이 더 많아지면서 세라믹 소재의 국방 분야 적용범위는 더욱 넓어지고 있다. 국방분야에서 적용 및 연구개발 중인 세라믹 소재기술에 대해 알아보고, 무기체계의 고도화를 위해 앞으로 세라믹 소재가 적용되어야 할 기술분야에 대해서 살펴보고자 한다.

### SS19-2 | 다양한 소재 합성을 위한 Plasma-engineer의 계발과 신재생에너지에서의 활용

*LI Oi Lun Helena[1]
[1]부산대학교

Recently, frontier researches based on plasma engineering have been expanded to electrochemical energy storage systems and renewable energy conversions. This presentation discusses unique plasma-based chemical reactions to synthesize/ modify functional materials in the field of green energy applications. Unlike conventional syntheses based on polymerization or annealing process, plasma engineering allows direct synthesis carbon, metal and ceramic nanomaterials at ambient temperature and pressure. In addition, when applied in-situ ultrasonic homogenizer during plasma engineering, ultra-fine and dispersed metal nanoparticles or even single-atom doped metal in carbon or ceramic substrate were successfully synthesized. The design, synthesis and modelling of novel plasma engineering on various types of materials will be discussed as well as the current progress on the performance of these catalytic and electrode materials in Fuel cell, hydrogen production, seawater-based batteries and biodiesel synthesis. Finally, the future research directions, challenges, and opportunities of plasma engineering as a novel fast-throughput synthesis route will be discussed.

### SS19-3 | Synthesis of spherical ceramic granules and their application in materials for controlling heat transfer

*차현애[1]
[1]한국재료연구원

In recent times, the importance of thermal management, including heat dissipation and insulation, has significantly increased due to advances in technology, energy efficiency, and the growing demand for compact high-performance electronic devices. Effective thermal management not only enhances the reliability and lifespan of systems but also contributes to energy savings and sustainability. Ceramics offer advantages such as a wide range of thermal conductivity, thermal and chemical stability, and electrical insulation properties, making them valuable as thermal management materials in various industrial and technological applications. Spherical ceramics, in particular, are effective not only in increasing the heat dissipation performance by enhancing the filler packing density but also in forming porous structures in insulating ceramics. In this study, we controlled the morphology of spherical ceramics using a spray drying process. This is applied as porous yttria-stabilized zirconia foam, which has high thermal insulation properties. Additionally, we manufactured spherical ceramic fillers with high thermal conductivity by sintering magnesia at low temperatures using additives with moisture preventing layers. These fillers were then applied in a three-dimensional magnesia foam and epoxy composite to enhance thermal conductivity.

## SS20 : 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구

### SS20-1 | 유연 전자 및 에너지 응용을 위한 불소계 기반 고분자 개발

*배인성[1]
[1]한남대학교

Fluorinated polymers such as PVDF and PVDF-based copolymers are widely used in various fields due to their structural specificity, high dielectric constants, and benefits of structure control. In particular, the high dielectric constant and induced dipole moment resulting from the high electron affinity of fluorine atoms are extensively utilized in ferroelectric, piezoelectric, memory and energy applications.
In this study, we introduce research on the formation of structurally controlled films and membranes using fluorinated polymers. We developed transparent and flexible pressure sensor devices using PVDF-TrFE-CFE and ionic liquids, and by controlling the surface structure and roughness of polymer films, we achieved high sensitivity and a wide detection range. Additionally, we developed a technology demonstrating high ion conductivity and fuel cell performance by controlling the ion transport channel structure of proton exchange membranes using fluorinated PTFE-based Nafion polymers.

### SS20-2 | Water management of proton exchange membranes for durable operation of fuel cells

김승빈[1], 김다은[1], 이동준[1], *배인성[1]
[1]한남대학교

In proton exchange membrane fuel cells, hydration of the polymer electrolyte membrane plays an important role in proton transfer. However, there is a problem in that fuel cell performance deteriorates due to lack of moisture in high temperature and low humidity conditions. Therefore, it is necessary to develop a proton exchange membrane that can absorb and retain moisture. Membranes fabricated by introducing a metal-organic framework into the hydrocarbon-based sulfonated poly(etheretherketone), Nafion, have high thermal stability and can overcome sensitivity to moisture. Metal-organic framework composite membranes improve fuel cell performance by providing high thermal stability and improved moisture retention capacity. Additionally, the performance of the membrane can be improved by introducing carbon fiber, a material with excellent conductivity and mechanical strength, into the polymer membrane.

### SS20-3 | 고분자 강유전체 기반 다중 프로그래머블 전자 소자

*정범진[1]
[1]부산대학교

Ferroelectric polymers of high mechanical flexibility have been of wide interest in flexible electronics for realization of flexible memory and energy-harvesting devices. The unique electrical properties of the ferroelectric polymers further offer great opportunities for modulation of electrical behavior of various devices in multi-states and nonvolatile manner, leading to enhanced device performance and novel device functions. Here we present that such ferroelectric polymers can be used to solve an issue of ion transport in semiconductor devices. It will be discussed that the ion transport in perovskite semiconductors can be suppressed by ferroelectric polarization, and we can further exploit our strategy for fabricating neuromorphic memory devices. We also present our recent studies of various ferroelectric polymer devices, for instance, multifunctional optoelectronic devices such as nonvolatile electroluminescence memory.

## SS21 : 극한환경동작 기능성 세라믹 복합소재 연구

### SS21-1 | 2차원 금속 산화물 합성 및 반도체 저항식 가스 센서 응용

*최명식[1]
[1]경북대학교

현대 산업의 발전과 함께 일상 생활에서 다양한 유독 가스에 노출될 위험이 높아지고 있다. 주요 대기 오염 물질 중 하나인 이산화질소 (Nitrogen dioxide, $NO_2$) 가스는 적갈색의 산화성 가스이며, 인체에 노출되면 폐 기관에 심각한 영향을 미치고, 호흡기 문제, 기침, 피로, 눈 자극 및 메스꺼움을 유발한다. 또한, 스모그 및 산성비와 같은 심각한 자연재해를 일으킬 수 있다. 본 연구에서는 다양한 방법의 2차원 금속 산화물 소재 합성 방법(수열 합성법, 용매열 합성법, 기체-액체-고체 합성법 및 화염 화학적 기상 증착법 등)을 활용하여 나노시트, 다공성 나노시트, 금속 촉매가 적용된 나노시트, 탄소-금속산화물 복합 나노시트 등 다양한 형태 및 조성의 나노 소재 합성을 진행하였다. 이를 주사전자현미경, 투과전자현미경, X선 회절분석 및 X선 광전자 분광법 등 형상학적 및 결정학적 분석을 진행하였고, 합성된 소재를 이용하여 반도체 저항식 가스 센서 소자를 제작하여 가스 센싱 특성을 측정하였다. 상온 및 다습 환경에서 매우 높은 가스 감도와 빠른 센싱 속도를 가진 2차원 금속 산화물 나노 소재를 제시하였고, 새로운 형태의 가스 센싱 메커니즘에 대하여 논하였다.

**SS21-2 | 마찰전기 나노발전기의 출력 향상을 위한 기능화 유전체 연구**

*이재원[1]
[1]강원대학교

Recently, a newly designed energy-generating device named the triboelectric nanogenerator (TENG) was reported. Various types of TENGs have been demonstrated and proven as a highly efficient, simple, robust, and cost-effective technique for efficiently converting various mechanical energies. The rapidly increasing demand for intelligent electronic devices has triggered considerable interest in TENGs as renewable and sustainable power sources. The wide availability and high functionality of TENGs offer several practical applications. To increase the output power of TENGs, many efforts have been devoted to maximizing the charge density on the surfaces involved. These improvements have been based on triboelectric series with electronic and structural modifications in terms of materials aspect. In this presentation, we show some strategies for output power enhancement and high charge density that the materials should have as effective dielectrics.

**SS21-3 | 고엔트로피 합금의 수소확산 및 취성**

*이정훈[1]
[1](재)포항산업과학연구원

수소 에너지 상용화의 가장 큰 문제는 수소 공급망과 저장장치 부족이다. 수소를 효율적으로 저장하기 위해서는, 20K, 대기압 또는 매우 고압에서 액체 수소의 형태로 보관 해야 한다. 제작 및 보수설비 등을 모두 고려하면 금소재료가 가장 적절한 재료이다. 하지만 금속재료는 수소에 의해 기계적 성질이 열화 될 수 있으며, 매우 극한 환경에서 수소가 저장되기 때문에 저장탱크와 운송시스템에 사용되는 재료는 훌륭한 기계적 특성과 수소취성 저항성을 가져야 한다. 최근 고엔트로피합금이 극저온 환경의 새로운 금속 소재로 떠오른 것은 나노 크기의 쌍정이 형성돼 극저온 성질이 매우 우수한 것으로 알려져 있기 때문이다. 게다가, 일부 연구들은 최근 최근 고엔트로피합금이 수소 취성 저항성이 뛰어나다는 보고가 있었다. 본 연구에서는 최근 고엔트로피합금이 극저온 수소환경 적용에 대해 알아보기 위하여 수소확산 및 극저온 수소취성 거동을 분석 하였다.

**SS21-4 | 체온을 활용한 열에너지 하베스팅 소재 및 소자**

*박태현[1]
[1]충남대학교

사람이 자연적으로 생성하는 열에너지를 전기로 변환할 수 있는 기술은 유연하고 지속가능한 웨어러블 시스템 (디스플레이, 센서, 전자소자)에 대한 필요성이 대두되면서 주목을 받고 있습니다. 전자/홀의 열 확산을 활용한 웨어러블 전자 열전 재료의 성능은 괄목할만큼 향상되었지만 제벡 계수는 여전히 낮으며 (~100 $\mu V\ K^{-1}$), 따라서 실제로 적절한 출력 전압을 달성하기 위해서는 p/n 유형의 열전 소재를 연속적으로 연결해야 합니다. 이는 벌크한 소자 구조, 복잡한 추가 공정 등 유연 소자에 한계로 작용합니다. 향상된 제벡 계수를 달성하기 위해 이온을 활용한 열전 작동 메커니즘이 최근 보고 되었습니다. 산화/환원제가 없는 전해질에서 이온의 열 확산을 활용한 이온 열전 슈퍼커패시터 (Ionic Thermoelectric Supercapacitor, ITESC) 는 보통 $10mV\ K^{-1}$ 보다 높은 제벡 계수를 보여줍니다. 특히, 신축성 이온 전해질은 웨어러블 열에너지 하베스팅 소자 개발을 위해서 최근 활발히 연구되고 있지만 해당 연구들은 오직 신축성 전해질의 성능을 평면 구조에서 무기 전극으로 평가하였습니다. 이는 수직으로 발생하는 인체의 열을 활용하기 위한 웨어러블 ITESC 의 올바른 소자 구조가 아니며, 따라서 신축성 있는 전극/전해질 두개의 층이 수직으로 적층되어있는 ITESC 의 구현이 웨어러블 열에너지 하베스팅을 위해 반드시 필요합니다 하지만 이러한 ITESC 의 구현은 대기/열 안정성을 확보한 신축성 전해질 및 늘릴 수 있는 전극의 부재로 인해 아직 보고되지 않았습니다. 본 연구에서는 3 차원 고분자 네트워크와 비휘발성 이온성 액체로 이루어진 이온 열전 탄성체를 합성하였습니다. 해당 이온 열전 탄성체는 우수한 열/대기 안정성을 보일 뿐만 아니라 기계적으로 최대 1000% 이상 변형이 가능하였습니다. 또한, 상대습도 90%에서 $38.9mV\ K^{-1}$ 의 이온열전 계수와 이온 전도도 ($3.76\times10\text{-}1\ mS\ cm^{-1}$)를 보였으며 250%의 인장 상태에서도 초기 성능을 90% 이상 유지하였습니다 마지막으로 신축성 Au-$TiO_2$ 나노와이어를 유연한 PU 기판 위에 트랜스퍼하여 전해질 상/하부층에 도입한 전체 소자를 늘릴 수 있는 ITESC 를 개발하였습니다. 약 60%의 인장 상태에서도 효과적으로 외부 열 구배에 따라 하베스팅이 가능하기 때문에 잠재적으로 웨어러블 어플리케이션에 활용될 수 있는 ITESC 를 구현하였습니다.

**SS21-5 | 이차전지 원료 중간물 제조를 통한 순환 자원 재활용 공정**

*최준성[1], 박진균[1], 이병필[1], 우광선[1], 한길수[2]
[1](재)포항산업과학연구원, [2](주)영풍

최근 전기차 생산량이 급증함에 따라 고순도 유가금속 (Ni, Co, Mn)을 함유한 리튬 이온 배터리의 생산이 요구되고 있지만, 폐 리튬 이온 배터리 (EoL-LiB)의 발생량이 급증함에 따라 기존 재활용 방식의 환경문제에 대한 제고가 필요한 실정이다. 기존 습식 공정을 활용한 재활용 방식에서는 다변화되고 있는 순환 자원의 불순물 제거 및 고순도화를 위한 공정 변화 한계가 있다. 따라서, 대량생산이 가능한 건/습식 하이브리드 방식으로의 전환이 요구되며, 폐 리튬 이온 배터리(EoL-LiB)를 이용한 matte 제조 및 정제 기술에 관한 연구를 수행하였다. 다양한 순환 자원 (Black powder 및 촉매 잔사)에 포함된 유가금속 (Ni, Co)을 고온 제련 공정에 활용되는 용선을 활용하여 회수하였으며, 탄소 농도 별 순환 자원 종류에 따른 회수 거동을 FactSage 8.2™을 활용한 열역학적 계산과 비교 검토하였다. 유가금속 (Ni, Co)이

농축된 포집 금속은 농축제 및 산소 취련 반응을 통해 농축하였으며, 농축 금속은 유가금속 (Ni, Co) 품위가 향상된 matte로 제련되었다. 여기서 제련된 matte는 가압 침출 공정을 통해 유가금속 (Ni, Co) 이 포함된 수용액을 회수하였으며, Ni, Co 회수율은 침출 용액 중 ORP 및 pH와 깊은 관계가 있음을 확인하였으며, 잔사는 대부분 Fe2O3 형태로 존재하였다. 이후 침출액은 중화 정제 공정을 통해 Ni, Co 화합물로 고순도화 하였으며, 고순도 화합물 내 불순물 농도는 0.5% 미만으로 유지하였다. 순환 자원 활용 matte 제조 및 정제 공정 개발을 위해, 공정 Software (HSC, METSIM)를 활용하여 단계별 공정 조건을 수립하였으며 깊은 고찰을 논의하였다.

### SS21-6 | 외부 자극 감응형 열수확 이오노겔

*김병관[1]
[1]충남대학교

Novel materials such as thermally-responsive ionogels and advanced hydrogels are reshaping energy harvesting and clean energy conversion. Thermally-programmable ionogels, from ionic liquid-doped polymer films, display reversible phase transitions for swift transmittance switching at 65 °C. With a phase-controlled ionic Seebeck coefficient of -5.9 mV $K^{-1}$ at 80% RH, they excel in integrated wireless fire alarms. Transparent, self-healable hydrogels with biodegradable anions offer efficient energy conversion, enhanced by nanostructured conductive polymers for optimized carrier transport. Precise thermodiffusion monitoring through bisulfate-detecting fluorescence enhances their functionality. A wearable band-type thermoharvester, powered efficiently by these hydrogels at low temperature gradients, showcases their potential for LED applications. Additionally, the synthesis of n-type thermoelectric polymer clusters and organic hydrogels offers high-performance solutions. These materials, featuring transparent and self-healable properties, combined with mixed ionic-electronic conductors, promise versatile energy harvesting applications and efficient clean energy utilization.

## SS22 : 에너지 저장/변환용 세라믹스

### SS22-1 | 건식공정을 통해 기능화 된 고분산성 CarbonNanoTubes (CNTs) 도전재의 고출력 리튬 이온 배터리 적용

박다빈[1], 김석희[1], 하승훈[1], 오필건[2], *손윤국[1]
[1]조선대학교, [2]국립부경대학교

산업적 응용에 용이한 건식 볼밀링 공정에 의해 표면 기능화된 CNTs를 성공적으로 합성하였다. 볼밀 공정 시간의 조절에 따라 첨가된 드라이아이스에 의해 CNTs 표면에 유도된 카르복실 그룹의 함량 및 CNTs의 물리적/화학적 특성을 분석하여 최적의 조건을 확보하였다.
30초의 볼밀링 공정 샘플(CNTs-30s)은 전체 샘플 중 본연의 고전도도의 특성을 대부분 유지한 체 가장 많은 카르복실 그룹을 보유하면서 NMP 내 높은 분산도를 나타냈다.
이 샘플은 NCM622의 양극재가 포함된 양극의 도전재로 적용하여 실시된 전기화학적 성능 평가(rate capability, 5C/5C cyclability)에서 전극 구성 물질 사이의 잘 형성된 전도성 네트워크를 바탕으로 bare 샘플 및 다른 개질 샘플들에 비해 가장 우수한 특성을 나타냈다. 이러한 향상된 분산 특성 및 전기화학적 성능에 관해 표면 개질 공정시간에 따른 최적 표면 기능화 조건, 분산도 및 전극 특성을 FT-IR, Raman, Acid-base titration, 입도분석, FE-SEM을 통해 분석하고 전기화학적 성능과의 인과관계를 확인하였다. Key Words: Carbon Nano Tubes, Conductive Material, Dispersibility, Dry Process, Ball-Milling, Functionalized CNTs, Lithium-ion Battery
감사의 글 : 이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 램프(LAMP) 사업 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00285353).

### SS22-2 | 리튬금속배터리의 실현을 위한 무기/유기 이중층 구조의 리튬금속보호층 구현

*선세호[1], 김석준[1], 김태형[1]
[1]영남대학교

The energy density of current lithium-ion batteries (LIBs) systems has nearly reached its theoretical limit. Therefore, lithium metal batteries (LMBs) have attracted significant attention as a promising alternative to LIB systems. LMBs have been widely studied as a promising anode material because of their high energy density and low electrochemical potential compared to LIBs. Despite various advantages, practical use of LMBs has been insufficient due to the formation of an uneven solid electrolyte interphase (SEI) layer on the surface of the lithium metal electrode, leading to lithium dendrite growth, "dead" lithium formation, and increased polarization, which reduce the electrochemical performance and stability. Here, we introduce Li metal protection layers, which are evenly formed on the Li metal by a simple and scalable roll-pressing of Li metal and polytetrafuoroethylene (PTFE) films. Through roll-pressing, the PTFE and/or Li salts could react with Li metal resulting in reduced components such as LiF, $Li_2S$, and $Li_3N$. Additionally, the PTFE film, designed for high Li transport channel, provides excellent mechanical properties with the ceramic layer. The ceramic and polymer bi-layer exhibits excellent cycle retention with low average overpotential more than 60 cycles despite of the extremely thin Li metal (= 20 $\mu$m). Our findings suggest that the Li protection layer derived from PTFE

and simple roll-pressing process, exhibits significant potential as a lithium metal protection layer with lower overpotential and improved cycle life.

**SS22-3 | $Ti_3C_2T_x$ MXene nanosheets as promising interfacial materials for energy storage and conversion applications**

*BYUN Segi[1], LEE Dongju[2], SONH Sung Ho[3]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Chungbuk National University, [3]Kongju National University

The 2D nanomaterial titanium carbide-based MXene, with a composition of $Ti_3C_2T_x$, consists of an inorganic compound of Ti with a surface termination. It exhibits metallic conductivity, hydrophilicity, and a high specific surface area, which have garnered significant interest across a wide range of energy storage and conversion applications. Recently, it has been observed that $Ti_3C_2T_x$ MXenes, in collaboration with a photocatalyst, serve as effective 'interfacial materials' for photocatalytic water splitting when hybridized with photoactive catalysts such as graphitic carbon nitride ($g\text{-}C_3N_4$). This hybridization strategy enhances charge separation efficiency and photocatalytic activity by forming a heterojunction that acts as an electron reservoir, accelerating the separation of photo-induced charge carriers. Consequently, this results in a 3-fold increase in the photocatalytic $H_2$ production rate compared to pristine $g\text{-}C_3N_4$. Furthermore, $Ti_3C_2T_x$ MXene demonstrates potential utilization as a conductive agent in carbon nanofiber (CNF) or an interfacial supporter of a pseudocapacitive material such as $RuO_2$ in CNF/MXene/$RuO_2$ hybrids. The sheet size of MXene and the mass-loading of pseudocapacitive materials are crucial parameters for achieving improved electrochemical performance in hybrid-based electrochemical devices. These findings suggest that interfacial engineering with conductive MXene in photocatalysts or pseudocapacitive materials, employing an appropriate sheet size and proper mass-loading through a novel synthetic protocol, could significantly enhance the electrochemical performance of MXene-based hybrid materials in energy storage and conversion applications. This talk will delve into how $Ti_3C_2T_x$ MXenes can enhance the properties of hybrid materials in such applications. This work was supported by a National Research Council of Science & Technology (NST) grant by the Korean government (MSIT) (No. CAP22071-000).

**SS22-4 | 전고체 전지용 리튬화 나노 실리콘 음극의 전기화학적 특성**

*박현중[1], 탁희태[1], 오성빈[1], 임찬준[1]
[1]조선대학교

리튬 이온 전지는 용량에 따라 모바일 IT기기용 소형전지와 전기자동차 및 대용량 전기저장장치 등 광범위한 영역에 걸쳐 사용되고 있으며 최근 전기자동차용을 중심으로 시장이 급속하게 성장하고 있음. 그러나 리튬 이차전지는 가연성 액체 전해질로 인한 화재 및 폭발의 위험성으로 인해 한계에 직면해 있음. 차세대 배터리는 리튬이온전지의 문제점들을 극복할 수 있는 높은 이온전도성을 지닌 황화물계 고체 전해질 기반의 전고체 전지에 집중될 것으로 보임. 최근 충방전 시 큰 부피 변화로 인해 상용화에 어려움이 있었던 실리콘 음극에 대한 연구가 진행 중임. 본 연구에서는 나노 실리콘의 전기화학 특성을 향상시키기 위해 전기화학적으로 리튬화를 진행하여 전고체 전지에 적용하였음. 그 결과 대략 25% 리튬화 나노 실리콘의 경우 저항 감소와 함께 향상된 장기 수명 특성을 나타냄. 이는 리튬화로 인해 형성된 고체 전해질 계면층의 형성과 선리튬화로 인한 실리콘의 비정질화 및 부피 팽창의 억제로 인한 것으로 사료됨. 본 연구결과를 통해 전고체 전지용 실리콘 음극의 전기화학적 특성 향상을 위해 보호층 형성이 중요함을 알 수 있음.

## SS23 : 첨단 반도체 제조를 위한 공정용 세라믹 소재 부품 혁신

**SS23-1 | 반도체 공정용 세라믹 제조를 위한 적층 공정 기술**

*한윤수[1], 조준민[1]
[1]한국세라믹기술원

본 연구는 반도체 공정용 세라믹 부품의 제조를 위해 DLP (Digital Light Processing) 방식의 3D 적층 공정을 활용한 혁신적인 세라믹 제조 방법에 관한 것이다. DLP 기술은 광중합을 기반으로 한 고해상도 및 정밀한 제어를 가능하게 하여, 복잡한 미세유로 및 다양한 구조의 세라믹 부품을 정밀하게 제작할 수 있는 새로운 가능성을 열어준다. 본 연구에서는 특히 반도체 공정에서 요구되는 높은 정밀도와 복잡한 구조의 부품 제작을 위한 기초 공정에 초점을 맞추며, 이러한 기술의 적용으로 미세유로를 포함한 세라믹 부품의 제조가 가능함을 보여준다. 현재 사용 중인 3D 프린팅 기술을 통해 가능한 미세 유로의 최소 크기를 확인하고, 세라믹 3D 프린팅 과정에서 발생하는 균열 문제를 조성 변경을 통해 효과적으로 해결하였다. 제작된 세라믹 칩의 내부 구조 및 미세균열 유무는 Micro-CT를 통해 확인하였으며, 미세유로 유동 압력 측정시스템을 사용하여, 내부유로의 결함 유무를 비파괴로 검사할 수 있는 방법을 제시하였다. 이 결과로 3D 프린팅 기술을 이용한 세라믹 부품 제조가 반도체 공정용 부품 개발에 있어서 혁신적인 기술 도약이 가능함을 알 수 있었으며, 이는 반도체 산업뿐만 아니라 다양한 고정밀 제조 분야에서의 세라믹 부품 개발을 촉진할 것으로 기대된다.

### SS23-2 | 플라즈마 에칭된 세라믹 표면의 분화구 구조

*이재욱[1], 김은비[1], 김미주[1], 마호진[1], 김하늘[1], 고재웅[1], 박영조[1]
[1]한국재료연구원

$Al_2O_3$, $Y_2O_3$ 등의 세라믹을 플라즈마에서 에칭하고 나면 세라믹 표면에서 지름 수 마이크로미터 정도의 crater(분화구, 구덩이) 모양으로 움푹 파인 곳을 쉽게 발견할 수 있다. 명확히 밝혀진 바는 없지만 플라즈마 조건에 따라 입계가 파이기도 하고 crater가 형성되기도 하는 듯하다. 이러한 crater는 매끈한 표면보다 깊이 파였으므로 crater가 형성됐다는 것은 에칭이 빨라졌음을 의미하는 것으로 해석될 수 있고 따라서 많은 연구자가 표면의 crater 형성을 방지하는 방법을 찾고자 하였다. 대표적으로, 다수의 연구자들이 crater가 표면에 노출된 기공에서 시작된다고 의심하였고 실제로 완전치밀화된 세라믹의 표면에서는 crater가 발견되지 않거나 적게 발견된다고 보고하였다. 현재 내플라즈마 부품을 개발하는 대부분의 기업체나 연구소가 상대밀도 100%에 가까운 벌크나 코팅층을 제조하려는 것도 이처럼 기공이 crater 형성을 통해 에칭 속도를 높인다는 의심에 기인한 면이 많다. 하지만 crater 형성과정이나 그 역할에 대한 기본적인 질문들이 아직 남아 있다. 우선, 기공률(또는 소결 밀도)과 crater 개수의 상관관계가 명확하지 않다. 기공률이 높을수록 crater가 많이 생길 것 같지만, 현재까지 대부분의 연구에서는 상대밀도 97% 이상의 소결체들 즉, 밀도 차이가 3%에 불과한 시편들만을 대상으로 비교가 이루어져 오차에 비해 그 차이나 경향성이 뚜렷하지 않았다. 동일한 이유 때문에 기공률과 에칭 속도의 관계도 명확히 드러나지 않았다. 또 crater가 에칭 속도를 왜 높이는지, 또 얼마나 높이는지 설명된 바 없다. crater 밑바닥이 매끈한 면보다 깊다는 이유 때문에 또는 측정된 에칭 깊이가 crater가 많을수록 크다는 이유 때문에 crater가 에칭 속도를 높인다고 알려져 있지만 좀 더 논리적인 설명이 필요해 보인다. 이러한 기본적인 질문들에 답하기 위해서 본 연구에서는 상대밀도 75%의 저밀도 시편을 포함한 다수의 시편을 제조해 플라즈마 에칭하고 그 표면에 형성된 crater 구조를 관찰하였다. 75% 저밀도 시편을 포함해 95, 99, 100%의 소결체를 제조하였고 시편 종류는 $Al_2O_3$, $Y_2O_3$, $Y_3Al_5O_{12}$(YAG) 등 세 가지를 선택하였으며 플라즈마 가스의 $Ar/CF_4$ 비율도 변화시켰다. 실험 결과, 모든 시편에서 crater가 관찰되었고 시편의 소결 밀도에 따라 crater 개수와 crater의 크기가 달라졌다. 특정 시편에서 특이한 형상의 crater가 발견되기도 했고 crater 들의 특이한 배열이 나타나기도 했다. 상대밀도에 따른 crater 개수와 에칭 속도를 정리하였고 이를 토대로 crater의 역할에 대한 간단한 모델도 제시하였다. 아울러 소재 종류와 가스 조성에 따른 에칭 거동의 차이도 분석하였다.

### SS23-3 | 고밀도 AlN 확보를 위한 최신 소결 기술 적용 가능성 탐구

*조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

Advanced sintering techniques including flash sintering and ultrafast high-temperature sintering can consolidate ceramics in a rapid manner with much lower energy consumption than the conventional firing, by utilizing fast heating rates. However, the application of these techniques for densifying aluminum nitride remains poorly explored. This presentation aims to evaluate the possibility of employing these innovative techniques for the densification of aluminum nitride ceramics with a sintering additive of yttria. The presentation will explore the microstructure evolutions and mechanical properties of aluminum nitride processed through flash sintering and ultrafast high-temperature sintering.

### SS23-4 | 반도체 내플라즈마 세라믹 소재 정량화 평가방법 연구

*이효창[1], 김정형[2], 박찬원[2], 김성현[2], 채길병[3], 이성민[4]
[1]한국항공대학교, [2]한국표준과학연구원, [3]한국원자력연구원, [4]한국세라믹기술원

반도체 공정장비의 내벽 소재는 주로 세라믹으로 되어 있으며, 반도체 공정에 널리 사용되고 있는 플라즈마와 세라믹 소재부품의 상호작용으로 생성된 부산물과 플라즈마 변화가 반도체 수율에 큰 영향을 주고 있다. 본 발표는 세라믹 소재 및 부품의 개발 초기 단계에서 세라믹 소재의 내플라즈마 특성을 정량화할 수 있는 방법에 관한 연구 내용이다. 플라즈마 변수 정량화에 따른 세라믹 소재의 마모도를 평가하고, 생성된 오염입자의 측정도 포함되어 있다.

## SS24 : 산화물 기반 차세대 전고상 이차전지 제작 한계 극복 연구

### SS24-1 | 산화물 기반 전고상 이차전지 구현을 위한 연구 동향

*이석희[1]
[1]한국세라믹기술원

All-solid-state batteries (ASSBs) are expected to become the next-generation power sources because of their safety, reliability, high energy density, and incombustibility. The ASSBs using oxide-based solid electrolytes can operate in the form of thin-film batteries with thicknesses of 10 $\mu$m. Therefore, the main challenge facing ASSBs to enhance the surface capacity influenced by the thickness of the electrode. However, many attempts to increase the electrode thickness have not been successful because of strong kinetic limitations due to the low mobility of the ions and electrons in the increased electrode. In addition, the high-temperature sintering to fabricate the electrode affects the formation of secondary phases in the electrode composed of active materials and solid electrolytes. In this talk, I will introduce recent literature and my study about the fabrication process to make the electrode for the ASSBs.

### SS24-2 | 가넷계 LLZ 고체전해질 합성 및 제조 안정화 연구

백승욱[1], *김정현[2], 배진희[1], 김화정[1], 박혁준[1], 이석희[3]
[1]한국표준과학연구원, [2]국립한밭대학교, [3]한국세라믹기술원

가넷계 LLZ(Li-La-Zr) 고체전해질은 리튬금속을 음극으로 도입할 수 있는 비교적 넓은 전기화학적 안정창과 높은 리튬이온전도도로 인해 오랜기간 유망한 산화물계 고체전해질로 평가받고 있다. 합성단계에서의 안정한 큐빅상 형성과 높은 소결밀도의 치밀한 소결체 제조가 까다롭고 수분에 취약한 문제로 합성과 제조에 난이도가 높다는 점이 LLZ 고체전해질의 한계로 여겨진다. 본 연구에서는 가넷계 LLZ 고체전해질의 합성과 제조 단계에서 직면하게 되는 다양한 이슈를 집어보고, 고품질의 고체전해질 합성 및 제조, 생산, 산화물계 풀셀 적용을 위한 방안을 토의해 본다.

### SS24-3 | 이종원소 및 소결 보조제 도입을 통한 NASICON 전해질의 이온전도도 및 밀도 향상

장일섭[1,2], *천진녕[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

고체 전해질은 이차전지의 안전성과 내구성을 향상시키기 위해 액체 전해질의 대안으로 높은 주목을 받고 있다. 일반적으로 $Na_{1+x}Zr_2Si_xP_{3-x}O_{12}$ $(0\leq x\leq 3)$의 화학식으로 표시되는 NASICON 화합물은 대표적인 나트륨 이온전도성 세라믹으로 알려져 있으며 공기뿐만 아니라 해수에서도 화학적으로 안정하고 넓은 전기화학적 창을 나타낸다. 그러나 NASICON 화합물의 이온전도도는 일반적인 액체 전해질에 비해 상대적으로 낮아 전기화학적 성능이 좋지 않다. 이에 본 연구진은 NASICON의 이온전도도와 밀도를 향상시키기 위한 두가지의 접근 방법으로 연구를 진행하였다. 첫번째로는 이종원소를 통한 도핑방법으로 NASICON 화합물에서 $Zr^{4+}$를 대체하는 이종 도펀트로 $Mg^{2+}$를 이용하여 결정구조, 표면형태 및 2차상의 형성에 미치는 영향을 분석하고, vA(von-Alpen-type)-NASICON의 이온전도도에 미치는 영향을 연구하였다. $Mg^{2+}$ 도입의 영향으로 표면 확산계수를 향상시키고 치밀화 속도를 높여 결정 성장을 촉진할 수 있다. 최적의 Mg 도핑으로 합성된 vA-NASICON은 도핑되지 않은 vA-NASICON(2.03 mS/cm)에 비해 3.64 mS/cm의 더 높은 이온전도도를 나타내었다. 두번째로는 NASICON 화합물의 높은 이온전도성을 발현하기 위해서는 높은 소결 온도와 긴 소결 시간을 통해 치밀화 하는 것이 필요하여, 이를 개선하기 위해 낮은 소결 온도와 짧은 소결 시간으로 높은 이온전도도와 밀도를 달성하기 위한 소결 보조제 도입 연구를 진행하였다. vA-NASICON용 소결 보조제로 도자기 유약성분인 glass-frit를 첨가하여 세라믹 매트릭스의 소결성을 촉진하고 치밀화 소결 온도를 낮출 수 있었다. vA-NASICON은 glass-frit과의 일반적인 고상 반응을 통해 제조되었으며, 기존 방법에 비해 낮은 온도와 짧은 시간(1200 ℃, 1 h)으로 소결이 진행되었음에도 불구하고, glass-frit를 첨가하지 않은 NASICON(0.4 mS/cm)에 비해 2.36 mS/cm의 더 높은 이온전도도를 나타내었다. 이번 연구를 통해 저비용으로 대량 공급이 가능한 glass-frit이 소결 보조제로 활용될 수 있음을 확인하고, 향후 고성능 나트륨 이온전도성 NASICON 기반 고체 전해질 개발에 큰 영향을 미칠 것으로 기대된다.

### SS24-4 | MLC(mulit-Later-Ceramic) 공정을 이용한 산화물 기반 MLCB 개발

정형욱[1], *윤성만[1]
[1](주)이노시엠

MLC(Multi-Layer-Ceramic) 공정을 이용하여 산화물계 전고체배터리를 제조하였으며 공정 조건에 따른 전고체배터리 충방전 특성을 비교 하였다. 산화물계 고체전해질은 Tape-casting 방법으로 sheet 두께 15 ~ 100um까지 성형하였으며 양극재, 음극재로 사용되는 산화물은 Tape-casting 또는 인쇄 방법으로 5 ~ 30um 두께로 제작 한 후 Stacking 공정을 거쳐 동시 소성(Co-fired)하였다. 소성이 완료된 모노셀은 임피던스 측정 및 SEM을 이용한 각 계면상태 및 미세구조를 확인하였으며 산화물계 전고체배터리 대량 생산을 위한 기본 제조 공정을 확립하였다.

## SS25 : 인공지능 / 빅데이터 기반 엔지니어링세라믹 물성의 특이점 추구 연구테마 발굴

### SS25-1 | 전구체 및 열분해 공정에 따른 고분자 유래 SiOC의 조성, 특성 예측을 위한 데이터 기반 연구

*조의제[1]
[1]순천대학교

Silicon oxycarbide (SiOC)는 고분자 유래 세라믹의 한 종류로, 고분자 전구체의 분자 단위 세라믹 변환을 통해 균일한 미세조직을 형성할 수 있다. 또한, 전구체의 조성과 공정 조건에 따라 $SiO_xC_{4-x}$, $SiO_2$, SiC 상과 나노/마이크로 구조의 제어가 용이해 설계 유연성도 높다. 이러한 SiOC 재료의 최종 조성과 구조 및 특성은 다른 분자구조/화학결합/조성을 가지는 전구체, 가교/열분해 조건, 첨가제에 영향을 받는다고 알려져 있다. 하지만 가교 및 열분해 과정에서 다양한 화학 반응과 결합의 재배치, 상 변태 및 형성이 동시에 일어나므로, 실험을 통해서 고분자 전구체/공정 조건과 최종 SiOC 재료의 미세조직/특성의 연관성을 이해하기엔 어려운 점이 존재한다. 본 연구에서는 데이터 기반의 재료정보학적 접근법을 통해 이러한 연관성을 분석하고, 고분자 전구체 및 공정조건에 따른 최종 SiOC 재료의 조성과 특성을 예측하였다. 상관관계 분석을 통해 특성과 조성에 큰 영향을 미치는 인자들을 선별하고, 이 인자들을 사용하여 SiOC의 조성과 특성 예측에 높은 정확성을 나타내는 머신러닝 모델을 개발하였다. 본 연구에서 제안한 접근법은 다양한 고분자 유래 세라믹의 조성 및 특성 예측에 활용할 수 있을 것이다.

### SS25-2 | 전주기 데이터를 활용한 엔지니어링세라믹의 물성 예측 및 탐색

*류가애[1]
[1]한국세라믹기술원

엔지니어링 세라믹스는 그들의 우수한 기계적, 열적, 전기적 성질

로 인해 현대 고성능 재료의 필수적인 구성 요소가 되었다. 그러나 이러한 재료들의 복잡하고 다양한 물성은 종종 예측 불가능한 한계를 가지고 있고, 이는 전통적인 실험적 접근 방식만으로는 충분히 극복하기에 어려움이 있다. 본 발표에서는 인공지능과 빅데이터 분석을 통합하여, 이러한 세라믹 소재의 물성 특징을 식별하고 예측하는 연구 방법론을 제시한다.
이 연구는 원료-조성-공정-물성간의 실험 데이터셋을 분석하여, 세라믹 소재의 물성 간 복잡한 상호작용을 규명하고, 소재의 성능을 최적화하는 데 필요한 가이드라인을 제공한다. 우리는 특히 인공 신경망과 결정 트리를 포함한 기계 학습 모델을 사용하여, 데이터에서 숨겨진 패턴을 발견하고, 물성의 비선형적 특성과 특이점을 예측한다.
예측 결과를 통해 인공지능과 빅데이터 분석이 세라믹 소재의 이해와 설계를 개선할 수 있음을 보여준다. 이는 세라믹스 설계와 개발 과정에 있어 기존의 한계를 극복하고, 성능과 신뢰성이 향상된 새로운 세라믹 소재의 개발을 가능하게 만든다. 본 발표는 인공지능과 빅데이터가 재료 과학, 특히 엔지니어링 세라믹스의 연구 및 개발에 어떠한 결과를 제공할 수 있는지에 대해 공유하고 이 분야의 미래 연구 방향을 제시하며, 세라믹 소재의 성능 극대화를 위한 새로운 방법을 제시한다.

### SS25-3 | 연구데이터 관리시스템 구축 및 인공지능 기반 연구데이터 자동분석 시스템(TIMs) 개발

*김세종[1], 임창동[1], 나주원[1], 정일동[1], 정은기[1]
[1]한국재료연구원

인공지능을 포함한 데이터 기반 연구방법이 재료 과학 분야에서 주목을 받게 되면서 연구 데이터, 그 중에서도 실험데이터의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 실험 데이터는 생산에 상당한 시간과 비용이 소요되기 때문에 대량으로 생산하기 어려우며, 대다수는 체계적으로 관리되지 않아 대규모 데이터 셋으로 축적되기 어렵다. 더군다나 실험데이터의 생성과 분석 과정은 신뢰성을 저하시킬 수 있는 요소들의 영향을 받기 쉽다. 대부분의 연구자가 작은 규모의 데이터 환경에 처해 있기 때문에 데이터 신뢰성은 더욱 중요해 지며, 이러한 위험을 제거하기 위한 노력이 필요하다. 따라서 재료 과학 분야에 데이터 기반 연구 방법을 더 넓게 적용하기 위해서는 실험 데이터를 체계적으로 수집하고 관리하는 시스템뿐만 아니라, 수집된 데이터의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 분석 시스템의 개발이 요구된다. 또한 소규모 데이터 환경에서도 효과적으로 작동하는 모델 개발이 필요하다. 본 발표에서는 재료연구원에서 체계적인 데이터 수집을 위해 개발 중인 연구 데이터 관리 시스템과 자체 개발 중인 인공지능 기반의 연구 데이터 자동 분석 프로그램 (TIMs), 그리고 소규모 데이터를 기반으로 한 자동 상 구분 프로그램을 소개하고자 한다.

### SS25-4 | 안전강화 노심을 위한 핵연료 및 제어봉 소재 개발

*임광영[1]
[1]한전원자력연료

지구온난화에 따른 전 세계적인 기후변화 극복 정책과 더불어 기저 전력인 원전의 필요성이 크게 대두되고 있으며, 이는 원전의 안전 대책 강화를 전제로 하고 있어, 노심의 안전을 확보하기 위한 핵연료 및 제어봉 소재 확보를 위해 주요 원자력 운영 국가들이 경쟁적으로 개발하고 있다. 본 연구는 사고저항성 핵연료(ATF) 상용화 기술과 제어봉용 중성자 흡수체, 중장기 적용을 위한 열전도도향상 핵연료 및 TRISO-SiC 핵연료 기술에 대해 수행하였다. 주요 결과로는 LAS doped UO2는 PCI 완화에 크게 개선되는 효과와 희토류 기반의 제어봉용 중성자흡수체의 수화학안전성을 개선하였고, 30% 이상 향상된 핵연료를 통한 안전성능 개선 및 TRISO-SiC의 고온산화저항성능을 개선하였으며, 향후 원전에 적용하기 위한 기반 기술로서, 노내 조사된 DB 구축을 바탕으로 인공지능 및 빅데이터를 활용하여 안전 및 성능 해석이 가능할 수 있도록 진보된 설계 기술이 적용될 수 있다.

## SS26 : 다기능 구조세라믹스 연구회

### SS26-1 | 내열특성을 갖는 화학결합형 세라믹코팅제의 항공모함 적용

*권혁[1]
[1]주식회사 위드엠텍

화학결합형 세라믹코팅제의 기초 성능 내열특성을 활용한 전투기 이착륙시 발생되는 고온, 열풍 등의 화염으로부터 항공모함의 제트화염반사판(JBD)을 보호함과 동시에 염해부식을 차단함으로써 내구성과 유지보수에 의한 경제성을 향상시킬 수 있는 내열 세라믹코팅제의 적용

### SS26-2 | 규산소다 유리를 이용한 폴리우레탄 폼의 난연성능 개선

*김형준[1]
[1]한국세라믹기술원

경질 폴리우레탄(Polyurethane) 폼(Foam)의 난연 성능을 개선하기 위하여 외부에 규산소다 유리를 코팅하였다. 무기질인 규산소다 유리 코팅층이 적용된 우레탄폼의 콘칼로리메터의 열방출율(Heat release rate)은 급격히 감소하였다. 폴리우레탄 표면에 코팅된 규산소다 유리는 화염에 노출되었거나 가열되었을 때 유리화 반응과 미 탈출 수분에 의한 발포현상으로 인해 유리질 폼을 형성하게 된다. 폴리우레탄 폼 위에 형성된 유리질 폼은 단열층이 되어 10 min 이상 폴리우레탄 폼의 연소를 억제하였다. 이러한 결과에 따라서 규산소다 유리는 경질 폴리우레탄 폼의 난연 특성을 개선할 수 있음을 확인하였다.

### SS26-3 | 백운석 활용 마그네슘계 원료 제조 기술 개발

*최재석[1], 오은혜[1], 우서라[1], 김수희[1], 최성범[1]
[1](재)영월산업진흥원

산화마그네슘은 철강산업에서 내화물, 전기자동차용 배터리의 방열 필러 소재로 사용하는등 대한민국 산업에 매우 중요한 원료 중 하나이다. 하지만 마그네슘계 원료는 중국, 러시아, 북한 등에 편제되어 있어 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다. 최근 여러 가지 요인들에 의해 마그네슘계 소재들의 수급이 어려워지

고 있고, 가격 또한 상승을 하여 국내 산업에 여려움을 격고 있다. 따라서 수입 의존성을 탈피하기 위하여 국내 수급 대책을 마련할 필요가 있다. 마그네슘계 원료로는 마그네사이트, 해수, 백운석등이 있는데 강원도에는 고품위의 백운석이 수억톤 이상 매장되어있는것으로 알려져있다. 이러한 백운석을 활용하여 마그네슘계 원료의 제조 기술을 개발하고자 한다. 백운석의 품위에 따라 산화마그네슘 및 CMA를 만드는 공정을 진행하였고, 발생되는 이산화탄소를 활용하는 방안에 관해 연구를 진행하였다. 이를 XRD(X-ray diffraction)와 XRF(X-ray fluorescence)로 구성 성분과 함량을 분석하였다.

**SS26-4 | 열탄소질화환원공법을 통해 합성된 AlN분말의 2단계 열처리를 통한 잔존 탄소 제거**

조건희[1,2], 김유빈[1], 조한울[1], 피재환[1], *김정헌[1], *송태섭[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

열탄소질화환원법으로 합성된 AlN에는 카본이 다양한 형태로 합성되지 못하고 잔존해있다. 이는 AlN 소결체의 전기적 물성에 영향을 주며, 반도체 공정용 히터로 적용시 반도체 공정과정에서 불순물로 작용하게 된다. 이로 인해 AlN의 잔존 산소/탄소와 같은 불순물을 제거하여 고순도화 하는 공정이 필히 요구된다. AlN내의 잔존 탄소를 제거해주기 위해 공기 분위기에서 열처리하여 산화하여 카본을 제거한 후에 추가적으로 H2-N2 혼합가스를 통해 열처리하는 2단계의 공정을 통해 탈탄하는 실험을 진행했다. 이를 통해, 잔존탄소를 메테인을 포함한 탄화수소계열 가스로 변환시켜 제거되어 잔존탄소가 감소함을 확인하였다. 추가적으로 특정한 열처리 시간대가 넘어가게 되면 되려 잔존탄소가 증가함을 보였다. 이를 보완하기 위해 가스의 유량과 열처리 시간을 조절하여 메테인의 열분해 여부를 판단해 보았으며, mesophase가 합성됨을 열역학적 데이터를 참고하여 간접적으로 확인하였다.

**SS26-5 | Improvement of wafer surface roughness and polishing efficiency of the CMP process through $Fe_3O_4$@$SiO_2$ core-shell magnetic slurry particles**

KIM Youngseo[1], *AN Gye Seok[1]
[1]Kyonggi University

Chemical-Mechanical Planarization (CMP) is a process that utilizes both chemical and physical actions to reduce topography or remove unnecessary thin films, thus improving overall planarity. As design being smaller to pack more devices per unit area, CMP slurries have become crucial in ensuring precise material removal, uniform planarization, and compatibility with various materials. However, these single-particle slurries present challenges not only particle-induced damage and scratches on wafer surfaces, but also difficulties in removing impurities from recycled particles, making reuse challenging. These issues are directly linked to increased environmental and processing costs, hence there is a growing interest in research on CMP slurries to address these problems. Therefore, this study has conducted the synthesis of magnetic $Fe_3O_4$@$SiO_2$ core-shell nanoparticles to improve slurry particle recovery and polishing performance. Control of the silane precursor concentration has led to the formation of a uniform $SiO_2$ coating layer with thicknesses ranging from 10 to 60 nm. The polishing of the tungsten film can be enhanced chemically removal rate by the generation of numerous hydroxyl groups as surface oxidation progresses. $Fe_3O_4$@$SiO_2$ nanoparticles can induce a Fenton reaction between the core and hydrogen peroxide, demonstrating a higher removal rate than conventional $SiO_2$ particles. Additionally, the study compared the removal rate and surface roughness changes according to the thickness of the $SiO_2$ shell using reused slurry. Ultimately, the morphological analysis of the nanoparticles and the changes in polishing efficiency and wafer surface due to the reused slurry were quantitatively verified through analysis with FT-IR, TEM, and AFM.

**SS26-6 | High pressure thermal evaporation을 이용한 Nanoporous structure Copper oxide gas sensor 제작**

이수현[1], *유상우[1], 안계석[1], 백정민[2], 진설송[2]
[1]경기대학교, [2]성균관대학교

산업 및 일상에서의 가스 사용으로 인한 누출, 폭발 사고 등 가스와 관련된 안전 사고는 지속적으로 발생하고 있으며, 이러한 사고의 방지책 중 하나인 가스 센서의 수요는 계속해서 증가하는 추세이다. Nanoporous 구조 물질은 높은 비표면적으로 인해 큰 반응성을 가진다. 이러한 특성에 따라 촉매, 센서, 연료전지 등 다양한 분야에서 많은 관심을 받고 있으며, 특히 가스 센서에 적용 시 센서 감응도를 크게 증가시킬 수 있다. 본 연구에서는 가용성이 좋고, 전기적 특성이 우수해 가스 센서에 매우 유용한 소재인 Copper oxide를 Nanoporous 구조로 제작하여 반도체식 가스 센서에 적용하였다. Nanoporous 구조는 High pressure thermal evaporation을 이용해 핵 형성과 성장을 컨트롤하여 제작했으며, Furnace를 이용한 Air annealing을 통해 기공율을 유지한 Copper oxide를 제작했다. 만들어진 시편은 XRD 분석을 통해 Copper oxide 상을 확인했으며, SEM을 통해 Nanoporous 구조임을 확인하였다. 제작한 Copper oxide는 가스 센서에 적용시켜 환원성 가스 ($H_2S$, CO, $H_2$, $SO_2$)를 이용해 Gas sensing test를 진행했다. 결과적으로, 본 연구에서 제작한 Nanoporous Copper oxide 가스 센서는 p-type 가스 센서의 특성을 잘 나타냈으며, 기존의 Copper oxide 센서보다 우수한 응답을 보였다.

## SS27 : BK21소재혁신선도플랫폼연구단성과교류회

### SS27-1 | Composition Dependence of $Li_xSi$ on Chemo-mechanical Stability of Sulfide-based All-solid-state-batteries

KIM Min Ju[1], JEONG Yu Hong[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

Silicon (Si) is a promising anode material for all-solid-state-batteries (ASSBs) because of its high theoretical capacity (~3580mAh/g). Pre-lithiation is a strategy to mitigate the relative volume changes of Si anode due to pre-volume expansion [1]. In this study, we investigate the electrochemical performance of metastable $Li_xSi$ in the composition range of x = 4.4, 3.25, 2.33, 1.71, and 1.0 for sulfide-based ASSBs. Phase changes in Li-Si alloy were studied using XRD (X-ray diffraction) as a function of Li concentration. Electrical Properties in Li-Si alloy were studied using DC polarization and the Galvanostatic Intermittent Titration Technique (GITT). ASSBs were fabricated by successively die-pressing Li-Si alloy anode, sulfide electrolytes and sulfur composite cathode. During charge-discharge cycles, changes in polarization resistance in the anode was individually monitored using a three-electrode system of an embedded Indium reference electrode. Using Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry (TOF-SIMS), Li distribution was investigated as alloying and de-alloying in Li-Si anodes. The $Li_xSi$ alloy composition was evaluated for improving chemo-mechanical stability. [1] Domi, Y., Usui, H., Iwanari, D., & Sakaguchi, H. Effect of mechanical pre-lithiation on electrochemical performance of silicon negative electrode for lithium-ion batteries. Journal of The Electrochemical Society, 164(7), A1651. (2017).

### SS27-2 | Development of Exchange-bias in $Mn_2O_3$ -$Co_3O_4$ Core-Shell Nanocomposite

YADAV Naveen[1], KUMAR Akshay[1], KUMARI Kavita[1], SHARMA Mohit K.[1], PARK Sujeong[1], SAXENA Shivang[1], *KOO Bon Heun[1]
[1]Changwon National University

The phenomenon of exchange-bias has captured considerable scientific attention, offering insights into fundamental mechanisms and promising technological applications. This study showcases an intriguing methodology for inducing exchange-bias within antiferromagnetic constituents of $Mn_2O_3$ -$Co_3O_4$ nanocomposite through the integration of a ferrimagnetic $CoMn_2O_4$ phase. Utilizing a tailored chemical synthesis and precise thermal treatments, $CoMn_2O_4$ phase is achieved via $Co^{2+/3+}$ /$Mn^{3+/4+}$ cation exchange. XRD analysis verifies presence of each phase, while SEM and TEM images reveal core-shell type morphology. MT analysis exposes a Néel temperature of 86 K, showing considerable ZFC-FC magnetization divergence. The highest value of exchange-bias field ($H_{EB}$) is observed to be 2335 Oe at 50 K. Training effect measurements fitted with thermal relaxation model revealed the negligible reduction (0.53%) in the exchange-bias value. Enormous $H_{EB}$ and minor training effect values highlight material versatility for magnetic sensors, memory devices, and magneto-resistive reading heads.

### SS27-3 | 후열처리 조건 최적화를 통한 극저온 석유 수송용 ERW X70 강관 용접부 미세조직 변화 관찰 및 저온충격인성 향상

이찬희[1], *홍현욱[1], 백종민[1], 곽진섭[2], 전동현[2]
[1]국립창원대학교, [2]현대스틸파이프

본 연구에서는 극저온 석유수송용 전기저항용접(Electronic Resistance Welding, ERW) 강관의 용접부에 대한 Post Seam Annealing(PSA) 조건이 그 미세조직과 저온충격인성에 미치는 영향을 해석하고자 하였다. PSA를 적용하지 않은 as-weld 조건의 경우, 용접부에서 banitic ferrite가 관찰되었으며, 용접부인 bondline에서 Martencite Austenite constituent(M-A)가 pearlite와 함께 강관의 반경 방향에 평행하게 분포하는 것을 확인하였다. PSA가 적용된 강관의 경우, bondline 뿐만 아니라, Heat Affected Zone(HAZ) 영역에서 polygonal ferrite-pearlite 조직이 지배적으로 관찰되며, 특히 M-A가 약 1%의 분율로 관찰되었다. 이러한 M-A는 일반적으로 저온 환경에서 외부의 충격이 가해졌을 때, 그 계면에서 crack initiation을 일으키고, 주변으로 삼축 응력이 집중되도록 하여 BCC (100)면을 따라 벽개파단을 유발하는 등, 저온충격인성에 부정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 또한 이러한 M-A는 일반적으로 용접을 하였을 때, HAZ에서 형성되는 것으로 알려져 있으나, 본 연구의 ERW 강관에 대한 PSA는 A3온도 이상에서 normalizing을 하기 때문에, 용접부가 아니더라도, 후열처리의 영향을 받은 영역에 다수의 M-A가 형성될 수 있음이 확인되었다. 이러한 M-A는 후열처리 조건에 따라, 분율, 크기, 내부 조직 등이 달라질 수 있음을 확인하였고, Gleeble을 통한 후열처리 모사시험을 통해 PSA 조건에 따른 M-A 등의 미세조직 변화와 저온충격 인성의 변화를 관찰하였다. 이러한 일련의 연구들을 통해, PSA와 같은 후열처리 조건이 미세조직과 저온충격 특성에 미치는 영향을 체계적으로 파악하고, ERW 강관 용접부의 저온충격 향상을 유도하기 위한 방안을 제시하였다.

### SS27-4 | 내화/내진 H형강재의 복합 피로 시험을 통한 지진 후 화재 건전성 평가 및 피로 거동 고찰

한재연[1], 양철혁[1], 이봉호[2], 이창훈[3], 정준호[4], *홍현욱[1]
[1]국립창원대학교, [2]대구경북과학기술원, [3]한국재료연구원, [4]현대제철

최근 건축물의 대형, 고층화 경향에 따라 지진, 화재 등 재난 발생 시 안전 확보를 위해 전 세계적으로 건축물의 내진/내화 요구를 강화하고 있다. 또한 국내에서의 지진 발생 빈도 및 피해는 증가하는 추세로 그에 따른 지진 후 화재(Post-Earthquake Fire, PEF)의 위험성이 강조되고 있다. 지난 연구 결과를 바탕으로, 본 연구에서는 경화능 향상 원소인 Mo, Nb 및 MX석출물 형성에 용이한 Ti, V을 첨가한 베이나이트 강재(0.13Mo-0.05Nb-0.01Ti-0.06V)에 대한 반복 지진/화재 상황에서의 강재의 내화/내진 특성과 미세조직 분석에 따른 열화 거동을 고찰하고자 하였다. H형강재의 초기 미세조직 관찰 결과, 베이나이트 기지에 TiN 및 NbC 석출물이 관찰되었다. 상온 및 600 ℃에서 인장 시험을 통해 내진/내화 특성을 평가한 결과, 베이나이트 강재는 낮은 항복비와 상온 대비 600℃ 항복강도의 적은 감소 폭으로 인해 내진/내화강 기준을 모두 만족하는 것으로 확인되었다. 추가적으로 건축구조용 H형강의 반복 지진/화재 이후 강재의 재사용 및 유지보수 관점에서의 건전성을 평가하기 위해 상온 저주기 피로 시험(지진 상황 모사)과 600℃/2hr 열간노출(지진 후 화재 상황 모사)의 조합을 1회 실시한 뒤 파단까지 상온 저주기 피로 시험을 진행하였다. 그 결과 전위 회복 및 재배열에 인한 연화 과정이 지배적으로 나타난 상온 저주가 피로 시험재와 달리 복합 피로-열노출 시험재는 열간노출 이후 첫 번째 cycle에서 강도가 증가하였으며, 이후 피로 변형이 진행됨에 따라 급격한 연화 과정이 나타났다. 또한, 열화 과정을 겪었음에도 단순 상온 저주기 피로 시험의 피로 수명과 유사한 수명이 확인되었다. APT 분석 및 피로 Cycle 별 TEM 관찰을 통해 원인을 분석한 결과, 열간노출 동안 미세한 cluster 및 MX석출물이 기지 내부에 추가적으로 생성되었고 저주기 피로 시험이 재개됨에 따라 석출물과 전위 사이 상호 작용으로 강도가 증가한 것으로 확인되었다. 이후 피로 변형에 의해 조직 내부 전위 회복이 나타나 전위 소멸에 의한 전위 밀도의 감소가 강도 감소의 주된 원인으로 확인되었다. 유사한 피로 수명이 나타난 원인에 대해 분석하고자 피로 파단이 발생한 시편의 미세조직을 비교하였다. 그 결과 복합 피로-열노출 시험재는 상온 저주기 피로시험재 대비 cell structure의 형성이 뚜렷하지 않고 다소 높은 전위 밀도와 넓은 striation 간격을 가진 것으로 확인되었다. 또한 파면 분석 과정에서 개재물에 의한 파단은 확인되지 않았다. 이러한 결과들은 열노출로 인한 기지 내부 균일한 MX석출물의 추가 형성이 저주기 피로 시험 과정에서 피로 변형을 지연시켜 유사한 피로 수명을 나타나게 한 것으로 판단된다. 상기 연구 결과를 통해 Mo, Nb, Ti, V 첨가로 형성된 베이나이트 강재가 내진/내화 특성을 모두 만족하는 동시에 재사용 및 유지보수 측면의 건전성 평가에서도 효과적인 것을 확인하였다.

### SS27-5 | Study on the Microstructure of Thermal Barrier Coating for Ni-based Superalloy

BATTULGA Nomin-Erdene[1], *SHIN Keesam[1]
[1]Changwon National University

In the pursuit of higher working temperatures for internal combustion engines, thermal barrier coatings (TBC) have been emerged as a valuable solution for the increased lifespan of gas turbine blades. TBCs effectively maintain the elevated mechanical properties and offer oxidation-resistance, improving the overall functionality of these components at the high service temperature. In this study, air plasma sprayed (APS) YSZ double-ceramic layer TBC with NiCrCoAl bond coatings were thoroughly characterized after exposure to high temperatures for different times up to 1000h. Microstructural changes in the thermal barrier coatings, as a function of temperature and time, are reported. SEM EDX results show that thermally grown oxide (TGO) thickness increases with an increase of isothermal oxidation time, reaching a thickness of 5 $\mu$m after 500h at 1000 ° C. TGO structure developed from a single $Al_2O_3$ layer to a double-layer structure with Ni- and Cr-enriched oxides, which is known to accelerate crack generation and propagation. Keywords: TBC, high temperature, characterization, thermally grown oxide layer.

### SS27-6 | 불균일 초기 집합조직을 나타내는 Mg-10Gd 압출재의 기계적 특성 평가에 탄점소성 균일동등체 기반 다결정 모델 적용

이재성[1], *정영웅[1]
[1]국립창원대학교

마그네슘 합금에 대한 다양한 연구결과에서, 희토류 금속을 합금원소로 가지는 마그네슘 합금은 압연 및 압출과 같은 특정 공정에서 나타나는 잘 알려진 집합조직이 아닌 상이한 집합조직이 발달되는 것으로 보고되어왔다. 이러한 초기 집합조직은 이방성과 밀접한 연관이 있어, 기계적 특성을 평가함에 있어 주요한 인자 중 하나이다. 본 연구에서는 초기 집합조직과 슬립계를 고려하는 물리적 타당성이 높은 탄점소성 균일 동등체 기반 결정소성모델(△EVPSC[1])을 바탕으로 Mg-10Gd의 기계적 특성을 평가하였다. 초기 집합조직은 XRD 및 EBSD로부터 측정된 결과를 바탕으로 얻었으며, EBSD의 경우 압출방향에 수직인 단면에서 직경방향으로 측정하였다. 모델에서 재료의 경화거동을 설명하는 모델의 파라미터들은 간단한 일축 인장 및 압축 실험으로부터 얻은 유동 응력-변형률 선도에 최적화 맞춤 하여 결정되었다. 모델의 타당성 입증을 위해서 노치바 인장, 3점 굽힘, 그리고 C-ring 압축실험을 진행하였으며, 실험으로부터 얻은 힘-변위 선도와 모델 모사 결과 값을 비교하였다. 특히 C-ring 압축실험을 모사 시, 불균일 초기 집합조직 구배를 반영하기 위한 전산모사 방법이

마련되었다. 이외에도 3점 굽힘 실험이 진행된 시편의 단면을 EBSD 측정한 결과를 바탕으로 모델의 집합조직 발달 모사 타당성을 검증하였다.

[1] Y. Jeong, C.N. Tomé, An efficient elasto-visco-plastic self-consistent formulation: Application to steel subjected to loading path changes, Int J Plast. 135 (2020) 102812. https://doi.org/10.1016/J.IJPLAS. 2020.102812.

**SS27-7 | Microstructural Evolution of Ni-base Superalloy upon Aging at 850°C and 1000°C**

RENCHINDORJ odnyam[1], *BATTULGA Nomin-erdene[1], *SHIN Keesam[1]
[1]Changwon National University

This is a study about microstructural evolution of directionally solidified Ni-base superalloy upon heat-treatment at 850°C and 1000°C for various duration up to 5000h. The microstructures of the heat-treated specimens were studied by optical microscopy, scanning electron microscopy, energy dispersive spectroscopy, electron backscattered diffraction, and X-ray diffraction. In the interdendritic region, the eutectic phase, $M_{23}C_6$ carbides, and MC carbides were present. $M_{23}C_6$ carbides were also found in the dendrite edges and dendrite domain boundaries. While Chinese character-like and rod-shaped MC carbides contain mostly Ta, Ti, and W, 3 types of $M_{23}C_6$ carbides with different morphologies were found in the specimens: Mo-rich $(Mo,W,Cr,Ta)_{23}C_6$; W-rich $(W,Cr,Mo,Ta)_{23}C_6$ and Cr-rich $Cr_{21}(W,Mo)_2C_6$. Spherical Mo-rich $M_{23}C_6$ carbides were detected at the MC carbide edge. Rod-like W-rich $M_{23}C_6$ carbides were found in interdendrite and dendrite edge while irregular-shape Cr-rich $M_{23}C_6$ carbides were found in the dendrite edge region and dendrite boundary. After the heat-treatment, the dendrite region consisted of the cuboidal primary $\gamma'$ and spherical secondary $\gamma'$. Rafting was observed in the specimens of 1000°C heat-treatment. The average size of $\gamma'$ in the dendrite edge was larger than those in the dendrite core. The size of the $\gamma'$ increased with heat-treatment temperature and time, which is conceived to deteriorate mechanical properties.
Keywords: Ni-based superalloy, heat-treatment, carbides, $\gamma'$, microstructure.

**SS27-8 | MLCC 응용 동시소성 공정을 위한 KNN계 유전체 Sheet의 환원소결 거동**

황경미[1], 하송아[1], 박홍우[1], 이주현[2], 조욱[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]울산과학기술원

산업의 발달과 더불어 범세계적인 환경규제에 따라 전장용 MLCC (Multilayer Ceramic Capacitor)의 발전과 연구가 필수적인 가운데 기존 IT용 MLCC 보다 가혹한 환경(고온 및 고전압)에서의 더욱 높은 신뢰성과 안정성이 필요하다.따라서 본 연구에서는 비납계 Perovskite구조를 가지며 높은 상전이 온도를 가지는 KNN($(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$)계 유전체를 사용하여 보다 넓은 온도 범위와 높은 유전파괴전압을 가지는 고신뢰성 MLCC용 유전체의 동시소결 분위기를 연구하고자 하였다. 이 실험에서는 KNN계 유전체 파우더를 사용하여 테이프 캐스팅(tape-casting)으로 후막(thick film, green sheet)을 제조하였고, mutilayer 유전체 층을 쌓아 유전체 sheet 시편을 제작하였다. 시편 제작 과정에서 소결 분위기를 각각 다르게 제어함으로써 유전체의 환원 저항성에 대한 다양한 결과를 확인하였다. 또한 각 시편의 유전특성 측정 결과 벌크시편과 같이 200°C 이상까지 안정된 유전상수와 낮은 유전손실을 유지였으며, BNT계 유전체보다 높은 유전파괴전압을 확인할 수 있었다. 결과적으로 MLCC 제조를 통한 동시소성 가능성을 확인할 수 있었다.

**SS27-9 | Strontium Titanate-Bismuth Ferrite Composite for High-Temperature Thermoelectric Applications: Enhancing Performance through Multiferroic Material Inclusion**

SHASHO Yonas[1], 김우현[1,2], THANH Tran Thi[1], 남우현[2], 조중영[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국세라믹기술원

Metal oxides, despite their poor thermoelectric performance, hold significant potential for waste heat energy harvesting. Their superior qualities, including high-temperature stability, eco-friendliness, and cost-efficiency, make them appealing compared to semiconductor-alloy-based thermoelectric materials. However, their high thermal conductivity and lower power factor due to a low concentration of charge carriers remain significant obstacles in the development of high ZT oxide thermoelectric materials. This study employs a slightly different synthesis approach by fusing two perovskite metal oxides, namely strontium titanate ($SrTiO_3$, STO) and bismuth ferrite ($BiFeO_3$, BFO). Through this approach, the intertwined thermoelectric parameters could be decoupled due to the micro matrix formed by the constituent phases. Unlike the conventional approach involving metal nano inclusions, the inherent multiferroic properties of BFO are utilized to modulate charge carrier dynamics, thereby enhancing the power factor while maintaining the thermal conductivity lower at higher temperatures. This, combined with the high Seebeck coefficient of strontium titanate, is anticipated to increase the power factor of this composite system. The xSTO-(1-x)BFO composite is synthesized and subjected to a reducing atmosphere at an elevated temperature. Microstructural analysis showed that as the BFO content in the system increases,

the distribution uniformity of the constituting phases and the polarization also increase.

### SS27-10 | 소결분위기 및 소결조제에 따른 BMT세라믹 유전체의 마이크로파 유전특성에 미치는 영향

이정현[1], AHMED Tauseef[1], 김민규[1], 김효태[1], 이가연[2], 여동훈[2], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국세라믹기술원

통신기술 개발에 따른 마이크로파 대역의 주파수를 이용한 통신기기의 수요가 증가하며, 5G 및 이후 이동통신 발달에 따른 요구되어지는 주파수 대역이 고주파 대역으로 향하는 경향을 나타내고 있다. 고주파 영역에서는 낮은 유전손실 및 소형화 등의 특성을 위해 RF 필터용 공진기로 세라믹 유전체가 사용되어지는데 이는 온도에 대한 안정성, 소형화가 가능하며, 또한 고주파 영역에서 낮은 유전손실, 높은 품질계수 등 다양한 특성을 만족할 수 있기 때문이다. 세라믹 유전체 소재 중에서 $Ba(Mg_{1/3}Ta_{2/3})O_3$ (BMT)를 대기 중에서 고상소결을 이용하여 단일상으로 합성하였지만 BMT 소재의 높은 소결온도 및 B-site cation ordering 문제로 인한 난소결성 문제가 존재하여 이를 해결하고자 소결조제를 사용하여 소결 온도를 낮추기 위한 연구와 소결 과정에서의 분위기 조절에 따른 유전특성 변화를 조사하였다. 마이크로파 유전특성은 Network Analyzer를 이용하여 측정하였으며, 유전율($\varepsilon_r$)은 Hakki-Coleman 방법, 품질계수($Q \cdot f_0$) 및 공진주파수 온도계수($\tau_f$)는 유전체 Cavity 공진법을 통하여 측정하였다. 유전상수 및 온도계수의 경우 평형소결시간에 크게 영향을 받지 않는 것으로 확인되었으며, 평형소결시간이 증가함에 따라 Mg와 Ta의 화학적 배열(chemical ordering) 정도가 증가하는 것을 관찰하였으며 이로 인해 높은 품질계수를 얻을 수 있었다.

## SS28 : A3+ Meeting

### SS28-1 | Why does relaxor-PT ferroelectric crystal have giant piezoelectricity?

*ZHANG Shujun[1], LI Fei[1]
[1]University of Wollongong

Perovskite ferroelectric materials are at the heart of electromechanical devices, such as medical imaging transducers, industrial nondestructive evaluation, and piezoelectric sensors, to name a few. Relaxor-$PbTiO_3$ (relaxor-PT) ferroelectrics show superior dielectric/piezoelectric properties, far outperforming conventional ferroelectric $Pb(Zr_xTi_{1-x})O_3$ (PZT) ceramics. Why do relaxor-PT single crystals possess giant piezoelectricity? In the last 3 decades, different mechanisms have been proposed in attempts to comprehend its origin, thus benefiting the design of the next generation of ferroelectric materials. Analogous to PZT solid solution ferroelectrics, the morphotropic phase boundary (MPB) separating different ferroelectric phases possesses a flat free energy profile due to the similar free energies of the coexistent phases, which induces structural instability and promotes rotation of the polarization. Meanwhile, the good properties of relaxor-PT based materials are inherently associated with their unique local structural heterogeneity, i.e., the existence of nanoscale heterogeneous regions that coexist with normal ferroelectric domains, where the local energy competition will lead to a greatly flattened local energy profile, which is conducive to the polarization rotation. Both of the above can be categorized as forms of structural instability. In addition to the structural instability, unlike polycrystalline materials, the single crystals possess a strong anisotropic property, where the anisotropic free energy profile determines the easy paths for polarization change and corresponds to the enhanced properties. Depending on the phase and poling direction, the relaxor-PT ferroelectric crystals possess different engineered domain configurations, where the highest piezoelectric coefficient is not along the direction of spontaneous polarization but is contributed by the polarization rotation. All of these factors synergistically contribute to macroscopic dielectric and piezoelectric properties.

### SS28-2 | Enhanced Piezoelectric Properties of $BaTiO_3$ Ceramics by AC Poling Treatment above Curie Temperature

*WADA Satoshi[1], TSIGE A.[1], FUJII I.[1], NAM H.[2], SAPKOTA P.[1], KHANAL G. P.[1], WANG Z.[1], UENO S.[1]
[1]University of Yamanashi, [2]Tokyo University of Science

Recently, alternating current (AC) field poling techniques have shown significant piezoelectric properties enhancement on relaxor ferroelectric crystals due to the formation of finer domains. In this study, this mechanism has been employed to achieve finer domains for barium titanate ($BaTiO_3$, BT) ceramics as typical normal ferroelectric materials, not but relaxer-based materials. The BT ceramics underwent AC + DC poling above the curie temperature to create AC field-induced phase transition that could deliver finer domains for higher piezoelectric enhancement.

### SS28-3 | 도너/억셉터 첨가된 페로브스카이트 강유전체 고용체 단결정들 [$BaTiO_3$, PMN-PT와 PMN-PZT]에서 관찰되는 특이 현상들

*이호용[1], 김문찬[2], 김동호[2], 주현재[2]
[1]선문대학교, [2](주)세라콤

Recently the solid-state single crystal growth (SSCG) technique for fabricating the perovskite single crystals

($BaTiO_3$, $Ba(Ti,Zr)O_3$, PMN-PT [$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$-$PbTiO_3$], PMN-PZT [$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3}O_3$-$Pb(Zr,Ti)O_3$] and other doped compositions) has been newly developed. Since the SSCG method does not include a melting process of major components, it is quite simple, very cost-effective, and suitable to mass production. And it has a great advantage to make chemically uniform single crystals of complex compositions or solid solutions, which is not possible in the conventional single crystal growth methods such as flux and Bridgman methods. In this presentation the recent progress on SSCG technique, characterization and applications of donor/acceptor-doped perovskite single crystals will be introduced. Especially the unexpected and extraordinary phenomena observed in SSCG donor/acceptor-doped single crystals will be introduced. 1. Ultrahigh strain (Unipolar strain 〉 1%) in (001) Fe/Mn-doped $BaTiO_3$ 2. Ultrahigh piezoelectricity (Piezoelectric constant $d_{33}$ 〉 5,000 [pC/N]) 3. Transparency and high piezoelectricity (Piezoelectric constant $d_{33}$ 〉 3,000 [pC/N]) 4. Spontaneous poling (Poling-free piezoelectrics) These high performance ferroelectric/piezoelectric single crystals have been expected to replace polycrystalline PZT ceramics and become very important in many application fields such as ultrasound transducers (medical and NDT [non-destructive test]), SONAR (sound navigation and ranging) transducers, piezoelectric actuators, piezoelectric sensors, ultrasonic motors and piezoelectric energy harvesting, etc. And their current status and future prospects will be also reviewed.

### SS28-4 | The study of hierarchical structures in NBT based lead-free single crystals

*LUO Haosu[1]
[1]Chinese Academy of Science

Two puzzles are there in NBT-BT lead-free ferroelectric. One is the frequency dispersion of dielectric peaks at $T_d$, rather than at $T_m$ in PMN-based relaxor ferroelectric, another is the extra-high strain only applied high electric field. The hierarchical structure of NBT-BT single crystals with A-site disorder of complex perovskite have been investigated by TEM, neutron scattering and Raman scattering in order to better understanding of its physical performances, such as extra-high strain at high electric field stimulus, frequency dispersion of temperature-dependent dielectric peaks, double P-E hysteresis loops etc. NBT-BT single crystals are grown by TSSG method in our laboratory for studying ordered/disordered distribution of A/B sites, intrinsic ferroelectric distortion/extrinsic ferroelectric distortion, in-plane/out torsion of oxygen octahedral planes, polar nano domains, and the hierarchical structure evaluated with external fields (temperature, electric field, etc.). It is confirmed from our experiments that 4mm or 3m lattice are formed by the proper ferroelectric distortion , where octahedral $TiO_6$ distorted along [001] or [111] respectively. However, at the composition near MPBs the improper ferroelectric distortion will form P4bm or R3c, where octahedral $TiO_6$ distorted by $a^0a^0c^+$ or $a^-a^-a^-$. Tetragonal P4bm and rhombohedral R3c always coexist to result in the double P-E loop in MPB. Two kinds of PNRs were found by the neutron diffuse scattering, one is M-derived and another R-derived PNRs. Frequency dispersion of dielectric peak is resulted from the change of volume ratio of M-derived and R-derived PNRs at $T_d$, which is different with the typical relaxor PMN, frequency dispersion of dielectric peak at $T_m$. High piezoelectric response is resulted from both coexisted P4bm and R3c, and the energy transfer channel between M-derived and R-derived PNRs at MPBs of NBT-BT crystals.

### SS28-5 | Growth and Characterisation of Alkali Niobate Lead-free Piezoelectric Single Crystals

*FISHER J.G.[1], ĐOàN Trung Thành[1], SIM Su-Hyeon[1], UWIRAGIYE Eugenie[1], LEE Jong-Sook[1], MOK Jungwi[1], LEE Junseong[1], GAO Jie[1,2], ANDLEEB Kiran[1], TRAN Huyen Tran[1], BENČAN Andreja[3], KOBLAR Maja[3], JUNAID Syed Bilal[4], KO Jae-Hyeon[4]
[1]Chonnam National University, [2]Shandong University of Science and Technology, [3]Jozef Stefan Institute, [4]Hallym University

Alkali niobate electroceramics based on $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ (KNN) are leading contenders as replacements for $Pb(Zr,Ti)O_3$ piezoelectric ceramics. KNN-based single crystals have also been researched extensively in the hope of further improving their piezoelectric properties, while single crystals of $KNbO_3$ are of interest for use as high frequency transducers, SAW filters and for their optical properties. This presentation will give an overview of recent work in the author's laboratory on single crystal growth of alkali niobates. Single crystals of $KNbO_3$ have been grown by the flux method using $KBO_2$ as a flux. The structure, chemical composition, phase transitions and electrical properties of the single crystals are analysed using X-ray diffraction, electron probe microanalysis, transmission electron microscopy, temperature-controlled Raman spectroscopy and

impedance spectroscopy. Work has also been carried out on growth of KNN single crystals by seed-free and seeded solid state single crystal growth. $KTaO_3$ seed crystals were used to grow single crystals of $0.985(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.015Ba(Cu_{0.13}Nb_{0.66})O_3$, a composition commonly used for seed-free solid state single crystal growth. Structure, microstructure and chemical composition are studied. Large and relatively dense single crystals of $0.985(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$-$0.015Ba(Cu_{0.13}Nb_{0.66})O_3$ can be grown using a [001]-oriented $KTaO_3$ seed crystal.

**SS28-6 | Fabrication and Properties of $ABO_3$ Ferroelectric Ceramics with B-site disorder for high-energy storage**

SHI Ying[1,2], MAN Zhenyong[1], SHI Xue[1], ZHENG Liaoying[1], *LI Guorong[1]
[1]Chinese Academy of Sciences, [2]University of Chinese Academy of Sciences

Perovskite high-entropy ceramics have wide applications in piezoelectric actuators, energy storage capacitors, and ferroelectric memory devices. The “high entropy” strategy focuses on enhancing the physical properties of ceramics by designing local polarization configurations. In this work, high-entropy ferroelectric ceramic Pb$(Zr_{0.2}Ti_{0.3}Ni_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})$ $O_3$ (PZTNNT) was prepared by the normal sintering (NS)method. The entropy of mixing is 1.61R which is greater than 1.5R. The ceramic shows a pure perovskite structure. After introducing the high entropy to the B-site of the perovskite structure, the local structure distortion exists and PZTNNT ceramics show the characteristic of relaxor ferroelectric. The slim P-E loops show particularly low $P_r$ under an electric field up to 30kV/cm, indicating this ceramic will be beneficial for high-energy storage. Besides, a two-step sintering method (TSS) is used to control the grain size of PZTNNT ceramics. After sintering at a low temperature, the grain size of ceramics decreases from ~3 $\mu$m to ~1.2 $\mu$m. The increased $P_{max}$ and $E_C$ in TSS1220900 ceramic enhance the energy storage ability effectively. Fig. 1 SEM images and grain size distribution of PZTNNT ceramics Fig. 2 P-E loops and $\varepsilon$-T, tan$\delta$-T curves for PZTNNT ceramics.

**SS28-7 | Perovskite halides alloy 의 밴드갭의 비이상적 변화**

*박철홍[1]
[1]부산대학교

Negligible Bowing Effect of Bandgap and Lattice Constant in a Variety of Compositions using Large Tilt Distortion in a Cesium–Lead Mixed-Halide System Halide perovskites have broad bandgap tunability, making them suitable for diverse applications in optoelectronics and photovoltaics. The optical bandgap of halide perovskites varies almost linearly with the halide ionic size, and therefore, it can be controlled through compositional engineering. However, the mechanism underlying this low-bandgap variation is not yet fully understood. Thus, this study comprehensively investigates the bandgap bowing of cesium–lead mixed-halide perovskites using compositional engineering and demonstrates that bandgap bowing is extremely small in a variety of compositions including Cl, Br, and I. Subsequently, through density functional theory calculations, it is suggested that the antibonding character of the valence band maximum, tilt distortion of halide ions, and entropy effect leading to equal participation of various halide ions around Pb are collectively responsible for the small bandgap bowing.

**SS28-8 | NBT-Based Textured Piezoelectric Ceramics and Multilayer Piezoelectric Actuator**

*ZHANG Haibo[1]
[1]Huazhong University of Science and Technology

Compared with other lead-free piezoceramics, bismuth sodium titanate $(Na_{1/2}Bi_{1/2})TiO_3$-based (NBT-based) solid solutions show a large electric-field-induced strain and are considered as the competitive lead-free candidates for piezoelectric multilayer actuators (MLAs). However, the strain performances will be decreased significantly when fabricating NBT-based devices. It is known that the larger strain displacement allows the MLAs to be used in many applications without additional mechanisms, ensuring a large blocking force output. Since piezoelectric materials have typical anisotropic properties, the templated grain-growth (TGG) method is an effective technique to increase the strain performance of NBT-based ceramics. However, there are rare reports on the strain properties associated with the TGG method in the NBT-based MLAs. Furthermore, high sintering temperatures of NBT-based ceramics also limit the actuator applications co-fired with low-cost internal electrodes. In this context, we proposed grain orientation engineering to prepare a -textured $(Na_{1/2}Bi_{1/2})_{0.935}Ba_{0.065}Ti_{0.978}(Fe_{1/2}Nb_{1/2})_{0.022}O_3$ lead-free MLA by the templated grain-growth method combined with a low-temperature sintering approach. We found that the relaxor behavior of the textured ceramic was enhanced due to the introduction of the NN templates,

which exhibited an ergodic relaxor state and a reversible phase transition under the electric field at room temperature. Combined with the highly textured microstructure, notably, the textured MLA achieved a high strain of 0.44%, which was about 2.4 times compared to the non-textured counterpart. To evaluate potential practical applications, we compared the microstructure, electrical properties, mechanical properties, temperature stability, and electric fatigue between the non-textured and textured MLAs.

### SS28-9 | Dielectric Spectroscopy in Ferroelectric Semiconductors

*LEE Jong-Sook[1], FISHER John G.[1]
[1]Chonnam National University

Temperature-dependent dielectric constants and loss factors are typically presented for the ferroelectric perovskites. Dielectric properties are nontrivially frequency-dependent. Ionic and electronic conduction appears activated in the paraelectric phase. Recently, we successfully described the AC behavior of lead-free KNN-based and NBT-based ferroelectric in perovskite structures using Havriliak-Negami capacitance functions with frequency dispersion exponents fixed as suggesting diffusion mechanism and Jamnik-Maier mixed-conductor models mechanisms. Such physics-based models allow the overall description of temperature- and frequency-dependent impedance of normal dielectric materials where dielectric constants do not have temperature dependence. By including the characteristic temperature dependence of the reciprocal dielectric constants below $T_C$ as well as above, optimization algorithms for multiple spectra at different temperatures can provide an overall description of the impedance and parameter determination.

### SS28-10 | 혼합 할라이드 페로브스카이트 단결정의 유리상전이 거동 연구

*고재현[1]
[1]한림대학교

The effect of cation and/or halide mixing on the phase transition behavior of halide perovskite single crystals has been studied by combining different experimental tools, such as low-temperature XRD, dielectric, Raman and Brillouin spectroscopies. The results showed that the structural phase transitions were suppressed as the mixing ratio increased, thus increasing the local heterogeneity and disorder. The combination of dielectric and acoustic relaxation times showed divergent behavior following the Vogel-Fulcher law. The general trend of elastic constants as a function of composition of the halide perovskites revealed that they are very soft, especially the shear elastic constants are unusually low compared to oxide-based perovskites. Incorporation of inorganic cations, such as Cs, into the A-site of the perovskite significantly increased the elastic constants.

## SS29 : 압전 세라믹 결정립 배향 기술 심포지엄

### SS29-1 | TGG 공정을 이용한 초음파 트랜스듀서용 고성능 Hard 압전재료 개발

*강종윤[1], 송현철[1], 허성훈[1]
[1]한국과학기술연구원

압전재료는 기계적 에너지를 전기적 에너지로 상호 변환시킬 수 있는 스마트 재료로서, 액추에이터, 센서, 소나, 레조내이터 등 산업 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있습니다. 현재까지 압전재료 기술은 압전 특성 향상을 위한 조성 개발 위주의 연구가 주를 이루어 왔으며, 이러한 개발 방식은 속도가 굉장히 느리며, 기술개발에서 산업화까지 많은 시간과 노력이 소요되었습니다. 압전재료의 조성 개발만으로 특성값을 향상시키는데는 분명한 한계가 있으며, 이를 타파할 수 있는 Breakthrough 기술개발이 크게 요구되고 있습니다. Templated grain growth(TGG) 기술은 다결정 압전재료의 결정립을 한 방향으로 정렬시킴으로써, 단결정과 유사한 도메인 정렬 구조를 만들어 기존 다결정 압전재료 대비 압전 특성을 1.5 ~ 2배 이상 향상시킬 수 있는 공정이다. 또한, TGG 공정은 다결정 재료를 이용하기 때문에 압전 단결정의 가장 큰 문제점이었던 취성을 해결할 수 있다. 본 발표에서는 기존에 주로 Soft 압전재료에만 적용되어왔던 TGG 공정기술을 Hard 압전재료에 적용시켜, 높은 기계적 품질계수(Qm)를 가지면서도 우수한 압전상수(d33)를 가지는 hard 압전재료 개발 진행한 결과와 이를 이용한 초음파 트랜스듀서 개발에 대한 내용을 발표할 예정이다.

### SS29-2 | Enhanced hard and soft piezoelectric properties of (Pb, Sr)[(Zr, Ti)-($Zn_{1/3}Nb_{2/3}$)] piezoceramics for high power device

*남산[1], 이건수[1]
[1]고려대학교

High-power piezoceramics have been utilized in different piezoelectric devices, such as piezoelectric transformers, motors, and ultrasonic transducers. As a large amount of heat is usually generated from high-power devices, the piezoceramics used in these devices need to have a high mechanical quality factor ($Q_m$) and a high coercive electric field ($E_C$). These high-power piezoceramics should also have a large piezoelectric charge constant ($d_{ij}$) because they should

possess a high vibration velocity, which is expressed as $Q_m \times d_{ij}$. Therefore, the high-power piezoceramics must have the soft and hard piezoelectric properties. Additionally, a high $T_C$ is crucial for maintaining their piezoelectric traits at higher temperatures. In this study, we fabricated $(Pb_{0.94}Sr_{0.06})[(Zr_{1-x}Ti_x)_{0.75}(Zn_{1/3}Nb_{2/3})_{0.25}]O_3$ (PS-ZT-ZN) piezoceramics at a relatively low temperature of 950°C. The piezoceramic with x = 0.5 displayed the outstanding hard and soft piezoelectric properties $d_{33}$ = 352, $k_p$ = 0.53, and $Q_m$ = 1543, with a high $T_C$ around 250°C, making it an excellent candidate for high-power devices. We also fabricated and evaluated the piezoelectric properties of the PS-ZT-ZN thick film fabricated at 950°C to measure their suitability for application in high-power multilayer devices.

**SS29-3 | TGG 압전 소재 제조를 위한 소재 맞춤형 Seed 합성 기술 개발**

*최종진[1], 김정환[1], 문영국[1], 차현애[1], 안철우[1], 한병동[1], 윤운하[1]
[1]한국재료연구원

Templated grain growth(TGG) 기술은 다결정 압전재료의 결정립을 한 방향으로 정렬시켜, 단결정과 유사한 도메인 정렬을 통해 기존 다결정 압전재료 대비 압전 특성을 1.5-2배 향상시킬 수 있는 획기적인 공정 기술임에도 불구하고, 아직 상용화되지 못하고 있음. TGG 기술이 상용화 되지 못하고 있는 것은 TGG 공정기술의 핵심인 대상 소재 맞춤형 seed 제조 기술의 상용화가 이루어지지 못한 영향이 큼.
2차원 형상의 seed를 제조하는 것은 페로브스카이트 구조 측면에서 근본적으로 어려운 기술일 뿐만 아니라, 현재까지 개발된 2차원 형상의 seed 조성 역시 제한적이고, seed 자체의 압전특성에 대한 연구가 전혀 진행되지 않았기 때문에 광범위한 조성을 지닌 배향 압전 세라믹스에 일반적으로 적용하는데 어려움이 있음. 따라서 개발방향에 맞추어 양산 가능한 대상 소재 맞춤형 고배향, 고압전성을 지닌 seed (BaTiO3계, (K,Na)NbO3계, PbTiO3계 등) 제조 기술 개발이 우선적으로 필요한 실정임. 본 발표에서는 TGG 기술 상용화를 위해, 기존에 보고되지 않은 우수한 압전 물성을 가지는 단결정의 시드 ((K,Na)NbO3계, PbTiO3계 등) 제조 공정 및 특성 분석 결과와 함께 개발된 시드의 응용을 위한 연구 제안을 포함하고자 함.

**SS29-4 | 적층 압전 액추에이터 응용을 위한 BaTiO3 템플릿 기반 Pb(Ni1/3Nb2/3)O3-PbZrO3-PbTiO3 세라믹의 강유전 특성과 변위 특성**

*정영훈[1], 이민선[1], 나용현[1], 조성욱[1]
[1]한국세라믹기술원

Ferroelectric and electrostrain characteristics of $BaTiO_3$(BT)-templated $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrO_3$-$PbTiO_3$ (PNN-PZT) ceramics were investigated for piezoelectric actuator applications. Preliminary, 2 vol% BT-templated PNN-PZT ceramics were successfully sintered at temperature as low as 925°C by means of $Li_2CO_3$ (LC) as sintering aid. This sintering temperature is suitable for multilayer piezoelectric ceramics which require the sintering temperature under 960°C due to the melting temperature of Ag electrode (nearly 960°C). The 2 vol% BT-templated PNN-PZT+LC ceramic, which was sintered at 925°C for 15 h, was successfully textured with a relatively high value of Lotgering factor ($f_L$=72%). It also exhibited sufficiently high piezoelectric properties of $d_{33}$ (906 pC/N) and $k_p$ (68.6%). The 2 vol% BT-templated PNN-PZT+LC ceramic sintered at 925°C, along with ferroelectric properties of $2P_r$ (45.9 $\mu C/cm^2$) and $2E_c$ (1.19 kV/mm at 3.5 kV/mm). The low temperature sintered specimen showed an extremely large electrostrain characteristic ($d_{33}$*) of 1133 pm/V at 1 kV/mm. Temperature-dependent ferroelectric hysteresis behavior and electrostrain characteristics of the specimen were evaluated with electric field. These results imply that the textured PNN-PZT+LC ceramics are suitable for multilayer piezoelectric actuator applications.

**SS29-5 | OLED 햅틱용 압전 액추에이터 설계**

*강형원[1], 한승호[1], 서인태[1], 조유리[1]
[1]한국전자기술연구원

최근 자동차에서 사라지고 있는 물리버튼은 디스플레이 안의 UI로 변경되고 있다. 이로 인해 유럽의 선진자동차사에서는 기존의 자동차에 UI 터치에 따른 피드백으로 운전자들에게 청각 이외에 촉각 기능을 부여하고자 햅틱 기능을 장착하여 출시하고 있다. 햅틱 기능으로 인하여 운전자들은 2차원의 디스플레이 내 UI를 터치하면서 UI를 물리버튼으로 형상화한 렌더링 신호에 따라 3차원의 실물처럼 느끼게 되었다. 이러한 햅틱 구현을 위해서 현재까지 사용되고 있는 부품은 전자기 액추에이터인데 소형 사이즈에 반응성이 빠른 압전 액추에이터도 그에 대한 대체 부품으로 연구되고 있다. 본 발표에서는 OLED 햅틱 기능 구현용 압전 액추에이터를 설계하기 위한 단계를 소개할 예정이다. 시뮬레이션의 기초 물성을 RUS를 통하여 추출하여 변위를 시뮬레이션 한다. 또한 부품의 장기 신뢰성을 위하여 액추에이터용 소자의 fatigue 특성을 설명한다. 마지막으로 액추에이터를 부착한 OLED의 진동가속도를 측정하여 햅틱 적용 가능성을 타진하고자 한다.

**SS29-6 | 압전 트랜스듀서 및 응용 기술 개발**

*채민구[1]
[1]아이에스테크놀로지(주)

압전 트랜듀서는 다양한 산업 분야에서 상업적으로 중요한 역할

을 하며, 의료 영상 진단 장치, 산업용 센서, 초음파 청소 장비 등에 널리 사용 된다. 특히 의료 분야에서는 초음파 영상 진단 장치에 필수적인 부품이며, 안전하고 비 침습적인 방법으로 도움을 주고, 산업 분야에서는 물체의 위치를 감지하거나 유량을 측정하는 센서로 활용되며, 이는 공정 자동화와 품질 관리에 중요한 역할을 한다. 환경 모니터링 및 자동차 시스템에서도 중요한 부품으로 사용되고 있으며, 압전 트랜듀서의 상업적 가치는 다양한 응용 분야와 더불어 높은 감도, 신뢰성, 그리고 비교적 낮은 제조 비용 때문에 계속해서 증가하고 있다.  이러한 시장에서 압전 트랜스듀서의 극복해야 할 문제점은 발열에 있다. 발열의 원인은 초음파 품질을 향상시키기 위해 구동전압을 높이면, 내부에 열이 발생하여 성능 저하를 초래한다. 이러한 요인중에 압전 트랜스듀서의 구성소자인 세라믹이 해당되며, 음압의 크기와 발열에 관련이 있다. 낮은 구동전압에서 높은 압전성을 유지하는 압전 특성이 중요 요소로 꼽히며, 이는 TGG 기반 압전재료를 통해 극복 할 수 있을 것이라 판단된다.  본 과제인 TGG (Template Grain Growth) 기반의 압전 재료 양산화 공정 기술 개발은 지속적으로 생산성을 높혀 대량생산 기반에 목적이 있으며, TGG 기술개발을 통해 고부가 가치의 특수목적용 시장에 이를 활용하거나, 기존의 압전 트랜스듀서에 적용하여 단점을 극복할 뿐만 아니라, 상업적인 적용 가능성도 높아진다. 압전 트랜스듀서는 고부가 가치 시장인 해양산업과 반도체산업에는 필수적인 부품이므로, 개발을 우선진행 하였다. TGG 기반의 압전 모재료 (PMN-PZT / PNZN-PZT) 를 활용하여, 해양 산업에서는 수중 무기 체계의 소나용 압전 트랜스듀서 그리고 반도체 산업 장비중 일부 해외 업체가 독점하고 있는 소모성 부품인 압전 트랜스듀서 개발을 진행하여 TGG 기반 압전 재료의 성장 기반을 마련하려고 한다.

**SS29-7 | TGG 기반 적층형 압전 액추에이터 양산화 기술 개발**

*오창우[1], *송재용[1], 이종현[1], 강수진[1]
[1]아모센스

본 연구에서는 TGG 기반 적층형 압전 엑츄에이터 모듈을 제작하고 시장에 상용화 시키기 위한 세라믹 양산 공정 수율을 개선하고 제품을 균일화 하기 위하여 아래와 같은 세부 연구 내용을 추진하였다.  TGG 기반 적층 액추에이터 소자 양산 수율 개선을 위한 TGG 기반 세라믹 슬러리 입도 및 두께 균일화, 고적층 압전 세라믹 공정 기술 확보 및 TGG 기반 적층 BBO/소성 공정 조건 검증을 하였고, TGG 기반 적층형 액추에이터 소자를 적용한 모듈을 제작하고 신뢰성 검증 및 세라믹 별 햅틱 진동감을 확인하였다.  본 연구를 통해 TGG 압전 소재의 높은 압전 성능과 아모센스가 보유한 적층기술을 활용해 전장용 디스플레이 및 VR, 스피커 등 다양한 제품에 적용이 가능하고, 보다 구체적으로 고적층 압전 액추에이터 모듈 제조기술 및 평가항목을 구축하여, TGG용 seed 제조기술, TGG용 고성능 압전세라믹 조성, 압전 액추에이터 모듈 설계 기술을 적용시켜 사업화를 진행하고자 한다.

**G3B-6 | 질화알루미늄-알루미나 코어-쉘 구조를 갖는 구형 분말의 합성 및 에폭시 복합체 특성 평가**

임수빈[1,2], 김종영[1], *송태섭[2], *피재환[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

고열전도율을 가지는 유무기 복합체를 제조하기 위해서는 무기물 필러의 높은 충진율과 고열전도성을 필요로 한다. 무기물 필러의 높은 충진율을 달성하기 위해서는 구상화, 표면개질 등의 기술이 필요하다. 그리고 고열전도성 무기물(비산화물)로는 질화알루미늄(AlN), 질화붕소(BN), 질화규소($Si_3N_4$) 등이 있다. 특히 구상화가 가능하고 높은 열전도율을 가지는 소재로는 질화알루미늄(고열전도율(320 W/m·K), 고전기저항(9×10 13 Ω·m))이 알려져 있다. 그러나 구상 질화알루미늄을 제조하는 것은 현재까지 많은 난관이 존재한다. 하여 상용 구상알루미나를 활용하여 표면만 질화처리한 질화알루미늄(AlN)-알루미나($Al_2O_3$) 코어-쉘 구조의 분말을 제조하고자 하였다. 구상알루미나의 표면 질화층 형성을 위해 열탄소환원법을 활용하였다. 합성 조건(온도, 시간)에 따른 표면질화층(결정상, 두께 등)에 대해 평가하였다. 이러한 질화알루미늄-알루미나 코어-쉘 구조의 필러들을 활용하여 충진율에 따른 에폭시 복합체의 열전도를 알루미나 복합체와 비교 평가하였다. 특히 코어-쉘 구조 구상 필러들을 활용한 복합체의 열전달 기구에 대해 평가한 결과를 보고하고자 한다.

# 포스터발표

## PG1A : 전자세라믹스

### PG1A-1 | Photoluminescence of $Eu^{3+}$ doped $MoO_3$ two-dimensional microbelt

KIM Sang Hoon[1], *KIM Dong Hun[1], KO Do Hyun[1], OH Se Hyun[1]
[1]Myongji University

Phosphors of $\alpha$-$MoO_3$ with varying concentrations of Eu activator emitting an orange–red color were synthesized using a conventional solid-state reaction. Sintered pellets displayed microbelts of diverse sizes and the surface of the pellet became rough as the sintering temperature increased. The strongest photoluminescence was observed in pellets doped with 1 at.% Eu and sintered at 710°C. The intensity of photoluminescence decreased as the doping concentration increased. The values of Q obtained from the PL spectra were close to 6, indicating that the d–d interaction was responsible for the concentration quenching of $Eu^{3+}$ ions. Ultrasonic vibrations led to interlayer bond disruption and fragmentation, yielding thinner belts (10–20 nm). These finely fragmented, Eu-doped $\alpha$-MoO3 microbelts dispersed in water retained luminescence under 254 nm UV light. This research highlights the potential for cost-effective, large-area optical device fabrication, potentially replacing atmospheric-sensitive quantum dot phosphors.

### PG1A-2 | A Wafer-Scale Nanoporous IGZO Active Pixel Image Sensor with High Optoelectronic Performance and Visible-to-NIR Detection

AVIS Wee Sin Hui[1], *SEN Anamika[1], *KIM Sunkook[1]
[1]Sungkyunkwan University

The ability to detect a broad spectrum of light from visible-to-NIR is significantly enhanced for an amorphous oxide semiconductor, indium gallium zinc oxide (IGZO), without an additional photoabsorber. This is achieved by tuning the morphology via block polymer lithography, which results in the formation of uniform nanopores throughout the entire thickness of ~ 30 nm. Edge functionalization on the nanopores induces high defect concentration, leading to a large density of subgap states near the valence band maxima and the conduction band minima, thereby narrowing the overall bandgap of IGZO. The formation of nanoporous morphology is demonstrated using a wafer-scale phototransistor array. The nanoporous IGZO thin film transistors exhibit high photosensitivity and photoresponsivity values of 8.6 x $10^4$ ($P_{inc}$ = 512 mW $cm^{-2}$) and 120 A $W^{-1}$ ($P_{inc}$ = 2 mW $cm^{-2}$) at $\lambda_{ex}$ = 638 nm, respectively. These results demonstrate promising potential of nanoporous IGZO phototransistors for next-generation large-area optoelectronics.

### PG1A-3 | van der Waals Interface Engineering for Enhancement of Semiconductor Device Performance

조수연[1], *박준홍[1]
[1]경상국립대학교

Since the performance of semiconductor devices is highly dependent on charge injection between the metal electrode and the semiconductor channel, it is important to reduce defect density through interfacial engineering at the metal-semiconductor interface. Typically, as metal is directly deposited on the semiconductor surface to form the contact electrode, metal atoms can diffuse into the semiconductor lattice and degrade the charge injection performance. In this study, we propose a method to insert a $WSe_2$ layer to reduce the defect density at the metal/semiconductor interface. The $WSe_2$ layer inserted at the metal/semiconductor interface acts as a diffusion barrier to prevent the diffusion of metal atoms into the semiconductor lattice, thereby suppressing structural defects. The metal/$WSe_2$/Si diode is fabricated by transferring a $WSe_2$ layer thermally grown on a $SiO_2$ substrate to a p-type Si substrate by a wet transfer method and then depositing metal electrodes (Ni, Ag, Ti, Cr/Au) onto the $WSe_2$/Si substrate using an E-Beam evaporator. The C-V (Capacitance-Voltage) characteristics of the diodes confirm that the insertion of the $WSe_2$ layer induces a low interfacial defect density (Dit). Furthermore, the I-V (Current-Voltage) characterization of the diodes shows that the $WSe_2$ layer not only provides a diffusion barrier but also reduces the leakage current and improves the stability, thereby improving the overall diode performance. In conclusion, the interfacial control method with $WSe_2$ layer insertion proposed in this work provides a strategy to overcome the challenges of 2D material-based Si semiconductor technology aimed at improving performance and reliability.

### PG1A-4 | Optically Simulated Synaptic Behaviors of $HfS_2$ Grown via Molten Salt Flux Method

KWON Mi Ji[1], CHO Jung Young[2], *PARK Junhong[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering andTechnology

Two-dimensional layered materials, including graphene and transition metal dichalcogenides (TMDs), are being investigated for use in next-generation electronic devices as they can be isolated as single layers and hence exhibit unique electronic properties. In this study, demonstration of artificial synapsed devices based on $HfS_2$ single crystal on the near-centimeter scale using

the molten salt flux method (MSFM). The layered structure of the ingot was confirmed using Raman spectroscopy; two prominent signals were observed, at 258 and 338 $cm^{-1}$, corresponding to out of plain $E_g$ and in-plain $A_{1g}$, respectively. To elucidate the structural uniformity of the synthesis $HfS_2$ sample, the 20 different $HfS_2$ flakes exfoliated from $HfS_2$ ingot were measured using Raman spectroscopy. Although the intensity of each peak is variable, the position of $A_{1g}$ mode are mostly at the 338 $^{-1}$, and the full width at half maximum (FWHM) of the $A_{1g}$ peak is in 10-12 range, indicating uniform crystallinity of the synthesis $HfS_2$ ingot. A back-gate three terminal transistor was fabricated using the single-crystal $HfS_2$ to evaluate its electric characteristics, confirming the semiconducting nature of $HfS_2$ synthesized MSFM. The transfer characteristics of $HfS_2$ FETs, while applying drain bias ($V_{DS}$= 1 V) with sweeping back-gate bias ($V_{BG}$) from -50 $V_{BG}$ to 50 $V_{BG}$; the drain current increases and saturates with increasing gate bias from -50 $V_{BG}$ to 50 $V_{BG}$ indicating the n-type feature of the $HfS_2$ FET. After confirming devices performances, optically stimulated synapse behaviors are demonstrated using irradiation of 405 nm laser; the paired-pulse facilitation (PPF) is verified by applying continuous pre-synaptic spike, owing to photo-induced carrier trapping at the semiconductor/dielectric interfaces. In addition, the gradually increase or decrease of the long-term potentiation (LTP) and depression (LTD) upon pulsed laser stimulations. These result which is the electrical parameters to implement artificial synaptic properties, indicate feasibility of the artificial vision system by optical modulation with $HfS_2$-based FET.

### PG1A-5 | $Sm^{3+}$가 도핑된 $(K_xNa_{1-x})NbO_3$에서 $Sr^{2+}$ 치환에 의한 광학적 특성 향상

서지우[1], 위상원[1], 이윤상[1], *정진석[1]
[1]숭실대학교

알칼리-나이오베이트 산화물(KNN)은 유망한 친환경 비납압전체 후보이며, 광 발광 희토류 이온을 도핑하면 광 발광 및 광 변색성 특성을 나타내는 광학 세라믹으로 활용될 수 있다. 광발광 특성은 디스플레이 및 이미징 분야에서의 핵심이며, 광 변색성 특성은 광학 기반 정보 저장장치로써의 가능성을 주목받고있다. 특히 광 변색성 특성은, 색 중심 이온의 특성과 주물질의 결함 유무에 크게 영향을 받는다. 따라서 다양한 색 중심 이온과 주물질을 활용한 광 변색성 특성 연구가 활발하게 진행되고 있다. 사마륨(Sm)은 주황-빨강 색 대역의 광발광을 부여하는 색중심으로 활용되며, KNN에 치환될 시 광발광 특성과 더불어 그 결함특성에 기인하는 광 변색성 특성을 보여준다. 그러나 기존 연구결과에 의하면 Sm이 도핑된 KNN은 다른 색 중심 이온이 치환된 샘플에 비해서 낮은 효율을 보였다. 우리는 이번 연구에서 Sm이온이 치환된 KNN에 스트론튬(Sr) 이온을 공동 도핑하여 KNN의 결함 특성을 조절하였다. Sr공동 도핑은 Sm의 광 발광 특성을 향상시킬 뿐 아니라, 광 변색성 효율을 크게 증가시키는 것으로 확인되었다. 제작한 $0.01Sm\text{-}ySr\text{-}(K_xNa_{1-x})_{0.99-y}NbO_3$ 세라믹의 구조분석을 위해 X-ray 회절 패턴을 얻고 Rietveld refinement분석을 하였으며, 광학적 특성을 분석하기 위해 photoluminescence (PL)와 photoluminescence excitation (PLE)을 측정하였다. 우리의 연구는 KNN에 $Sm^{3+}$와 $Sr^{2+}$를 도핑하여 광학적-전기적 특성이 결합된 다기능성 세라믹으로서의 가능성을 보여주었다.

### PG1A-6 | Centimeter scaled growth and Electric Characteristics of Layered $NiTe_2$

KWAK Hangil[1], KIM Hyeongtae[1], JE Yeonjin[1], KIM Eunjeung[2], *PARK Junhong[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Lawrence livermore national laboratory

Two-dimensional layered materials, including graphene or transition metal dichalcogenides (TMDs), have been investigated as promising materials for future electronics due to their unique electronic properties.[1] The topological classification of the band structure can be extended to semi-metals, leading to the concept of Dirac semi-metals, in which 3D Dirac fermions emerge. Among them, Nickel ditelluride ($NiTe_2$) is classified as a type-II Dirac semi-metal. In this study, the materials characteristic of mechanically exfoliated $NiTe_2$ is elucidated. The vibrational phonon behaviors along the crystal structure of $NiTe_2$ are analyzed using Raman spectroscopy; two prominent peaks are observed at 84$cm^{-1}$ and 138$cm^{-1}$, corresponded to $E_g$ in-plain vibrational mode and $A_{1g}$ out of plain vibrational mode, respectively. To investigate the electronic properties, the $NiTe_2$ field-effect transistors (FETs) are fabricated on thermally grown 300nm-thick $SiO_2$ substrates, using photolithography and metal deposition. The transfer characteristic of $NiTe_2$ FET shows that there is weak gate dependence of drain current, as back-gate bias applied over $SiO_2$ dielectrics. The homogeneous distribution of contact potential difference (CPD) is confirmed by potential mapping using Kelvin Potential Force Microscopy (KPFM). In addition, the temperature dependence of magnetizations M(T) shows a ferromagnetic-paramagnetic transition below 10K.

### PG1A-7 | $PbFe_{1/2}Nb_{1/2}O_3$ 다강체 시스템에서 Fe 사이트 도핑에 의해 유도된 준강자성

박지훈[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

Multiferroic materials, which possess both (anti-) ferromagnetic and ferroelectric properties within a

single phase, hold promise for various innovative applications like MERAM and photovoltaic systems. However, the coexistence of antiferromagnetic-ferroelectric orders in multiferroics poses a challenge due to their low overall magnetic moment and high spin inversion energy. To tackle this issue, we have uncovered that incorporating transition metals individually on the B-site leads to distinct magnetic characteristics within the lead iron niobate system. Our investigation will delve into the multiferroic behavior influenced by substitution ratios and fabrication parameters, aiming to decipher its underlying mechanisms. We expect this research to yield significant insights with far-reaching implications for future technological advancements.

**PG1A-8 | Measurement of characteristics such as dielectric constant, dielectric loss, and polarization value through experimental $K_{1-x}Li_xNbO_3$ (KLN) synthesis and comparison of differences with simulation results**

YEO Tae-Soo[1], LEE Ju-Hyeon[1], *JO Wook[1]
[1]Ulsan National Institute of Science and Technology

As electronic products develop, MLCC, which is an indispensable passive device, is being miniaturized, densified, and integrated. In order to improve the performance of the dielectric used in MLCC, research is being conducted on lead-free dielectrics such as (K, Na)$NbO_3$ (KNN), (Bi, Na)$TiO_3$ (BNT) as well as $BaTiO_3$ (BT), which is frequently used. Previously, Oh, S. H. V. et al. obtained the result that when Li is added to the A site of KNN by replacing Na through simulation using machine learning, a high polarization value is shown. To confirm the result, (K, Li)$NbO_3$ (KLN) synthesis was experimentally attempted. In the KLN synthesis process, to reduce the frequently occurring secondary phase, $K_3Li_2Nb_5O_{15}$, Nb deficient compositions, and K excess composition to compensate for the evaporation of K were respectively made. After taking the SEM image of the compositions, the components of each composition were compared to see the grain and secondary phase. The polarization, electric field (PE) curve was taken to measure the actual polarization value to compare with the simulation result, and the characteristics of the KLN composition produced by measuring the dielectric loss value and dielectric constant were evaluated. Through the measurement results, how KLN directly synthesized differed from the simulation results, and if there are any other results, the evidence that appeared differently was identified.

**PG1A-9 | Microstructure of a two-dimensional $\alpha$-MoO3 thin films grown by sputtering**

KO Dohyun[1], *KIM Dong Hun[1], OH Sehyun[1], KIM Sanghun[1]
[1]Myongji University

We present an epitaxial growth of two-dimensional $\alpha$-$MoO_3$ providing a supporting layer for van der Waals epitaxy which is an emerging technology for transferring freestanding films grown at high temperatures onto arbitrary substrates. The growth of epitaxial $\alpha$-$MoO_3$ thin films was achieved within a narrow window of sputtering parameters of Ar:$O_2$ ratio, working pressure, and sputtering power. The films grown under optimized conditions were characterized by a flat surface morphology, corresponding to (0k0) planes, without undergoing reaction with the substrates. Transmittance electron microscopy confirmed the epitaxial growth of the $\alpha$-$MoO_3$ thin films on (001)-oriented $SrTiO_3$ substrates with a two-dimensional layer structure. The $\alpha$-$MoO_3$ films were etched in water at 45 °C, suggesting that the $\alpha$-$MoO_3$ thin films are promising sacrificial layers for the transfer of large-scale epitaxial thin films.

**PG1A-10 | 템플릿 기반 일방향 결정배향 성장법의 조건 최적화**

고누리[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

Textured piezoelectric ceramics are characterized by grains that are preferentially oriented in specific directions, typically [001], granting them properties that closely mimic those of single crystals. Templated grain growth (TGG) emerges as a method of inducing this preferred orientation to achieve a textured structure. It involves using template crystals with a high aspect ratio and specific crystallographic orientation aligned in a fine matrix powder, through mechanical forces utilizing a tape-casting or screen-printing process, to guide the grain growth direction during the sintering process. Alginment of template, directly impact on the degree of texture in ceramic, is modulated by the torque during casting and rate of abnormal grain growth. The degree of textured structure was explored by controlling the casting rate and amount of liquid phase in case of the system, PMN-PT matrix and BT template.

**PG1A-11 | Luminescent high-k $HfO_2$:$Eu^{3+}$ with doping $Pr^{3+}$ and $Zr^{4+}$**

HAN Jaeho[1], CHOI Hai In[2], SONG Tae Kwon[2], *LEE Yun Sang[1]
[1]Soongsil University, [2]Changwon National University

Recent studies focus on enhancing the functionality of

electronic materials by introducing luminescent properties through doping rare earth. $HfO_2$ based materials have attracted significant attention because of the high dielectric permittivity (k), thermodynamic stability, and ferroelectricity. In this work, luminescent high-k materials are fabricated by doping $Pr^{3+}/Zr^{4+}$ and $Eu^{3+}$ into $HfO_2$ ($Hf_{1-x}Pr_xO_2$:Eu and $Hf_{1-y}Zr_yO_2$:Eu) using a solid-state reaction method. The Rietveld refinement revealed the structural change from monoclinic ($P2_1/c$) to cubic ($Fm-3m$) of $Hf_{1-x}Pr_xO_2$:Eu with increasing x, while the structure of $Hf_{1-y}Zr_yO_2$:Eu maintained the $P2_1/c$. Interestingly, as x increased, the PL intensity of $Hf_{1-x}Pr_xO_2$:Eu decreased due to higher local structural symmetry. Similarly, the PL intensity of $Hf_{1-y}Zr_yO_2$:Eu has correlation with local structural symmetry. Dielectric constant measurements reveal an increase with higher x and y values of $Hf_{1-x}Pr_xO_2$:Eu and $Hf_{1-y}Zr_yO_2$:Eu. We suggest that our materials have a potential to be a multi-functional luminescent high-k material.

**PG1A-12 | NIR-excitation to NIR-emission phosphor with high thermal stability for the anti-counterfeiting and certification materials**

김선태[1], 박영지[1], *김선욱[1], *강태욱[1]
[1]한국세라믹기술원

Near-infrared (NIR) emissions are highly important in anti-counterfeiting, secret signals, medical, pharmaceutical, and agricultural industries. As counterfeiting technology for security materials develops, the importance of anti-counterfeiting and authentication technology increases, and new materials need to be developed. Recently, certification materials for waste plastic recycling and application products using eco-friendly Global Recycling Standard (GRS)-based materials are attracting attention. These anti-counterfeiting and certification materials can be applied as NIR materials with high efficiency, high thermal stability, and NIR-excitation to NIR-emission beyond existing UV-excitation. Therefore, we synthesized $Yb^{3+}$-doped NIR phosphors using a solid-state reaction method. The NIR phosphors showed a broad NIR emission which was attributed to the $^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$ transition of $Yb^{3+}$ ions in NIR region excitation. The excitation spectrum shows two bands in the UV and NIR regions. The thermal degradation behavior of NIR phosphors was measured up to 300 ℃. As a result, the NIR phosphor showed excellent thermal stability and recovered close to 100% of the initial emission intensity at room temperature after cooling. Finally, as a result of producing a master batch by adding NIR phosphor to apply to fiber products, it was confirmed that NIR emission was significantly detected. These results suggest applicability to advanced anti- counterfeiting and certification applications.

**PG1A-13 | Conformable flexible adhesive piezoelectric patches with bioinspired hierarchically arranged microsuckers for physical energy amplification sensor**

KIM Hyunseung[1], JEON Seung Hwan[2], PANG Changhyun[2], *JEONG Chang Kyu[1]
[1]Jeonbuk National University, [2]Sungkyunkwan University

Here, we report a Stretchable skin-adherent piezoelectric patch with a hierarchically designed octopus-beetle inspired array (HOBA). HOBA adhesion layer has high normal adhesion and shear adhesions in rough skin. We fabricated hierarchical patterns inspired by suction cups of diving beetles and octopuses. The piezoelectric patch with hierarchical patterns is highly adhesive on dry, wet and underwater environments on silicon and skin replicas. In addition, our piezoelectric patch is composed of electrodes with a wrinkle structure to show stable electrical conductivity even in omnidirectional stretching and bending. Our energy device has a flexible polymer-based monolithic structure and has excellent interlayer stability. In addition, it can be used directly on the body by applying a lead-free piezoelectric material, and it is possible to implement a system that can effectively amplify the body's mechanical energy and convert it into an electrical signal.

**PG1A-14 | Transparent high-performance piezoceramics through pressureless sintering**

유혜림[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

Piezoelectricity is a fascinating phenomenon which facilitates novel electronic applications such as actuators, transducers, and sensors. Among the diverse collection of piezoelectric ceramics, we focused on transparent piezoceramics thanks to its versatile applications, i.e., cinematic sound speakers, smart window, and energy harvesting. However, it is difficult to realize high-end transparent piezoceramics with high piezoelectricity and proper transparency at the same time because general piezoelectric materials used in practical devices are ferroelectrics that exhibit high density and light scattering originating from domain wall effect, thereby imposing them to have low transparency. In this study, we developed transparent high-performance piezoceramics, which manifests high piezoelectricity along with considerable transparency, and expected that this discovery could be the game changer in this society.

**PG1A-15 | 수소감지를 위한 백금 담지 다공성 산화인듐 나노구조 센서**

윤성도[1], 명윤[1], 김연주[1], *나찬웅[1]
[1]한국생산기술연구원

We prepared a highly sensitive hydrogen ($H_2$) sensor by incorporating porous nanoparticles (NPs) of Indium oxide ($In_2O_3$) infused with Platinum (Pt) nanoparticles, ranging from 1.6 to 5.7 at.%. The synthesis of $In_2O_3$ NPs utilized a microwave irradiation method, while the integration of Pt nanoparticles was accomplished via electroless plating on the $In_2O_3$ NPs. Characterization of the Pt-loaded $In_2O_3$ NPs involved analyzing crystal structures, morphologies, and chemical composition using grazing-incident X-ray diffraction, field-emission scanning electron microscopy, and energy-dispersive X-ray spectroscopy, respectively. Evaluating the influence of Pt nanoparticles on the $H_2$-sensing capabilities of $In_2O_3$ NPs included testing within a low concentration range of 5 ppm of $H_2$ at 150–300 °C operating temperatures. The results revealed a notable improvement in $H_2$ response with decreasing sensing temperature, with Pt-loaded porous $In_2O_3$ NPs demonstrating greater responsiveness compared to pristine $In_2O_3$ NPs. This increased $H_2$ gas selectivity and sensitivity were ascribed to the enlargement of the electron depletion layer and the catalytic effect induced by the Pt loading. Thus, the Pt-loaded porous $In_2O_3$ NPs sensor offers a robust strategy for achieving enhanced gas selectivity and sensitivity in $H_2$ detection applications.

**PG1A-16 | 고품질계수의 $BaMoO_4$ 마이크로파 유전체 세라믹스 제작과 특성 연구**

김민정[1,2], 조명희[1,3], 김양도[2], 문경석[3], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교, [3]경상국립대학교

현재 휴대폰, 사물인터넷 등 이동통신 시스템의 급속한 발전에 따라 마이크로파 유전체 세라믹에 대한 연구가 지속되고 있다. 고주파 응용 분야 및 마이크로파 장치에 사용되는 세라믹은 낮은 유전 상수와 유전 손실, 고품질 계수 등이 필요하다. 최근 연구 보고에 따르면, Scheelite structure를 가지는 $AMoO_4$ (A=Ca, Sr, Ba)는 우수한 마이크로파 유전 특성을 보유하고 있는 것으로 알려져 있다. 이들 몰리브덴 산화물 화합물 중, $BaMoO_4$는 낮은 유전상수와 높은 품질계수 특성을 보이면서, 1000℃ 이하에서 소결 치밀화가 이루어진다. 본 연구에서는 고상반응법을 이용해 단일상의 $BaMoO_4$의 분말을 제작하였고, Tape casting 공정으로 후막시트를 제조 후 적층 공정을 통해 소결 chip을 제작하였다. X-ray diffractometry, scanning electron microscopy, impedance analyzer, Network analyzer를 사용하여 결정구조, 미세구조 및 유전특성을 분석하였다. 약 600℃에서 단일상의 $BaMoO_4$ 합성이 성공적으로 이루어졌으며, 800℃에서 가소공정과 소결 공정을 거친 소결칩은 14.1 GHz에서 유전상수는 5, 품질계수 4654의 값을 보여주었다. keyword : microwave dielectric, molybdate, high-Q, ceramics, tape casting

**PG1A-17 | Enhanced Dielectric Properties of $BaTiO_3$@ Additives Core-Shell Structure via Co-precipitation Method for Multi-Layer Ceramic Capacitor (MLCC)**

PARK Ji Young[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

Multi-layer ceramic capacitor (MLCC) is a promising device for the next electronic generation, which has a high capacitance and supplies stable electric power continuously. Despite its high dielectric properties, the $BaTiO_3$ (BT)-based dielectric layer of MLCC still has limitations within the sintering process. Before the high-temperature sintering, the dielectric layer and Ni inner electrode are sintered first at a lower temperature about 900 °C for the diffusion of additives, but it leads to agglomeration of Ni due to their different sintering temperatures, reducing the electrode connectivity. Herein, we propose a novel co-precipitation-based gelation process to coat additives on BT powder to remove the first step of sintering, forming a uniform core-shell structure and enhancing dispersion and density. The additives such as Dy, Mn, and Mg were dispersed in ethanol/toluene solution with BT, and the ammonia solution was added for heterogeneous precipitation. This gel was dried and calcined, forming the particles consisting of BT core and metal oxide shell. The dielectric properties and the temperature stability were increased with the core-shell structure ceramic, compared to the pure BT ceramic. This approach provides broad applications of BT ceramics for MLCC and will overcome various drawbacks of present MLCC to achieve a larger industry by enhancing reliability and stability.

**PG1A-18 | Low-k, low-loss forsterite/PI hybrid dielectric substrates for mm-wave communication devices**

KWON Nayeon[1], SONG Tae Yeong[1], HA Jong Seok[1], *KWON Do-Kyun[1]
[1]Aerospace University

The wireless communication standard is evolving from 5G to beyond 5G, and accordingly, it is critical to lower the dielectric constant (k) and loss tangent (Df) of build-up materials to enable high-speed transmission in signal paths. However, for high-frequency device applications, conventional low-k materials, such as epoxy-type substrate materials, induce high insertion loss in the frequency band. Hybridization of organic

and inorganic materials can offer an effective way to satisfy these requirements by combining the polymer's low dielectric constant and the significantly low-loss character of ceramic materials. Forsterite ($Mg_2SiO_4$) and Polyimide (PI) were chosen as two end-members of the two-phase composite. Surface modification for the magnesium silicate filler particles was carried out by introducing a silane coupling agent, which can form stable chemical bonding with the PI chains. The well-distributed forsterite filler particles and their fine interfaces with the PI are responsible for improving mm-wave dielectric properties. The dielectric properties of the composite were measured at the 28 GHz band by adjusting the fraction of polymer and ceramic. As a result, 30% Forsterite - 70% PI hybrid composite showed the best dielectric properties with a dielectric constant of 3.8 and a dielectric loss of 0.00329 at the 28GHz.

**PG1A-20 | Anatase to Rutile 상전이를 통해 제어한 Core-Shell 구조 다상 TiO2의 BZT 고상합성 적용**

남월일[1], 김양도[2], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

Barium Zirconate Titanate ($Ba(Zr,Ti)O_3$, BZT)는 대표적인 Relaxor Ferroelectric 재료로 광범위한 온도안전성 및 주파수 안전성 등으로 인하여 오랜 기간 동안 큰 관심을 받아왔다. BZT는 다양한 방법을 통해 합성이 가능하다. 그 중 고상 합성법은 $BaCO_3$와 $TiO_2$간 계면에서 $Ba^{2+}$이온의 $Ti^{4+}$로 확산 과정과 $Zr^{4+}$이온의 B site격자 치환을 통해 합성된다. 특히 Anatase $TiO_2$와 Rutile $TIO_2$를 혼합하여 사용할 경우 홀전자쌍의 생성으로 반응속도의 개선이 가능하다, 그러나 Anatase와 Rutile의 접촉면적이 작은 경우 홀전자쌍이 효과적으로 생성되지 못하여 유의미한 효과를 볼 수 없다는 보고가 있다. 본 연구에서는 열처리를 통해 Anatase가 Rutile로 상변화를 일으키는 과정에서 Rutile Shell이 형성되며, 충분한 접촉면적을 확보하여 반응속도를 개선하고자 하였다. 제어된 $TiO_2$ 분말의 XRD, TEM 분석을 통해 상 변태 시 서로 다른 상을 갖는 2겹의 Shell이 형성된 것을 확인하였다. 제어된 $TiO_2$ Powder를 전구체로 BZT 고상 합성하는 경우 $TiO_2$ 구조의 영향으로 더 낮은 에너지로 합성이 가능한 것을 확인하였다. 이후 복합상 $TiO_2$를 이용하여 고상 합성한 BZT의 결정성, 유전특성, PE Hysteresis Loop 특성을 관찰하여 복합상 $TiO_2$가 BZT합성에 미친 영향을 확인하였다.

**PG1A-21 | Enhanced Electromechanical Properties of Mn-substituted BF-BT-based Lead-free Piezoceramics**

MUHAMMAD Aamir[1], AHMED Tauseef[1], 박홍우[1], 이정현[1], *이순일*[1]
[1]국립창원대학교

Eco-friendly lead-free $0.65(BiFe_{1-x}Mn_xO_3)$-$0.35(BaTiO_3)$ piezoelectric ceramics (with x = 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05) were investigated and synthesized through traditional solid state reaction route followed by air-quenching process. This study aims to investigate the effects of substituting $Fe^{3+}$ with an acceptor ion $Mn^{2+}$ on the crystal structure, microstructure, dielectric, ferroelectric and piezoelectric behavior of BF-35BT ceramics. X-ray diffraction pattern showed a pure perovskite structure without any secondary peaks which revealed that $Mn^{2+}$ in the amount of 0-5 mol% can substitute to replace $Fe^{3+}$ in the B-site of BF-35BT ceramics. SEM micrographs showed dense and uniform microstructure for all the studied composition with the optimum average grain size (7.14 $\mu$m) attained at x = 0.03. High maximum polarization ($P_{max}$ = 44.40 $\mu C/cm^2$) and remanent polarization ($P_r$ = 36.57 $\mu C/cm^2$) at x = 0.03 led to the enhanced piezoelectric properties (static piezoelectric coefficient ($d_{33}$) = 204 pC/N) of BF-BT ceramics. Additionally, high strain response of (0.21%) with corresponding dynamic piezoelectric coefficients ($d^*_{33}$ = 483 pm/V) were achieved for 5.0 mol% of Mn-substitution at room temperature under an applied electric field of 4.5 kV/mm. Several parameters such as lattice distortion, high relative density, optimum average grain size and phase boundary between normal and relaxor ferroelectric contribute to enhance the electromechanical properties of BF-BT ceramics. These parameters were closely linked to the defect concentration, domain size and configuration for domain reorientation.

**PG1A-22 | BNT계 X9R MLCC(Multilayer Ceramic Capacitor) 적용을 위한 유전체와 전극의 산소 분압에 따른 소결 거동 및 유전 특성**

하송아[1], 황경미[1], 박홍우[1], 이주현[2], 조욱[2], 이성철[3], *이순일[1]
[1]국립창원대학교, [2]울산과학기술원, [3]㈜위너테크놀로지

최근 전기차 및 자율주행의 확산에 따라 전장용 MLCC (Multilayer Ceramic Capacitor) 시장이 고성장하고 있다. 이에 따라 고용량, 고전압 환경에서 사용될 수 있는 MLCC를 요구하고 있고 이를 해결하기 위하여 BNT계 유전체와 조성을 제어한 전극을 사용하여 작업 온도 한계 및 파괴 강도를 극복할 수 있는 전장용 MLCC 샘플을 제조하였다. 테이프 캐스팅(tape-casting)을 통해 최적의 green sheet를 얻기 위하여 슬러리의 조성을 제어하였고, 스크린 프린팅을 통하여 Ni 전극을 인쇄하였다. 또한 유전체와 전극의 분위기에 따른 소결 및 열처리를 진행하여 다양한 샘플을 제조하였으며, 전극층의 산화 방지를 위한 첨가제를 이용한 Ni 전극을 사용하여 MLCC를 제조한 후, 유전체 후막의 특성 및 Ni 전극의 산화환원 거동을 확인할 수 있었다. MLCC의 산화/환원 거동은 소결 및 어닐링 온도, 산소 분압 측면에서 평가 및 분석되었다. 본 연구를 통해 BNT계 유전체를 활용한 MLCC 제조 가능성을 확인하고 다양한 산소

분압 하에서 유전체와 Ni 전극의 유전 특성과 산화/환원 거동을 검토하였다. Keywords : MLCC, 전장용, Ni 전극, 유전체, BNT

**PG1A-23 | EFG법으로 성장한 (001)면 산화갈륨 단결정 구조 결함 연구**

최미희[1,2], *신윤지[1], 홍순구[3], 정성민[2], 배시영[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원, [3]충남대학교

산화갈륨은 넓은 밴드갭, SiC와 GaN보다 훨씬 높은 Baliga 성능 지표, 그리고 우수한 열 및 화학적 안정성을 가지고 있어 차세대 전력 반도체 소재로 각광받고 있다[1]. 산화갈륨은 다섯가지 결정구조($\alpha$, $\beta$, $\gamma$, $\delta$, $\varepsilon$)를 가지고 있으며, 이중 단사정계 구조(monoclinic structure)인 베타상 산화갈륨은 열역학적으로 가장 안정하고, 녹는점(~1800℃) 부근에서 용액상(Liquid phase) 성장이 가능한 것으로 알려져 있다. 다양한 성장 방법 중에서도 Edge-defined Film-fed Growth(EFG)법은 높은 성장 속도와 결정면 제어가 용이한 장점이 있어서 산화갈륨 상용 기판을 성장하는 방법으로 주목받고 있다[2]. 그러나 EFG법 특성상 얇고 넓은 판형 구조로 산화갈륨 단결정을 성장하는 과정에서 다결정 유입이 손쉽고, 산화갈륨 고유의 벽개 특성에 의한 물리적 손상이 쉽게 발생한다는 것이 단점이다. 특히, 성장 주면방위에 따라 트윈과 같은 결정학적 결함이 발생할 확률도 높아서 EFG법을 통한 대구경 산화갈륨 기판 성장을 방해하는 요인으로 작용하고 있다[3]. 따라서 EFG법을 통한 산화갈륨 기판 상용화를 위해서는 이러한 결정학적 결함이 형성되는 원리와 성장거동을 이해하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 EFG법으로 (001)면을 주 면으로 하는 베타상 산화갈륨 단결정을 성장하고, 성장된 산화갈륨 단결정 내 형성된 결함에 대하여 분석하였다. 베타상 산화갈륨은 0.1mol% Sn을 포함한 분말원료를 사용하여 Ar 50%와 CO2 50%의 혼합가스 분위기에서 성장되었으며, 성장직후 단결정의 두께는 약 4mm 수준이었다. 분석에 앞서 성장된 단결정을 절단 및 가공공정을 통해 두께 0.8 mm 두께를 갖는 기판형상으로 가공하였다. 이 후, 광학현미경을 통해 기판 표면에서 [010] 방향으로 다수의 선형 결함이 관찰되었으며, 편광분석을 통해 선형 결함의 좌우 영역이 서로 대조되는 광 편광 특성을 보이는 것을 확인하였다. 추가적으로 라만분석과 HR-XRD 분석을 통해서 선형 결함을 기준으로 (001) 산화갈륨 면 특성을 갖는 영역과 그와 다른 특성을 갖는 영역으로 나뉘어진 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 상반된 두 가지 영역의 결정 구조적 차이를 조사하기 위해 HRTEM 분석을 진행하였다. 결과적으로 서로 상반된 특성을 보이는 두 영역 사이에 형성된 선형 결함은 (200)면 특성을 갖는 트윈 경계면(twin boundary)로 확인되었고, 경계면을 기준으로 양쪽의 영역이 서로 76도 각도를 갖는 거울대칭 구조로 형성되어있음을 확인하였다.

Reference
[1] M. Higashiwaki, K. Sasaki, A. Kuramata, T. Masui, and S. Yamakoshi, Appl. Phys. Lett. 100, 013504 (2012)
[2] S.J. Pearton, J. Yang, P.H. Cary, F. Ren, J. Kim, M.J. Tadjer, and M.A. Mastro, Appl. Phys. Rev. 5, 011301 (2018).
[3] Y. Bu, J. Wei, Q.Sai and H. Qi, CrystEngComm, (2023)

**PG1A-24 | 강자성-강유전성 복합체 기반 자기-기계-마찰전기 변환 발전소자 제작**

임예슬[1], *황건태[1]
[1]국립부경대학교

The internet of things (IoT) device is a key component for industry 4.0, which is the network in homes, factories, buildings, and infra structure to monitor and control the systems. To demonstrate the IoT network, batteries are widely utilized as power sources, and the batteries inevitably require repeated replacement due to the limited capacity. Magneto-mechano-electric (MME) generators are one of candidate to develop self-powered IoT systems since MME generators can harvest electricity from stray alternating current (AC) magnetic fields arising from electric power cables. Herein, we report a magneto-mechano-triboelectric generator enabled by an ferromagnetic-ferroelectric composite. In the triboelectric nylon matrix, a ferromagnetic carbonyl iron powder (CIP) was introduced to induce magnetic force near AC magnetic field for MME harvesting. Additionally, a ferroelectric ceramic powder was also added into the MME composite material to enhance the charge-trapping capability during triboelectric harvesting. The final ferromagnetic-ferroelectric composite-based MME triboelectric harvester can generate an open-circuit voltage and a short-circuit current of 110V and 8 $\mu$A, respectively, which were enough to turn on a light emitting diode (LED) and charge a capacitor. This results verify the feasibility of the MME triboelectric generator for not only harvesting electricity from an AC magnetic field but also for various self-powered IoT applications.

**PG1A-25 | Controlling Phase Distribution for Interface Engineering in Hafnia-based Ferroelectric Ultrathin Film**

RYU Dae Haa[1], LEE Joonbong[1], *CHOI Taekjib[1]
[1]Sejong University

Hafnia-based ferroelectrics (FEs) are one of the most promising candidates for next-generation non-volatile memory owing to their scalability and complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) compatibility. However, they have limitation in endurance properties which need to apply high operating voltage for switching ferroelectric polarization. On the other hand, hafnia-based anti-ferroelectrics (AFEs) have advantages for fatigue effect because their movement of defects are much smaller than ferroelectrics in phase transition. Furthermore, AFEs show high speed operation due to their rapid switching of polarization, unlike the gradual polarization reversal in ferroelectrics. In this study, AFE and FE $Hf_{(1-x)}Zr_xO_2$ (HZO) were consisted multi-layer

heterostructure for utilizing their advantages (i.e., lower fatigue and non-volatile switching). In this structure, fatigue effect could be decreased without reducing its remnant polarization in few nano-meter thickness. By controlling the interface between AFE and FE materials, it is possible to reduce the leakage current, caused by naturally formed suboxide.

**PG1A-26 | Wafer-level uniformity of homo-epitaxial diamond growth by using kinetics-coupled reactor scale simulation**

PHUNG Nhat-Minh[1,2], SEONG Gi-Ryeo[2], SHIN Yun-Ji[2], BAE Si-Young[2], LEE Soonil[1], *JEONG Seong-Min[2]
[1]Changwon National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

The microwave plasma chemical vapor deposition (MPCVD) process is commonly used to grow homo-epitaxial diamonds. The mechanism of single-crystal diamond (SCD) growth in a methane-in-hydrogen microwave plasma has been investigated to produce high-quality crystals [1], and further understanding based on theoretical approaches enabled to growth of large-scale SCD by controlling the homogeneity of energetic species on the diamond substrates. In this study, finite element analysis at the reactor scale is performed to evaluate plasma density distribution above the substrate under several process conditions by controlling working pressure, microwave power, and plasma position. The simulation results show that elevated microwave power and moderate gas pressure are essential to improve the absolute values of growth rate in the central regions of the substrate. The growth kinetic parameters are estimated by utilizing conventional deposition theories using experimental data. The developed kinetic model is applied to the reactor-scale model and validated with experimental growth rate values taken from lateral positions. The kinetics-coupled reactor-scale simulation technique gives a further understanding of the homogeneity of plasma in the reactor and provides a good recipe for producing high-quality homo-epitaxial diamonds.

References

[1] Y.A. Mankelevich, P.W. May, New insights into the mechanism of CVD diamond growth: Single crystal diamond in MW PECVD reactors, Diam Relat Mater 17 (2008) 1021–1028. https://doi.org/10.1016/j.diamond.2008.03.022.

**PG1A-27 | Rapid growth of single crystal under high-temperature gradient via physical vapor transport method**

PARK Jae-Hyeon[1,2], SUN Ju-Hyeong[2], BAE Si-Young[2], SHIN Yun-Ji[2], KWON Se-Hun[1], KIM Chang-Min[3], LEE Won-Jae[4], *JEONG Seong-Min[2]
[1]Pusan National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [3]Hana Materials Inc., [4]Dong-Eui University

Physical Vapor Transport (PVT) is a commercially used growth method to produce silicon carbide (SiC) single crystals. During silicon carbide (SiC) single crystal growth using PVT, silicon carbide (SiC) raw materials are sublimated in a graphite crucible heated by electromagnetic induction heating above 2000°C, and vapor species such as Si, Si2C, SiC2 are generated and delivered to the vapor phase, and then the vapor species are deposited as single crystals on the seed crystals. Typically, the single crystal growth rate of silicon carbide (SiC) is about 200um/h ~ 400um/h. In this study, a single crystal of silicon carbide (SiC) with a diameter of 50 mm was grown to a high quality and high growth rate using CVD-SiC crushing blocks generated during the process of manufacturing silicon carbide (SiC) parts for ultra-high purity semiconductor processes using methyltrichlorosilane (CH3Cl3Si, MTS), which is used as a CVD source. To increase the growth rate, we adopted a high-temperature gradient along the vertical direction, which was proposed by previous CVD growth results.[1] To evaluate the temperature distribution of the hot zone, a commercial simulation code, VR-PVT 8.2 (STR, Republic of Serbia) was used.[2] In this presentation, we show the simulation results by adopting various hot-zone designs to obtain high growth of SiC.

[1] Y. Tokuda, E. Makino, N. Sugiyama, I. Kamata, N. Hoshino, J. Kojima, K. Hara, H. Tsuchida, J. Crys. Growth 448 (2016) 29-35. [2] STR Group, Modeling of SiC crystal growth by PVT with virtual reactor software. https://str-soft.com/crystal-growth/pvt-sic/ (accessed 23 February 2024).

**PG1A-28 | Ionic Conductivity and Microstructure of $LiTa_2PO_8$ Ceramic Matrix-based Composite Solid Electrolyte**

KIM Nayoung[1], *KIM Hyeonjin[2], *YOON Seog-Young[1]
[1]Pusan National University, [2]Korea Electrotechnology Research Institute

$LiTa_2PO_8$(LTPO) has been studied for its high ionic conductivity and unique Li-ion conduction pathway. However, it has low grain boundary ionic conductivity

that reduces total ionic conductivity. Recently, ceramic matrix-based polymer composites are being introduced to improve this kind of problem with adding the polymer and lithium salt at the particle interface of the ceramic matrix. In this study, LTPO powder was synthesized through solid-state reaction. After that, composites were fabricated with adding polymer solid electrolytes and lithium salt to increase ionic conductivity. The ceramic matrix-based composites were fabricated with different compositions of LTPO powder, polymer solid electrolytes and lithium salt. The crystallinity of LTPO composites were characterized with X-ray diffraction (XRD). The morphologies of composites were observed with scanning electron microscope (SEM). The ionic conductivities of the LTPO composites with various compositions were compared using EIS analysis system. Furthermore, the relative densities of the LTPO composites measured as the ratio of theoretical density and measured density.

**PG1A-29 | Enhancing UV LEDs efficiency with non-polar core-shell quantum well (QWs) structure**

HAN Shuo[1], OH Jeong-Kyun[1], UM Dae-Young[1], KIM Sung-Un[1], CHANDRAN Bagavath[1], LEE Sang-Wook[1], PARK Jin-Seo[1], *LEE Cheul-Ro[1], *RA Yong-Ho[1]
[1]Jeonbuk National University

The AlGaN because its tunable bandgap ranging from 210 to 365 nm depending on the Al composition allows it is suitable for a wide spectrum of ultraviolet LED applications. The AlGaN excellent properties, such as heat, chemical resistance and high electron mobility. However, increasing the Al component of AlGaN to achieve the UV-B and C wavelength bands, the problems of high deficiency density and increased Mg activation capacity will be encountered. 1D nanorods a structure was used to solve this problem because the surface relaxation effect and high surface area to volume ratio can eliminate defects due to lattice mismatch. Metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD) is used to grow high-density and high-crystalline-quality AlGaN core-shell nanorods structure. The developed n-AlGaN MWs structure and p-AlGaN layer structure was grown on the m-plane (non-polar) and r-plane (semi-polar) direction. The produced LED device exhibits low leakage current at turn-on voltage.

**PG1A-30 | Trap-engineered GaN 1D nano/microstructures for rapid charge transport Photodetection under UV region**

KIM Yong-Ho[1], UM Dae-Young[1], OH Jeong-Kyun[1], KIM Sung-Un[1], VEERAMUTHU Vignesh[1], JU Jae-Hong[1], *LEE Cheul-Ro[1], *RA Yong-Ho[1]
[1]Jeonbuk National University

Gallium nitride (GaN) has emerged as a pivotal material for high-performance UV photodetectors owing to its favorable optoelectronic characteristics. However, challenges persist, particularly in enhancing the photoconductive gain of GaN-based UV photodetectors. In this study, we demonstrate the effectiveness of 1D GaN (0001) hexagonal facet single-crystalline nano/microwires with average diameters ranging from 13 to 1 μm, respectively. The resulting UV photodetector, utilizing elongated GaN nano/microwires, exhibits a significant increase in photocurrent under heightened bias conditions. It achieves an impressive photoresponsivity of 28.365 A and a sensitivity of 93.16% at -2 V bias within the UV spectrum. This enhancement is primarily attributed to the energy bandgap mechanism, exploiting defect states arising from lattice mismatches between the substrate and GaN. These mismatches influence charge carrier transport through a trap-assisted Poole-Frenkel effect. This investigation provides a crucial solution for achieving high-photoconductive performance in next-generation 1D photoconductive devices operating in the UV region.

**PG1A-31 | $(K_{0.5}Na_{0.5})NbO_3$ 기반 압전 세라믹스의 CuO 첨가량에 따른 압전 및 유전 특성**

최성희[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

현재 상용화된 납기반의 압전세라믹스인 $Pb(Zr,Ti)O_3$(PZT)는 과량의 납을 포함하여 높은 유해성으로 인해 사용 규제 대상으로 자주 언급되고 있다. 따라서 이를 대체하기위한 비납계 압전세라믹스 중 $K_{0.5}Na_{0.5}NbO_3$(KNN) 기반 조성은 높은 압전특성 및 온도 안정성을 나타내어 주목을 받고 있으며, PZT기반 압전세라믹스 수준의 특성까지 KNN 기반 압전세라믹스의 특성을 향상시키기위해 연구가 활발히 진행되고 있다. 압전특성을 향상시키기 위해 KNN에 Sb, Zr, $BaZrO_3$등을 고용하여 Rhombohedral-Tetragonal(R-T) 공존상을 상온에 형성하는 연구가 다수 보고되었다. 최근 보고된 $(K,Na)(Nb,Sb)O_3$-$Bi(Na,K)ZrO_3$(KNNS-BNKZ) 조성또한 상온에 R-T 공존상을 형성하고 높은 압전특성을 가지지만, 낮은 기계적 품질계수($Q_m$)를 가지기 때문에 압전소자에 적용하기에는 한계가 있다. KNN기반 조성의 $Q_m$을 향상시키기 위해서는 hardening 효과를 유도가 효과적이며, 이는 CuO의 첨가로 발현될 수 있다고 보고되었다. 따라서, 본 연구에서는 KNNS-BNKZ에 CuO 첨가량에 따른 hardening 효과를 확인하

고, 이에 따라 향상된 $Q_m$과 유전손실 값을 보고하고자 한다.
This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean Government (Ministry of Education) [NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761], and the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program-Material Components Technology Development Program) (20024235, Development of Technology for Manufacturing Lithium High Corrosion Resistance Ceramic Parts for Cathode Materials of Li-ion battery) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This work was also supported in part by the International Science & Business Belt support program, through the Korea Innovation Foundation funded by the Ministry of Science and ICT.

**PG1A-32 | Emission color-tunable InGaN/GaN quantum wells (QWs) for nanostructure LED grown by Selective Area Growth(SAG) mechanism**

LEE Min-Seok[1], KIM Sung-Un[1], UM Dae-Young[1], OH Jeong-Kyun[1], CHANDRAN Bagavath[1], SHIN Se-Bee[1], *RA Yong-Ho[1], *LEE Cheul-Ro[1]
[1]Jeonbuk National University

The potential of Ⅲ-Nitride nanostructures to transmit the whole visible light spectrum has drawn attention in the field of next-generation display technologies. Unfortunately, since of the increased internal electric field and low crystal quality when a high In concentration in InGaN QWs, emitting light in the green to red range is challenging. Promising alternatives to address these issues include the 0-D(NanoPyramid) and 1-D(NanoRod) LED nanostructures. Growth of these structures via Metal Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD) employed SAG for optimization. In order to generate GaN nanorods with varying diameters and lengths, growth parameters (temperature, chamber pressure, growth time) of n-GaN seed were controlled. To investigate the structural and optical characteristics of the nanostructure LED, STEM, XPS, and micro-PL were used. Measured data verified the concurrent development of LED structures that produce green and blue wavelengths, opening the door to the possibility of the multi-color simultaneous growth.

**PG1A-33 | Two-step 소결 조건에 따른 (K,Na)$NbO_3$ (KNN) 기반 세라믹스의 미세구조 및 압전특성 연구**

권태균[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

대표적인 비납계 세라믹스인 (K,Na)$NbO_3$ (KNN) 기반 세라믹스의 경우 준수한 압전특성과 높은 큐리 온도를 나타내어 많은 주목을 받고 있다. 최근 압전특성 향상을 위하여 rhombohedral-tetragonal (R-T) 상경계를 상온에 형성하기 위한 연구들이 꾸준히 진행되고 있다. KNN 기반 세라믹스의 압전특성은 미세구조와의 높은 연관성을 가지며, 이에 따라 높은 압전특성을 위해서는 미세구조 제어가 필수적이다. 이러한 미세구조를 제어하기 위한 방안으로 Two-step 소결 공정이 시도되었다. Two-step 소결 공정의 경우 일반적인 소결 공정보다 높은 온도로 승온한 후 짧은 시간 동안 소결하여 치밀화 및 비정상 결정립 성장을 유도하고, 기존 소결보다 낮은 온도에서 장시간 소결되어 기공이 제거되면서 높은 밀도를 얻을 수 있다고 보고되었다. 본 연구에서는 KNN 기반 소재로서 (K,Na)(Nb,Sb)$O_3$-Bi(Na,K)$ZrO_3$ (KNNS-BNKZ) 세라믹스를 선정하여 실험을 진행하였으며, Two-step 소결 공정에 따른 비정상 결정립 성장을 유도하여 미세구조를 제어하고 이에 따른 압전특성 변화를 보고하고자 한다.
This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean Government (Ministry of Education) [NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761], and the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program-Material Components Technology Development Program) (20024235, Development of Technology for Manufacturing Lithium High Corrosion Resistance Ceramic Parts for Cathode Materials of Li-ion battery) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This work was also supported in part by the International Science & Business Belt support program, through the Korea Innovation Foundation funded by the Ministry of Science and ICT.

**PG1A-34 | Molten salt synthesis 공정을 통한 압전 세라믹 제조용 KNN 단결정 Seed 제조**

전지윤[1,2], 차현애[2], 한병동[2], 안철우[2], 최종진[2], 배성환[1], *문영국[2]
[1]경남대학교, [2]한국재료연구원

압전 소재 중 Pb(Zr,Ti)$O_3$ (PZT)계열 세라믹은 높은 압전 특성을 가져 널리 사용되고 있다. 하지만, 환경오염 물질인 Pb를 함유하고 있어 사용 및 폐기 시 발생하는 환경문제로 인해 이를 대체할 친환경 압전 소재 개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 중 (K,Na)$NbO_3$(KNN) 계열 세라믹은 높은 $T_c$와 $d_{33}$ 값을 가지기 때문에 가장 주목받고 있는 소재이다. 이 KNN 소재의 압전 성능의 향상을 위해 seed를 따라 정렬시켜 고특성을 얻을 수 있는 TGG (Templated Grain Growth)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. TGG에서는 여러 고려사항들이 있지만 seed를 얇게 제조하여 잘 정렬시키는 것이 매우 중요하다. 현재, 대부분의 seed들은 2-step공정인 topochemical molten salt 법을 이용하여 제조하고 있는데 이는 공정 비용과 공정 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다. 최근 비정상 입성장이 일어난 조성을 이용하여 1-step공정인 Simple Molten salt synthesis(SMSS)공정으로 seed를 제조한 연구가 발표되었고, 본 연구에서도 비정상 입성장

과 높은 압전 특성($d_{33}$:~1000 pC/N)을 나타내는 조성을 이용하여 1-step 공정인 Simple Molten salt synthesis(SMSS)공정으로 plate type의 seed를 제조하였다.

**PG1A-35 | Self-Powered Photoresponse of Fleixble Halide Perovskite Thin Films**

PARK Kwan Sik[1], *KIM Sang Heon[1], HAN Ju[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Lattice-strain-dependent light-sensing characteristics are reported in self-powered flexible inorganic perovskite $CsPbBr_3$ thin films. A unique method based on two-step depostions was applied to induce lattice strain in the range of −0.83% to +0.83% for the $CsPbBr_3$ thin films. As a result, the highest values were achieved with the responsivity of ~121.5 mA/W and response speed of ~2.5 μs for the maximum tensile strain of +0.81%, corresponding to the improvements of ~100.2% and ~75%, respectively, relative to the unstrained case. The improvement was systematically discussed with chasing the structural origin and the adjusted band aligments at junctions.

**PG1A-36 | Piezoelectricity in Hybrid Halide $MAPbX_3$ (X = I, Br, and Cl) Thin Films**

*JO Kyeong Su[1], PARK Kwan Sik[1], HER Sung Min[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Anion-dependent piezoelectricity and power generation in methylammonium lead halide $MAPbX_3$ (X = I, Br, Cl) were investigated by focusing on the structural origin of the property dependence. In addition, the effect of anisotropic in situ strain was explored for further enhancement in the device performance. The highest piezoelectric energy harvesting performance was achieved for the compressively 0.73%-strained $MAPbI_3$ thin films with a peak voltage/current of ~23.1 V/~1703 nA. In comparison, $MAPbBr_3$ and $MAPbCl_3$ exhibited ~5.6 V/~176 nA and ~3.3 V/~141 nA, respectively, under the same in situ strain condition. Despite the cubic structures of $MAPbBr_3$ and $MAPbCl_3$, apparent piezoelectricity was observed as being associated with the soft polarity modes and defects. In the case of tetragonal ferroelectric $MAPbI_3$, the distortion of $PbI_6$ octahedra and atomic displacement within each octahedron were quantitatively estimated.

**PG1A-37 | Influence of deposition temperature on chemical properties of $SnO_x$ thin films for Extreme Ultraviolet Metal Oxide Resist**

CHUNG Hyunbin[1], LEE Sangwoo[1], LEE Joonbong[1], CHO A Young[1], TURGUN Boynazarov[1], RYU Dae Haa[1], *CHOI Taekjib[1]
[1]Sejong University

The metal oxide photoresist (MOR) is a promising type of non-chemically amplified resist (Non-CAR) for use in extreme ultraviolet (EUV, $\lambda$~ 13.5 nm) lithographic patterning. Compared to CARs, MORs exhibit higher EUV absorptivity and shorter blur lengths. Tin-based MORs are interested in use as EUV photoresists due to its relatively high absorption cross section at 92 eV. Tin-based MORs can increase absorbance for EUV radiation and enable higher resolution patterning. In this study, amorphous $SnO_x$ thin films were deposited by plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) using the tin isopropoxide precursor at different temperatures. As deposition temperature increases, refractive index increases, but deposition rate decreases. The films have been characterized as-deposited and after patterning. We analyzed surface morphologies and chemical properties.

**PG1A-38 | Rapid fabrication of Nanochannel Structure via Proximity-field Nanopatterning: Toward Gate-All-Around FET**

KWON Sungjoo[1], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University

The Gate-all-around field effect transistor (GAAFET) is a three-dimensional FET structure capable of implementation under a 3 nm pitch size. The current fabrication method of GAAFET involves repetitive film deposition and etching, which increases process time and cost. The rapid and low-cost channel formation can overcome current limitation of GAAFET fabrication. To address this limitation, we propose a rapid and cost-effective approach for channel formation via Proximity-field nanopatterning (PnP). The PnP is a promising technique capable of fabricating various 3D nanostructures in a single laser exposure. The Talbot effect, which occurs via transparent phase mask grating, fabricates the interference pattern inside of the photoresist. By utilizing PnP with 1D grating phase mask, a hexagonal array of channels (pore size~ 160 nm) is obtained, and it can be further applied to GAAFET architecture. In addition, ensuring a high yield of nanochannel during the semiconducting process like vertical etching involved converting the nanochannel

array from hexagonal to square configuration. The transition of the array was accomplished through angle-resolved PnP, controlling the incident light angle to 18.5°. The zinc oxide (ZnO) as the semiconductor channel material, and alumina ($Al_2O_3$) as a gate oxide layer were infiltrated by atomic layer deposition into pre-fabricated nanochannels, respectively. Finally, Nickel (Ni) was deposited as the gate electrode using a pulse electroplating system, providing complete coverage around the semiconductor channel structure.

**PG1A-39 | $Li_2CO_3$ 첨가가 $Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O_7$(c-BZN) 유전체의 상 변화 및 마이크로파 유전 특성에 미치는 영향 연구**

이유선[1], *이경호[1]
[1]순천향대학교

저온동시소성세라믹스(LTCC) 모듈의 소형화, 고집적화 및 기능 향상을 위해서는 80 이상의 유전율($\varepsilon_r$), 높은 품질 계수(Q×f) 및 안정한 공진주파수 온도 계수($\tau_f$)를 갖는 유전 재료가 요구된다. 고유전 재료 중 입방정의 $Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O_7$ 유전체는 소결조제인 $Li_2CO_3$와 반응을 하여 상 일부가 단사정의 $Bi_2Zn_{2/3}Nb_{4/3}O_7$과 정방정의 $LiZnNbO_4$으로 상 변화가 발생하며, $Li_2CO_3$의 첨가량(x)에 따라 이러한 최종 상들의 량을 조절할 수 있음을 확인하였다. $Bi_{1.5}Zn_{1.0}Nb_{1.5}O_7$-x$Li_2CO_3$(x=0.06~0.12) 복합체 전 조성 범위에서 소결 조건은 950 ℃ 4 시간이었으며 얻어진 상대 소결 밀도는 이론 밀도의 97% 이상이었다. $Li_2CO_3$의 함량이 x=0.06에서 x=0.12으로 증가함에 따라 $\tau_f$ 값은 +2.65에서 -1.48 ppm/°C, 유전율($\varepsilon_r$)은 151.93에서 147.62로 변화하였고 품질 계수(Q×f) 값은 10,373 GHz에서 26,451 GHz로 변화하는 경향을 나타냈다. 특히 x=0.09 조성의 마이크로파 유전특성은 $\varepsilon_r$=150.71, Qxf=24,522 GHz, $\tau_f$=-0.27 ppm/°C 값으로 최적의 마이크로파 유전 특성을 나타내었다.

**PG1A-40 | Characteristics of High Capacitance Density and Soft Leakage Current of Buffered $BaTiO_3$-Ag Composite Film by Aerosol Deposition Process**

JEON JwaBin[1], LEE JunWoo[1], KOO SangMo[1], SHIN WeonHo[1], *OH JongMin[1]
[1]Kwangwoon University

In the ever-evolving electronic product market, internal elements of electronic components are required to continuously improve performance, including high performance, multi-function, and miniaturization. Capacitors are passive elements that occupy a lot of space in electronic components. Ferroelectric materials are used in capacitor to reduce surface mounting area and increase dielectric properties. In this study, based on percolation theory, research was conducted to improve dielectric properties by using ferroelectric materials as base materials and metal fillers as additives. To lower the leakage current of the composite film, a multilayer composite film was fabricated using the same aerosol deposition process and a buffer film made of the same ceramic material as the deposited composite film. The crystal structure, microstructure and dielectric and electrical properties of the composite film were measured. And the capacitance density was compared with previous studies.

**PG1A-41 | $V_2O_5$ 첨가가 $0.8Li_2TiO_3$-$0.2LiZnNbO_4$ 유전체의 소결 및 마이크로파 유전 특성에 미치는 영향 연구**

정혜원[1], *이경호[1]
[1]순천향대학교

저온동시소성세라믹스(LTCC) 기술의 5G 무선통신의 응용을 위해서는 적절한 상대 유전율($\varepsilon$r), 높은 품질 계수(Qxf), 0에 가까운 공진주파수 온도 계수($\tau$f)의 유전 특성과 전기전도도가 우수한 Ag 전극과의 동시 소성을 위한 저온 소결성(〈960 ℃)이 요구된다.
본 연구에서는 양의 $\tau_f$ 값을 갖는 Li2TiO3과 음의 $\tau_f$ 값을 갖는 $LiZnNbO_4$를 화학적 함량 조절을 통해 (1-x)$Li_2TiO_3$-x$LiZnNbO_4$(x=0.1~0.3) 세라믹스 유전체를 제작하였다. 측정된 마이크로파 유전특성은 $\varepsilon_r$=20~23, Qxf=50,000~56,000 GHz, $\tau_f$=-7.9~+13.9 ppm/℃이었다. 연구된 조성들 중 0.8Li2TiO3-0.2LiZnNbO4의 경우 $\varepsilon$r=22, Qxf=52,000 GHz, $\tau$f=+2.00 ppm/℃로 가장 온도 변화에 안정한 유전특성을 보였다. 이때의 소결 조건은 1,100 ℃ 3시간이었으며, 소결 밀도는 이론 밀도의 96%이었다. Ag 전극과의 동시 소성을 위한 소결 온도 저하를 위한 소결 조제로 $V_2O_5$를 첨가하였다. 0.5wt% $V_2O_5$ 첨가는 소결 온도를 1,100 ℃에서 900 ℃로 낮출 수 있었으며, $V_2O_5$의 첨가로 인한 2차 상의 생성이 이루어지지 않았음을 XRD 분석을 통해 알 수 있었다. 측정된 마이크로파 유전특성은 $\varepsilon_r$=21, Qxf=40,000 GHz, $\tau_f$=-1.8 ppm/℃ 이었고, Ag 전극과의 화학적 반응 실험 결과 Ag와 동시 소성 과정 중 반응이 일어나지 않아 개발된 유전체 조성이 온도 안정성 마이크로파 LTCC 유전체로의 적용 가능성을 보여주었다.

**PG1A-42 | Control of Metal-insulator Phase Transition Characteristics of ALD-based Vanadium Dioxide for Next-generation Semiconductors**

KIM Yong Tae[1], *HEO Jaeyeong[1]
[1]Chonnam National University

In the field of semiconductors, there is an increasing demand for high-performance/low-power computing hardware. To meet this demand, researchers are currently exploring devices that simulate the human brain and deviate from the traditional von Neumann method. Specifically, phase transition metal oxide materials have been found to exhibit a rapid insulator-metal transition firing-type switching phenomenon

at a certain threshold voltage depending on voltage application. This phenomenon is characterized by volatile behavior that returns to the original state when the voltage is removed, as well as a very large current change and a fast switching speed of several nanoseconds. To develop a high-performance phase transition device, it is essential to achieve precise control over the material properties of thin films. Previous research on phase transition materials has mainly relied on PVD-based processes such as sputter. However, this approach has significant limitations when it comes to implementing a phase transition oxide on a complex 3D structure due to poor step coverage. To address this challenge, we developed an ALD-based vanadium oxide ($VO_2$) process technology that enables the successful formation of a $VO_2$ thin film through subsequent heat treatment. Furthermore, the characteristics of thin films under various heat treatment conditions were analyzed using various analysis equipment, ultimately leading to the successful implementation of an ALD-based $VO_2$ firing type device.

**PG1A-43 | Engineering of TiO2-x nanosheet Core-shell strauctes for Gas sensor performance**

PI Ji Hee[1], KOO Ga Yeong[1], HWANG Jeong Yun[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei university

Structural engineering plays a crucial role in overcoming the limitations of physical and chemical properties inherent in metal oxide semiconductor materials. By designing specific nanostructures, such as nanosheets and core-shell configurations, material properties can be enhanced to improve gas sensing performance. The core-shell structure is then modified to further enhance gas sensor performance. This deformation process may involve coating the nanosheets with another metal to form a core-shell structure, altering the morphology of the nanosheets, or introducing defects to improve gas sensing properties. In this study, we fabricated TiO2-x nanosheets using a chemical exfoliation method, coated the nanosheets with hydrogen oxide, and conducted core-shell structure deformation for gas sensor performance.

**PG1A-44 | $P(DEA)_3$를 P 전구체로 사용한 green InP/ZnSe/ZnS quantum dots의 합성 및 QD-polymer plate 응용에 관한 연구**

최재휘[1], 김성래[1], 박재형[1], 윤강석[1], 정혜영[1], *김지완[1]
[1]경기대학교

콜로이드 양자점 (QDs)은 반도체 나노 입자로, 독특한 전기적 및 광학적 특성을 나타낸다. 양자 구속 효과로 인해 QDs는 입자 크기 제어를 통해 색상 조정성에 큰 이점을 가지며 우수한 색역을 갖는다. 과거에는 cadmium (Cd)을 사용하여 고휘도의 QDs가 개발되었으나, 유럽의 유해물질 제한지침의 규제로 Cd QDs의 사용이 제한되고 있다. 이에 따라 Cd 기반 QDs의 대안으로 Indium phosphide (InP) QDs가 각광받고 있다. 현재 연구에서는 $P(DEA)_3$, zinc chloride, indium (III) iodide를 전구체로 사용하여 green InP/ZnSe/ZnS QDs를 합성하였다. 적절한 합성 온도, 코어 합성을 위한 반응 시간, 그리고 P와 I 전구체의 비율을 최적화하여 528 nm에서 녹색 발광을 보이는 InP QD가 합성되었다. QDs는 86%의 발광 효율과 최대 39 nm의 좁은 반치폭을 나타내었다. 이러한 InP QDs를 사용하여 QD-polymer plate를 제조하였다. Choloform과 PMMA, QDs를 혼합 후 건조를 하여 제조하였다. Plate는 440 nm와 450 nm의 파장을 효과적으로 흡수한 뒤 540nm의 녹색 파장을 방출함을 확인하였다.

**PG1A-45 | Piezoelectric Energy Hravesting of Multiple PZT Tape-Based Cantilever Structures at Non-resonant Frequency**

KIM Byeong Kon[1], *PARK Kwan Sik[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Piezoelectric multiple-harvester structures with record-breaking performance are proposed for targeting non-resonant-frequency or extremely low-frequency applications. Several combinations of $Pb(Zr,Ti)O_3$ with relaxor materials, namely, $Pb(Co_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (PCN), $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (PNN), and $Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (PZN), are investigated in terms of their structure and piezoelectricity. The highest $g_{31}$ composition of 0.2PCN–0.8PZT was combined with the highest $d_{31}$ of 0.4PZN–0.6PZT to maximize the power generation in the two-parallel-tape structure for better harvesting performance. As a multilayer harvester structure, a four-layer 0.4PZN-0.6PZT unimorph cantilever demonstrated exceptional energy-harvesting performance of ~535.9 mW, corresponding to the record power density of ~10 $mWcm^{-2}g^{-2}Hz^{-1}$ at 2 Hz. The outstanding outcome must be a benchmark for various non-resonant-frequency applications.

**PG1A-46 | Surface Passivation of Layered MoSe2 via van der Waals Stacking of Amorphous Hydrocarbon**

*LESTARI Windy Ayu[1]
[1]Gyeongsang National University

Development of effective surface passivation techniques is essential to preventing semiconductor devices' electrical performance from degradation due to carrier entrapment or scattering in the channels triggered by molecule adsorption in ambient environment. In the

contrary, extra interfacial defects linked to broken covalent bonds are formed during conventional dielectric deposition, which lead to accidental electrostatic doping or enhanced hysteretic behaviour. This study demonstrates centimeter-scaled van der Waals passivation of transition metal dichalcogenides (TMDCs) by stacking hydrocarbon (HC) dielectrics onto MoSe2 field-effect transistors (FETs) to improve the device's electric performance and stability while also reducing chemical disorder at the HC/TMDCs interface. The stacking of HC onto MoSe2 FETs increases the carier mobility of MoSe2 FET of over 50% at the n-branch, and a significant decline of hysteresis due to the screening of molecular adsorption. After exposuring in ambient environment for 3 months, the electron mobility and hysteresis of the HC/MoSe2 FETs are verified to be nearly intact compared to those of the fabricated HC/MoSe2 FETs. Consequently, the proposed design can serve as a model for developing advanced applications of nanoelectronics based on layered materials for large-scale manufacturing.

**PG1A-47 | Wafer-Scale Thin Film Grown $WSe^2$ via molten salt method and Device Application**

*PARK Sojeong[1]
[1]Gyeongsang National University

TMD have been studied in various platforms due to the properties of a large surface-to-volume ratio and ultrathin body thickness. As applying external stimulation to ultrathin body channel of transistors, various ossibilities of transistors can be expected. These characteristics are show the high Usability of sensor fields.

A millimeter scale multilayer WSe2 film is synthesized via NaCl-assisted solid-phased CVD process. The Optical microscopy images show of transgular $WSe_2$ growth as the grwoth temperature increases. In the case of the 800 °C, 2.5 cm X 2.5 cm $SiO_2$ substrates are fully covered by synthesized $WSe_2$, showing from monolayer to Multilayer $WSe_2$.

To analyze the homogeneity of the $WSe_2$, the Raman spectroscopy is performed on the 25 different regions of the $WSe_2$. The $E_{12g}$ (~235 $cm^{-1}$) peaks are consistently observed at constant peak positions. This result demonstrates that a uniform growth of $WSe_2$ in the large-area.

To observe the Sensory behaviors of the grown $WSe_2$, multi-channel of $WSe_2$ is fabricated on thermally grown $SiO_2$ substrates with Ni electrodes. As shown transfer curve of the fabricated $WSe_2$, the ambipolar behavior can be observed, consistent with previous reports. The optoelectronic responsibility is observed using illumination pulse modulated 405 nm laser, shile the chemical responsibility is shown upon exposure NO2 gas pulses onto $WSe_2$ FETs.

In conclusion, this study are demonstrated their sensory applications, sensitivity originated from atomical thin-body of $WSe_2$ and the large scale TMD grwoth by using catalytic CVD process.

**PG1A-48 | Enhancement of thermoelectric properties in p-type ZnSb alloys through Cu-doping and Synthesis of layered structure materials**

DHARMAIAH Peyala[1], *BAEK Seung-Hyub[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology

With the growing demand for sustainable energy solutions amidst the depletion of natural resources and worsening air pollution, thermoelectric (TE) conversion has emerged as a promising green energy technology. This process directly converts waste heat into usable electricity through the Seebeck effect. In recent decades, considerable efforts have been directed towards optimizing and improving the thermoelectric properties of various materials to enable efficient power generation and cooling applications. Among these materials, ZnSb-based thermoelectric materials have garnered significant interest due to their high performance, affordability, and abundance in the earth's crust, coupled with their non-toxic nature. In this work, we introduce Cu into ZnSb materials through the melting-quenching-annealing process. Our findings reveal that synergistic optimization of carrier concentration realizes a maximum ZT of ~1.04 at 600 K, attributed to a significant enhancement of the power factor (107%). Moreover, we develop a two-dimensional layered structure in ZnSb materials through alloying of alkali metal using a solid-state reaction followed by spark plasma sintering (SPS). The crystal structure and morphology of layered bulk samples are analyzed by X-ray diffractometry (XRD) and scanning electron microscopy (SEM), respectively. Structural analysis confirms that the 2D-ZnSb compound possesses a layered structure resulting from the transformation of 3D-ZnSb via alkali metal alloying.

## PG1B : 전자세라믹스

**PG1B-1 | 대기압 플라즈마를 이용한 Si-O-Si 결합 기술**

최원영[1], *박종헌[2]
[1]부산대학교, [2](주)리바이시스템

Bonding을 이용한 차세대 반도체 3DIC Integration은 Moore의 법칙의 한계를 해결할 수 있는 효과적인 방법이다. 양질의

Bonding Strength (B/S) 확보를 위해서는 Plasma등을 이용한 본딩 전 절연체 (SiO2, SiN, SiCN, etc) 표면 활성화를 통하여 –OH의 형성이 필수적이고, B/S향상을 위한 연구들이 보고 되었다. 본 연구에서는 진공Plasma에 비하여 설비Cost저감 및 공정 생산성이 뛰어난 대기압 Plasma를 이용하여 SiCN 표면처리를 수행하였다. 대기압 공정은 진공 공정과는 달리 이물 관리 등에 주의가 필요하나, 반도체 전공정 Clean환경으로 극복할 수 있다. Gas유량, plasma파워, Plasma-SiCN표면 간 Gap, Scan Speed등의 변화를 통하여 최적화를 실시하였다. 표면처리 후에 Hydrophilicity 생성과 동시에 Particle제거 목적으로 DI Water Rinse, 상온/상압에서 Wafer Boding, Post-bonding Anneal을 연속적으로 수행한 후에 B/S를 측정하였다. 이후 본딩 결합은 Si-O-Si 결합이 생성된다. 파라미터 중 Scan Speed가 최적화된 수치를 넘어서 증가하면 B/S가 감소하는 경향 보여주는데, 그 이유는 –OH형성할 반응시간이 부족했기 때문이다. 추후 다른 Variables와의 관계성 조사 등을 통한 계속적인 연구로 정확한 Mechanism을 규명할 계획이다. 본 연구의 최적화된 조건에서 B/S가 1.8J/$m^2$이상 확보되어, 대기압 Plasma를 이용한 Bonding 전 표면 처리가 3DIC Integration에 응용 가능한 방법이라는 것을 보여주었다.

**PG1B-2 | $Co_3(PO_4)_2$ 코팅이 $Li[Co_{0.1}Ni_{0.15}Li_{0.2}Mn_{0.55}]O_2$ 리튬이차전지 양극재 성능에 미치는 영향**

*구본급[1]
[1]국립한밭대학교

리튬이차전지의 전기화학적 성능 향상을 위한 고용량 양극재를 제조하기 위해, 간단한 연소 방법으로 합성된 $Li[Co_{0.1}Ni_{0.15}Li_{0.2}Mn_{0.55}]O_2$ 분말 표면에 $Co_3(PO_4)_2$ 나노입자를 코팅하였다. $Co_3(PO_4)_2$ 함량과 어닐링 온도가 적절한 조건에서 제조된 코팅 분말은 열처리 시 리튬 불순물과 반응하여 형성된 $Li_xCoPO_4$ 상으로 구성된 최적의 코팅층을 보여주었다. 3wt.% $Co_3(PO_4)_2$로 코팅되고 800℃에서 어닐링 된 시편이 비용량, 사이클 성능 및 속도 성능 측면에서 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다. 한편, onset 온도 및 열 폭주(thermal runaway) 중에 발생하는 열의 감소가 되는 것으로 코팅을 통해 열 안정성도 향상된다는 것을 알 수 있었다.

**PG1B-3 | 다양한 조성의 NiFe 나노와이어 합성에 관한 연구**

*구본급[1]
[1]국립한밭대학교

다양한 조성의 NiFe 나노와이어(직경 200nm)를 양극 산화된 알루미나를 지지체로 사용하여 산성 염화물 욕조에서 전착하였다. 박막을 처음에는 Cu 기판에 전착하여 막의 조성과 미세구조에 미치는 다양한 증착 변수의 영향을 연구한 결과 박막의 조성은 온도와 전류 밀도의 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 특히, 40°C에서 전류 밀도에 따른 조성의 변화가 가장 높게 나타났다. 예를 들어, BCC 구조의 Ni20Fe80와 FCC 구조의 Ni80Fe20 박막은 각각 5 및 20mA $cm^{-2}$에서 전착 되는 것을 알 수 있었다. 또한, 이러한 박막 연구를 기반으로 5~20mA $cm^{-2}$ 사이의 전류 펄스를 적용하여 조성이 변조된 Ni80Fe20/Ni20Fe80 나노와이어를 합성할 수 있었고, 증착 시간을 조절하면 층 두께를 수십 nm까지 제어가 가능하다는 것을 알 수 있었다.

**PG1B-4 | 유전체 물성에 따른 전자파 제어 특성 해석에 관한 연구**

*유찬세[1], 이종호[1], 이범수[1], 배근영[1], 박세민[1]
[1]한국전자기술연구원

최근 전자파 차폐, 흡수 등 전자파 제어 특성에 관한 특성이 이슈가 되고 있는 가운데 전도성 물질을 이용한 전자파 차폐 특성 확보를 넘어서 전자파 차폐와 흡수 성능을 동시에 구현할 수 있는 비전도성 소재에 대한 연구가 진행되고 있다. 유전체 및 자성체 등 비전도성 소재를 이용하여 전자파의 차폐 및 흡수능을 제어하는 연구들이 수행되고 있는 가운데 본 연구에서는 유전체 소재의 물성 및 구조에 따른 전자파 차폐, 흡수 성능을 분석하고 이 소재의 전자기기 분야 응용에 대해 제안하고자 한다. 본 연구는 융합연구단사업 '전자파 제어 중간재의 전기적 특성 해석 및 시작품 구조 설계' 과제(과제번호 : CRC22031)로 수행되었음.

**PG1B-5 | 염화 암모늄법 통한 Pt 포함 귀금속의 정제 기술 방법**

진연호[1,2], 장대환[1], *양재교[1]
[1]고등기술연구원, [2]고려대학교

Pt 포함 귀금속 중 Ir, Ru (이하 PGM)은 자동차, 전기전자, 화학, 수소 등 다양한 산업 분야에 중요하게 사용되며, 글로벌 수요시장 규모가 증가추세임. COVID-19 및 지정학적 Risk 등은 원료 공급의 차질과 불확실성을 증가시켜, 최근 3년 공급 부족으로 인한 가격이 폭등되었으며, 이에 따른 순환자원으로부터 Recycling 된 소재의 글로벌 공급이 지속적으로 요구되고 있다. 순환자원으로부터 Hybrid recycling 기술을 개발하여 3N급(99.9%) Ir, Ru을 제조하는 기술은 시대적 요구이다. 본 기술은 귀금속 건식 공정 후 발생한 Alloy 에서부터 기분 물성 평가를 실시하고, 습식 정제 기술 개발에 관한 연구이다. 건식 반응에서 회수된 Alloy 주요 물질에 대하여 습식 정제 기술 개발을 위해 산 침출을 시도하고, 건식 공정 및 습식 공정에 존재가능한 이온에 대해 Chemical equilibrium diagram을 도식화 하였다. 뿐만 아니라 PGM 그룹의 산화거동에 대해 온도에 빠른 반응성 열역학 계산을 수행하였다. 침출액에 대해서는 염화암모늄법을 이용해 PGM 고순도화를 시도하였다. 용액에서 염화암모늄을 통해 수소 염화물 형태로 회수하고, Hydrazine을 통해 고순도화 공정을 반복해 정제 하였다.

사사
본 연구는 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (국제공동기술개발사업 No. P0025660)

**PG1B-6 | 우수한 온도 안정적 유전 특성을 갖는 NKN 기반 세라믹스의 X9R MLCC 활용**

민병재[1], 채석준[1], 박석정[1], 김인수[1], 곽산[1], 류현[2], *남산[1]
[1]고려대학교, [2]한국표준과학연구원

$(1-x)(K_{0.8}Na_{0.2})NbO_3-xBaTiO_3$ [(1-x)($K_{0.8}N_{0.2}$)N-xBT] ceramics were well densified at 1080℃ for 2 h. Curie temperature

($T_C$) and orthorhombic-tetragonal phase transition temperature ($T_{O-T}$) of these ceramics considerably decreased and broadened with the increase of x. Furthermore, the ceramics ($x \geq 0.08$) have the large relaxor properties. The $(1-x)(K_{0.8}N_{0.2})N-xBT$ ceramics ($0.09 \leq x \leq 0.11$) display an excellent temperature stability of the dielectric property satisfying the requirement of the X9R multilayer ceramic capacitor (MLCC) specification. However, the $(1-x)(K_{1-y}N_y)N-xBT$ ceramics ($0.0 \leq x \leq 0.3$ and y = 0.5 and 0.8), which contain a large amount of $Na^{+1}$ ions, cannot satisfy the requirement of the X9R MLCC specification because of the small relaxor properties and the reduced decreasing rate of the $T_C$ and $T_{O-T}$. The MLCC was fabricated using the $0.9(K_{0.8}N_{0.2})N-0.1BT$ ceramic and it also complies with the requirement of the X9R MLCC regulation with an excellent stability of the applied electric field. Consequently, the $0.9(K_{0.8}N_{0.2})N-0.1BT$ ceramic is a promising candidate for the X9R MLCC device.

**PG1B-7 | Piezoelectric response and electric generation of biodegradable silk nanofibers with molecular bonding correlation**

이준기[1], 김현승[1], 손창완[1], TAMIM Ahmed Mahfuz[1], 이기태[1], *정창규[1]
[1]전북대학교

This study investigates the piezoelectric properties of electrospun silk nanofibrous membranes for biodegradable piezoelectric energy harvesters derived from Bombyx mori silk cocoon. The molecular phase transition of silk fibroin inducted by ethanol from $\alpha$-helix phase to $\beta$-sheet phase. The reorganized phase structure affects the dipole moment of molecular hydrogen bonds. Interestingly, we found that the piezoelectric response of silk fibroin nanofibers is declined by the conventional poling process. This is due to the breaking of hydrogen bonds by an external high electric field which causes deterioration of the silk fibroin dipole moment and this phenomenon can be defined as 'inverse depolarization' and 'quasi-piezoelectricity' of protein-based biopolymers. The electrospun silk piezoelectric (ESP) generators are fabricated using high-quality piezoresponse of silk fibroin nanofiber membranes with confirming biodegradability. Finally, an ethanol-immersed ESP generator is attached to different body parts to be utilized as a self-powered motion-detecting sensor.

**PG1B-8 | Direct converting local pressure into color map with thermochromic panel and resistive pressure sensor**

KIM Gyuwon[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei university

Interactive response upon external pressure such as touching is essential for human-machine interface devices. This function is usually achieved by the combination of sensor, processor and display. This configuration, however, is bulk and expensive to be adopt tiny application such as IOT device and e-skin. Here, we introduced visually pressure-mappable touch device using thermochromic panel and resistive pressure sensor. In this study, we designed microstructured PDMS chain as resistive pressure sensor with high spatial sensitivity and the multilayer PDMS composite for display and heater made by various micro- and nano particles. By combining them, resistive response of device can be converted to visual readout by heat as medium. In order to show pressure mapping capability, we demonstrated pressure dependent dot writing and 3D force touch note that suggests potential uses as future electronics.

**PG1B-9 | 실리콘 산질화물 박막의 SAW필터용 패시베이션 층 적용을 위한 반응성스퍼터링 공정변수가 박막에 미치는 영향**

차민규[1], 송영하[1], 김서한[1], 이정철[2], 이택주[2], *송풍근[1]
[1]부산대학교, [2]주식회사 쏘닉스

SAW(Surface Acoustic Wave) 필터는 RF 안테나 모듈의 핵심 부품으로, 무선통신 분야에서 가장 중요한 역할을 하는 부품 중 하나이다. 최근 4G 시대 이후에 더욱 많은 데이터전송을 위해 무선통신이 더욱 고주파 영역으로 이동하고 있는 상황에서 SAW 필터의 신뢰성은 더욱 중요해지고 있다. 현재 패시베이션 층으로 $SiO_2$, $Si_3N_4$, 그리고 $Nb_2O_5$ 등이 연구되고 있다. 그 중 주로 사용되는 SiO2 박막의 경우 박막의 트리밍공정 이후 표면의 실라놀기를 형성하여 중심주파수가 변화하여 신뢰성을 저하시키는 문제를 안고 있다. 또한 SAW 디바이스는 표면의 탄성파를 기반으로 하는 장치로써 온도에 매우 민감한 특성이 있다. 온도 민감도는 주파수의 반응 척도로 정의하며 이를 TCF라 한다. $SiO_2$를 이용한 TCF 보정은 SAW 디바이스의 TCF를 감소시킬 뿐 상쇄시키지는 못하고 있다. 이를 해결하기 위한 공정이 추가되어 비용경쟁력을 저하시키는 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 $SiO_xN_y$박막의 미세조성 제어를 위해 반응성 스퍼터링 방법을 사용하였으며, 패시베이션 박막의 밀도가 SAW 디바이스 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 또한, uHAST 방법을 통해 SAW 필터의 삽입손실 변화를 평가하여 이 소재의 신뢰성을 평가하였다.

**PG1B-10 | 승화재결정법에 의한 CVD-SiC 블럭을 원료로 사용하는 SiC 단결정 고속성장**

박재현[1], 박재현[2], 선주형[1], 김용현[1], 신윤지[1], 배시영[1], 권세훈[2], 김창민[3], 이원재[4], *정성민[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교, [3]하나머티리얼즈, [4]동의대학교

실리콘카바이드(SiC)는 높은 열전도율, 넓은 밴드갭 및 높은 절연파괴 전압 특성으로 인해 고온 및 고전압 조건에서 작동되는 전력 소자용 분야에서 유망한 재료이다. PVT (Physical Vapor Transport)는 실리콘카바이드(SiC) 단결정을 생산하기 위해 상업적으로 사용되는 성장 방법이다. PVT를  이용한 실리콘카바이드(SiC) 단결정 성장 동안, 2000°C 이상의 전자기유도가열에 의해 가열된 흑연 도가니에서 실리콘 카바이드(SiC) 원료는 승화되어 Si, Si2C, SiC2 등의 기상종이 발생하여 증기상으로 전달되고, 그 후, 기상종은 종자결정 위에 단결정으로 증착된다 [1]. 전형적으로, 실리콘 카바이드(SiC)의 단결정 성장 속도는 200um/h ~ 400um/h 정도로 성장된다 [1]. 본 연구에서는 CVD 공급원으로 활용되는 메틸트리클로로실란 (CH3Cl3Si, MTS)을 이용하여 초고순도 반도체 공정용 실리콘 카바이드(SiC) 부품을 제조하는 과정 중 발생한 CVD-SiC 파쇄 블록을 사용하여 직경 50mm의 실리콘 카바이드(SiC) 단결정을 1.4~1.7mm/h 범위의 고품질 및 고성장률로 성장시켰다[2]. 성장속도 1.46mm/h로 고속성장한 결정의 전위 밀도는 3.1/mm²으로, 종자결정의 품질을 고려한 안정한 성장 조건을 의미한다. 이번 연구를 통해 비표면적이 크고 불순물이 적은 CVD-SiC 파쇄 블록을 적용하여 실리콘 카바이드(SiC) 단결정에불순물 및 비산입자(Dust)의 혼입을 배제하여 초고속 성장 조건에서도 실리콘 카바이드(SiC) 단결정의 고품질 및 고성장률 메커니즘을 탐구할 수 있었다.

Acknowledgement
This research was supported by Korean Institute of Ceramic Engineering & Technology (KICET) funded by Industrial Supporting Program

References

[1] Y.M. Tairov, Mater. Sci. Eng. B. 29, 83 (1995).
[2] D.J. Cheng, W.J. Shyy, D.H. Kuo, and M.H. Hon, J. Electrochem. Soc. 134, 3145 (1987).

**PG1B-11 | $Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3$-$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ 세라믹의 탈분극 거동 및 온도에 따른 압전 특성**

최우진[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

Even though piezoelectric materials possess excellent piezoelectric properties, their low Curie temperature can impede its practical applications. $Pb(In_{1/2}Nb_{1/2})O_3$-$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbTiO_3$ (PIN-PMN-PT) ternary system is considered one of promising candidates for high-temperature piezoelectric applications due to its good piezoelectric properties and high Curie temperature. Investigating the changes in piezoelectric properties induced by thermal energy is crucial for practical applications. In this study, the depolarization behavior and temperature dependence of piezoelectric properties of (1-x)PIN-5PMN-xPT ceramics was investigated to contribute understanding for the degradation mechanism of piezoelectric properties in the temperature range from room temperature to Curie temperature. This was achieved by in-situ measuring the temperature dependence of piezoelectric properties.

**PG1B-12 | PbO 제어 효과에 의한 PZT-PMS 세라믹스의 자기전기 특성 연구**

박상현[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

에너지 하베스터 연구에서 자기전기(ME) 효과는 자기장을 이용하여 전류를 생성하는 이점으로 인하여 많은 연구가 진행중이다. 그중 대표적인 물질인 $Pb(Zr, Ti)O_3$ (PZT)는 고온에서의 휘발로 인하여 Pb, $O_2$ 공공 결함을 가지며 압전 특성을 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 따라서 휘발 시 생기는 결함은 비공진, 공진 영역에서의 에너지 전환 효율을 결정짓는 수치인 $d^*g$, $k^{2*}Q_m$값을 저하시키므로 결함제어는 에너지 하베스터의 성능을 향상시키기 위해 중요하다.  본 연구에서는 $Pb(Zr, Ti)O_3$-$Pb(Mn, Sb)O_3$ (PZT-PMS) 이성분계 세라믹을 조성으로 사용하였으며, PbO 보상 유무에 따라 XRD 패턴, 미세구조, 전기적 특성, 압전특성 및 ME 특성을 측정하였다. 결함이 제어되지 않은 샘플은 XRD 패턴에서의 $ZrO_2$ 이차상이 확인되었고 상유전체의 Polarization-Electric Field (P-E) 그래프와 낮은 압전특성을 나타내었다. 이와 반대로 결함이 억제된 샘플은 본 조성에 부합하는 XRD 패턴, 강유전체의 P-E 그래프와 향상된 압전특성을 나타내었다. 따라서 달라지는 압전 특성 및 ME 특성을 격자 내 공공의 관점에서 고찰하고 결함 억제에 따라 향상되는 에너지 하베스터 특성을 보고하고자 한다.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean Government (Ministry of Education) [NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A 03025761], and the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program- Material Components Technology Development Program) (20024235, Development of Technology for Manufacturing Lithium High Corrosion Resistance Ceramic Parts for Cathode Materials of Li-ion battery) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This work was also supported in part by the International Science & Business Belt support program, through the Korea Innovation Foundation funded by the Ministry of Science and ICT.

**PG1B-13 | SiC crystal growth via physical vapor transport method dependent on mass transport of sublimed vapor in the SiC source**

SUN Ju-Hyeong[1], PARK Jae-Hyeon[1,2], SHIN Yun-Ji[1], BAE Si-Young[1], KIM Chang-Min[3], LEE Won-Jae[4], *JEONG Seong-Min[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Pusan National University, [3]Hana Materials Inc., [4]Dong-Eui University

The growth rate of SiC single crystals via PVT method is influenced not only by the surface reactions in the sublimation and recrystallization process but also by the mass transport of the vapor species. Considering the temperature distribution of the PVT reactor, the SiC source vaporizes starting from the bottom side because it is hotter than the upper side. Hence, the vaporized SiC source inevitably transports through the porous media of SiC sources, which has hardly been studied in the crystal growth of SiC via the PVT method. Therefore, in this study, we investigate the effect of the diffusion path through the SiC source on the growth rate of SiC by adopting various kinds of SiC sources Crystals grown with various source configurations revealed a dependence of growth rate on the effective diffusion coefficient derived from the porous media diffusion theory. A direct correlation between the diffusion coefficient and growth rate was observed, with vertically aligned large SiC sources achieving the fastest growth (1.2 mm/hr) and high-quality crystals. From this research, we deepen our understanding of the mass transport of the sublimed SiC vapor species in the source materials, which provides fast development of large-scale SiC crystal growth with a rapid growth rate.

**PG1B-14 | Field-effect transistor array with perovskite nanocrystals templated in self-assembled block copolymer to emulate human retina by photoreception and synaptic function**

오지혜[1], 이규호[1], *박철민[1]
[1]연세대학교

This paper presents an AI photoreceptive synapse (AIPS) which is a field-effect transistor comprised of perovskite nanocrystals (NCs) templated in self-assembled block copolymer (BCP), which acts as floating gate, leading to photo-excited carrier generation via charge trapping sites in the nanocrystals. Off-centered spin-coating of the BCP-NC solution produced a film thickness gradient that mimics the human vision system's spatial distribution of cones and rods. Cones are most dense around the fovea, gradually expanding out in area with less density, which is emulated by the morphology of the self-assembled film that varies with film thickness. An array of AIPS demonstrated memory performance by paired-pulse facilitation and long-term potentiation. When undergoing the MNIST handwritten digit recognition test, the array had up to 90% pattern recognition accuracy. Overall, AIPS materializes a retina-emulating system with position-dependent dual function of photoreceptor and synapse.

**PG1B-15 | 배면 재료제거에 따른 사파이어 기판과 질화갈륨 필름의 특성 연구**

이주형[1], 강민형[1], *오누리[1], *박재화[1,2]
[1]한양대학교, [2]에임즈마이크론(주)

We conducted grinding on the backside of the (0001) sapphire substrate to introduce a damaged layer, followed by the growth of GaN on the substrate front. Using Raman spectroscopy, we aimed to assess stresses before and after GaN deposition while investigating the stress reduction effects of annealing on the damaged layer. We examined bowing and stress with varying depths of sapphire substrate removal through grinding. Our analysis revealed that the most significant reduction in compressive stress occurred at a removal depth of 75 μm on the backside of the substrate with GaN growth. Furthermore, by evaluating the $A_1(LO)/E_2(high)$ peak ratio of the GaN layer, we observed higher crystallinity and fewer defects at a removal depth of 50 μm. These findings suggest a notable disparity compared with the quality of GaN grown on traditional sapphire substrates. We anticipate an interaction between the GaN and damage layers will mitigate stress.

**PG1B-16 | HVPE법으로 성장한 질화갈륨 웨이퍼 정밀 가공 공정 후 표면 특성 조사**

강민형[1], 이주형[1], *오누리[1], *박재화[1,2]
[1]한양대학교, [2]에임즈마이크론(주)

Gallium nitride (GaN) exhibits excellent properties in high-frequency and high-power semiconductor applications due to its wide bandgap (3.41 eV) and high performance. To deposit GaN semiconductor devices with low defects, an epi-ready homoepitaxial GaN wafer is required. However, GaN single crystals are prone to defects such as fractures and cracks due to their high brittleness and hardness, making wafering challenging. Therefore, research on ultra-precision wafering processes is necessary to understand material properties and prevent damage and cracks. In this study, we investigated the morphology and roughness of the wafer surface through ultra-precision wafering processes with

varying sizes of abrasives, verified by white light interferometry. We observed the damaged layer formed in the subsurface of the wafer due to abrasives during wafering using transmission electron microscopy. Evaluation of residual stress in the subsurface after wafering was conducted through the $E_2$(high) peak of Raman spectroscopy.

**PG1B-17 | Ni 내부전극을 이용한 PZT 적층형 압전 소자 제작 및 평가**

*정순종[1], 구보근[1,2], 임동환[1], 전가연[1,2], 김민수[1], 김인성[1]
[1]한국전기연구원, [2]부산대학교

This study proposed an approach involving the co-sintering of Pb $(MgNb)O_3$-$PbZrTiO_3$ (PMNZT)materials in air, followed by an additional annealing process. Unlike the conventional methods used to ensure the stability of the ceramic in a reducing atmosphere (e.g., processing $BaTiO_3$ under $pO_2$ =$10^{-12}$ atm at 1200 °C), this method allowed for the oxidation of the internal electrode metal during co-sintering with the ceramic. Annealing the electrode under $H_2$ at a low temperature reduced the oxidized electrode to metal. Differences in the reduction kinetics allowed for the reduction of electrode while the ceramic remained unreactive. Ni and PMNZT were chosen as the electrode and ferroelectric materials, respectively, where the Ni-based metal was laminated with PMNZT. The Ni-based metal was co-fired at 1150 °C in air, followed by annealing in a reducing atmosphere of $N_2$ gas with $H_2$ (95:5) at 400 °C. PMNZT remained stable throughout processing without any decomposition due to the differences in the reaction kinetics of PMNZT and NiO. A porous Ni electrode layer was fabricated between the dense PMNZT ceramic layers, where the piezoelectric performance of the device was comparable to that of bulk PMNZT.

**PG1B-18 | AI Data center 전력전자시스템에서 수동 부품 요구 특성**

*윤중락[1]
[1]삼화콘덴서공업(주)

전통적인 데이터센터의 워크로드는 표준, 범용 칩들에 기반 중심으로 구축되어 있는 반면 AI용 데이터 센터는 GPU 기반의 AI 칩을 활용하는 고밀도 워크로드로서 공간, 전력, 냉각, 데이터/전원 포트 연결과 같은 많은 전기 에너지가 필요하다. 기존 데이터센터의 서버 랙(Rack)당 전력량 소비가 약 7kW인 데 비하여 AI 데이터센터 서버들이 서버 랙당 50kW 이상으로서 전력 소요량이 급격히 증가된다. 본 논문에서는 AI 데이터 센터에서 PSU(Power Supply Unit)의 AC/DC 변환기의 전력 효율, 체적당 전력 밀도(소형화), 신뢰성, 경제성을 고려시 커패시터와 인덕터와 같은 수동소자의 역할 및 요구 특성에 대하여 설명하고자 한다.

**PG1B-19 | $Li_2CO_3$를 소결조제로 사용한 $BaTiO_3$-templated $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrO_3$-$PbTiO_3$ 세라믹의 미세구조와 변위 특성**

조성욱[1,2], 백정민[2], *정영훈[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]성균관대학교

$BaTiO_3$ (BT)-templated $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})O_3$-$PbZrO_3$-$PbTiO_3$ ceramics with $Li_2CO_3$ sintering aid (PNN-PZT+LC) were successfully fabricated for piezoelectric actuator applications. We reduced sintering temperature of PNN-PZT ceramics from 1200°C to around 1000°C with the aid of $Li_2CO_3$ as sintering aid. Especially, 2 vol% BT-templated PNN-PZT+LC ceramic sintered at 1000°C for 15 h showed sufficiently high values of Lotgering factor ($f_L$=85%), piezoelectric charge constant ($d_{33}$=1180 pC/N), electromechanical coupling factor ($k_p$=80.3%), and large signal piezoelectric coefficient ($d_{33}^*$=1215 pm/V). We conducted electron backscatter diffraction (EBSD) analysis to exhibit the difference in texturing of 0 and 2 vol% BT-templated PNN-PZT+LC specimens. To identify the evolution of the crystal structure with increasing temperature, we analyzed in-situ X-ray diffraction (XRD) of 0, 2 vol% BT-templated PNN-PZT+LC ceramics with the temperatures ranging from 25°C to 200°C. Furthermore, high resolution transmission electron microscope (HR-TEM) analysis was conducted to confirm the quality of the interface between BT template and textured grain. As the results of HR-TEM analysis, the textured grain was successfully grown and the interfacial layer was epitaxially formed without any defects.

**PG1B-20 | 알루미나 시트의 packing density가 소결거동에 미치는 영향**

한희현[1], 최진식[1,2], 박지훈[1], 신효순[1], *여동훈[1], 남산[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

반도체 공정 온도와 사용 전력이 높아지고 있으며 사용환경이 가혹해짐에 따라 우수한 내식각성과 높은 내구성의 장비 및 부품 개발이 요구되고 있다. 따라서 반도체 장비의 핵심부품인 정전척도 높은 내구성을 확보하기 위하여 99.99%의 고순도 알루미나를 적용하여 결함이 없는 치밀한 소결 기판을 제조하기 위한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 높은 소결밀도에 높은 충전율의 그린시트를 제조하기 위하여 평균 입도가 2.07 $\mu$m(L)와 0.37 $\mu$m(S)인 알루미나 분말을 9:1, 8:2, 7:3, 6:4의 비율로 각각 혼합한 후 그린시트를 제작하여 충전율 및 소결 온도에 따른 소결거동을 연구하였다. 서로 다른 입자 크기의 $Al_2O_3$ 분말을 유기물을 사용하여 슬러리를 제조한 후 그린시트를 제작하였다. 평균 입자 크기가 다른 L과 S 알루미나 분말을 7:3으로 혼합한

그린시트의 바인더 burn-out 전과 후의 packing density가 각각 3.19 g/cm$^3$, 2.87 g/cm$^3$로 가장 높은 값을 나타내었다. 알루미나 분말 혼합 비율에 따른 소결밀도를 관찰한 결과 6:4로 혼합한 알루미나 시트를 1700℃로 소성한 경우 3.96 g/cm$^3$의 가장 우수한 소결특성을 나타내었다.

**PG1B-21 | $MAPbBr_3$ Halide Perovskite-based Resistive Random-Access Memories for Long Endurance Cycles and Retention Time**

*김효정[1]
[1]세종대학교

Recent research has been focused on investigating the potential of using halide perovskites in resistive random-access memory (ReRAM). These materials have garnered interest due to their impressive features such as a high ON/OFF ratio, low operating voltages, and strong mechanical properties. However, some studies have pointed out challenges related to the stability and reliability of memory systems employing halide perovskites, particularly in terms of endurance and retention time. These issues could limit their practical use.

This study delves into a ReRAM device employing $MAPbBr_3$ perovskite. To enhance reliability, a novel approach utilizing TPBI (2,2′,2″-(1,3,5-benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole)) as an electron transfer material on the $MAPbBr_3$ switching layer was introduced for the first time. The formation and disruption of Ag filaments in the $MAPbBr_3$ perovskite layer are attributed to reduction-oxidation reactions, with TPBI playing a role in regulating these filaments during the SET and RESET processes.

Results indicate that the $MAPbBr_3$ device incorporating TPBI demonstrated around 1000 endurance cycles under continuous voltage pulses, maintaining ON/OFF ratios above $10^7$. In contrast, the original $MAPbBr_3$ device showed significantly lower endurance, with only 90 cycles observed. Furthermore, the $MAPbBr_3$ device integrated with TPBI exhibited a retention time exceeding 3000 seconds.

These findings suggest that electron transfer materials hold promise for enhancing the reliability and stability of halide perovskite memory systems, potentially paving the way for their development.

**PG1B-22 | SrW hexaferrite-silicone rubber composites for broadband microwave absorption in 5G communication**

SEO Hyuk Jin[1], CHOI Seung Min[2], *YOO Sang Im[1]
[1]Seoul National University, [2]Chang sung Co., Ltd

As the fifth-generation communication technology advances, next-generation technologies such as autonomous driving cars, Internet of Things (IoT), smartphones, artificial intelligence (AI), virtual reality, and others are actively progressing. Along with this, the complexity and diversification of communication among electronic devices have led to issues such as communication errors due to electromagnetic inference (EMI), highlighting the increasing need for electromagnetic absorption. In particular, hexaferrites, known for their high magnetic anisotropy, are considered suitable materials for electromagnetic wave absorbers in the GHz frequency range. In this study, we fabricated flexible sheet composites based on a silicone rubber matrix for mass production using a tape casting method. We investigated the electromagnetic characteristics in the Ka-band (26.5-40 GHz), which encompasses the 28 GHz frequency range—an essential segment within the 5G wireless communication spectrum. Co-and Zn-co-substituted SrW hexaferrites ($SrCo_xZn_{2-x}Fe_{16}O_{27}$, x = 0.275, 0.3) were synthesized using conventional solid-state reaction, and flexible composites were manufactured by mixing them with silicone resin at filler fractions around 70 wt.%. The electromagnetic properties were measured using a Vector Network Analyzer (Agilent, E8364A) in the Ka-band. Using transmission line theory, the reflection loss (RL) was calculated from the complex permittivity ($\varepsilon_r = \varepsilon' - j\varepsilon''$) and permeability ($\mu_r = \mu' - j\mu''$) values. The absorber, with a thickness of 0.90 mm and a filler fraction of 73 wt.% $SrCo_{0.275}Zn_{1.725}W$-silicone, exhibited an RL of −45.5 dB at 27.9 GHz and a wide bandwidth (−20 dB below) of 8.7 GHz. Similarly, the absorber, with a thickness of 0.95 mm and a filler fraction of 72 wt.% $SrCo_{0.3}Zn_{1.7}W$-silicone, showed an RL of −46.1 dB at 28.0 GHz and a wide bandwidth of 5.5 GHz. Detailed absorption properties will be presented for discussion.

**PG1B-23 | Study on Improving Sb2S3 Thin Film Solar Cells Performance Using Double Buffer Layers to SnO2 or TiO2**

LEE Sang Won[1], PAWAR Pravin S.[1], *HEO Jaeyeong[1]
[1]Chonnam National University

In antimony sulfide (Sb2S3) thin-film solar cells (TFSCs), the electron transport layer (ETL) is an important parameter to minimize interface defects at the ETL/electrode interface, thus providing better charge carrier extraction. However, the use of double buffer layers is a practical step to achieve a proper heterojunction and boost device performance for the Sb2S3 or Sb2(S/Se)3 TFSCs owing to the better carrier extraction and formation of suitable band alignment. Recently, the application of double buffer layers has

been proven to be a beneficial approach for the enhancement of the power conversion efficiency (PCE) of Sb2S3 TFSCs [1, 2]. Herein, atomic-layer-deposited (ALD) SnO2 and TiO2 ETLs were applied as a double buffer layer with CdS for Sb2S3 TFSCs. The Sb2S3 absorber was deposited using a facile hydrothermal method. The TFSC devices were fabricated based on FTO/SnO2/CdS/Sb2S3/Au or FTO/TiO2/CdS/Sb2S3/Au structure without HTLs. The highest PCEs of 3.98% and 4.23% were obtained for SnO2/CdS and TiO2/CdS double-buffer-layer-based cells, with improvements exceeding 1% PCE compared with the reference CdS buffer layer. Additionally, ~25 mV and ~45 mV improvements in open-circuit voltage (VOC) were observed for SnO2/CdS (VOC = 0.676 V) and TiO2/CdS (VOC = 0.696 V) double-buffer-layer-based devices, respectively, as compared to the reference CdS buffer layer (VOC = 0.648 V). The enhanced device properties are mainly attributed to the improved charge carrier collection and formation of suitable band offsets at the absorber and ETLs interfaces. Figure 1. (a) FE-SEM cross section image of the FTO/TiO2/CdS/Sb2S3 device, (b) light J-V characteristics, (c) dark J-V characteristics, (d) EQE spectra, (e) integrated JSC estimated from EQE, and (f) Bandgap of Sb2S3 from EQE for CdS, SnO2/CdS, and TiO2/CdS samples.

**PG1B-24 | 5G 응용을 위한 $MgTa_2O_6$의 마이크로파 유전 특성**

최진식[1,2] , 한희현[2], 박지훈[2], 신효순[2], *여동훈[2], 남산[1]
[1]고려대학교, 한국세라믹기술원

최근 5G 차세대 이동통신 서비스가 개시되었으며 자율 주행 시스템이 발전함에 따라 기지국 RF 필터용으로 중유전율 대역에서 저손실 마이크로파 유전체 소재 및 부품 개발의 필요성이 증대되고 있다. 이를 위해 유전율 20대역에서 우수한 품질 계수 및 0에 근접한 공진주파수 온도계수를 가지는 마이크로파 유전체 세라믹 조성을 개발하기 위한 연구들이 진행되고 있다. $MgTa_2O_6$는 높은 품질계수를 가지는 유망한 마이크로파 유전체로 알려져 있다. 그러나 높은 양의 공진주파수 온도계수를 가지고 있어, 이에 대한 개선이 필요하다. 본 연구에서는 $MaTa_2O_6$의 양의 공진주파수 온도계수를 보완하기 위해 음의 공진주파수 온도계수를 갖는 $MgTiO_3$ 및 $AlTaO_4$와 혼합하여 높은 품질계수를 가지면서 0에 가까운 공진주파수 온도계수를 구현하고자 하였다. 1400℃에서 소결한 $0.5MgTiO_3$-$0.5MgTa_2O_6$ 조성에서 유전율($\varepsilon_r$) 22.4, $Q\times f_0$ 45,800 GHz의 유전특성을 얻었고, 1450℃에서 소결한 $0.6(Al_{1/2}Ta_{1/2})O_2$-$0.4(Mg_{1/3}Ta_{2/3})O_2$ 조성에서 유전율($\varepsilon_r$) 19.68, $Q\times f_0$ 86,160 GHz의 유전특성을 얻었다.

**PG1B-25 | Study on Metal Oxide Properties for Solar Cell Encapsulation by Low-Temperature Atomic Layer Deposition**

KI Ho Jae[1], *HEO Jaeyeong[1]
[1]Chonnam National University

In recent years, solar cells based on organic-inorganic mixed perovskite have emerged as a next-generation prospect, and several studies have been conducted to commercialize them. Perovskite solar cells (PSCs) show high photoelectric conversion efficiency of over 24% along with excellent electrical and optical properties, but they are generally vulnerable to heat and moisture; therefore, researchers are trying to improve their stability by using various protecting strategies. Encapsulation by metal oxide layer has been studied to passivate the perovskite material and improve its stability. Atomic layer deposition (ALD) is a widely used method to deposit encapsulation layers in the field of microelectronics due to its fine control over the thickness and the ability to passivate various structures and complex surfaces uniformly. In the ALD process, the deposition of metal oxide thin films is usually carried out using deionized water, ozone, or $O_2$ plasma as oxidants, and the process is generally carried out in the temperature range of 150 to 300 °C. However, new process conditions must be proposed since such process conditions can cause unintentional oxidation or damage in the PSCs.
$Al_2O_3$ is one of the widely used materials as an encapsulation layer for electronic devices. However, most deposition process for $Al_2O_3$ have been carried out at temperatures above 100 °C. Furthermore, in the case of low-temperature plasma process, it may cause damage to the surface. In this study, we propose a low-temperature $Al_2O_3$ by thermal ALD process, and compared its performance with $SnO_2$ that is mainly used for ETL. The growth behavior of the metal oxide thin film at a low temperature of 90 °C or less was studied, and the passivation characteristics were confirmed.

**PG1B-26 | 고출력 응용처용 억셉터 도핑된 PYN-PMN-PT 세라믹스**

이동규[1], 강종윤[1], 남산[2], *송현철[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교

Since the discovery of the piezoelectric effect's utility in quartz detectors for submarine detection during World War I, research on ferroelectric-based piezoelectric ceramics has expanded beyond military applications to include various industrial uses. These ceramics are highly sought after for their broad application range, particularly in ultrasonic transducers employed in

robotics, medical imaging, and welding, owing to their simplistic design, rapid response times, and high precision. However, ultrasonic devices operating at high frequencies tend to generate significant heat due to their substantial energy consumption. In this study, we introduced manganese dioxide ($MnO_2$) as an acceptor dopant into $Pb(Yb_{1/2}Nb_{1/2})O_3$–$Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3$–$PbTiO_3$ (PYN-PMN-PT) ceramics, prepared via the columbite method. We refined the structural details of the MnO2-doped PYN-PMN-PT ceramics using Rietveld analysis and examined their dielectric and piezoelectric properties to assess the impact of $MnO_2$ doping. Our findings led to the development of durable PYN-PMN-PT ceramics suited for high-power applications across a wide range of operating temperatures.

## PG2A : 에너지 환경 세라믹스

### PG2A-1 | Optimization of tape casting for electrolyte-supported SOFC single cell configurations

LIM Yu Ri[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

In general, in the fabrication of dense electrolyte supports in solid oxide fuel cells (SOFCs), these supports are typically made through compressing the electrolyte powder and then polishing them. However, this approach has its limitation, particularly regarding the size of the support that can be produced, and it also generates waste material during the polishing process, thereby makes it less practical and economical. But the tape casting method enables the production of electrolyte supports with a large area and is easy to process into the desired size, shape, and thickness. Therefore, researches are currently carried out to produce thin and durable electrolyte supports using tape casting. In this experiment, the electrolyte supports were fabricated using the tape casting method, employing 8-YSZ for the SOFC solid electrolyte. Single cells were then prepared using the YSZ support to analyze the open circuit voltage, current density-voltage-power density characteristics, and impedance based electrochemical characteristics.

### PG2A-2 | The electrical conductivity characteristics of the Fe doped Co-base layered perovskite of the IT-SOFC cathodes

PARK Jeong Yun[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

In this study, the electrochemical properties were analyzed of non-stoichiometric layered perovskites $SmBa_{0.5}Sr_{0.48}(Co_{1-x}Fe_x)_{2.05}O_{5+d}$ (SBSCF-2.05) and $SmBa_{0.45}Sr_{0.5}(Co_{1-x}Fe_x)_{1.9}O_{5+d}$ (SBSCF-1.9) with different Fe ratios (x=0, 0.3, 0.5, 0.7, and 1.0) as cathodes for IT-SOFCs. SBSCF-2.05 exhibited a single phase for x=0 to 0.7, but a secondary phase occurred when Co was not included in the $SmBa_{0.5}Sr_{0.48}(Co_{1-x}Fe_x)_{2.05}O_{5+d}$ (SBSCF-2.05) compositions. SBSCF-1.9 remained single phases regardless of the substitution of Fe. Electrical conductivity results showed metal-insulator transition (MIT) behavior in all measured samples. Higher electrical conductivity values were observed in air atmosphere compared to nitrogen atmosphere. Additionally, the highest electrical conductivity values were observed at 0.1 A among the three applied current conditions of 0.1 A, 0.5 A, and 1.0 A. For both SBSCF-2.05 and SBSCF-1.9, the electrical conductivity was highest when Fe was not substituted. Consequently, the electrical conductivity tended to decrease as the amount of substituted Fe increased.

### PG2A-3 | Electrical conductivity characteristics with varied $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_{3-\delta}$ (LSM) cathode particle size in SOFCs

PARK Jeong Yun[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

In this study, the electrical conductivity characteristics of $La_{0.8}Sr_{0.2}MnO_{3-\delta}$ (LSM) cathodes were investigated with respect to particle sizes (1.7$\mu$m (LSM-S) and 7$\mu$m (LSM-L)) and sintering temperature. The electrical conductivity was measured throughout heating and cooling cycle ranging from 50 ℃ to 900 ℃ at 50 ℃ intervals. Various currents of 0.1 A, 0.5 A, and 1.0 A were applied. Air and nitrogen atmospheres were utilized to investigate the effect of oxygen partial pressure. Among the sintering temperatures of 1000 ℃, 1100 ℃, and 1200 ℃, the LSM sintered at 1200 ℃ exhibited the densest structure. Compared to LSM-L, LSM-S showed higher electrical conductivity characteristics. This is attributed to the formation of continuous electrical paths in the LSM-S sintered at 1200 °C, enhancing the mobility of the charge carriers. On the other hand, LSM-L showed low electrical conductivity due to the pores between the particles forming discontinuous electric paths.

### PG2A-4 | 프러시안 블루 유사체 기반 코어쉘형 전기화학촉매의 산소발생반응에 대한 활성 및 음이온교환막수전해조의 적용에 관한 연구

박서현[1], 이지훈[2], *조욱[1]
[1]울산과학기술원, [2]한국재료연구원

탄소중립 및 신재생에너지에 대한 글로벌 수요 증가에 따라,

수소에너지의 개발 및 적용에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 전기화학적 물분해 방식을 이용하여 수소를 생산하는 수전해의 경우, 친환경 그린수소의 생산이 가능할 뿐만 아니라 부가화합물을 발생시키지 않는다는 점에서 각광받고 있다. 특히 anion exchange membrane water electrolyzer (AEMWE)는 비귀금속 촉매의 사용이 가능한 작동 환경과 셀 구성 요소간 zero-gap 디자인을 적용함으로써 수소에너지 생산 효율 및 가격 경쟁력 면에서 가장 유망한 기술이다. 하지만 비귀금속 촉매의 사용으로 인한 귀금속 대비 낮은 효율과 장기 구동에 대비한 내구성 측면에서 여전히 제약이 존재한다. 이에 본 연구에서는 고효율과 고내구성을 모두 갖춘 전이금속기반의 촉매를 합성하기 위하여 Prussian Blue Analogues (PBAs)를 template로 하여 one-pot으로 열처리를 가함으로써 고활성의 코어 활물질을 고전도성의 쉘이 보호하는 형태의 촉매를 제안하고자 하였다. 합성된 촉매는 초기단계에서 산소발생반응에 높은 활성을 보이는 Co와 Fe를 전구체로 하여, 열처리 과정에서 의도적으로 전이금속 원소의 환원을 유도함으로써 binary한 alloy core를 갖추었다. 그리고 쉘을 구성하는 graphite의 경우, 프러시안 블루 유사체에서 기인한 cyanide groups의 영향으로 Nitrogen이 도핑된 상태로 합성되었으므로 코어 활물질의 활성점의 성능을 저하하지 않으면서 코어 물질과 전해질 간의 직접 접촉을 방지하여 성공적으로 장기 산화 환경에서 우수한 안정성을 나타낼 수 있었다. 본 연구에서는 가장 최적화된 촉매합성 공정을 규명하기 위해 열처리 온도를 세분화 하였으며, 연구결과 500℃의 온도에서 합성된 촉매가 높은 전기화학적비표면적과 친수성 작용기로 인해 고활성을 보인 것으로 확인되었다. 본 촉매는 실제 mini-cell 크기의 싱글셀 AEMWE에 적용한 결과, 1 $Acm^{-1}$의 인가 전류하에서 600시간 이상의 구동 동안 60% 이상의 수소발생 효율을 보임으로써 향후 수소생산 시스템의 발전에 기여할 수 있을 것으로 시사된다.

**PG2A-5 | KLTO의 우수한 상온 CO 가스 센서 특성: 실험 및 DFT 연구**

**Excellent room temperature CO gas sensing properties of KLTO: Experimental and DFT studies**

HWANG Jeongyun[1], PI Ji hee[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

Since CO is a highly toxic gas development of fast and highly performance CO gas sensors is vital to immediately detect leakage of this dangerous gas. In this study, single crystal $K_{0.8}Ti_{1.73}Li_{0.27}O_4$ (KLTO) powders were synthesized using a reflux method and showed high response and fast dynamics to CO gas sensing. Different characterization techniques were performed on the single crystal KLTO powders and their sheet-like morphology, desired chemical composition and phases were confirmed. The n-type KLTO gas sensor was able to work at room temperature (RT) and it showed a high response of 52.56 to 20 ppm CO gas. Also, the response time and recovery time of KLTO sensor were only 9 and 6 s, respectively. Furthermore, it revealed good selectivity, repeatability and stability. Based on Density functional theory (DFT) calculations, the adsorption energy of CO on KLTO was -0.54 eV, revealing strong adsorption of CO gas on the sensor surface. Also, based on Bader analysis 0.41e was transferred from the KLTO to the CO molecule during the adsorption process.

**PG2A-6 | Silver Nanoparticles infiltrated $Pr_2NiO_4$ Cathode for Protonic Ceramic Fuel Cells**

CHUN Phil Joo[1,2], YU Wong Jeong[3], JUNG Woo Chul[3], KIM Tae Woo[1], KIM Hye-sung[1], *LIM Won Bin[2], *CHOI Yoon Seok[1]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Hanyang University, [3]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Protonic Ceramic Fuel Cells (PCFCs) have attracted great interest for their ability to operate at intermediate temperatures (400 – 600 ℃), primarily due to their high proton conductivity and low activation energy below 600℃. This study addresses PCFC efficiency by incorporating silver nanoparticles into Sr and Co-free $Pr_2NiO_{4+\delta}$ (PNO) cathodes, aiming to improve their performance at reduced temperatures. Silver nanoparticle infiltration is shown to significantly enhance PNO cathodes' catalytic activity towards oxygen evolution/reduction reactions (ORR/OER), focusing on optimizing nanoparticle size and distribution for peak performance and stability. The Ag-modified PNO cathodes were analyzed using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) to characterize their physical and chemical properties. Catalytic activity enhancements were assessed through AC impedance spectroscopy in symmetric half-cell configurations.

**PG2A-7 | Development of Ammonia Decomposition Catalyst Using Encapsulated Non-precious Metal Nanoparticles Supported by h-BNNT**

LEE Se Woong[1], OH DongHwan[1], KIM Jinwook[1], *JUNG WooChul[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Hydrogen energy, regarded as an environmentally friendly resource, is actively under investigation as a sustainable option for future societies due to its lack of greenhouse gas emissions during electricity generation. Researchers are currently focused on developing efficient liquefied storage methods to ensure a reliable supply and transportation of hydrogen. Ammonia has emerged as a promising carrier for hydrogen, given its high energy density. However, the dehydrogenation

process required to convert ammonia into hydrogen presents challenges, as it demands harsh conditions that can lead to severe catalyst damage. Issues such as physical deterioration, particle agglomeration, nitride poisoning, and subsequent catalyst detachment are frequently encountered in this context. Therefore, the development of a catalyst which remains stable under highly reducing conditions is a crucial challenge. In this study, we introduced hexagonal boron nitride nanotubes (h-BNNT) support to fabricate a stable catalyst for ammonia dehydrogenation. h-BNNT possesses remarkable thermal stability and excellent resistance to nitride/oxide poisoning due to its inherent stability as a nitride. Further, we encapsulated metal nanoparticles with boron nitride (BN) shell, ensuring prevention of coarsening of catalysts. We successfully fabricated BN-encapsulated Ni-Fe alloy nanoparticles supported by h-BNNT. Structural properties of the catalysts were investigated through X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and transmission electron microscopy. Ammonia conversion test was conducted for the catalysts, during which apparent activation energy and reaction order for ammonia and hydrogen were measured.

**PG2A-8 | Ni-Co-Mn 삼원소 MOF를 이용한 단결정 NMC111 양극재의 PVDF 및 카본 블랙 첨가에 따른 전기화학적 특성 연구**

이수정[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

This study aims to apply Ni-Co-Mn ternary metal-organic framework (MOF) to NMC (Nickel-Manganese-Cobalt) cathode material for the synthesis of single-crystal NMC111 (SC-NMC). The MOF-derived precursor exhibits high activity, enabling the effective production of SC-NMC through a conventional sintering process. Single-crystal NCM is considered a promising cathode material for next-generation lithium batteries due to its excellent cyclability and safety. However, industrial production of single-crystal NCM faces challenges such as lengthy production steps, high costs, and low consistency. In this study, we fabricated battery cathode materials using EPD (electrophoretic deposition) by adding BPDC to MNC. Additionally, we aim to enhance the electrochemical properties of the cathode material by incorporating PVDF (polyvinylidene fluoride) and carbon black. PVDF enhances the mechanical stability of the cathode, while carbon black improves conductivity, thereby enhancing battery performance. Through this research approach, we will evaluate the electrochemical properties of the new cathode material mixture, contributing to the industrial production of single-crystal NMC111 and the advancement of lithium-ion battery technology.

**PG2A-9 | Relationship of microstructure and ionic conductivity characteristics of high performance films for oxide-based lithium super-ionic conductors**

HONG Yu Taek[1], BAEK Ki Sang[1], KIM Chan Gyu[1], *KIM Jung Hyun[1]
[1]Hanbat National University

In this study, high-performance films for an oxide-based lithium super-ionic conductor were fabricated using a tape casting method to enable the realization of high-performance all-solid-state batteries. The characteristics of the film were evaluated using a scanning electron microscope (SEM) and ionic conductivity measurements to determine its suitability for application in a high-performance all-solid-state battery. Microstructure analyses were performed using SEM to evaluate the suitability of the binder system applied to the lithium super-ionic conductor. The garnet oxide and the binder system were uniformly distributed in all compositions at a scale of 5 $\mu$m. In addition, the ionic conductivity characteristics of each fabricated composition were compared, the '900_1.2+2' composition prepared by applying sintering additives (1.2 wt% $Al_2O_3$ + 2wt% $Bi_2O_3$) to the powder calcined at 900 °C, exhibited the highest ionic conductivity value.

**PG2A-10 | ZIF-8을 기반으로 한 Field Effect 트랜지스터의 전류-전압 특성 및 광 반응성 향상에 관한 연구**

이재원[1], 남건우[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

This study developed a Field Effect transistor using ZIF-8, one of the Metal-Organic Frameworks (MOFs), as the channel material. In the initial experiments, using untreated ZIF-8 resulted in very low electrical conductivity, leading to poor current-voltage characteristics and no observable field effect. However, heat treatment at 500 degrees Celsius for 5 hours transformed the Zn within ZIF-8 into ZnO, as confirmed by XRD analysis. This process improved the current-voltage characteristics, and some field effect was observed even before exposing the channel to UV. Particularly, a phenomenon of approximately 10^6 times increase in current was observed after UV irradiation. Additionally, experiments are underway to enhance electrical conductivity by subjecting ZIF-8 to oxidation in ambient air and carburization in an Ar environment. Future plans

include the deposition of Ag Nano particles on the material to maximize light responsiveness through plasmonic effects. Moreover, research is ongoing on the electrical properties when pentacene is deposited onto the ZIF-8 thin film using vacuum thermal evaporation. These results suggest intriguing possibilities for new components and applications based on ZIF-8.

**PG2A-11 | V 및 Fe 도핑을 통한 NiWO4의 응용성 다각화 : 촉매, 가스센싱 및 에너지 하베스팅**

박기현[1], 이종현[1], 이승용[1], *이규형[1]
[1]연세대학교

Nickel Tungstate ($NiWO_4$) is Strongly Correlated Electron Systems (SCES), which exhibit strong Coulombic repulsion between Ni-Ni and emerge the pseudo band gap, magnetic properties and favorable polaronic electron hopping conduction. Considering the unprotected physical, chemical properties based on the strength of Coulombic repulsion. The lower crystal symmetric structure and additional composition option of $NiWO_4$ inspire the diverse strategy for finding potential functionality. This investigation proposes advanced applications from unremarkable $NiWO_4$ by using selective doping with vanadium (V) or iron (Fe) in Ni sites. As a results, we modulated Coulombic repulsion between Ni-Ni and find new approach such as environmental catalysis, gas detection, and energy harvesting properties. The methodology encompasses of the synthesis by V and Fe-doped $NiWO_4$, executed to achieve homogeneous dopant integration while preserving crystallographic integrity. Characterization via Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), X-ray diffraction (XRD), and electron microscopy describe the dopants' role in structural and electronic modifications. V-doped $NiWO_4$ demonstrates enhanced catalytic efficiency in nitrogen oxides ($NO_x$) reduction, positioning it as a viable contender for relief air pollution. On the other hand, Fe-doped $NiWO_4$ exhibits exceptional sensitivity and selectivity for hydrogen sulfide ($H_2S$) detection at sub-1 ppm concentrations, highlighting its potential in precise environmental surveillance and safety applications. Furthermore, bare $NiWO_4$ show the potential for triboelectric nanogenerators (TENGs) reveals a significant dielectric constant of 13.8, alongside an energy output of 1.15mW ($0.29mW/cm^2$). This performance underscores capability about $NiWO_4$ as an efficacious material for energy harvesting, advocating for its integration into autonomous power systems. Through the comprehensive enhancements achieved by V and Fe doping, this research not only extends the functional spectrum of $NiWO_4$ but also exemplifies the pivotal role of SCES materials in advancing key technological sectors.

**PG2A-12 | 향상된 에너지 저장을 위한 NiCo-MOF 기반의 전극 개발**

김수민[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

In this research endeavor, the electrochemical characteristics of NiCo-MOF (Metal-Organic Framework) powder as a potential electrode material for energy storage applications have been thoroughly investigated. The initial phase involved the annealing of NiCo-MOF powder at 400°C under an argon (Ar) atmosphere, followed by an charge-discharge testing, which yielded a commendable specific capacity of approximately 100 mAh/g. Building upon this promising result, further enhancements were sought by incorporating carbon black and polyvinylidene fluoride (PVDF) into the NiCo-MOF powder matrix, consequently resulting in a noticeable increase in capacity.

To propel these advancements forward, future endeavors are outlined to focus on annealing the material at a higher temperature of 600°C to induce carbonization, thereby bolstering stability and increasing capacity. Additionally, a concerted effort will be directed towards enriching the presence of pseudocapacitive components, with the overarching objective of realizing batteries with unparalleled performance metrics. From these strategies, this study aims to significantly contribute to the ongoing evolution of advanced energy storage systems.

**PG2A-13 | Tungsten Oxide (WO3)를 이용한 리튬 하프 코인 셀의 용량 및 안전성 분에 관한 연구**

유승상[1], 이용연[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

Lithium-ion batteries play a crucial role as energy storage devices in various applications ranging from portable electronic devices to electric vehicles. To enhance the performance of these batteries, there is growing interest in novel anode materials such as Tungsten Oxide (WO3). In this study, we conducted a comprehensive analysis of lithium half coin cells fabricated using WO3. Our findings yield significant conclusions: Firstly, the high theoretical capacity of WO3 serves as a major advantage in terms of capacity. Moreover, it was observed that the cells exhibit excellent capacity retention even at high C-rates, indicating high safety levels. Additionally, contribution measurements revealed the dominant presence of the pseudo capacitive

component, contributing to increased reversible capacity. These results provide a crucial foundation for the design and development of WO3-based lithium batteries, thus contributing to the advancement of future battery technologies.

**PG2A-14 | Synthesis of $Mo_4P_3$ Nanowires for Electrocatalysis**

김서현[1], 황창규[2], 김종민[2], *한혁진[1]
[1]성신여자대학교, [2]한국과학기술연구원

Molybdenum phosphide compounds, such as MoP and $MoP_2$, have garnered attention for their utility not only in electronics but also in energy-related materials, particularly as catalysts. Among these, $Mo_4P_3$ is distinguished by its metastable nature under ambient conditions, with very few experimental studies reported thus far. Herein, we describe a facile approach for synthesizing $Mo_4P_3$ nanowires via chemical vapor deposition. A pivotal aspect of our investigation is the elucidation of the $Mo_4P_3$ structure and its catalytic properties. The synthesized nanowires demonstrate a length-to-diameter ratio exceeding 150, which promotes the exposure of active sites and enhances mass transport during electrocatalytic reactions. Our research reveals that $Mo_4P_3$ exhibits remarkable catalytic efficiency, achieving over 96% selectivity in the electrochemical generation of hydrogen peroxide from water and oxygen. Furthermore, we have demonstrated its performance in the hydrogen evolution reaction, indicating significant potential for energy conversion technologies.

**PG2A-15 | Strongly correlated electron system $NiWO_4$: A new family of materials for triboelectrics using inherent Coulombic repulsion**

PARK Sang Jeong[1], PARK Hyun Min[1], LEE Jeong Ho[1], *LEE Seung Yong[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

The strongly correlated electron system (SCES) insulators promise a wide range of intriguing physical phenomena arising from the exotic charge gap depending on the strength of the Coulombic repulsion between d and f orbital cations. The SCES exhibits polaron hopping conduction, which requires a higher activation energy for carrier conduction between nearest cations, indicating a strong insulating character with relatively high permittivity. Here, we demonstrate that the $NiWO_4$ SCES insulator, which is formed by Coulombic repulsion between the nearest d orbital of Ni, proposes a suitable triboelectric material unlisted system from conventional metal oxides. The higher degree of freedom in $NiWO_4$ by the lower symmetry of monoclinic structure and an additional selection of composition exhibits high relative permittivity (~13.8) in a wide range of temperatures (up to 180 ℃). The optimized simple mixture of $NiWO_4$ and PDMS (polydimethylsiloxane) for the negatively charged material to triboelectric nanogenerator (TENG) presents 1.78 times higher output compared to the pristine PDMS film-based TENG. $NiWO_4$, considering the physical properties of the SCES determined by Coulombic repulsion strength, paves the way for a new option of TENG materials following the high permittivity.

**PG2A-16 | 무기 나노입자 분산액 함침 공정을 이용한 다성분계 이온교환막 제조 및 성능 평가**

김영서[1], 김민규[1], 박정근[1], *양승철[1]
[1]국립창원대학교

이온교환막은 선택적으로 양이온 혹은 음이온을 투과시킬 수 있는 전기화학적 분리막이다. 이온교환막의 특성 개선을 위해 이온교환막 내에 무기 나노입자를 첨가시키는 복합 이온교환막을 제막하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 무기 나노입자 분산액의 간단한 함침공정을 활용하여 다성분계 복합 이온교환막을 제조했다. 복합 이온교환막 제조를 위해 폴리에틸렌 다공성 지지체에 1종 또는 2종의 무기 나노입자 분산액을 함침 및 건조를 수행해 무기 나노입자가 포함된 복합 다공성 지지체를 얻었다. 이후, 복합 다공성 지지체에 이온성 모노머 전해질을 함침/광중합 공정을 통해 단성분계 또는 다성분계 복합 이온교환막을 제조했다. 투과전자현미경을 포함한 다양한 분석 결과, 1종 또는 2종의 무기 나노입자가 이온교환막 내에 성공적으로 포함되어 있음을 확인했다. 복합 이온교환막은 고분자 이온교환막 대비 낮은 이온교환용량 및 높은 저항을 지녔지만, 선택도가 개선되었음을 확인했다. 키워드 : 이온교환막, 다공성 지지체, 무기 나노입자, 분산액, 함침

**PG2A-17 | 3D-프린팅된 박막/후막의 마이크로 교차 구조를 통한 급속 전하 이동**

조명훈[1], *안효진[1]
[1]서울과학기술대학교

Existing approaches to improve multi-functional power devices focus on the modification of active materials toward a porous, crystallinity, doping, and composites with functional materials. However, these approaches are unsuitable for the full commercialization of multi-functional power devices owing to their complex and expensive processes and imcompatibility with large-scale and mass production. Here, we firstly fabricated 3D-printed film archtecture, creating metal oxide grid-micropatterns with nanoscale thin/thick

films on substrate, for ultrafast multi-functional power devices. Resultingly, the devices exhibited remarkable multi-functionality, especially ultrafast switching speeds (0.7 and 0.9 s for coloration and bleaching) and energy density at high power density (14.03 μWh/cm$^2$ at 25 mW/cm$^2$).

**PG2A-18 | Fabrication and Analysis of Electrode from Rapid Alkaline Depolymerization of PET into $Na_2TP$ with $Ti_3C_2T_X$ MXene for High Performance Hydrogen Evolution Reaction**

RAMKUMAR Rahul[1], *LEE Jung Woo[1]
[1]Pusan National University

In the modern era, a civilization's technological advancement hinges on its ability to effectively harness energy resources. Consequently, there is a growing demand for high-performance, non-noble metal hydrogen production methods and increased attention on addressing the escalating volume of polyethylene terephthalate (PET) waste. MXenes, designated by the formula $M_{n+1}$ $X_n$ $T_x$, have emerged as promising electrocatalysts for various electrochemical reactions due to their structural stability, extensive surface area, and excellent electrical conductivity. They particularly exhibit great potential in the hydrogen evolution reaction (HER). Furthermore, small organic molecules are gaining prominence in the energy sector due to their environmental sustainability and cost-effectiveness, sourced from diverse origins. Combining these compounds with MXene materials has shown enhanced performance in HER. In this study, we propose a novel approach utilizing $Ti_3C_2T_X$ MXene material on a nickel foam substrate, supplemented with disodium terephthalate ($Na_2TP$) derived from the rapid microwave alkaline hydrolysis of PET waste. Numerous investigations have explored PET depolymerization methods, and alkaline hydrolysis has emerged as a process yielding a product suitable for electrochemical applications. As expected, the $Ti_3C_2T_X$ / $Na_2TP$ combination on nickel foam outperforms bare nickel foam and $Ti_3C_2T_X$ on nickel foam as electrocatalysts for HER. The resulting electrode configuration, featuring a sandwich-like structure, facilitates an expanded contact interface and increased electron migration pathways during electrolysis. Additionally, it exhibits low overpotential, high stability, and minimal resistance, paving the way for advancing MXene-derived electrocatalysts for HER while expanding their potential applications. Overall, this study addresses the dual-purpose objective of PET waste depolymerization through alkaline hydrolysis, yielding a valuable product for energy applications, and utilizing it with MXene on nickel foam for hydrogen energy generation.

**PG2A-19 | 폐패각을 활용한 난연 단열재 제조 및 성능 평가**

박민권[1], 송주현[2], *이상진[1]
[1]국립목포대학교, [2](주) 제로하우스

국내에서 상당수의 폐패각이 발생되고 있으나, 그 중 대부분이 재활용되지 못하고 박신장 및 연안에 불법 야적되고 있다. 기존의 난연 단열재는 도포된 표면 코팅층이 흡열반응 역할을 해 열을 단시간 내에 최대한 흡수하는 방식으로 수산화알루미나와 수산화마그네슘을 사용한다. 그중 수산화알루미나를 폐패각의 주성분인 탄산칼슘으로 대체하여 열 흡수 후 발열을 지연시키는 방식으로 난연성을 강화시키는 방법에 대해 연구하였다. 열 방출량 저감에 탄산칼슘을 사용하는 경우 화재 발생 시 열을 받아 발생하는 발열반응이 저하되면서 단열재 표면에 불에 타고 남은 잔재물이 막을 형성하여 열 방출량을 저감시킬 수 있는 효과가 있다. 본 연구에서는 폐패각을 염산, 질산, 인산을 사용하여 세척 후 건조하고, 건조된 폐패각을 300℃~800℃에서 열처리하고 Ball-milling을 통해 분말로 회수하였다. 회수된 탄산칼슘 분말을 액상의 바인더와 EPS에 혼합하여 건조하고, 혼합물을 사각몰드를 이용하여 압축 성형하여 단열재를 제조하였다. 제조된 단열재를 700℃로 연소하였을 때 탄산칼슘 함량에 따른 난연 및 단열 성능을 고찰하였다.

**PG2A-20 | Efficient Thermal Management Strategy via Oriented Heat Transfer by Passive Cooling Material with Thermoelectric Generator**

KIM Da Seul[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

With the rapid advancement of science and technology, the integration of internal circuits in electronic products has led to overlapping hot spots, decreasing their reliability and stability. Research on solar heat absorption, conversion, and transfer systems is essential to improve the low energy conversion efficiency of green heat sources. Here, we present a thermal management strategy through directional heat transfer by passive cooling materials with thermoelectric generator. To improve thermal efficiency characteristics, we use a hybrid photothermal structure that combines a heat transfer layer and a solar absorber in the high-temperature part. The absorber and heat transfer layer used were W-$MgF_2$ and PMMA-C, respectively. In the low-temperature section, a polymer-nanoparticle composite consisting of a phase change material, a radiative cooling material, and a ferroelectric material was fabricated to manage temperature differences and improve system stability. These thermal fillers exhibit selective absorption and emission of infrared radiation, thereby improving

cooling efficiency. The addition of ferroelectric nanoparticles accelerates the thermoelectric effect, generating an electric current as charge carriers move from hot to cold regions due to material polarization.

**PG2A-21 | W-$MgF_2$@PMMA-Graphene for High-Performance Multilayer Photothermal Absorber**

LEE Ga Eun[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

Among various low-carbon energy sources, solar energy is particularly highlighted due to its characteristic of being easily converted into diverse forms of energy. Photothermal conversion stands out as the most efficient and straightforward energy transformation process among them. To utilize this, high-performance absorbers capable of effectively converting solar radiation into heat are essential. To enhance the efficiency of photothermal absorbers utilizing solar energy, it is necessary to increase the absorption in the UV-visible range and decrease the absorption in the infrared range. This research delineates that enhanced photothermal conversion is feasible with plasmon resonance for broader wavelength absorption and hollow structure $MgF_2$ for multi-scattering. For the photothermal absorber, W-$MgF_2$ was selected, and the PMMA-graphene composite acts as a thermal conduction layer to reduce thermal losses. The multilayer photothermal absorber can be fabricated through various methods such as spin coating, drop coating, and spray coating. Testing across 300-2500 nm and 8-14$\mu$m wavelengths yielded over 90% UV-visible absorption and 95% IR transmittance. Under standard solar conditions, temperatures reached 60°C, validating the system's energy conversion effectiveness.

**PG2A-22 | Impact of $TiO_2$ Facets on CO Oxidation Activity of Pt/$TiO_2$ Catalyst: Insights from Density Functional Theory Calculation**

KIM Yunkyung[1], *HAN Jeong Woo[1]
[1]Seoul National University

CO oxidation holds paramount importance in environmental and energy domains, facilitating the conversion of harmful CO pollutants into benign $CO_2$. Pt/$TiO_2$ has emerged as a prominent catalyst in these domains, drawing extensive theoretical scrutiny, particularly regarding its role in CO oxidation and related processes. This study employs Density Functional Theory (DFT) calculation to examine how $TiO_2$ facets influence CO oxidation performance in Pt/$TiO_2$ catalysts. Pt clusters on the defect-free $TiO_2$ anatase surfaces with different facets were modeled to investigate the trends in CO oxidation reactions. Moreover, we explored the role of electron transfer and oxygen vacancies in catalytic activity modulation. Experimental validation substantiates the crucial influence of $TiO_2$ support morphology and facet exposure on CO oxidation efficiency. This work emphasizes the importance of precisely controlling $TiO_2$ support morphology and facet exposure, underscoring the necessity for designing effective catalytic systems in environmental remediation endeavors.

**PG2A-23 | PVDF coated $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ scaffold for semi-solid-state batteries**

MOON Youngmin[1], KIM Heesu[1], PARK Sieun[1], *PARK Sangbaek[1]
[1]Chungnam National University

Semi-solid batteries integrate a synergy of benefits from both liquid and solid electrolytes, which mitigates the risk of flammability and fire hazard from sole reliance on liquid electrolytes. Moreover, they demonstrate lower interfacial resistance compared to solid electrolytes alone. In this study, we utilize the high-ionic-conducting $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO) ($10^{-3}$ to $10^{-4}$ S/cm) as the stable oxide solid electrolyte and electrochemically stable PVDF as a polymer matrix absorbing liquid electrolyte to synthesize an ionic-conducting and electrochemically stable scaffold for semi-solid batteries. To address the alkalization of the solvent by $Li_2CO_3$ on the LLZO surface inducing the gelation of PVDF when mixing LLZO powder and PVDF binder, we fabricate the free-standing LLZO scaffold with LLZO powder and ethyl-based binder first, followed by coating PVDF on the surface of LLZO scaffold. As a result, our PVDF-coated LLZO scaffold shows the high thermal stability, enduring temperatures over 200℃ onto the hotplate. In addition, a Li//NCM811 half-cell assembled using LLZO@PVDF combined with a liquid electrolyte records the reversible capacity of 207mAh $g^{-1}$ at 0.1 C without voltage drop during charging-discharging cycles. Notably, our LLZO@PVDF scaffold can be easily fabricated without the process for removing $Li_2CO_3$ on the surface of LLZO, which will open a new avenue for the development of semi-solid-state batteries.

**PG2A-24 | 슈퍼커패시터용 리튬 알루미늄 산화물/탄소 나노복합체**

이용주[1], *정덕영[1]
[1]성균관대학교

We successfully synthesized lithium aluminum oxide/carbon composites (LiAlO/carbon) on aluminum

metal substrate using a three-step approach. Firstly, we immobilized lithium aluminum layered double hydroxide (LiAl-LDH) on an aluminum metal substrate in lithium salt aqueous solution. Then, we performed anion exchange to introduce aliphatic $\alpha$, $\omega$-dicarboxylate into the interlayers of LiAl-LDH crystals through solvothermal treatment in a solvent mixture of 1-propanol and toluene. The interlayer spacings of LiAl-LDH crystals intercalated with dicarboxylates (DC-LDH) were confirmed by observing the basal spacings of the (00l) reflection in the crystal structure, as well as the morphological changes in LDH thickness. To enhance electrochemical performance, we prepared LiAlO/carbon nanocomposites by carbonization of DC-LDH, which exhibited high capacitance and areal current density.

**PG2A-25 | 강유전체 분극 제어를 통한 페로브스카이트계 전기촉매의 ORR/OER 성능 향상**

김민서[1], 김정원[2], *김동하[2], *조욱[1]
[1]울산과학기술원, [2]이화여자대학교

The performance of many eco-friendly energy systems is affected by the oxygen catalyst reaction, ORR(Oxygen Reduction Reaction) or OER(Oxygen Evolution Reaction). Ferroelectric modulation, the new strategy for designing the oxygen catalyst is promising technique. Ferroelctrics is the material which have switchable spontaneous polarization depending on external electric field. Herein, we investigate the effect of ferroelectricity on conventional perovskite-based catalyst under base condition. To introduce ferroelectrivity in catalyst, the ferroelectric material $Bi_{0.5}Na_{0.5}TiO_3$(BNT) is mixed with $La_{0.8}Sr_{0.2}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-x}$ as a bi-functional catalyst material. In sum, the ferroelectric modulation strategy is a more effective way to improve the performance of conventional bi-functional catalyst

**PG2A-26 | 흐름전극 축전식 혼합 성능 향상을 위한 carbon nanofiber가 성장된 Expanded graphite 합성**

박정근[1], 김영서[1], 김민규[1], *양승철[1]
[1]국립창원대학교

흐름전극 축전식 혼합 (Flow-electrode capacitive mixing, F-CapMix)은 흐름전극 내 전극 활물질 계면에 형성되는 전기이중층에서의 이온 흡착/탈착을 통해 전기를 생산하는 염분차발전 기술이다. F-CapMix의 성능을 향상시키기 위한 전극 활물질은 높은 전기전도도를 지녀야 한다. 본 연구에서는 높은 전기전도도의 활물질을 제조하기 위해 melamine 및 Ni source를 사용해 carbon nanofiber가 성장된 팽창 흑연을 제조했다. 팽창 흑연 표면에 Ni입자를 형성하기 위해 팽창 흑연을 $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$가 해리된 용액에 함침한 후, 아르곤/수소 분위기에서 300℃, 3시간 열처리를 진행했다.이후 CNF를 성장을 유도하기 위해 Ni입자가 형성된 팽창 흑연을 melamine과 혼합하여 아르곤 분위기에서 800℃ 1시간 열처리를 진행하였다. SEM을 포함한 여러 분석을 통해 팽창흑연 표면에 carbon nanofiber가 성장했음을 확인했다.
키워드 : 염분차발전, 축전식 혼합, 흐름전극, 팽창흑연, carbon nanofiber

**PG2A-27 | 고체산화물 전기화학 셀 페로브스카이트 전극의 상 안정성 분석**

이진실[1], 신용훈[2], 김태윤[1], 최우선[3], 김영민[3], *이동화[2], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원, [2]포항공과대학교, [3]성균관대학교

The perovskite-based materials are typically used as the electrodes of solid oxide cells (SOCs) due to their high catalytic activities of oxygen exchange reactions. The durability of SOCs, resulted from cation redistribution of perovskite-based electrode, has been considered the main bottleneck for the commercialization of SOCs application. However, the detailed surface chemistry associated with perovskite-based electrodes and their impact on electrode performance in real operating environments are not fully understood. Herein, we derived a correlation with applied voltage, surface features, and electrochemical property in perovskite-based electrode under the operating condition of actual SOFCs. Consequently, from the perspective of the actual operating conditions of SOFCs, this study suggests that the phase stability associated with elements in the B-site in perovskite electrodes becomes increasingly important to improve the cell performance, breaking away from studies that focused only on A-site segregation behaviour of perovskite-based materials. This approach can pave a new perspective for enhancing the performance and stability of devices in electrochemical application using perovskite materials.

**PG2A-28 | Highly Efficient Core-Shell Catalyst for Electrochemical CO2 Reduction to Ethylene via Copper Coating on Silica**

CHAE Hyun Seok[1], CHOI Sung Yeol[1], *BAIK Jeong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

Towards contributing to global climate action, the electrochemical transformation of carbon dioxide into value-added multi-carbon products or fuels is one of the most important technological challenges of this century, which can provide the possibility of large-scale chemical production and carbon neutrality. Among multi-carbon products, ethylene is prominent and widely used as a fuel and intermediate product in the

chemical, pharmaceutical and cosmetics industries. Especially, Cu-based catalysts have attracted the most research interest due to $CO_2$ reduction to form alcohols and ethylene via oxygenates C-C coupling. The affordability and widespread availability of copper make it a practical choice for large-scale applications, while its inherent catalytic properties contribute to achieving efficient and selective transformations in the CO2 reduction process. However, the electrochemical production efficiency of Cu-based catalysts is impractically low because of limited selectivity over ethylene and long-term stability. Recently, Cu-$SiO_2$ is promising candidates to catalyze electrochemical $CO_2$ reduction due to maximized atomic utilization and low activation energy and long-term stability to achieve better electrochemical performance. Herein, we report a novel synthesis approach involving copper coating on porous silica via the Stöber process and a reducing agent feeding system to create a modified core-shell structure. The synthesized Cu-$SiO_2$ catalyst exhibits an improved Faradaic efficiency for boosted ethylene production. The synthesized electrocatalyst brings remarkably high Faradaic efficiency (FE) and selectivity (〉30%) for electrochemical converting $CO_2$ to ethylene with high current density in aqueous 1 M $K_2CO_3$ electrolytes. Additionally, the catalyst demonstrates sustained performance with a partial current density for ethylene was over than 22mA/$cm^2$, -1.0V (V vs. RHE) with 2h stability.

**PG2A-29 | 치밀하게 소결된 고체산화물 연료전지 전극을 통한 표면 교환 계수 분석**

김태윤[1], 이진실[1], *주종훈[1]
[1]광주과학기술원

고체산화물 연료전지 (SOFC)는 차세대 에너지 발전 시스템 중 하나로, 연료전지 중 가장 높은 효율을 보이기 때문에 각광을 받고 있다. SOFC의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 주요 요인은 공기극에서 발생하는 산소 환원 반응이다. SOFC의 성능 향상을 위해선, 공기극 산소 반응의 촉진이 필요하며, 이에 산소 표면 교환 계수 (k)에 대한 이해가 요구된다. 표면 교환 계수는 전극 표면에서 산소 교환의 정도를 보여주는 척도이며, 주로 electrical ($k^q$), tracer ($k^*$), chemical($k^{chem}$) 실험 등과 같이 다양한 방법을 통하여 도출할 수 있다. 일반적으로 $k^q$를 평가할 때, 전극의 기하학적 요소를 단순화하고, 전극 반응을 극대화시키기 위하여 펄스 레이저 증착(PLD) 및 화학 기상 증착(CVD)과 같은 방법을 사용한 박막형태의 샘플을 이용한다. 그러나 박막 전극은 비화학양론의 조절이 어렵고 실제 SOFC에서 사용되는 벌크 전극 시스템에 적용하기 어려운 문제가 있다. 본 연구에서는 테이프캐스팅 기술을 통하여 치밀하게 소결된 SOFC 전극을 제작하였다. 이를 통하여 산소 표면 교환 계수를 분석하였으며, 동시에 실제 SOFC의 작동환경에서 분석이 가능한 가능한 플랫폼에 대하여 논의하고자 함.

**PG2A-30 | Unraveling Hexagonal Symmetry Breaking Effects in $BaCoO_{3-\delta}$ Perovskites as Oxygen Electrodes of Protonic Ceramic Electrochemical Cells**

김동연[1], 정인철[1], 안세종[1], 오세은[1], 임하니[1], 배호한[2], 송선주[2], 이찬우[3], 정우철[1], *이강택[1]
[1]한국과학기술원, [2]전남대학교, [3]한국에너지기술연구원

Protonic ceramic electrochemical cells (PCECs) represent a promising energy conversion and storage technology operating at lower temperatures (400-650 °C). Nevertheless, the slow reaction kinetics at the oxygen electrode impede PCECs' electrochemical performance. In this study, we present a range of bifunctional oxygen electrodes utilizing bimetal-doped $BaCoO_{3-\delta}$ (BCO). The doping disrupts hexagonal perovskite formation, converting BCO to cubic perovskite, thereby enhancing water absorption and hydration capabilities. Density functional theory computations elucidate the impact of phase alteration on oxygen electrode proton conduction properties. Notably, PCECs with bimetal-doped electrodes exhibit remarkable performance in both fuel cell and electrolysis cell modes, establishing unprecedented levels of achievement. Our study offers valuable insights for the systematic development of highly efficient bifunctional oxygen electrodes for PCECs.

**PG2A-31 | A Novel Spinel CoFe2O4 Bifunctional Oxygen Electrode Incorporated with Er0.4Bi1.6O3 for Solid Oxide Electrochemical Cells**

KIM Doyeub[1], THAHEEM Imdadullah[2], YU Hyeongmin[1], PARK Jeong Hwa[2], *LEE Kang Taek[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology, [2]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology

Solid oxide electrochemical cells (SOCs) offer a sustainable means for the direct conversion of chemical energy. Among their components, oxygen electrode is especially important to minimize polarization resistance and achieve high performance at moderate temperature ranges. Although cobaltite-based perovskites are widely studied as oxygen electrodes due to their high catalytic activity, their chemical instability raises several issues including chemical poisoning and the formation of secondary phases. As an alternative, $AB_2O_4$ spinel-type oxides have gradually attracted attention owing to their good chemical compatibilities, low thermal expansion, and acceptable electrical conductivity. In this study, we present a novel bifunctional oxygen electrode through

the combination of spinel-type $CoFe_2O_4$ and $Er_{0.4}Bi_{1.6}O_3$ (CFO–ESB) for SOCs at reduced temperatures. X-ray diffraction analysis indicated good chemical compatibility between CFO and the ESB phase. Additionally, X-ray photoelectron spectroscopy and $O_2$-temperature-programmed desorption results revealed that the incorporation of ESB into CFO augmented the number of chemisorbed oxygen species, thus enhancing catalytic activity in both the oxygen reduction reaction (ORR) and the oxygen evolution reaction (OER). The SOC employing CFO–ESB oxygen electrodes exhibited excellent performance in both fuel cell (1.0 W/$cm^2$ peak power density) and electrolysis cell (1.5 A $cm/^2$ at 1.3 V) modes at 700°C.

**PG2A-32 | SOFC용 페롭스카이트 공기극의 고온 열화 억제 기술 개발**

박진홍[1,2], *윤경중[2]
[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원

고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cells, SOFC)는 산소 이온전도성 세라믹을 전해질로 사용하여 연료의 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 장치로서 차세대 청정에너지 기술로 활발히 개발되고 있다. SOFC는 700도 이상의 고온에서 작동하며 매우 높은 효율을 나타내지만, 구성요소의 고온 안정성이 상용화에 있어서 큰 걸림돌로 여겨지고 있다. 특히, 페롭스카이트 계열 공기극에서 Sr의 석출로 인하여 발생하는 화학적 열화 현상은 Cr 피독, 전해질과의 반응으로 인한 이차상 생성 등 다양한 문제를 야기한다. 본 연구에서는 Sr의 표면 석출로 인한 성능 저하를 억제하기 위한 두 가지 기술을 개발하였다. 첫 번째로 화학 용액 infiltration을 통하여 공기극의 내부 기공 표면을 Sr-free 촉매로 코팅함으로써 활성을 높이는 동시에 Sr의 석출을 억제하였다. 두 번째로 공기극의 집전층에 Cr trapping layer를 도입하여 금속 분리판으로부터 휘발되는 Cr과 Sr의 반응을 방지하였다. 두 가지 접근법의 개별적인 효과를 half cell의 전기화학 평가를 통하여 검증하고 종합적으로 full cell에 적용하여 장기 안정성 평가를 수행하였다.고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cells, SOFC)는 산소 이온전도성 세라믹을 전해질로 사용하여 연료의 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 장치로서 차세대 청정에너지 기술로 활발히 개발되고 있다. SOFC는 700도 이상의 고온에서 작동하며 매우 높은 효율을 나타내지만, 구성요소의 고온 안정성이 상용화에 있어서 큰 걸림돌로 여겨지고 있다. 특히, 페롭스카이트 계열 공기극에서 Sr의 석출로 인하여 발생하는 화학적 열화 현상은 Cr 피독, 전해질과의 반응으로 인한 이차상 생성 등 다양한 문제를 야기한다. 본 연구에서는 Sr의 표면 석출로 인한 성능 저하를 억제하기 위한 두 가지 기술을 개발하였다. 첫 번째로 화학 용액 infiltration을 통하여 공기극의 내부 기공 표면을 Sr-free 촉매로 코팅함으로써 활성을 높이는 동시에 Sr의 석출을 억제하였다. 두 번째로 공기극의 집전층에 Cr trapping layer를 도입하여 금속 분리판으로부터 휘발되는 Cr과 Sr의 반응을 방지하였다. 두 가지 접근법의 개별적인 효과를 half cell의 전기화학 평가를 통하여 검증하고 종합적으로 full cell에 적용하여 장기 안정성 평가를 수행하였다.

**PG2A-33 | One-step Process for Magnetocaloric Perovskite Lanthanide Manganese Oxide**

안신유[1,2], 강기훈[2], 이기석[1], *김종우[2]
[1]울산과학기술원, [2]한국재료연구원

The perovskite manganese oxide, with its excellent magnetocaloric effect, low price and adjustable Curie temperature, has become one of the most promising magnetic refrigeration materials [1]. In recent research, $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ series manganese oxides have attracted attention due to their large magnetocaloric effect [2]. In a phase change system with strong electronic correlations, its crystal structure and grain growth state depend largely on sintering temperature, ball milling time and other synthetic parameters [3]. Therefore, these parameters play an important role in the magnetic and magnetocaloric effect of $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ series manganese oxides. However, there are few studies on detailed mechanism. Here, we report a systematic study of the effect of sintering temperature on crystal structure, micromorphology, and magnetocaloric effect. In this study, $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$ was easily fabricated by ball milling and sintering process, reducing the additional consumption of energy and time. The results show that synthetic parameters must be precisely adjusted to obtain high properties of $La_{0.7}Sr_{0.3}MnO_3$. This green and simple one-step method for constructing lanthanide perovskite manganese oxide is expected to achieve large-scale production of magnetic refrigeration materials. References [1] Cao F, Lu Y, Wu H, et al. Effect of yttrium doping on magnetic properties and magnetic entropy change of bilayer perovskite $La_{1.3}Sr_{1.7}Mn_2O_7$[J]. Journal of Low Temperature Physics, 2020, 200(1-2): 16-25. [2] Cherie K, Belukha A, Dhahiri J, et al. Indium doping effect on magnetocaloric, electro transport and magneto resistive properties of $La_{0.6}Gd_{0.1}Sr_{0.3}Mn_{1-x}In_xO_3$[J]. Ceramics International, 2016, 42(9): 10537-10546. [3] Liu L, Zou Z, He B, et al. Effect of Bi doping on the crystal structure, magnetic and magnetocaloric properties of $La_{0.7-x}Bi_xSr_{0.15}Ca_{0.15}MnO_3$(x = 0, 0.05, 0.10, 0.15) manganates[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2022, 549: 169006.

**PG2A-34 | 염료감응형 태양전지를 활용한 자체 전원 전기변색 소자의 성능 개선**

박윤태[1], *이기태[1]
[1]전북대학교

An electrochromic device (ECD) is a device that uses

the principle of coloration or decolorization through the oxidation and reduction reactions between a color-changing material and an electrolyte. ECD is used in various fields such as building windows, airplane windows, goggles, and displays. ECD are capable of reversibly changing optical properties upon charge injection and extraction driven by an externally applied voltage. Here, we combined dye-sensitized solar cells (DSSC) and ECD into one device to create a self-powered electrochromic device that can operate without external bias. However, the self-powered ECD may suffer from slow coloration rate due to self-discharge during the coloration process on its own by receiving light energy without external bias. By depositing $Al_2O_3$ on the electrochromic layer using atomic layer deposition (ALD) process, this self-discharge phenomenon could be suppressed, and the coloration characteristics were maintained. In addition, the coloration characteristics of the self-powered ECD combined with DSSC were improved from 41.8% to 50.7%.

**PG2A-35 | CaMn2O4 나노파이버의 전기전도성 및 슈퍼커패시터 성능 특성 연구**

한민규[1], 최효민[1], 유민지[1], 이상민[1], 임동준[1], *윤종원[1]
[1]단국대학교

망간 기반 산화물은 다양한 산화상태로 발생하며, 풍부함과 비용 효율성 장점으로 슈퍼커패시터의 전극 재료로서 주목 받고 있지만, 낮은 전기전도도로 인해 슈퍼커패시터의 장점인 장기안정성에서 문제점으로 보고되고 있다. 특히, 전기전도도가 낮아지는 이유로 Mn기반 산화물에 양이온을 치환하여 전극 소재를 합성하는 것으로 알려져 있다. Ca은 다른 금속 원소들에 비해 낮은 산화・환원 전위로 높은 용량, 전압, 우수한 순환성 및 안정성을 갖는 전지를 달성하는데 유리하다. 따라서 본 연구에서는 Mn기반 산화물 중 Spinel 구조를 갖는 $Mn_3O_4$에 Ca를 치환하여 $CaMn_2O_4$를 제조하고자 하였다. 큰 비표면적, 원활한 전자 및 이온 수송의 특징을 갖는 나노섬유로 제작하기 위해 전기방사법을 통해 $CaMn_2O_4$ 나노섬유를 제조하였고 XRD, SEM, TEM 그리고 XPS 분석을 통하여 $CaMn_2O_4$ 나노섬유가 합성된 것을 확인하였다. $CaMn_2O_4$ 나노섬유의 슈퍼커패시터 특성 평가는 삼전극법을 활용한 순환전류전압법(CV), 충방・전 분석(GCD), 전기화학적 임피던스(EIS)를 이용하여 분석하였다. 추가로 전기전도도가 슈퍼커패시터 용량 값에 미치는 영향을 확인하기 위해 제조된 $CaMn_2O_4$ 나노파이버를 펠렛으로 제작하여 2-Probe DC를 이용하여 분석하였다. 본 발표에서는 전기방사법을 통해 제작된 $CaMn_2O_4$ 나노파이버의 전기전도도와 슈퍼커패시터 특성의 상관관계에 대하여 논의하고자 한다.

**PG2A-36 | Synthesis of carbon coated nickel thiophosphate as bifunctional materials for Li-ion storage and oxygen evolution reaction**

이동준[1], 송희조[2], *홍성현[1]
[1]서울대학교, [2]세종대학교

가볍고 높은 에너지 밀도로 고용량, 고효율 구현이 가능한 리튬 이온 전지는 ESS 및 전기차에까지 사용처가 확대되고 있으며, 수전해 기술은 탄소 배출 없이 그린 수소 생산을 가능케 하여 많은 각광을 받고 있다. 전원으로 사용되고 있는 리튬 이온 전지는 기술이 발달함에 따라 더 큰 저장용량을 필요로 한다. 그러나 현재 상용화 되어있는 흑연 음극재의 경우 용량이 낮다는 단점이 있으며, 수전해 기술에서 뛰어난 효율을 보이는 귀금속류 촉매 또한 상업적 이용이 불리함에 따라 저렴하며 뛰어난 성능을 나타내는 대체 물질의 개발이 필요하다. 음극 및 촉매 소재 후보군 중에서 금속 인황화물은 다양한 이점을 가지고 있다. 리튬 저장의 측면에서는 이온과의 전환 반응을 통해 높은 이론 용량을 가지며 인과 황의 단계적 산화 환원 반응은 전환 과정에서의 Strain을 줄여 전기화학적 특성이 우수하다. 동시에 수전해 촉매로서는 $NiPS_3$의 2D 층상 구조의 넓은 표면적이 보다 많은 active site를 제공하며 물질의 안정성 또한 뛰어나다고 알려져 있다. 그러나 배터리 성능은 사이클이 진행될수록 부피 팽창을 위시하여 집전체로부터의 박리, 불안정한 SEI 층 형성 등의 이유로 급격한 성능 저하가 발생한다. 또한 OER 촉매 성능은 낮은 전도성 및 작동 전극에 도포 시 발생하는 입자들의 응집 문제로 인해 성능이 제한된다. 이를 해결하기 위해 $NiPS_3$의 표면에 carbon을 코팅하여 음극 및 촉매 소재가 가지는 고질적 문제인 낮은 전도성과 응집 현상 등을 완화하였다. 본 연구에서는 기상으로의 합성을 통해 $NiPS_3$ 를 합성한 뒤 고에너지 기계적 밀링법을 통해 표면에 10 nm 두께의 carbon 층을 형성하여 리튬 이온 전지 음극재와 촉매로써의 특성을 평가하였다. 순수 $NiPS_3$의 경우 100 mAh/g의 전류 밀도에서 초기용량 1200 mAh/g의 높은 용량이 구현되었으나, 충·방전 과정에서의 비가역적인 반응 및 큰 부피 팽창으로 인해 용량이 빠르게 감소하여 50 cycle 진행 후에는 용량이 200 mAh/g 정도로 감소하는 현상이 발생하였다. 반면, carbon이 코팅 된 경우 탄소의 함유에 따라 초기용량이 1000 mAh/g 정도로 줄었지만, 100 cycle까지도 약 660 mAh/g의 용량을 유지하여 수명 특성이 크게 향상되었다. OER에서는 10 mA $cm^{-2}$의 전류 밀도에서 314 mV의 낮은 과전압, 개선된 전도성과 100 mA 전류 밀도에서의 높은 안정성을 보였다.

**PG2A-37 | Surface-Engineered BaNiO3 Perovskite as Promising Electrocatalyst for Oxygen Evolution Reaction**

최준용[1], 선정우[1], 한연비[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

The oxygen evolution reaction (OER) is a crucial chemical process for generating oxygen in various practical applications such as water electrolyzers and metal-air batteries. However, the low efficiency of OER has hindered the advancement of these applications.

To address this issue, we propose a cost-effective and sustainable solution by introducing surface-engineered BaNiO3 (BNO) with a hexagonal perovskite structure as a promising electrocatalyst. Our study modulated the surface of BNO crystals in a way to facilitate OER simply by controlling the cooling rate at 5, 10, 30, and 60 oC/h. We found that the surface of BNO crystals was covered with a Ni-rich layer the density of which increases with decreasing cooling rate. Below the Nirich layer, all compositions displayed a single-phase perovskite structure as revealed by X-ray diffraction profiles and microstructure images. BNO crystals displayed a good OER performance featured by the electrochemical kinetics of BNO with the cooling rate of 60 oC/h being far superior to that of the commercial electrocatalyst IrO2: 1.69 V at 10 mA/cm2 with the Tafel slope of 244 mV/dec. The OER activity was highest in specimens with less dense Nilayer, representatively the one prepared at the cooling rate of 60 oC/h, as the Ni layer inhibited the OOH* transformation

**PG2A-38 | Dielectric ceramics made of $BaTiO_3$@$Ca_2Nb_3O_{10}$ core-shell nanoparticles**

HAN Myeong U[1], SONG Tae Yeong[1], *KWON Do-Kyun[1]
[1]Korea Aerospace University

Recently, Multilayer Ceramic Capacitors (MLCCs) with thin dielectric layers have led to increased demand for stability over a wide temperature range. To achieve these characteristics, a common approach involves incorporating $BaTiO_3$ (BT) with other perovskite materials to form complex perovskite compounds. Among these, there is a $KCa_2Nb_3O_{10}$ (KCNO) of Dion-Jacobson layered perovskite materials. The layered structure of KCNO can be fabricated into 2D nano sheets via a top-down approach, including exfoliation process, resulting in the formation of $Ca_2Nb_3O_{10}$ (CN) of 2D nano sheet structure. In this study, we fabricated 2D nano-sheets of CN through an ion exchange process and an exfoliation process using TBAOH. We achieved an exfoliation rate of 92% as determined by UV-vis analysis. And when CN incorporated into BT, we confirmed a wrapped core-shell structure of BT-CN by TEM, assembly of BT nano particle and CN nano sheets. As a result of sintering BT-CN, Ca and Nb substitution at the A and B sites in BT leads to an improvement of temperature stability. Additionally, we conducted fast firing to improve the temperature stability by preventing the diffusion of Ca and Nb from the shell to the core.

**PG2A-39 | Evaluating SOFC Performance through Transmission Line Model-Based Electrochemical Impedance Analysis**

NAMGUNG Yeon[1], PARK Junghyun[1], PARK Saron[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

Solid oxide fuel cells(SOFC) generate energy from the electron flow created when oxygen and hydrogen form water. This involves complex interactions of electrochemical reactions across both air and fuel electrodes. Traditionally, EIS fitting with the Equivalent Circuit Model (ECM) has been used to study these reactions, but its simple R-C parallel circuits may not fully capture the complexity of simultaneous reactions. In this study, we performed in-depth EIS analysis using the Transmission Line Model (TLM) for SOFCs to decode electrochemical reactions at the electrodes, identifying key parameters like apparent diffusivity and reaction rate constants. Moreover, by diversifying extrinsic parameters such as temperature and water partial pressure, along with intrinsic parameters such as cell structure, this study aimed to understand the overall impact of these changes on cell performance. Additionally, the suitability of the results further analyzed through Distribution of Relaxation Time (DRT) analysis was reviewed.

**PG2A-40 | 하이브리드 가탄재의 최적화를 위한 슬래그 포밍 내부 형상 변화 관찰 연구**

안효주[1], 박준혁[1], 권혁준[1], 이종원[1], *박노근[1], 강영조[2], 심상철[2], 이은진[3], 김효민[3]
[1]영남대학교, [2]동아대학교, [3]머티리얼솔루션파크

전기로를 이용한 제강공정은 철스크랩을 주원료로 활용하여 철강을 생산하는 환경 친화적 장비로, 기존 고로 제강 방식에 비해 오염 물질 및 탄소 배출량이 적어 탄소 중립에 기여할 수 있는 에너지 기술로써 주목받고 있다. 전기로 내에서는 부산물로 슬래그가 발생하게 되고, 슬래그 내의 FeO의 탈산 및 슬래그 포밍을 위해 가탄재를 주입한다. 가탄재는 슬래그 포밍을 활성화시켜 아크 노출을 감소 시키는 등의 효과를 가지고 있으나 전기로 내에서 연소되면서 이산화 탄소를 발생시킨다. 가탄재를 일부 폐플라스틱으로 대체할 경우 $C_xH_y$의 구조를 가진 폐폴리머가 연소하면서 $H_2$ 및 $CO_2$가 발생하여 기존 방식보다 탄소가 저감될 것으로 기대된다. 본 연구에서는 슬래그와 가탄재, 폐폴리머를 혼합하여 슬래그 포밍 현상을 관찰하였으며, 폐폴리머 첨가에 따른 슬래그 포밍에 미치는 영향을 파악하기 위해 슬래그 내부 반응 관찰 및 단면 성분 분석을 진행하였다. 이를 통해 폐폴리머를 첨가함에 따라 변하는 슬래그의 특성을 슬래그 내부 거동을 통해 규명하고자 한다.

**PG2A-41 | Elevated Electrolyte Stability through Doping Strategies with High Entropy Perovskite-Type Materials in Protonic Ceramic Electrochemical Cells**

OH Seeun[1], KIM Dongyeon[1], *RYU Ho Jin[1], *LEE Kang Taek[1]
[1]Korea Advanced Institute of Science and Technology

The growing worldwide need for sustainable and dependable energy has generated enthusiasm for technologies like solid oxide electrochemical cells (SOECs). These devices enable the reversible generation of electricity and hydrogen through chemical reactions. Nevertheless, the elevated operating temperatures necessary for SOECs present difficulties in terms of both materials and economic considerations. In contrast, protonic ceramic electrochemical cells (PCECs) utilize protons as charge carriers, operating at lower temperatures and demonstrating higher efficiency due to a lower activation energy. Established proton-conducting electrolyte materials like doped barium cerate and barium zirconium-based compounds are favored for their high conductivity. However, ensuring their chemical stability against $CO_2$ and high concentrations of $H_2O$ during PCEC operation remains a concern. To address this challenge, the study explores high-entropy perovskite oxides (HEPOs) for their structural and chemical stability. Herein, B-site equimolar multicomponent HEPO electrolytes are synthesized using a solid-state reaction, with detailed analyses, including proton transport behavior. Despite observed limitations in recent HEPOs, optimization through selective dopant incorporation and manufacturing processes has resulted in a promising PCEC performance with enhanced chemical stability. With the newly developed HEPOs, protonic ceramic electrochemical cells (PCECs) demonstrated outstanding performances in both fuel cell (1.151 W/cm$^2$) and electrolysis cell modes (2.326 A/cm$^2$ at 1.3V) at 650 ℃, marking a cutting-edge achievement among reported HEPO-based PCECs.

**PG2A-42 | Optimization of microstructure in triple conducting cathode material for high electrochemical proton ceramic fuel cells**

LEE Jinwoo[1], *CHOI Sihyuk[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

Protonic ceramic fuel cells (PCFCs) with a proton-conducting oxide (PCO) electrolyte are a promising power generation technology. The PCO exhibits rapid ionic transport at intermediate temperatures (400-600 °C) due to the low activation energy of $H^+$, resulting in great high performances at reduced temperatures. However, the electrochemical performance of PCFCs is still limited by the high polarization resistance on the cathode side. The polarization resistance is largely influenced by the electrochemically active site of the cathode where the entire surface of cathode, thereby optimizing the microstructure of the cathode is essential to minimize polarization resistance. In this study, we optimized microstructural factors such as particle size and porosity using $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ cathode material as one of the representative ionic and electronic conductors. Furthermore, the correlation between the optimized microstructure and electrochemical characteristics is thoroughly explored.

**PG2A-43 | Measurements of Internal Chemical Potential in H-SOEC vs. O-SOEC**

JO Junho[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

One of critical degradation phenomena of oxygen ion conducting solid oxide electrolysis cells (O-SOECs) is the oxygen electrode delamination in the electrolyte near the oxygen electrode/electrolyte interface. However, there has been limited study in understanding delamination phenomena in proton conducting electrolysis cells (P-SOECs). In this study, four-electrode system was applied to investigate influences of the development of hydrogen partial pressure on the fuel electrode/electrolyte interface stability in H-SOEC. The four electrodes consist of air electrode, fuel electrode, Pt probe embedded in electrolyte and Pt reference electrode on the electrode edge. Electrical potential of the embedded probe was measured with the reference electrode, based on which the internal hydrogen partial pressure at the Pt probe location was calculated using the Nernst equation. Subsequently, by varying operating conditions, the relationship between hydrogen partial pressure and degradation at the fuel electrode/electrolyte interface was analyzed.

**PG2A-44 | Large-scale energy production using Cation-selective graphene oxide membrane**

PARK Seokmin[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

The global energy system faces an unprecedented need for 'more energy' and 'less carbon'. Many forms of energy are considered renewable, including wind, hydro, solar, geothermal, and biofuel energy. These types of energy are relatively sustainable, abundant, clean, and

inexpensive. However, recognizing the limitations of conventional renewable energy sources, there has been growing interest in the energy field due to the need for sustainable, safe, non-periodic and high-performance energy generation system. In this respect, salinity gradient energy, known as new type of renewable energy, can generate 0.8 kWh/m3 at the sea–river interface by harnessing the entropy generated during ion mixing. For example, owing to its discharge rate of 209,000 m3/s, the Amazon River can yield a theoretical power of approximately 0.8 TW. In addition, salinity gradient energy has a great advantage in that it is non-periodic and continuous, unlike conventional renewable energy, such as solar and wind power. In this research, we will present the two-dimensional materials based cation-selective membrane for salinity gradient power generation. The confined nanochannel is robust in liquids, enabling steady-state ion diffusion for hundred of hours and exhibiting ion selectivity of 95.8%, energy conversion efficiency of 41.4%, and power density of 5.26 W/m2. This fundamental understanding and rational design strategy can enable previously unrealisable applications of passive-type large-scale power generation.

**PG2A-45 | 고에너지 기계적 밀링을 이용한 고성능 리튬이온배터리 음극재용 $MoP_2$/P와 $MoP_2$/P@CNT의 합성**

이도연[1], 김경호[2], *홍성현[1]
[1]서울대학교, [2]국립부경대학교

휴대폰과 같은 소형 모바일 IT 기기의 전원으로 사용되고 있는 리튬 이온 전지는 전기자동차와 에너지 저장 시스템(ESS)의 수요가 급증함에 따라 그 활용도가 넓어지면서 대용량의 에너지를 저장할 수 있는 배터리에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현재 상용화 되어있는 음극 소재인 흑연은 용량이 매우 낮다는 단점이 있어 이를 대체할 새로운 음극 소재의 개발이 필요한 상황이다. 인은 리튬 이온과의 전환 반응을 통한 높은 이론 용량을 나타내면서 반응 전위가 낮다는 장점이 있다. 하지만 충/방전 시 부피 변화가 크고 전기전도도가 낮아 전지 수명 특성이 좋지 않다는 단점이 있다. 금속 인화물은 인의 장점을 유지하면서 인의 부피 변화를 감소시키고 전기전도도를 높여 수명 특성을 향상시킬 수 있어 배터리 음극 소재로서 각광받고 있다. 특히 몰리브데넘 이인화물($MoP_2$)은 band gap이 없어 준금속의 성질을 나타내어 다른 금속 인화물에 비해 전기전도도가 높다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 $MoP_2$와 인의 복합체 형성을 통해 고성능 음극 소재를 개발하였다. 또한 CNT 코팅을 통해 높은 전류 밀도에서도 용량을 일정하게 유지할 수 있는 소재를 개발하였다. 본 연구에서는 고에너지 기계적 밀링법(HEMM)을 이용하여 수백 나노미터의 크기를 가지는 몰리브데넘 인화물/인 복합체($MoP_2$/P) 합성에 성공하였으며, 리튬 이온 배터리 음극 소재로서의 특성을 분석하였다. 100 mA $g^{-1}$의 전류 밀도에서 약 850 mAh $g^{-1}$의 초기 용량이 구현되었으며, 50 cycle에서 약 616 mAh $g^{-1}$의 고용량이 유지되었다. 또한, 1000 mA $g^{-1}$의 고전류 밀도에서도 150 cycle에서 약 393 mAh $g^{-1}$의 용량이 구현되었다. 또한 합성된 $MoP_2$/P와 CNT와의 추가적인 HEMM을 통해 3~5 nm 두께의 균일한 CNT 코팅($MoP_2$/P@CNT)에 성공하였으며, 1000 mA $g^{-1}$의 고전류 밀도에서 200 cycle까지 약 586 mAh $g^{-1}$의 고용량이 일정하게 유지되어 안정적인 가역 용량 구현에 성공하였다. $MoP_2$/P@CNT의 rate 특성도 $MoP_2$/P에 비해 매우 향상되어 2000 mA $g^{-1}$의 고전류 밀도까지도 안정적으로 용량을 유지함을 확인하였다. 마지막으로 $MoP_2$의 충/방전 반응 메커니즘을 분석하였다. XANES 분석에서 방전 시에 환원된 Mo가 충전 시에 다시 산화되지 않음을 확인하였으며, TEM 분석을 통해 방전 시 Mo와 $Li_3P$가 생성되고, 충전 이후에 Mo가 산화되지 않고 남아있음을 관찰하였다.

**PG2A-46 | Mixed Ionic and Electronic Conductor-Proton Conducting Oxide Composite Cathode for Protonic Ceramic Fuel Cells**

SHIN HyeongSik[1], *CHOI Sihyuk[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

Protonic ceramic fuel cells (PCFCs) have received considerable attention as a promising energy conversion device because of their high ionic conductivity and low activation energy at intermediate temperatures (400-600 °C). However, the lack of suitable cathode materials for PCFCs may lead to employ of a mixed ionic and electronic conductor (MIEC), which was mainly utilized as cathode material in conventional oxygen ion conducting SOFCs. Despite their fast oxygen transport and excellent electro-catalytic activities, the electrochemically active site is restricted to the triple-phase boundary due to their inadequate proton conductivity. In this study, we developed a composite cathode of $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF6428)-$BaZr_{0.4}Ce_{0.4}Y_{0.1}Yb_{0.1}O_{3-\delta}$ (BZCYYb4411) to extend the electrochemically active site through the incorporation of proton-conducting oxide of BZCYYb4411 with MIEC of LSCF6428. To access the effect of composite cathode, we examined the chemical compatibility, structural characteristics, and electrochemical performances.

**PG2A-47 | Optimizing Electrolyte-Supported Solid Oxide Fuel Cells with Thin 3-YSZ Electrolytes**

CHA Donjun[1], LIM Hanyi[1], KIM Hye-Won[1], CHOI Yoonseok[1], YU Ji Haeng[1], *KIM Tae Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) represent an advanced method of power generation that converts chemical energy into electricity and heat while minimizing pollutant emissions. In SOFC cell design, electrolyte-

supported cells (ESCs) have attracted attention due to a dense electrolyte and thin electrodes. This improves sealing at the cell-edge. Despite these benefits, ESC-based SOFCs encounter ion-conductivity challenges caused by thicker electrolytes (150-250 $\mu$m) compared to ASCs (anode-supported cells, 10 $\mu$m thickness). The balance between ion-conductivity and mechanical strength is essential. In this work, we used a slim 3-YSZ electrolyte (3 mol% yttria-stabilized zirconia) with a thickness of 30~40$\mu$m to overcome this challenge and optimize performance. The anode was made of Ni/YSZ ceramics, while the cathode was made of GDC/LSCF ceramics ($La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$). The SOFC performance was enhanced by adjusting the composition of Ni/YSZ. The enhanced SOFC cell reached a current density of up to 0.32A/cm2 (at 0.7V and 780℃) with high stability.

**PG2A-48 | Solar-driven CO2 electrochemical reduction to formate with high solar-to-fuel efficiency**

CHEON Woo Seok[1], *JANG Ho Won[1]
[1]Seoul National University

Utilizing renewable energies for electrochemical CO2 reduction is the most efficient and straightforward approach to achieving a carbon-neutral society. Solar energy is widely regarded as the most promising form of renewable energy due to its abundant availability. This study presents a novel approach for the efficient and cost-effective reduction of CO2 through the utilization of a nanostructured Bi metal electrocatalyst and perovskite tandem solar cell, without the need for external bias. The solar-to-formate efficiency of the two series-connected photovoltaic cells, which utilized a cathode formed from bismuth oxyiodide and an anode composed of nickel-iron layered double hydroxide, exceeded 10%. This achievement represents a remarkable record high within the range of batch cell systems. The formate exhibited a sustained partial current density for a duration exceeding 10 hours. The integration of PV-EC system was optimized systematically by carefully evaluating characteristics and minimizing energy losses.

**PG2A-49 | Ion beam engineering of metal-organic frameworks for advanced oxygen evolution electrocatalysts**

CHEON Woo Seok[1], BU Jeewon[1], *JANG Ho Won[1]
[1]Seoul National University

The diverse features and prospective uses of metal-organic frameworks (MOFs) have recently garnered significant attention, particularly in the field of electrochemical catalysis. In this study, we effectively demonstrate the introduction of nitrogen functionalities into a MOF-based electrocatalyst through a simple and adjustable ion beam treatment. MOF nanosheets with distinct morphologies were fabricated using Ni ions and 2,6-naphthalenedicarboxylic acid ligands. The MOF templates were exposed to a nitrogen ion beam with different accelerating voltages and treatment durations. The N-doped electrocatalysts exhibited improved stability, lower overpotential, and reduced Tafel slope. Thorough surface analysis, including vibrational and X-ray photoelectron spectroscopy, discloses the correlation between N doping and catalytic activity. Three new active sites including pyridinic N were discussed in terms of their contributions to local and long-range conduction mechanisms.

**PG2A-50 | High Performance and Durable Sr/Co-Free Air Electrode for Reversible Protonic Ceramic Cells**

SEONG BoSeok[1], *CHOI Sihyuk[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

Reversible solid oxide cells (R-SOCs) have attracted attention as efficient energy conversion and storage technology due to their high flexibility in reversible operation of fuel and electrolysis cell modes. Nevertheless, R-SOCs based on oxygen ion conducting electrolyte have critical drawbacks from high operating temperature (700-1000 °C) including incompatibility between components and high thermal stress. Therefore, reversible protonic ceramic cells (R-PCCs) with proton conducting electrolyte are emerging technology that converts energy between hydrogen and power at reduced operating temperatures (400-600 °C) because of low activation energy of $H^+$. To date, Sr/Co-containing perovskite oxides have been intensively studied as air electrode candidates for enhanced reactivity and conductivity. However, their practical application is hindered by performance degradation caused by Sr segregation and mismatch in the thermal expansion coefficient between the Co-based air electrode and conventional electrolyte. Herein, we report high-performance Sr/Co-free $PrNi_{0.5}Fe_{0.5}O_{3-d}$ (PNF) air electrode eminently thermo-mechanically compatible with electrolyte for R-PCCs.

**PG2A-51 | Exploiting the Magneto-Electric Properties of BaTiO3 for Enhanced Lithium-Ion Battery Performance**

이지연[1], *박병남[1]
[1]홍익대학교

BaTiO3 (BTO), renowned for its ferromagnetic characteristics, offers a promising avenue for

lithium-ion battery (LIB) development. Utilizing BTO as a cathode material in coin cell configurations has yielded a notable capacity of approximately 250mAh/g, coupled with outstanding stability. Furthermore, doping BTO with lanthanum has been shown to augment its capacity significantly, leading to the creation of La-doped BaTiO3 (La-BTO) cathodes with robust performance and stability in LIBs. This paper delves into the intrinsic magneto-electric properties of BTO and its derivatives, emphasizing the profound impact on LIB technology. The exceptional performance of La-BTO and BTO-based batteries underscores the significance of leveraging the inherent characteristics of ferromagnetic materials for energy storage applications. By elucidating the compositional aspects of La-BTO and BTO, this study not only contributes to the fundamental understanding of material science but also highlights the potential of these materials in revolutionizing the field of energy storage. The remarkable performance of BTO-based batteries, complemented by the advancements achieved through La-doping, signifies a significant step forward in the quest for high-performance LIBs. This research advocates for the exploration of novel material compositions and their tailored applications in advancing energy storage technology, paving the way for sustainable and efficient power solutions in various domains.

**PG2A-52 | Preparation and electrochemical properties of carbon nano fiber/NCM composites for LIB cathode materials**

SHIN Jun Yeong[1], *KIM Ki Chul[2], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University, [2]Mokwon University

These days Li - Ion Batteries are in the spotlight as electric supplies for electric vehicles and mobile devices. Improving the performance of cathode materials in terms of capacity and stability is essential for advance energy storage system. $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ (NCM) has been thought for one of the candidates for replacing currently used $LiCoO_2$ cathode materials which could have high potential and capacity. However, the limited electrical conductivity of NCM hurdles the cycle life of battery operation. In this work, we incorporate carbon nanofiber with NCM by electrospinning process, which is suitable for preparing the composite structure of organic/inorganic materials. The structures and the electrochemical properties of the prepared materials will be presented.

**PG2A-53 | The preparation of $MoO_3$ incorporated LATP solid electrolytes for all solid state lithium ion batteries**

PARK So Yeon[1], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University

Recently, all solid-state batteries (ASSBs) are a promising approach to avoid safety issues of conventional liquid electrolytes. Among them, the NASICON-type $Li_{1+x}Al_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ (LATP) solid electrolyte is one of the most attractive alternatives due to its high ionic conductivity at room temperature and chemical stability compared to other solid electrolytes. However, we still need a higher ionic conductivity and has the interfacial stability problem where $Ti^{4+}$ is easily reduced to $Ti^{3+}$ by reacting with lithium metal. In this study, we introduce $MoO_3$ in LATP structure during synthesis, and the properties are characterized. The characteristics of the samples were investigated through XPS, XRD, SEM, and EIS. In addition, when the pellet was exposed to the ambient atmosphere, the surface was changed and sample showed better performance than the sample that did not. This result shows that $MoO_3$ incorporation could be effective approach for commercializing solid-state lithium-ion batteries.

**PG2A-54 | Electrospun Al-LLZO Ceramic Nanofiber/ PVDF-HFP Composite Solid-State Electrolytes For Lithium Metal Batteries**

HAN Joo-Young[1], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University

As electric vehicles and mobility spread, high-capacity, high-energy-density batteries are attracting attention. Lithium metal anodes have the advantages of high theoretical specific capacity and low redox potential, but during the Li plating/stripping process, the formation of $Li^+$ flux is uneven, which may lead to lithium dendrite growth and dead lithium formation, resulting in internal short circuit and battery explosion. To solve this problem, a solid electrolyte with a high Li transference number was introduced to suppress lithium dendrite growth through uniform $Li^+$ deposition. PVDF-HFP (Polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) was used as the polymer matrix, and a composite solid electrolyte was prepared by dispersing 1D electrospun Al-doped LLZO nanofiber as a filler. Dispersed Al-LLZO nanofibers formed a new continuous $Li^+$ transport channel. In addition, succinonitrile was added as an additive to improve $Li^+$ kinetics through the polar nitrile functional group, thereby achieving high ionic conductivity. As a result, the symmetric Li|electrolyte|Li

cell showed a low and stable overpotential for over 1000 hours of operation and also showed good interfacial stability with lithium metal anode.

**PG2A-55 | CO2/H2O 공전해를 위한 프로톤 세라믹 전기화학 전지 개발**

김동욱[1], 최민기[2], 이청범[3], 백종민[1], 방세희[1], 정유한[1], 홍경표[4], 홍종섭[4], CHEN Di[5], *김경학[3], *이원영[1]
[1]성균관대학교, [2]서울과학기술대학교, [3]한양대학교, [4]연세대학교, [5]Tsinghua University

Protonic ceramic electrochemical cells (PCECs) are highly promising electrochemical devices for CO2/H2O co-electrolysis reactions. However, conventional Ni/BaZr0.4Ce0.4Y0.1Yb0.1O3 (BZCYYb) heterogeneous catalysts have exhibited limited catalytic activity for CO2 methanation, hindering their further utilization and application. To address this challenge, we have developed a Ca-modified Ni/BZCYYb heterogeneous catalyst. We firstly evaluate the CO2 conversion of Ca-Ni/BZCYYb catalyst in a packed bed reactor, exhibiting the higher CO2 conversion as lower the operating temperature compared to Ni/BZCYYb catalyst. Furthermore, we have demonstrated significantly improved CO2-H2O co-electrolysis performance in PCECs by modifying the fuel electrode with Ca-Ni/BZCYYb heterogeneous catalyst. This modification results in substantially improved CO2 conversion of ~40% and CH4 production of 1.22 ml min-1 at 500 °C compared to the reference PCECs, validating the practical applicability of our approach in electrochemical devices. Surface characterization and density functional theory calculations reveal that CaO donates electrons toward the BZCYYb catalyst support, facilitating the formation of oxygen vacancies, which provide preferential sites for CO2 adsorption, thus enhancing CO2 activation. This study demonstrates the potential of engineering the surface basicity for PCECs operating at low temperatures.

**PG2A-56 | Relationship between non-exhaust particle emission from passenger vehicle and raw materials of low-steel friction materials**

KO Sung Kyoon[1,2], JEONG Muhyeok[2], *KIM Jong-Young[2], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Recently, the introduction of eco-friendly cars such electric and hybride vehicles gives rise to increasing proportion of non-exhaust particulate matter(PM) from brake and tire, compared to exhaust PM from tailpipe of automobiles. In this work, we investigated the relationship between airborne PM emission from a passenger vehicle and low-steel friction materials using dynamometric measurement. A DOE matrix was created based on various raw materials of the friction materials such as lubricants, resin, abrasives, friction modifiers, reinforcements(fiber). The optimization of the PM emission was performed according to the combination of the raw materials. The evaluation of PM emission was conducted under the driving cycle of Novel Cycle using 1/5-scale dynamometer and electric low pressure impactor (ELPI). As a result, the brake emission factor (BEF) decreased by 6.3 % as the size of the lubricant increased from 10 to 700$\mu$m, and, as the particle size of the cokes decreased from 700 to 10$\mu$m, the BEF decreased by 13.3 %. In addition, with increasing resin, the BEF was found to decrease by about 9.1 % compared to the base material. It was also found that, as the abrasive hardness decreases, the BEF was reduced. Finally, the BEF value was found to be decreased by 38%, compared to raw materials, for the optimized friction materials. From topographic analysis, it was found that surface roughness of worn friction materials and disc loss exhibit a positive correlation with the BEF value, having coefficients of determination 〉98 %. From elemental analysis results of collected PM particles, the chemical components of Iron, a major component of the disc, a counterpart of friction materials, and iron oxide, a component of the low-steel pad, are released as major components of PM due to the wear of the disc and pad during the friction process.

**PG2A-57 | Preparation and thermoelectric properties of Mn containing ZnSb**

KANG Sung Hyun[1], LEE Jeong Min[1], *SHIN Weon Ho[1]
[1]Kwangwoon University

Thermoelectricity, which can convert heat energy into useful electrical energy and vise versa, have been used for energy harvesting devices or for cooling devices. Many different materials have been studied for realizing high thermoelectric performance. Among them, ZnSb compounds such as $Zn_4Sb_3$ and ZnSb are attracting much attention as promising thermoelectric materials as low cost, nontoxic and earth-abundant materials. However, $Zn_4Sb_3$ has a major disadvantage that phase transition occurs at high temperatures. So recently, much research has been conducted on ZnSb, which has a stable crystal structure without phase transition at high temperatures. In this study, we investigated the effect of Mn substitution on $Mn_yZn_{1-y}Sb$ thermoelectric materials. The materials

are synthesized by conventional solid-state reaction, and the structure and thermoelectric properties of $Mn_yZn_{1-y}Sb$ compounds will be discussed.

**PG2A-58 | Enhanced Densification of Screen Printed GDC Diffusion Barrier Utilizing Pore Filling Solution for SOFC Application**

HANANTYO Muhammad[1], NAMGUNG Yeon[1], PARK Junghyun[1], ISLAM Md Shoriful[1], RACHMAN Ihsan Budi[1], *KIM Ho-Sung[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

GDC interface between zirconia-based electrolyte and LSCF6428-based cathode is essential for preventing the formations of $Sc_2ZrO_3$ as a secondary phase. However, the reaction between ceria and zirconia at high temperatures (〉 1300 °C) has impeded the fabrication of a highly dense GDC layer. In this study, we present a cost-effective approach for fabricating sufficiently thin and enhanced densification of GDC diffusion barrier layer by filling the pores of GDC skeleton using polyvinylpyrrolidone (PVP) and gelatin as chelating agents for metal cations. We demonstrated the interaction between the metal cation and chelating agent molecules, and its effect on the diffusion barrier. In addition, rheological property of the pore filling solution is evaluated to determine its penetrability. By applying the pore filling method, we achieved fully dense GDC interlayer at 1200 °C, a remarkable 50 °C below the conventional sintering temperature for porous GDC. The pore filled dense GDC interlayer applied on electrolyte supported cell, shows high electrochemical performances in fuel cell mode (0.98W $cm^{-2}$) and improved durability compared to porous GDC.

**PG2A-59 | AgBiS2 박막의 화학적으로 기인된 양이온 무질서에 의한 광흡수계수 향상**

하늘[1], *양우석[1]
[1]성균관대학교

다중 양이온 시스템에서 무작위로 분포하는 양이온 무질서 현상은 태양에너지와 배터리 분야를 비롯한 다양한 응용 분야에서 재료의 특성을 조정할 수 있는 새로운 전략으로 평가받고 있다. 이러한 양이온 무질서도 제어는 열역학 기반으로 높은 열처리 공정을 통한 높은 엔트로피의 무질서 상을 얻는 것이 일반적이다. AgBiS2 칼코겐화물은 최근 태양 에너지 분야에서 독성이 없으면서 지구상 풍부한 물질들로 구성되어 가격경쟁력이 있는 물질로, 1.0~1,4eV 정도의 좁은 밴드갭을 가져 넓은 파장대의 빛을 흡수할 수 있어 주목받고 있는 광흡수물질 중 하나이다. 독특하게도 AgBiS2 물질은 양이온 무질서도에 따른 광학적 성질 차이가 발생되는데, 본 연구에서는 기존과는 다르게 열처리 온도는 일정하면서 용액 화학기반으로 금속 양이온과 음가의 유기 리간드 사이의 상호작용 변화를 통한 양이온 무질서도 제어를 통한 광학적 성능 개선에 대해 다루고자 한다.

**PG2A-60 | 헤테로 구조 페로브스카이트 산화물을 이용한 Cr 저항성 및 고성능 고체산화물 연료전지**

방세희[1], 이종서[2], 최민기[3], 김준규[1], 유현식[1], *이원영[1]
[1]성균관대학교, [2]국방과학연구소, [3]서울과학기술대학교

The Sr-doped perovskite oxide is one of the state-of-the-art materials for energy conversion devices, owing to its mixed ion and electron conductivity with high catalytic activity for oxygen reduction reaction (ORR), achieving remarkable increase in the electrochemical performance in intermediate-low temperatures. In addition to their electrochemical performance, the high durability of Sr-doped perovskite oxide materials become crucial for further commercialization. In practical operations for stack atmosphere, vaporized $CrO_3$ deposits on the perovskite oxide and it causes the Cr poisoning which rapidly degrades the electrode. The instability of Sr-doped perovskite oxide causes the severe deposition of Cr vapor on the perovskite oxide surface, initialized by Cr-Sr-O nuclei when Cr vapor reacts with segregated Sr at the perovskite oxide. This accelerates the formation and growth of secondary particles such as $SrCrO_4$ and $Cr_2O_3$ at the electrode surface and interface between the electrode/electrolyte, significantly influencing on the stability and activity of perovskite oxide electrode. To preserve the durability and activity of Sr-doped perovskite oxide, we suggest that three strategies: Hetero-structured electrode for inhibiting the direct contact with Sr, preventing segregation of Sr for further degradation during long term operation, and rearranging the charged defects in the hetero-structured electrode for maintaining the activity. In this study, we reported that hetero-structured perovskite oxide coated with the Cr tolerant material achieved highly active and stable electrode against Sr segregation and Cr poisoning by interfacial control of oxygen vacancies at the hetero-interface. We demonstrate the relationship between Sr segregation and Cr poisoning by the electrochemical, structural, and chemical analysis using thin-film model electrodes. The hetero-structured model electrode effectively suppresses the Sr segregation and Cr poisoning during the stability test for 100 h. Furthermore, unchanged ORR activity is verified in hetero-structured electrode compared to the conventional electrode. We employed the hetero-structure to the single cell configuration as a cathode using wet-chemical process. The excellent Cr tolerance is

observed in the hetero-structured cathode, exhibiting nearly no degradation at 600 ℃ for 300 h, without decrease in electrochemical performance compared to conventional cathode. Our results may suggest more opportunities for breakthrough to further commercialize of the SOFCs by providing an effective design strategy for high stability while minimizing the performance decrease.

**PG2A-61 | Evaluating of potential of CMF/NiO composite oxide as an anode for solid oxide fuel cells utilizing ammonia as fuel**

PARK Dong Jae[1], SHIN Seo Yoon[2], *YU Sang Seok[1], *SHIN Tae Ho[2]
[1]Chung Nam National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Ammonia ($NH_3$) has shown promise as a hydrogen carrier, thanks to its simple liquefaction process and higher volumetric energy density than liquid hydrogen. These properties make it an attractive option for transport and storage, potentially serving as an alternative to hydrogen and hydrocarbons. Although ammonia is toxic, safety is ensured as leaks can be detected by smell at concentrations less than 1 ppm. Furthermore, when using NH3 as fuel, the activation of conventional anode material in Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) is considerably lower than when H2 is utilized. However, It has been reported that ammonia as fuel, the deterioration of the Ni catalyst in the fuel electrode due to nitridation leading to microstructural changes is a major cause of degradation. In Ni-based electrodes, Ni particles play a key role in the decomposition and electrochemical oxidation of ammonia, and when ammonia is decomposed, a nitridation reaction may occur along with a step-by-step dehydrogenation reaction, thereby forming Ni nitride. The main highlight was to explore the possibility of directly utilizing ammonia as fuel for solid oxide fuel cells without deteriorating performance compared to hydrogen. In addition, the effect of Ce(Mn, Fe)$O_2$ ratio on the efficiency of nickel-based cermet anodes in various condition was also analyzed. The results of this study showed great potential in utilizing ammonia as fuel for SOFCs

**PG2A-62 | Electro-Thermochromic properties of Vanadium Oxide Thin Films Prepared by Reactive Magnetron Sputtering at Different Oxygen Flow Ratios**

ECHIKH Souad[1], 김원준[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

Smart window materials have been focused as a promising solution since building consume 40% energy to keep the temperature that cause by heat-exchange through façade glasses which cause of deteriorate energy efficiency. Current smart windows consist either of liquid crystal, electrochromic, photochromic, and thermochromic materials. Here, we focused on the thermochromic (TC) materials which can modulate their optic properties upon ambient temperatures. There are numerous studies has existed on organic and inorganic TC material, in the case of organic materials, they can show high optic modulation and performance, however, they have poor life-time and stability which means hard to be commercialized. On the other hands, inorganic material has much advantages in mass production and long-term stability. Vanadium dioxide is well-known as a promising TC material based on the insulator-to-metal phase transition temperature. Numerous studies have been made on the $VO_2$ system in the past, employing a variety of synthesis methods. However, the TC material with vanadium oxide acts as passive chromogenic thin film which means user's cannot control the optic modulation when they want to change. In this study, we employed TC layer in the middle of oxide/metal/oxide structure, then, we can control the optic transmittance of TC layer according to ambient environments. ITO/$VO_2$/Ag/ITO subs. structure shows high optic modulation and high mechanical stability with dynamic bending test.

**PG2A-63 | 고체산화물 연료전지의 기존 소결 공정의 가열 속도 변화의 영향**

남태헌[1], 이상원[1], 박동재[1], *신태호[1]
[1]한국세라믹기술원

고체산화물 연료전지(SOFC)는 지속 가능하고 청정 에너지 미래에 기여할 수 있는 잠재력을 지닌 유망하고 효율적인 에너지 전환 기술로 부상했습니다[1]. 이러한 고온 전기화학 장치는 높은 에너지 변환 효율, 연료 다양성, 낮은 배출 등 다양한 이점을 제공합니다. SOFC 부품의 소결 조건 최적화는 성능과 안정성에 영향을 미치기 때문에 중요한 프로세스입니다. 그러나 소결은 시간이 많이 소요되는 공정으로 상용화에 걸림돌이 된다. 이에 본 연구에서는 Sm0.5Sr0.5CoO3(SSC) 전극 소결 시 기존 소결 공정에 다양한 가열 속도(3, 6, 10 ℃/min)를 적용하여 빠른 공정을 수행하면서 최적화를 수행하였다. 이 공정의 개선은 전기화학적 테스트와 미세구조 분석을 통해 체계적으로 수행되었습니다. 가열속도의 변화는 전극의 소결 시작점부터의 지속시간과

관련이 있으며 미세구조와 이온확산량에 변화를 준다. 이러한 변화는 가스 확산과 계면 저항에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났습니다. 결과적으로, 적절한 가열 속도로 인한 최적의 소결 지속 시간인 6 ℃/min에서의 가 800 ℃에서 1.48 W/cm2의 높은 성능을 보여주었다.

**PG2A-64 | High performance boron-doped diamond electrode for electrochemical treatment**

이태경[1], 조정현[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

Electro-chemical treatment processes are necessary, recently, in the field of various environmental treatments such as wastewater, oil bearing soil, plastic recycling, and so on, owing to the low physico-chemical treatment performance. To achieve high electro-chemical treatment efficiency, high-performance electrodes should be required. Hitherto, the electrode which has been used in electro-chemical treatment has low corrosion resistance and short life-time. Here, the boron-doped diamond (BDD) has excellent mechanical properties based on their diamond structure and has excellent electro-chemical properties due to wide potential window (~3eV), that enabling the efficient generation of the oxidants OH radical (OH·) and ozone ($O_3$). In this study, we have investigated the key parameters for determining BDD properties of deposition mechanism such as filament temperature, process pressure, $CH_4$ concentration, substrate temperature, and boron concentration. Among these factors, the microstructure of BDD heavily depends on the process pressure. Therefore, we employed the hot-filament chemical vapor deposition (HFCVD) method using tantalum filaments to deposit BDD electrodes at various process pressures. We evaluated BDD electrode characteristic using XRD, SEM, and Raman.

**PG2A-65 | 열전소자 신뢰성향상을 위한 열전소재의 기계적 특성평가**

*한승우[1], 전성재[1], 신승익[2], 김다혜[2]
[1]한국기계연구원, [2]과학기술연합대학원대학교

최근 수십 년 동안 친환경적이며, 신뢰성있는 에너지 수확과 진동이 필요 없는 효율적인 냉각 기술에 대한 수요가 증가했다. 이에 따라 열전발전과 열전냉각 시스템에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다. 열전 시스템의 수명을 늘리기 위해서는 열전 소자의 신뢰성 확보가 매우 중요하다. 따라서 열전재료의 기계적 성질을 이해하고 제어하는 것은 실용적인 열전소자 개발의 핵심 요소이다. 재료의 탄성률, 포아송비 및 강도는 성능을 향상시키기 위해 제벡 계수, 전기 전도도 및 열전도도를 평가하는 것과 유사하게 열전 장치를 설계하는데 특히 중요한 매개변수이다. 본 연구에서는 다양한 공정을 통해 제조된 열전재료의 탄성계수, 푸아송비, 전단계수를 측정하고 평가하기 위해 굽힘시험과 충격 가진시험을 실시하였다. 제조공정에 따른 열전재료의 기계적 성질의 차이를 조사하고, p형 재료와 n형 재료의 기계적 성질도 비교하였다. 고온 환경에서 기계적 특성의 변화를 조사하기 위해 고온 충격 시험과 관련된 실험이 수행하였다. 또한, 열전소자의 가장 취약한 부분으로 간주되는 접합부의 기계적 성질을 평가하기 위해 굽힘 시험과 임펄스 시험을 이용한 새로운 평가방법을 제안하였다. 본 연구를 통해 도출된 열전재료 및 접착부의 기계적 성질에 관한 도출된 데이터는 열전소자의 설계 및 해석에 필수적인 정보를 제공할 것으로 기대된다. 사사 본 연구는 2024년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 2021202080023D)

**PG2A-66 | Enhancement of Capacity Retention of Ni-rich, Co-free $LiNiO_2$ through dual-modification of Zr Doping and F coating as a Cathode for Lithium-ion Batteries**

LEE Eungjae[1], *HONG Seong-Hyeon[1]
[1]Seoul National University

Lithium-ion batteries (LIBs) are increasingly being utilized as efficient portable energy sources. The recently rising demand for LIBs necessitates the high practical specific capacities over approximately 200 mA h $g^{-1}$ for cathode materials. Concurrently, the high price and its localized distribution of Co are driving the requirement for the reduced Co content in cathode materials. Ni-rich, Co-free layered $LiNiO_2$ cathodes (LNO) address this demand due to the lower energy band of Ni but suffer from the limited capacity retention due to the instability during cycling, including microcrack propagation and side reactions with electrolyte. The improvement of capacity retention can be achieved through bulk doping and particle coating methods. Specifically, bulk doping of Zr stabilizes the oxygen within the lattice of cathode material, thereby enhancing the stability of the cathode material during cycles. Additionally, subsequent F coating provides the additional stability by protecting the interface between cathode material particles and electrolyte. In this study, we enhanced the electrochemical performances of LNO by employing dual modification of Zr bulk doping and F coating. We synthesized Zr, F dual-modified LNO by incorporating the $ZrO_2$ during the synthesis of LNO, followed by a post annealing for F coating. After 100 cycles at 0.5C, Zr, F dual-modified LNO exhibited a specific capacity of 171.43 mA h $g^{-1}$, representing the 80.52% retention of the initial capacity, whereas bare LNO showed the specific capacity of 60.49 mA h $g^{-1}$, with 30.17% capacity retention. Furthermore, Zr, F

dual-modified LNO demonstrated the improved Li ion transport characteristics compared to bare LNO through a superior rate capability at rates from C/10 to 1C and augmented Li ion diffusivity in GITT analysis.

**PG2A-67 | $Co_3O_4$ 나노파이버가 분산된 유·무기 하이브리드 필터의 공기 정화 특성 향상**

최승신[1], 최효민[1], 한민규[1], 임동준[1], 이상민[1], 유민지[1], *윤종원[1]
[1]단국대학교

본 연구에서는 전기방사법으로 1차원 나노구조체의 코발트 산화물을 합성하였으며, 최적화된 조건 탐색을 위해 400, 600, 800℃에서 열처리를 진행하여 합성에 성공하였다. SEM 및 XRD 분석 결과 400℃에서 열처리한 샘플은 $Co_3O_4$+CoO 혼상임을 확인할 수 있었고, 600℃ 및 800℃에서 열처리한 샘플은 Cubic 구조를 갖는 단일 상의 $Co_3O_4$ 임을 확인 할 수 있었다. 600℃에서 열처리한 샘플은 평균 250 nm의 직경을 갖는 나노파이버, 800℃에서 열처리한 샘플은 평균 210 nm의 직경을 갖는 나노파이버가 합성된 것을 확인하였다. 또한 Scherrer eq.를 통해 400℃, 600℃, 800℃에서 열처리한 샘플의 결정립 크기를 계산해본 결과 각각 48.14, 68.04, 85.16 nm로 계산되었다. 따라서 혼상을 갖는 400℃ 샘플과 비표면적이 비교적 작은 800℃ 샘플을 제외하여 600℃의 열처리온도로 조건을 최적화하였다. 볼밀링 공정을 통하여 600℃ $Co_3O_4$ 나노파이버를 균질하게 분쇄한 후 일정량을 유기물인 PAN과 혼합하여 2차 전기방사를 통하여 유·무기 하이브리드 필터를 제작하였다. 먼저 PAN/$Co_3O_4$ 축적시간에 따른 필터성능을 확인하기 위해 $Co_3O_4$ 나노파이버 분산량을 1 wt%로 고정하여 각각 1, 3, 5, 10 분간 축적시켜 필터테스트를 진행하였으며, 그 결과 3분간 축적시킨 필터의 품질계수(QF)가 가장 높았기 때문에 PAN에 분산시키는 $Co_3O_4$ 나노파이버의 양을 최적화 하기 위한 실험은 축적시간을 3분으로 고정하여 실험하였다. 이후 필터 성능향상을 위하여 $Co_3O_4$ 나노파이버 분산량을 1~3 wt%의 범위에서 조절한 결과 분산량이 증가함에 따라 품질계수가 높아지는 모습을 확인할 수 있었다. 결론적으로 분산량을 3 wt%로 조절하여 전기방사를 3분간 진행한 필터의 품질계수(QF)가 0.04602로 가장 높았다.

**PG2A-68 | Enhanced efficient engineering of Ce(Mn, Fe)O2 on perovskite oxide via spray for CO2 electrolysis**

이상원[1], 남태헌[2], 이석희[2], *신태호[2]
[1]한국세라믹기술원, 연세대학교, [2]한국세라믹기술원

Solid Oxide Electrolysis Cells (SOECs) have great potential as highly efficient devices for high temperature CO2 electrolysis. Under direct CO/CO2 conditions, the commonly used Ni-based cathodes generally suffer from inherent redox instability. Therefore, the robust perovskite oxide La(Sr)Cr(Mn)O3 (LSCM) is proposed as an alternative due to its excellent coking resistance. However, LSCM cathodes are limited by their poor catalytic activity in CO2 reduction. To alleviate this problem, Ce(Mn, Fe)O2 (CMF) was added as a catalyst due to the surface oxygen vacancy of CMF, which accelerates the chemical adsorption of CO2. In this study, the solid direct injection by ultrasonic spraying (SDI-USSP) process is employed to fabricate the nano-decorated embedded CMF on the LSCM surface as an enhancement of the catalytic activity. Without complicated pre-treatment and infiltration, the highly decorated electrode surface with CMF nanocatalyst was achieved by an advanced one-step SDI-USSP. We also analysed the uptake of catalytic activity and the ratio of CMF nanocatalysts by comparison with conventional composite electrodes. As a consequence, when used as a cathode for electrolyte-supported cell, the performance measured at 1123K shows a maximum power density of 1.35 W cm-2 in fuel cell mode (H2) and an electrolytic performance of 2.76 A cm-2 at 1.5 V in CO2 reduction with a high faradaic efficiency of almost 94%.

**PG2A-69 | Revolutionizing hydrogen production with LSGM-based Solid Oxide Electrolysis Cells: An innovative approach to green energy generation**

김수지[1,2], 이상원[1,2], 이석희[2], 김종학[1], *신태호[2]
[1]연세대학교, [2]한국세라믹기술원

Solid Oxide Electrolysis Cells (SOECs) show significant potential for green hydrogen production, primarily due to the superior ionic conductivity offered by $La_{1-x}Sr_xGa_{1-y}Mg_yO_{3-\delta}$ (LSGM) compared to traditional YSZ. The sonic spray method offers distinct advantages over screenprinting by improving layer microstructure and expanding substrate options owing to its non-contact property. In this study, we investigated an LSGM-supported SOEC fabricated using the sonic spray technique, evaluating its hydrogen production efficiency through electrochemical analysis. Our results demonstrated a noteworthy current density of 1.15 A/cm$^2$ at 800℃, with hydrogen production efficiency approaching 80%. While not exceptionally high, this efficiency underscores the promise of the approach. Additionally, our assessment of practical application indicates that LSGM electrolytes and the sonic spray method hold promise as effective strategies for SOEC fabrication. This research presents how LSGM- supported SOECs, coupled with the sonic spray method, can advance solid oxide electrolysis. By improving the efficiency and effectiveness of solid oxide electrolysis, we move closer to realizing the potential of hydrogen as a clean and renewable energy source.

**PG2A-70 | Ordered Macro-/Mesoporous $TiO_2$ with High Thermal Stability and Crystallinity for Enhanced Visible Photocatalytic Performance**

SINAGA Pestaria[1], KIM Soo-Hyun[1], Wenji-Jin[2], *BAE Sung-Hwan[1]
[1]Kyungnam University, [2]Jiujiang University

Highly ordered macro-/mesoporous $TiO_2$ with high thermal stability and crystallinity has been successfully synthesized through an evaporation-induced self-assembly technique followed by carbonization and calcination at a high temperature of 450°C by using Polyacrylonitrile (PAN) and P125 as the polymer templates. The structure of the macro and mesoporous $TiO_2$ with sizes of 170 and 5 nm are characterized by X-ray diffraction, Raman, SEM, and TEM. The experimental results indicate that the presence of carbon derived from PAN prevents the collapse of the mesoporous structure derived from P123 due to the high thermal stability of PAN up to 900°C. Through well-controlled carbonization and calcination time, it possesses that 1-hour calcination time showing the highest specific BET surface area (100.34 $m^2\ g^{-1}$ ), and high total pore volumes (0.18 $cm^3\ g^{-1}$). A possible formation mechanism for the highly stable and ordered structure of macro-/mesoporous anatase $TiO_2$ is also proposed in this study, which could be further confirmed by X-ray photoelectron spectroscopy. The obtained macro-/mesoporous $TiO_2$ exhibits better photocatalytic activity than that of Degussa P25 as shown by faster degradation of Methylene Blue.

Keywords : Porous TiO2, Macro-/mesoporous structure, Polymer based template, Polyacrylonitrile, P125, Polymer derived carbon

**PG2A-71 | Investigating Ceria Doping Strategies for Enhanced Cathode Site Buffer Layers in Solid Oxide Cells**

KIM Hye Young[1], KIM Hyo Rin[1], LEE Younki[2], YU Jihaeng[3], *SHIN Tae Ho[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Gyeongsang National University, [3]Korea Institute of Energy Research

Gadolinium-doped ceria (GDC) has been widely employed as an effective diffusion barrier layer in solid oxide cells (SOC). The main function is to prevent the diffusion of impurities between the electrolyte and the electrode; however, the high sinterability of GDCs causes difficulties in fabricating dense and thin barrier layers. In this work, we focused on exploring the potential of a new diffusion barrier layer, a ternary dopant system, Ce(Gd, Bi, Yb)$O_{2-\delta}$ ($Gd_{0.135}Yb_{0.015}Bi_{0.02}Ce_{0.83}O_{1.915}$). The ultrasonic spray method was used to successfully fabricate dense and thin GYBC buffer layer at a relatively low sinterability temperature of 1250 °C. In addition, the effect of GYBC on the oxygen reduction reaction (ORR) ability was also investigated by utilizing Ce(Gd, Bi, Yb)$O_{2-\delta}$ to enhance the oxygen supply capacity. The results of this study demonstrated the potential of GYBC as an effective diffusion barrier layer with enhanced ORR performance.

**PG2A-72 | Enhancement of cathode performance by $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ infiltration with nanoencapsulation**

백윤정[1], 이상원[1], 서윤경[1], 김종학[2], *신태호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교

The Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) is getting attention from next-generation electrochemical energy conversion devices with high efficiency and low pollutant emission. In SOFCs, the cathode performs a critical role, especially in the occurrence of the Oxygen Reduction Reaction (ORR). To increase ORR activity, many studies have been reported on the utilization of infiltration methods. However, this method has been limited due to the multi-step process. In this study, we suggest a new process that combines the infiltration and sonic spray method with nanoencapsulation to diminish the multi-step. We fabricated a cathode in which the LSM and $Sm_{0.5}Sr_{0.5}CoO_{3-\delta}$ metal salt solution were coated simultaneously by the sonic spray process and co-sintered. And we measured the cell performance. Consequently, when applied as electrolyte-supported cells at 1073K, performance is measured by exhibiting a maximum power density of 0.986W $cm^{-2}$ in fuel cell mode and electrolysis performance of 0.878A $cm^{-2}$ at 1.3V. The result of this study was 0.724W higher than that of the bare LSM electrode. These results demonstrate that the sonic spraying nanoencapsulation is an attractive approach to boosting cathode performance in SOFCs.

**PG2A-73 | Facile Synthesis of Hollow-Silica ($SiO_2$) Aerogel Particles from O/W/O Double Emulsion**

KAPADNIS Pratik[1], *HWANG HaeJin[1]
[1]Inha University

Hollow-Silica aerogel particles have significant potential as a filler for various materials in a variety of applications including energy application, drug delivery, catalysis, and insulation. It is crucial to diversify and optimize the manufacturing methods for silica aerogel particles. Oil-Water-Oil [OWO] double emulsion is a simple and regulated technique for encasing a volatile oil phase in a silica shell to produce hollow-silica ($SiO_2$)

aerogel particles by using hydrophilic and lipophobic emulsifiers. In this study, the Oil-Water-Oil [OWO] double emulsion method is implemented to synthesize surface-modified hollow-silica ($SiO_2$) aerogel particles in a facile and effective way. this study mainly focused on the influence of N-hexane-to-water glass [$O_1W$] ratio [r] in the first emulsion, silica (water glass) content concentration [x], and surfactant concentration [s] variations. Furthermore, surface modification techniques are utilized to customize the aerogel's characteristics for use. The X-ray diffraction [XRD] patterns showed no imprints of impurities except $SiO_2$. Scanning electron microscopy [SEM] and transmission electron microscopy [TEM] images revealed the hollow microstructure of silica particles. BET analysis and zeta potential were used to determine specific surface areas, pore size distributions, and particle size analysis of hollow-silica aerogel particles.

**PG2A-74 | Ab-initio 열역학을 이용한 $BaCe_{1-x}Zr_xO_{3-\delta}$의 상 안정성 분석**

김종윤[1], 이나영[1], 김선혜[1], 박선영[2], 이종호[2], *김영철[1]
[1]한국기술교육대학교, [2]한국과학기술연구원

양성자 전도성 세라믹 연료 전지(PCFC)는 양성자가 이동하기 때문에 산소가 이동하는 고체 산화물 연료 전지(SOFC)보다 작동 온도가 낮다 [1-2]. 특히 $BaCeO_3$(BCO)와 $BaZrO_3$(BZO)를 혼합한 $BaCe_{1-x}Zr_xO_{3-\delta}$(BCZO)는 PCFC의 전해질 재료로 활발한 연구가 진행중이다 [3-4]. 본 연구에서는 열역학적 관점에서 BCZO의 상 안정성을 분석하기위해 Zr 조성인 x를 각 0.125, 0.25, 0.375, 0.5, 0.625, 0.75, 0.875인 경우로 나누어 계산했다. x가 0.25, 0.625인 BCZO는 PCFC의 작동온도 900 K 부근에서 단일 상으로 안정하나, 나머지 조성인 BCZO는 분리상으로 존재했다.

[1] H. Iwahara et al., Solid State Ion., 3-4, 359-363 (1981). [2] H. Iwahara et al., J. Electrochem. Soc., 135(2), 529-533 (1988). [3] K. Katahira et al., Solid State Ion., 138, 91-98 (2000). [4] H. An et al., J. Korean Ceram. Soc., 56(1), 91-97 (2019).

**PG2A-75 | Mg-Ni계 수소저장소재의 실시간 수소 흡착/탈착 거동 관찰 연구**

유한준[1,2], 김주영[1], 배지환[1], 김영민[3], 서병찬[3], *천동원[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]연세대학교, [3]한국재료연구원

수소저장합금은 낮은 저장 압력 및 주변 조건에서 관리 가능한 특성으로 인해 높은 안전 수준을 제공할 수 있는 잠재력을 가지고 있음. 그 중에서 MgH2는 약 300°C 에서 7.6wt% 수소를 가역적으로 저장할 수 있어 유망한 소재로 여겨짐. 하지만 수소 흡착/탈착을 위해 높은 온도(400도 이상)가 필요하며 고체 수소저장시스템으로 사용하기 위해선 여전히 많은 노력이 요구됨. Mg-Ni 수소저장소재는 우수한 수소이동도를 갖고 있어 타 소재에 비해 상대적으로 낮은 온도에서 수소 흡착/탈착이 가능하고, 이는 저비용/고효율 고체 수소저장 시스템 제작이 가능함을 의미함. 하지만, 상대적으로 낮은 무게저장밀도를 갖고 있어 (3.6 wt%) 이에 대한 개선이 필요함. 따라서 낮은 공정온도 및 무게저장밀도 향상을 위한 최적의 Mg-Ni 소재개발이 필요하고 이를 위해서는 수소 흡착/탈착 과정에 따른 Mg 및 Mg-Ni 두 상의 수소이동도를 개별적으로 정량화하여 최적의 Ni 함유량 조건을 확립하는 것이 필수적임. 본 연구에서는 $Mg/Mg_2Ni$ 나노복합구조를 갖는 Mg-Ni 소재의 수소이동도를 정량화하기 위해 우수한 공간분해능 및 시간분해능을 갖는 실시간 분석기술을 개발하였음. 또한 실시간 투과전자현미경 홀더 시스템을 이용하여, 750torr 수소 가스 및 250°C 가열 분위기에서 Mg-Ni 수소저장소재의 실시간 수소 흡착/탈착을 관찰하였음.

**PG2A-76 | Enhancing the Performance of Direct Ammonia SOFC by Preventing Ni Electrode Nitridation**

LEE Jun Su[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

In this study, comparative analyses of hydrogen and ammonia fuel were conducted for solid oxide fuel cells (SOFCs). The utilization of hydrogen fuel faces significant challenges due to the complexity and cost associated with its storage and transportation. Considering this background, ammonia has gained attention for its high volumetric storage capacity; specifically, the volumetric storage capacity of ammonia is approximately 1.7 times higher than that of liquefied hydrogen. In this research, experiments using a Ni/YSZ-based button cell were conducted to investigate one of the major technical challenges encountered when using ammonia fuel: the nitridation of the Ni fuel electrode. This study focused on methods to prevent nitridation, employing techniques such as the nano-particle infiltration method and the addition of alkali metals. These approaches enhanced the performance of the fuel electrode while effectively mitigating the issue of Ni fuel electrode nitridation.

**PG2A-77 | $Li_{6+x}Sn_xP_{1-x}S_5Cl_{0.5}Br_{0.5}$ 황화물 고체전해질의 Sn 치환에 의한 효과**

조윤재[1], 김동규[1], *김도경[1]
[1]한국과학기술원

All solid state battery has become a major topic in energy industry because of its high safety. Among the solid electrolytes, sulfide solid electrolytes have advantage of high ionic conductivity, scalable synthesis process, and low cost of precursors. However, argyrodite sulfide solid electrolytes suffer from unstable interface with

Li-metal and poor air stability due to high reactivity of S species. One of the methods to improve these problems is the elemental substitution. In this study, Sn-substituted mixed-halide $Li_6PS_5Cl_{0.5}Br_{0.5}$ was synthesized. The crystal structure was characterized by X-ray diffraction (XRD) and Raman spectra. The ionic conductivity, interfacial stability with Li-metal anode and electrochemical performances were evaluated by electrochemical impedance spectroscopy (EIS), symmetric cell configurations and galvanostatic charge/discharge test. The improved air stability was also investigated by measuring the $H_2S$ gas generation. The results show that Sn substitution can improve ionic conductivity, interfacial stability, and air stability of sulfide solid electrolyte.

**PG2A-78 | 전고체전지를 위한 Al 과 Ta 도핑 및 용융염 합성을 통한 Li7La3Zr2O12 고체 전해질의 리튬 이온 전도도 향상**

강하은[1], 김민욱[1], 이지현[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

Solid-state batteries are an increasingly popular choice for next-generation energy storage systems due to their high energy density and safety. While sulfide solid electrolytes have excellent lithium-ion conductivity, they react readily with moisture in the air to release sulfide. In contrast, oxide solid electrolytes do not produce toxic gas when decomposed. For this study, $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO), a cubic-phase garnet, was chosen due to its exceptional chemical stability. This makes LLZO a highly reliable option for solid-state batteries. Our study presents the innovative Molten Salt Synthesis (MSS) method, which incorporates doped Al/Ta co-doping to significantly enhance lithium-ion conductivity. This method effectively overcomes the disadvantage of MSS, which forms an impurity phase during multi-component synthesis. Unlike the traditional solid state synthesis method, Molten salt-based LiCl-KCl can form the cubic phase at a lower temperature in a shorter time. Furthermore, Al/Ta co-doping creates more vacancies for Li ions compared to single doping, resulting in a more efficient process. Co-doping with Al/Ta is a more effective method for enhancing lithium-ion conductivity than single doping with Al. This is because co-doping displaces the Li vacancy to the 24d site, which extends the path of $Li^+$. By contrast, single doping with Al inhibits the 96h site substitution, which interferes with lithium-ion conductivity. The atoms of 24d, which have a small Li vacancy, are located close to each other, thereby shortening the movement path of $Li^+$. This mechanism increases ion conductivity. This mechanism enhances ion conductivity by bringing the atoms of 24d with a small Li vacancy closer together, thereby shortening the movement path of $Li^+$. The shorter path of $Li^+$ results in improved ionic conductivity. The pure cubic LLZO phase was prepared using a calcination process lasting less than 4 hours at temperatures ranging from 900°C to 1000°C. The synthesized powder was pelletized and heat-treated at 900°C for 6 hours to increase its density. For measuring $Li^+$ conductivity using electrochemical impedance spectroscopy (EIS) within a frequency range of 10 Hz to 1 MHz. As a result, small particles measuring 0.8 microns with an ionic conductivity of $2.398 \times 10^{-4}$ S $cm^{-1}$. Overall, the approach to experimentation led to promising results. By adding a small amount of Al/Ta co-doping to stabilize the garnet structure of LLZO, they were able to obtain particles measuring 1.3 $\mu$m, which is an improvement compared to the single-doped LLZO using a similar method. Using the MSS method co-doped with Al and Ta, we can produce high-purity materials by eliminating impurities with the help of LiCl-KCl molten salt.

**PG2A-79 | 고상 합성을 통한 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 최적화: 향상된 입방체 상 형성 및 개선된 리튬 이온 전도도를 위한 Ta 및 Al 공동 도핑 및 리튬 소스의 영향 조사**

김민욱[1], 강하은[1], 박범수[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

전고체 전지는 에너지 저장 기술의 발전에 의해 개발되어왔다. 그 중 산화물계 고체전해질 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO)는 높은 리튬이온 전도도와 우수한 화학적 안정성을 가진 산화물 기반 세라믹 재료로 전고체전지용 고체전해질에 가장 유망한 재료로 많이 연구되고 있다. 하지만 LLZO 합성 시 발생할 수 있는 불순물과 2차상의 존재는 리튬 이온 전도도의 감소를 유발한다. 본 연구에서는 서로 다른 리튬 소스($Li_2CO_3$ vs LiOH)를 사용하여 LLZO를 합성하고 동일한 조건에서 Ta와 Al의 공동 도핑의 영향을 조사하였다. LLZO에서 안정한 상의 형성과 합성 과정을 조사하기 위해 X-ray Diffraction (XRD)을 통해 분석하였고 Scanning Electron Microscopy (SEM)을 통한 표면 분석과 입자 크기 측정을 통해 2차 또는 불순물 상의 존재를 확인하였다. 또한, Thermogravimetric Analysis 및 Differential Thermal Analysis (TGA, DTA)에서 얻은 결과를 통해 LLZO 열적 안정성에 대해 탐구하였다. 그 결과, 리튬 소스와 도펀트가 상 형성에 미치는 영향뿐만 아니라 LLZO 재료의 고유한 열적 및 전기화학적 특성이 확인되었다. 특히, LiOH로 합성되고 Ta와 Al로 도핑된 LLZO는 불순물이 없고 우수한 이온 전도도를 보여준다. 이는 결정 격자 내 리튬 이온 이동성에 대한 에너지 장벽이 낮기 때문이며, 결정 입자 크기가 더 작고 리튬 이온 경로가 향상되기 때문으로 추정된다. 결과적으로 본 연구에는 리튬 이온 전도도와 구조를 최적화하는 데 있어 리튬 소스와 도핑 원소의 중요한 역할을

탐구하였으며, 이는 고체 이온 전도체 및 기타 에너지 저장 시스템에 대한 추가 개발 및 적용을 촉진할 수 있다. 추후 연구에서는 전지 내부 저항을 증가시키는 표면 $Li_2CO_3$ 절연체 형성 메커니즘을 리튬 공급원에 따라 규명하고자 한다.

**PG2A-80 | 실시간 라만 분광법을 이용한 리튬-산소 전지용 층상 페로브스카이트 LaSrCrO4의 산소 반응 메커니즘 조사**

성명창[1], 황병준[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

리튬-산소 배터리는 높은 에너지 밀도 (〉 3500 W h kg-1)를 특징으로 하며, 이는 양극 표면에서 발생하는 산소 환원 반응 (ORR) 및 산소 발생 반응 (OER) 과정 (즉, $2Li + O_2 + 2e^- \leftrightarrow Li_2O_2$, $E^0 = 2.96$ V 대비 $Li/Li^+$)을 통해 작동된다. 그러나 ORR과 OER과정과 관련된 둔화된 속도로 인해 효율적인 전기촉매가 필요하다. 최근 층상구조 페로브스카이트 산화물 ($A_2BO_4$)은 구조내 빠른 산소 운송 메커니즘으로 인해 촉매로서 연구되고 있다 . 층상 페로브스카이트의 유리한 산소 이온 운송 특성은 낮은 전하 이전 저항과 우수한 전기촉매 성능과 관련되어 있다. 본 연구에서는 Cr 기반의 층층형 페로브스카이트 $LaSrCrO_4$ 나노섬유의 우수한 이온전도 특성과 실시간 라만 분석방법을 이용한 충/방전 메커니즘 규명에 초점을 맞추었다. EDLC 분석을 통해 표면 활성면적에 대해 분석되었으며 , 이를 기반으로 실시간 라만 분석법에서 충방전동안 산소 반응이 주의 깊게 분석되었다. $Li-O_2$ 배터리 시스템에서 $LaSrCrO_4$ 나노섬유의 활성 부위에서$LiO_2$ 중간체가 표면에 형성되며 충방전동안 산소 반응에 관여하는 과정이 체계적으로 연구되었다.

**PG2A-81 | 반응형 액체 유전체 기반 마찰 전기 발생기(RL-TEG)의 센서 응용 분야에 대한 적용**

윤경호[1], 남민호[1], 조수현[1], 김리안[1], *이승협[1]
[1]한국세라믹기술원

The Triboelectric generator (TEG) is a crucial technology in the field of energy harvesting, utilizing the phenomena of contact electrification and electrostatic induction. Various forms of TEG, such as solid-solid and liquid-solid configurations, are gaining prominence in addressing the demands of self-powered sensor applications. In particular, the field-effect transistor principle of Droplet-based TEG (D-TEG) offers enhanced output, durability, and sustainability. This study introduces a Responsive Liquid-dielectric-based TEG (RL-TEG) system, featuring an additional charge transfer liquid layer. The RL-TEG system reveals that the liquid not only serves as a power source but also stores and transfers electric charges in the liquid electronic transfer layer. The introduction of a flowability liquid layer to store and transfer charge in the RL-TEG system is a novel structural architecture. It shows the potential for sensing the charge transfer ability of the liquid layer. These features make it particularly suitable for operation in complex environments, providing versatility in material selection. RL-TEG, with its multi-layered structure, demonstrates adaptability in dynamic environments, contributing to the evolution of sensor devices.

**PG2A-82 | 비귀금속 촉매를 포함하는 내부개질 촉매층을 이용한 고성능 직접에탄올 수소이온전도성 세라믹 연료전지**

김유진[1], *박종성[1]
[1]명지대학교

Protonic Ceramic Fuel Cell(이하 PCFC)은 수소이온이 이동하는 또 다른 연료전지인 Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFC)에 비해 작동온도가 높아 탄화수소계열의 연료를 직접 사용할 수 있다는 점에서 장점을 가지고 있다. 그러나 PCFC에 탄화수소계열 연료를 직접 공급할 경우 탄소침적(carbon cocking)으로 열화가 일어나므로, 이를 방지하기위해 연료극에 개질층(reforming layer)가 요구된다. 그러나 reforming layer를 구성하는 촉매는 일반적으로 귀금속을 사용하여 stack의 가격을 높인다는 큰 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 Ni-based cermet의 연료극에 직접 에탄올 연료를 적용할 때 carbon coking을 방지하여 높은 성능을 보일 수 있는 reforming layer를 연료극에 추가한다. 또한 촉매의 성능을 확인하기 위해 500℃에서 에탄올 연료를 직접 공급하여 작동하는 PCFC의 성능과 촉매의 안정적 거동을 확인함으로써, 500℃에서의 장기안정성에 대해 논의한다.

**PG2A-83 | 용융염법을 이용한 블랙티타니아 합성**

*정민석[1]
[1]B2D MATERIALS

Titanium oxide is a material used in various applications such as paint, paper, cosmetics, and photocatalyst. Among them, black titanium oxide (black titania), which can be synthesized by reducing titanium oxide, has been reported to have improved light absorption characteristics in the visible light region, and research on photocatalyst materials through this is in progress. In addition, it is believed that application in the field of pigments such as cosmetics and paint is possible through color control according to the degree of reduction reaction. In this study, we attempted to synthesize reduced titanium oxide (TiO2-x) using a molten salt method using titanium oxide mixed with rutile structure and anatase phase and confirm its properties.

**PG2A-84 | 가스 분리막 적용을 위한 크기 조절 가능한 아민 기능화된 MIL 금속-유기 골격체 제조**

제현모[1,2], 변준은[1,3], 최정현[1,3], *노동규[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교, [3]부산대학교

The separation process of membrane allows low energy

requirement, low cost, and ease of operation. However, conventional polymeric membranes generally suffer from the trade-off between permeability and selectivity, which remains as one of the most important challenges for commercialization. Mixed matrix membranes (MMMs), consisting of a polymer and a porous filler as an organic matrix and a dispersed phase, are considered to be a promising solution to overcome the trade-offs in polymeric membranes, and have been studied by many researchers. Especially, metal-organic frameworks (MOFs) nanoparticles have attracted substantial interest as porous filler for MMM due to its extreme porous structure and high surface area. MOF is very effective in improving gas permeation properties due to its void spaces and a size exclusive sieving mechanism. Herein, we report a novel synthetic approach for obtaining NH2-MIL-125(Ti) MOF nanoparticles which have high CO2 affinity functional group to enhance the permselectity of CO2 separation membranes using poly(ethylene glycol) diglycidyl ether (PEGDGE) as a directing agent. The particle size and pore size were successfully controlled by directing agent conc. and the micron MOFs particles were reduced down to 100nm, resulting in improved dispersion.

**PG2A-85 | 용융염 원자로 구조재의 텔루륨 침투 저항 확산 메커니즘 연구**

이민규[1], 김지원[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

용융염 원자로(MSR)는 4세대 원자로로 주목받고 있습니다. 이러한 원자로는 기존 경수로 원자로에 비해 뛰어난 안전성과 효율성 면에서 우수한 성능을 제공합니다. 그러나 핵분열 생성물의 입계 침투로 인한 재료의 구조적 취화 문제는 여전히 해결해야 할 중요한 과제입니다. 본 연구에서는 MSR의 구조재로 사용되는 Fe 기반의 Stainless-steel 316L(SS316L)과 Ni 기반의 Hastelloy C-276에 대한 핵분열 생성물 텔루륨(Te)의 확산 거동을 비교 분석했습니다. Te는 실제 가동 온도에서 용융염과 같은 액체 상태가 되지만, 고체 상태임에도 재료 내부로 확산하여 입계 침투를 유발할 수 있습니다. 48시간과 240시간 동안 430℃에서 진행된 확산 테스트 결과, Hastelloy C-276은 Stainless steel 316L보다 Te의 확산에 대한 우수한 저항성을 나타냈습니다. 특히, Fe 기반의 Stainless steel 316L과의 표면에는 48시간 확산테스트에서는 약 215 um 화합물층이 발생하였습니다. 반면 Ni-Cr 기반 합금인 Hastelloy C-276은 표면에 IMC (inter metallic compound)층 형성이 되지 않았습니다. 이를 통해 확산 방지 효과를 증명했습니다. 이는 Ni 기반 합금이 Te 확산 방지 효과가 더욱 증대됨을 의미합니다. 또한, Te가 MSR의 운영 온도인 800℃에서 액체 상태로 존재할 경우, SS316L은 Te의 확산 속도가 더욱 증가할 것으로 예상되며, 이로 인해 기계적 문제가 발생할 것으로 예상됩니다. 따라서, 이 연구는 고농도 Te 환경에서 Ni 기반의 고 Cr 함량 합금인 Hastelloy C-276이 MSR 구조재로서 뛰어난 잠재력을 보유하고 있음을 보여줍니다. 이에 Ni기반의 고 Cr 함량의 Hastelloy C-276을 핵분열생성물 Te 입계 침투에 저항성이 있는 MSR 구조재의 하나로 제안하고자 한다. 향후 연구에서는 800℃ 이상의 고온에서 Te 확산 거동을 분석하고, Te 확산 방지 기술의 발전이 필요합니다.

**PG2A-86 | Fabrication of a porous silicon nano powder by magnesiothermic reduction of silica aerogel**

KIM Hyun Young[1], *HWANG Haejin[1]
[1]Inha University

Silicon (Si) is well-known for its high volumetric and gravimetric capacity as compared to other lithium-ion battery (LIB) anode materials. However, during lithiation/delithiation, lithium ions inserted into Si cause large volume changes resulting in the isolation of active material and thickening of the solid electrolyte interphase (SEI) layer. On the other hand, porous silicon has a large pore volume and high surface area, which can minimize stresses to prevent active material loss, as well as shorten lithium diffusion distances. In this study, we fabricated porous silicon by magnesiothermic reduction of silica aerogel to enhance electrochemical performance of silicon as anode material. It was found that the reduction temperature and silica to magnesium molar ratio strongly affect the composition and morphology of nano Si powder. The morphology of the fabricated porous silicon was characterized using XRD, XPS, and SEM. For electrochemical characterization, all-solid-state cells (ASSCs) were fabricated by cold pressing using $Li_6PS_5Cl$ as solid electrolyte.

**PG2A-87 | 산소이온전도성 연료극 복합체 조성이 연료극 성능에 미치는 영향**

이경은[1], *박종성[1]
[1]명지대학교

OCFC(oxygen ion conducting fuel cell)는 산소이온전도성 물질을 전해질로 사용하여, 화학에너지로 전기에너지를 얻을 수 있는 에너지변환장치이다. 이때 전해질을 통과하는 산소이온의 반응을 빠르게 하기 위해서는 높은 작동온도가 요구되며, 그 중 YSZ는 높은 온도(700~1000C)에서 우수한 이온전도도를 가지는 것으로 알려져 있다. 이와 함께 높은 작동온도에서 우수한 성능을 확보할 수 있는 전극 조성이 연구되고 있다. 본 연구에서는 OCFC의 연료극 기능층(Anode Functional Layer)를 구성하는 물질의 종류가 연료극 성능에 미치는 영향을 확인해보기 위해, Yttria stabilized zirconia (YSZ)와 Gd-doped Ceria (CGO) 및 두 물질의 혼합분말로 이루어진 복합체 연료극을 각각 제조하여, 연료극을 구성하는 이온전도성 물질의 조성이 연료극의 성능에 미치는 영향을 살펴본다. 이를 위해 700~800도에서의 Electrochemical Impedance Spectra를 측정하고, 주파수에

따른 Impedance 변화를 분석하여 여러 종류의 연료극에서 일어나는 전기화학반응기구를 분석한다. 이를 바탕으로 산소이온전도성 연료전지에서 연료극 물질에 따른 화학적 안정성, 분극저항 등을 비교해보고, 최적의 연료극 물질에 대해 논의한다.

**PG2A-88 | 전기화학적 활성면적 극대화를 위한 박막형 나노 연료극 기능층 적용 고체산화물 연료전지 개발**

한다현[1], *이소미[1], *명재하[1]
[1]인천대학교

박막형 고체산화물 연료전지 (Thin film Solid Oxide Fuel Cells)는 전해질의 이온전도 거리를 최소화함으로써 오믹 저항 증가에 의한 연료전지 성능 저하를 극복할 수 있어 중저온형 SOFC 핵심기술로 주목 받고 있다. 그러나 박막형 SOFCs의 전해질 두께가 1$\mu$m 이하인 경우, 전해질에서 발생하는 저항 대비 전극에서 발생하는 저항이 상대적으로 증가하여 전지의 성능이 제한된다. 따라서 본 연구에서는 연료극의 전기화학적 활성 면적 극대화를 위해 RF 스퍼터링 공정을 통해 연료극 지지체 위에 나노 다공성 구조를 가지는 NiO-YSZ 연료극 기능층을 도입하여 전극 구조를 개선하였다. 증착 조건에 따른 박막 물성을 제어하였으며, 환원 과정에서 발생하는 Ni 응집 현상을 억제하고 입자간 연결성 및 전해질과의 계면 특성을 최적화하기 위한 후열처리 공정을 확립하였다. 최종 제작된 NiO-YSZ 연료극 기능층(1.2$\mu$m)은 SEM/EDS 분석에서 우수한 조성 균질성 및 Ni 응집 구동력 억제를 통한 균일한 입자 분포를 나타내었다. 나노 기능층 적용 단위전지의 전기화학적 평가 결과, 반응 면적 극대화 및 나노 다공성 구조 확보에 따라 기존 마이크로 연료극 기능층 기반 단위전지 대비 오믹 저항 및 분극 저항이 확연히 감소하여 성능이 향상하였다.

**PG2A-89 | Crystal Structure of $\delta$-$CaCr_2O_4$ Isolated from the Reversible Phase Transformation of $CaCrO_4$**

LEE Da-young[1], LEE Jisun[1], CHOI Dong-ho[1], *KIM Seung-Joo[1]
[1]Ajou University

The thermal redox reactions of a Ca-Cr-O system under different atmospheric conditions were investigated by cyclic thermodiffractometry and thermogravimetry. Under a reductive atmosphere, $CaCrO_4$ decomposed into CaO and $\delta$-$CaCr_2O_4$, with the liberation of free oxygen. In the second process under an oxidizing atmosphere, the reaction could proceed reversibly to regenerate $CaCrO_4$. Crystal structure of $\delta$-$CaCr_2O_4$ was determined as a monoclinic structure (space group: $P2_1/m$) via Rietveld refinement of Synchrotron X-ray diffraction data. The structure can be described as a stacking of $CrO_2$ layers composed of edge-sharing $CrO_6$ octahedra, with calcium ion residing on-site between the layers. The calcium ions were coordinated by six oxygen atoms to form a trigonal prism geometry between the $CrO_2$ layers. The structure of $\delta$-$CaCr_2O_4$ was distinct from those of low-temperature $\beta$-$CaCr_2O_4$ and high-temperature $\alpha$-$CaCr_2O_4$ form.

**PG2A-90 | Highly flexible and thin solid oxide fuel cells via transformable tetragonal phase stabilization of scandia-zirconia system**

WON Bo-Ram[1], *MYUNG Jae-ha[1]
[1]Incheon National University

Flexible solid oxide fuel cells (SOFCs) have gained significant technological interest due to their mechanical stability and lightweight design. A key element in flexible SOFCs is the use of transformable tetragonal (t-) zirconia. However, practical applications have faced limitations due to the suboptimal performance of the electrolyte. To address this challenge, our study focuses on developing highly bendable electrolyte supports with improved conductivity. This work is achieved by optimizing the doping levels of the scandia-zirconia system within the range of 3 to 9 mol% $Sc_2O_3$. Especially, zirconia doped with 5 mol% scandia exhibits transformable tetragonality (〉1.011), ensuring sufficient flexibility. Moreover, it demonstrates more than double the conductivity (0.082 S/cm at 900 °C) compared to the flexible yttria-zirconia electrolyte. Finally, we successfully fabricate a highly bendable and thin SOFC, with a total thickness of $^2$ at 900 °C under wet $H_2$, demonstrating superior long-term stability over 350 hours.

**PG2A-91 | Complementary Moisture and Triboelectric Energy Generation Enabled by Deformable MXene/Organo-ionic Hydrogel Foam**

KIM Gwanho[1], KIM Woojoong[1], OH Ji Hye[1], *PARK Cheolmin[1]
[1]Yonsei University

Energy harvesting through moisture-induced generators (MEGs) has been extensively investigated, yet their integration with other harvesters for enhanced power efficiency is rarely demonstrated. This work introduces a complementary energy harvester, simultaneously generating moisture-induced and triboelectric power in a single device. Our harvester was comprised as mechanically robust melamine foam coated with 2-dimensional conductive MXene ($Ti_3C_2T_x$) nanosheets and partly covered with organo-ionic hydrogel. This gives rise to a MEG with the DC voltage and current density of 310 mV and 877 $\mu$A $cm^{-2}$, respectively. The resilient foam tolerates repetitive triboelectric contacts, producing a triboelectric nanogenerator (TENG) with

a high AC voltage of 80 V. When combining our moisture-induced generator with triboelectrification, the device exhibits a high electrical power output of 83 $\mu$W $cm^{-2}$. The unique DC and AC outputs enable a novel emergency guidance system where a MEG-powered light is amplified by a self-powered TENG in emergencies.

**PG2A-92 | Chromium poisoning of air electrode under SOEC vs. SOFC modes**

PARK Jun Ho[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

The lifetime of Solid oxide fuel cells (SOFCs) and solid oxide electrolysis cells (SOECs) stacks depends on chromium-induced degradation. There are quite a few Cr poisoning studies on SOFCs while relatively less studies conducted on SOECs. In this study, we investigated the effects of electrochemical states on chromium poisoning of air electrode and compare the mechanisms of chromium poisoning in SOEC and SOFC modes. Experimental analysis was performed on LSC air electrodes attached with non-coated and Ni-Co coated Crofer meshes to understand the effect of SOEC mode on chromium poisoning. Through electrochemical impedance spectroscopy (EIS), current-voltage measurements, scanning electron microscopy (SEM), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), we investigated the specific pathways through which chromium migration and deposition occur, and how these processes affect the performance and stability of air electrode in SOEC vs. SOFC modes. This study highlights the distinct mechanisms of chromium poisoning that occur in each mode, driven by electrochemical states, operation conditions, chromium evaporation rate, and humidity levels.

**PG2A-93 | Investigation of the methane decomposition properties for spinel AB2O4 compounds-supported Sr3Fe2O7/α-Al2O3 catalysts**

KIM Seo Yong[1], KANG Tae Wook[1], *KIM Sun Woog[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Methane ($CH_4$) is a major component of natural gas and is widely used as a fuel resource for engines and power plants. However, unburned methane emissions cause serious environmental problems because methane is one of the greenhouse gases and it has a major impact on climate change. $CeO_2$-$ZrO_2$ solid solution has been actively studied as conventional combustion catalyst for methane reduction. It has excellent oxygen release and storage capabilities due to the $Ce^{4+} \leftrightarrow Ce^{3+}$ redox cycles of Ce ion. However, rare earth element Ce has limited resource and the limited oxygen storage capacity due to valence change between $Ce^{4+}$ and $Ce^{3+}$. Therefore, it is necessary to develop new materials to replace it. $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$, which has a layered structure among the perovskite structures, is known to have excellent oxygen release and storage capabilities and to exhibit higher structural stability than $SrFeO_{3-\delta}$ under harsh reduction conditions. In addition, Sr-Fe mixed oxides with perovskite structures have topotactic phase transition under specific reduction conditions, also a material that can be modified by this transition has high mechanical strength because the volume change of the lattice is small during the oxidation-reduction cycle. In this study, to develop the catalyst with high methane oxidation ability, $CoMn_2O_4$ spinel structure, which has high specific surface area and high mobility of oxygen species due to abundant defects, was placed on the surface of $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$ particles as the active species. We used $\alpha$-$Al_2O_3$ as a support for high dispersion of the active species and maintained crystal structure of $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$. xwt%$CoMn_2O_4$/16wt% $Sr_3Fe_2O_{7-\delta}$/$\alpha$-$Al_2O_3$ catalyst was synthesized and the low temperature methane oxidation ability according to the amount of the active species supported in the catalyst was investigated.

**PG2A-94 | Nickel Nitridation Effects on Direct Ammonia fueled SOFC Anodes**

LEE Sanghaw[1], KIM Joo-eon[1], *HWANG Hae-Jin[1]
[1]Inha university

Due to its much higher energy dense than hydrogen and easier to transport, Ammonia has huge incentive for hydrogen energy using with SOFCs(Solid oxide fuel cells). And Nickel is the most common material for SOFC anodes which is also highly effective catalyst for ammonia decomposition. However, during ammonia is fueled to anodes, Nickel could form nickel nitride which reduces performance of SOFC anodes. In this study, to check $Ni_3N$ formation of Nickel, Ni-YSZ samples were exposed in $NH_3$ atmosphere for 5 hours in different temperature ranges(700~500℃), and Ni-YSZ anode supported cells were tested with pure $NH_3$ gas for 100 hours for checking nitridation effect. Any specific peaks of nitridation were found from Xrd results. However, SEM results showed the sponge like structure were formed and small amount of Nitrogen peaks from Nickel surface may suggest the nitridation of Nickel particles.

**PG2A-95 | Self-humidifying asymmetric membrane electrode assembly for high power density and durability of Polymer electrolyte membrane fuel cells enabled by polymer brush modified carbon supports**

황창규[1], *김종민[1]
[1]한국과학기술연구원

Polymer electrolyte membrane fuel cells (PEMFCs) have garnered great interest as one of the promising energy conversion devices due to their high power energy efficiency with zero emission. In terms of performance of catalysts, the development strategies of high-performance Pt/C catalyst could be divided into the improvement of ORR activity of Pt NPs or the improvement of the physicochemical properties of the support materials. Interestingly, the improvement of ohmic loss or mass transfer loss tends to depend more on the properties of support materials rather than those of Pt NPs, and such improvement by controlling the support materials can greatly contribute to improving the power density of PEMFCs. Herein, we suggest surface-modified carbon support materials using two types of hydroxyl-terminated polymer brushes for self-humidifying asymmetric membrane electrode assembly (A-MEA) with high power density and excellent durability in PEMFCs. For the anode, the Pt NPs dispersed on P4VP coated hydrophilic CB (Pt/VC) was introduced so that moisture could be self-supplied to the membrane at low humidity. For the cathode, the Pt NPs supported on PDMS coated hydrophobic CB (Pt/DC) was introduced to facilitate mass transfer at the cathode under high current density regime and at the same time suppress carbon corrosion through surface passivation effect. Consequently, the top-performing A-MEA has excellent maximum power density that is 12% greater than that of conventional Pt/C based MEA (C-MEA) in PEMFCs and the electrochemical surface area (ECSA) retention was improved by 66% compared to that of C-MEA after accelerated stress test (AST) due to the hydrophobic Pt/DC at the cathode under RH100. Furthermore, it also showed enhanced performance even at low RH due to not only the self-humidifying property of the hydrophilic Pt/VC at the anode but also enhanced mass transfer based on the hydrophobic Pt/DC at the cathode.

**PG2A-96 | Enhancing Anode Support Cell Fabrication through Co-casting: Improved Interlayer Adhesion and Anode Functional Layer Thickness**

PARK Saron[1], SHIN Sejong[1], LEE Hajin[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

This study addresses challenges in Anode support cell (ASC) fabrication, focusing on Anode functional layer (AFL) thickness and interlayer adhesion. Traditionally, AFL and Electrolyte layers are added to the Anode support layer via coating, leading to thin AFLs and poor interfacial bonding. To resolve this, we applied Co-casting, simplifying layer thickness control and improving bonding due to slurry application on tape-formed layers. Co-casting produced a thicker AFL of 25 μm compared to 7-8 μm with coating. Performance tests at 800, 750, 700, and 650℃ showed Co-casting ASCs had 65%, 47%, 37%, and 23% higher Peak Power Density (PPD), respectively, and 43%, 38%, 35%, and 41% lower Polarization Resistance ($R_{pol}$). Despite the thicker electrolyte layers, the $R_{ohm}$ values were similar to or lower than those of the coating process, likely due to reduced contact resistance. These findings indicate Co-casting's potential as an effective ASC fabrication method, enhancing layer thickness and adhesion.

**PG2A-97 | Investigating Faradaic efficiency in proton-conducting electrolyte water electrolysis**

정종헌[1], *손지원[1], *양성은[1]
[1]한국과학기술연구원

Electrolysis utilizing proton-conducting electrolytes presents advantages such as operating at lower temperatures and generating high-purity hydrogen. However, their lower hydrogen production efficiency compared to oxygen-ion conducting electrolytes necessitates improving efficiency to replace the latter. Faradaic efficiency, indicating the portion of input current used for hydrogen production, is crucial and influenced by operating conditions and electrolyte composition. This study investigates the relationship between Faradic efficiency and operating conditions, electrolyte composition, and long-term operation. Results demonstrate substantial variations in Faradic efficiency under different conditions, highlighting the importance of optimizing electrolyte and operational parameters for efficient hydrogen production.

**PG2A-98 | The role of cations and temperature in the selective 1-octene adsorption using ion-exchanged zeolites**

조성빈[1], *유충열[1]
[1]아주대학교

1-octene, one of the linear alpha olefins, is used as a starting material in the petrochemical industry, such as surfactants and plasticizers. However, the major obstacle to obtain high-purity 1-octene is the separation and purification of 1-octene from 1-octene/n-octane

mixture. In this study, the adsorptive separation of 1-octene from 1-octene/n-octane mixture has been investigated using ion-exchanged zeolite adsorbents with different cations ($Na^+$, $Li^+$, $Ca^{2+}$, and $K^+$). Batch adsorption experiments have been conducted to determine the adsorption properties of ion-exchanged zeolite adsorbents. The adsorption capacity and separation factor of 1-octene for ion-exchanged zeolites has been studied systematically as a function of cations and 1-octene fractions. In addition, the Langmuir constant ($K_L$) and heat of adsorption ($\triangle H_{ads}$) were obtained through the Langmuir isotherm fitting and compared to elucidate the role of cations for the selective 1-octene adsorption.

**PG2A-99 | Influence of membrane electrode assembly fabricated method on PEMFCs performance and durability**

KIM Jiwon[1], SHIN Seoyoon[1], *LEE Seokhee[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs) are attracting attention as next-generation energy conversion devices due to advantages such as operation at low temperatures, high efficiency, and low contamination. The Membrane Electrode Assembly (MEA), which constitutes the basic unit cell of a fuel cell, is the most important component affecting the performance of PEMFCs because it generates electricity and heat energy. This study demonstrates the optimization of MEA spray conditions to maximize PEMFCs performance. It has been confirmed that the use of Catalyst Coated Membrane (CCM), with the catalyst dispersed on a polymer electrolyte membrane, leads to higher performance and durability of PEMFCs compared to Catalyst Coated Substrate (CCS), with the catalyst dispersed in the gas diffusion layer. Furthermore, these results highlight the importance of the binding force between the catalyst and membrane in PEMFCs performance, and it can suggest ways to improve PEMFCs performance.

## PG2B : 에너지 환경 세라믹스

**PG2B-1 | Impact of Burnup and Sintering Conditions on Stability Assessment of UO2 and SIMFUEL Pellets**

*HEO Su Jeong[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute

This study examines UO2 and SIMFUEL pellets with burnups of 35GWd/tU and 55GWd/tU for stability assessment. Various surrogate oxides were mixed with UO2 to simulate burnup conditions, followed by milling, lubricant-assisted mixing, shaping, and sintering at 1550°C and 1700°C. Measurements of weight and volume determined pellet density, revealing lower sintering densities for higher burnup pellets at 1550°C, with reduced differences at 1700°C. Leaching analysis demonstrated higher U-238 leaching rates at 1500°C compared to 1700°C for all burnup levels, attributed to smaller particle sizes at lower sintering temperatures. The study aims to enhance safety in handling uranium and surrogate nuclear fuel by investigating burnup, sintering temperature, and leaching conditions. These findings have crucial implications for nuclear fuel storage and disposal policies, supporting environmental impact research and monitoring. The research aims to develop efficient and secure nuclear fuel handling technologies, aiding long-term storage and permanent disposal safety assessments.

**PG2B-2 | Doping strategies for highly efficient electron-transport-layer-free perovskite solar cells**

MULARSO Kelvian T.[1], 조봉현[1], *정현석[1]
[1]성균관대학교

Electron-transport-layer-free (ETL-free) perovskite solar cells (PSCs) have attracted great attention recently owing to the simplified fabrication process. However, due to the absence of ETL layer, the performance is still inferior compared to the conventional n-i-p structure. The insertion of so-called replaced-ETL layer between the transparent electrode and active layer is one of the common strategies reported to this date, which is counterintuitive to the main idea. Here, we explore a method to fabricate high performing ETL-free PSCs by doping strategies through engineering of precursor solution and controlling the crystallization process of perovskite film. This method influences the crystalline quality and changes the band alignment of perovskite film, which is beneficial for charge carrier recombination suppression and charge carrier extraction and transport. Finally, ETL-free PSCs with more than 20% power conversion efficiency and 1.075 V open circuit voltage are achieved.

**PG2B-3 | Study on the Formation of High-Quality CsPbI3 Perovskite Thin Films through Solvent Substitution for Vacuum-Assisted Processes**

PARK Sieun[1], YOON Geon Woo[1], *JUNG Hyun Suk[1]
[1]Sungkyunkwan University

Organic cation-based halide perovskites degrade rapidly under heat and light, showing low stability. Conversely,

inorganic cation-based halide perovskites, especially CsPbI3 with a 1.72eV bandgap, offer higher stability and are ideal for silicon-perovskite tandem solar cells. However, CsPbI3 requires high-temperature annealing, leading to defects and uniform phase formation challenges. To address this, we utilized a vacuum-assisted solvent volatilization process alongside an anti-solvent process, enhancing uniform phase formation and solvent evaporation control. This approach allowed for the creation of high-quality CsPbI3 thin films by substituting perovskite precursor solvents with more volatile anti-solvents, thereby overcoming the challenges associated with high-temperature annealing and achieving improved thin film quality.

**PG2B-4 | TRU핵연료 반응방지를 위한 세라믹 신소재 제조공정 개발 및 성능평가**

*박상규[1], 문승욱[2], 김기환[1], 송훈[1], 김준환[1]
[1]한국원자력연구원, [2]성균관대학교

사용후핵연료는 강한 방사선과 높은 열을 방출하는 장반감기 방사성동위원소를 포함하고 있다. 따라서 방사성 독성이 수십만 년 이상 지속되는 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위한 기술의 확보는 국가 차원에서 매우 중요한 현안 중 하나이다. 이를 위해 현재 사용후핵연료 처리의 일환인 건식처리기술(파이로프로세싱) 및 소듐냉각고속로(SFR) 기술개발이 진행되고 있다. TRU핵연료는 이러한 파이로프로세싱을 통해 생산되는 핵연료이며, 핵물질 손실율 증가에 따른 핵연료 재활용율감소 문제는 사용후핵연료 재사용을 위한 당위성 확보를 위한 필수 해결 요소이다. TRU핵연료 주조공정에서 주조부품과 금속연료간의 반응은 금속연료 수율감소와 핵물질 손실율 증가를 유도한다. 이를 해결하기 위해 금속연료 주조 용융물과 주조부품간의 반응을 방지할 수 있는 신소재를 개발하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 상용 소재인 8-YSZ 소재에 비해 반응저감성이 우수한 신소재를 발굴하기 위해 다양한 후보 소재를 선정하고, 이에 대한 제조공정 조건을 최적화하여 반응저감성을 검증하였다. 후보 소재로는 YAG, LaNdYO3, CeNdYO3, ZrYO3를 선정하였으며, 펠렛은 CIP (Cold isostatic pressing) 방식으로 제조 후 소결하여 제조하였다. 소결 공정은 Ar 분위기에서 1550°C, 1600°C 온도 조건에서 10시간 동안 유지하여 제조였다. 각각의 조건에 따른 밀도 및 XRD 분석을 바탕으로 기공율과 상변화를 분석하였으며, Sessile drop test로 반응저감성을 검증하였다.

**PG2B-5 | In-situ TEM Gas system을 이용한 팔라듐 나노입자의 수소 흡착 Kinetics 시각화**

이은혜[1,2], 김주영[1,2], 진하늘[3], 배지환[3], *이규형[1,2], *천동원[2]
[1]연세대학교, [2]한국과학기술연구원, [3]동국대학교

수소에너지는 화석연료와 달리 자연에 풍부하게 존재하며 공해물질을 발생시키지 않는 청정 에너지이다. 이것의 활용을 위해서는 안정한 수소저장시스템이 필요한데, 고체수소저장합금은 상온 및 상압에서 안정적으로 저장이 가능하다는 장점이 있다. 그 중 FCC 구조의 팔라듐 수소화물은 금속 내부 수소 원자의 이동을 이해하는 핵심 모델 시스템으로 많은 연구가 진행되어 왔다. 하지만 재료 내 수소 이동 메커니즘은 분석 기술의 한계가 존재한다. 벌크 수소 시스템에서는 앙상블 효과로 인해 물질의 구조, 결함 등 미세 요인에 따른 수소 kinetics를 확인할 수 없기 때문이다. 그에 반해, 나노 입자 연구는 입자 별 관찰이 가능해 재료 내 수소 거동에 대해 더 나은 통찰력을 제공한다. 본 연구에서는 In-situ TEM을 통해 팔라듐 나노입자의 실시간 수소화 관찰을 보고한다. $H_2$ 압력과 유속의 제어를 통해 TEM에서 발생하는 탄소 오염을 최소화하고, 팔라듐 나노 입자의 수소화 거동을 면밀히 시각화하여 관찰할 수 있도록 했다. 그 결과 결정 방향에 따른 개별 팔라듐 나노입자의 수소화를 확인하는 데 성공했으며, 두 가지 결정면의 수소 흡착 kinetics를 분석할 수 있었다. 이 연구 결과는 더 효율적인 고체 수소 저장 시스템을 설계하기 위한 지침을 제공한다.

**PG2B-6 | ZnO/$TiO_2$ 헤테로 구조체를 이용한 UV-가시광선 기반 $CO_2$ 광환원에 대한 연구**

서지연[1], CHARLES Hazina[1], PLASSIDIUS Chengula[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

대기 중 고농도의 $CO_2$는 기후 변화 및 해수면 상승을 포함한 수많은 부정적인 결과를 초래하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 한 가지 전략은 $CO_2$를 메탄($CH_4$) 및 메탄올($CH_3OH$)과 같은 유용한 연료로 변환하는 인공 광합성을 사용하는 것이다. $TiO_2$는 환경 정화에 널리 사용되어 왔지만 큰 밴드갭 (아나타제 $TiO_2$의 경우 3.2eV)으로 인해 가시광 흡수가 제한된다($\lambda$< 400nm). 따라서 광촉매 흡수 범위를 증가시키는 가장 효율적인 방법으로 $TiO_2$의 가시광 흡수를 개선하기 위하여 밴드갭 제어를 위한 헤테로 구조를 만들고자 한다. 산화아연은 $TiO_2$와 결합할 때 $CO_2$ 광환원에 효율적인 밴드 정렬로 인하여 다른 금속 산화물과의 결합을 위한 흥미로운 잠재적 물질로 부상하였다. 본 연구에서는 고체 반응 방법을 통해 90 nm 지름의 ZnO 나노 로드로 이루어진 1um 사이즈의 구형 모양과 TiO2 응집체를 합성하였다 이렇게 만들어진 독특한 ZnO/$TiO_2$ 헤테로구조를 제시하며 최적화된 ZnO/$TiO_2$ 나노구조를 제작하여 더 넓은 태양 파장 스펙트럼에서 $CO_2$를 줄이는 데 탁월한 성능을 발휘할 것으로 예상된다. 큰 비표면적을 가진 형태적 성장은 $CO_2$흡착과 유용한 화학물질들과 변환에 기인한다. ZnO/$TiO_2$ 헤테로구조를 분석하기 위하여 SEM, XRD, TEM 및 UV-vis spectroscopy와 같은 분석 기술을 수행하여 헤테로구조 내 ZnO 나노로드의 종횡비, 넓은 광반응 범위, 좁은 밴드갭, 전자-정공 쌍의 효율적인 분리 및 광생성 전자홀의 최소 재결합을 포함한 여러 요인과, 활성 반응 사이트에 대한 분석을 하였다. 또한 헤테로구조 구성은 태양 스펙트럼의 더 나은 광흡수 및 활용을 가능하게 하여 photoexcited 전자와 정공의 생성을 극대화하고자 하였다. 또한 헤테로구조의 확인된 수명과 안정성은 확장된 광촉매 작용을 지원하여 신뢰할 수 있고 지속 가능한 $CO_2$ 광환원을 확인하였다.

**PG2B-7 | 초음파분무 열분해공정을 통한 산화아연 형상 제어 및 광학적 특성 연구**

장대환[1], 김희선[1], *김대원[1]
[1]고등기술연구원

산화아연은 3.37eV 이하의 넓은 밴드갭을 갖는 반도체 물질로 성장, 도핑, 발광 등 많은 주제들에 대해 많은 연구가 이어져왔다. 특히, 나노입자 형태의 산화아연은 물리적, 화학적 특성이 우수하여 가스센서, 바이오센서, 광촉매 등 다방면으로 활용이 가능함에 따라 보다 넓은 분야에 응용이 가능하다. 이러한 특성은 산화아연의 나노입자 형상, 입자의 분산 상태 등에 따라 좌우된다. 본 연구에서는 전구체 용액으로부터 출발하여 액적 분무 공정, 열분해 공정을 거쳐 입자 크기, 입자 형상이 제어된 산화아연 분말을 제조하였다. 전구체의 열분해 온도에 따라 입자 형상을 좌우되며, 제조된 산화아연은 유기 용매 등을 통해 분산안정성을 확인하였고, 입자 크기, 입자 형상에 따른 UV-vis. 분석을 통해 광학적 특성을 평가하였다.

**PG2B-8 | RFCC 폐촉매 피독금속 제거 연구**

김선지[1], 안해준[1], 김현구[1], 최기인[1], 안욱성[1], *허승헌[1]
[1]한국세라믹기술원

RFCC (Residual Fluid Catalytic Cracking) 공정은 중질유와 같은 잔사유를 분해하여 부가가치가 큰 올레핀이나 가솔린과 같은 저분자체로 전환시키는 기술이다. RFCC촉매는 중질유에 존재하는 금속 (V, Ni, Fe, Na등)를 쉽게 흡착하고 공정효율을 떨어뜨린다 (피독현상: poisoning). 피독금속 중 특히 바나듐은 주 활성성분인 Zeolite의 메조포러스 구조를 파괴하고, 제올라이트의 활성 사이트를 파괴하여 저분자체 전환 수율을 떨어뜨린다. 따라서 피독된 촉매를 재사용하기 위해서는 바나듐 제거가 요구된다. 본 연구에서는 습식세정 공정을 통하여 촉매공정상 포함된 불순물 (탄소, 오일, 부서진 촉매잔해) 제거와 피독금속 용출조건을 최적화하였다. 그러나 바나듐은 폐촉매 내부까지 존재하고, 습식세정 공정으로 제거하기가 쉽지 않았다. 바나듐 제거효율을 높이기 위하여 Modified-Demet 공정장비를 제작하고, 습식공정을 병행하여 기존 대비 1.6배 향상된 바나듐 제거율을 확보하였다. [본 연구는 과제번호 20228A10100040 저탄소 중유접촉 분해 공정촉매 재제조 기술개발 과제 지원을 받았습니다].

**PG2B-9 | XRD를 이용한 제올라이트 구조 모니터링 방법**

안해준[1], 김선지[1], 김현구[1], 최기인[1], 안욱성[1], *허승헌[1]
[1]한국세라믹기술원

제올라이트는 실리콘과 알루미늄 원자가 산소 원자와 사면체 입체망상 구조와 메조포러스 다공성 구조를 가지며, 촉매, 필터, 흡착제 소재로 많이 이용된다. 석유화학 촉매공정에 사용된 제올라이트는 많은 피독금속이 흡착되어 있으며, 사용된 제올라이트를 재사용하기 위해서는 피독금속 (V, Ni, 등) 제거 공정을 거쳐야 한다. 그러나, 피독금속 제거 과정에서 Al-Si 결합 구조가 파괴되어 입체망상 및 메조포러스 구조에 큰 영향을 미치고, 결국 고체산 촉매 활성 사이트가 감소하는 문제가 발생한다. 따라서 피독금속 제거 공정에 따른 제올라이트의 구조 변화 정도를 원자단위에서 정확히 모니터링 할 수 있는 기술이 필요하다. 본 연구에서는 습식세정 조건에 따라 XRD 모니터링을 하여, Al-Si 결합 및 메조포러스 구조의 비파괴 조건을 파악하고자 하였다. 표준물질을 사용하여 제올라이트의 격자 및 면 방향의 수축/팽창을 정확하게 측정하고, XRD 시뮬레이션를 통하여 메조 포러스 구조 수축과 팽창을 이미지로 구현하였다.

**PG2B-10 | 페로브스카이트구조 산화물과 표면 개질한 탄소나노 튜브의 합성을 통한 전기화학촉매 개발**

한연비[1], *조욱[1]
[1]울산과학기술원

Multi-Wall Carbon Nano Tube is well-known for good electrical conductivity, thermal conductivity strength, and elasticity with low cost. Especially, if the electrical conductivity of the material is high, electrochemical reactions occur easily in general situation for electrocatalysts. However, the surface internal bonding force of MWCNT is too strong to interact with other materials so that surface treatment with plasma system is applied. MWCNT, which was predominantly hydrophobic, turned into hydrophilic through plasma system treatment. With this property of MWCNT, it is expected to show faster electron transporting during electrocatalytic activity. The other synthesis material is Perovskite-based electrocatalyst which has high catalytic activity specially with oxygen reaction and good stability. Hydrothermal synthesis was chosen to synthesize preformed perovskite-based materials on the surface of MWCNT, a substance that is difficult to react with other substances with strong binding force. This synthesized material is expected to show improved electrical activity and low overpotential specially with oxygen reaction but also still have chances to applicate in the other reaction of electrocatalyst.

**PG2B-11 | Enhancing lithium-ion battery performance through improved separator wettability**

KIM Minjun[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

Separator wettability is vital to electrochemical performance of lithium–ion batteries (LIBs). Ionic liquid (IL)–based electrolyte, a promising safe alternative electrolyte, wets poorly on a conventional polyolefin separator, limiting its suitability for use in LIBs. Herein, we propose the resonant vibration–induced wetting method that can improve the IL–based electrolyte wetting on the separator, enhancing the rate performance and cycle performance of LIBs. Wetting of electrolyte/separator system is activated at a specific

frequency, the resonant frequency, by forming a capillary wave along the surface of electrolyte drop and penetrating the liquid electrolyte into the porous separator by inertia force of liquid. The vibration at a resonance frequency shows more enhanced wetting compared to the non—resonant vibration with the same applied external force. The resonant vibration—induced wetting method is a promising yet simple strategy for the development of safe LIBs using IL—based electrolyte.

**PG2B-12 | Enhanced Densification of Screen Printed GDC Diffusion Barrier Utilizing Pore Filling Solution for SOFC Application**

HANANTYO Muhammad Pramaditya Garry[1], NAMGUNG Yeon[1], PARK Junghyun[1], ISLAM Md Shoriful[1], RACHMAN Ihsan Budi[1], *KIM Ho-Sung[1], *SONG Sun-Ju[1]
[1]Chonnam National University

GDC interface between zirconia-based electrolyte and LSCF6428-based cathode is essential for preventing the formations of $Sc_2ZrO_3$ as a secondary phase. However, the reaction between ceria and zirconia at high temperatures (〉 1300 °C) has impeded the fabrication of highly dense GDC layer. In this study, we present a cost-effective approach for fabricating sufficiently thin and enhanced densification of GDC diffusion barrier layer by filling the pores of GDC skeleton using polyvinylpyrrolidone (PVP) and Gelatin as chelating agents for metal cations. We demonstrated the interaction between the metal cation and chelating agent molecules, and its effect on the diffusion barrier. In addition, rheological property of the pore filling solution is evaluated to determine its penetrability. By applying the pore filling method, we achieved fully dense GDC interlayer at 1200 °C, a remarkable 50 °C below the conventional sintering temperature for porous GDC. The pore filled dense GDC interlayer applied on electrolyte supported cell, shows high electrochemical performances in fuel cell mode (0.98W $cm^{-2}$) and improved durability compared to porous GDC.

**PG2B-13 | Distinguishing effects on oxygen intake in mechanically-milled $YBaCo_4O_7$**

*SO ByoungJin[1], HONG Seok-Min[1], LEE Chang Hwa[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute

Oxygen storage materials (OSMs) have an ability to revrsibly incorporate/release oxygen into/from their matrix at the specifici temperature. For uses in low oxygen environment, it would be particularly important to design high-oxygen-intake/release-rate materials. To enhance the rates, the utilization of ball milling treatment could be introduced as a simple and effective strategy to tune. However, it may lead to simultaneously size and defect effects, which formed during milling. In this work, we have prepared $YBaCo_4O_7$ by solid state reaction. The behavior of oxygen intake/release have been evaluated before/after the ball-milling. And their surface characterization under oxygen intake.release was investigated by GIXRD(Glazing incidence X-ray diffraction) to distinguish the both the effects. Acknowledgements: This work was supported by Korea Research Institute for defense Technology planning and advancement(KRIT) grant funded by the Korea goverment(DAPA(Defense Acquisition Program Administration)) (KRIT-CT-22-017, Next Generation Multi-Purpose High Power Generation Technology (Development of Technology for Long-term Operation of Liquid Fuel Heat Generator), 2022) Keywords: Oxygen strorage materials, Oxygen absorber, Ball milling, Mechanical treatment, $YBaCo_4O_7$

**PG2B-14 | $Pr_6O_{11}$-Infiltrated $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ as Cathode for High-Performance Solid Oxide Fuel Cells**

LUO Junmei[1], KIM Youngjae[1], PARK Seohyun[1], *LI Oi Lun Helena[1]
[1]Pusan National University

Although $La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF) shows great potential as a cathode for solid oxide fuel cells (SOFCs), its commercialization still faces significant obstacles due to the scarcity of enough oxygen reduction reaction activity. Appropriate catalysts with high activity are highly demanded and can address this issue. Herein, we successfully prepared $Pr_6O_{11}$-infiltrated LSCF cathode by tailoring the Pr precursor concentration and investigated the electrochemical properties at different temperatures ranging from 800 to 900°C. Notably, 1M Pr-LSCF possessed the highest peak power density (0.237 W/$cm^2$) at 900 °C. Compared with bare LSCF, the performance of $Pr_6O_{11}$-modified LSCF cathode was enhanced significantly. Particularly, 1M Pr-LSCF exhibited a peak power density of 0.118 W/$cm^2$, surpassing that of 0.1M Pr-LSCF (0.1 W/$cm^2$) by 18.0% and bare LSCF (0.086 W/$cm^2$) by 37.2% at 800 °C. Consequently, the catalyst role of $Pr_6O_{11}$ was verified. This study might contribute significant insights to develop highly active catalysts in SOFCs.

**PG2B-15 | 폐 PET의 고품질 원료생산을 위한 불용성 양극전극의 전기화학적 전처리 적용**

유미영[1], *송풍근[1]
[1]부산대학교

In South Korea, waste plastics and vinyl are separated and disposed of separately, but they often contain contaminants when discarded due to factors like delivery. To recycle plastics and vinyl effectively, a chemical cleaning step using pre-treatment is essential. However, excessive use of cleaning water and low efficiency in removing contaminants pose challenges to pre-treatment. On the other hand, using insoluble electrodes in the treatment water can facilitate the simultaneous cleaning of mixed plastics and the generation of strong oxidants capable of treating chlorine and contaminants, eliminating the need for additional chemical treatments and reprocessing of treatment water. This study applied insoluble anode electrodes to the electroflocculation/penetration treatment process for cleaning and recycling discarded PET in Korea, confirming the removal of harmful substances on the PET surface before and after treatment, as well as the presence of residual oxidants. The results suggest that the electrochemical advanced oxidation pre-treatment process using the BDD electrode, which involves spraying a small amount of water onto waste PET flakes, can economically produce high-quality synthetic fibers with high efficiency within a short time compared to conventional water washing processes.

**PG2B-16 | 국내 백운석을 이용한 CMA(Calcium Magnesium Acetate)제조 및 이를 활용한 친환경 액상제설제 제조**

*김근배[1], *정우재[1], *신희성[1]
[1]에스에스씨산업(주)

눈이 내리거나 비가 온 후에 온도의 급강하가 일어나면, 도로 및 인도의 통행에 큰 문제가 야기 될 수 있다. 도로 위의 눈이나 얼음의 효과적인 처리는 국가의 경제 및 공공안전을 위해서 필수적이다. 현재 국내외적으로 다양한 제설 대책이 개발되고 있고 널리 사용되고 있는 방법은 물리적 혹은 화학적 방법으로 제설제를 살포하고 있다. 제설제는 도로 및 인도에 쌓인 눈을 녹이는 물질로써 겨울철에 폭설로 인한 사고를 예방하기 위해 많이 사용된다. 제설제는 무기계 제설제(Cl based)와 유기계 제설제(Acid based)로 분류할 수 있는데 무기계 제설제는 칼슘, 나트륨, 마그네슘, 칼륨등이 포함된 염화물계가 대부분이며 유기계는 아세트산, 포름산이 포함된 유기산계가 대부분이다. 염화물계 제설제는 가격이 저렴하나 염화이온(Cl-)을 다량으로 포함하고 있다. 염화이온의 경우 금속의 부식에 영향을 주어 자동차, 교량 등에 손상을 입히고 콘크리트에 열화를 촉진한다(포트홀 등) 식물과 직접 접촉하거나 토양으로 흘러들어 식물의 뿌리로 흡수되면 생장에도 영향을 끼치고 심한 경우 식물 자체의 고사를 일으킬 수 있다. 국내 백운석을 이용한 CMA(Calcium Magnesium Acetate)제조기술은 이미 특허 등록을 통해 원천기술을 확보 하고 있으며 이를 이용한 친환경 액상제설제를 제조 하였다. 또한 EL-610 환경인증 기준에 따른 유해원소 함량평가, 강재부식성, 동결융해 안정성, 생분해도, 수생환경 유해성을 평가 하였다. 품질인증을 위해 융빙시험을 -3℃, -7℃, -12℃, -15℃에서 실시 하였다.

**PG2B-17 | Spark-induced reduced graphene oxide sheet with high energy density aluminium-air batteries**

LIM Geonwoo[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

There is growing interest in high-performance energy storage systems to meet the strong needs for high-energy-density and high-power devices. Metal-air battery systems could offer a low cost, environmental friendliness, and outstanding energy-storage capability. In particular, aluminum-air batteries are attractive systems due to their safe and energy-dense property. However, actual performances of them are far below the theoretical performances. Here, we show aluminum-air batteries adopting a sparked graphene oxide/silver nanoparticle cathode. The spark reaction makes the graphene oxide very porous structure that can provide a wide oxygen diffusion path. Moreover, silver nitrate is co-reduced by the reaction and becomes a silver nanoparticle which acts as a catalyst for the oxygen reduction reaction. The resultant aluminum-air cell shows very remarkable electrochemical performance and enough power to turn on 19 LEDs simultaneously when connected in series. This work represents an advancement in aluminum–air batteries using a facile one-step spark reaction concept, showing a practical applicability of aluminum-air batteries.

**PG2B-18 | 사전리튬화 첨가제로서 Ni/LiF/C 나노 복합체의 개발 및 전기화학적 성능**

장일섭[1,2], *천진녕[1], 송보예[1,2], 박건희[1,2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

사전리튬화는 고체 전해질 계면의 형성으로 발생하는 리튬 이온 손실을 보상해주기 위해 연구되었다. 이전에 연구된 양극 첨가제는 많은 리튬을 함유하고 있으나, 가스 방출, 어려운 합성법 등으로 상용화 및 scale up에 어려움이 있다. 본 연구에서 제조한 니켈/불화 리튬/탄소(Ni/LiF/C)는 상용 리튬 금속 산화물과 불화 암모늄($NH_4F$) 및 탄소 전구체의 간단한 열처리를 통해 얻어졌다. Ni/LiF/C는 Ni과 LiF의 넓은 접촉면적으로 전환 반응을 통한 리튬 이온의 추출을 용이하게 하였다. 또한, 탄소를 코팅함으로써 전환반응의 효율을 추가적으로 상승시켰으며, Ni의 용출을 감소시켰다. 그 결과 안정적인 전압곡선, 580mAh $g^{-1}$의 높은 첫 충전용량과 큰 비가역성을 얻을 수 있었다. 이 물질을 상용

양극에 첨가하여 성능평가를 한 결과, 초기 충전 용량의 향상과 이후 사이클에서 안정적인 구동을 확인하였다. 이는 잔류물질인 불화 니켈($NiF_2$)이 양극재에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 이러한 간단한 합성 방법을 통해 상용화 및 scale-up이 용이하며, 양극 첨가제로서 우수한 성능을 확인하였다. 이를 통해 향후 리튬 이온 배터리의 효율 향상을 위한 사전 리튬화 연구에 많은 영향을 미칠 것으로 기대된다.

**PG2B-19 | 발전 중 공기 공급 중단으로 인한 고체산화물형 연료전지용 공기극의 화학적 열화**

*서해원[1], 최하늘[1], 원지은[1], 신영훈[1], 장혜정[1], 윤경중[1]
[1]한국과학기술연구원

Despite considerable efforts have thus far accompanied the advancement of solid oxide fuel cells (SOFCs) toward commercialization, the real-world operational environment of commercial products is laden with unpredicted scenarios such as failures in the balance of plants. This paper addresses the irreversible chemical damage of a conventional perovskite cathode material—$(La,Sr)CoO_{3-\delta}$ (LSC)—when the air supply is interrupted during power generation. Through structural analysis by scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM), complemented with energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS), we elucidated the mechanism through which air supply interruption induces microstructural fractures in the cathode material. Furthermore, we extended a comprehensive understanding of the impacts of air supply interruption on industrial-scale SOFCs. The results presented herein provide fundamental insights to guide the development of more durable and reliable SOFC technology, further enhancing its applicability for commercial use.

**PG2B-20 | Overcoming chemical incompatibility of $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ against lithium metal via $SiO_2$ nano-coating strategy**

MITA Misael Ali[1], *KANG Kisuk[1], *YOO Sang-Im[1]
[1]Seoul National University

All solid-state lithium batteries (ASB) offer high energy density and safety beyond the classic lithium-ion batteries. The success of ASB highly relies on the solid electrolyte which should meet requirements such as high ionic conductivity, low electronic conductivity, as well as chemical and electrochemical stability when paired with lithium metal. Over a decade, a variety of new solid-state electrolytes have been introduced, with Li garnet-type materials gaining significant attention due to its high ionic conductivity and excellent stability with lithium metal. Withing this chemistry, the gallium-doped garnet electrolyte with the composition $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ (LGLZO) has garnered particular interest for its ultra-high ionic conductivity compared to other doped LLZO electrolytes. However, it was recently found that this material suffers from chemical incompatibility against lithium metal. In this study, we explore two methods to coat $SiO_2$ on LGLZO material. First, we investigate the potential benefits of coating LGLZO mother powder with $SiO_2$ before the sintering experiments. Second, we deposit a $SiO_2$ nanolayer on LGLZO solid electrolytes pellets. The LGLZO mother powder was coated with $SiO_2$ via sol-gel method. Furthermore, the nanolayer made of $SiO_2$ was deposited on LGLZO pellets after optimized HCl washing of the samples and immersion and stirring of them in TEOS dissolved in ethanol. To eliminate byproducts and possible $Li^+/H^+$ reaction on surface of pellets after the stirring step, an annealing step was incorporated. Chemical stability studies were conducted alongside evaluations of the electrochemical performance of the cells coming from the two methods. The results of these experiments will be presented for further discussion.
Keywords Chemical incompatibility, Ionic conductivity, Li-garnet solid electrolyte, All solid-state lithium batteries

**PG2B-21 | Boosting the Stability and performance of SOFCs: A new approach to oxygen storage capacitance using lanthanum-doped ceria interlayer technology**

DONG Nguyen Xuan[1], LEE Sang Won[1], LEE Seok Hee[1], LIM Hyung Tae[2], *SHIN Tae Ho[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Changwon National University

Solid oxide fuel cells (SOFCs) are becoming increasingly popular in the next-generation energy industry due to their high energy conversion efficiency, fuel flexibility, and low emissions [1] Overcoming the challenges of commercializing SOFCs, such as achieving high performance, long-term durability, and cost efficiency, is critical. Yttria-stabilized zirconia (YSZ) and scandia-stabilized zirconia (ScSZ) are commonly used as electrolytes, however, chemical compatibility issues with Sr-rich cathode materials and cathode delamination require well-designed interlayers to prevent the formation of insulating phases. Therefore, the zirconia-based electrolyte must have an optimal buffer layer. Recently, Gd-doped ceria (GDC) has been actively used as an interlayer in solid oxide fuel cells because it has high ionic conductivity and protects the YSZ electrolyte from Sr segregation. Moreover, GDC

improves electrochemical performance and durability, which may be due to the high oxygen storage capacitance (OSC). It provides a continuous supply of oxygen in oxygen-starved environments. One of the most important challenges with SOFC endurance is Ce diffusion into the lattice of $ZrO_2$ as a solid solution at high temperatures. This study addresses this issue by looking into La-doped $CeO_2$ (LDC) as an oxygen storage layer between the electrolyte and cathode. LDC avoids Ce-Zr solid solution formation by using a high $La^{3+}$ substitution, which increases oxygen release on the cathode side. The increased electrochemical performance is obvious, attaining a maximum power density (MPD) of approximately 2.1 W $cm^{-2}$ at 800 °C. Furthermore, the OSC of LDC is over 1.5 times greater than that of GDC which contributes to an increased oxide ion supply on the cathode side.

References
[1] C. Graves, S.D. Ebbesen, S.H. Jensen, S.B. Simonsen, M.B.J.N.m. Mogensen, Eliminating degradation in solid oxide electrochemical cells by reversible operation, 14 (2015) 239-244.

**PG2B-22 | Enhancement of Thermoelectric Device Performance through Induction of Localized Surface Plasmonic Resonance in MAPbBr3 Single Crystal**

*SHIN Ji Won[1]
[1]Hongik University

This study aims to enhance the performance of thermoelectric devices by inducing the “Localized surface plasmonic resonance” using MAPbBr3 single crystal, a hybrid organic-inorganic perovskite material. Plasmonic phenomenon occurs when light, matching the vibrational frequency of metal nanoparticles, is incident upon them, causing an increase in the energy of free electrons within the particles, resulting in resonance. Leveraging this phenomenon, the goal is to adjust the material's Seebeck coefficient and optimize the ZT value, thereby improving the thermoelectric performance of the device.

MAPbBr3 perovskite single crystal was chosen as the thermoelectric material due to its excellent light absorption and luminescence properties, as well as the advantages offered by its single crystal structure, including minimal defects and maximized light effects. Observations revealed a significant change in the Seebeck coefficient of the crystal when light energy was applied to it, indicating the adjustability of the material's intrinsic property, the Seebeck coefficient, by light energy. Subsequent experiments focused on the significant impact of localized surface plasmonic resonance on the crystal's surface when metal nanoparticles were combined with it.

Experimental results showed a substantial amplification in the Seebeck coefficient value when light energy was applied to metal nanoparticles deposited on the crystal's surface, compared to previous results. This serves as evidence of the localized surface plasmonic phenomenon induced by the combination of metal nanoparticles and light energy.

Therefore, this research suggests the potential of adjusting the thermoelectric performance of materials through the combination of hybrid organic-inorganic perovskites and metal nanoparticles, offering promising prospects in the field of optoelectronics.

**PG2B-23 | Penta Nitrogen Coordinated Cobalt Single Atom Catalysts with Oxygenated Carbon Black for Enhanced Electrochemical $H_2O_2$ Synthesis**

*KIM Jong Min[1], ZHANG Wenjun[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology

The two-electrons (2e−) oxygen reduction reaction (ORR) offers a sustainable and decentralized alternative to the traditional synthetics for hydrogen peroxide (H2O2) production. Although various Co single atom catalysts (SACs) have been proposed as highly effective 2e− ORR catalysts, there is still room for improvement through fine-tuned coordination environment. Here, a Co-N5-O-C with the combination of highly coordinated Co-N5 moieties and nearby electro-withdrawing epoxides is first time developed to reach the optimal binding energy of *OOH intermediate, resulting in the ultrahigh mass activity of 87.5 A g−1 at 0.75 V vs. RHE. Moreover, a high H2O2 production rate of 11.3 mol g−1 h−1 at 200 mA cm−2 is also obtained by a flow cell device. Such an efficient in-situ generation of H2O2 further enables 100% degradation of the organic methylene blue pollutant within 15 min through the electro-Fenton process. These findings will provide a new direction for on-site H2O2 synthesis and wastewater treatment.

**PG2B-24 | 고체산화물 수전해용 Ni-YSZ 스팀전극 소재의 기계적강도 및 내구성 향상 대한 연구**

박재우[1], 박윤태[1], *이기태[1]
[1]전북대학교

A solid oxide electrolysis cell (SOEC) produces hydrogen by electrolyzing water vapor using the reverse reaction of the process in which a solid oxide fuel cell (SOFC) consumes hydrogen and oxygen to produce water and

electricity. SOEC utilizes high-temperature water vapor and has the advantage of being able to produce hydrogen in a more efficient manner because high temperatures require relatively less electricity than low temperatures. In addition, because SOFC uses a ceramic-based solid oxide electrolyte, it has excellent corrosion resistance and is easy to maintain. In other words, SOEC is attracting attention as a future water electrolysis method because it can produce highly efficient hydrogen in the most environmentally friendly way as long as durability for high-temperature operation is secured. In the previous study, the Ni-YSZ steam electrode with high porosity improved the mass transfer reaction rate and partially suppressed the Ni depletion problem, which is one of the causes of degradation. However, since high porosity steam electrode supported type cells have the problem of relatively low mechanical strength, it is necessary to develop steam electrode materials that ensure mechanical strength even at high porosity. In this study, the heat treatment conditions and pore structure optimization of Ni-YSZ steam electrodes and the effect of sintering aids on mechanical strength were investigated, and the long-term stability of SOEC cells was evaluated. The mechanical properties were evaluated using a triple-point bending strength measurement method using a universal testing machine (UTM), and the stability of the SOEC single cell was confirmed through current density-cell voltage (j-V) measurement and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The temperature measurement of the cell was conducted at 700℃ and 800℃ using a gas mixture of H2O/H2/Ar supplied to the steam electrode and air supplied to the oxygen electrode, respectively. After evaluating the stability of a single cell, the microstructure of the steam electrode was observed using a field emission scanning electron microscope (FE-SEM) and degradation due to Ni depletion was confirmed.

**PG2B-25 | 고체산화물 연료전지 연료극의 문제점 해결을 위한 세리아 기반 나노촉매 합성**

*박영진[1], *윤경중[1]
[1]한국과학기술연구원

고체산화물연료전지 (SOFC)는 고체 전해질을 이용하여 연료와 산소를 직접 화학 에너지로 변환하는 장치이다. 일반적으로 치밀한 전해질의 양면에 다공질의 전극이 결합 되어 구성된다. SOFC는 다양한 종류의 연료를 사용할 수 있고 약 700℃ 이상의 고온에서 작동한다는 장점이 있다. 하지만 고온에서 작동하기 때문에 발생하는 문제점도 존재한다. SOFC의 연료극은 주로 니켈을 사용하고 전해질, 니켈, 산소가 만나 생성되는 TPB (Triple Phase Boundary)에서 연료의 산화반응이 진행된다. 연료극의 니켈이 고온에 노출되면 산화되어 니켈 산화물이 생성되고 이는 연료극의 전기화학 활성을 저하시키는 원인이 된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 연료극에 infiltration을 이용해 세리아 기반의 고효율 나노촉매를 합성하는 기술을 개발하였다. Yttria-stabilized zirconia (YSZ) 전해질과 Ni-YSZ 전극으로 구성된 Symmetric Cell 에 세리아 계열 나노촉매를 도입하였을 때 TPB 증가로 인하여 전극 성능이 향상되는 것을 확인하였다. 신규 촉매의 고온 안정성을 평가하고 실용적 활용 방안을 모색하였다.

## PG3A : 엔지니어링 세라믹스

**PG3A-1 | 고밀도 AlN-$Y_2O_3$ 세라믹 제조를 위한 플래시 소결 적용 가능성 탐구**

김운서[1], HASSAN Nafees[1], 김민수[1], 이주영[1], 김민욱[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

AlN은 높은 이론 열전도도, 전기 절연 특성 및 Si와 유사한 열팽창 계수로 인해 전기자동차 파워 모듈용 방열기판 소재로 주목받고 있다. 그러나 AlN은 무가압 소결 시 1900 °C가 넘는 온도가 필요하여 에너지 소모가 크다는 단점이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자 비교적 낮은 가열로 온도에서도 뛰어난 소결성을 보여 줄 수 있는 등온 플래시 소결법과 소결 과정 중 액상 소결 기구를 통해 치밀화를 촉진하는 $Y_2O_3$ 소결 조제를 사용하였다. 이를 통해 일반적으로 산화물계 세라믹에서 중점적으로 연구되고 있는 플래시 소결법이 AlN 및 질화물계 세라믹에 적용 가능한지 탐구하고자 하였다. 본 연구에서 사용한 플래시 소결 조건들 중 가열로 온도 1500 °C, 전류 밀도 100 mA/$mm^2$ 및 소결 유지 시간 60분의 소결체가 98.6%의 상대밀도를 나타냄으로써 뛰어난 소결성을 보임을 확인하였다. 본 연구는 고밀도 AlN-$Y_2O_3$ 세라믹을 플래시 소결법을 통해 얻을 수 있음을 제시하며, 나아가 플래시 소결법이 산화물계 세라믹을 넘어 질화물계 세라믹으로의 확장 가능성을 보여준다.

**PG3A-2 | 고밀도 AlN을 위한 초고속 고온 소결법(UHS)의 적용 가능성 탐구**

김민욱[1], 김운서[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

전기자동차 파워 모듈의 핵심인 전력반도체가 고출력, 고성능화 됨에 따라 필연적으로 발생하는 고열을 해소하기 위한 방열기판은 필수적이다. 이러한 방열기판 소재로서 AlN은 우수한 열적, 전기적 특성을 지녀 각광받고 있다. 하지만, 방열기판 소재로 활용하기 위해서는 AlN의 고밀화가 요구되고, 이를 상압 소결로 얻기 위해서는 1900 ℃ 이상의 초고온과 긴 소결 유지 시간을 필요로 한다. 기존 소결법의 경우 가열, 냉각을 포함하여 많은 시간과 에너지를 낭비하는 단점이 있다. 본 연구에서는 최신 소결법인 초고속 고온 소결법(UHS, Ultrafast High-temperature Sintering)의 적용을 통해 소결 시간을 혁신적으로 단축함과 동시에 고밀도 AlN을 얻음으로써 기존 소결법의 단점을 극복하고자 하였다. 다양한 소결 조건들 중 인가 전류 50 A 및 소결

유지 시간 240 s의 소결체가 98.81%의 상대밀도, 비커스 경도 9.52 ± 0.98 GPa 및 파괴인성 2.95 ± 0.30 MPa•m1/2의 값을 나타냈고, 이는 기존 상압 소결 문헌에서 제시된 물성에 근접한 결과로 볼 수 있다. 본 연구를 통해 난소결성 재료인 AlN에 대한 초고속 고온 소결법의 적용이 가능함을 탐구하였고, 나아가 초고온을 요구하는 소결에 대한 새로운 지표가 되어줄 것으로 기대된다.

**PG3A-3 | 정렬된 섬유질 미세구조를 가진 AlN 기판의 치밀화거동과 열적 및 기계적 특성**

서예원[1], 남산[2], *류성수[1], *안병호[1], 김나영[1], 박병수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

전기자동차의 중요 부품 중 하나인 전력모듈은 효율은 증가하고 무게와 크기는 감소하는 방향으로 발전한다. 이러한 소형화는 과도한 발열로 쉽게 이어져 회로를 손상시킬 수 있는데, 이는 방열기판을 통해 어느정도 해결할 수 있다. 핵심 방열기판 소재로는 높은 열전도도를 가지는 질화 알루미늄(AlN)이 각광받고 있으나, AlN은 상대적으로 낮은 기계적 물성을 갖는 한계가 있다. 이를 개선하고자, 본 연구에서는 정렬된 섬유질 미세구조를 가진 AlN 기판을 제조하여, AlN 기판의 열적, 기계적 특성을 향상시키고자 하였다. 미세구조는 AlN whisker 첨가와 tape-casting을 통해 제어했고, 소결은 질소분위기에서 압력을 가하지 않고 다양한 온도 (1810 ℃, 1850 ℃, 1900 ℃)에서 진행하여, 뒤틀림 없이 평평한 AlN 기판을 성공적으로 제조하였다. 본 연구는 여러 온도에서 제조된 소결체를 분석하여, 소결온도에 따른 치밀화 거동의 이해를 높였다. 더 나아가, 정렬된 섬유질 미세구조는 AlN 기판의 열전도도를 향상시키고, crack branching & deflection 메커니즘을 통해 기판의 파괴인성에 영향을 주는 것을 확인했다.

**PG3A-4 | 탄화규소 휘스커 함량에 따른 질화알루미늄 복합체의 기계적 특성 탐구**

김민수[1], 이주영[1], 박세민[1], 김선규[1], 곽윤상[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

전기자동차 파워모듈용 방열기판으로 사용되는 세라믹 기판은 우수한 기계적 강도와 파괴인성 및 높은 열전도도를 가져야 한다. 방열기판에 가장 유망한 소재 중 하나인 AlN은 뛰어난 이론적 열전도도와 전기 절연성을 가지고 있지만, 파괴인성이 낮다는 문제점이 있어 완전한 상용화에는 한계점이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 AlN, SiC 휘스커, $Y_2O_3$ 복합 소재를 개발하여 기존 방열기판보다 더 우수한 기계적 특성을 가진 기판을 만들고자 하였다. 다양한 함량의 SiC 휘스커가 첨가된 AlN 소결체의 미세구조, 정적 및 동적 기계적 특성, 열적 특성을 평가하였다. 그 결과, SiC 휘스커 함량이 증가함에 따라 비커스경도, 파괴인성, Loss factor도 함께 증가하였지만, 동시에 동적 강성과 열전도도가 감소하는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 AlN 복합재료의 기계적 특성을 향상시킬 수 있는 가능성을 확인하였다.

**PG3A-5 | Hot Press Synthesis of $B_4C$-Based Composites Toward Mitigation of Stress-Induced Amorphization**

KA Juhan[1,2], LEE Jaehwa[2], KIM Hyunsik[2], *LEE Heesoo[1]
[1]Pusan National University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Boron carbide ($B_4C$) is a promising ceramic material for various engineering applications, especially in the military area, owing to its wear resistance, chemical inertness, low density, and super hardness. However, $B_4C$ exhibits the formation of amorphous shear bands under the action of hyper-velocity impact or high pressure, which leads to the abnormal brittle failure and limits application to bulletproof materials. Therefore, inducing higher shear strength and decreased amorphization has been regarded as the key to improving its mechanical properties. For fabricating $B_4C$-reinforced armor plates, hot-pressing is a commonly used technique due to the process efficiency to sinter thermally stable non-oxide ceramics, but its utility to alleviate the $B_4C$ amorphization has not yet been verified. In this regard, we adopted hot pressing sintering to synthesize the B4C-based plates. Also, in this study, some additives such as SiC and $TiB_2$ were added as a second phase to affect the mechanical properties of $B_4C$ and reduce its stress-induced amorphization. The regions generated by Vickers indentation were analyzed by Raman spectroscopy to identify changes in amorphization behaviors. The microstructure and mechanical properties, including density, fracture toughness, and hardness, were also measured according to differences in the additive amount. Overall, our study suggests that hot press synthesis of the $B_4C$ composites with secondary phases is an efficient approach to tune the mechanical properties and mitigate amorphization of $B_4C$.

**PG3A-6 | 용융 Si 함침에 따른 Si/C 반응을 이용한 탄화규소 접합 최적화**

박세빈[1], 주수연[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

SiC는 우수한 강도, 열전도성, 내열성 및 내마모성을 바탕으로 절삭공구, 전기자동차, 원자력 발전 및 우주항공 분야의 구조재료로 다양한 활용이 가능하다. 하지만, SiC는 규소-탄소 간의 강한 공유결합과 낮은 확산계수로 인하여 치밀화가 어렵기 때문에, 고상 또는 액상 소결조제를 사용하여 소결하는 것이 일반적이다. 하지만, 소결조제를 첨가하더라도 소결과정에서 높은 압력과 온도가 여전히 요구되므로, 일반적으로 단순한 형상으로만 제작되고 있다. 따라서, 실제 활용에 필요한 복잡한 형상의 큰 구조체를 구현하기 위해서는 SiC 소결체 간의 접합이 필수적이다. 용융 Si 함침을 이용한 Si/C 반응 접합법은 다양한 SiC 접합방법들과 비교하였을 때, 압력 인가가 거의 필요 없고 Si의 비교적 낮은

용융온도에서 접합할 수 있는 장점을 보유하고 있다. 또한, 용융 Si와 탄소 간의 반응으로 반응소결 SiC가 생성되기 때문에, 접합 모재인 SiC 비슷한 화학조성을 가지는 접합계면을 구현할 수 있는 장점이 있다. 하지만, Si-C간의 반응을 이용한 SiC 접합부의 접합강도를 최대화하기 위해서는 얇은 접합계면 구현과 잔류하는 Si 함량을 최소화하여 접합 모재와 유사한 미세구조를 구현할 필요가 있다. 본 연구에서는 접합 모재인 판상 SiC 소결체 사이에 SiC/C=80/20의 중량비를 가진 조성을 테잎으로 제작하여 접합재로 사용함으로써 균일하고 얇은 접합면을 형성하고자 하였다. 또한, 1500°C 진공분위기에서 용융 Si를 SiC 직조섬유를 매개체로 하여 함침시킴으로써 대면적 접합의 가능성을 타진하였다. 최대의 접합강도를 보여주는 접합 조건을 모색하기 위하여, Si 함량, 전이 매개체인 SiC 패브릭의 너비 및 용융 Si를 모재에 전달시키는 방향을 변수로 하여 실험을 실시하였다. 또한, 접합 시간을 10/30/60 분으로 변경하여 실험하였으며, 이에 따른 접합계면의 미세구조, 잔류 Si 분포와 함량, 접합층의 두께 및 접합강도를 평가함으로써, 최적 접합조건을 도출하였다.

**PG3A-7 | 고순도 미립 AlN 분말 제조에 미치는 다양한 Ca 화합물 첨가의 영향**

이상민[1], 장성민[1], AYMAN Muhammad Tsabit[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

높은 이론 열전도도(320 W/m・K)와 전기절연성(〉$10^{14}$ Ω·cm) 보유한 AlN은 다량의 열을 효율적으로 방출해야하는 전기자동차의 파워 모듈용 고출력 기판의 원료 소재로 매우 적합하다. 상업적인 AlN 분말의 제조는 주로 Al 금속을 이용한 직접질화법과 $Al_2O_3$와 탄소를 이용한 탄소환원질화법을 이용하는데, 경제성과 양산성 및 최종 분말의 특성을 고려하여 탄소환원질화법을 주로 사용하고 있다. 하지만, 탄소환원질화법을 이용하여 고온 질소분위기에서의 질화 시 1600℃ 이하의 온도에서는 낮은 반응 구동력으로 인하여 $Al_2O_3$가 잔존하는 문제가 발생하며, 반대로 온도를 높이면 제조 AlN의 입자 크기가 증가하여 소결이 어려운 문제점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로는 질화 촉매제를 첨가하여 상대적으로 낮은 열처리 온도에서의 질화 반응을 촉진시키는 방법이 있다. 기존 연구에서 Y, Li, Al 및 Ca 등 다양한 첨가제가 질화 반응에 미치는 영향을 평가하였으며, Ca 첨가 시 1600℃ 이하의 온도에서도 AlN 변환율이 크게 향상되어 가장 효과가 있음을 확인하였다. 이에 대한 구체적인 접근을 위하여, Ca 전구체를 $CaF_2$, $Ca(OH)_2$ 및 Ca-nitrate로 다양화시켜 첨가한 후, Ca 전구체의 종류가 질화 온도, 질화율 및 최종 AlN 분말 특성에 미치는 영향을 평가하였다. 또한, Ca 첨가가 AlN 변환을 촉진시키는 메커니즘을 규명하고, 최적의 첨가제와 첨가량을 선정하였다. 이를 위하여, 미립의 $Al_2O_3$ ($D_m$ = 0.2 μm) 분말에 C/$Al_2O_3$ = 3.1/1의 몰 비율로 탄소를 첨가한 후, Ca를 AlN 기준 1 mol. % 추가하였다. 제작된 전구체를 1500℃와 1550℃에서 6 시간 열처리를 진행하였으며, 분말에 잔존하는 탄소는 650℃ 공기 분위기에서 2시간 동안 열처리를 통하여 제거하였다. 제조된 분말에 대한 XRD 및 Rietveld법을 이용한 상 분석과 SEM을 이용한 미세구조 분석 및 입자의 크기를 측정하였으며, ICP 분석을 바탕으로 Ca의 분포가 AlN 합성에 미치는 영향을 평가하였다.

**PG3A-8 | Study of the optimized processing of porous zirconia granules prepared by physical cross-linking of sodium alginate**

오은지[1,2], SOSA LUCIO Maria Dolore[2], *하장훈[2], 이종만[2], 이홍주[2], 송인혁[2], *전상채[1]
[1]국립창원대학교, [2]한국재료연구원

Our study aims to develop catalytic spherical carriers capable of effectively incorporating the active catalyst ingredient and filling them into the final reaction tower. In this study, we demonstrated the versatility of millimeter-sized spherical granules based on zirconia raw material, showcasing their applicability in various fields due to their porous and dense characteristics. Particularly in applications such as catalytic supports, inert matrix fuel pellets, and structural materials, spherical carriers enable easy handling, recovery, improved mass transfer, uniform packing density, and efficient process designs. We utilized a sol-gel method in the slurry manufacturing process, mixing zirconia raw material with sodium alginate and gelling it. By dropping the mixture into a $CaCl_2$ solution (10wt%) and conducting ion exchange, we successfully obtained the optimal spherical shape. This method enabled us to obtain suitable compressive strength and controllable sizes for the granules. The viscosity of the gelled slurry varied with the amount of added sodium alginate, with viscosity adjustment having the most significant impact on particle morphology. These manufacturing process modifications resulted in the production of porous zirconia granules with sufficient compressive strength and specific porosity characteristics, ultimately confirming the produced zirconia particles as suitable support materials for catalytic and adsorption applications. Acknowledgment: This research was funded by the Fundamental Research Program of the Korean Institute of Materials Science (KIMS), through Grant No. PNKA110

**PG3A-9 | Synthesis of iron hydroxide nanosheets and its phase transition to iron oxyhydroxide**

YOON Gayoung[1], LEE Minjeong[1], *RYU Gyeong Hee[1]
[1]Gyeongsang National University

Iron oxide, encompassing a variety of compounds formed by the reaction of iron with oxygen, can exhibit diverse morphologies and chemical compositions. Among them, iron hydroxide can be formed as $Fe(OH)_3$ or $Fe(OH)_2$ due to the presence of Fe atoms, with the former appearing orange and the latter white. When

Fe with O forms $Fe(OH)_3$, known for its environmentally friendly nature, it becomes non-toxic and can provide various active sites, offering advantages as a multifunctional catalyst. Particularly, its nanostructured formation is facile, providing high surface area especially in the form of nanosheets, enhancing reaction surfaces and catalytic activities. Here, using a surfactant-assisted synthesis method, we have synthesized iron hydroxides, analyzing their morphologies and structures. Additionally, we have obtained results of phase transitions to iron oxyhydroxides/oxides through simple heat treatment.

**PG3A-10 | 연소 합성과 플래시 소결 공정을 활용한 친환경 SiC 제조 가능성 탐구**

신상하[1],RAJU Kati[1], HASSAN Nafees[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

실리콘 웨이퍼 생산은 현대 산업에서 중요한 공정 중 하나이지만, 이로인해 발생하는 실리콘 폐기물은 많은 환경오염과 경제적 손실을 초래한다. 따라서 본 연구에서는 고순도 Si scrap을 새로운 원료로 삼아 연소합성 및 플래시 소결 공정을 적용하여 SiC를 생산할 수 있는 경제적이고 친환경적인 방법을 모색하였다. 조대한 Si scrap을 볼 밀링하여 평균 입자 크기 1 mm 이상에서 0.97 um 까지 감소시켰고, 이를 카본 블랙과 반응시켜 1500°C에서 연소 합성을 유도한 후 같은 온도에서 플래시 소결하여 치밀화하였다. 플래시 소결 공정 중 전류밀도의 크기와 소결 시간이 증가할수록 SiC의 평균 밀도 및 결정립 크기가 증가함을 확인하였다. 추가적으로, 플래시 소결 공정을 적용함에 따라 연소합성 후 남은 잔여 Si를 완전히 반응시킬 수 있음을 확인하였다. 본 연구를 통해 지속 가능하고 경제적인 새로운 SiC 생산 공정의 가능성을 제시하였지만, 보다 높은 밀도 달성 및 미세구조 최적화를 위해 달성을 위해 추가적인 연구가 필요한 상황이다.

**PG3A-11 | Yb Silicate 내환경코팅재의 제작 및 열충격거동**

신재원[1], *이기성[1], 김지유[2], 문흥수[2]
[1]국민대학교, [2](주)세원하드페이싱

항공산업의 발전은 세라믹 소재의 기술적 발전과 깊은 연관성을 갖고있다. 항공산업이 발전하면서 에너지 효율을 높이기 위해 가스터빈 부품들의 세라믹 소재에 대하여 세라믹 코팅 기술과 세라믹 소재의 기계적 특성 평가기술의 향상이 도모되고 있다. 코팅기술 중 하나인 APS(Atmospheric Plasma Spray) Coating 기술은 항공 우주 산업,에너지 산업 등 다양한산업 분야에서 활용되고 있으며, 코팅의 부착력을 향상시킬 뿐더러 소재의 열전도성,내부 저항력,내마모성 등을 향상시키는 역할을 한다. 하지만 소재를 보호하는 코팅 기술 뿐만 아니라 열 충격환경에서도 안전한 작동을 위한 열충격에 대한 저항성도 중요한 역할을 해야만 한다. 따라서 본 연구는 세라믹의 코팅 기술 중 APS Coating 방법으로 Yb Silicate 내환경코팅체를 제작하였고, 열충격 장비를 이용하여 1000℃ 이상의 고온 환경을 재현하여 고온과 상온을 반복적으로 노출시켜 환경적 요인에 따른 균열 및 계면 박리 발생 여부를 관찰하였다.

**PG3A-12 | T700급 탄소섬유를 적용한 C/SiC 복합재의 공정별 온도조건 연구**

최지범[1,2], *김수현[2], 김세영[2], 이슬희[2], 방형준[2], 한인섭[2], 성영훈[2]
[1]연세대학교, [2]한국에너지기술연구원

세라믹 복합소재(Ceramic Matrix Composites, CMC)는 금속 소재 대비 낮은 밀도, 높은 기계적 강도, 고온안정성과 같은 우수한 특성으로 인해 고온 경량 구조소재로 주목받고 있다. 그 중, C/SiC는 극초음속, 항공우주와 같은 분야에 적용되기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 기존의 C/SiC는 주로 T300급 탄소섬유가 연구되었지만, 최근 탄소섬유 공급의 증대, 제작업체의 국산화 추세로 기계적 특성이 우수한 T700급 탄소섬유를 적용하는 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 그러나, 해당 연구들 중에서 LSI 공정의 단계별 온도조건에 따라 C/SiC에 대한 연구 사례는 많지 않다. 이에 본 연구에서는 미처리된 T700급 탄소섬유로 직조된 2D 직물에 hand-layer 방식으로 prepreg를 제작하였다. 그 후, 탄화 및 LSI 공정의 온도를 변수로 두고 C/SiC 복합재를 제조하였다. 완성된 복합재는 섬유 상태, 기지 내 기공, 미 반응 Si 등을 관찰하기 위해 미세구조를 분석하였고, 밀도기공률 및 굽힘강도를 측정하여 온도 조건별로 기지상 치밀화도와 기계적 강도를 평가하였다. 이를 통해 T700급 탄소섬유를 적용한 C/SiC 복합재 제조 공정의 최적화를 위한 인자와 각 인자가 복합재의 기계적 특성에 미치는 영향을 고찰하였다.

**PG3A-13 | ICP-OES를 이용한 납(Pb)합금의 성분원소(Sb,Zn) 분석방법**

*이승천[1], 이재석[1], 조혜륜[1], 박재일[1]
[1]한국원자력연구원

납(Pb)은 연성이 높기 때문에 금속패킹, 방음, 방진 등 고유의 성질을 이용한 용도로 사용되기도 하고, 다른 금속성분과 합금화 함으로써 경도를 높혀 구조용재료로도 사용된다. 그 중에서 Pb-Sb합금은 축전지극판, 전자기기, 압연판 등의 재료로 다양하게 활용되며, 특히, 방사성차폐능력이 우수하여 방사성물질의 운반용기나 보관용기로 이용된다. Pb합금은 구성성분의 함량에 따라 합금의 특성이 달라지기 때문에 정확한 함량분석은 매우 중요하다.

ICP-OES (Inductively-Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy)를 이용하여 성분함량을 분석하기 위해서는 시료를 용액화하는 전처리단계가 필요하다. 납(Pb)과 안티모니(Sb)성분은 각각 다른 산용액에 의해 용해되기도 하고 침전을 만들어 불용물을 생성하기도 하기 때문에 적절한 산의 종류와 농도를 선택하고 정확한 실험방법을 모색해야만 한다.

이번 연구에서는 염산에 의한 $Pb(Cl)_2$, 질산에 의한 $Pb(NO_3)_2$ 및 $Sb_2O_5$의 침전물생성을 방지하기 위하여 묽은 질산을 이용하여 주성분인 납(Pb)를 1차 용해하고, 미량의 불용물을 분리하여 염산으로 2차용해하였다. ICP-OES 분석기기로 1차용해액에서 Pb와 Sb, 2차 용해액에서 Sb를 검출 할 수 있었고, Zn은 모두 검출한계값 미만이었다.

**PG3A-14 | 지르코니아 DLP 3D 프린팅 출력물의 탈지 거동 연구**

고소영[1], *이상진[1]
[1]국립목포대학교

세라믹 3D 프린팅은 기존의 세라믹 성형 공정에 비해 간편하고 비용 절감 등의 장점이 있다. 그러나 세라믹은 경도와 취성이 높고 연성은 거의 없으며 분말 층간 접합성이 없어 연속된 적층이 어려워 고분자와 금속 소재에 비해 연구가 저조하다. 이를 극복하기 위한 방법으로 DLP(Digital Light Processing) 3D 프린팅 방법이 적용되고 있으나, 분말에 레진과 광개시제를 넣어 광경화하는 방식으로 탈지 공정이 필수적이나 탈지 공정 중에 크랙이 발생하는 등의 한계가 있다. 본 연구에서는 지르코니아 DLP(Digital Light Processing) 3D 프린팅 공정 중 탈지 공정의 한계를 극복할 수 있는 방법에 대해 연구하였다. 탈지에 영향을 미치는 공정변수로, 사용되는 아크릴계 레진과 광개시제의 종류 및 함량, 출력 공정 시 광 세기 및 노광 시간 조절, 열분석 데이터를 통한 탈지 조건 조절, 그리고 DLP(Digital Light Processing) 3D 프린팅 출력 방식 중 자외선 광원의 위치에 따른 Top-down 방식과 Bottom-up 방식의 차이 등을 들 수 있다. 이 같은 공정변수를 조절하여 과경화를 방지하고 적절한 열처리 조건을 적용하는 것이 원활한 탈지를 위한 선결 조건이 될 수 있다. 본 연구에서는 지르코니아의 함량을 75 wt%를 유지하고 관능기가 적은 아크릴계 레진을 3종 이상 사용하여 3D 프린팅용 슬러리를 제조하였다. 광개시제의 함량과 광 세기 및 노광시간의 조절을 통하여 과경화가 억제된 출력물을 제조하였으며, 출력 방식에 따라 이러한 경화 정도는 큰 차이를 보였다. 특히, 광경화 시 산소의 개입에 따른 광경화 거동을 고찰하여 탈지거동과의 상호관계를 규명하고자 하였다.

**PG3A-15 | 재결정 탄화규소 발열소재 개발**

*성영훈[1], 한인섭[1], 서두원[1], 황효정[1], 김세영[1], 이슬희[1]
[1]한국에너지기술연구원

온실가스 감축을 위해서는 화석연료를 대체할 수 있는 전기화 또는 무탄소 연료로의 전환이 시급히 요구되며 특히 대표적 에너지다소비 산업인 철강, 석유화학 산업의 탄소중립 전환을 위해서는 재생에너지 가용성 증대와 함께 열처리, 재가열 등의 핵심 공정에서 탄화수소 연료 연소 가열 방식이 아닌 재생에너지 전기 가열 방식으로 전환이 필수적이다. 최대 1600 ℃까지 장기 내구성을 갖는 고온용 SiC(silicon carbide) 저항 발열체는 현재 국내에서도 실험실용이나 산업용 배치식 전기로용으로 가장 많이 사용되고 있으나 국산화 기술 연구 사례가 없고 국내 생산 기업이 없어 전량 국외(스웨덴, 일본, 중국, 인도 등) 제품을 수입하여 사용하고 있어 국산화 기술 개발이 반드시 필요한 실정이다. 본 연구에서는 SiC 발열체의 현황, 특성을 분석하고 한국에너지기술평가원의 에너지수요관리 핵심기술개발사업(RS-2023-00234270)의 지원을 받아 수행하고 있는 SiC 발열체 국산화 개발 과정을 소개하고자 한다.

**PG3A-16 | Synthesis of Copper Oxide Nanostructures using a Surfactant-Assisted Method**

JANG Hye Seong[1], KIM Seungmin[1], *Gyeong Hee Ryu[1]
[1]Gyeongsang National University

Copper oxides have garnered considerable attention due to their excellent electrochemical properties based on various nanostructures. These properties find applications in diverse fields such as gas sensors and supercapacitors. Several methods have been proposed for synthesizing copper oxides, and we have synthesized them using a surfactant-assisted method, resulting in nanostructures of urchin-like and belt-like shapes at the water-air interface. We have systematically analyzed the shapes and crystal structures of the copper oxides synthesized for each morphology, elucidating that the dominant chemical bonding states differ depending on the shape. This study presents the correlation of chemical bonding based on morphology-controlled techniques and proposes detailed structural elucidation methods.

**PG3A-17 | SiC 코팅이 적용된 탄소-탄소 섬유강화복합재의 코팅방법에 따른 열충격 전후의 기계적 거동 비교**

안재연[1], 고성준[1], 이동헌[1], 배수빈[2], 이만영[2], *이기성[1]
[1]국민대학교, [2]국방과학기술연구소

다양한 분야에서 우주항공산업이 각광받고 있는 오늘날에 이르러, 고강도와 경량성을 필수적으로 만족해야 하는 우주항공소재에 대한 중요도가 높아지고 있다. 이에 따라 우수한 특성을 지닌 탄소-탄소 섬유 강화 복합재를 항공용 로켓 발사체에 적용하기위해, 소재 표면에 초고온의 환경에서 견딜 수 있는 코팅기법의 연구 또한 활발하게 이루어지고 있다. 탄소-탄소 섬유강화복합재(C/C Fibers-reinforced composites)는 우수한 고강도, 저비중의 특성을 가지고 있어 다양한 분야에서 활용하고 있으며, 주로 우주 항공 스페이스의 경량화를 위해 로켓 발사체 제조에 많이 활용되고 있다. 또한 1800K 정도의 초고온 환경에서의 열적 저항성을 위해 복합재 표면에 세라믹 소재를 코팅하는 방법을 적용하고 있다. 화학 기상 증착법 (CVD : chemical Vapor Deposit)과 화학 기상 반응법 (CVR : Chemical Vaper Reaction)을 이용하여 높은 밀도와 결합력의 세라믹 코팅을 얻을 수 있고, 이를 통해 열효율과 내산화성, 부품 수명 등을 향상시킬 수 있다. 따라서 본 연구는 탄소-탄소 복합재 위에 SiC코팅 방법의 차이에 따른 표면 거동과 고온에서의 열적 내구성을 평가하였다. 니들 펀칭 (Niddle Punching) 공정으로 제작된 모재 위에 CVD 또는 CVR 코팅 방법으로 SiC coating 된 C-C복합재를 제작하였다. 열충격장비를 이용하여 1500℃ 이상의 발사체 외부 환경을 가정하고, 고온과 상온의 반복적인 열적 환경에 노출시켜 표면 거동 차이를 확인하였다. 열충격 전후의 표면 구형압입 시험을 통해 열충격에 의한 기계적 거동을 고찰 및 비교하였다.

**PG3A-18 | Synthesis of nickel hydroxide nanosheets and its electrochemical properties according to phase transition to nickel oxide**

LEE Minjeong[1], JANG Yeongeun[2], YOON Gayoung[1], *LEE Seonghwa[1], *RYU Gyeong Hee[1]
[1]Gyeongsang National University, [2]Changwon National University

Transition metal hydroxides (TMHs) have several new functionalities by controlling nanostructures based on their size, morphology, and ordered structure. We synthesized Nickel-hydroxide nanosheets at the water and air interface using the surfactant assisted method, revealing a hexagonal island shape. The nanosheets, exhibiting a curly and wrinkled morphology with increasing surfactant concentration, boast a thin thickness of 3 to 6 nm. Following a simple heat treatment, the conversion to nickel oxide nanosheets occurred. Notably, nickel hydroxide sheets demonstrated superior catalytic properties for OER activity compared to nickel oxide sheets, attributed to enhanced active electron transfer. The work not only characterizes the synthesis process in detail but also proposes a straightforward phase transition, offering valuable insights into the structural and electrochemical properties of the resulting nanosheets.

**PG3A-19 | 열간가압소결된 질화알루미늄-질화규소 복합체의 기계적 특성 연구**

이주영[1], *조재훈[1]
[1]국립금오공과대학교

질화알루미늄은 우수한 방열 성능을 가진 소재로, 전기 절연성이 뛰어나고, 방열기판으로 널리 사용되는 $Al_2O_3$에 비해 월등히 높은 이론 열전도도를 가진다. 이러한 특성으로 인하여 질화알루미늄은 방열기판의 소재로서 유망한 가능성을 보여주지만 취약한 기계적 특성을 가져 그 활용 범위가 제한적이다. 이에 본 연구에서는 핫프레스 공정을 통해 AlN-$Si_3N_4$-$Y_2O_3$ 복합체를 개발하여 기존의 방열기판 소재보다 높은 기계적 특성을 지닌 기판 제조를 목표로 하였다. 질화규소 함량에 따른 변화를 확인하기 위하여 각각 0, 5, 10, 20, 30 wt%의 $Si_3N_4$ 및 5 wt%의 $Y_2O_3$를 질화알루미늄에 첨가하여 소결온도 1800 °C, 압력 30 MPa에서 2시간 핫프레스 소결을 진행하였다. 질화규소 함량 증가에 따른 기계적 물성 평가 및 미세조직 변화를 관찰하였으며 본 연구를 통해 AlN-$Si_3N_4$-$Y_2O_3$ 복합체의 방열기판 활용 가능성을 확인하였다.

**PG3A-20 | EB-PVD용 Ingot의 구조에 따른 용융 거동 분석**

박태준[1], 이계원[1], 최선웅[1], 김종일[1], 남산[2], *오윤석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

항공용 가스터빈 엔진은 1100도 이상의 고온 환경에서 작동하는데, 고온의 환경으로부터 부품에 전달되는 열을 최소화함으로써 부품을 보호하기 위해서는 Thermal Barrier Coating (TBC)이 필수적으로 적용된다. 이는 주로 고출력의 전자빔을 이용하여 세라믹 소재의 Ingot을 용융 및 증발시키는 Electron Beam Physical Vapor Deposition (EB-PVD) 공정을 통해 기판에 증착시키게 된다. Ingot의 용융은 전자빔의 출력과 위치 등에 의해 결정되며, 용융 풀의 안정성은 증착된 박막의 두께와 미세구조 등에 영향을 미친다.
본 연구에서는 TBC에 적용되는 상용 소재인 Yttria Stabilized Zirconia(YSZ)을 사용하여 Ingot을 제작하였다. EB-PVD 용융 중 Ingot의 파괴를 방지하고 균일한 용융을 유도하기 위해 조대 분말과 미립 분말이 혼합된 구조를 사용하였으며, 조대 분말의 크기 및 제조 방법에 따른 Ingot의 구조가 용융 거동에 미치는 영향에 대해 비교 분석하였다.

**PG3A-21 | Plasma etching resistance and characterization of MgO-based nanocomposites**

HAM Su Been[1,2], PARK Young-Jo[2], KIM Mi-Ju[2], KIM Ha-Neul[2], LEE Jae-Wook[2], KO Jae-Woong[2], YOON Seog Young[1], *MA Ho Jin[2]
[1]Pusan National University, [2]Korea Institute of Materials Science

The semiconductor manufacturing industry relies heavily on high-power plasma to achieve high aspect ratios during chip miniaturization. Ceramic components within semiconductor etching chambers, such as dielectric windows and focus rings, are also subjected to the effects of high plasma. The frequent replacement cycles of ceramics components within the chamber and the generation of non-volatile contaminants due to servere plasma attack result in a decrease in semiconductor production yield. We have conducted research on the exceptional plasma etching resistance of nanocomposite ceramics in a plasma environment containing fluorine. The erosion depth of this material is 40% less than that of conventional ceramic components. We have analyzed the relationship between etching properties, microstructure, and hardness of the nanocomposite ceramics. Therefore, these new nanocomposites show promise as excellent materials for ceramic components within chambers with superior resistance to plasma.

**PG3A-22 | Ti 첨가에 따른 Rare-Earth Doped Zirconia 물성 분석**

이계원[1], 박태준[1], 최선웅[1], 김종일[1], 이인환[2], *오윤석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

Yttria Stabilized Zirconia (YSZ)는 낮은 열전도도, 우수한 기계적 물성을 지니고 있어 다양한 분야에서 사용되고 있다. 그러나 YSZ는 1200℃ 이상의 고온 환경에 장시간 노출될 경우

이트리아(Yttria)의 확산에 의하여 지르코니아의 상변태가 발생하여 부피 변화가 발생하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위하여 란탄계 희토류를 YSZ에 Doping하여 고온의 환경에서 낮은 열전도도, 상안정성을 확보할 수 있는 조성에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 하지만 3가 산화물인 란탄계 희토류가 YSZ에 다량으로 첨가될 경우 지르코니아의 상이 Cubic상으로 변화하며, 지르코니아의 기계적 물성이 저하된다는 보고가 있다. 또한, 지르코니아에 4가 산화물인 Ti를 Doping할 경우 YSZ의 열전도도 감소와 상안정성 확보, 기계적 물성 향상을 얻을 수 있다는 보고가 있다. 이에 란탄계 희토류가 첨가된 YSZ 조성에 Ti를 첨가할 경우 소재의 물성 변화에 대한 고찰이 필요하다. 본 연구에서는 란탄계 희토류인 Nd 및 Yb이 첨가된 YSZ에 4가 산화물인 Ti의 첨가량을 조절하며 Ti 첨가에 따른 조성의 상형성 거동 및 물성 변화에 대한 고찰을 수행하였다. 조성 내 4가 산화물의 총량을 고정 후 Ti를 1, 5, 10 mol.% 첨가하는 조성 설계를 수행하여 Ti 첨가량에 따른 소재의 물성 변화를 분석하였다. 설계된 조성을 일축 가압 및 CIP 기법을 사용하여 성형체를 얻었으며, 이후 1600℃ 24시간 열처리를 통해 치밀화된 샘플을 얻었다. 제작된 샘플을 활용하여 상형성 거동 분석 및 열전도도 분석을 수행하였다.

**PG3A-23 | 니켈계 합금 바인더 적용을 통한 초경합금 기계적 물성 향상**

서준기[1], 송재민[1], 이도연[1], 양준열[1], *권한중[1]
[1]전북대학교

초경합금은 일반적으로 경질상(텅스텐 카바이드)과 결합상(금속 바인더)으로 구성되며 결합상으로는 대부분 코발트가 사용되고 있다. 금속 바인더는 텅스텐 카바이드 입자들 사이를 연결해주는 결합제 역할을 하며, 텅스텐 카바이드에 비해 상대적으로 낮은 융점으로 액상 소결이 가능하게 하는 역할을 한다. 또한 텅스텐 카바이드의 취성으로 발생할 수 있는 파괴 경향을 낮춰 초경합금으로부터 제조되는 절삭공구 수명을 증가하게 한다. 초경합금에서 주로 사용되는 금속 바인더는 앞서 기술한 코발트이며, 고온 환경에서의 높은 강도, 텅스텐 카바이드와 친화도가 커 소결성이 우수하다는 장점들로 인해 초경합금 금속 바인더 시장에서 80% 이상의 점유율을 나타낸다. 하지만 코발트는 한정적인 공급원으로 인해 높은 가격과 불안정한 수급 문제가 있고 인체에 유해하다는 점에서 대체 금속 필요성이 대두되고 있다. 기존에 연구된 코발트 대체 금속으로는 철, 니켈 등이 있었지만 기계적 물성 열세로 코발트의 완전한 대체가 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 초경합금 내 코발트 바인더 대체를 위해 기계적 물성이 우수한 니켈계 합금 적용 초경합금을 개발하고자 하였다. 기계적 물성에서 코발트 대비 열세인 니켈의 특성은 합금화를 통해 개선하였고 합금 원소는 니켈과의 고용 가능성, 금속 자체적인 경도 특성을 감안하여 선택하였다. 선택된 니켈계 합금 바인더는 최종적으로 초경합금 금속 바인더로 적용하여 니켈계 합금 바인더의 코발트 대체 가능성을 확인하였다.

**PG3A-24 | Effect of thermal annealing on the crystal structure of barium cerate**

LEE Heejun[1], KIM Yosep[1], KIM Jeongwon[1], KIM Woojin[1], YANG Seungmin[1], *BANG Joonho[1]
[1]Gyeongsang National University

Solid ionic conductors have received significant attention due to their promising applications in energy storage and conversion devices. Among them, barium cerate ($BaCeO_3$) is a mixed conductor that exhibits electronic and ionic transport phenomena. Numerous studies on ionic conductivity have been performed; however, the variation of the crystal structure of $BaCeO_3$ is not yet fully understood. In this study, we investigated the effect of thermal annealing on the crystal structure of $BaCeO_3$. By the solid-state reaction, a polycrystalline $BaCeO_3$ was crystalized in the Pnma space group and exhibited a wide variety of lattice parameters depending on the annealing atmosphere. When the reducing agent was used during the annealing process, the degree of octahedral distortion of $CeO_6$ units decreased, and finally, the structural phase transition was observed. More detailed studies on the relationship between ionic conductivity and the structural transition are currently underway.

**PG3A-25 | Effect of thermal treatment on the electrical properties of tantalum pentoxide**

KIM Yosep[1], LEE Heejun[1], KIM Woojin[1], KIM Jeongwon[1], *BANG Joonho[1]
[1]Gyeongsang National University

Ultra-wide bandgap oxide semiconductors have received extensive attention due to their superior electrical properties and inherent durability in harsh environments. Tantalum pentoxide ($Ta_2O_5$) is one of the ultra-wide bandgap oxide semiconductors that exhibits a high dielectric constant and refractive index. Due to its robust insulating nature, the electrical properties of $Ta_2O_5$ have been relatively underexplored compared to other ultra-wide gap semiconductors. In this study, we focused on the effect of thermal treatment on the electrical properties of polycrystalline $Ta_2O_5$. Through the thermal annealing under the reducing atmosphere, the electrical conductivity of $Ta_2O_5$ was significantly enhanced while preserving the orthorhombic crystal structure. The improved electrical conductivity of $Ta_2O_5$ may be explained by the formation of oxygen vacancies during the thermal treatment.

**PG3A-26 | 다양한 온도에서 소결된 이트리아 세라믹의 기계적 특성에 대한 Weibull 통계 분석**

김승욱[1], 손예지[1], *정대용[1]
[1]인하대학교

This study systematically investigated the microstructural evolution of hot-pressed sintered Yttria ceramics by varying the sintering temperature. Mechanical properties, including Vickers hardness, were rigorously assessed to gain insights into the material's response to different processing conditions. Furthermore, fracture toughness was derived from Vickers hardness measurements, and a comprehensive Weibull statistical analysis was conducted to understand the material's failure behavior. Our findings reveal distinct trends in mechanical properties as a function of sintering temperature. Specifically, the Shape and Scale parameters of the Weibull distribution exhibited significant variations in the temperature range where mixed crystalline and glassy phases coexisted. Notably, fracture toughness exhibited a pronounced decline at temperatures favoring the formation of glassy materials. Microstructural observations unveiled intriguing phenomena, including crack splitting and hackle formation, predominantly in the uncrystallized remnants of liquid phase specimens with increased density. The emergence of these fracture patterns underscores the role of microstructural changes within the grain boundaries. When crystalline phase transitions occurred, statistically processed fracture toughness data revealed a mean value of 1.39 ± 0.071 MPa, providing a robust confidence interval for Yttria ceramics. This research elucidates the complex interplay between microstructural variations and mechanical properties, shedding light on the critical factors influencing the performance and reliability of Yttria ceramics under varying sintering conditions.

**PG3A-27 | 세라믹 전구체를 이용한 프리프레그 제조 및 이의 적층 성형물의 수축변형 제어**

정한들[1], 김정애[1], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원

비산화물계 세라믹 기지상 복합재는 파괴인성을 비롯해 기계적, 내화학 특성이 우수한 소재로 열충격, 화염 안정성 등의 기능을 요구하는 소재로 사용된다. 세라믹 전구체는 주로 세라믹 섬유용 소재로 사용되는데, 공정상의 이점이 있어 기지상 소재로도 사용된다. 이 경우 전구체의 유동학적 특성을 이용하게 되지만, 열처리 과정에서 발생하는 중량감소와 이로 인한 수축변형 현상은 세라믹 전구체를 사용하는데 한계가 되곤 한다. 본 연구에서는 90° 방향으로 직조된 탄소섬유 패브릭에 광경화가 가능한 액상의 폴리카보실란을 도포, 경화하여 프리프레그를 제조하였으며, 이를 적층하여 섬유-전구체 프리폼을 성형하였다. 먼저, 프리프레그의 폴리카보실란 경화물의 열중량감소 결과를 토대로 온도구간별 중량감소 원인을 확인하였으며, 열처리 과정에서 발생하는 프리폼의 수축변형을 제어하고자 온도 구간별로 공정조건을 설계하였다. 다만, 본 연구에서는 수축 변형에 대한 영향을 효과적으로 관찰하기 위하여 매트릭스 층을 과도하게 도포하여 프리폼을 제조하였으며, 시편의 열처리 구간은 매트릭스 전구체의 휘발구간과 열분해 구간으로 구분하였다. 특히 열분해 구간에서는 가압 조건에 따른 변화를 확인하였으며, 단층촬영 분석을 실시하여 진공가압 조건에서의 형상 제어가 효과가 있음을 확인하였다.

**PG3A-28 | 방열 필러로의 활용을 위한 구상 $Al_2O_3$의 표면 질화에 미치는 $CaF_2$ 첨가 및 질화 압력의 영향**

장성민[1], AYMAN Muhammad Tsabit[1], 이상민[1], *윤당혁[1]
[1]영남대학교

AlN은 높은 열전도도(320 W/m•K)와 전기절연성(〉$10^{14}$ Ω·cm)을 보여주기 때문에 전기자동차용 고출력 기판 및 배터리의 방열 소재로 적합한 재료이다. 특히, 형상에 구애받지 않고 이차전지에서 발생하는 열을 효율적으로 방출시키기 위해서는 페이스트 형태로 방열재료를 제작하는 것이 바람직하다. 고분자 기지상에 AlN을 분산시킨 페이스트의 방열 효율을 증가시키기 위해서는 고분자에 비하여 열전도도가 높은 AlN 필러의 함량을 최대화할 필요가 있다. 방열 페이스트의 점도 증가를 억제하면서 필러의 함유량을 높이기 위해서는 매끄러운 표면을 가지는 구형의 필러를 제조하여야 한다. 하지만, $Al_2O_3$와는 달리 용융 AlN은 승화하려는 경향이 강하여 고온 용융을 통한 구상화가 어렵기 때문에, 본 연구에서는 크기가 다른 구상 $Al_2O_3$을 이용하여 이를 표면 질화 시킴으로써 $Al_2O_3$의 표면을 AlN으로 전환하여 열전도도가 높은 방열용 필러를 제작하고자 하였다. 출발 물질로는 직경 5$\mu$m와 45$\mu$m 크기의 구상 $Al_2O_3$를 사용하여 다양한 조건에서 질화처리를 한 결과, 온도의 증가에 따라 AlN 전환율은 상승하지만 분말의 형상이 파괴되는 문제가 존재하였다. 이를 해결하고자 질화 촉진제로 $CaF_2$를 첨가하여 상대적으로 저온에서 반응을 촉진함으로써 AlN 전환율을 높이고, 질화처리 압력의 변화를 통하여 입자의 표면 매끄러움과 구형화를 향상시키고자 하였다. $CaF_2$ 첨가량에 따른 경향을 파악하기 위해 AlN 대비 1 - 20 mol. %의 $CaF_2$를 구상 $Al_2O_3$와 함께 페놀 레진에 혼합하고 이를 열처리하여 탄소 환원 분위기를 형성하였으며, 1500℃에서 2L/min의 질소를 흘려주면서 8시간 동안 탄소 환원 질화처리를 함으로써 $Al_2O_3$의 표면을 AlN으로 전환시키고자 하였다. 또한, 압력이 분말의 형상과 표면 매끄러움에 미치는 영향을 파악하기 위하여 질화처리 압력을 1기압과 9기압으로 변경하여 열처리를 진행하였다. 최종 구형 분말에 함유된 탄소는 650℃ 공기 분위기에서 2시간 동안 열처리를 함으로써 제거하였다. 제작된 분말에 대해서는 XRD 및 Rietveld 분석을 통해 분말의 AlN 전환율을 평가하였으며, 분말의 미세구조를 SEM으로 관찰하고 $CaF_2$ 첨가량과 압력이 AlN 전환율과 분말 형상에 미치는 영향을 분석하였다.

**PG3A-29 | Effect of $TiO_2$ addition on crystal structure, microstructure, and dielectric property of the $Ba_{0.85}Ca_{0.15}TiO_3$ system**

JEONG Cheol[1], LEE Chul-Lee[1], *MOON Kyoung-seok[1]
[1]Gyeongsang National University

The impact of $TiO_2$ addition on the crystal structure, microstructure, and dielectric properties of $Ba_{0.85}Ca_{0.15}TiO_3$ (BCT), a potential dielectric for multilayer ceramic capacitors (MLCCs), was investigated. BCT powders were synthesized through a 1000°C for 4-hour by solid-state reaction, with $TiO_2$ added incrementally (0-2 mol%) and subsequently sintered at 1400°C for 2 hours. X-ray diffraction revealed a transition from a pseudo-cubic to a tetragonal crystal structure, enhancing tetragonality without secondary phases. Scanning electron microscopy indicated reduced grain size, potentially due to the $TiO_2$-segregation and increased the critical driving force for growth. The dielectric properties exhibited a decrease in dielectric constant and loss with $TiO_2$ addition. Curie temperature and capacitance change rate increased, possibly attributed to the tetragonal phase transition. Further research on microstructural changes over sintering time is essential for a comprehensive understanding of these phenomena.

**PG3A-30 | 고내산화 SiC섬유/세라믹 복합체의 마이크로파 가열 특성에 대한 열처리 온도와 압력의 영향**

이혁준[1,2], 김수연[1,2], 김태현[1,2], *정영근[2], *조광연[1], *주영준[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

Conventional ceramic materials like oxides, carbides, and nitrides are widely used for their excellent chemical and high-temperature resistance. However, their low fracture toughness and ductility raise concerns, particularly in aerospace and automotive sectors. As a result, composite materials with superior mechanical strength have emerged as promising alternatives for industrial applications. Carbon fibers and SiC fibers serve as common reinforcing materials for high-temperature resistant ceramic matrix composites (CMCs). While carbon fibers are cost-effective, they decompose in air above 400°C due to oxygen reaction. In contrast, SiC fibers offer high-temperature oxidation resistance due to numerous covalent bonds (~88%). Polymer-derived SiC fibers are valued for their heat resistance and efficiency, functioning as high-temperature heating elements and structural materials. They can generate heat above 1400℃ within 40–60 s when exposed to microwave energy and exhibit long lifetimes at temperatures up to 1400°C. The fabrication process typically involves converting thermoplastic polymer fibers into thermosetting fibers, followed by pyrolysis under an inert atmosphere to produce SiC fibers. These resulting amorphous SiC fibers, with a diameter of 10–15 $\mu$m and tensile strength of 1.5–2.0 GPa, find various applications. Porphyry, a volcanic rock rich in $SiO_2$ and $Al_2O_3$, is known for its ability to absorb and decompose harmful substances while emitting far-infrared (IR) rays. In this study, fine ceramic powder derived from grinding porphyry was incorporated into SiC fiber mats to improve their oxidation resistance and lifespan. Furthermore, variations in the pyrolysis process under pressures ranging from 0g to 887g were explored to analyze the bonding between SiC fibers and ceramic powder and its influence on heat-generating behavior.

**PG3A-31 | PZT의 조성과 어닐링 온도에 따른 에너지 저장용량 및 에너지 효율성 비교**

손예지[1], *정대용[1], *김승욱[1]
[1]인하대학교

A capacitor is a device used for the purpose of accumulating and emitting charges. The structure of the capacitor is that the two electrode plates face each other and there is a dielectric between the electrode plates. Therefore, when a voltage is applied, electric charges are accumulated in each electrode and a current flows. Due to the dielectric, electric charges cannot move and are accumulated between the two electrode plates. This dielectric stores electric charges in an electrostatic manner and has the property of rapidly changing polarization. In order to increase the voltage output of a dielectric having a rapid polarization change, it is necessary to increase the energy storage capacity. The energy storage capacity is proportional to the dielectric constant. Therefore, it is intended to improve the dielectric constant by realizing a thin film dielectric having a high permittivity and a low dielectric loss. The dielectric used PZT, known as a representative ferroelectric due to its high dielectric constant. In addition, AD process was applied to realize a high-density thin film without a sintering process. In order to compare the dielectric constant values, several samples of PZT were produced by varying the compositions of ZrO2 and TiO2. considering that ferroelectric properties improve with annealing temperature, three annealing temperatures of 450 °C, 550 °C, 650 °C were applied to measure the dielectric constant and dielectric loss of PZT. After measurement, the data values of each sample are compared to

determine the PZT composition with the highest storage energy and efficiency. These results could lead to improvements in PZT thin film capacitors.

**PG3A-32 | Functionalized $M_2CT_X$ (M=Sc, Ti, V, Cr, and Mn) sheet as an electrode material for lithium-ion battery via ab initio calculation**

CHOI Jiwoo[1], KIM Hyokyeong[1], BAE Inseong[1], SON Hayoung[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

MXenes like $Mo_2CT_X$, $V_2CT_X$, and $Ti_2CT_X$ have high rates, cycling stability, and capacity, making them promising electrode materials. The formation of $T_X$ depends on the etchant, and $M_2CT_X$ properties depend on surface termination groups. The risk and toxicity of HF etchant prompted researchers to avoid it. In this paper, we investigated the characteristics of Tx under ideal conditions, excluding the use of HF etchant. Thus, ab initio calculations were used to explore the suitability of functionalized MXene $M_2CT_X$ (M = Sc, Ti, V, Cr, and Mn; $T_X$ = Cl, S, O, and OH) as electrode materials. We screened promising materials by analyzing their electrical conductivity. $Cr_2CCl_2$ showed excellent electrical conductivity at the Fermi level. Our research also includes: 1) adsorption processes; 2) ion transport kinetics; and 3) electrochemical reactions. We aim to improve our understanding of 2D MXene materials for lithium-ion batteries.

**PG3A-33 | 칼슘 도핑을 통한 알루미나의 입자성장제어 및 AlN의 열전도도 특성 변화 연구**

김유빈[1], 임수빈[1], *피재환[1]
[1]한국세라믹기술원

질화 알루미늄은 높은 열전도성(320 W/mK)과 전기절연성을 가진 세라믹 재료이며, 고온 환경에서 안정한 특성으로 인해 차세대 방열소재로써 주목 받고 있는 재료이다. 질화 알루미늄의 열전도도를 저하시키는 원인으로 알려진 가장 대표적인 것은 재료 내 존재하는 불순물의 영향이다. 그 중, 산소 불순물은 산소가 격자구조에서 질소를 대체함에 따라 포논 전파를 산란시키는 공극을 형성하여 열전도도를 감소시킨다. 이러한 산소 불순물은 원료의 입자크기와 관련성이 있고, 일반적으로 작은 입자크기는 더 작은 결정구조를 형성하여 질화 알루미늄 내 잔존 산소량을 제어할 수 있는 것으로 보고되어 있다. Mg, Ca와 같은 2가 양이온 도펀트들의 첨가는 α-$Al_2O_3$의 상전이를 지연시키며 결정성장 및 소결에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 상전이 지연은 입자의 성장속도를 감소시켜 물질의 미세구조를 제어할 수 있다. 또한 이러한 도펀트는 결정경계에 편석 되거나, 이차상을 형성하여 결정성장 및 이동도를 감소기키는 용질장애 역할을 한다. 이때 칼슘(Ca)이 도핑 될 경우, 계면에 균질하게 편석되어 결정립의 성장을 억제하는 효과가 있다는 연구결과가 있다. 본 연구에서는 입자 성장 제어의 효과를 보고자 용해가 쉬운 산화 칼슘(CaO)과 염화 칼슘($CaCl_2$) 두 종류의 칼슘을 고순도 알루미나에 100ppm, 300ppm, 500ppm 으로 달리 첨가해주었다. 각각의 칼슘이 도핑된 알루미나를 사용하여 진공분위기에서 열탄소질화법을 통해 합성부터 소결까지 진행하였다. 그리고, 라만 분광법(Raman spectroscopy)을 통해 칼슘이 도핑된 알루미나에서 알루미나와 칼슘의 결합 상태를 확인하였으며, 칼슘의 도핑량에 따라 달라지는 질화알루미늄의 상분석과 결정립의 크기(XRD), 미세구조(SEM), 비표면적(BET), 소결 후 시편의 밀도와 열전도도(LFA) 변화를 통계적으로 비교분석 하였다.

**PG3A-34 | Oxygen incorporation in MAX phases: Insights into the structures and elastic properties of the Ti-Al-C-O and Ti-Al-N-O system**

KIM Hyokyeong[1], CHOI Junyoung[1], BAE Inseong[1], CHOI Jiwoo[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

MAX phases exhibit remarkable structural stability and mechanical properties. They are used in various applications, such as thermal barrier coatings (TBCs) for gas turbines. Ab initio calculations have explored the substitution of carbon (C) and nitrogen (N) with oxygen (O) in titanium-based MAX phases. Generally, $Ti_2AlC$ shows superior mechanical strength compared to $Ti_2AlN$. The difference between bulk moduli of $Ti_2AlO$ at 300 K and 2,000 K approximates 50.07 GPa, indicating that elastic properties at elevated temperatures are not well maintained. At each temperature, the shear and Young's moduli of $Ti_2Al(C_{1-x}O_x)$ and $Ti_2Al(N_{1-x}O_x)$ with $x \neq 1$ were greater than those of $Ti_2AlO$. Excessive O incorporation and elastic property degradation (less than 0.05 GPa/K) are observed. Despite its oxygen content, $Ti_2Al(C_{1-x}O_x)$ can be utilized as TBCs. MAX phases are highly favorable materials for extreme environments, and our findings offer valuable insights into the development of $Ti_2Al(C_{1-x}O_x)$ and $Ti_2Al(N_{1-x}O_x)$ tailored for harsh conditions.

**PG3A-35 | 증착 변수에 따라 증착된 CVD-HfC 코팅 층의 기계적 특성 및 내삭마 저항성 특성 평가**

이지수[1,2], 신동욱[2], *이현근[1], 김대종[1], 전병혁[1], 김원주[1]
[1]한국원자력연구원, [2]한양대학교

HfC(Hafnium carbide)는 높은 융점(3900 °C)을 가지고 있으며, 고온 산화 시 생성되는 $HfO_2$ (Hafnium dioxide)층 또한 높은 융점(2800 °C)을 가지고 있기 때문에 뛰어난 삭마 저항성 및 산화 저항성을 가지고 있다. 또한 우수한 기계적 특성과 낮은 열전도도 및 고체 상태에서 상변화가 없다는 특성이 있다. 이러한 특성으로 인해서 우주항공분야 및 핵융합로 등 극한의 환경에서

사용할 수 있는 내열 코팅 재료로서 적용하기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. HfC 코팅층을 증착하기 위해서 VPS(Vacuum plasma spray) process및 CVD(Chemical vapor deposition) process가 있다. CVD process는 VPS process보다 낮은 온도에서 높은 순도와 결정성이 우수한 HfC 코팅층을 제조할 수 있다는 장점이 있지만, 장시간의 제조 시간이 필요하고 증착된 코팅층의 미세구조 및 화학적 조성에 따른 기계적 특성 평가와 삭마 시험 평가에 대한 연구가 부족하다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 CVD process를 이용하여 증착 온도 및 입력 가스의 유량에 따라 HfC 코팅층을 증착하였고, 증착된 코팅층의 미세구조 및 화학적 조성에 따른 기계적 특성 평가와 삭마 평가를 통하여 증착률이 높고 치밀하며 내삭마 특성과 기계적 특성이 우수한 HfC 코팅층을 제조하고자 하였다. 증착된 HfC 코팅층의 화학적 조성을 파악하기 위해서 X선 회절 분석법, 라만 분광법, 오제이전자 분광법 및 X선 광전자 분광법을 이용하였고, 나노인덴테이션과 플라즈마 삭마 시험을 통해서 기계적 특성 및 내삭마 저항성 특성을 평가하였다.

**PG3A-36 | Advanced multi-layer ceramic films design via finite element analysis**

KYUNG Sooah[1], KIM Hyokyeong[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

Transition metal carbides have high hardness, fracture toughness, and melting points; they are used in cutting tools and environmental barrier coatings. High costs and inefficient carbide specimen manufacturing present challenges for experimental measurements. We investigated fracture toughness, including suitable-sized specimens and computational conditions. A 3-point bending test using finite element analysis (FEA) is used to evaluate carbide fracture toughness. Furthermore, to design coatings with high hardness, we presented the appropriate Young's modulus and thickness for high-hardness thin films based on Koehler's strengthening model. The stress distribution as a function of the stacking was confirmed by the bending results. The result showed optimal fracture toughness when laminated once or twice, indicating their potential use in cutting tools and thermal/environment barrier coatings.

**PG3A-37 | MAX phases with M, A, and X vacancies: High-temperature mechanical properties via MD simulation**

SON Hayoung[1], KIM Hyokyeong[1], CHOI Jiwoo[1], CHOI Junyoung[1], *KIM Jiwoong[1]
[1]Soongsil University

Titanium-based MAX is appropriate for high-temperature applications due to its excellent oxidation resistance, internal damage resistance, thermal shock resistance, and self-healing properties. The oxidation of MAX phases leads to the formation of oxide and self-crack healing, with vacancies in the M, A, and X sites. The experimental challenges, however, include controlling Ti and Al vacancies and producing dense specimens for high-temperature strain-stress curve measurements. Thus, computational simulations are necessary to accurately evaluate high temperature mechanical properties. In this study, we investigated the effect of temperature and M, A, and X vacancies on the Young's modulus of titanium-based MAX phases. As the temperature increased, the Young's modulus generally decreased. We also observed a significant decrease in Young's modulus, especially when the vacancy contents of Ti were 0.08 and 0.12. For high-temperature applications, a titanium-based MAX with Al vacancies is recommended, highlighting the importance of vacancy control.

**PG3A-38 | AlN 소결체 내 이차상 제어를 통한 열전도도 변화 연구**

임수빈[1,2], 원효진[2], 김유빈[2], 김종영[2], *송태섭[1], *피재환[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

높은 열전도도(W/mK)와 절연 특성(band gap ~6.0 eV)으로 주목받는 질화알루미늄(AlN)은 강한 공유결합 특성으로 인해 소결시 치밀화가 어려운 것으로 잘 알려져 있다. 소결체의 밀도가 열전도율에 큰 영향을 미치기 때문에 일반적으로 소결조제를사용하여 AlN을 소결한다. 소결조제 중 하 나인 이트리아($Y_2O_3$)는 AlN 입자 표면에 산소층과 결합, 액상 Y-Al-O 를 형성하여치밀화에 도움 을 준다. 그러나 YAP($YAlO_3$), YAP($Y_4Al_2O_9$), YAG($Y_3Al_5O_{12}$)와 같은 이차상들이 결정입계화 삼중점에 형성되어 포논 산란을 일으켜 열전도 특성을 저하시키는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 다양한 이차상들을 생성하고자 AlN의 합성 시간을 달리하여 잔존 산소량을 0.753wt%에서 1.619wt% 까지 조절한 AlN 파우더를 합성하였다. 잔존 산소량이 다른 AlN 파우더에 각각 5wt%의 이트리아를 첨가하였고, 어닐링 조건에 따라 이차상의 거동이 변화하는 것을 분석하였다. 어닐링 조건에 따라 이차상의 종류와 위치, 크기 등은 XRD, SEM 그리고 TEM을통해 확인하였다. 어닐링 시간이 증가함에 따라 열확산도가 향상되는 것을 확인하였다. 본 연구에서는 1700°C와 1750°C로 어닐링을 온도를 달리하여 이차상이 결정립 경계에서 삼중점으로이동하는 것을 확인하였으며, 이를 EDS를 통해 통계적으로 나타내었다.

**PG3A-39 | Electrochemical Properties of TiNbN Thin Films Deposited by Direct Current, Mid-frequency and Inductively Coupled Plasma Assisted Magnetron Sputtering**

KIM Yongsun[1], LEE Sumin[1], *CHUN Sung-Yong[1]
[1]Mokpo National University

TiNbN coatings exhibit improved electrochemical and mechanical properties, such as improved chemical

stability at room temperature, and are therefore finding applications in a wide range of fields such as orthopedic implant parts, surgical instruments, and rotary tools. Direct current magnetron sputtering (dcMS) can be used to coat hard, low friction coefficient and corrosion-resistant films. But, this technique causes to low deposition rate and ionization effectiveness. These disadvantages have improved with hybrid magnetron sputtering processes such as, mid-frequency magnetron sputtering (mfMS) and inductively coupled plasma assisted magnetron sputtering technique (ICPMS). ICPMS technique can be used for coating high quality and well adhered films. In this study, TiNbN films deposited on Si substrate using dcMS, mfMS and ICPMS. The crystallographic and microstructural properties of the films were determined using HRXRD and FESEM, respectively. The mechanical properties of the films such as hardness and elastic modulus were also determined by nanoindentation tester. Magnetron Sputtering, Mid-frequency, TiNbN, Thin films

**PG3A-40 | $(Sm_{0.250}Gd_{0.250}Dy_{0.250}Yb_{0.250})_2(Ti_XZr_{0.500-X/2}Hf_{0.500-X/2})_2O_7$ (X : 0.005~0.17) 고엔트로피 산화물의 결정왜곡에 따른 기계적, 열적 특성에 미치는 영향**

김수현[1], *배성환[1], 김세윤[1], 김민준[1]
[1]경남대학교

열차폐 소재 개발을 위해 조성 조절을 통한 결함 형성, 결정격자 왜곡, 고엔트로피화 등을 활용하여 고온 열전도율을 감소시키기 위한 연구가 진행중에있다. 조성조절을 통한 2차상 없이 격자왜곡을 활용하여 열전도율을 감소시키는 메커니즘의 경우 국부적 특성 차이가 없이 균일한 특성을 얻을 것으로 기대할 수 있다. 본 연구는 $(Sm_{0.250}Gd_{0.250}Dy_{0.250}Yb_{0.250})_2(Ti_XZr_{0.500-X/2}Hf_{0.500-X/2})_2O_7$ (X : 0.005~0.17) 고엔트로피 산화물을 합성하여 격자 왜곡이 열전도율에 미치는 영향을 확인하였다. X-Ray Diffraction(XRD)을 활용, 결정상, 격자상수, 결정격자 왜곡, 재료 내 2차상 존재 유무를 확인하였다. 내부 조성편차 및 편석 유무를 확인하기 위해 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectrometer(SEM-EDS)을 통해 확인하였다. 기계적 특성을 확인하기 위해 Vickers Hardness 분석하였다. 열확산계수와 열팽창계수를 분석하기 위해 Laser Flash Analyzer(LFA)와 Thermomechanical Analyzer(TMA)를 활용하였다. Neumann-Kopp 규칙에 따라 비열을 계산, 열전열전도 계산할 때 활용하였다. 본 연구를 통해 결정구조왜곡이 실제로 열전도율 감소에 긍정적 영향을 미치는 것을 확인하였으며 기존 가스터빈 열차폐 소재를 대체 및 성능 향상을 기대할 수 있다.

**PG3A-41 | $B_2O_3$의 첨가가 MgO의 미세구조 및 열전도도에 미치는 영향**

장혜정[1], 손희진[1], 하수진[1], 문영국[1], 차현애[1], 최종진[1], 한병동[1], 이정우[2], *안철우[1]
[1]한국재료연구원, [2]부산대학교

첨단 산업의 빠른 발전과 더불어 전자부품에서 발생하는 열을 외부로 방출하는 역할을 하는 열관리 소재인 방열 소재의 개선이 요구되고 있다. 현재 저가 고열전도성 세라믹 소재로는 $Al_2O_3$가 많이 사용되고 있으나, $Al_2O_3$는 효과적인 배터리의 열 관리를 하기에는 다소 낮은 열전도도(20-35 W/mK)를 가지기 때문에 추가적인 연구나 대체 소재가 필요하다. $Al_2O_3$보다 높은 열전도도를 가지는 저가 고열전도성 세라믹 소재 중 MgO(40-60 W/mK)는 1800-2000℃의 높은 소결 온도와 공기 중의 수분과 반응하는 흡습성을 가지기 때문에 방열 소재 및 산업체에서 사용되지 못하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 MgO를 방열 소재로 사용할 수 있도록 $B_2O_3$를 첨가하여 소결 온도를 낮추고 흡습성 문제 해결 및 열전도도 향상을 시도하였다. 결과적으로 1300 - 1400도의 온도에서 결정립 성장 및 치밀화가 일어났다. 또한, 52- 54 W/mk의 열전도도를 보였고 수분 반응 테스트 결과 수분 반응하지 않았다. 본 발표에서는 $B_2O_3$을 첨가를 통해 MgO에 미세구조 및 열전도도에 미치는 영향에 대해서 소개한다.

**PG3A-42 | 압출기반 3D프린터를 사용하여 제조된 폴리머 전환 SiC 세라믹스의 마이크로파 발열**

김태현[1,2], 이혁준[1,2], 김수연[1,2], 정영근[2], *조광연[1], *주영준[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

탄화규소(Silicon Carbide, SiC)는 고온에서 기계적 물성이 뛰어나고 내마모성, 전도성 등이 뛰어나 물리적, 화학적으로 뛰어난 소재이다. 이러한 특성으로 우주항공 분야에서 세라믹 매트릭스 복합체(Ceramic Matrix Composites; CMCs)의 보강재로 연구되고 있다. 그러나 SiC의 난소결 특성으로 인해 고분자를 출발물질로 하여 성형하고 경화 과정을 거쳐 열분해 과정을 통해 세라믹으로 변환하는 고분자 유래 세라믹(Polymer-Derived Ceramic, PDC)법이 복잡형상 SiC 세라믹을 제조하기 위해 활용되고 있다. 특히, PDC 기술은 적층제조(Additive Manufacturing, AM) 공정과의 융합으로 복잡하고 소형의 SiC소재부품을 필요에 따라 즉시 제조할 수 있다는 장점이 있다. 다양한 AM 공정 중에서 압출식(extruder type)은 빠른 생산속도를 갖지만 정교하게 배합된 프린팅 용액 또는 필라멘트가 필수적으로 요구된다. 본 연구에서는 압출식 3D프린팅 기술을 적용하여 세라믹 프리커서 성형체을 준비하고 경화 및 열분해를 통해 SiC 성형체를 제조하였다. 또한, 세라믹 전구체인 폴리카르보실란(Polycarbosilane, PCS)을 용매에 녹인 후 압출하여 뽑아내게 되면 프린팅 용액의 점도, 프린팅의 속도, 분위기 등에 의해 흘러내리는 현상이 나타난다. 고형분 역할로 추가된 비정질 SiC 분말은 열분해 후 PCS로부터 전환된 SiC와 결합력을 가져 프린팅 중 형상을 유지하는데 도움을 줄 뿐만 아니라 열처리 후 성형체의 강도 향상에도 영향이 있었다. 복잡형상 성형체는 불활성 분위기 중 1300℃에서 열처리하여 SiC성형체로 제조되었으며, 2.45GHz의 마이크로파 하에서 수십 초 내 1000℃ 이상으로 발열하는 것을 관찰하였다.

**PG3A-43 | Electrochemical Properties of TiNbN Thin Films Deposited by Inductively Coupled Plasma Assisted Magnetron Sputtering**

CHOI Hansoo[1], RYU Yeeun[1], *CHUN Sung-Yong[1]
[1]Mokpo National University

The Ti-Nb-N system is among the group IV to VI transition metal nitrides, which are known to exhibit enhanced physical and mechanical properties such as high hardness, elastic modulus, good electrical conductivity, and elevated chemical stability at room temperature. Magnetron sputtering technique can be used to deposit corrosion resistant and high wear resistant films. However, this technique causes to low deposition rate and ionization effectiveness. These disadvantages have improved with inductively coupled plasma assisted magnetron sputtering technique (ICPMS). ICPMS technique can be used for coating high quality and well adhered films. In this study, TiNbN films deposited on Si substrate using ICPMS. The crystallographic and microstructural properties of the films were determined using HRXRD and FESEM, respectively. The mechanical properties of the films such as hardness and elastic modulus were also determined by nanoindentation tester. Magnetron Sputtering, Inductively Coupled Plasma, TiNbN, Thin films

**PG3A-44 | Cr 및 Mo 함량에 따른 용융염 원자로용 Fe 및 Ni계 합금의 내부식성**

김수형[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

원자력 발전에 대한 관심이 커짐에 따라 원자력 발전소 사고를 배제할 수 있는 새로운 개념의 4세대 원자로에 대한 연구가 진행되고 있다. 4세대 원자로 중 용융염 원자로 (Molten Salt Reactor)는 냉각재로 물 대신 용융염을 사용하며 대기압에서의 작동, 높은 안전성, 높은 열효율 등의 장점을 가지는 원자로이다. MSR은 물이 아닌 용융염 환경에서 작동하기 때문에 구조재의 높은 내부식 특성을 요구한다. 염소계 염을 사용하였을 때, 연료의 농축이 쉽고 수소 생산의 부가적 이점이 있어 염소계 염에 대한 연구가 진행 중 이다. 따라서 MSR의 구조재는 염소계 염에서의 안정적인 내부식 특성을 가져야 한다. 본 연구에서는 Fe 및 Ni계 합금이 염소계 염에서 가지는 내부식 특성에 대한 연구를 진행했다. $AlCl_3$가 추가된 염에서는 SUS316L, Hastelloy C-276, Hastelloy N이 각각 158.56$\mu$m, 27.57$\mu$m, 46.57$\mu$m의 부식 깊이를 가졌으며, $CeCl_3$가 추가된 염에서는 180.00$\mu$m, 46.43$\mu$m, 40.86$\mu$m의 부식 깊이를 가지는 것을 확인했다. SUS316L은 표면 및 내부에서의 부식이, Hastelloy N은 표면에서의 부식이 관찰되었다. SUS316L, Hastelloy C-276, Hastelloy N 중 Hastelloy C-276이 좋은 내부식 특성을 가지는 것이 확인되었고, Cr 및 Mo의 함량에 따라 가지는 내부식 특성이 달라지는 것을 확인했다. 따라서 Hastelloy C-276이 MSR의 구조재 후보 물질로의 가능성을 보여준다.

**PG3A-45 | 분말 형상을 제어한 마그네시아를 이용한 열계면소재용 필러 제조기술 개발**

임동진[1,2], 조한울[2], 김정헌[2], *송태섭[1]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

전기차용 대형 배터리의 경우 사용자의 안전을 위해 높은 수준의 열관리가 필요하다. 이에 고성능의 열계면소재(TIM, thermal interface materials)의 개발이 요구되고 있다. 기존의 알루미나를 필러로 제조한 TIM의 경우 열전도도가 약 3~5W/mk 수준이나 최근의 전기차용 배터리 패키지에서는 약 5-10W/mk 수준의 높은 열전도도가 요구되고 있다. 알루미나의 열전도도는 30W/mk인 반면 마그네시아의 열전도도는 45~60W/mk로 더 높은 열전도도를 가져 자동차 배터리용 TIM 필러로 활용할 경우 더 높은 열전도 성능을 기대할 수 있다. 이에 본 연구에서는 TIM 필러로 알루미나 만큼 저렴하면서도 열전도도가 우수한 마그네시아를 기존 원료인 순도 96%, 40~50$\mu$m의 입도를 갖는 마그네시아와 산소 연속 버너 공정을 진행한 마그네시아의 복합체 열전도도 비교 연구를 수행하였다. 복합체에 사용된 에폭시는 마그네시아(순도 96%, 입도 40~50$\mu$m)와 에폭시 수지(spec)를 복합화하여 TIM을 구현하였으며, 복합화 성형시 에폭시 내부에 마그네시아의 분산이 원할하게 하기 위해 분말 표면에 소수성 코팅을 진행하여 제타 포텐셜을 사용해 분산성을 측정하였다. 코팅된 분말은 에폭시 수지와 부피비를 2:1에서 6:1까지 늘여서 복합화 성형을 진행하였다. 복합체의 성형 밀도를 증가시키기 위해 탈포기와 프레스를 이용하여 압축 성형하였다. 그렇게 제조된 복합체의 밀도는 3.02로 상대밀도는 91%정도로 측정되었다. 3점 곡강도는 40Mpa측정되었으며, 기존 마그네시아 원료의 에폭시 복합체를 LFA로 열전도도 측정 결과 6~7W/mk로 측정되었다. 반면 산소 연속 버너 공정을 진행한 마그네시아의 에폭시 복합체의 열전도도 측정 결과 8~9W/mk로 측정 기존의 알루미나 TIM 필러와 형상을 제어하지 않은 원료 분말보다 높은 열전도도를 갖는 마그네시아 TIM 필러를 얻을 수 있었다. 향후 필러 제조시 탈포 과정을 진행함에 있어 간략화를 진행한다면 기존 산업에 적용할 수 있을 것이라 판단된다.

**PG3A-46 | $NH_4F$ 염 침지공정을 이용한 $Y_2O_3$ 표면의 $Y_xO_yF_z$ 코팅층 형성**

최지원[1], 임유나[1], *김강덕[1], 김대근[2], 석혜원[2]
[1]경기대학교, [2]Hansol IONES Co., Ltd.

현재 반도체 공정에서는 식각 공정의 전처리 공정으로 챔버 내부를 미리 동일한 기체 환경에 노출시켜 챔버 내벽에 F 이온을 포함한 표면층을 생성시키는 시즈닝 공정을 적용하고 있다. 전처리 공정으로 인한 시간 및 비용의 문제를 감소시키기 위해서는 챔버 내부의 $Y_2O_3$ 소재의 표면 불소화가 요구된다. 본 연구에서는 Atmospheric Plasma Spray (APS) 방법으로 코팅한 $Y_2O_3$ 코팅층의 표면 불소화를 위해 $NH_4F$ 염을 이용하여 $Y_2O_3$ 코팅층 일부를 침지시킨 후 열처리하여 $Y_xO_yF_z$ 층 생성을 목표로 하였다.

$NH_4F$ 염을 이용하여 형성된 층의 물성분석을 위해 SEM, EDS, XRD, XPS 및 경도 분석을 수행하였다. 표면 및 파단면 미세구조 분석결과, $NH_4F$ 염 30, 40wt% 침지 후 열처리 시 변화된 코팅층이 관찰되었다. 또한 EDS를 이용한 파단면의 분석결과, 깊이 방향으로의 F 확산이 관찰되었으며, 염 농도가 증가할수록, F 피크의 강도가 증가하는 것이 관찰되었다. XRD 분석결과, 열처리 온도 증가 시 모든 시편에서 YOF 및 $Y_6O_5F_8$ 생성을 확인하였다. 표면 XPS 분석결과, Y-F 결합의 존재를 통해 모든 시편에서의 표면 불소화를 확인하였다. 표면 경도 분석결과, $NH_4F$ 염 침지 시 기존 $Y_2O_3$ 코팅층(5.94GPa)보다 27% 향상된 경도 값(7.55GPa)을 가지는 시편 제조가 가능하였다.

**PG3A-47 | 진공 플라즈마 용사(VPS)법을 이용한 $Y_2O_3$ 코팅막 제조 및 특성 분석**

임유나[1], 최지원[1], *김강덕[1], 김대근[2], 석혜원[2]
[1]경기대학교, [2]Hansol IONES Co.. Ltd

반도체 및 디스플레이 소자를 제조하는 식각 공정 장비의 내부는 플라즈마에 대한 우수한 내식성이 요구되며, 현재 내식성 향상을 위해 세라믹(이트리아, 알루미나) 분말을 대기압 플라즈마 용사(APS) 기술을 이용하여 장비 내부 표면에 코팅하는 방법이 주를 이루고 있다. 그러나 기존 대기압 플라즈마 용사 코팅의 경우 우수한 생산성에 비해, 균일한 고밀도 코팅층을 형성하기 어려워 불순물과 오염 물질의 양이 비교적 많이 생성되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 $Y_2O_3$ 분말이 적용된 고밀도 코팅층 형성을 위해 진공 플라즈마 용사(VPS) 코팅법을 적용하고 기존 APS 코팅법으로 제조된 코팅막과의 특성을 비교 분석하였다. 코팅층의 결정상 및 표면 상태를 분석하기 위해 XRD와 XPS 분석을 진행하였으며, SEM/EDS, 표면 조도, 경도 및 기공률을 관찰하였다. 코팅층의 XRD 분석 결과 코팅법에 상관없이 $Y_2O_3$ 결정상이 관찰되었으나, EDS 분석 시 APS와 VPS에 의한 코팅층의 Y와 O원소의 정량적 차이가 있음을 확인하였다. XPS분석 결과, 코팅 공정에 따른 코팅층 표면의 Y3d와 O1s의 결합 스펙트럼 차이가 관찰되었다. 표면 및 파단면의 미세구조를 SEM으로 분석한 결과 APS 코팅법으로 형성된 코팅층은 입자의 불균일한 융착으로 인한 거친 표면을 형성하였으며, VPS 코팅법으로 형성된 코팅층은 상대적으로 낮은 표면조도($R_a$:3.924)를 나타내었다. 코팅막의 표면 경도 측정 결과, VPS 코팅법으로 제조된 코팅층의 경도는 7.56GPa로 APS 코팅법으로 제조된 코팅층의 경도 5.94GPa보다 높은 값을 나타내었다.

**PG3A-48 | Pd2Si dealloying of Pd2Si-SiOC fiber for fabrication of Pd-SiOC fiber**

김진례[1], *류도형[1]
[1]서울과학기술대학교

Pd is a catalyst that is evaluated as a promising catalyst in the future in terms of energy and environment. Stable maintenance of high catalytic activity at high temperatures is a major challenge. To this end, we tried to produce Pd-Si(O)C fibers dispersed in Pd nano size. Si(O)C support, a representative material used at high temperatures, was used. In addition, Pd-PCS fibers were heat-treated in an inert atmosphere to prepare a Pd2Si metal compound. Pd dealloying were performed through oxidation of silicon to prepare a Pd catalyst having a high surface area.

In this study, palladium acetylacetonate was used as a precursor for Pd, and a polycarbosilane (PCS) pre-ceramic polymer was used as an Si(O)C matrix. The Pd-PCS solution was prepared by mixing at room temperature, and it was prepared in the form of a fiber through electrospinning. Pd2Si-Si(O)C fibers produced by heat treatment for 1 hour in an Ar atmosphere using an alumina tube furnace are reported as Pd2Si dealloyed together with Pd, Pd, SiC, and SiO2 by heat treatment at 600°C, 800°C, 1000°C, and 1200°C in an air atmosphere, respectively.

**PG3A-49 | 극한환경 리튬이온 슈퍼커패시터용 다공성 SiC 마이크로 입자 합성 및 미세구조 분석**

김수연[1,2], 이혁준[1,2], 김태현[1,2], 정영근[2], *조광연[1], *주영준[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

탄화규소 (SiC) 다공체는 고온에서 기계적 특성 및 내산화, 내식성과 같은 화학적 특성이 매우 우수할 뿐만 아니라 큰 비표면적, 장수명, 흡착 및 저장의 우수한 특성으로 필터, 촉매, 에너지저장장치 등 다양한 산업에서 활용되고 있다. 하지만 현재까지 특정 형상을 갖는 SiC 다공체 소재부품 등의 연구는 진행되고 있으나, 취급성이 우수하며 단위 무게당 더 넓은 비표면적을 가지는 분말 형태(〈50 $\mu$m)의 meso-porous SiC에 대한 연구는 더 필요한 시점이다.

본 연구에서는 기존 리튬이온 슈퍼커패시터가 가지는 고온에서의 열수축 및 효율 저하의 한계를 극복하고, 1000℃ 이상의 고온에서도 높은 수명을 갖는 극한 환경용 슈퍼커패시터를 위해 SiC 분말의 미세구조를 제어하여 meso-porous SiC 분말을 합성하였다. 특히, SiC 분말의 열처리 공정 온도 및 시간 조건을 달리하는 열분해법과 고분자 물질을 사용한 템플릿 방법을 이용하였다. 먼저, 열분해법은 1400℃에서 meso-porous가 표면을 위주로 형성되었다. 1800℃ 이상에서는 과도한 열분해로 인해 다공체 형상이 쉽게 무너지는 문제를 보였다. 가장 기공이 잘 발달된 1600℃로 온도조건을 설정했으나 기공의 깊이감을 가지기 어려웠다. 템플릿 방법에서는 표면보다는 내부의 깊은 기공이 잘 형성되었다. 따라서 열분해법과 템플릿법을 복합하여 사용하여 표면과 내부의 기공을 모두 형성하는 방법을 진행하였다. 그 결과 meso-porous SiC 형성이 가장 우수함을 보였다.

**PG3A-50 | Al2O3-Y2O3-CaO계 첨가제가 AlN 기판 밀봉 및 계면 구조에 미치는 영향**

권세진[1], 김도원[1], 성현우[1], 최승곤[1], 김승욱[2], 이화평[2], *정대용[2]
[1]원익큐엔씨, [2]인하대학교

To meet the sealing demands of aluminum nitride (AlN) heater, ceramic joints between AlN were investigated.

Avoid the property degradation of joint layer resulting from high temperature joining process, Al2O3-Y2O3-CaO additive was used as a low temperature sintering aid. AlN plates joined with different composition of pastes were heat treated in an argon flux at temperature of 1600 °C without applying any pressure. The effect of additive on the interface and the microstructural analysis were performed by SEM, XRD, and DSC. After joining, some residual pores were observed in the interlayer and the thickness of the joint layer was shown to depend on the additives composition, ranged from about 20–25 $\mu$m. Leak testing showed that specimens using the paste have excellent hermetic sealing with leak rates below the level of 10-11Pam3/s.

**PG3A-51 | Grain growth behavior and dielectric property of the $SiO_2$ added $Ba_{0.85}Ca_{0.15}TiO_3$ system**

LEE Gyeong-Lim[1], LEE Chul-Lee[1], *MOON Kyoung-Seok[1]
[1]Gyeongsang National University

The impact of $SiO_2$ on the structure and dielectric properties of $Ba_{0.85}Ca_{0.15}TiO_3$ (BCT) was investigated. BCT powder was synthesized via solid-state reaction at 1000°C, followed by sintering at 1400°C for 2 hours with varying $SiO_2$ content. Both 1300°C and 1400°C sintered BCT exhibited a single-phase pseudo-cubic structure. $SiO_2$ addition induced a transition to a tetragonal structure. At 1300°C, a phase transition occurred with 1 mol% $SiO_2$, while at 1400°C, it began with 0.5 mol%. At 1400°C, grain size and densification increased with $SiO_2$ addition. However, at 1300°C, grain growth was suppressed, except with 4 mol% $SiO_2$, resulting in abnormal behavior. At 1400°C, increasing $SiO_2$ led to reduced dielectric constant, and 0.5 mol% $SiO_2$ exhibited the lowest dielectric loss. Additional $SiO_2$ increased dielectric loss. $SiO_2$ addition raised the Curie temperature (Tc) and increased capacitance change. The observed effects are attributed to the $SiO_2$-induced transition to a tetragonal crystal structure.

**PG3A-52 | 사고저항성 핵연료 소결체의 LFA를 이용한 열확산도 분석 및 시편 준비 영향 평가**

*윤지해[1], 김동석[1], 양재호[1], 이지환[1], 김동주[1]
[1]한국원자력연구원

LFA(Laser Flash Analysis) 방법은 빛이나 레이저를 이용해 시편의 한쪽 면에 순간적으로 열을 가하고, 반대쪽 면의 온도 변화를 시간에 따라 측정함으로써 열확산도를 평가하는 방법으로, 측정된 열확산도를 바탕으로, 시편의 밀도와 비열을 고려하여 열전도도를 계산할 수 있다. LFA 방법은 비파괴적이며 빠르고 정확한 측정이 가능해, 다양한 재료의 열적 성질을 평가하는데 널리 사용된다. 본 발표에서는 LFA 방법을 활용하여 세라믹 소재 시편의 열확산도를 측정할 때, 시편 준비 방법이 측정 결과에 미치는 영향을 평가하고자 한다. 시편의 형상 및 크기, 코팅이나 연마와 같은 표면 처리방법 등 다양한 변수들을 고려하여 실험을 수행하였으며, 이와 같은 변수들이 열확산도 측정 값에 어떠한 영향을 미치는지 평가하였다. 한국원자력연구원이 개발중인 사고저항성 핵연료 소결체는 $UO_2$ 소결체 내 금속 물질의 복합화를 통해 소결체의 열전도도를 향상시켜, 핵연료의 중심 온도를 낮추고, 핵분열 생성물의 방출 저감과, 고온 안정성 등 다양한 장점으로 원전 안전성 및 효율 향상을 목표로 하고 있다. 이와 같은 핵연료 소결체 소재의 열전도도 분석은 사고저항성 핵연료 개발에 있어 특히 중요하며, 본 시험 평가의 결과를 바탕으로 핵연료 소결체의 열전도도 분석과, 향후 핵연료 소재 개발 및 열 물성 평가에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

**PG3A-53 | 수소열처리에 따른 SiC-HfC 나노복합세라믹섬유의 결정화 거동**

문찬석[1], *류도형[1], 황건호[1], 배성군[2], 신동근[2]
[1]서울과학기술대학교, [2]한국세라믹기술원

Previous study reported the fabrication SiC-HfC nanocomposite fiber with oxidation curing Hf-Al doped PCS fiber by combining aluminum acetylacetonate, hafnium acetylacetonate, and polycarbosilane. After that Carbon is controlled with cross-linked oxygen during carbo-thermal reduction above temperature 1400℃. This led to the thorough investigation of near-stoichiometric SiC-HfC nanocomposite fibers with superior high-temperature properties.

In contrast to previous studies, we studied the heat treatment of E-beam-cured Hf-Al doped PCS instead of oxidation-curing Hf-Aldoped PCS. In the process of heat-treatment the well-known stoichiometric SiC fiber (Hi-Nicalon type S), the E-beam curing PCS fiber is uesd hydrogen treatment process, so we wanted to introduce hydrogen heat treatment in this study as well.

In addition, the heat treatment results according to the atmosphere of the fiber after hydrogen treatment, the combination of a 50:50 nitrogen-argon gas mixture yielded phase-pure HfC-SiC fibers. In contrast, a hafnium oxide phase was observed in an argon atmosphere and a nitride in a nitrogen atmosphere. Based on this result, this study accept 50:50 nitrogen-argon gas mixture after hydrogen treatment, and focuesd on hydrogen treatment.

The presence of hydrogen heat treatment or the temperature of the hydrogen heat treatment not only controls the excess carbon in the fiber, but also affects the formation of the amorphous interphase after the final heat treatment process. Therefore, we wanted to

find out whether hydrogen heat treatment is necessary for optimal SiC-HfC nanocomposite fiber, and if so, how much hydrogen heat treatment is required. During this process, oxygen was unintentionally contained inside the E-beam cured HA-PCS Precursor, and how this could affect the final heat treated fiber was analyzed using methods such as XRD, XPS, SEM, and TEM.

**PG3A-54 | SiC Fiber Synthesis Process from Electron Beam Cured PCS: Heat Treatment in a Vacuum Atmosphere for Radical Removal**

Kim Woojun[1], BAE Geonwan[1], *Riu Dohhyung[1], KIM Jinrye[1]
[1]Seoul National University

Other research in our laboratory show that SiC fibers with strong strength at high temperatures were produced through the heat treatment process of electron beam-cured polycarbosilane. In this process, CH4 was discharged through hydrogen heat treatment to remove excess carbon, which made it possible to ideally match the Si/C ratio. In the previous research, heat treatment was performed in Ar atmosphere to remove radicals generated in the hydrogen heat treatment. Thereafter, SiC fibers were sintered and crystallized through up to 1600 degrees in Ar atmosphere. In the process of synthesizing SiC fibers, the fiber's excess carbon is removed through hydrogen heat treatment, and the radicals generated at the place where carbon is removed from the fiber are very sensitive to oxygen. And these radicls cause pores to be formed in the fiber when combined with oxygen. Since This causes the fiber to degrade in properties, it is an essential process to remove radicals in an atmosphere where oxygen has been removed. When comparing the vacuum degree of the rotary pump used for the vacuum atmosphere and the oxygen partial pressure in the argon atmosphere, it was calculated that the oxygen content in the vacuum atmosphere using the rotary pump was lower than in the argon atmosphere. Therefore, the use of a vacuum atmosphere in the process of removing radicals generated by hydrogen heat treatment is expected to be used as a more effective method in situations where it is very important to form an atmosphere in which oxygen has been removed. Through this process, the heat treated fibers were analyzed through SEM and XRD, Through comparison and analysis with fibers heat-treated in different atmospheres analyzed by the same instrument and measurement method, the heat treatment of fibers in a vacuum atmosphere was studied as an effective method of removing radicals.

**PG3A-55 | Implementing Selectivity using Colloidal Ceria Nanoparticles in Advanced STI CMP**

KIM Youngseo[1], HONG Seokju[1], KIM Dongwon[1], LEE Kangchun[1], *AN Gye Seok[1]
[1]Kyonggi University

The utilization of ultra-fine colloidal ceria nanoparticles (NPs) in advanced shallow trench isolation (STI) chemical mechanical planarization (CMP) has attracted considerable interest for its potential in reducing scratches. However, the poor removal rate, caused by the interaction between the abrasive and traditional passivation agents, limits the adoption of ultra-fine colloidal ceria NPs. Here, we propose a nonionic polymer, polyvinyl alcohol (PVA), as a novel passivation agent to mitigate the hydrolysis reaction of $Si_3N_4$ during STI CMP, without particle interaction. The adsorption of PVA onto the $Si_3N_4$ reduces its removal rate by inhibiting the hydrolysis reaction through hydrogen bonding, while maintaining a constant removal for $SiO_2$ film. Furthermore, the enhanced fluidity of the slurry, resulting from improved wettability between the pad and slurry, leads to potentiated uniformity in $SiO_2$ removal. Consequently, the removal selectivity has been increased to 113.4:1, and the in-wafer uniformity of $SiO_2$ has been improved by 96.8%, simultaneously.

**PG3A-56 | Investigating Effect of co-adding $Dy_2O_3$ and $Yb_2O_3$ on the crystal structure, microstructure, and dielectric property of $BaTiO_3$**

HWANG Si-Yeon[1], *MOON Kyoung-Seok[1]
[1]Gyeongsang National University

The effect of co-adding $Dy_2O_3$ and $Yb_2O_3$ on the crystal structure, microstructure, and dielectric property of $BaTiO_3$ (BT) was investigated. The 1.0 at% or 2.0 at%-doped BT powders were synthesized via a solid-state reaction at 950°C for 4 hours, followed by sintering at 1300°C for 4 hours with varying $Yb_2O_3$ content (0, 0.5, 1.0, and 2.0 mol%). The resulting samples revealed the of Dy-rich phases, indicating partial substitution of $Yb_2O_3$ at the Ti-site. Microstructural analysis of the sintered samples showed that the samples with 2.0 at%-Dy-doping exhibited increased porosity compared to the 1.0 at%-Dy-doped BT and that all samples had secondary phases. Temperature Coefficient of Capacitance (TCC) measurements exhibited a relaxer behavior with increasing $Yb_2O_3$ content, regardless of Dy doping. However, the 2.0 at%-Dy doped BT showed a more prominent relaxation behavior across the entire frequency range compared to the BT system doped with 1.0 at% Dy.

**PG3A-57 | 세리아 안정화 지르코니아 입자의 크기와 형상에 미치는 졸겔 공정 중 산/물 비율의 영향**

서혜성[1], 박윤식[1], 장정혁[1], *조의제[1]
[1]순천대학교

세리아가 도핑된 단결정 또는 올리고 결정의 지르코니아 (CZ) 입자는 마르텐사이트 변태 중 균열 형성을 최소화할 수 있다는 장점을 가져 초탄성 및 형상 기억 특성을 향상시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 지르코니아 알콕사이드의 가수분해와 축합반응의 졸겔법으로 CZ 입자를 제조하며, 추가적인 고온 하소를 통해 결정립계를 제거한다. 졸겔 공정에서는 용액의 pH가 입자의 형상과 크기에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 동일한 pH에서는 산/물의 비율에 따라 추가적인 크기 및 형상 변화가 나타난다. 하지만, 이러한 산/물 비율에 따른 CZ 입자의 크기 또는 그 분포와 형상 및 입자 형성 거동에 대한 연구는 여전히 부족하다. 본 연구에서는 CZ 입자의 크기와 형상에 미치는 졸겔 공정 중 산/물 비율의 영향을 조사하였다. 산과 물의 첨가량을 각각 0.14~0.29 및 0.5~1.5 mol 범위에서 제어하여 CZ 입자를 제조하였다. 졸겔법으로 제조된 CZ 입자 및 열처리 이후 입자의 크기와 분포 및 형상 변화를 관찰하였다.

**PG3A-58 | Yb/Y-co-doped SiAlON 세라믹스의 색상변화와 공융반응**

최재형[1], *김성원[2], 이성민[2], *김도경[1]
[1]한국과학기술원, [2]한국세라믹기술원

Yb cation of Yb-doped SiAlON ceramics can convert to a divalent state in a reducing atmosphere by the CO generated in a graphite heater. This phenomenon changes several properties of Yb-doped SiAlON ceramics. The color changes occur during the diffusion process of the Yb-based transient liquid phase. Based on this background, the process of color changes is also related to densification and phase formation. To control this color change, we prepared the composition of SiAlON by partially substituting Y for Yb. Then, Yb/Y-co-doped SiAlON ceramics are heat-treated at a temperature range of 1500-1650 °C, which is the temperature range of ternary eutectic reaction for $Yb_2O_3$-$Al_2O_3$-$SiO_2$. Subsequently, we investigated the effect of Yb substituting Y, and summarized the correlation between color changes and ternary eutectic reactions.

**PG3A-59 | 열전재료로 설계된 삼차원 ZnO@ZnS 코어-쉘 나노구조**

김제욱[1], *전석우[1]
[1]고려대학교

Zinc Oxide (ZnO) has been considered a potential thermoelectric material due to its earth abundance, non-toxicity, and high thermal/chemical stability. To utilize ZnO as a thermoelectric element, reducing its intrinsically high thermal conductivity (〉 40 W m^-1K^-1) is a key problem to be overcome. In this work, we fabricated 3D ZnO@ZnS core-shell nanostructures by sulfurizing 3D ZnO. First, highly ordered 3D thin-shell ZnO, fabricated using a lithographic technique and atomic layer deposition system, contributes to a significant reduction in thermal conductivity by effectively mitigating the propagation of phonons at the surfaces of 3D thin-shell nanostructures. Second, we conducted solution-based sulfurization of pre-fabricated 3D ZnO to realize 3D ZnO@ZnS core-shell nanostructures. Specifically, we used a sodium sulfide solution (Na2S in water) to form a ZnS thin layer on the 3D ZnO. The thickness of the ZnS thin layer is highly dependent on the sulfurization time. Surface characterization techniques, including scanning electron microscopy, X-ray diffraction, and Raman spectroscopy, indicated that the 3D ZnO@ZnS was successfully fabricated. The rationally designed 3D ZnO@ZnS core-shell nanostructures have the potential for efficient thermoelectric materials, given the distorted interfaces between wurtzite ZnO and cubic zinc blende ZnS, which are expected to effectively modify phonon and electron transport.

**PG3A-60 | 산소아세틸렌 토치를 이용한 다양한 화염 조사각에서의 ZrB2-SiC UHTC 복합재료의 삭마 특성**

이승용[1], 공정훈[1], 송정환[1], 조윤재[1], 손영일[2], *김도경[1]
[1]한국과학기술원, [2]국방과학연구소

In this study, we examined the ablation characteristics of monolithic ZrB2-30 vol%SiC (Z30S) composites under various angles of oxy-acetylene flames. When the flame was directed vertically onto the Z30S composite, typical oxidized microstructures (SiO2/SiC-depleted/ZrB2-SiC) were observed. However, tilting the Z30S composite hindered the formation of the outermost glassy SiO2 layer. At highly tilted angles, the SiC-depleted region was more exposed to air, resulting in reduced thickness. Intermediate flame angles revealed traces of ablated and island-type SiO2, demonstrating the influence of flame angle on SiO2 layer ablation. Additionally, the maximum surface temperature of the Z30S composite gradually increased to 2,200 °C, indicating continuous removal of surface amorphous silica and exposure of monoclinic ZrO2 phase. We propose an ablation mechanism based on flame angles. These findings are anticipated to aid in the design of complex-shaped UHTC applications for hypersonic vehicles and re-entry projectiles.

### PG3B : 엔지니어링 세라믹스

**PG3B-1 | 혁신형 소형모듈원자로 가연성흡수체 고함량 $Gd_2O_3$ 첨가 $UO_2$ 소결체 기술 개발 현황**


*김동주[1], 양재호[1], 이지환[1,2], 김동석[1], 윤지해[1], 정태식[3]
[1]한국원자력연구원, [2]한양대학교, [3]한전원자력연료(주)


국내 고유기술로 개발을 추진 중인 혁신형 소형모듈원자로(Innovative Small Modular Reactor) 개발 요건 중 무붕산 운전(Soluble boron free operation) 및 24개월 장주기 운전(Extended fuel cycle operation)은 가장 중요한 요건 중 하나이며, 이를 달성하기 위해서는 원자로 반응도(Reactivity) 제어를 위한 고성능 가연성흡수체(Burnable absorber) 기술이 필수적으로 요구된다. 가연성흡수봉 및 제어봉(Reactivity control rod)의 반응도 제어 역할을 향상시킴으로써 혁신형 소형모듈원자로의 무붕산 운전이 가능하도록 하는 기술이 필요하고, 이를 위하여 다양한 개념 및 형태의 고성능 가연성흡수체 기술 개발이 진행 중이다. 고함량 $Gd_2O_3$ 첨가 $UO_2$ 소결체 기술은 기존 $Gd_2O_3$ 첨가 $UO_2$ 소결체 대비 $Gd_2O_3$ 함량을 증가시킴으로써 반응도 제어능을 향상시키는 개념이다. 기존 첨가량 대비 고함량의 $Gd_2O_3$가 첨가되었을 때, 가연성흡수봉 소결체 제조성, 미세조직 및 상 안정성, 열적 특성(열전도도, 비열, 열팽창, 녹는점 등), 기계적 특성(크립, 탄성계수 등), 고온 안정성 등 다양한 측면에서 시험 및 해석 평가를 추진하여, 혁신형 SMR 핵연료 및 노심 설계에 활용 가능한 데이터베이스를 확보하는 것이 가장 중요하다. 본 발표에서는 현재 진행 중인 혁신형 소형모듈원자로 가연성흡수체 고함량 $Gd_2O_3$ 첨가 $UO_2$ 소결체 기술 개발 배경 및 제조 기술 개발 현황에 대하여 소개하고자 한다.

**PG3B-2 | HfC-SiC 나노복합소재의 초고온 특성연구**


박창진[1,2], 구범모[1,2], 배성군[1], 정영근[2], *신동근[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교


소재특성만으로 3000 °C 이상에서 견디는 초고온세라믹(Ultra High Temperature Ceramics, UHTCs)으로 HfC, HfB2 등 하프늄계 화합물이 대표적이다. 그러나 이들은 밀도가 높고 소결이 매우 어려우며 또한 그 가격이 매우 비싼 고가의 소재로 널리 활용하기 매우 어렵다. 이로인해 HfC 등을 초고온세라믹복합소재(UHT-CMC) 공정에 적용하는데 큰 어려움이 있다. 본 연구에서는 최근 널리 사용되고 있는 SiC와 HfC를 복합화하여 HfC-SiC 나노복합소재를 제조하고 소재의 특성을 평가하여 UHTC 소재로의 적용성을 검토하였다. 이를 위해, 먼저 polymer derived ceramics 공정기술을 적용하여 HfC-SiC 나노복합소재의 핵심원료를 합성하였다. Polydimethylsilane과 Hf(Ⅳ)-acetylacetonate ($Hf\text{-}acac_4$)를 압력용기를 이용하여 고온합성 반응을 진행하였다. 제조된 원료는 저분자량 정제 후 볼밀을 거쳐 고분자 분말로 회수하였다. 얻어진 분말을 1500 °C 에서 1차 열처리 후 spark plasma sintering 을 이용하여 1700 ~ 2000 °C 에서 소결체를 제조하였다. 제조된 HfC-SiC 나노복합소재는 각 실험 조건 별로 정해진 규격에 따라 밀도(ASTM C373-18), 파괴강도 (Piston on three ball strength test, ISO 6872)를 평가하였으며, 한국세라믹기술원에서 보유하고 있는 100kV plasma ablation test 장비를 이용하여 초고온 삭마거동을 평가하였다.

**PG3B-3 | SiO2 보호층 형성에 따른 SiOC 섬유의 물성개선 연구**


구범모[1,2], 김상훈[1], 배성군[1], 정영근[2], *신동근[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교


비정질 (나노결정질) SiOC 섬유는 1990년 이후 개발이 완료되어 일본에서 이미 Nicalon 이라는 이름으로 상업생산이 진행되었다. 국내에서도 다년간 연구가 진행되어 개발의 기반이 확보되었다. 그러나, 최근 Hi-Nicalon type S 등 고성능의 결정화 SiC 섬유의 상업생산 및 우주항공분야 적용에 따라 SiOC 섬유의 생산을 줄이는 추세에 있다. 반면, 결정화 SiC 섬유 대비 가격이 매우 저렴하며 1000도 이상에서 안정적으로 사용할 수 있기 때문에 SiOC 섬유의 성능을 개선하면 다양한 민수산업분야에 적용이 가능하다. 본 연구에서는 SiOC 섬유의 사이즈 및 표면 특성 제어를 통해 섬유의 물성을 개선함으로써 응용분야 확대 가능성을 모색하였다. 먼저, 알려진 바와 같이 폴리카보실란을 용융 방사하여 원사를 제조하였고 산화 안정화 및 1200℃에서 고온 열처리하여 SiOC 섬유를 제조하였다. 이때 원료의 레올로지 및 용융방사 조건을 제어하여 원사의 세섬화를 진행하였으며 열처리 단계 승온속도를 다양하게 제어하여 최종 10um 이하의 SiOC 섬유를 제조하였으며, 산화공정 제어를 통해 300nm 이하의 보호층을 형성하였다. 단섬유 인장강도 (Weibull 분포평가) 및 굴곡률 측정을 통한 유연성 평가를 진행하였다.

**PG3B-4 | 내흡습성이 향상된 CFRP의 고온다습 환경 하의 기계적 특성 거동 연구**


손우혁[1,2], 석지훈[1,2], 최재완[1,2], *배성열[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교


CFRP는 높은 강성과 비강도를 지닌 소재로 해양 플랜트, 풍력발전기 날개 등 다양한 해양 산업 분야에 활용되고 있다. 그러나 CFRP는 흡습 특성으로 인해 해양 환경에서 수분 흡습으로 인한 내구성 저하 문제를 가지고 있다. 본 연구에서는 Halloysite Nanotube(HNT) 첨가를 통해 CFRP의 내흡습성 및 수분 열화 상태에서의 기계적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구에서는 HNT를 에폭시 수지에 0wt%, 1wt%, 5wt% 농도로 첨가하여 CFRP를 제작하였다. 제작된 시편은 70℃ 증류수 환경에서 60일, 90일 동안 침지 시켜 내흡습성을 평가하였고 인장, 굴곡 시험을 통해 열화 상태에서의 기계적 특성을 분석하였다. 수행결과, HNT 첨가량 증가에 따라 CFRP의 흡습률이 감소하였다. 1wt% HNT 첨가 시편은 5wt% HNT 첨가 시편보다 기계적 특성이 우수하였는데 인장, 굴곡 강도는 7%, 10% 증가하였다. HNT 첨가는 CFRP의 내흡습성을 향상시키고 수분 열화 상태에서의 기계적 특성을 유지하는 데 효과적이었다. 특히 1wt% HNT 첨가는 HNT 미첨가 시편과 5wt% HNT 첨가한 시편에 비해 열화 상태에서 가장 높은 기계적 특성을 유지하였기 때문에 내흡습성과 기계적 특성 향상에 최적의 조건으로 판단된다.

**PG3B-5 | 진공 스테이지 적용을 위한 다기공 $B_4C/SiC$ 소결체의 물리적 특성**

김진우[1], 이재승[1,2], 이민호[1], *박주석[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

반도체 공정에서 PCB 기판을 고정(Clamping)하기 위하여 $Al_2O_3$소재의 다기공 세라믹 흡착부가 적용되어지고 있다. 최근 SiC 소재로 이루어진 진공 라인 스테이지가 연구개발 및 상용화 되어지고 있으며, 기존 $Al_2O_3$ 세라믹 흡착부를 적용할 경우 SiC, $Al_2O_3$ 이종소재 접합으로 인한 기공부 결함이 발생하고 있다. 이에 본 연구에서는 이론적으로 기계적물성이 우수하여 기존 반도체 공정장비에 적용되어 지고 있는 SiC를 주 성분으로, Boron과 Carbon이 입계 표면 에너지를 낮추고 물질 확산을 촉진 시켜 SiC 소결시 치밀한 소결체를 제조 할 수 있도록 $B_4C$를 적용하여 다기공 세라믹 소결체를 제조 하고자 한다. $B_4C/SiC$ 다기공 소결체를 개발하기 위하여 부분소결기술(Partial Sintering) 및 희생템플릿기술(Sacrifical Template) 방법을 적용하였다, $B_4C$, SiC 및 희생재를 혼입한 슬러리를 Spray dry 공정을 통하여 과립분말을 제조하였으며, 제조된 분말은 고온소결로를 이용하여 소결체를 합성하였다. 합성된 소결체 물리적 특성을 확인하기 위하여 밀도, 강도, 경도를 비교하였다. 또한, 내외부의 미세구조를 파악하기 위하여 SEM(Scanning Elctron Microscope) 표면분석과 CT(Computed Tomography Scan) 분석을 수행하여 소결체 제조에 따른 미세구조를 분석하였으며, BET 분석을 통하여 Pore size 및 흡착등온선 분석을 통한 Pore 형태 분석을 수행하였다. 미세구조 분석과 물리적 특성 분석을 통해 밀도가 낮아졌음에도 우수한 물리적 특성을 나타내며, 흡착부 적용을 위한 기공형태를 구성하는 것을 확인 하였다.

**PG3B-6 | 물유리 바인더를 활용한 친환경 주물사 물리적 특성 연구**

안종필[1], 박주석[1], 이삼행[1], 현봉수[2], *김태관[2,3], 정대용[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]㈜신영에스앤씨, [3]인하대학교

주물사는 사형주조공정에서 고온 용탕과 접촉하여 주물 제품의 형상을 구현하는 형틀로 사용되는 핵심 소재로 내열성, 치수안정성, 재활용성 등의 특성이 요구된다. 주물사는 모래, 바인더(Phenol Resin), 경화제(유기화합물)로 구성되며 주물사 가열시 발생되는 유해물질 저감을 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 물유리 바인더를 활용한 주물사 개발을 위하여 분무건조공법을(Spray dry) 활용하여 코팅 공정 연구를 진행하였다. Sodium silicate, PVA를 코팅용 바인더로 활용하였으며 분무건조공정 및 조성에 따른 코팅주물사의 성형강도, 흡습성 등 주물사의 물리적, 기계적 특성 변화를 연구하였다.

**PG3B-7 | $Al_2O_3$ 기판 표면 위 $SiO_2$ 코팅을 통한 DBD 리액터 수명 향상**

박서현[1], *LI Oi Lun Helena[1]
[1]부산대학교

DBD(Dielectric Barrier Discharge)는 상압에서 작동 가능한 플라즈마 방전으로 $CO_2$ 가스 변환, 자외선 생성 등의 실험에 사용된다. 하지만, DBD 방전에 사용되는 유전체는 전기장의 영향에 의해 파괴되곤 한다. 따라서, DBD의 유전체로 많이 사용되는 $Al_2O_3$ 기판을 개질시키고 플라즈마의 에너지에 더 오래 버티게 하여 DBD의 수명을 늘리는 것이 본 연구의 목적이다. $Al_2O_3$ 기판 개질 방식으로는 Dip coating을 채택하였다. Dip coating은 여타 코팅법에 비해 코팅층의 표면이 균일하며 공정이 매우 간단하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 열 내구성이 높고 절연파괴전압이 높은 MgO, YSZ, $SiO_2$를 표면 코팅재료 후보로 사용하였다. 각 박막의 코팅은 X선 회절 기법(XRD), 주사전자현미경(SEM) 측정을 통해 확인되었다. DBD 실험은 7kV, 1A의 조건에서 진행되었다. $Al_2O_3$ 기판의 경우 DBD에서 85초 동안 절연파괴가 일어나지 않았고, $MgO-Al_2O_3$는 172초, $YSZ-Al_2O_3$는 153초 그리고 $SiO_2-Al_2O_3$는 332초 동안 절연파괴가 일어나지 않았다. 본 연구를 통해 $Al_2O_3$ 기판으로의 $SiO_2$ 표면 코팅이 DBD의 수명을 크게 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

**PG3B-8 | 슬러리 조성 및 과립 성형 조건에 따른 질화규소 세라믹 블랭크 볼의 구형도 연구**

*신정호[1], 이호진[1], 박상하[1], 김지혜[1]
[1](재)대구기계부품연구원

전기 자동차 모터, 특히 가변 속도 드라이브로 설계된 모터에서는 누설, 유도 또는 모터 권선과의 용량성 결합으로 인해 샤프트 전압이 발생하고 베어링 어셈블리에 아크가 발생할 수 있다. 전기 견인 모터의 강철 베어링 볼은 얇은 오일막을 타고 접촉과 마찰을 줄인다. 이는 회전자와 고정자 사이의 전류 경로를 차단하여 절연체 역할을 하여 전하 축적을 유발한다. 아크는 이러한 축적물이 짧은 금속 대 금속 접촉에 의해 갑자기 방출되거나 전압이 유막을 통과할 만큼 높을 때 발생한다. 이러한 아크 현상은 과도한 피팅과 충분한 반복 후에 조기 파손으로 이어질 수 있다. 본질적으로 전기 저항성이 있는 질화규소 베어링 볼은 전하 축적이나 고전압으로 인한 아크를 방지한다. EV 모터 샤프트에 사용하기에 이상적인 기계적 특성과 전기 절연의 올바른 조합을 제공하는 것 외에도 질화규소 베어링 볼은 윤활이 덜 필요하고 내부식성이 있으며 강철 합금보다 58% 더 가벼워 하이브리드의 고속 성능도 향상시킨다. 이러한 응용 분야에서 블랭크 세라믹 볼의 주요 문제는 상대적으로 낮은 구형도와 치수 정확도이다. 고정밀 등급 3 또는 5의 질화규소 세라믹 볼은 구형도가 정확히 둥글며 3 또는 5/1,000,000"이다. 블랭크 세라믹 볼은 세라믹 분말과 유기 폴리머를 함유한 입상 분말을 냉간 프레스 및 소결 공정을 통해 제작한다. 따라서 성형 공정 조건과 성형체의 구형도는 블랭크 세라믹 볼을 제조하는 데 중요한 특성이다. 그러나 슬러리 제제, 입상 가공 조건 등 다양한 가공 변수에 따라 구형도 특성을 적절하게 제어할 수 있는 가능성은 아직까지 검토되지 않았다. 본 연구에서는 다양한 분산에 따른 질화규소 슬러리의 고형분 함량과 점도를 조사하고, 슬러리 조성과 입상 가공 조건이 블랭크 세라믹 볼의 성형체 구형도에 미치는 영향을 조사했다. 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20016117')

**PG3B-9 | Transparent organic electrodes and pressure sensing based on conductive polymers with tunable plasma frequency**

YEOM Jihun[1], KIM Taehoon[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

When an electromagnetic wave impinges on a conductor, most of the incident wave is reflected, which makes metals and transparent conducting oxides (TCOs), such as tin-doped indium oxide (ITO), opaque to visible light (429–750 THz) and far-infrared (FIR) (< 20 THz). This incompatibility between optical transparency and electrical conductivity is well-defined fundamental material properties, but this is often not easy to enhance both simultaneously. Opacity due to electrical conductivity is more pronounced in the lower frequency range. This fundamental incompatibility creates a barrier for the realization of enhanced user-interface and device integration. We present a design strategy for preparing megahertz-range transparent conductor and a concept towards 'device-to-device integration' enabled by electromagnetic wave transmittance. The approach to the properties of conductors is verified using a conducting polymer, Poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS), whose microstructure is effectively controlled by solution process. The use of a transparent conducting polymer as an electrode enables the fabrication of a fully functional touch-controlled display device and magnetic resonance imaging (MRI)-compatible biomedical monitoring device, which would open up a new paradigm for transparent conductors.

**PG3B-10 | 단일합금타겟으로 증착된 Al기반 나노복합코팅의 기계적 특성**

*윤혜원[1]
[1]한국생산기술연구원

엔지니어링 응용 분야, 특히 절삭 공구 분야에서는 공구의 수명과 성능을 향상시키기 위해 코팅을 적용하고 있다. 대부분의 공구 코팅 연구는 TiN 또는 TiAlN 단일층 코팅뿐만 아니라 다층/나노층 구조의 TiAlN 및 TiN/AlTiN 코팅에 중점을 둔다. 나노복합코팅은 우수한 내마모 및 내열특성을 나타내는 코팅으로 사용자 환경에 따라 조성설계가 가능하다. 특히 공구 코팅에 적용될 경우 절단 영역의 온도와 공구의 마모율을 감소시켜 절단 속도를 크게 높일 수 있으며, 생산성 및 효율성을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 공구 코팅 적용을 위해 내마모 및 내열특성이 우수한 Al기반 나노복합코팅을 조성 설계하여 단일합금 타겟으로 증착하였다. 증착된 나노복합코팅은 공구 코팅으로 적용되고 있는 AlCrN 코팅과 특성을 비교 분석하였다. 나노복합코팅은 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 Ar:$N_2$ 혼합 가스 분위기에서 증착되었으며, SEM, XRD, Nano-indentation 및 마찰 마모 시험 등을 통해 기존 코팅과의 특성을 비교하였다.

**PG3B-11 | 다양한 조성의 Fused Silica 고온 플라즈마 내식성 평가**

최가인[1], 장성규[1], 김선길[1], 김현미[1], 김슬기[1], *김형근[1], *이우성[1]
[1]한국전자기술연구원

반도체 수요가 증가함에 따라 고집적, 고성능, 저전력의 반도체 소자에 대한 요구사항이 높아지고 있다. 이에 대응하기 위해 복잡한 적층 구조의 고성능 및 고집적 반도체 소자 제작의 필요성이 증가하였다. 그러나 이런 복잡한 구조를 실현하기 위해서 고온, 고전력, 높은 에너지 밀도의 플라즈마의 공정 환경이 요구된다. 이런 공정 환경은 장비 부품의 부식을 유발하거나 부산물을 생성하여 웨이퍼 오염의 가능성을 높인다. 이에 반도체 제조 장비에는 전기적, 물리적, 화학적으로 안정적인 재료가 사용이 필수적이다. Fused silica는 낮은 열팽창계수, 높은 자외선 투과율 등의 특성으로 반도체 공정에서는 필수적인 소재로서, 반도체용 블랭크 마스크 및 포토마스크뿐만 아니라 Injector, focus ring, Insulator등의 반도체 제조 장비 부품으로도 활용되고 있다. 그러나 fused silica 소재는 반도체 공정 장비 내에서 국부적인 고밀도 플라즈마와 열 발생 등 가혹한 환경에 반복적으로 노출될 경우 소재 부식으로 인한 오염 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 fused silica 소재의 내식성을 평가하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 650℃ 고온 플라즈마 식각을 통해 다양한 종류의 fused silica의 내식성을 평가 및 비교하였다. 이러한 연구 결과는 반도체 제조 장비의 부품 선택과 성능 최적화에 중요한 참고 자료가 될 것이다. 또한 이 결과는 반도체 공정 챔버 내 부품의 수명과 안정성을 향상시키며, 공정 중 발생할 수 있는 오염을 최소화하는 데에도 기여할 것이다.

**PG3B-12 | Si-B 합금 침윤이 RBBC의 미세구조와 기계적 특성에 미치는 영향**

김동준[1], 박준형[1], 이승용[1], 남산[2], *박상환[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교

탄화붕소($B_4C$)는 다이아몬드, c-BN 다음으로 높은 경도와 낮은 밀도로 산업 분야에서 내마모 부품이나 경량 방탄 재료로써 응용되고 있다. 반응소결 탄화붕소(RBBC)는 탄화붕소 성형체에 용융 Si를 침윤시켜 일반적인 탄화붕소 소결에 비해 Si 융점 이상의 낮은 온도에서 탄화붕소/Si 복합재료를 제조하는 공정이다. RBBC에서는 $B_4C$와 용융 Si가 반응하여 $B_{12}(B,C,Si)_3$ 및 SiC가 형성되며, C 첨가량에 따라 미세구조가 달라진다고 알려져 있다. 본 연구에서는, 다양한 크기의 $B_4C$와 carbon black을 출발원료로 하여 제조된 $B_4C$-C 성형체에 Si-B 합금을 침윤시켰다. 제조된 RBBC의 미세구조 및 정적 기계적 특성을 측정하여 RBBC에 대한 B 첨가의 영향을 연구하였다. Si-B 합금의 침윤은 RBBC에서 조대한 SiC의 성장을 억제하고 판상 SiC의 형성을 증가시켰으며, 기계적 강도는 최대 506 MPa까지 증가하였다.

**PG3B-13 | Hf계 무기고분자 제조와 HfC 세라믹 전환특성**

박민상[1,2], 신동근[1], 이윤기[2], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]경상국립대학교

Ultra-high temperature ceramics (UHTC)은 극한 환경에서의 변형을 최소화하고 기계적 물성을 확보할 수 있는 초고온 소재이므로, UHTC의 개발은 항공우주 산업, 원자력, 군사 기술 확보에서 중요한 이슈 중 하나다. UHTC의 종류로는 $ZrB_2$, ZrC, $HfB_2$ 및 HfC 등 비산화물계 세라믹으로 알려져 있다. 그 중 HfC은 부식 저항성, 산화 저항성 그리고 고온 저항성이 높고 강도와 경도 또한 높은 소재이다. 무기고분자를 전구체로 하는 세라믹 제조방법인 PDC(polymer derived ceramics)를 이용한 성형방법과 원료 개발은 주로 실리콘계 세라믹에 한정되어 왔으나, 최근 UHTC 전구체의 개발에 대한 관심이 다시 높아지면서 관련 연구 논문이 증가하고 있다. 본 연구에서는 Hf-amine 컴파운드의 condensation 반응을 유도함으로써 Hf계 고분자를 제조하였으며, 고온 열처리하여 Hf계 세라믹으로의 전환특성을 확인하고자 하였다. Spectroscopy 분석을 이용하여 반응 과정에서 나타나는 구조적 변화를 관찰하였으며, 수득된 반응 생성물의 용융, 용해도 특성을 분석하였다. XRD (X-ray Diffraction) 분석과 Raman Spectroscopy 분석으로 HfC으로의 전환특성을 분석 하였으며, 산화 안정성이 취약한 유기금속 화합물 전구체로 인해 공정 과정에서 발생하는 산화 현상과 유입된 산소가 고온 열처리 과정에 미치는 영향을 함께 확인하였다.

**PG3B-14 | 3D 모델링 형상과 polycarbosilane 출력물의 열분해 변형 특성**

김정애[1], 신동근[1], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원

SiC는 우수한 화학적, 물리적 성질을 가지고 있어, 반도체 및 우주항공 분야에 다양하게 사용되고 있다. 하지만 SiC의 난소결 특성은 성형 및 후공정에도 한계를 가지므로, SiC 소재의 형상을 구현하는 공정 방법 중 하나로 PDC(Polymer derived ceramic) 기술이 연구되고 있다. 전구체인 PCS(polycarbosilane)는 Si와 C 원소를 골격으로 가지는 무기고분자로 다양한 형상을 구현할 수 있는데, 열분해를 거치면 SiC로 전환된다. 고분자 물성을 이용하는 만큼 다양한 플라스틱 성형 기술 적용이 가능한데, 그 중에서도 전구체를 이용하여 적층성형(Additive manufacturing, AM) 하는 경우 상용 인쇄장치 사용이 가능하다. 뿐만 아니라 AM 기술은 디지털 모델만으로도 성형이 가능하므로 다품종 소량생산이 가능하다는 이점이 있다. 본 연구에서는 광성형 방식의 AM 기술을 적용하여 SiC 성형에 발생하는 이슈를 검토하였다. 먼저, 광경화가 가능한 인쇄용 잉크를 배합하고 상향식 인쇄장치를 이용하여 전구체를 출력하였다. TG-DSC, DIL(Dilatometer), 고온현미경 분석 결과를 토대로 전구체 출력물은 열팽창과 중량손실에 의한 수축이 발생하며, 이러한 열물성은 후경화, 열처리 조건변화에 의해서도 차이가 있음을 확인하였다. 광경화 출력물은 산소 유입을 차단할 수 있어 1400℃ 이상 고온 열처리 조건에서도 2차 열분해가 발생하지 않음을 확인하였다. 무엇보다 출력물의 모델링(형상과 크기)이 출력물의 열변형에 미치는 영향을 확인할 수 있었다. 세라믹으로 전환된 시편의 치밀성과 결함 여부는 X-ray 단층 촬영을 하여 검증하였다.

**PG3B-15 | 섬유강화 geopolymer 복합재의 반응 조건별 내화염 특성 및 기계적 물성 평가**

이원석[1,2], 신동근[1], 이윤기[2], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]경상국립대학교

섬유강화 복합재는 매트릭스의 종류에 따라 300℃ 미만에서 사용가능한 FRP(Fiber Reinforced Plastic)와 1000℃ 이상에서 사용되는 CMC(Ceramic Matrix Composite)로 구분되어 개발되곤 한다. Alkali active cement 일종인 geopolymer는 1000℃ 미만 온도에서 사용이 가능하고 접착기능이 있어 고온용 바인더 응용소재로 개발되어 왔다. 무엇보다 유동성을 가지는 세라믹 소재이므로 hand lay-up 공정 방법으로 대면적 CMC를 용이하게 성형할 수 있고, 원료소재의 비용 및 공정면에서도 경제성이 유리하여 복합재 물성 향상을 위해 꾸준히 개발 및 연구되고 있다. Geopolymer는 원료의 배합비에 따라 복합재의 특성이 결정되는 것으로 알려져 있다. 선행 연구에서는 합성 반응조건(반응 온도, 시간, 농도 등)에 따라 geopolymer 형성 속도와 구조적인 특성이 달라지며, 점도변화 거동을 모니터링 함으로써 반응성(geopolymerization)을 가늠할 수 있어 이를 기반으로 성형에 적합한 혼합조건을 찾아왔다. 다만, 내열 특성 향상 공정 조건과 고강도 발현을 위한 조건에 차이가 있었다. 이에 본 연구에서는 geopolymer의 내화염 특성과 기계적 물성을 함께 확보할 수 있는 조건확립을 목적으로 하였다. Geopolymer와 섬유 매트를 이용하여 적층하고 vacuum bagging 방법으로 섬유 복합소재를 성형하였으며, 단층촬영과 전자현미경 분석으로 복합소재의 치밀 정도와 성형 균일성을 확인하였다. Geopolymer의 열적, 기계적 물성은 geopolymerization 반응 특성과 이로부터 형성되는 geopolymer의 화학적 특징이 중요한 요인이 된다. 원료 배합시 분말의 입자크기, 반응 온도 및 시간, 이후 aging 시간 등을 제어하여 내화염 특성과 기계적 물성을 확보하였다. 이는 화염시험장치와 곡강도시험을 실시한 후 평가 시편의 단면을 관찰함으로써 특성을 확인하였다.

**PG3B-16 | 기밀 소재용 내열성 실리콘 resin의 기초 물성에 관한 연구**

오유선[1,2], 정영근[2], *이윤주[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

우주 비행체의 재진입 단계, 로켓 추진체, 고속 비행체 등이 고열 극한 환경에 노출될 때 금속 동체와 열 보호 소재 간 이종접합을 가능하게 하는 접착 소재가 필요하다. 접착 소재의 primary resin으로 실리콘(silicone)이 사용되곤 하는데, 이는 고열 극한 환경에 노출되는 유기 실리콘 폴리머가 세라믹 구조로 전환되어 우수한 열 안정성을 발휘하게 되는 특성을 이용한 것이다. 그러나 실리콘은 다른 레진 소재에 비해 열 팽창 계수가 크고 기계적 성질이 낮아 고온 변형이 발생하므로, $SiO_2$, 탄소입자, 탄소섬유 등 무기 filler를 첨가함으로써 개선되었다. 본 연구에서는 hydride-polysilane과 vinyl-containing silane 을

각각 base와 cross-linker로 사용하여 고분자의 구조적 특징, chain의 길이, 배합 비에 따른 요구 경화 시간 및 경도 변화를 비교하였다. 또한, 접착력과 밀폐공간에서의 경화 특성을 비교 및 확인하기 위하여 dolly test와 전단 시험을 실시하였다. 그 결과 cross-linker 대비 base의 배합비가 높아질수록 경화 시간이 단축되며, cross-linker의 분자량이 클수록 경화 시간이 단축되지만 접착력은 감소함을 확인하였다. 또한, 경화 시료에 대해 TG 분석을 실시하여 열 안정성 변화, 열분해 수율 등을 평가하였다.

**PG3B-17 | Development of Purification Method using Mixed Acid for High-quality Si3N4**

윤영조[1,2], 진소현[1], 오누리[2], *김유진[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

질화규소(Si3N4)는 기계적 물성, 고온 내구성 및 내화학성이 우수하여 전기자동차 전력 모듈의 핵심 소재인 방열 기판에 사용되고 있지만, 국내 질화규소 원재료는 수입에 크게 의존하고 있다. 이를 해결하기 위해 질화규소 분말 제조 및 가공 기술개발 연구가 진행되고 있다. Si3N4 분말에 존재하는 금속 불순물과 산소는 최종 밀도와 열전도도에 영향을 끼친다. 따라서 산소와 철성분을 제거하고 최소화하는 것이 응용에 중요한 요소이다. 본 연구에서는 합성 Si3N4 분말을 화학적 방법을 이용한 정제 방법에 대해 연구하였다. 화학적 정제를 위해 HCl 기반의 서로 다른 혼합산을 제조하였으며, 금속 불순물 함량의 변화를 확인하였다. 정제를 통해 분말 내 철의 함량을 90%까지 제거할 수 있었다. 정제된 Si3N4의 특성은 XRD(X-ray diffraction), XRF(X-ray fluorescence), ICP(Inductive Coupled Plasma) 및 SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 분석하였다.

**PG3B-18 | Reactive EB-PVD deposition method for facile fluorine content adjustment of YOF coating layers**

민세린[1], 배강빈[1], 장해성[1], *이성민[1], 오윤석[1], 이인환[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

반도체 공정 수율에 영향을 주는 오염 입자 발생을 줄이기 위해 $Al_2O_3$보다 우수한 내플라즈마 특성을 갖는 $Y_2O_3$를 대체소재로 사용하고 있다. 산화물인 $Y_2O_3$는 불소계 플라즈마 환경에서 열역학적으로 자연스러운 불소화 반응으로 인하여 챔버 내 화학조성을 바꿔 공정 드리프트 문제를 야기한다. $Y_2O_3$ 코팅을 $YO_xF_y$ 코팅으로 대체하는 접근방법으로 챔버 내 불안정한 조성 문제를 해결하고자 하였다. EB-PVD법은 빠른 증착 속도와 고품질 박막을 확보할 수 있지만 $YO_xF_y$ 코팅층의 불소 함유량을 제어하기 어렵다. Reactive EB-PVD법으로 현 문제를 극복할 수 있을 것으로 판단하였다. 반응성 원료로 낮은 온도에서도 쉽게 기화하는 특성을 가진 $NH_4F$를 사용하여 $Y_2O_3$의 불소화 반응을 쉽게 유도해주어 $YO_xF_y$ 코팅층을 얻을 수 있었다. 본 연구에서는 reactive EB-PVD법을 사용하여 $YO_xF_y$ 코팅층의 불소 함량 제어가능성을 확인하고 ion-beam assisted system 등 공정기법을 활용하여 고품질의 $YO_xF_y$ 박막을 얻고 그 물성을 분석하였다.

**PG3B-19 | 플라즈마 유동화 처리에 의해 제조된 YAG(Y3Al5O12) 분말의 물성 및 상 함량 분석**

문준근[1], *문홍수[1], *김지유[1], 김민식[1]
[1](주)세원하드페이싱

반도체, 디스플레이 산업에서 많은 연구자들은 고성능의 제품을 만들기 위해 소자의 고집적화가 이뤄지고 이에 따른 선폭 미세화가 요구된다. 선폭 미세화를 위해선 고밀도의 플라즈마가 환경이 필요하고, 이는 타겟 웨이퍼 외 다른 부분에 불필요한 부식도 함께 발생한다. 이를 해결하기 위하여 많은 산업계에서는 장비 내부에 내플라즈마성 세라믹 소재를 용사 코팅하여 사용하고 있다. 내플라즈마성 세라믹 소재 중 YAG($Y_3Al_5O_{12}$) 소재는 $Y_2O_3$와 비교하여 가격이 저렴하고 화학적 식각 관점에선 소폭 성능이 떨어지나 이후 물리적 식각 관점에선 거의 유사한 성능을 보여준다. 본 연구는 분무건조법과 플라즈마 유동화 처리 기술을 활용하여 높은 유동성과 겉보기 밀도를 갖는 YAG($Y_3Al_5O_{12}$) 과립을 제조하였다. 제조된 분말 특성은 유동도와 겉보기밀도(Flow-ability & Apparent density measure), 습식 입도 분석(Wet particle size analyzer), 전계방사 주사전자현미경(FE-SEM)으로 분석하였고, YAG의 상 함량(Phase content)은 X선 회절분석(XRD)으로 분석하였다.

**PG3B-20 | 방전플라즈마소결법을 이용한 $TiSi_2$와 $TiSi_2$-SiC 소재의 기계적 특성**

양민혁[1,2], 박범순[1,2], 박유균[1,2], *박현국[1]
[1]한국생산기술연구원, [2]전남대학교

TiC와 Si 분말의 치환 반응을 이용하여 SiC 유무에 따른 $TiSi_2$ 매트릭스의 기계적 및 내산화 특성을 향상시키기 위한 합성 기술을 사용하였다. Ti+2Si 와 TiC+3Si 분말은 고에너지 볼 밀링 방법을 이용하여 250 rpm으로 10시간 동안 기계적으로 합성되었다. 혼합된 분말의 입도분석 결과, 0.265 및 0.226 $\mu$m로 나노화되었다. 방전플라즈마소결법을 이용하여 소결온도 1200℃까지 소결압력 60 MPa하에서 승온속도 100 ℃/min으로 소결하였다. 제조된 소결체(TiSi2, TiSi2-SiC)의 소결 거동은 소결 지수에 의존했다. 두 소결체의 상대밀도는 각각 99.3, 99.1%로 조밀화 되었다. $TiSi_2$의 비커스 경도는 1108±51 kg/mm$^2$, $TiSi_2$-SiC의 경도는 1233±31 kg/mm$^2$로 측정되었다. $TiSi_2$ 매트릭스 상에 형성된 섬 형태의 SiC는 경도 향상에 기여하고 결정립 성장을 억제했다. 소결체의 미세구조는 기계적 물성 측면에서 평가되었으며, 각 소결체에 대해 상분석, 결정자 크기 및 내산화 특성을 철저히 검토하였다.

**PG3B-21 | $Y_2O_3$ 불소화 표면개질을 통한 내플라즈마성 향상**

장환윤[1], *이현권[1]
[1]국립금오공과대학교

플라즈마 식각은 반도체 제조 기술의 핵심 단계로, 초정밀 집적회로, 고종횡비 구조 소자 및 나노 스케일 장치 제작을 위해 사용된다. 반도체 산업의 발전에 따라 가혹한 플라즈마 환경이 요구되고 있으며, 이는 챔버 내부를 구성하는 세라믹 소재의 내구성 저하 및 입자 탈락에 의한 공정상 오염으로 이어져 반도체

수율 향상에 제약요인으로 작용하고 있다. $Y_2O_3$는 매우 높은 융점, 우수한 전기 절연, 화학적, 부식적, 열적 안정성으로 인해 반도체 식각 공정에서 뛰어난 내플라즈마 재료 중 하나로 사용되고 있다. 그러나 불소계 플라즈마에 장시간 노출될 경우, 불소와의 화학반응으로 고상 입자가 형성되며 이는 기판 오염의 가능성을 증가시킨다. 이에 따라 Y계열 화합물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 최근 연구에서는 YOF가 뛰어난 내플라즈마성을 가지고, 불소와의 반응성이 낮아 오염 입자 감소에도 효과적이라고 보고된 바 있으며, 조밀한 결정구조로 인해 높은 경도와 내플라즈마성을 가지고 있다고 알려져 있다. 본 연구에서는 불소화 표면개질을 통해 효율적인 방법으로 YOF 표면개질층을 가진 내플라즈마 세라믹스를 제작하고자 하였다. 이를 위해 $Y_2O_3$ 모재 표면을 $NH_4F$를 이용하여 표면개질을 시도하고 형성된 표면개질층의 특성을 평가 및 고찰하였다.

**PG3B-22 | 우주급 MLCC 개발을 통한 MIL-PRF-32535 국제 규격 신뢰성 검증**

이창호[1], *윤중락[1]
[1]삼화콘덴서공업(주)

항공우주 및 군사 분야에서는 일반 및 전장용 보다 더 열악한 환경에서도 안정적으로 전기적 특성이 구현 될 수 있는 고 신뢰성 부품의 특성이 요구 됩니다. MLCC는 세라믹 유전체와 금속 전극이 여러 층 쌓인 구조로 구성되어 있습니다. BME MLCC는 니켈을 내부전극으로 사용하며 오늘날 MLCC의 주요 기술입니다. PME MLCC는 은이나 팔라듐 등 귀금속을 내부전극으로 사용하므로 제조 비용이 증가하고 여러 층 쌓을 수 없는 문제로 고밀도 응용 분야에 적합하지 않습니다. MLCC의 PME에서 BME 기술로의 전환은 항공우주 및 군사 산업을 제외한 모든 산업의 소형화 및 고직접화 추세를 가능하게 했습니다. 고 신뢰성 MLCC의 두 가지 주요 국제 규격은 MIL-PRF-123 및 MIL-PRF-55681 이였습니다. MIL-PRF-55681 및 MIL-PRF-123 규격은 PME MLCC에만 국한되는 규격으로 항공우주 및 군사 분야의 고객은 소형화 추세를 활용 할 수 없으며 설계 밀도가 제한되어 왔습니다. 이로 인해 고 신뢰성 MLCC에 대한 새로운 표준인 MIL-PRF-32535가 탄생하게 되었고, MIL-PRF-55681 & MIL-PRF-123과 동일한 신뢰성 수준을 유지하면서 더 얇은 유전체와 BME MLCC 기술의 사용을 허용합니다. 또한, MIL-PRF-32535 규격은 유연한 외부전극을 허용하는 견고성을 높이는 최초의 표준입니다. 본 연구에서는 MIL-PRF-32535 규격을 만족하는 우주급 MLCC 개발품을 제작하였고 T-Level 수준의 신뢰성 검증을 통하여 우주급 MLCC 개발품의 고 신뢰성 특성을 검증하였습니다.

## PG4A : 나노 융합 세라믹스

**PG4A-1 | 기능성 나노 소재 기반 전극 및 소자 층을 갖춘 이식형 신경 인터페이스 시스템**

오세혁[1], 제갈장환[1], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원

Implantable neural interface systems have been developed for identifying neural dynamics underlying specific behaviours. However, traditional neural interface technologies face challenges related to long-term stability and tissue damage. To address these challenges, our proposed system incorporates a flexible neural probe with a bioresorbable ceramic material-based insertion shuttle for minimally invasive nano-porous electrode insertion into deep brain regions and a multilayer ceramic film-based wireless, battery-free embedded system. This design improves the signal-to-noise ratio, critical for accurate neural signal recording. The inclusion of a ferrite sheet with multiple copper layers inside the device for efficient wireless power reception eliminates the dependency on batteries and facilitates unrestricted subject movement, enabling continuous brain neural recording in freely moving subjects. This platform technology offers significant potential for advancing the understanding of neural mechanisms underlying behaviour and cognitive states and developing treatments for brain neurodegenerative diseases.

**PG4A-2 | 정렬된 3차원 나노구조 흡착제를 이용한 고성능 초소형 가스상 사전농축기**

차용성[1], *전석우[1]
[1]고려대학교

The integration of a sensor system with micro-gas chromatography ($\mu$-GC) stands out as a promising strategy for practical on-site gas detection, effectively isolating specific target gases from complex mixtures. A critical component for enhancing accurate gas detection, particularly in low concentration scenarios, is the micro-preconcentrator ($\mu$-PC). Traditional $\mu$-PCs suffer from discontinuous and disordered pore structures, leading to decreased gas flow and inactive surface areas. In this study, we present a novel $\mu$-PC system employing meticulously engineered three-dimensional (3D) thin-shell oxide adsorbents. Fabricated using Proximity-field nanopatterning (PnP) and atomic layer deposition (ALD), these 3D Al2O3 adsorbents, when combined with Tenax, exhibit significantly improved preconcentration factors (PFs) across various gases. Specifically, PFs of 6.94, 25.9, and 145 are achieved for benzene, toluene, and xylene, respectively. Moreover, the PFs per unit volume for each gas witness remarkable enhancements of 44 /$\mu$L, 162 /$\mu$L, and 911 /$\mu$L for benzene, toluene, and xylene, respectively. This substantial enhancement in PF per unit volume underscores the promising potential of the next-generation $\mu$-PC design for high-performance $\mu$-GC systems.

**PG4A-3 | Color control in core-shell-structured nanophosphors**

LIM Jun Pyo[1], SHIN Seung Yong[1], OH Soong Ju[2], *JANG Ho Seong[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Korea university

Upconversion nanophosphors (UCNPs) have been actively researched over the last 20 years due to their unique characteristics of absorbing near-infrared (NIR) light and converting it into visible light. Tuning upconversion luminescence color control makes the UCUNPs promising for applications to Bio-imaging and displays and several strategies have been reported to control the upconversion luminescence color. Usually, upconversion luminescence color is controlled by controlling dopant ions in the host nanocrystals. However, in this study, we will present the control of upconversion luminescence color by controlling the nanostructures of the UCNPs. The core-shell-structured UCNPs with multilayers are synthesized and their structures and morphologies are characterized. In addition, their luminescence color is controlled and the color tuning mechanism will discussed.

**PG4A-4 | Control of Thermal Conductivity in Silica Aerogel through Deposition of Parylene**

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], KWON Soon-Il[1]
[1]Yonsei University

This study investigates the thermal conductivity of SiO2 aerogels, with a specific focus on waterglass and tetraethylorthosilicate (TEOS), both before and after coating with parylene using two distinct methods: thermal deposition and plasma deposition. The compositional analysis of the aerogels was carried out using scanning electron microscopy. Notably, when employing thermal deposition for parylene coating with a thickness exceeding 50 nm, the pore structures disappeared. In contrast, with plasma deposition, the pore structures were better preserved, as confirmed by Brunauer-Emmett-Teller analysis. Furthermore, the thermal conductivity of the aerogels was assessed via differential scanning calorimetry analysis. The thermal conductivity of SiO2 aerogels derived from waterglass and TEOS was significantly influenced by the parylene coating deposited via plasma, with an optimal thickness of parylene coating identified that minimized thermal conductivity, thus maximizing thermal insulation. This underscores the effectiveness of parylene-N coating in modulating the thermal conductivity of SiO2 aerogels synthesized from waterglass and TEOS within the desired range.

**PG4A-5 | 망가니즈 도핑을 통한 영차원 금속 할라이드 페로브스카이트 나노입자 상안정화 및 발광 메커니즘 분석**

민정완[1], 조한빈[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

Zero-dimensional (0D) inorganic perovskites have recently emerged as an interesting class of material owing to their intrinsic $Pb^{2+}$ emission, polaron formation, and large exciton binding energy. They have a unique quantum-confined structure, originating from the complete isolation of octahedra exhibiting single-molecule behavior. Herein, we probe the optical behavior of single-molecule-like isolated octahedra in 0D Cesium lead halide ($Cs_4PbX_6$, X = Cl, Br/Cl, Br) nanocrystals through isovalent manganese doping at lead sites. The incorporation of manganese induced phase stabilization of 0D $Cs_4PbX_6$ over $CsPbX_3$ by lowering the symmetry of $PbX_6$ via enhanced octahedral distortion. This approach enables the synthesis of $CsPbX_3$ free $Cs_4PbX_6$ nanocrystals. A high photoluminescence quantum yield for manganese emission was obtained in colloidal (29%) and solid (21%, powder) forms. These performances can be attributed to structure-induced confinement effects, which enhance the energy transfer from localized host exciton states to $Mn^{2+}$ dopant within the isolated octahedra.

**PG4A-6 | 고온에서 고안정한 영차원 비납계 금속 할라이드 신틸레이터**

장성우[1], 한주형[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

Scintillators are widely used for radiation detection in various fields, such as medical imaging, nondestructive testing, and crystallography. X-ray-generating systems typically emit large amounts of heat and require a high thermal stability of scintillators, particularly for nondestructive testing or radiation detection performed under harsh conditions. Therefore, highly stable scintillators must be developed for application in extreme environments. Herein, we developed new zero-dimensional lead-free monoclinic phases of $Cs_3TbCl_6$ and $Rb_3TbCl_6$ metal halides. Surprisingly, $Cs_3TbCl_6$ and $Rb_3TbCl_6$ have retained over 90% of their original PL properties at 250℃. $Cs_3TbCl_6$ and $Rb_3TbCl_6$ polycrystals exhibit high light yields of 56,800 and 88,800 photons/MeV, respectively. $Cs_3TbCl_6$ and $Rb_3TbCl_6$ polycrystals also show low detection limits of 149.65 and 115.38 $nGyairs^{-1}$ due to their structural-optical properties, respectively. Furthermore, the fabricated thick films of $Cs_3TbCl_6$ and $Rb_3TbCl_6$ are applied to our homemade X-ray imaging system, and preferable spatial

resolutions are obtained as compared with a commercial $Gd_2O_2S:Tb^{3+}$ film.

**PG4A-7 | 자기계층화 반응을 활용한 3차원 표면 초소수 / 친수성 선택적 코팅**

김리안[1], 윤경호[1], 남민호[1], 조수현[1], *이재근[2], *이승협[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

본 연구는 소수성 및 염기성 용액에 대한 화학적 안정성을 기반으로 한 ZIF-8을 활용하여 3D 구조물에 자체층화 된 초소수성 / 친수성 하이브리드 표면의 제작이 가능한 선택적 코팅 방법에 중점을 두고 있다. 단순한 팽창 및 고체화 과정을 통해 ZIF-8 입자를 고분자 구조물에 선택적으로 포함시켜 하이브리드 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 별도의 바인더 없이 복잡한 구조물에 적용할 수 있는 과정을 제시한 새로운 기술을 바탕으로 한다. 자체층화 된 서로 다른 폴리머 재료에 선택적 코팅을 수행하여 자체 패턴화 된 표면을 확인할 수 있다. 생체모방기술을 기반으로 한 선택적 코팅 시스템은 패턴화, 거칠기 및 젖음성 그라데이션을 포함한 표면 특성, 그리고 기하학의 구조적 상호작용을 통해 효과적인 Water Harvesting이 가능하다. 본 연구에서 사용된 기술은 물 부족 문제에 대한 직접적인 해결책으로 산업에 적용될 수 있으며, 이는 효율적인 물 운용 시스템의 설계 및 운영을 가능하게 한다.

**PG4A-8 | High-Performance Pressure Sensors Based on Large-Scale PVDF Fabrics**

HAN Ju[1], *KWON Jaewon[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Here, we fabricated piezoelectric pressure sensors based on large-area fabrics consisting of polyvinylidene fluoride (PVDF) weft and polyethylene terephthalate (PET) warp yarns with three different weave patterns: 1/1 (plain), 2/2, and 3/3 weft rib. The high-quality PVDF nanofiber yarns was initially fabricated by an exclusive approach of 50-nozzle-electrospinning. Effects of the different weave structures on the sensing performance were investigated by defining the optimal weave structure with the mechanism relating to the input force with the effective area of the energy conversion in the different fabric structures. For instance, different weaving patterns were assumed to determine the level of compressibility with various mechanical inputs and thus the level of electromechanical coupling in the woven fabrics. An optimized fabric sensor with 2/2 weft rib delivered an impressive sensitivity of 83 mV/N under periodic compression, which was 245% higher than that of the 1/1 weave pattern. Further, a large-scale PVDF/PET fabric was also promising in sensing various physiological mechanical sources within a wide range of forces from $10^{-2}$ to $10^{3}$ N in self-powered modes.

**PG4A-9 | High-Performance Photoresponse in Ferroelectric 2D $MoTe_2$**

JUNG Ye Seul[1], *KIM Ji Yeon[1], HAN Seo Yeon[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Here, we propose a vertical photodetector based on 2D ferroelectric $MoTe_2$ material with asymmetric graphene contacts. The ferroelectricity of $MoTe_2$ was induced by laser irradiation transforming exfoliated 2H-$MoTe_2$ to distorted 1T (d1T)-$MoTe_2$. As a highlight, applying a poling bias of −8 V to the top graphene electrode achieved a photocurrent of 159.7 $\mu$A and a photoresponsivity of 853 A $W^{-1}$ under 532 nm illumination, which are the highest values compared with those reported for other $MoTe_2$-based photodetectors. The enhancements were presumably caused by the polarization-induced internal built-in potentials at dissimilar graphene/d1T-$MoTe_2$ junctions, which change the charge transport behavior with band alignments.

**PG4A-10 | Power Generation of Large-Scale Monolayer $MoS_2$ Films with Interdigitated Electrodes**

JUNG Ye Seul[1], KIM Ji Yeon[1], *SHEN Wenhu[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Here, we propose the superior power generating characteristics of piezoelectric nanogenerators based on centimeter-scale monolayer $MoS_2$ film for the first time. Utilization of $Na_2S$ as growth promoter enables the synthesis of higher-quality monolayer since extra sulfur atoms critically compensate for the intrinsic sulfur vacancies. Due to the high-level coverage of the large-scale monolayer film specifically with interdigitated electrode pattern, the resultant electromechanical energy generators with an unprecedented large active area of 18.3 $mm^2$ demonstrated the output voltage of a ~400.4 mV and output current of ~40.7 nA, which are the highest values relative to the reported outcomes for the 2D materials.

**PG4A-11 | Direct patterning of QDs with thiol molecule ligands**

LEE Yunseo[1], SHIN Seungki[1], *OH Nuri[1]
[1]Hanyang University

Colloidal quantum dots (QDs) are widely used in IR detectors, LEDs, and solar cells due to their varied optical properties. However, conventional patterning methods like transfer printing and photolithography have limitations such as reactivity with ligands and decreased

photoluminescence. Direct optical patterning offers a promising solution by selectively removing unexposed areas with solvent, leaving only the QDs. Various ligand control methods have been proposed, including inducing chemical transformations in photoactive ligands and crosslinking ligands with additives. We propose a novel QD patterning method using thiol molecules as a ligand. This method achieves RGB multiple patterns with a minimum feature size of 3 $\mu$m and can extend the applications of displays. These findings hold potential for applications in display research.

**PG4A-12 | Flow Chemistry for Rapid and Uniform Synthesis of Heavy Metal-Free InP Quantum Dots**

공혜인[1], *오누리[1], 곽남영[1], 신승기[1]
[1]한양대학교

In recent years, flow chemistry has emerged as a promising method for producing quantum dots (QDs), offering several distinct advantages over traditional batch synthesis approaches. One of the primary benefits of utilizing flow chemistry is the remarkably short synthesis time required. QDs can be synthesized very quickly and maintain a high level of uniformity comparable to batch-synthesized QDs. Moreover, flow chemistry allows for precise control over reaction parameters, including temperature, pressure, and flow rates. This control enhances the reproducibility and consistency of the synthesis process, a critical factor in material production. In this work, we investigate the application of flow synthesis to produce heavy metal-free InP colloidal QDs. InP QDs, possessing both optical and electronic attributes, exhibit outstanding performance in a variety of applications, including light-emitting diodes and solar cell. The synthesis of InP QDs, excluding precursor preparation, was completed within 20 minutes and achieved a high level of uniformity. Furthermore, the ease of adjusting various parameters in flow chemistry, as compared to batch methods, allowed for rapid optimization across a range of variables. This advancement shows great potential for accelerating the production and progress of high-quality colloidal nanomaterials, particularly within the domain of next-generation energy and display technologies.

**PG4A-13 | Molten-Salt Synthesis of Single-Crystal Potassium Sodium Niobate-Based Microcubes**

JEONG Hui Yong[1], PARK Seonhwa[1], *MIN Yuho[1]
[1]Kyungpook National University

Potassium sodium niobates, belonging to the subset of perovskite oxides, have garnered significant attention owing to their diverse functional properties, encompassing traits like piezoelectricity, piezo-catalysis, ceramic capacitor capabilities, and sensing functionalities. The expression of these characteristics is notably influenced by various material attributes, such as composition, crystallinity, crystal structure, and dimensions. Particularly noteworthy is the distinctive behavior observed in single-crystal materials compared to their polycrystalline counterparts. The latter is composed of metastable states interspersed with grain boundaries, presenting obstacles to the efficient transport of charge carriers, phonons, and plasmons. Despite these nuances, achieving a cost-effective fabrication of single-crystal materials remains a persistent challenge. In this context, we introduce a direct molten-salt synthesis method crafted for the production of single-crystal microcubes of potassium sodium niobate. This approach leverages the advantages of cost-effectiveness, time efficiency, operational simplicity, and reproducibility, positioning itself as a robust pathway for material synthesis. We elucidate the procedure for molten salt synthesis, detailing the steps involved in generating single-crystal microcubes of potassium sodium niobate and exploring the underlying growth mechanism. The findings of this study contribute valuable insights and synthetic strategies with broader relevance to the production of single-crystal microcubes using other perovskite oxide materials.

**PG4A-14 | 비인간 영장류의 신경 신호 측정을 위한 유연 신경 전극**

제갈장환[1], 오세혁[1], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원

Despite the considerable advantages offered by flexible neural probes, their utilization is hindered by the inherent challenge posed by their flexibility, which impedes precise insertion into brain tissue. This limitation has largely restricted the application of such probes to large animal like NHPs. In this study, we develop a bioresorbable, shuttle-assisted flexible neural probe specifically designed for the deep brain regions of NHPs. The electrode, initially patterned with Au, were coated with Pt and IrOx. A disaccharide shuttle was

attached to the probe to provide temporary mechanical stiffness during insertion. We recorded local field potentials (LFPs) in the NHP's lateral hypothalamic area (LHA) during phases with and without food for a month. The recorded LFPs were converted into image-like time-frequency representation, called sclaograms and uses as input for Convolutional Neural Network (CNN) to classify the eating phases.

**PG4A-15 | Taste Bud-Inspired Single-Drop Multitaste Sensing forComprehensive Flavor Analysis with Deep Learning Algorithms**

YEA Junwoo[1], *JUNG Han Hee[2], LEE Hyunjong[1], KWAK Jeongho[1], CHOI Jihwan P[3], *JANG Kyung-In[1]
[1]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology, [2]Hannam University, [3]Korea Advanced Institute of Science and Technology

p.p1 {margin: 0.0px 0.0px 0.0px 0.0px; font: 13.0px 'Helvetica Neue'} The electronic tongue (E-tongue) system has emerged as a significant innovation, aiming to replicate the complexity of human taste perception. In spite of the advancements in E-tongue technologies, two primary challenges remain to be addressed. Firstly, evaluating the actual taste is complex due to interactions between taste and substances, such as synergistic and suppressive effects. Secondly, ensuring reliable outcomes in dynamic conditions, particularly when faced with high deviation error data, presents a significant challenge. The present study introduces a bio-inspired artificial E-tongue system that mimics the gustatory system by integrating multiple arrays of taste sensors to emulate taste buds in the human tongue and incorporating a customized deep learning algorithm for taste interpretation. The developed E-tongue system is capable of detecting four distinct tastes in a single drop of dietary compounds, such as saltiness, sourness, astringency, and sweetness, demonstrating notable reversibility and selectivity. The taste profiles of six different wines are obtained by the E-tongue system and demonstrated similarities in taste trends between the E-tongue system and user reviews from online, although some disparities still exist. To mitigate these disparities, prototype-based classifier with soft voting is devised and implemented for the artificial E-tongue system. The artificial E-tongue system achieved a high classification accuracy of ~95 % in distinguishing among six different wines and ~90 % accuracy even in an environment where more than 1/3 of the data contained errors. Moreover, harnessing the capabilities of deep learning technology, a recommendation system was demonstrated to enhance the user experience.

**PG4A-16 | Development of Carbon Nanostructure-Based Ink with Tunable Conductivity and Patterning Process**

KIM Seokhwan[1], PARK Seonhwa[1], *MIN Yuho[1]
[1]Kyungpook National University

The demand for versatile conductive inks has surged with the advancement of printed electronics. However, most research focuses on maximizing conductivity using high-cost materials, neglecting the need for customized conductivity based on user requirements. This research addresses this gap by fabricating an ink with tunable conductivity using carbon nanostructures (CB, CNT, Silver NWs).

The ink's conductivity is controlled by optimizing the composition of carbon nanostructures and tailoring the ink's rheological properties (viscosity, absorbency, dispersibility) with additives like binders. Furthermore, a scalable patterning process compatible with diverse substrates is developed to enable the precise deposition of the ink. This research anticipates widespread adoption of the developed ink as a consumer-tailored conductive ink across a broad spectrum of printed electronics applications.

**PG4A-17 | Highly Sensitive $H_2$ Gas Sensor at Room Temperature based on Biomorphic Hierarchical Porous Cerium Oxide Structure**

DO Soo Jee[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

Development of $CeO_2$-based gas sensors has been attracted widespread attention, owing to its considerable intrinsic properties such as large concentration of oxygen vacancies, outstanding redox properties, and high oxygen capacity through the electronic state transformation between $Ce^{3+}$ and $Ce^{4+}$. However, a series of limitations such as complex synthesis process, high working temperature, and low response value remain challenging. Herein, $CeO_2$ microtubules were successfully synthesized through cerium precursor solution immersion followed by calcination in assistance of biomorphic template. The samples were then sonicated to obtain porous $CeO_2$ structure. The samples showed higher sensitivity to 20ppm $H_2$ than controlling groups of spherical $CeO_2$. A $CeO_2$ nanoparticles with good crystallinity built the hierarchical structure, promoting larger active sites area and more rapid diffusion of target

gas. The porous $CeO_2$ would provide new path for detecting sub-ppm level $H_2$ gas at low temperature.

**PG4A-18 | 파킨슨 병의 진단을 위한 양면 구조의 3전극 기반 뉴럴프로브**

하정대[1], *정한희[2], *장경인[1]
[1]대구경북과학기술원, [2]한남대학교

Understanding and treating the dysregulation of dopamine (DA), which is implicated in various disorders such as Parkinson's Disease (PD), schizophrenia, and addiction, is crucial for comprehending brain functionality. This research introduces a novel Multi-Deformable Double-sided (MDD) DA-sensing probe, incorporating a three-electrode system into a single probe for effective real-time monitoring of DA dynamics. This innovative probe showcases heightened sensitivity and selectivity towards DA, attributed to the immobilization of enzymes on 3D nanostructures on the working electrode. Additionally, a serpentine design is implemented for the electrodes to ensure high stretchability and to mitigate stress impacts on the probe. Both experimental and computational analyses affirm the significant decrease in stress exerted on the electrodes. The MDD DA-sensing probe has been successfully implanted in the brain, facilitating real-time, in vivo monitoring of DA levels in rodents. Furthermore, the probe has been utilized to observe DA dynamic changes in hemi-PD mice before and after L-DOPA administration. This highly adaptable implantable probe demonstrates potential for advancing the study and treatment of neurodegenerative diseases by providing accurate monitoring of DA dynamics with minimal brain tissue damage.

**PG4A-19 | NIR-SWIR 흡수 향상을 위한 $Ag_2Te$ 코어쉘 구조 양자점의 합성 방법**

김민지[1], 장성우[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

The second near-infrared window (NIR-II, 900-1700 nm) has significant potential for bioimaging because of its deeper penetration depth and spatial resolution. However, the most widely studied NIR-II QDs, such as PbS and CdHgTe, are unsuitable for biological use due to their high toxicity. $Ag_2Te$ QD is a promising low-toxicity nanomaterial for applications in bioimaging. However, $Ag_2Te$ QDs still face challenges associated with their low absorption characteristics compared to lead and cadmium chalcogenide QDs. Herein, an optimized synthesis method for $Ag_2Te$ quantum dots was utilized to conduct research aimed at securing high-absorption characteristics across the NIR-SWIR spectrum through particle size control driven by quantum confinement effects. $Ag_2Te$ quantum dots were synthesized using thiol-based ligands instead of conventional amine-based ligands. Furthermore, $Ag_2Te@Ag_2X$ (X=S, Te) core-shell quantum dots were synthesized by sequentially injecting additional silver (Ag) and chalcogen (S, Te) precursors into the pre-synthesized $Ag_2Te$ quantum dots at high temperatures. Finally, we characterized the synthesized $Ag_2Te$ QD with the structural analysis of UV-Vis spectroscopy, X-ray diffraction patterns, and TEM images.

**PG4A-20 | Optimizing QLED Performance: Dual-Layer Approach with $V_2O_5$ and PEDOT:PSS for Enhanced Charge Control and Reduced Electron Leakage**

JANG Se Hyuk[1], CHO Han Bin[1], *IM Won Bin[1]
[1]Hanyang University

Quantum dot light emitting devices (QLEDs) show promise for displays, with polyethylenedioxythiophene: polystyrene (PEDOT:PSS) commonly used as a hole injection layer (HIL) due to its high conductivity and work function. However, PEDOT:PSS-based QLEDs face an energy barrier, reducing efficiency. Herein, in this work, we used the rapid thermal annealing (RTA) process to improve the conductivity by controlling the RTA processing time which reduced the interfacial resistance. This improves charge balance and long term stability by preventing electron leakage. The optimized $V_2O_5$/PEDOT:PSS-based QLED, with an EQE of 18%, CE of 77 cd $A^{-1}$ and maximum luminance of 23242 cd $m^{-2}$, outperforms the PEDOT:PSS-based counterpart. This highlights the strategic superiority of $V_2O_5$ HIL in our QLED.

**PG4A-21 | $VO_2$를 정공주입층으로 활용하여 효율적인 전하 주입을 통한 양자점 발광 다이오드 성능 향상**

문지윤[1], 조한빈[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

Quantum dot light-emitting diodes (QLEDs) are promising devices for display applications. The conventional hole injection layer (HIL) material in optoelectronic devices, polyethylenedioxythiophene: polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS), is widely used due to its excellent conductivity and high work function. However, PEDOT:PSS-based QLEDs have a high energy barrier for hole injection, which results in low device efficiency. Therefore, we propose a novel approach involving a bilayer-HIL incorporating vanadium dioxide

($VO_2$) in conjunction with PEDOT:PSS for QLEDs. Herein, we have demonstrated a bilayer-HIL using $VO_2$ and a PEDOT:PSS-based QLED that exhibits an 18% external quantum efficiency (EQE), a current efficiency (CE) of 78 cd/A, and a maximum luminance of 25,771 cd/$m^2$. In contrast, the PEDOT:PSS-based QLED exhibits an EQE of 13%, CE of 54 cd/A, and maximum luminance of 14,817 cd/$m^2$. The key factor contributing to the enhanced EQE is the reduction in the energy barrier between indium tin oxide (ITO) and PEDOT:PSS, achieved through the incorporation of a $VO_2$ HIL. This innovative bilayer-HIL strategy proves to be effective in overcoming the limitations of traditional PEDOT:PSS-based QLEDs, offering a promising avenue for boosting efficiency in quantum dot display technologies.

**PG4A-22 | 세 가지 형태로 합성된 망간 도핑 육방정계 페로브스카이트 소재의 자기 포획 엑시톤 영향에 대한 광학적 분석**

김유리[1], 한주형[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

Over the past decade, lead halide perovskites have gained tremendous attention due to its excellent performance in optoelectronic devices. Numerous efforts in this direction have produced lots of lead-free metal halides. Herein, the synthesis of highly luminescent Cesium cadmium chloride through equivalent manganese doping at cadmium sites. Also, we synthesized $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ into three forms: single crystal, polycrystalline powder, and nanocrystal. Rietveld refinement analysis of three different types of X-ray diffraction patterns of the as-synthesized three different forms of $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ reveals their structural details. The $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ MHPs exhibited orange emission upon 295nm excitation with a high photoluminescence quantum yield of 74%. The thermal stability of $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ was studied and the material exhibited remarkably robust emission. The emission characteristics of orange-emitting, remain stable even at elevated temperatures-maintaining 80% of initial PL efficiency at 150°C. Lastly, we applied this material into white-light generating powder with mixing commercial phosphors.

**PG4A-23 | 상향변환 수분감지 금속 할라이드 소재 개발 및 정보보안 응용**

서정민[1], 한주형[1], *임원빈[1]
[1]한양대학교

Hydrochromic materials that change their luminescence color upon exposure to moisture have attracted considerable attention owing to their applications in sensing and information encryption. However, the existing materials lack high hydrochromic response and color tunability. This study reports the development of a new and bright zero-dimensional (0D) $Cs_3GdCl_6$ metal halide as the host for hydrochromic photon upconversion in the form of polycrystals (PCs) and nanocrystals (NCs). Lanthanides co-doped cesium gadolinium chloride metal halides exhibit upconversion luminescence (UCL) in the visible–infrared region upon 980 nm laser excitation. In particular, $Yb^{3+}$ and $Er^{3+}$ co-doped PCs exhibit hydrochrmic UCL color change from green to red. These hydrochromic properties are quantitatively confirmed through sensitive detection of water in the tetrahydrofuran solvent via UCL color changes. This water-sensing probe exhibits excellent repeatability and is particularly suitable for real-time and long-term water monitoring. Furthermore, the hydrochromic UCL property is exploited for stimuli-responsive information encryption via cyphertexts. These findings will pave way for the development of new hydrochromic upconverting materials for emerging applications, such as noncontact sensors, anticounterfeit and information encryption.

**PG4A-24 | Crystal structure stabilization of metastable $NiMoO_4$ by Sb doping for electrochemical application**

JEONG Si Hoon[1], LEE Seung Yong[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

Transition metal molybdenum oxides($TMoO_4$) show piezochromic properties, in which change phase and electronic structure when small pressure is applied due to cation distance decrease resulting in d- orbital splitting. Although stable phase($\alpha$) shows poor electronic conductivity and catalytic activity, metastable phase($\beta$) shows elevated catalytic activity due to different electronic structure. However, maintaining metastable phase in ambient condition is difficult becasue of its intrinsic property to transition into stable phase. Here, we doped Sb in the metastable $NiMoO_4$ phase, resulting in crystal structure stabilization and catalytic activity enhancement by Mo 6+ to 5+ oxidation state change. Crystal structure stabilization was analyzed by XRD, Raman spectroscopy. Further structure and element chemical state change was measured by SEM and XPS. Using stabilized metastable $NiMoO_4$, gas sensing property and electronic capacity was evaluated. Stabilized $TMoO_4$ materials show the hidden nature of piezochromic materials, proposing potential applications in smart materials and energy devices. Furthermore, it

is expected that our structure stabilization process in this work can help metastable oxides to unleash its inherent property completely.

**PG4A-25 | Understanding of $NH_3$ gas sensing mechanism by observing Oxygen ionic species in Palladium nanoparticle-decorated ZnO Nanosheet**

CHOA Haeun[1], KIM Min Young[1], *LEE Kyu Hyoung[1]
[1]Yonsei University

$NH_3$, a flammable, explosive, and toxic gas damaging human skin, eyes, and potentially the kidney and respiratory system, needs accurate detection under a PEL level (Personal Exposure Limit) of 25ppm. Zinc oxide (ZnO) is one of the most investigated metal oxide semiconductors (MOS) utilized in chemiresistive gas sensors because of its ability to respond to multiple analytes in moderate operating temperatures. Although many experimental works demonstrated that the gas sensing performance can be significantly altered through decorating with metal nanoparticles, limited works systematically investigate the interaction between metal nanoparticles and metal oxides. In this work, Palladium (Pd) nanoparticles with controlled size and density were functionalized on top of porous ZnO nanosheets and interplay between Pd nanoparticles (Pd NP) and ZnO nanosheets were systematically investigated by exposed them into different analytes under different operating temperature. Palladium-decorated ZnO Nanosheet samples were synthesized by a facile Microwave-assisted method. Pd-ZnO NSs with controlled Pd nanoparticle size and coverage were synthesized. $NH_3$ gas sensing experiment at a concentration range of 0.1 ppm~50 ppm was conducted under 250°C to 450°C. Several parameters such as energy barrier difference in air and nitrogen ($\Delta$Eb) by thermal modulation experiment, oxygen vacancy concentration (Vo) by XPS, and power law exponent (n) by oxygen partial pressure control experiment were considered to obtain an understanding of $NH_3$ gas sensing mechanism. It was concluded that the power law exponent depending on the temperature of gas sensing operating temperature was the main factor related to gas sensing response (Ra/Rg) and K.

**PG4A-26 | Low-Temperature Operation of ZnO-SnO2 Heterojunction Gas Sensors via defect Control Using Surfactants**

김용환[1], 박철오[1], 황정윤[1], *이규형[1]
[1]연세대학교

Recent advancements in various industries have spurred the development of new materials, among which metal oxide gas sensors have garnered increasing interest due to their ability to detect harmful gases in diverse environments. However, the utility of these sensors is often limited by their reduced sensitivity at low temperatures, such as 0°C, a drawback attributed to the inherent properties of metal oxides. In this research, we have synthesized a ZnO-SnO2 heterojunction material capable of operating at low temperatures through defect control using cost-effective surfactants. Our research demonstrate an enhanced gas sensor response with decreasing temperature, highlighting the material's improved performance in cold environments. This research underscores the potential of ZnO-SnO2 heterojunction gas sensors to operate without a heater power supply, offering significant benefits in terms of battery life extension and operational efficiency in variable environmental conditions.

**PG4A-27 | 광양이온 중합형 지환식 에폭시올리고 실록산의 합성과 3D 프린팅에서의 적용**

SHIORI Sakuragi[1], 박혜영[1], 이정현[1], *양승철[1], 정연길[1]
[1]국립창원대학교

광경화 기반 세라믹 3D 프린팅에 사용되는 슬러리는 광경화성 모노머와 세라믹 입자를 혼합하여 제조된다. 뒤틀림 없는 세라믹 성형체 및 소결체를 제조하기 위해 슬러리는 높은 세라믹 입자 고형분 함량이 요구된다. 본 연구에서는 분자 구조 내에 실록산 결합이 있어 슬러리 내 높은 Silica 고형 분량에 기여할 수 있는 지환식에폭시 올리고실록산을 합성하여 3D 프린팅에 적용하였다. 올리고실록산과 silica로 구성된 슬러리를 이용해 제작된 3D 프린팅 성형체 및 소결체는 층간 박리 및 뒤틀림이 없는 것을 확인했다. 이는 올리고실록산에 수식된 지환식 에폭시의 리빙 (living) 특성으로 인한 높고 균일한 가교밀도 때문이다. 또한, 제작된 소성체는 낮은 소성온도에도 높은 강도를 지녀 지환식에폭시 올리고실록산은 유기 바인더 뿐만 아니라 무기 바인더로서 적용될 수 있는 유-무기 바인더 시스템으로 활용될 수 있다.

Keyword 3D printing; Photo-curable slurry; Photo-cationic polymerization; Oligosiloxane; Low-temperature sintering

**PG4A-28 | 저탄소 공정 기반 고엔트로피 합금 분말 구형 응집체 제조에 대한 연구**

김민종[1], 임태협[1], 오흥석[1], 몽겔라 걸트루드[1], *이선영[1]
[1]한양대학교

가스 분사 방식은 대표적인 고엔트로피 합금 분말 제조 방법 중 하나로써, 용융시킨 금속을 가스와 함께 분사하여 구형으로 만드는 방법이다. 하지만 이 방식은 재료 용융 시 높은 에너지를 요구하며, 값비싼 장비 단가 등의 문제로 인해 분말 제조 공정 비용이 매우 높다는 문제점이 있다. 무엇보다, 가스 분사 방식으로

분말을 제조할 경우 대량의 탄소가 배출되는 문제점이 있다. 본 연구에서는 가스 분사 방식을 대체하고자 친환경 공정으로 알려진 '수소 환원 공정'을 바탕으로 고엔트로피 합금 분말 구형 응집체를 개발하는 과정을 제시하고자 한다. 고에너지 밀링 시스템 (2,400 rpm)을 이용한 분쇄 과정을 통해, 마이크로 크기의 산화물 분말이 나노 크기로 분쇄 및 산화물 분말 간의 고용화를 기대할 수 있다. 고용화 된 분말은 혼합 깁스 에너지 감소에 의해 수소 환원 공정 온도가 상대적으로 낮아진다. 또한, 고엔트로피 합금 원소 중 Cr은 Cr2O3 상에서 수소 환원이 어려운 재료로 간주되는데, 보통 환원이 불가능하거나 1,200 ℃ 이상의 고온을 필요로 한다. 본 연구에서는 산화물 분말의 나노화 및 고용화를 통해 Cr2O3의 환원을 위한 공정 온도를 감소시키고자 한다. 그 결과, TGA 분석을 통해 기존 가스 분사 방식의 용융 공정 온도인 약 1,900 ℃ 와 비교했을 때, 1,000 ℃ 이하의 낮은 온도에서 저온 수소 환원이 가능함을 확인했다. 수소 환원된 분말은 분무 건조 공정을 통해 구형 응집체로 제조됐으며, 0.9 이상의 구형도를 확보함으로써 공정 적용에 유리한 분말로 만들어졌다. 최종적으로, 분말을 성형한 후 소결된 부품의 경도를 측정하여 가스 분사 방식으로 만들어진 부품과의 경도와 비교됐다.

### PG4A-29 | 유·무기계 첨가제 혼합을 통한 반도체 소자용 나노소재의 특성 향상 연구

정진욱[1], 마요한[1], 황규완[1], 김도경[1], *김종복[1]
[1]국립금오공과대학교

최근 인공지능 기반의 고도화된 기술들이 등장하고 있으며 이에 따라 반도체 소자 및 소재 대한 연구 개발 또한 활발히 진행되고 있다. 특히 복잡한 형태의 반도체 소자를 제작하기 위해서는 소자에 사용될 소재에 대한 이해가 높아야 하며 그 중에서도 나노 스케일의 소재에 대한 연구가 필수적으로 행해져야 한다. 대표적으로 반도체 소자에 사용되는 ITO(Indium Tin Oxide)는 우수한 전기 전도성과 투명성을 가지고 있으나 세라믹 재료의 취성을 극복하지 못하여 이를 대체하기 위한 소재가 연구 개발되고 있으며 CNT(Carbon Nanotube), AgNW(Ag Nanowire)와 같은 물질들이 있다. 이들은 용액 상태로 공정이 가능하고 기계적으로 유연하면서 우수한 전기적 특성을 보여 ITO를 대체하기 위한 소재로 적합하다고 평가 받고있다. 하지만 소재에 사용되는 첨가제의 종류가 다양하여 신뢰성 있는 반도체 소자 제작에 어려움을 겪고 있다.  따라서 본 연구에서는 반도체 소자에 사용되는 나노 소재에 유, 무기계 첨가제를 혼합하는 것으로 나노 소재의 특성을 향상시켜 신뢰성 있는 소자 제작 및 나노 소재에 대한 이해를 높이고자 하였다. 첨가제가 들어 있지 않은 AgNW 및 CNT 용액에 여러 첨가제를 혼합하였고 이를 필름 형태로 제작하여 접촉각 측정을 실시 하였다. 접촉각을 통해 필름의 표면에너지를 계산하여 필름의 접착 특성을 유추 할 수 있었으며 이를 통해 적합한 첨가제를 이용하는 것으로 나노 소재의 특성을 향상 시킬 수 있었다. 결론적으로 나노 소재에 대한 이해를 높일 수 있었으며 이 결과를 바탕으로 실리콘 나노와이어와 같은 나노 스케일의 세라믹 재료에서도 적용할 수 있을 것이라 예상된다.

### PG4A-30 | Conductive non-noble-metal oxide nanosheets as efficient hybridization matrices

KWON Nam Hee[1], JIN Xiaoyan[2], *HWANG Seong-Ju[1]
[1]Yonsei University, [2]University of Seoul

Hybridization with conductive 2D nanosheets has evoked intense research activities because of its usefulness in optimizing the electrocatalytic activities of nanostructured materials. To circumvent the limited hybridization impact and high price of graphene and $RuO_2$ nanosheets, we synthesize noble-metal-free conductive multimetallic oxide nanosheets as economically-feasible efficient hybridization matrices via the fine-control of chemical composition and defect structure. The diversification of cationic composition of multimetallic oxide nanosheets enables to finely tailor anion vacancy and surface bond polarity, leading to a strong interfacial electronic coupling with hybridized species and an improvement of charge/mass transfer. The composition-controlled multimetallic oxide nanosheets can function as emerging hybridization matrices for enhancing electrocatalytic oxygen evolution activity of hybridized species. The universal validity of these nanosheets is further corroborated by the hybridization-induced improvement of visible light photocatalytic activity of hybridized semiconductors. The present study highlights the high efficacy of hybridization with surface-optimized multimetallic oxide nanosheets in exploring efficient hybrid electrocatalysts/photocatalysts.

## PG4B : 나노 융합 세라믹스

### PG4B-1 | Enhanced Solid-State Photoluminescence from Boron Oxynitride-Embedded Graphene Quantum Dots for Efficient QLED Applications

NAM Yujin[1], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University

Graphene quantum dots (GQDs) have emerged as promising candidates for next-generation light-emitting diodes (LEDs), as GQDs offer unique optoelectronic properties due to their tunable bandgap and excellent photoluminescence. However, in the solid state, GQDs often encounter aggregation-induced photoluminescence quenching (ACQ). This study investigates the embedding of graphene quantum dots within boron oxynitride (BNO) matrices and compares their size-dependent Luminescence characteristics. The process involved a one-step microwave-assisted method utilizing a mixture of GQDs, boric acid, and urea in water. Effective dispersion of GQDs within the BNO matrix suppresses

ACQ and induces a significant enhancement in photoluminescence quantum yields (PL-QYs). Comparative analysis reveals that 5nm GQD@BNO exhibits PLQYs up to 36.4%, outperforming pristine GQDs in solution. The enhanced PL-QYs result from increased spontaneous emission rates facilitated by the surrounding BNO matrix which provides a high-refractive-index. To effectively apply GQD@BNO in quantum dot LED (QLED) technology, BNO concentration and GQD size are optimized for QLED fabrication. Based on the characterizations using Raman spectroscopy, Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), photoluminescence (PL), and UV-visible spectroscopy (UV-vis), the optimized materials will be developed to enable efficient QLED fabrication. This study highlights the potential for developing low-cost and eco-friendly light-emitting devices with enhanced performance.

**PG4B-2 | Probing the origin of the self-trapped excitons emission in hexagonal halide perovskite structure**

PARK Yong Min[1], JOO Hyeong Han[1], *IM Won Bin[1]
[1]Hanyang University

Lead halide perovskites have gained tremendous attention since the past decade due to its excellent performance in optoelectronic devices. Numerous efforts in this direction have produced lots of lead-free metal halides. Herein, the synthesis of highly luminescent Cesium cadmium chloride through equivalent manganese doping at cadmium sites. Also, we synthesized $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ into three forms: single crystal, polycrystalline powder, and nanocrystal. Rietveld refinement analysis of three different types of X-ray diffraction patterns of the as-synthesized three different forms of $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ reveals their structural details. The high photoluminescent quantum yield for manganese emission was measured in the form of a single crystal (74%). The thermal stability of $CsCd_{1-x}Mn_xCl_3$ was studied and the material exhibited remarkably robust emission. The emission characteristics of orange-emitting, remain stable even at elevated temperatures—maintaining 80% of initial PL efficiency at 150°C. Lastly, we applied this material into white-light generating powder with mixing commercial phosphors.

**PG4B-3 | Chemically and Electronically Active Metal Ions on InAs Quantum Dots for Infrared Detectors**

SEO Jaeyoung[1], *OH Nuri[1], KIM Seongchan[1], GWAK Namyoung[1], SHIN Seungki[1], YEO Dongjoon[1], KONG Hyein[1], LEE Yunseo[1], NA Jina[1]
[1]Hanyang University

Indium arsenide (InAs), one of the III-V compound semiconductors, has a relatively small carrier effective mass, direct bandgap, and small exciton binding energy, which are attractive properties for state-of-the-art electronic and optoelectronic applications. Due to the quantum confinement effect, the nano-sized crystals of InAs can possess additional benefits, including tunable optical bandgap ranging from near-infrared (NIR) to short-wave infrared (SWIR) and versatile solution processability. Given these advantages, the IR-responsive InAs quantum dots (QDs) can be integrated as a thin solid form into various IR photosensors, enabling to apply machine vision, imaging sensors, and telecommunications. For high performance of QD-based photodetectors, it is important to obtain highly monodisperse InAs QDs and control the surface defects that can enhance the charge transport properties in QD films.

The synthesis of InAs QDs is not, however, as simple as the ionic compound semiconductor nanocrystals, because of their strong covalent bonding nature and the lack of group 15 precursors. Previous researches using continuous injection and seeded growth methods have been focused on reactivity control of highly reactive silylated or germylated arsenic precursors, which have difficulty handling to some extent due to toxicity and pyrophoric properties of the precursors. Meanwhile, co-reduction methods with commercially available arsenic precursors are another facile approach for InAs QD synthesis. The simple heat-up process along with reducing zinc and arsenic precursors together simultaneously, may be suited for large-scale production, but it normally requires a subsequent size selection process because of a broad size distribution. Additionally, as the nanoscale III-V semiconductors suffer from the oxidative defects, the surface of InAs QDs is also prone to oxidation. It is required to eliminate the oxidative defects so that the QDs are electronically connected for efficient charge extraction without charge trapping. In this work, we propose the synthesis approach to improve monodispersity of InAs QDs based on the co-reduction method. We introduce zinc halide precursors as a form of coordination complex into the indium and arsenic reaction mixtures. During the synthesis, the zinc ions are chemically passivating the

surface of InAs QDs, allowing to induce size-focusing as well as to remove surface defects. The surface oxide-free InAs QDs are stable enough as a colloidal form even with weakly bound ligands to facilitate the follow-up process. When InAs QDs are integrated into the infrared photodiode as an IR absorber, the surface zinc ions can electronically modulate the energy levels and carrier concentrations. The IR photodiodes with InAs:Zn QD layers exhibit higher IR sensitivity and faster response than the bare InAs QDs. We anticipate that the unique synthesis approach for InAs QDs with electronically active zinc ions should inspire QD research into a new direction for NIR and SWIR applications.

**PG4B-4 | 열 플라즈마를 이용한 BN나노튜브 합성 및 공정 최적화**

유희일[1], *문세연[1]
[1]전북대학교

Boron Nitride (BN) 나노 튜브는 높은 열전도특성과 뛰어난 중성자차폐특성을 보이는 반면, 전기적으로는 절연특성을 보이고, 또한 섬유화 시킬 수 있는 고 기능성 소재로서 다양한 분야에서 활용성이 기대되는 재료이다. 이러한 BN나노튜브를 대량으로 합성하는 방법으로 최근에는 열 플라즈마 공정이 주로 사용된다. 본 연구에서는 열 플라즈마를 이용한 BN나노튜브 합성 공정 중 반응 가스의 유량 및 압력 등 각각의 공정 조건들이 합성된 BN나노튜브의 품질에 어떠한 영향을 미치는지 조사하고, 이를 통해서 고품질의 BN나노튜브 성장을 위한 열 플라즈마 공정 조건을 최적화 한다. - 이 논문은 2024년도 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 과제번호(KRIT-CT-21-014), 우주항공 국방소재용 BNNT 복합소재 특화연구실)

**PG4B-5 | 극한 환경을 위한 HfC/페놀 수지 복합재: 열 안정성과 내화학성의 시너지 효과**

김경원[1], 탁우성[1,2], 황진욱[1,2], 정영근[1], *김우식[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

초고온 극한 환경에서 기존 소재의 한계를 극복할 수 있는 탄소 소재 기반의 CMC연구가 지속되고 있지만 고온 안정성 단점이 있다. 이를 보완하여 극한 환경에 적용될 수 있는 탄소/세라믹 복합재로 연구가 지속되고, 열충격 및 경량화 장점으로 우주항공, 국방, 발전소 등에 넓게 사용될 수 있다. 기존 PIP, CVI 제조는 고밀도화, 제작 시간 등의 단점이 있다. 이번 실험에서 높은 융점에서 기계적 특성이 우수한 세라믹 소재 중 친수성 하프늄 클로라이드를 활용하여 복합재 제조하였다. 탄소원으로 페놀 레졸 베이스에 하프늄 클로라이드를 분산 후 회전식 감압 농축 졸을 카본 펠트에 함침시켜 고온 온도 영역에서 탄화 처리하였다. 섬유의 계면결합 확인을 위해 산처리 유무에 따른 비교군으로 실험하였다. XRD로 상 조성 및 결정 구조의 확인하였고 SEM/EDS를 통해 섬유 표면의 결합과 기공 유무를 관찰하였다. 본 실험에서 탄소섬유 강화 하프늄 카바이드의 세라믹 기반 복합재료 (Cf/HfC)는 초고온 구조 소재로 엔진, 터빈, 로켓 부품에 적용 가능성과, 내식 소재로 화학 설비, 해양 구조물에도 적용 가능함과 극고온 환경의 구조 및 열 변형에 효율적으로 적용될 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

**PG4B-6 | InAs 양자점 광감지소자 성능 향상을 위한 할라이드 리간드 교환 최적화**

여동준[1], *오누리[1]
[1]한양대학교

With the advancements in IoT sensors and autonomous vehicles, there is a growing demand for infrared (IR) photodetectors, particularly those capable of detecting short-wavelength IR (SWIR). Currently, commercially available IR sensors are predominantly based on bulk silicon, and their ability to detect SWIR is limited due to the bandgap. Colloidal quantum dots (QDs) have emerged as promising candidates to overcome these limitations due to their tunable bandgaps and excellent optoelectronic properties. Additionally, research on the III-V QDs, such as InAs, for photodetectors, to replace traditional lead-containing QDs has gained momentum. While there have been advancements in the synthesis of III-V QDs, studies on their device applications have been relatively scarce, and investigations into the surface properties of III-V QDs have been notably lacking. In this study, we demonstrate InAs QD-based IR photodetectors by employing solid-state ligand exchange process using various halide ligands. Substituting the long native ligands of InAs QDs with short halide ligands enhances charge transport properties in the QD film, attributed to interparticle coupling. However, inappropriate solvent selection and inadequate ligand concentration had hindered charge transport between the QDs and occasionally caused delamination of QD films. To address the challenges, we investigate the dynamics of ligand exchange processes using various solvents and examine the process conditions to enhance QD coupling. We report the dependence on halide ion species used as ligands, the influence of cations on QD film formation, the IR photoconversion properties depending on the process, and provide strategies for achieving low dark currents comprehensively. Based on this ligand exchange engineering we anticipate an increased potential for the future utilization of InAs QD-based IR photodetectors

**PG4B-7 | Atomistically Tailored Surface states of Indium Phosphide Quantum Dots for Shell-Less Light-Emitter**

곽남영[1], *오누리[1]
[1]한양대학교

The surface complexity of III-V compound QDs has been progressively elucidated through surface etching and passivation using various surface ligands. Regardless of the synthetic routes, the surfaces of highly covalent InP QDs are prone to the formation of oxidative species due to their high oxygen affinity. These surface traps act as local energy minima that hinder or delay electron-hole recombination, consequently reducing luminous efficiency. Ideally, if the surface oxides of InP QDs can be effectively removed and the exposed DBs can be passivated with additional ligands, InP cores without a pristine shell could potentially exhibit sufficient luminescent efficiency. As part of this research endeavor, the utilization of Lewis acidic Z-type ligands for partially coupling surface atoms has shed light on the significance of surface stoichiometry and undercoordinated surface sites in the luminescence of QDs. Z-type ligand passivation has proven effective in treating the surfaces of various InP QDs, yielding consistent outcomes irrespective of their types. Recently proposed combinational ligand passivation strategies offer safer chemical routes than HF and have shown high photoluminescence quantum yield (PLQY) for InP cores without any shells, achieving 85% PLQY with the combination of $ZnCl_2$ and $InF_3$, and 60% PLQY with the combination of $ZnCl_2$-TOP and Zn-oleate. These approaches address the challenge of eliminating the remaining undercoordination despite the effective passivation of a significant number of surface DBs using Z-type ligands. Additionally, the introduction of gallium ions in a post-synthetic process of InP QDs has provided further insights into tackling surface complexity. While the enhancement of InP core luminescence has been reported through GaP shell formation, Ga cation exchange, In-Ga alloying, and additional coordination at the InP/ZnSe interface, the specific role of Ga-based ligands in altering the surface chemical state remains unclear. Overall, achieving defect-free and DB-free InP QD surfaces without shell formation while maintaining excellent luminescent properties for applications like electroluminescent (EL) devices remains an unexplored possibility. Although matching factors such as surface coordination of cations and anions and charge neutralization hold promise for eliminating surface defects in compound semiconductor QDs, further research is needed to realize the full potential of defect-free InP QDs with pristine surfaces. To address this challenge, our novel approach focuses on controlling InP QD surface stoichiometry and coordination without the conventional growth of a complete shell. Through atomic-level modification involving proportional surface passivation using gallium chloride and zinc carboxyl groups, we successfully reduce the density of surface defect states, resulting in remarkably stable luminescence with near-unity PLQY (up to 95%). Theoretical models have offered guiding principles for identifying the chemical composition and quantity of surface traps, which can be verified through spectroscopic analysis. Remarkably, our core-only InP QDs, even without a shell, demonstrate sufficient electroluminescence in conventional LED architectures for the first time. Our findings provide valuable insights into the role of surface chemistry in controlling luminescence and present a novel strategy for developing bright and stable QDs without the necessity of a complete shell.

**PG4B-8 | P형 콜로이드 Zn3As2 나노결정체 합성**

김성찬[1], 서재영[1], 여동준[1], 김성원[1], 나지나[1], *오누리[1]
[1]한양대학교

Zinc pnictides, particularly Zn3As2, hold significant promise for optoelectronic applications owing to their intrinsic p-type behavior and appropriate bandgaps. However, despite the outstanding properties of colloidal Zn3As2 nanocrystals, research in this area is lacking because of the absence of suitable precursors, occurrence of surface oxidation, and intricacy of the crystal structures. In this study, a novel and facile solution-based synthetic approach is presented for obtaining highly crystalline p-type Zn3As2 nanocrystals with accurate stoichiometry. By carefully controlling the feed ratio and reaction temperature, colloidal Zn3As2 nanocrystals are successfully obtained. Moreover, the mechanism underlying the conversion of As precursors in the initial phases of Zn3As2 synthesis is elucidated. Furthermore, these nanocrystals have been employed as active layers in field-effect transistors that exhibit inherent p-type characteristics with native surface ligands. To enhance the charge transport properties, a dual passivation strategy is introduced via phase-transfer ligand exchange, leading to enhanced hole mobilities as high as 0.089 cm2 V−1 s−1. This study not only contributes to the advancement of nanocrystal synthesis, but also opens up new possibilities for previously underexplored p-type nanocrystal research.

**PG4B-9 | 주석 기반의 다성분 수산화물 구조체 물질 합성**

장원준[1], *조승호[1]
[1]울산과학기술원

Tin can easily forms hydroxides with an octahedral crystal structure with metals with a divalent oxidation number (ex. Mn, Ni, Zn, Co and Mg). Although much research has been done on the synthesis and application of hydroxides of each metal and tin, there has been little research on multi-component metal hydroxides containing three or more metals, including tin. In this study, a multi-component metal hydroxide structure containing tin was formed using a simple solution-based synthesis method, and X-ray diffraction pattern analysis and scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy showed that the five types of metal elements introduced earlier can be evenly dispersed inside the structure with various composition ratios. Through this study, new hydroxide materials can be designed for fields that require synergistic effects between tin and other metal elements, and the possibility of using tin-based multi-component metal hydroxides as a precursor for multi-component metal oxides containing tin can be expected.

**PG4B-10 | 열탄소환원 공정을 통한 HfC가 코팅된 탄소섬유의 고온 내산화성 향상**

조용준[1], 탁우성[1,2], 황진욱[1,2], 김경원[1,2], *김우식[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

탄소섬유(Carbon fiber)는 우수한 인장 특성 및 전기 전도성, 고강도, 고탄성률 등의 우수한 특성을 가지고 있다. 하지만 일정 온도 이상에서 산소와의 반응에 의해 CO 또는 $CO_2$로 분해되는 문제점이 있다. 이러한 산화에 의해 중량 감소가 발생하고 기계적 특성이 저하되며 사용되는 응용분야의 분위기 및 온도에 제한을 갖게 되는 문제점이 있다. 따라서 탄소섬유의 응용분야 확대를 위해서는 내산화성을 향상시킬 필요가 있다. 본 연구에서는 수용액상의 전구체 및 열탄소환원 공정을 이용하여 탄소섬유에 Hafnium carbide(HfC) 코팅층을 형성하여 탄소섬유의 고온 내산화성을 향상시켰으며, 우선적으로 Graphene oxide(GO)가 첨가된 수용액 상의 전구체를 사용하였고 수용액상의 $Hf^{4+}$ 이온이 GO의 산소함유 작용기와 반응하여 탄소섬유 표면에 GO-Hf를 형성시켰다. GO-Hf가 코팅된 탄소섬유는 열탄소환원법을 통해 HfC 코팅층을 제조하였다. HfC 코팅된 탄소섬유의 표면 형상은 Field emission-scanning electron microscope (FE-SEM)을 통해 확인하였고, HfC의 결정 구조는 X-ray diffraction(XRD)를 통해 분석하였다. 그 결과를 통해 GO를 사용하지 않고 HfC를 코팅한 샘플보다 GO를 사용하여 HfC를 코팅한 샘플이 보다 더 연속적이고 균일한 코팅층을 형성하는 것을 확인하였으며, 탄소섬유 표면에 형성된 HfC의 결정을 확인하였다. 탄소섬유의 내산화성 향상은 Thermo gravimetric analysis(TGA)를 통해 확인하였다. GO를 사용하여 HfC를 코팅한 샘플은 초기 산화온도가 탄소섬유 및 GO를 사용하지 않은 샘플에 비해 약 100℃ 이상 향상되었다. 또한 연소시험을 통해 비슷한 경향을 확인하였다. 연소시험은 화염 토치를 이용하여 총 10분간 2분 단위로 무게 변화를 측정하였고 화염에 노출된 탄소섬유의 최종 무게 감소율이 21.5wt%인 것에 비해 GO를 사용하지 않고 HfC를 코팅한 샘플 및 GO를 사용하여 HfC를 코팅한 샘플은 각각 4.8wt%, 1.76wt%로 최종 무게 감소율을 확인하였다. 따라서 GO를 이용한 수용액 상의 전구체로 탄소섬유 표면에 GO-Hf을 형성한 후 열탄소환원법을 통해 HfC로 전환하는 코팅공정이 탄소섬유의 고온 산화 안정성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

**PG4B-11 | 발수성 실리카를 활용한 항공용 초발수코팅의 제조와 물성에 미치는 영향**

김수경[1], ALASSAN Zarifah[1], 백소정[1], *임형미[1]
[1]한국세라믹기술원

항공기 및 모빌리티용 표면의 결빙으로 인한 안전성 저하 및 문제발생이 생기고 있다. 이를 해결하기 위해 시스템 열적 방법을 사용하고 있으나 시스템적인 문제 발생 가능성이 있어 이를 보완하고자 추가적으로 표면처리를 통한 안티아이싱 및 디아이싱 개발이 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 항공기 표면 도장을 재현하여 조건별 실리카 탑코팅을 통해 최적의 초발수 코팅 조건을 확인 하였다. 우선 잘 개질 된 시판되는 실리카를 도입하여 기본물성을 평가하고 코팅 후 접촉각 측정을 통해 시험에 유리한 실리카를 선정하였다. 실리카 기본 물성 평가로는 Wettability, FT-IR, PSA 시험을 진행 하였다. 실리카 코팅 시험 조건으로는 실리카 함량과 실라카 노출 정도에 따른 비교를 하였는데 실리카 함량 시험은 실리카분산상을 스프레이건 분사 횟수를 늘려가며 샘플 제조 후 평가를 진행하였고 실리카 노출 정도에 따른 시험은 폴리우레탄 코팅 후 건조 시간별 조건을 달리하여 샘플 제조 후 평가를 진행하였다. 도막 물성평가로는 FE-SEM, 3D color contour, 결빙속도 등 진행 하였고, 기계적 평가로는 접촉각, 부착성 시험을 진행하였다. 평가 결과를 통해 실리카 함량이 커질수록 접촉각이 높았지만 부착성이 저하되는 것을 확인 했고 그 최적점을 찾을 수 있었다. 그리고 폴리우레탄 건조 시간이 늘어날수록 실리카 노출량은 많아지고 접촉각 또한 커짐을 확인할 수 있었다. 그리하여 실리카 탑코팅에 있어 실리카 함량 정도와 폴리우레탄 분사 후의 적절한 건조 시간을 알 수 있었다. 추후 도막의 두께가 미치는 영향, 온도 사이클 및 내마모, 내열성 시험을 체계적으로 진행하여 최적의 초발수코팅을 위해 구체화 할 필요가 있다.

**PG4B-12 | Effect of trifluoropropylmethylsilane and perfluorooctyltriethoxysilane on surface modification of silica**

ALASSAN Zarifah[1], 김수경[1], 백소정[1], *임형미[1]
[1]한국세라믹기술원

The development of superhydrophobic surfaces, inspired by the Lotus leaf's unique structure, has led to remarkable water-repellent properties. Water exhibits intriguing

behaviors on such surfaces, forming nearly spherical droplets, defying gravity, and easily rolling off, carrying away contaminants. Superhydrophobic silica materials have garnered significant interest due to their applications, from self-cleaning surfaces to oil-water separation, mimicking natural phenomena. Chemical modification of silica involves altering its surface through various reactions, including organic and inorganic methods. This study explores the synthesis of superhydrophobic silica using trifluoropropylmethylsilane and perfluorooctyltriethoxysilane on 100nm silica particles. Samples were coated onto carbon composite substrates using a silica slurry sprayed over Polyurethane paint. Premilinary wetting test, and wettability measurement confirmed successful silica modification. However, contact angle measurements did not exceed 150, attributed to spray techniques. Further optimization is required to enhance superhydrophobic properties.

**PG4B-13 | Carbon Nanosphere-Encapsulated $Zn_2GeO_4$ Core-Shell Nanostructure for Lithium Ion Battery Anodes**

NAM Deukhyeon[1], YUN Sungdo[1], KIM Yeonjoo[2], NA Chan Woong[2], *MYUNG Yoon[2]
[1]Korea University, [2]Korea Institute of Industrial Technology

We synthesized carbon nanosphere-encapsulated $Zn_2GeO_4$ core-shell nanostructure($Zn_2GeO_4$@C). $Zn_2GeO_4$ nanoparticles were synthesized by hydrothermal method and coated with carbon by sol-gel method. After that, $Zn_2GeO_4$@C was obtained by carbonization through annealing under Ar atmsphere. The structural and electrical properties of the $Zn_2GeO_4$@C were analyzed by using SEM, TEM, XRD, XPS. The morphology of these samples was observed that $Zn_2GeO_4$ nanoparticles of 50 nm were encapsulated in a 500 nm carbon sphere by SEM and the $Zn_2GeO_4$ was identified as a rhombohedral phase by XRD. XPS analysis confirmed the Ge-C bond in $Zn_2GeO_4$@C, which can suppress the volume expansion of Ge during the battery cycling, and leads to an increase in capacity when Zn2GeO4@C is applied as a anode for a lithium-ion battery.

**PG4B-14 | Novel cyan-emitting $BaAl_2O_4:Eu^{2+}$ phosphor for full-spectrum WLED**

PARK Jin Young[1], HONG Woo Tae[1], JUNG Jae Yong[1], *YANG Hyun Kyoung[1]
[1]Pukyong National University

White light-emitting diode (WLED), which is composed of blue LED chip and $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ yellow phosphor, has gradually replaced incandescent lamp and fluorescent lamp as the mainstream lighting source. Nevertheless, these WLEDs show in higher white color temperature and lower color rendering index, which affects people's visual experience. In addition, the emission spectrum of WLEDs contains more blue light, which can cause degeneration of retina and photoreceptor cells, leading to various macular-related diseases. In order to better satisfy people's demand for high-quality lighting sources, full-spectrum lighting with low color temperature and high color rendering index has attracted extensive attention of researchers. The full-spectrum lighting technology uses an ultraviolet chip (350–400 nm) to excite red, green, and blue phosphors to obtain high-quality white light. Dai's research group can obtain white light with high color rendering index (Ra = 91) under 365 nm ultraviolet light excitation. $Eu^{2+}$ based on aluminosilicate usually has high emission efficiency; so $Eu^{2+}$-doped aluminates have bright prospects in the application of full-spectrum WLED.
Herein, we report the solvothermal synthesis of $Eu^{2+}$ ions activated $BaAl_2O_4$ host lattice for full-spectrum WLED. The structural properties were analyzed by the X-ray diffraction patterns, transmission electron microscope and scanning electron microscope images. The emission properties were examined in detailed by the measurement of photoluminescence excitation, emission and decay curves as a function of $Eu^{2+}$ ion concentrations in the $BaAl_2O_4$.

**PG4B-15 | 나노임프린트 리소그래피 프로세스를 이용한 SERS 기판 개발**

남효빈[1], 조영운[1,2], 우수현[1,2], *이승용[1]
[1]한국과학기술연구원, [2]고려대학교

라만 분광법은 분자의 화학 구조와 구성에 대한 중요한 정보를 제공할 수 있는 광범위하게 사용되는 분석 도구입니다. 그러나 라만 산란 단면적이 작아서 민감도가 제한적인 경우가 있어 대량의 샘플이 필요합니다. 이를 극복하기 위해 매우 높은 민감도로 물질을 분석할 수 있는 SERS(Surface Enhanced Raman Spectroscopy) 기판이 개발되었습니다. 해당 SERS 기판의 개발에는 나노 구조물의 설계와 최적화 작업이 포함되어 있습니다. 최근에 Pico Foundry사에서는 매우 높은 신뢰성을 갖춘 SERS 기판을 소개하였습니다. 본 연구에서는 이러한 SERS 기판을 기반으로 더 높은 민감도를 가진 SERS 기판을 개발하고자 합니다. 분석 물질이 핫 스팟에 쉽게 접근할 수 있는 고감도 SERS 기판을 만들기 위해, 상부 금속 나노 구조물과 하부 금속 필름 사이에 나노와이어 스택으로 이루어진 다공성 유전체층($SiO_2$)을 도입하였습니다. 또한, 하부 금속 필름 구조를 산화 방지를 위해 은 층 위에 금 필름으로 덮어 최적화하였습니다. 따라서, 제작된 SERS 기판은 $SiO_2$ 나노와이어 층 수를 1에서 18까지 조정하여

제작하였으며 그 결과, $SiO_2$ 15층 구조가 733%의 라만 신호 향상으로 가장 높은 SERS 효과를 나타내는 것으로 관찰되었습니다.

**PG4B-16 | Luminescent properties of carbon dots derived from aminothiophenol with acid addition**

HONG Woo Tae[1], BHARAT Lankamsetty Krishna[1], JUNG Jae Yong[1], PARK Jin Young[1], *YANG Hyun Kyoung[1]
[1]Pukyong National University

Carbon dots derived from phenylenediamine have been researched as a new type of phosphor materials due to their high quantum yield, wide emission range. Nevertheless, these carbon dots behave poor chemical stability and lack of red emission. To solve these problems, utilization of acid was suggested as a solution, because this solution can promote two-dimensional growth of core structure. According to past research, this red luminescence was originated from fluorophore on the surface of carbon dots. This result indicate that utilization of similar composition can be available to realize two-dimensional growth of the carbon dots. Among various organic composition, aminothiophenol is one of composition to realize two-dimensional growth of carbon dots by acid addition. Through hydrothermal process, we expect that the nitrogen and sulfur doped carbon dots can be synthesized by utilization of aminothiophenol and acid addition. Also, nitrogen and sulfur substitution of carbon dots can behave another advantages, for example high quantum yield, dual luminescence, red emission which promote further application in LED, anti-counterfeiting, forensic science, bio-imaging, etc. In this study, the 2-aminothiophenol were utilized as precursors of CDs. The CDs were synthesized by using a hydrothermal method with acid addition. The structural, morphological, luminescent properties of the CDs was analyzed.

**PG4B-17 | 원자층 증착법을 이용한 내플라즈마 박막의 특성과 응용**

권창섭[1], *지영연[1], 구봉준[1], 박인래[1]
[1]한솔아이원스

Exposure of semiconductor process chamber components to prolonged high temperatures, high-density plasma and corrosive gases, can result in surface corrosion and the generation of contaminant particles, posing significant challenges in semiconductor processing. To reduce these issues, ceramic materials with excellent plasma resistance are being deposited to protect chamber components. Among various coating methods such as PVD (Physical Vapor Deposition), APS (Atmospheric Plasma Spray), AD (Aerosol Deposition), and ALD (Atomic Layer Deposition), ALD demonstrates outstanding step coverage and uniformity compared to other coating methods. It allows for high-density, uniform coating growth on three-dimensional and micro-hole components, making it a promising next-generation coating technology for semiconductor process chamber components. In this study, Yttrium and Aluminum precursors and oxidation reactant were chemically reacted to produce yttrium oxide (Y2O3), aluminum oxide (Al2O3), and yttrium aluminum garnet (YAG) thin films with superior plasma resistance characteristics on various substrates. The characteristics of each composition were analyzed after deposition. Firstly, XPS depth profiling was conducted to confirm pure coating deposition without impurities. Then, the coating's structural and microstructural characteristics were analyzed using X-ray diffraction and TEM analysis. Additionally, the coating suitability was validated on various substrate materials and three-dimensional shaped components. this experiment is expected to contribute to enhancing the reliability and performance of semiconductor chamber components.

**PG4B-18 | 탄소나노튜브 중간층을 활용한 InGaN/GaN 발광 다이오드의 효율적인 응력 완화**

*서태훈[1]
[1]한국생산기술연구원

In this study, growth of high quality GaN with reduced dislocation density and biaxial stress is demonstrated by introducing singlewalled carbon nanotubes (SWCNTs) as an intermediate layer. The SWCNTs allow epitaxial lateral overgrowth of GaN to occur, leading to the stress relaxation and suppression of edge dislocations. Complementary analyses were performed by micro-Raman, photoluminescence and xray diffraction measurements to confirm the improved crystalline quality and the relaxation of residual compressive stress in GaN layer. InGaN/GaN multi-quantum well LEDs on this high quality GaN template showed improved internal quantum efficiency and light output power with reduced efficiency droop.

**PG4B-19 | Patternization of nano-in-micro-in-millimeter (NMM) multiscale structures via combined laser-based lithography**

KANG Eun Bin[1], *PARK Woon Ik[1], CHOI Hee-Rak[1]
[1]Pukyong National University

High-resolution patterning technology is developing due to increasing demand for nanodevices such as memory

devices, high-sensitivity sensors, and next-generation electrical/electronic devices. In particular, nanotransfer printing (nTP) is widely applied to emerging devices because the process is very simple, cost-effective, and fast. Here, we present a practical method of fabricating nano-to-micro pattern structure by employing an efficient combined patterning process of nTP and laser micromachining. First, we demonstrate how to obtain nano-in-micro-pattern structures for device applications on colorless polyimide (CPI) films through the nTP process. Then, a nano-in-micro-in-millimeter (NMM) structural patterns are formed under optimal conditions by using a laser micromachining process. Furthermore, we demonstrate that the size-controlled multi-patterns can induce holographic properties optically, displaying distinct rainbow colors. We expect that this combined patterning process will contribute to effective and useful nanofabrication of a variety of future devices.

## PG5A : 바이오 세라믹스

### PG5A-1 | Bacteria-based self-healing method for concrete cracks

HONG Min Yong[1], PARK Hyo Jung[1], WON Jong In[1], LEE Young Ran[1], LEE Hye Sun[1], LEE Jin Hyung[1], *JEON Byoung Seung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

The technique of bacteria-based self-healing is an eco-friendly method for repairing concrete cracks. Enzymes secreted by bacteria induce the formation of solid calcium compounds. Bacillus pasteurii, B. megaterium, Alkaliphilus metalliredigens, a well-known bacterium, can produce calcium carbonate even under challenging conditions. However, researchers continue to seek more robust strains that can survive harsh environments, including high alkalinity, low water activity, long-term exposure, and extreme temperatures. In a recent study, we have screened from various environmental conditions, such as slowly melting concrete on a ceiling, anaerobic sludge, and public toilets. We isolated a new strain using urea as a selection pressure named KICET-418. This strain was evaluated for its ability to form calcium carbonate using experimental protocols. Colorimetric methods confirmed urease production, resulting in the formation of calcium carbonate. When applied to cracked concrete, strain KICET-418 solidified the gap and filled it with white material. This isolated strain can reduce building materials maintenance costs and contribute to carbon neutrality.

Keywords: Concrete, Self-healing, Bacteria, Urease, and Calcium carbonate

### PG5A-2 | 3D printing of dental prosthesis using lithium disilicate manufactured by sol-gel method

KIM Ye Seul[1], KIM Young Ran[1], KANG Jin Ho[1], *PARK Chan[1]
[1]Chonnam National University

Herein, we suggest the fabrication of lithium disilicate (Li2Si2O5) powder for the transparent ceramic dental prosthesis using a modified sol-gel method. Following synthesis via the sol-gel method, the successful preparation of lithium disilicate powder was verified through field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), dynamic light scattering (DLS), X-ray diffraction (XRD), and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR) etc. A 40 vol% slurry with suitable rheological characteristics for 3D printing was prepared, containing the prepared lithium disilicate powder, photocurable resin, acrylate binder, and dispersant. Subsequently, the slurry was printed using digital light processing (DLP) 3D printer. Debinding and sintering parameters were determined using a thermal gravity differential temperature analyzer (TGDTA). Post-sintering, the successful fabrication of lithium disilicate specimens was confirmed via FE-SEM, XRD, and FT-IR. Finally, the printed Li2Si2O5 specimens exhibited low shrinkage, high Vickers hardness, and transparency. As a result, the synthesized lithium disilicate powder holds promise as a dental prosthesis materials within the 3D printing field.

### PG5A-3 | 굴 패각으로부터의 탄산칼슘 추출 및 그것을 이용한 생분해성 필름 합성

이상헌[1,3], 이학래[2], 심원철[2], 김선진[2], 고의석[2], *이진형[3]
[1]한양대학교, [2]뉴로팩, [3]한국세라믹기술원

국내에서만 매년 30만톤의 굴 패각이 발생하고 있다. 이 중 30% 정도는 재활용되고 있으나, 대부분의 패각은 폐기되고 있는 실정이다. 이렇게 폐기된 굴 패각은 환경적, 경제적으로 심각한 문제를 야기한다. 그러므로 본 연구에서는 굴 패각으로부터 탄산칼슘을 추출하여, 이를 산업적으로 활용할 수 있는 방안을 탐구하기 위한 목적으로 수행되었다. 탄산칼슘의 추출을 위해서 4M HCl과 패각을 반응시켜, 염화칼슘 용액을 합성하였다. 순수한 액상만을 분리한 후 탄산나트륨과 반응시켜 탄산칼슘을 침강시켰다. 침강시킨 탄산칼슘은 감압 여과장치를 통해 액상과 분리하고, 분리한 액상은 물로 세척한 후 건조하였다. 획득한 탄산칼슘은 X선 회절분석기(XRD), X선 형광분석기(XRF), 유도 결합 플라즈마 발광분석법(ICP-OES), 주사 전자현미경(SEM), 입도분석기(PSA)를 사용하여 분석하였다. 바이오플라스틱 산업이 점진적으루 증가하는 반면에, 바이오 플라스틱은 석유계 플라스틱과 비교해서 강도가 약한 경향이 있다. 탄산칼슘은 일반적으로 포장 업계에서 플라스틱 필름에 적당히 첨가하였을 때 휨 탄성계수, 충격강도, 강성, 인열강도 등을 개선한다. 그러므로 우리는 바이오플라스틱의 품질을 향상하기 위해 굴 패각 유래 탄산칼슘을 사용하였다.

**PG5A-4 | Pilot-scale continuous biogenic silica alkali hydrothermal treatment and ball milling**

박지연[1,2], 상병인[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

Rice husk is the most silicon-rich renewable biomass and can be used as a raw material for producing silicon-based materials. With the increasing interest in utilizing rice husk as a renewable resource, the development of a robust silica extraction method is required. In this study, a one-pot alkali hydrothermal and ball-milling continuous silica extraction method was developed at the pilot scale. Three residence times (50, 100, and 150 min) were selected to compare the performance of the continuous extraction process depending on the residence time. The silica production was 4.09, 2.67, and 2.22 kg $day^{-1}$ while the silica extraction yield was 52.8, 69.1, and 86.0% at resident times of 50, 100, and 150 min, respectively. The energy consumption for producing 1 kg of silica from rice husk was 51.6, 47.7, and 47.4 MJ $kg^{-1}$ at resident times of 50, 100, and 150 min, respectively. The one-pot continuous silica extraction process was performed for 150 h to verify the stability of the process. During long-term operation, the process exhibited a constant solid content and stable silica extraction yield. The silicate solution obtained by the one-pot continuous process was successfully used to synthesize size-controlled spherical silica particles, which had a purity of 99.1 wt% and amorphous structure. Overall, this study presents a novel continuous silica extraction method for the efficient recovery of silica from rice husk-based biorefineries.

**PG5A-5 | 3D plasmonic paper-based SERS sensor for label-free detection and diagnosis of rheumatoid arthritis and osteoarthritis**

HEO Boyou[1], *JUNG Ho Sang[1]
[1]Korea Institute of Materials Science

In this study, we develop a paper-based surface-enhanced Raman scattering (SERS) sensor for label-free detection of rheumatoid arthritis (RA) and osteoarthritis (OA). Three-dimensional gold nanoarchitecture is fabricated on a paper substrate with high absorptive property, via a simple one-step direct gold reduction, forming dense urchin-like nanoparticles. The sensor exhibits remarkable uniformity and high SERS sensitivity of malachite green with a detection limit of 5 nM. The developed sensor is then applied for RA and OA diagnosis by analyzing patient synovial fluid samples via label-free SERS sensing. Using a support vector machine-based machine learning method, the Raman spectral features of RA and OA samples are successfully classified with high sensitivity and specificity. Furthermore, we conduct Raman profiling of metabolites which were reported to be released in synovial fluid, showing potential biomarker candidates for arthritis sensing and diagnosis. The developed sensor is expected to be applicable for various are screening diagnosis using not only synovial but other human biofluids.

**PG5A-6 | Electrochemical One-Step Immunoassay via Switching Peptides and Pyrolyzed Carbon Electrode**

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], LIM Taek Su[1]
[1]Yonsei University

Switching peptides have been developed to reversibly bind to the binding pocket of antibodies (IgG) via interactions with frame regions (FRs), facilitating quantitative release upon antigen binding. The conserved amino acid sequences in FRs allow switching peptides to serve as antigens for various antibodies and source animals. An electrochemical one-step immunoassay was conducted using switching peptides labeled with ferrocene for precise analyte measurement. A pyrolyzed carbon electrode was prepared by pyrolyzing a parylene-C film to facilitate efficient amperometry of the ferrocene-labeled switching peptides. The suitability of the pyrolyzed carbon electrode for electrochemical immunoassays was evaluated by analyzing its electrochemical properties, including low double-layer capacitance (Cdl), high electron transfer rate (kapp), and broad electrochemical window. Moreover, factors influencing the amperometry of ferrocene-labeled switching peptides, such as hydrodynamic radius, number of intrahydrogen bonds, dipole moments, and diffusion coefficients, were examined. Lastly, the practicality of the electrochemical one-step immunoassay was assessed for the medical diagnosis of human hepatitis B surface antigen (hHBsAg).

**PG5A-7 | Machine Learning-based Inorganic Plasmonic Sensor for Detection of Multiple Hazardous Molecules**

SEO Hyo Jeong[1], *JUNG Ho Sang[1]
[1]Korea Institute of Materials Science

For the development of a hazardous detection system suitable for on-site use, it is crucial to have both high sensitivity and the capability to identify several compounds simultaneously. Herein, we have developed a paper-based 3D spiky needle-clustered gold grown on silver (Ag@Au) plasmonic nanoarchitecture (3D-SNCP), fabricated through a whole solution process. The

3D-SNCP, forming a spiky, needle-clustered-like structure, exhibits strong electromagnetic field enhancement through multiple hot spots and enables the multiplex detection of hazardous molecules, such as bipyridine pesticides, including paraquat (PQ), diquat (DQ), and difenzoquat (DIF). Moreover, the Raman signals obtained from each pesticide molecule are analyzed using machine learning techniques based on multinomial logistic regression analysis. This analysis is followed by multiclassification for the blanks, PQ, DQ, DIF, and four mixed types of each pesticide spiked into real agricultural matrices, exhibiting high analytical ultra-sensitivity. The developed 3D-SNCP sensor, combined with the machine learning method, successfully classifies multiple pesticides; thus, it is expected to be applied for the detection of various hazardous molecules in more complicated matrix environments.

**PG5A-8 | Label-free colorectal cancer detection using inorganic and plasmonic SERS needle sensor**

JO Kang Seok[1], *JUNG Ho Sang[1]
[1]Korea Institute of Materials Science

In this paper, we introduce a SERS needle sensor for label-free detection of colorectal cancer applications. Polymerized dopamine (PD) was used as an adhesive layer on needle surface and simultaneously functioned as a reducing agent for the nucleation of gold seed nanoparticles. Au nanostructures were then further grown based on a surface-catalyzed reduction of gold ions by hydroxylamine, forming high density of gold nanocaves (AuNCs) with the size of 200 nm. The forming layered components of AuNC structures on needle surface could be well defined through transmission electron microscopy (TEM) analysis. Due to abundant hot spot regions forming between AuNC sites, the SERS needle sensor exhibited high uniformity and excellent molecular sensitivity with a detection limit of 2 x 10-8 M for malachite green. For field application, the SERS needle sensor was equipped with an endoscopy system for colorectal cancer sensing using a mouse model. The Raman signals obtained from SERS needle sensor-assisted endoscopy were analyzed and classified using a machine learning method, successfully discriminating the colorectal cancer and normal mouse models. The developed SERS needle sensor is expected to be utilized for non-invasive and label-free on-site sampling and sensing of tumor tissues.

**PG5A-9 | 공기 중 미생물에 대한 식물 추출물을 이용한 항균 공기 필터 코팅**

하수연[1,2], 변하람[1,2], 박선영[1], 황의택[3], 상병인[2], 민지호[4], 성대경[1], 최원일[1], 김성현[1], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2] 한양대학교, [3]동아대학교, [4]전북대학교

Antimicrobial air filters are required to protect humans from the risk of secondary bioaerosol pollution as well as airborne particles. Three plant extracts (tea-tree oil, rosemary, and garlic) were selected to replace antimicrobial chemicals in air filters. The antimicrobial activity of plant extracts was investigated using Micrococcus luteus and Escherichia coli. Phytochemicals present in the three plant extracts were identified using a gas chromatograph coupled with a mass spectrometer. The extracts were spray-coated on polyethylene terephthalate filter surfaces using silicate polymeric coating and evaluated via X-ray photoelectron spectroscopy and a scanning electron microscope with energy dispersive spectroscopy. After coating, an increase of 9.1% in the pressure drop was observed. The strain Micrococcus luteus was used to evaluate the antimicrobial activity of the air filter. After bioaerosol exposure, the tea-tree oil-coated filters immediately induced M. luteus cell inactivation (40–55%), whereas the rosemary and garlic coated filters did not. However, 48 h after exposure, a significant M. luteus inactivation of 99.99%, 99.0%, and 99.9% was recorded for concentrations of 2.89, 6.73, and 11.51 mg/cm$^2$ for the tea-tree, rosemary, and garlic extracts, respectively. The coated filters exhibited high antimicrobial activity, thereby indicating significant potential for application as self-cleaning air filters.

**PG5A-10 | Electrochemical biosensors using diffusion layer dispersed electrodes**

김은영[1,2], *이가연[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

Diffusion layer dispersed electrodes were presented for application in electrochemical immunoassays. The diffusion layer refers to the region on the electrode surface where concentration gradients occur during the redox reactions of the target analytes. To control the diffusion layer, electrodes of the same area and size were fabricated, and the shape of the diffusion layer was controlled by adjusting each electrode distance. To estimate the properties of the electrodes, cyclic voltammetry analysis was performed using potassium ferricyanide and 3,3'5,5'-tetramethylbenzidine (TMB) as a model redox couple. Changes in the diffusion layer shape according to electrode distance were also

compared through simulation. The redox currents for the target analytes increased as electrode distance increased. These results indicate that even if the electrode shape and area are the same, dispersing the diffusion layer by adjusting the distance between the electrodes can affect the microelectrode characteristics. Finally, the diffusion layer dispersed electrode was applied for the medical diagnosis of the human hepatitis B virus (hHBV) antigen, and the human hepatitis C virus (hHCV) antibody was compared with conventional assay methods, such as TMB-based chromogenic detection.

**PG5A-11 | Alkali Extraction to Detoxify Rice Husk-Derived Silica and IncreaseIts Biocompatibility**

박지연[1,3], 문원식[2], 천진녕[1], 상병인[3], MITCHELL Robert J.[2], *이진형[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]울산과학기술원, [3]한양대학교

As interest in natural biogenic silica nanoparticles (NPs) from rice husks grows, it is important to know how their preparation (i.e., combustion, acid leaching, or alkali extraction) impacts their biocompatibility. Acid leaching and alkali extraction both generated highly pure silica NPs (>99.1% $SiO_2$ vs 93.1% with combustion). However, toxicity tests with six different human and mouse cell lines found alkali-extracted silica NPs were the least harmful; for example, the concentration leading to 50% loss in viability ($LC_{50}$) was typically around 500, 500–2000, and >2000 mg/L for the combustion, acid-leached, and alkali-extracted silica NPs, respectively. To mimic the presence of carbon during calcination (900 °C for 6 h), polyethylene glycol (PEG) was incorporated in the alkali-extracted silica NPs prior to this step. This significantly increased their toxicities; that is, the $LC_{50}$ dropped to between 500 and 2000 mg/L and was exacerbated further when calcination was performed at a lower temperature and time (550 °C for 2 h): $LC_{50}$ values dropped to between 62.5 to 1000 mg/L. These results show that the biocompatibility of rice husk-derived silica NPs is negatively affected by the presence of residual carbon during calcination, but also that it can be significantly improved via alkali extraction.

**PG5A-12 | Synthesis of hydrophobically modified, rice husk-derived spherical silica particles**

박지연[1,2], 천진녕[2], 전병승[2], 이혜선[2], 상병인[1], *이진형[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

Rice husks are a renewable source of silicon because of their high silica content. In this study, hydrophobic spherical silica particles, which are widely used in several industries, were synthesized using rice husk-derived silica. Silica was extracted as sodium silicate using a one-pot alkali hydrothermal treatment and ball milling equipment. Spherical particles of silica were synthesized by the precipitation of sodium silicate using acetic acid and a polyethylene glycol additive; subsequently, they were modified with triethoxyvinylsilane to obtain hydrophobic silica particles. The presence of C-H on the surface of the silica particles was confirmed by Fourier-transform infrared spectroscopy, which revealed the hydrophobicity of the particles. The contact angle of the modified spherical silica particles was 159°, whereas that of the unmodified silica particles was 0°. The hydrophobicity was confirmed by dispersing the particles in water. This study thus demonstrated that rice husk-derived silica can serve as an alternative to chemically derived silica; moreover, the material can be integrated into existing silica processes and used as a polymer filler.

**PG5A-13 | Li-Doped Calcium Silicate for Effective Endodontic Cement**

LEE Ju Young[1], LEE Jiyu[1], YOO Kyung-Hyeon[2], *YOON Seog-Young[1]
[1]Pusan National University, [2]The University of Tokyo

Calcium silicate-based cement such as MTA sealer is widely used in endodontic treatment due to its excellent sealing ability and biocompatibility. However, as it has a long setting time of more than 2 hours, it is necessary to reduce the setting time. To reduce the setting time, we need to accelerate a hydration reaction. In this study, we investigated the effects of lithium (Li) ion on the setting time, mechanical properties, and biological properties of calcium silicate cement. Li-doped calcium silicate was formulated with the addition of different contents of lithium ion according to 0, 1, 2, 3, and 4 mol%, respectively. The synthesized cements were characterized with X-ray diffraction (XRD), Fourier transformed infrared spectroscopy (FTIR), and scanning electron microscopy (SEM). In addition, we evaluated the physicochemical and biological properties of cement, such as the setting time, compressive strength, micro-hardness, simulated body fluid (SBF) immersion, and cytotoxicity test.

**PG5A-14 | Development of a combinatorial refinery process for 9-Hydroxynonanoic acid, which is a biodegradable plastic precursor**

LEE Chan-Yang[1,2], PARK Hyo-Jung[1], WON Jong In[1,2], PARK Jin-Byung[3], OH Deok-Kun[4], SANG Byoung-In[2], *JEON Byoung Seung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Hanyang University, [3]Ewha Womans University, [4]Konkuk University

9-Hydroxynonanoic acid (9-HNA) is utilized as a monomer to produce biodegradable polyesters through lactonization and has chemical properties that improve the properties of biodegradable plastics. Recently, the biological production method for 9-HNA has been developed using genetically modified yeast. However, yeast fermentation accompanies a harsh refinery process due to biogenic impurities that differ from conventional methods. The chromatographical method using silica resin has been used on a small scale but was not feasible regarding industrial applications and scale-up. Therefore, we developed a combinatorial refinery process for bio-derived 9-hydroxynonanoic acid. The process consists of three steps: protein removal, impurity removal, and extraction. Proteins were removed to 93% using the coagulant as a first step. The second step removed most of the n-nonanoic acid from the fermentation broth using the nonpolar solvent ethyl octanoate. In the final step, 9-hydroxynonanoic acid was recovered at roughly 97% using the polar solvent isobutyl alcohol. As a result, 〉 80% of 9HNA was recovered, and a purity of 〉 90% was achieved. This research will help accelerate the utilization of bio-derived compounds.

**PG5A-15 | Effect on functional activity of cerium substituted 45S5 bioactive glass**

*HONG Min-Ho[1], RYU Jeong-Hyun[2], CHOI Sung-Hwan[2], KWON Jae-Sung[2]
[1]Gangneung-Wonju National University, [2]Yonsei University

45S5 bioactive glass (BG) is based on the silicate glass structure and can be substituted with various atoms such as alkali earth metal or rare earth element for therapeutic purpose of hard tissue. Cerium (Ce) has attracted the attention in the biomedical filed as shown in the redox reaction and enhancement of the biological activity. In this study, Ce-incorporated BG (CBG) was fabricated by melt-quenching method and investigated the physicochemical properties, bioactivity and cellular activity. Our results showed that CBG groups indicated the Ce atoms but no significant difference in the morphology and glass structure. Ce affected to the glass network structure and CBG had the antioxidant activity. The hydroxyapatite-like crystal was formed on the glass surface until 3 wt% Ce into BG. In terms of biological performance, 1 wt% Ce into BG promoted proliferative and osteogenic activity, hence it may be potential to the application as bone grafting materials.

**PG5A-16 | Synthesis and In vitro Evaluation of Magnesium doped Monetite**

LEE Jiyu[1], YOO Kyung-Hyeon[2], *YOON Seog-Young[1]
[1]Pusan National University, [2]The University of Tokyo

Calcium phosphate cements have been used as synthetic bone grafts for hard tissue regeneration due to their osteoconductivity and biocompatibility properties and their use to correct defect areas involving narrow cavities with limited accessibility by the minimally invasive technique. In this study, monetite (DCPA, $CaHPO_4$) was chosen as a main vehicle of cement because it has higher solubility, osteoconductive and osteoinductive properties compared to hydroxyapatite, octacalcium phoshpate and tricalcium phosphate used as the calcium phosphate cement. Herein, the magnesium was added in monetite cement to observe the influence of magnesium in the monetite structure and its biological properties. To achieve this aim, the synthesized monetite was formulated with the addition of different contents of magnesium ion according to 0, 3, 5, and 7 mol%, respectively. The obtained magnesium-doped monetite powders were characterized with X-ray diffraction (XRD), Fourier transformed infrared spectroscopy (FT-IR), and Scanning electron microscopy (SEM) with EDS mapping. We also evaluated the biological properties of the synthesized magnesium-doped powder such as simulated body fluid (SBF) immersion, cytotoxicity and cell differentiation tests.

**PG5A-17 | Manufacturing Methods for ZrO2 Porosity Assurance and Strength Characteristics of ZrO2-Resin Composites**

이준섭[1,2], *이혜선[2]
[1]경북대학교, [2]한국세라믹기술원

In this study, we ensured the porosity of ZrO2, a bio-inert ceramic material, and created ZrO2-resin composites in order to analyze their strength characteristics. ZrO2 (zirconium dioxide) is known for its high strength and excellent corrosion resistance, which makes it a popular choice for dental crowns. It is also being explored for use in implant abutments. To achieve porosity in ZrO2,

we utilized a hydrothermal synthesis method and confirmed a higher specific surface area compared to commercially available ZrO2 through Brunauer Emmett Teller (BET) analysis. Furthermore, we used transmission electron microscopy (TEM) to examine the pore morphology of ZrO2 particles. In the fabrication of ZrO2-resin composites, we employed photopolymerization reactions and measured the flexural strength using a universal testing machine (UTM). The results demonstrate that the formation of ZrO2-resin composites enhances the performance and durability of zirconia, thereby imparting multifunctionality to crowns and implants used in dental treatments. We anticipate that this advancement will contribute significantly to the progress of dental healthcare technology.

**PG5A-18 | 산 처리를 통한 베트남 바가스 내 알칼리 성분 제거 연구**

하수연[1,2], 박지연[2], 상병인[1], *이진형[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

바이오매스는 연소로나 보일러의 원료로 많이 활용되고 있는데, 이 과정에서 바이오매스 내 알칼리 성분이 슬래깅과 파울링과 같은 보일러를 부식시키는 문제를 일으킨다. 보일러 부식은 보일러의 수명을 단축시킬 뿐 아니라 유지 보수 비용을 증가시키고 열 전달 효율을 감소시켜 에너지 효율성을 저하시킨다. 본 연구에서는 연소보일러 부식 현상 저감을 위한 방안으로 산처리를 통한 바이오매스 내 알칼리 성분 제거에 관한 연구를 실시하였다. 베트남에서 생산되는 바가스와 3종류의 약산(아세트산, 시트르산, 옥살산)을 이용하여 산처리를 실시하였다. 산 용액의 농도는 0.75M, 고액비는 1:15로 고정하고, 반응 온도는 25, 50, 80°C, 반응 시간은 15분과 30분으로 나누어 알칼리 성분 제거율 및 고형분 회수율을 각 온도에 따라 산별로 비교하였다. 그 결과, 모든 조건에서 고형분 회수율은 80% 이상, 칼륨은 85% 이상의 제거율을 보이며, 이 때 염소 성분은 50%이상의 제거율을 보인다. 그 중 시트르산은 25°C 상온에서도 90% 이상 알칼리 성분 제거가 가능한 것을 확인하였다.

이와 같은 산처리 기술은 바이오매스의 알칼리 성분을 효과적으로 제거하여 환경 친화적인 에너지원 생산과 탄소 배출량 감소에 기여할 것으로 기대된다. 특히, 동남아시아 및 브라질과 같이 바가스 생산량이 많은 국가에서 본 연구의 보일러 부식 현상 저감 기술이 유용하게 활용될 수 있을것으로 예상된다. 또한 이를 통해 바이오매스 에너지의 활용이 확대되고, 지속 가능한 에너지 생산 기술의 발전에 긍정적인 영향을 줄 것으로 기대된다.

**PG5A-19 | 부드럽고 빠른 생분해가 가능한 3D 프린팅 전자소자**

박주현[1], 이주용[1], 김종형[2], 강세훈[1], *강승균[1]
[1]서울대학교, [2]Harvard University

최근 인간의 수명이 증가하며 지속가능한 헬스케어의 중요성이 대두됨에 따라 신체에 직접 삽입되어 지속적으로 기능할 수 있는 삽입형 전자소자들이 연구되고 있다. 이러한 삽입형 전자소자는 원하는 부위에 직접 국소적으로, 실시간으로 자극을 주거나 신호를 측정할 수 있다는 이점이 있어서 다양하게 사용되고 있다. 하지만 현재 삽입형 전자소자는 몸 안의 복잡한 공간에 완전히 들어맞기 힘들며 신체조직과의 물리적 불일치가 나타날 수 있다. 또한, 소자들이 몸에 장기적으로 삽입되면 신체 내부에 손상 혹은 염증 반응을 일으킬 수 있다. 구조적 제약조건이 적은 3D 프린팅을 이용하고, 생체 내에서 저절로 분해되는 생분해성 물질을 사용한다면 이러한 문제점을 일부 해결할 수 있다. 하지만 무엇보다 생체전자소자로 사용하기 위해서는 신체조직과의 불일치가 발생하지 않을 정도로 충분히 낮은 모듈러스를 가져야 하며, 측정, 자극, 신호전달 등의 기능을 위해서는 충분한 전도성이 필요하다. 또한, 대부분의 생분해성 고분자들은 완전한 생분해가 이루어지기까지 꽤 긴 시간을 필요로 한다. 본 연구에서는 재료 자체를 바꾸지 않고 기계적 모듈러스는 낮추며 동시에 충분한 전기전도도는 유지할 수 있는 구조를 디자인하고자 다공성 구조를 도입하였다. 생분해성 전도성 잉크에 공극형성입자를 섞어 3D 프린팅을 한 뒤 입자를 침출시켜 다공성 구조가 형성되도록 하였다. 다공성 구조는 밀도가 낮기 때문에 같은 압력으로 더 쉽게 변형되며, 공극을 통해 생체용액이 더 잘 침투하여 생분해 속도를 높일 수 있다. 따라서, 단순한 입자침출법을 통해 3D 프린팅이 가능한 생분해성 전도성 잉크의 물성을 조절할 수 있다는 것에 큰 의의가 있다.

**PG5A-20 | AI-assisted Electron Microscope Analysis of Long Genomic DNA Molecules**

SHIM Youmin[1], KIM Yunchul[1], SUNDHARBAABU Priyannth Ramasami[1], CHANG Junhyuck[1], NOH Chanyoung[2], LEE Byoungsang[1], *JO Kyubong[2], *LEE Jung Heon[1]
[1]Sungkyunkwan University, [2]Sogang University
[1]School of Advanced Materials Science and Engineering, Sungkyunkwan University, [2]Department of Chemistry, Sogang University

Significant progress has been made in DNA visualization, notably with the integration of staining agents in fluorescence microscopy. However, despite the electron microscope's exceptional resolution capabilities, the identification of DNA using this method has faced limitations. This abstract presents a novel approach for visualizing lengthy genomic DNA molecules under electron microscopy and introduces an innovative method that utilizes artificial intelligence (AI) for the comprehensive analysis of DNA molecules. Our AI-driven algorithms facilitate the identification and extraction of diverse dimensional characteristics from DNA molecules, independent of their size, shape, or conformation, thus heralding a new era in DNA analysis within electron microscopy.

## PG5B : 바이오 세라믹스

### PG5B-1 | Synergistic Effect of Au Nanoislands/$TiO_2$ Nanowires Heterostructure for Enhanced Ionization in Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry

KIM Moon-Ju[1], YUN Tae Gyeong[1], KIM Tae-Hun[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

A combination nanostructured matrix with metal Au nanoislands and semiconductor $TiO_2$ nanowires is presented to enhance both desorption and ionization efficiency in laser desorption/ionization (LDI) mass spectrometry. The heterostructure of Au nanoislands on $TiO_2$ nanowires was fabricated via (1) $TiO_2$ nanowire synthesis through a modified wet-corrosion method and (2) Au nanoisland formation through thermal annealing of a sputtered Au layer on the $TiO_2$ nanowires. Herein, the synergistic effect of this heterostructure for highly efficient ion production was experimentally elucidated in terms of the formation of high temperature on the surface of Au and the creation of a Schottky barrier at the Au-$TiO_2$ interface. Finally, four types of immunosuppressors were analyzed to demonstrate the improved ionization performance of the heterostructure for LDI mass spectrometry.

### PG5B-2 | $TiO_2$ Nanotube Array for Quantitative Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry

KIM Moon-Ju[1], YUN Tae Gyeong[1], LIM Taek Su[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

Quantitative analysis using LDI-MS has been limited because of the nonuniform distribution of analytes caused by the “coffee ring effect”. In this study, a $TiO_2$ nanotube array with hydrophilic dot patterns surrounded by hydrophobic areas (HB/HL-patterned $TiO_2$ NTA) is presented to distribute analytes uniformly as well as to concentrate them within a sample spot. Suppression of the coffee ring effect is experimentally elucidated in terms of a capillary penetration of analyte solution into the selectively permeable NTA. The feasibility of HB/HL-patterned $TiO_2$ NTA for quantitative LDI-MS is demonstrated using two types of sepsis biomarkers, lysophosphatidylcholine 16:0 (LPC 16:0) and LPC 18:0. Further, LDI-MS based on the HB/HL-patterned $TiO_2$ NTA matrix is applied to the medical diagnosis of sepsis with the sera from sepsis-negative and -positive groups. These results reveal that the LDI-MS based on the HB/HL-patterned $TiO_2$ NTA matrix has the potential to be a practical approach for sepsis diagnosis.

### PG5B-3 | Laser-Induced Surface Reconstruction of Nanoporous Au-$TiO_2$ Nanowires for In-Situ Performance Enhancement in Laser Desorption and Ionization

KIM Moon-Ju[1], YUN Tae Gyeong[1], SUNG Jeong Soo[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

Fundamental understanding of the substrate properties is crucial for the design and development of an efficient laser desorption/ionization (LDI) matrix. Herein, we develop a nanoporous Au-modified $TiO_2$ nanowires (npAu-TNW) hybrid for the enhanced LDI-MS performance. Its origin is investigated based on hybrid matrix properties including photo-thermal conversion and electronic band structure. Notably, we obtain a further improvement in npAu-TNW than in pristine TNW and non-porous Au nanoisland-modified TNW (Au-TNW) hybrid, which is attributable to the laser-induced surface restructuring/melting phenomenon. Surface restructuring/melting occurs noticeably in the npAu by laser exposure through efficient photo-thermal conversion of the highly porous npAu, which in-situ promotes internal energy transfer from the npAu to the analyte, facilitating desorption. Moreover, the npAu structural changes distorts the adjacent TNW lattice, introducing trap states inside the bandgap and thereby enhancing the ionization. Ultimately, the high LDI-MS performance based on the npAu-TNW hybrid matrix is demonstrated by analyzing neurotransmitters.

### PG5B-4 | Nanoporous $SiO_2$ Aerogel for Quantitative Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry for the Diagnosis of Colon Cancer

YUN Tae Gyeong[1], SUNG Jeong Soo[1], LIM Taek Su[1], *PYUN Jae-Chul[1]
[1]Yonsei University

Silica aerogels have received attention for its high porosity, low thermal conductivity, and low density. In this study, $SiO_2$ aerogel was applied to the MALDI-TOF MS as matrix additives for a “combi-matrix” on quantitative analysis of dodecanoyl-L-carnitine (DC), which is known for a colon cancer biomarker. The combi-matrix showed the removal of noise signals from fragmented organic matrices. The optimal ratio of organic and inorganic matrix components for combi-matrix was tested under diverse matrix ratio. Quantitative analysis on DC conducted on wide concentration range and its validity was confirmed by fluorescence distribution image, and reproducibility test. Furthermore, the origin of noise reduction and quantitative signal acquisition was identified by DSC

analysis on combi-matrix system. Silica aerogel induced a decrease in thermal conductivity, and an organic matrix crystal size confinement. Finally, the colon cancer biomarker, DC, was quantitatively analyzed by the combi-matrix. The cut-off level of DC in serum was obtained using healthy volunteers and cancer patients for medical diagnosis of colon cancer.

**PG5B-5 | Electrochemical Immunoassay via Pyrolized Carbon Electrode**

SONG Zhiquan[1], *PYUN Jae-Chul[1], BAE Hyung Eun[1]
[1]Yonsei University

Carbon electrodes offer several advantages, including a broad electrochemical window, minimal background current, and excellent biocompatibility, making them a favored option. However, their application is constrained when dealing with three-dimensional structures. To surmount this limitation, a carbon electrode was crafted through the pyrolysis of parylene-C, known for its ability to form a uniform film on intricate structures. Parylene-C deposition entails three stages: precursor evaporation, precursor decomposition, and polymerization. While conventional deposition techniques rely on thermal energy for the second stage, this study employed a plasma deposition method. Both thermal and plasma-deposited parylene-C were utilized to produce carbon electrode films, with the latter yielding a greater quantity of residual carbon electrode film. The electrochemical characteristics of the two varieties of pyrolyzed carbon film were scrutinized through amperometry, encompassing assessments of double-layer capacitance, electron transfer rate, and electrochemical window. Remarkably, it was observed that the electrical attributes of the pyrolyzed carbon films derived from both thermal and plasma-deposited parylene-C were comparable. Subsequently, the resulting pyrolyzed carbon electrode was employed for immunoassays utilizing an anti-HCV (IgG) ELISA kit.

**PG5B-6 | Development of Cross-linked Glucose Oxidase Integrated Cu-Metal Organic Framework Electrode for Reusable and Stable Glucose Sensing**

KIM Keon Woo[1], KIM Dain[1], *HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

The demand for glucose-sensing devices has increased along with the rising diabetic population. Here, we aimed to construct a system wherein a glucose oxidase (Gox) integrated Cu-metal organic framework (Cu-MOF) would serve as the underlying electrode. We successfully developed by a cross-linked Gox within a Cu-MOF matrix, resulting in the formation of a C-Gox@Cu-MOF coated film on a carbon screen-printed electrode (CSPE). A comparison of the stability of the cross-linking method demonstrated enhanced durability, with an activity level of over 88% maintained after approximately 35 days. In comparison to the glucose sensing capability, the sensitivity was approximately 8 times higher than that of Gox@Cu-MOF, with a detection limit concentration of 0.649 $\mu$M and a linear range of 5–500 $\mu$M. Cross-linking strategy to Cu-MOF, leading to enhanced mechanical stability and conductivity, improved detection capability that is more sensitive. Furthermore, this approach led to increased long-term storage stability and reusability, allowing for specific glucose detection. This report represents the first demonstration of a C-Gox@Cu-MOF system utilized for integrating electrochemical biosensing devices into digital healthcare pathways, offering enhanced sensing accuracy and mechanical stability.

**PG5B-7 | Hyperactivation of crosslinked lipases in elastic hydroxyapatite microgel and their properties**

JEON Hyo Won[1], PARK Hongjo[1], *HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

Effective enzyme stabilization through immobilization is essential for the functional utilization of enzymatic reactions. We propose a new method for synthesizing elastic hydroxyapatite microgel (E-HAp-M) materials and immobilizing lipase using this mesoporous mineral via the ship-in-a-bottle-neck strategy. As a model enzyme, lipase was entrapped and then cross-linked to form an enzyme aggregate structure, preventing leaching from mesopores, resulting in highly active and stable LP/E-HAp-M composites. By comparing LP activity over broad temperature and pH ranges, the cross-linked LP displayed better activity than the free enzyme. they demonstrated a 56% higher catalytic efficiency compared to free LP in hydrolysis reactions at room temperature. The immobilized LP was found to be stable for more than 160 days, preserving 45% of its initial activity even after being used more than 10 times.

**PG5B-8 | Immobilization and Stabilization of Lipase in Calcium Carbonate for Biodiesel Production**

CHOI Young Sik[1], KO Gwan Yeong[1], *HWANG Ee Taek[1]
[1]Dong-A University

Lipases play a pivotal role in catalyzing a diverse array of industrially significant reactions, such as the

transesterification of triglycerides with alcohols for biodiesel production. The stability of lipases is crucial to achieving their efficient utilization. In this study, lipase was immobilized in calcium carbonate (CaCO3) through an in situ immobilization method. The immobilized lipase exhibited 66% of the hydrolysis activity of the free lipase and demonstrated resistance to changes in pH and temperature. Furthermore, it maintained approximately 47% hydrolysis activity over 150 days and about 40% hydrolysis activity over 10 reuses, affirming the stability of the immobilized enzyme system for both storage and reusability. In biodiesel production, the immobilized lipase yielded a 2.7 times higher output, indicating enhanced activity and stability in the biodiesel production process.

**PG5B-9 | Rapid and simple fluorescent bacteria based anti-bacterial property evlauation method.**

이문환[1], *이주헌[1]
[1]한양대학교

Numerous bio-ceramics with unique properties have been developed and applied in various fields. Especially, Anti-bacterial bio-ceramics are used to prevent infection of variety of microorganism in many biomedical devices. There are various methods to evaluate the antibacterial activity of the antibacterial bio-ceramics integrated device. However, most methods depend on CFU titration, which requires a few days. Additionally, there is a limitation in confirming the distribution of bacteria on the surface. To overcome these limitations, we propose an anti-bacterial property evaluation method that uses fluorescence expressed bacteria. Fluorescence bacteria-based method has advantage for evaluating antibacterial properties quickly compared to the existing method, and the distribution of bacteria on the surface can be easily confirmed through fluorescence. Furthermore, it is expected that the specific antibacterial properties for various strains can be verified by controlling the type of fluorescence.

**PG5B-10 | Inherent Physio-electrical Environment providable M13 Bacteriophage-based Hierarchical Fiber**

LEE Sang Min[1], *LEE Ju Hun[1]
[1]Hanyang University

Tissue is piezoelectric because of its building block, collagen, hierarchically arranged to form a unidirectional structure. In previous studies, attempts have been made to generate artificial voltage derived from piezoelectric inorganic materials. However, many of these materials are known to be toxic to the human body. In this context, we have proposed the use of a biocompatible material to produce a therapeutic effect by proposing a microcurrent to treat injured tissues. We applied magnetic fields to the M13 phage solution and transformed it into a gel to achieve bottom-up fabrication. We aimed to investigate the piezoelectric response of stem cells to a macrostructured material that was designed to mimic bone piezoelectricity. When mechanical force was applied, the macrostructured material generated piezoelectric currents and voltages that promoted cell differentiation and regeneration in vitro. Further research is planned to investigate in vivo tissue regeneration through 3D scaffold.

**PG5B-11 | Thermophoretic immunoassay for diagnosis of lupus using outer membrane particles from E.coli**

*이가연[1]
[1]한국세라믹기술원

Thermophoresis is the physical diffusion of molecules from hot to cold induced by a thermal gradient. Thermophoresis has been used to evaluate the interaction of biomolecules in solution. In this study, the outer membrane from E. coli was isolated and used to produce OM particles with a diameter of approximately 100 nm. These prepared OM particles were applied in a thermophoretic immunoassay. First, outer membrane (OM) particles with lipopolysaccharides (LPS) and anti-LPS antibodies were used as a model to demonstrate proof of concept and the difference in E. coli thermophoresis was explained by the changes in the molecular surface area (A) and effective charge ($\sigma_{eff}$). The hydrodynamic size of the molecules was measured as a changing parameter, molecular surface area (A), by dynamic laser scattering (DLS), and the zeta potential was measured as a changing parameter of effective charge ($\sigma_{eff}$) and then evaluated by the Soret equation. Using the hydrodynamic size and zeta potential values, the interaction between the antigen (OM particle with LPS) and antibody (anti-LPS antibodies) could be monitored and the results were fitted to the thermophoretic immunoassay using the Soret coefficient and equation. Finally, this OM-based immunoassay was applied to the medical diagnosis of systemic lupus erythematosus. Here, OM particles with Ro and La proteins were used to analyze the autoantibodies in patient and control sera. Thermophoretic immunoassay results were also compared to the fitted analysis using hydrodynamic size and zeta potential values and the Soret coefficient and equation.

**PG5B-12 | Capacitive biosensors based on vertically paired ring electrodes**

박준희[1], 김은영[2,3], *이가연[3]
[1]연세대학교, [2]부산대학교, [3]한국세라믹기술원

A capacitive biosensor based on vertically paired electrodes with controlled parasitic capacitance is presented to improve the sensitivity of capacitive measurement. The vertically paired electrodes were fabricated with a parylene film as a dielectric layer, with the distance between the electrodes less than hundreds of nanometer. The problem of parasitic capacitance owing to the electrode configuration was analyzed according to the superposed area of the electrode. In this work, two kinds of vertically paired electrodes were fabricated to control the parasitic capacitance square-type and circular-type electrodes with different superimposed areas of 21.8 (100 %) and 9.3 (42 %) $mm^2$ and the same electrode area of $9.4\times10^{-5}mm^2$, respectively. The effect of superimposed area of the vertically paired electrodes on capacitive measurement was analyzed using the electrodes. The sensitivity of capacitive measurement was observed to increase with a decrease in superimposed electrode area and frequency. Further, the effect of parasitic capacitance was estimated by computer simulation of the sensitivity of impedance and capacitive measurement when 10 % change in $R_S$ or $C_S$ occurred. The results showed that adsorption of proteins could be sensitively measured when the parasitic capacitance decreased. Finally, the effect of superimposed area of the vertically paired electrodes was measured from the interaction between antigens (human serum albumin, HSA) and immobilized antibodies (anti-HSA antibodies).

**PG5B-13 | Biofunctional Cerammic Nanohybrid Enhances Therapeutic Effect**

*박대환[1]
[1]충북대학교

The possibility of using indole-3-acetic acid-loaded layered double hydroxides (IAA-LDHs) is evaluated as a novel treatment for biomedical application. IAA is an auxin-class plant hormone with antioxidant and anti-inflammatory effects. Following the synthesis of IAA-LDH nanohybrids, their ability to induce M2-like macrophage polarization in macrophages obtained from mouse bone marrow is assessed. The antioxidant activity of IAA-LDH is quantified by assessing the decrease in intracellular reactive oxygen species levels. The anti-inflammatory and anti-atopic characteristics of IAA-LDH are evaluated in a mouse model by examining the cutaneous tissues, immunological organs, and cells. The findings suggest that IAA-LDH has great therapeutic potential as a candidate for treatment based on its in vitro and in vivo modulation of immunology.

**PG5B-14 | Band-type microelectrodes for amperometric immunoassay**

김은영[1,2], *이가연[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

A band-type microelectrode was made using a parylene-N film as a passivation layer. A circular-type, mm-scale electrode with the same diameter as the band-type microelectrode was also made with an electrode area that was 5,000 times larger than the band-type microelectrode. By comparing the amperometric signals of 3,5,3',5'-tetramethylbenzidine (TMB) samples at different optical density (OD) values, the band-type microelectrode was determined to be 9 times more sensitive than the circular-type electrode. The properties of the circular-type and the band-type electrodes (e.g., the shape of their cyclic voltammograms, the type of diffusion layer used, and the diffusion layer thickness per unit electrode area) were characterized according to their electrode area using the FEM simulation. From these simulations, the band-type electrode was estimated to have the conventional microelectrode properties, even when the electrode area was 100 times larger than a conventional circular-type electrode. These results show that both the geometry and the area of an electrode can influence the properties of the electrode. Finally, amperometric analysis based on a band-type electrode was applied to commercial ELISA kits to analyze human hepatitis B surface antigen (hHBsAg) and human immunodeficiency virus (HIV) antibodies.

**PG5B-15 | Transdermal vitamin E delivery system based on adhesive hydrogel**

KIM Yejin[1], KIM Joohyeon[1], *KIM Hyungjun[1]
[1]Kumoh National Institute of Technology

A transdermal drug delivery system based on hydrogel patches was explored, leveraging their sustainable release properties for hydrophilic drugs. Despite these advantages, conventional hydrogels often lacked proper adhesion to the skin. In response, we designed skin-adhesive hydrogels using polyacrylamide/polydopamine (PMA/PDA) formulations, with polydopamine derived from mussel shells known for its excellent adhesive properties. Comparative analysis revealed that PMA/PDA hydrogels exhibited a higher swelling ratio

than those without PDA. These hydrogels were incorporated into poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA) nanoparticles loaded with the hydrophobic component vitamin E. The resulting hydrogel system demonstrated sustained release of vitamin E under physiological conditions, presenting a promising avenue for transdermal delivery of vitamin E.

**PG5B-16 | Synthesis of Ca-phosphates from oyster shells via wet-preparation**

*이병우[1], 채소금[1], 김민규[1], 문경훈[1], 한수아[1]
[1]한국해양대학교

With the rapid development of aqua-culture, the production of oyster shells has surged, posing a potential threat to the environment. While oyster shell powder is widely recognized for rich calcium carbonate ($CaCO_3$) content. The main component of seashells contains about 95% of calcium carbonate. Recently, interest in the recycling of waste materials is increasing. From this viewpoint, seashells have been used as a raw material for various applications. Since oyster shells are easy to collect, they are suitable for use as raw materials. This research holds significant implications for promoting the high-value utilization of oyster shells. Ca-phosphates are the representative biological minerals. Ca-phosphates including hydroxyapatite and tri-calcium phosphate are main bio-ceramic materials and can be used as bone-replacement due to their prominent bioactivity and biocompatibility. It has the beneficial aspect of enabling low-cost production for the high-value calcium phosphates by utilizing economically feasible and abundant natural Ca sources. In this study, wet chemical synthesis approaches have been realized to produce the biological calcium phosphates from the waste oyster shells. However, since the solution equilibrium is hard to attain, the wet chemical synthesis is difficult to achieve. In order to reduce or eliminate the generation of byproducts, a wet chemical process using oyster shells containing $CaCO_3$ and citric/phosphoric acid ($H_3PO_4$) as starting materials was developed. The present study relates to a method of producing Ca-phosphates by reacting at a relatively low temperature, thereby reducing energy costs required for manufacturing by a simple method. The synthesis was conducted by reacting $CaCO_3$ with $H_3PO_4$ in aqueous solution with aid of citric acid and sodium hydroxide under moderate synthesis conditions. In the study, the optimum processing parameters to prepare Ca-phosphates such as the reaction time, pH and temperature were elucidated.

**PG5B-17 | Achromatic colorimetric quantification of living cells through machine learning assisted image analysis using a smartphone**

정도현[1], 김윤철[1], 허준혁[1], *이정헌[1]
[1]성균관대학교

Several techniques for cell quantification have been developed, encompassing optical and electrochemical approaches. However, these techniques present certain limitations such as the requirement of considerable effort and time or lacking practicality and accessibility. Moreover, cell quantification generally often involves invasive procedures, hindering continuous cell experiments and necessitating large number of samples. To address these challenges, a simple, rapid, and accurate in-situ cell quantification method using an achromatic colorimetric sensor system is proposed. This innovative sensor (Ach-CQ sensor) operates based on the subtractive color model. The color of the sensor changes from black to orange owing to the pH change induced by the release of acid molecules such as proton and lactate during cellular respiration. Compared to traditional pH indicator, bromothymol blue, the Ach-CQ sensor exhibit superior color change within 20 seconds and efficiently quantifies the number of cells. Moreover, machine learning-assisted, saturation-based image analysis is applied for the facile quantification of living cells to achieve automatic quantification of living cells in a non-invasive manner with a limit of detection of 51 × 104 cells in the case of HeLa cells using a smartphone. Additionally, a 3D-printed Ach-CQ sensor kit is fabricated for on-site cell quantification.

**PG5B-18 | Biporous silica nanostructure-induced nano-vortex enhances nucleic acid enrichment and isolation toward PCR-free detection**

KIM Suyeon[1], JEON Eunyoung[1], *LEE Joonseok[1]
[1]Hanyang University

Efficient pathogen enrichment and nucleic acid isolation are critical for accurate and sensitive diagnosis of infectious diseases, especially those with low pathogen levels. Our study introduces a biporous silica nanofilms-embedded sample preparation chip for pathogen and nucleic acid enrichment/isolation. This chip features unique biporous nanostructures comprising large and small pore layers. Computational simulations confirm that these nanostructures enhance the surface area and promote the formation of nanovortex, resulting in improved capture efficiency. Notably, the chip demonstrates a 100-fold lower limit

of detection compared to conventional methods used for nucleic acid detection. Clinical validations using patient samples corroborate the superior sensitivity of the chip when combined with the luminescence resonance energy transfer assay. The enhanced sample preparation efficiency of the chip, along with the facile and straightforward synthesis of the biporous nanostructures, offers a promising solution for polymer chain reaction-free detection of nucleic acids.

### PG5B-19 | Comparison of bioresorption and biomineralization in calcined and uncalcined hydroxyapatite

장우영[1], 변재철[2], *장정호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]연세대학교

This study reports that comparison of bioresorption and biomineralization in calcined hydroxyapatite (cHA) and uncalcined hydroxyapatite (ucHA) was evaluated by in vitro dissolution. The prepared cHA and ucHA have surface areas of 4.47 m2/g and 108.08, particle size of 2 $\mu$m and 13 $\mu$m, and Ca/P ratio of 1.66 and 1.52, respectively. In vitro dissolution assessments of cHA and ucHA were performed for 20 days in a citric acid buffer according to ISO 10993-14. During the dissolution, the cHA and ucHA confirmed an increase in weight, and the calcium and phosphorous ions are rapidly released. The calcium ions released from cHA formed rod-shaped particles with a longer and thinner morphology, while in ucHA, they appeared thicker and shorter. The concentrations of calcium ions were initially increased and then decreased by this formation. The rod-shaped particles identified as calcium citrate through XRD diffraction pattern. The calcium content of calcium citrate particles from ucHA was higher than that from cHA. The ucHA demonstrated non-toxic properties in a cytotoxicity evaluation. Therefore, due to its higher bioresorption and biomineralization, ucHAp exhibits enhanced biocompatibility and promotes osteogenesis compared to cHA.

### PG5B-20 | Au/TiO2 이종구조에서 단일 Au 나노입자의 광촉매 변형 진화

박성현[1], *이준석[1]
[1]한양대학교

Photocatalysis is a promising technique due to its capacity to efficiently harvest solar energy and its potential to address the global energy crisis. However, the structure-activity relationships of photocatalyst during wavelength-dependent photocatalytic reactions remains largely unexplored because it is difficult to measure under operating conditions. In this study, we investigate the photocatalytic strain evolution of a single Au nanoparticle (AuNP) supported on $TiO_2$ film by combining three-dimensional Bragg coherent X-ray diffraction imaging with an external light source. The wavelength-dependent generation of reactive oxygen species had significant effects on the structural deformation of the AuNP, leading to its strain evolution. Density functional theory calculations are employed to rationalize the induced strain caused by the adsorption of ROS on the AuNP surface. These observations provide valuable insights of how the photocatalytic activity impacts on the structural deformation of AuNP, contributing to the general understanding of the atomic-level catalytic adsorption process.

### PG5B-21 | 3D-printed microfluidic device-based adenosine aptamer selection using graphene oxide-coated magnetic nanoparticles

장준혁[1], 임호섭[1], 김경일[1], *이정헌[1]
[1]성균관대학교

For aptamer development, systematic evolution of ligands by exponential enrichment (SELEX) is a commonly used method that has become a promising alternative to antibodies. However, the existing SELEX method has limitations such as limited target molecule selection, time-consuming and complex manufacturing process, and labor-intensive process, resulting in low selection yield. Here, we used (i) graphene oxide (GO)-coated magnetic nanoparticles for separation and label-free detection for selection and (ii) a multilayered microfluidic device fabricated via three-dimensionally printed mold equipped with automated control valves to acquire precise fluid flows. Using the developed selection device, aptamer candidates for adenosine were screened over the course of eight cycles of selection within approximately 2 h for each cycle. As a result, an aptamer with a dissociation constant of 18.6 ± 1.5 $\mu$M was selected. Therefore, the proposed on-chip selection platform provides a new label-free screening method for biosensors and micro/nanobiotechnology to achieve high-quality aptamers.

## PG6A : 유리 및 비정질 세라믹스

### PG6A-1 | 중온용 SOFC 밀봉소재용 $SiO_2$-$Al_2O_3$-CaO-MgO-$Na_2O$계 결정화 유리 소재의 밀봉 특성

김태령[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

고체 산화물 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell: SOFC)는 수소를

연료로 사용하여 전기화학반응을 일으켜 전기에너지를 생산하는 고효율 에너지 변환 장치로, 부가적인 배출물이 없어 친환경적인 신재생 에너지원으로 각광받고 있다. SOFC의 밀봉소재는 작동 중 가스의 유출을 막고 부품 소재 간의 기계적 연결을 안정적으로 유지하는 역할을 하며 SOFC의 효율 및 수명에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 밀봉소재는 고온의 작동온도에서 구성요소와의 열응력을 최소화하기 위해 부품 소재와 유사한 열팽창계수를 가져야 하며, 구성요소 및 기판과의 반응이 없어야 한다. 또한 가스 유출을 방지하기 위해 밀봉온도에서 적절한 유동성으로 밀봉되어야 하며 동작 중에는 낮은 유동성으로 안정적인 접착을 유지하여야 한다. 본 연구에서는 750도에서 동작하는 중온용 SOFC 밀봉소재로서 $SiO_2$-$Al_2O_3$-CaO-MgO-$Na_2O$ 시스템을 기반으로 고 열팽창계수를 갖는 유리 밀봉재를 탐색하였으며, 열응력 최소화를 위해 기판과 열팽창계수가 유사하고 작동온도에서 유동성이 없는 Diopside 상을 유리 내에 형성하도록 유도하였다. 다양한 조성 변화를 시도해 실험을 진행하였으며, 이를 통해 조성 변화에 따른 Diopside 결정상 형성 및 열특성 변화를 확인하였다. 형성된 유리는 Thermomechanical Analyzer (TMA)와 Differential Thermal Analysis (DTA)를 통하여 유리전이온도 및 열팽창계수 등 유리의 열특성을 조사하였고, 밀봉온도에서의 유동성을 확인하였다. 열처리된 샘플은 X-ray Diffraction (XRD) 분석을 통해 유리 내에 형성된 결정상을 확인하였다. 구성 요소 간의 밀봉 특성을 확인하기 위해 실제 기판으로 사용되는 YSZ 및 FC460 소재와 접착하여 접착성을 확인하였고, 작동온도에서 100시간 열처리 후 Scanning Electron Microscope (SEM)와 Energy Dispersive Spectrometry (EDS) 분석을 통하여 유리와 기판 소재간 장기 접착 안정성 및 반응성을 확인하였다.

### PG6A-2 | $Mn^{2+}$:$Cs_2ZnBr_4$ 기반 백색 LED용 Lead Free Perovskite 나노 결정 함유 유리

김현아[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

Halide Perovskite 나노 결정은 태양전지, 레이저, 발광 다이오드(LED) 등의 광전자 분야에서 많은 주목을 받고 있다. 특히, $CsPbX_3$(X=Cl, Br, I) 나노 결정은 약 20 nm로 매우 좁은 발광 선폭과 우수한 양자 효율로 인해 차세대 광학 소재로 각광받고 있다. 그러나, 기존 Perovskite 나노결정은 주로 용액 기반 화학 공정으로 구현되었으며, 이러한 공정은 광, 열, 습도 등 주변 환경에 매우 취약하여 안정성에 한계가 있다. 최근 Perovskite 나노 결정을 함유한 유리 소재 (Perovskite nano-crystal embedded glass: PNEG)이 제시되어 기존의 광학적, 열적, 화학적 안정성이 크게 향상된 연구가 보고되었다. 그러나 중금속인 납의 함유로 인해 상업화가 제한되는 문제가 있어 Lead-Free Metal Halide Perovskite 나노 결정을 형성하기 위해 유독성이 적거나 없는 원소로 대체하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는, $Mn^{2+}$:$Cs_2ZnBr_4$ 나노 결정을 함유한 germanate 유리의 조성 개선 및 열처리 조건 변화를 통해 Lead-Free PNEG을 구현하였다. 유리 내에 형성된 $Cs_2ZnBr_4$ Perovskite 나노 결정상은 X-ray Diffraction (XRD)와 Transmittance Electron Microscopy (TEM)을 통해 확인하였다. 제조된 PNEG은 청색 LED로 여기하여 PLQY 등의 광 특성 평가를 통해 발광 여부를 확인하였다. LED 구동 시간 및 온도에 따른 발광 특성 측정을 통해 열적 안정성을 확인하였으며 백색 LED를 구현하여 디스플레이용 색변환 소재로의 가능성을 확인하였다.

### PG6A-3 | High-Strength Low-k Glass-Ceramic Composites for Smart Phone Covers

*KIM Ji Yeon[1], PARK Kwan Sik[1], CHO Yong Soo[1]
[1]Yonsei University

Low dielectric constant k and very high mechanical strength have been required for the physical protection with proper electrical functionality. Herein, a composite material system consisting of a typical glass-ceramic material with stabilized zirconia as a filler is suggested. High strengthening nature of glass-ceramic structure is intended to combine with extremely high-strength zirconia, which is the first report so far. As a result, depending on the relative content of the filler, the composite samples exhibited very competitive mechanical outputs, i.e., ~9 GPa hardness, ~200 MPa modulus, and ~2.8 MPa $m^{1/2}$ fracture toughness. The results were interpreted as being associated with the contributing effects of the filler on the mechanical strength beyond the limit of the glass-ceramic structure itself.

### PG6A-4 | Optimization of Optical Property of Plate-shaped $SiO_2$ Flakes via Acid Treatment

SEO Wondeok[1], OH Seyoung[1], SEO Hyun Young[1], LEE Kyeong Min[1], CHOI Byung Ki[2], KANG Kwang Choong[2], JEONG Jae Il[2], JU Sang Jun[2], *CHO Byungjin[1]
[1]Chungbuk National University, [2]CQV Co., Ltd

The optically variable color effect typically originates from differences in refractive indices within the structure of pigments. Especially, superior optical properties of the pearl pigments depend on the properties of the substrate material. Plate-shaped $SiO_2$ flakes can enhance the optical properties of pigment with their conformal surfaces and reduced thickness deviations. Moreover, the plate-shaped $SiO_2$ flakes can improve the optical variable effect due to their lower refractive index (~1.46 at 633nm) compared to mica (~1.58) or $Al_2O_3$ (~1.68). However, unintentional sodium left in the $SiO_2$ flake production by sodium silicate solution coating may increase the flake's refractive index. Therefore, complete removal process of the sodium in the flake is highly required for high quality and low refractive index $SiO_2$ flakes. In this study, we demonstrated the potential enhancement of optical variable effects in pearl pigment by eliminating the sodium and thereby lowering the refractive index of the plate-shaped $SiO_2$

flakes through acid treatment. The tape-casting process for obtaining high-quality $SiO_2$ flakes is optimized. The concentration of sodium silicate solution was precisely adjusted with the deionized water amount in the total solution to control the thickness of $SiO_2$ flakes, and the amount of surfactant was also optimized for the improvement of the $SiO_2$ coating quality on poly ethylene terephthalate film. The effect of the HCl acid treatment on the $SiO_2$ flakes was also investigated, leading to the improvement of the surface morphology and the complete removal of internal sodium. Furthermore, the decrease in refractive index values upon the acid treatment was observed from the ellipsometry measurements of the spin-coating films. EMP simulation and Chroma(c*)-Hue(h) spectrum analysis proves that decreasing the refractive index of the $SiO_2$ flake substrate results in a slight increase in the range of colors available on the pearl pigments. Our study on the $SiO_2$ flakes would offer a feasible guideline to enhance the optical color effects of pearl pigments.

**PG6A-5 | 보로실리케이트 유리 바이알 화학강화**

정지훈[1,2], 변영민[2], 우성현[1,2], 이정헌[1], *김형준[2]
[1]성균관대학교, [2]한국세라믹기술원

The demand for glass vials for biopharmaceuticals has increased significantly due to the spread of COVID-19. However, conventionally used borosilicate(BS) glass vials lacked the mechanical properties needed to store and transport m-RNA vaccines at cryogenic temperatures of -100°C. Recently, a product that chemically toughened aluminosilicate(AL) glass vials has also been released. In this study, it was determined whether chemical strengthening of borosilicate glass vials can improve their mechanical properties. The chemical strengthening was performed by immersion. Since glass vials have a complex three-dimensional structure, there is a problem that air pockets form before and after immersion and the reinforcing solution does not drain out. A jig was designed to suppress air pockets and facilitate the discharge of molten $KNO_3$. Immersion in molten $KNO_3$ induces mutual ion exchange of sodium (Na+) and potassium (K+) in the vial, which creates compressive stress on the surface. CS and DOL were measured using an automatic strain viewer (HKL-02-SOCS) as a function of strengthening time and strengthening temperature. After chemical strengthening, the vials were evaluated for mechanical properties by internal pressure test.

**PG6A-6 | Effect of ZnO, $B_2O_3$ addition on thermal properties of $Bi_2O_3$-$SiO_2$-based glasses**

WOO Sung Hyun[1,2], BYUN Young Min[2], JUNG Jihun[1,2], LEE Jung Heon[1], *KIM Hyeong-Jun[2]
[1]Sungkyunkwan University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Glass frit sealing has been developed to have a low heat treatment temperature and an appropriate coefficient of thermal expansion to avoid damage to critical components during heat treatment. Conventional low-melting glass frit contains more than 50 wt% PbO. However, due to environmental concerns about PbO, there is increasing interest in PbO substitutes such as $Bi_2O_3$-based, $P_2O_5$-based, and $BaO$-$B_2O_3$-based, as regulations on hazardous substances are tightening worldwide. In this study, the changes in thermal and electrical properties of $SiO_2$-$Bi_2O_3$ glasses were studied when $B_2O_3$ and ZnO were added to $SiO_2$-$Bi_2O_3$ glasses. The glass composition (mol%) is as follows; $(55-x)SiO_2$-$(45-x)Bi_2O_3$-$yB_2O_3$-$zZnO$ ($2x=y+z$; $10\leq y\leq 80$, $10\leq z\leq 80$). The glass transition temperatures and thermal expansion coefficients as a function of glass composition were determined by TMA and DTA, and the high-temperature shrinkage softening behavior of the glasses was analyzed by high-temperature microscopy.

**PG6A-7 | $SiO_2$-PTFE 스퍼터링 박막의 표면 거칠기와 발수 특성 분석**

최다진[1], 이진혁[1], *최용규[1]
[1]한국항공대학교

Polytetrafluoroethylene(PTFE) 소재는 열적/화학적 안정성이 양호하며 소수성과 저마찰 특성을 가지는 대표적인 엔지니어링 고분자로 간주된다. 특히, PTFE 소재는 습식 공정 대비 양산성이 우수한 스퍼터링 공정을 적용하여 성막이 가능한 것으로 알려져 있다. 유무기 $SiO_2$-PTFE 조합을 동시 스퍼터링 공정으로 폴리이미드 기판 위에 성막함으로써 산소 침투를 막고 광학적 투과도를 유지할 수 있다는 연구가 수행되었으나, 해당 $SiO_2$-PTFE 박막의 두께가 ~100 nm 수준에 국한되었다. 본 연구에서는 $SiO_2$ 타겟과 PTFE 타겟을 채용한 RF 동시 스퍼터링 공정에서 발생하는 plasmo-chemical reaction에 기인하는 낮은 증착률을 극복할 수 있는 스퍼터링 증착 조건 및 이에 대응하는 박막 구조를 확보하고자 하였다. 해당 박막을 대상으로 수분에 대한 접촉각을 측정하여 표면의 소수성 변화를 확인하였으며, AFM을 활용하여 해당 박막의 표면 거칠기를 분석하였다. 이러한 결과를 스퍼터링 공정 조건과 연관하여 파악하였다. 또한, 해당 박막의 표면 경도 및 광학적 투과도 등의 변화 역시 조사하였으며, 이를 바탕으로 본 연구에서 제안하는 $SiO_2$-PTFE 박막의 잠재적 응용 가능성을 평가하고자 한다.

## PG6B : 유리 및 비정질 세라믹스

### PG6B-1 | Optical and thermal properties of lanthanum boron silicate glasses

이지선[1], 조승원[1,2], *김진호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

In this study, lanthanum boron silicate glasses were prepared with a composition of x Li2O-(60-x)B2O3-5CaO-5BaO-7ZnO-10SiO2-10La2O3-3Y2O3 (x = 1,3,5,7, and 9 mol%). Each composition was melted in a platinum crucible under atmospheric conditions at 1,400 °C for 2 h. Clear glasses with a transmittance exceeding 85 % were fabricated. Their optical, thermal, and physical properties, such as refractive index, Abbe number, density, glass transition (Tg) and Knoop hardness were studied. The results demonstrated that refractive index was between 1.6859 and 1.6953 at 589.3 nm. The Abbe number was calculated using an equation for 589.3 nm (nd), 656.3 nm (nf) and 486.1 nm (nc) and was observed to be in the range from 57.5 to 62.6. As the Li2O content increased, the glass transition temperature of the optical glass decreased from 608 °C to 564 °C. If glass mold pressing is performed using a material with a low transition temperature and high mechanical strength, then the optical glasses developed in this study can be completely commercialized.

### PG6B-2 | Bi-Al-Si-O-F 유리 코팅층의 내플라즈마특성

*김형준[1], 변영민[1], 정지훈[1,2], 우성현[1,2], 이정헌[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]성균관대학교

As the miniaturization of semiconductor or display patterns deepens, the plasma energy density of the dry etching process gradually increases. As a result, the internal parts that make up the etching chamber are also etched by plasma, generating contaminant particles and causing defects. Therefore, the need for new materials that can suppress the formation of these particles is increasing. Bi-Al-Si-O-F glass has plasma resistance with an etching rate of less than 30% compared to commercial quartz glass and has a low melting point. Therefore, it is expected that it will be suitable as a coating material for ceramic parts that make up display dry etching equipment. In this study, Bi-Al-Si-O-F glass was coated on an alumina substrate and plasma resistance was examined depending on sintering conditions. Changes such as crystallization of the glass film coated on the alumina substrate were observed depending on temperature and time conditions. Plasma resistance was confirmed through plasma etching rate, surface roughness, and microstructure analysis depending on the degree of crystallization of the coated glass.

### PG6B-3 | 머신 러닝 기반 고굴절 광학 렌즈용 $B_2O_3$-$La_2O_3$-$Ta_2O_5$-ZnO계 유리의 굴절률 및 유리전이온도 예측

김윤기[1], 홍석진[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

최근 광학 장치에 대한 수요 증가로 인해 양산을 위한 Glass Mold Press(GMP) 공정에 적합한 고굴절 유리 조성 개발 연구가 진행되고 있다. 이러한 유리는 일반적으로 $Ta_2O_5$, $La_2O_3$ 등 다양한 중금속 산화물을 함유하며, 굴절률, 분산 그리고 열적 특성을 원하는 수준으로 달성하기 위해 각 성분의 함유량을 조절할 필요가 있다. [1-3] 특히, 고굴절 광학유리용 Multi Component System을 다룰 경우 물성 예측이 어려우며, 기존의 이론으로는 복잡한 수식과 오랜 시간이 소요된다. 한편, Machine Learning (ML)은 분류(Classification) 및 회귀(Regression) 모델 분석을 적용하여, 변수를 통해 새로운 데이터 값을 예측한다. [4-5] ML을 이용하여 유리 조성에 기반한 물성을 학습하고 이를 예측함으로써 목표치를 만족하는 유리 조성의 설계에 드는 개발 시간과 비용을 절약할 수 있다. 본 연구에서는 ML을 활용하여, 유리 조성을 통한 굴절률 및 유리전이온도 예측을 시도하였다. Training을 위해 기존 문헌과 실험 데이터에서 약 300개의 조성을 수집했다. 정확도 향상을 위해 분극률, 밀도 및 평균 결합 에너지의 세 가지 factor를 고려하였다. Linear Regression, Bayesian Ridge Regression, Nearest Neighbour 그리고 Random Forest의 네 가지 알고리즘을 적용하였고, $R^2$값을 통해 각 알고리즘 간의 정확도를 평가했다. 선택된 모델을 검증하기 위해 $B_2O_3$-$La_2O_3$-$Ta_2O_5$-ZnO의 4성분계 유리를 합성하고 굴절률과 유리전이온도를 측정했다. 실험 결과를 ML 모델의 예측과 비교하여 유효성을 확인하였다.

Key words: Optical glass, Machine Learning, Refractive Index Predict, Ascends References : [1] A. Masuno, T. Iwata, Y. Yanaba, S. Sasaki, H. Inoue, Y. Watanabe; Dalton. Trans, 48, 2019, 10804-10811. [2] X. D. Xu, Y. H. Wang, C. K. Zu, P. Zhou; Key Eng. Mater, 727, 2017, 265-271 [3] H. Tregouet, D. Caurant, O. Majerus, T. Charpentier, T. Lerouge, L. Cormier; J. Non. Cryst Solids, 476, 2017, 158-172. [4] J. Peng, Y. Yamamoto, J. A. Hawk, E. Lara-Curzio, D. Shin; NPJ Comput. Mater, 6(1), 2020, 1-7. [5] J. Peng, R. Pillai, M. Romedenne, B. A. Pint, G. Muralidharan, J. A. Haynes, D. Shin; Prepr. Ext. abstr, 2102, 2021, 13261.

### PG6B-4 | $SiO_2$-$Al_2O_3$-CaO-MgO-$K_2O$ 기반 SOEC 밀봉소재용 결정화 유리 소재의 조성 변화에 따른 밀봉 특성

김태령[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

고체 산화물 전기분해 전지 (Solid Oxide Electrolyzer Cell: SOEC)는 물을 수소와 공기로 분리시키는 전해반응을 통해 수소

가스와 산소를 생산하는 연료전지로, 친환경적인 수소 생산이 가능하며 에너지 수요가 낮고 열효율이 높다는 장점으로 각광받고 있다. SOEC는 작동 중 산소와 수소 가스의 누출 방지와 전지 구성 요소 간 접합을 위한 밀봉소재가 필수적이며, 이러한 밀봉소재는 SOEC의 수명 및 효율에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 SOEC 밀봉소재는 밀봉온도에서는 적절한 유동성을 가져 접착되어야 하고, 작동온도에서는 유동이 최소화되어 우수한 밀봉 특성과 장기 안정성이 보장되어야 하며, 이를 위해 높은 유리 연화점과 전지 구성 요소와 유사한 높은 열팽창 계수를 가져야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 $SiO_2$-$Al_2O_3$-CaO-MgO-$K_2O$계를 기반으로 기판소재와 유사한 열팽창계수를 갖고 작동온도에서 유동성이 없는 Diopside 상을 유리 내에 형성하도록 유도하였다. 이를 위해 CaO와 $K_2O$를 각각 $Na_2O$와 $TiO_2$, $ZrO_2$ 및 $P_2O_5$로 치환 첨가하여 유리를 형성하였고, 조성 변화에 따른 Diopside 결정상 형성 및 열특성 변화를 확인하였다. 형성된 유리는 Thermomechanical Analyzer (TMA)와 Differential Thermal Analysis (DTA)를 통하여 유리전이온도 및 열팽창계수 등 유리의 열특성을 확인하였다. 열처리된 샘플은 X-ray Diffraction (XRD) 분석을 통해 유리 내 결정상을 확인하였다. 구성 요소 간의 밀봉 특성을 확인하기 위해 실제 기판으로 사용되는 YSZ 및 FC460 소재와 샌드위치 형태로 접착하여 접착성을 확인하였고, 작동온도에서 100시간 열처리 후 Scanning Electron Microscope (SEM)와 Energy Dispersive Spectrometry (EDS) 분석을 통하여 유리와 기판 소재 간의 접착 안정성 및 반응성을 확인하였다.

### PG6B-5 | $P_2O_5$가 붕규산나트륨 유리의 구조 및 상 분리에 미치는 영향

황민성[1,2], *정재엽[2]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

Recovering heavy metals from nuclear waste glasses is important from the perspective of the safe disposal of nuclear waste and recycling of heavy metal resources. Phase separation has been studied for effectively extracting or removing heavy metals from the waste. In this study, we investigated the effect of $P_2O_5$ as an additives to promote the phase separation of sodium borosilicate glasses. We prepared various NBS1 glasses: $(100-x)(0.17Na_2O–0.29B_2O_3–0.54SiO_2)-xP_2O_5$ (x = 0, 3, 5, 7, and 10 wt%) and an NBS2P7 glass: $93(0.22Na_2O–0.24B_2O_3–0.54SiO_2)-7P_2O_5$ (wt%). It was confirmed that phase separation was induced when the $P_2O_5$ content was great than 5 wt% in NBS1 glasses, together with a change in the mechanism of phase separation from droplet-type to spinodal-type with increasing $P_2O_5$ concentration. The phosphorus incorporated into the borate-rich phase and formed borophosphate units after phase separation. Additionally, the fraction of $[BO_4]$ units decreased with increasing $P_2O_5$ concentration. This phenomenon is expected to strongly influence the phase separation of sodium borosilicate glasses. In the NBS2P7 glass, no phase separation was observed owing to the high contents of $P_2O_7^{4-}$ and $PO_4^{3-}$ units. These units were released from the borosilicate matrices to form $Na_4P_2O_7$ crystalline phases.

### PG6B-6 | R ratio ($Al_2O_3/Na_2O$) 가 고정된 Sodium Alumino-silicate 유리의 조성 변화에 따른 화학강화 특성 및 구조 변화

장진욱[1], 박경대[1], 박성영[1], *정운진[1]
[1]공주대학교

Sodium alumino-silicate (SAS) 유리는 용융 염에서 알칼리 이온과의 이온 교환을 통한 화학강화 후 우수한 열 및 기계적 특성을 갖추어 다양한 모바일 디스플레이의 커버 유리로 광범위하게 사용되고 있다. 화학 강화 후 유리의 기계적 특성은 이온 교환 특성에 크게 영향을 받으며, 이는 조성에 따른 유리 구조의 변화에 의존한다. 따라서, 조성과 compressive stress (CS) 및 depth of layer (DOL)와 같은 화학 강화 특성 간의 관계를 이해하기 위해서는 조성에 따른 구조 변화에 대한 고려가 필요하다. 최근 연구에서 2.5 mol%의 $B_2O_3$ 첨가가 DOL의 최댓값이 나타나는 것으로 관측되었다. 그러나 $SiO_2$, $Al_2O_3$ 및 $Na_2O$와 같은 유리 형성 요소가 유리 구조 및 해당 CS와 DOL에 미치는 역할은 충분히 연구되지 않았다. 본 연구에서는 $SiO_2$-$Al_2O_3$-$Na_2O$-$B_2O_3$ 기반 유리를 $Al_2O_3/Na_2O$ 비율을 1로 고정하고 $B_2O_3$ 함량을 2.5 mol%로 고정하면서 $SiO_2$, $Al_2O_3$ 및 $Na_2O$의 조성을 변화시켜 제조하였다. $SiO_2$ 조성은 $Al_2O_3$+$Na_2O$로 대체되었다. 유리는 platinum-rhodium 도가니에서 일반적인 용융-냉각 방법을 사용하여 제조되었다. 이온 교환 후에는 기계적 및 화학적 강화 특성을 조사하고 조성에 따른 구조 변화를 확인하였다. 또한, 조성에 따른 구조 변화는 MD 시뮬레이션을 통해 연구되었으며 실제 구조 분석 결과와 함께 화학적 강화 특성에 미치는 영향을 확인하였다.

### PG6B-7 | The effect of plasma modification on ACL bonding structure and etching selectivity

YANG Minkyung[1], LEE Huiyeong[1], KIM Insoo[2], *PARK Sungjin[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Korea Institute of Science and Technology

The Amorphous Carbon Layer (ACL), deposited through Physical Vapor Deposition (PVD) process, presents a hydrogen-free processing alternative suitable for thin films in semiconductor applications requiring high etching selectivity. ACL film was fabricated on Si wafer by DC/RF plasma sputtering with a carbon target. The bonding structure of the carbon films deposited by sputtering was modified by the DC/RF sputtering power conditions.

To investigate the influence of DC/RF sputtering power on the ACL's bonding structure and etching selectivity,

chemical property was analysed. As RF power increased, a shift in the Id/Ig ratio was observed, indicating a higher concentration of sp2-bonding. Concurrently, the etching selectivity of ACL films decreased as RF power increased, attributed to increased damage from plasma power. ACL films deposited without RF power demonstrated improved etching selectivity due to increased sp3-bonding formation.

**PG6B-8 | Dielectric constant properties of borosilicate glasses for printed circuit board**

이지선[1], 노민석[1], *김진호[1]
[1]한국세라믹기술원

Borosilicate glasses were prepared with a composition of x Li2O-(14-x )MgO-21B2O3-57SiO2-8Al2O3 where x= 0,1,3,5 and 7 mol%. Each composition was melted in an alumina crucible under atmosphere condition at 1600 °C for 2 h. Clear glasses with a transmittance exceeding 85% were fabricated. Their optical, thermal, and physical properties, such as dielectric constant, density and glass transition (Tg) were studied. The results demonstrated that dielectric constant was between 4.6 and 4.8 at 15GHz. As the Li2O content increased, the glass transition temperature of the fiber glass decreased from 608°C to 564°C. It succeeded in manufacturing low dielectric glass of less than a dielectric constant of less than 5.5, and confirmed the commercialization of multi-layer PCB substrate materials.

**PG6B-9 | Role of $Eu_2O_3$ content on photo-luminescence characteristics of $CsPbBr_3$ perovskite nano-crystals in borosilicate glass-ceramics for display color converters**

GELIJA Devarajulu[1], *CHUNG Woon Jin[1]
[1]Kongju National University

All inorganic cesium lead halide ($CsPbX_3$, X= $Cl^-$, $Br^-$, $I^-$) perovskite nano-crystals (PNCs) have great potential based on their prominent optical properties, such as high photoluminescence quantum yield (PLQY), tunable emission colors, and narrow emission bandwidth. However, the weak, thermal, chemical and photonic stability of colloidal PNCs restricted their practical applications and have been recently overcome by PNCs-embedded glasses (PNEGs), which provided the complete inorganic environment to perovskite nanocrystals [1,2]. Various strategies, such as compositional change and dopant incorporation, i.e., rare earth ions (RE), and transition-metal ions, have been carried out to improve the PLQY of PNEGs due to their relatively lower PLQY than colloidal perovskite nanocrystals. The combination of PNCs and RE ions can exhibit excellent optoelectronic properties due to the radiative interaction between them. In this study, the $CsPbBr_3$ PQDs were formed in borosilicate glasses by melt-quench technique and subsequent heat-treatment process. Different concentrations of $Eu_2O_3$ are incorporated in borosilicate glass-ceramics and their optical, structural, photoluminescence and time-resolved spectroscopic characteristics were investigated. The $CsPbBr_3$@$Eu_2O_3$ PNCs exhibit four typical emissions, including the host emission at ~520 nm and the $Eu^{3+}$ emissions at ~591, ~615 and ~700 nm under 450 nm LED excitation. The PL intensity of $Eu^{3+}$ emission increases with the europium concentration increment (0-1 mol%), due to possible energy transfer from $CsPbBr_3$ to $Eu^{3+}$ ions. The $CsPbBr_3$ crystalline phase was confirmed by XRD and transmission electron microscope (TEM). The role of $Eu^{3+}$ ions in the formation and photoluminescence studies of PNCs was discussed. The photo and thermal stabilities were examined for the studied PNCs in borosilicate glass ceramics. The $Eu^{3+}$-doped-$CsPbBr_3$ PNCs were used to fabricate remote PiS-based w-LEDs devices and explored the feasibility of display applications.

Keywords: Borosilicate; Perovskite nanocrystals; Europium; Photoluminescence; Display converters.

References: [1]. T.T. Pham, H. Lee, J. Lee, W.J. Chung, J. Kor. Ceram. Soc., 59 (2022) p. 749. [2]. Y. Ye, W. Zhang, Z. Zhao, J. Wang, C. Liu, Z. Deng, X. Zhao, J. Han, Adv. Opt. Mater. 7 (2019) 1801663.

Acknowledgement: This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MIST) (No: NRF-RS-2023-00253671).

## PG7A : 내화물 및 시멘트세라믹스

**PG7A-1 | Mg을 포함하는 내화물과 Li(Ni,Co,Mn)$O_2$(LNCM) 양극재의 반응성 평가**

유일열[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

삼원 계 Li 이온 배터리 양극재인 Li(Ni,Co,Mn)$O_2$ (LNCM)는 높은 용량, 긴 사이클 수명, 그리고 구조적, 열적 안정성으로 많은 관심을 받고있다. 산업에서 LNCM은 Li-, Ni-, Mn-, Co-가 포함되어있는 전구체를 사용하여 900 ~ 1100 ℃ 온도에서 고상반응을 통해 제조되고 있다. LNCM을 열처리하기 위해 내화갑을 이용하고 있으며, 대부분의 내화갑은 가격이 저렴하며, 높은 열충격저항, 크립저항, 낮은 열팽창 계수를 갖는 Mullite를 포함하고 있다. 하지만 LNCM과 Mullite의 높은 반응성으로 내화갑의 부식 및 파손이 발생하게 되어 내화갑의 사용수명이 급격하게

감소하게 되고, 그 결과 양극재 생산효율의 저하, 양극재 성능의 신뢰성 저하와 같은 문제점이 발생하게 된다. 따라서, 내화갑의 내식성 향상은 양극재 산업에서도 매우 중요하기 때문에 많은 연구가 진행되어 왔다. 그 중 $MgAl_2O_4$, Cordierite와 같이 Mg을 포함하는 내화물 소재를 첨가하였을 때 내식성이 향상된다고 알려져 있다. 따라서 Mg을 포함하는 내화물 소재와 High Ni계열 양극재와의 반응성을 평가하고, 반응 메커니즘을 이해하는 것이 매우 중요하다. 이러한 이유로 본 연구에서는 Cordierite, $MgAl_2O_4$ (Spinel)와 LNCM 양극재의 반응성을 평가하고, 반응 온도에 따라 생성되는 상 분석 및 생성된 상의 특성 평가를 통해 내식성 향상 원인을 규명하고자 한다. This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean Government (Ministry of Education) [NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761], and the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program-Material Components Technology Development Program) (20024235, Development of Technology for Manufacturing Lithium High Corrosion Resistance Ceramic Parts for Cathode Materials of Li-ion battery) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This work was also supported in part by the International Science & Business Belt support program, through the Korea Innovation Foundation funded by the Ministry of Science and ICT.

## PG7B : 내화물 및 시멘트세라믹스

### PG7B-1 | 석회석 혼합시멘트 품질기준 도출을 위한 국내외 표준 및 연구동향

*이세진[1], 안태호[1], 윤성일[1], 김지연[1], 최재호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

시멘트 산업은 이산화탄소 다배출 산업으로, 탄소중립을 이행하고 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 이산화탄소 저감 기술개발이 필요하다. 국내 시멘트 1톤 제조 시 발생하는 이산화탄소 배출량은 약 830kg이고, 주발생 원인은 시멘트의 원재료인 클링커를 제조하는 과정(소성, 분쇄, 저장 등)에서 발생하며, 특히 석회석의 열분해에 의한 공정배출이 총 배출량 중 약 65%를 차지하며, 연료 연소에 의한 직접배출이 약 33% 정도이다. 시멘트 산업의 이산화탄소 평균 배출량은 연간 약 4,000만톤 수준으로 철강산업, 석유화학산업에 이어 3번째로 많은 산업이며, 국내 산업계 이산화탄소 총 발생량의 약 11%, 국내 총 배출량의 5.6%를 차지한다. 따라서 체계적인 탄소배출 감축방안을 마련해 온실가스 배출을 저감해야 하는 상황이며, 국내 시멘트 특성을 고려한 석회석 미분말 혼합시멘트 기술개발 및 현장 적용을 위한 기술평가 및 검증이 필요하다. 이러한 배경에서 본 연구는 국내 석회석 미분말 혼합시멘트 제품개발 및 표준 제·개정에 참고하고자 국내외 기술·연구동향과 기술표준을 조사하였다.

### PG7B-2 | 해외에서의 비탄산염 원료 사용에 따른 시멘트산업에서의 탄소감축에 관한 연구

*이세진[1], 안태호[1], 윤성일[1], 김지연[1], 최재호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

시멘트는 국가의 중추 기간산업이며 건설산업의 필수 소재로서 차지하는 비중이 매우 크지만, $CO_2$ 배출량은 약 4,484만톤(GIR 통계, 2017)수준으로 $CO_2$ 배출량 저감 대책이 시급히 요구되는 산업이다. 국내뿐만 아니라 EU나 일본의 시멘트 산업에서도 $CO_2$ 감축과 관련된 원료전환, 연료전환, 장비 및 공정효율 개선, 혼합시멘트의 사용 확대, CCS 기술 도입이 전 세계적인 관심사로 집중되고 있다. 비탄산염 CaO 함유 원료인 슬래그류(고로 슬래그, 제강슬래그 등) 및 폐콘크리트 미분말 등은 시멘트 클링커 주원료인 석회석을 일부 대체할 수 있으나, 현재 시멘트 공정 적용 시례는 미미하여 대체 사용에 관한 연구가 필요하다. 이에 본 연구는 유럽 등 해외의 시멘트 클링커 제조용 조합원료 중 사용되는 대체원료의 종류와 사용량 등을 조사하여 국내 시멘트 산업의 탄소감축 방안 마련에 참고 자료로 활용하고자 한다.

### PG7B-3 | 국내·외 저탄소 혼합시멘트 관련 표준 및 시멘트 제품 시장 현황 분석

*윤성일[1], 김지연[1], 이세진[1], 안태호[1], 이용준[1], 김의철[1]
[1]한국시멘트신소재연구조합

시멘트 산업은 국가 기간 산업으로서 경제발전에 크게 기여하여 왔다. 그러나 제품 생산과정에서 다량의 광물자원과 연료를 소비하여 온실가스와 대기 오염물질 배출에 의한 지구 온난화 및 자연 훼손을 일으키는 산업으로 인식되고 있다. 시멘트 제조공정에서 배출되는 이산화탄소 중 약 60%가 석회석의 탈탄산 반응에 의한 것으로 시멘트 생산 시 주원료인 석회석과 반제품인 클링커를 대체하지 않는 이상 다량의 온실가스가 필연적으로 발생하게 된다. 고로슬래그 미분말, 플라이 애시, 실리카흄 등 산업부산물들은 일부 국내에서 활용되고 있지만 주로 사용되는 고로슬래그 미분말은 향후 배출량이 크게 감소할 것으로 예상되며, 새로운 혼합재의 개발이 요구되는 상황이다. 본 연구에서는 국내·외 다양한 저탄소 혼합시멘트의 생산 가능성을 검토하고자 해외 혼합시멘트 표준 및 혼합시멘트 시장을 조사하여 국내 혼합시멘트 시장 현황과 비교 및 분석하였다.

### PG7B-4 | 콘크리트 혼합 과정에서의 최적 in-situ 탄산화 조건도출을 위한 시뮬레이션 기초 연구

김병렬[1], 문기연[1], 이선우[1], 조계홍[1], *조진상[1]
[1]한국석회석신소재연구소

콘크리트를 제조하는 과정에서 이산화탄소를 혼합재료로 활용하여 혼합물에 $CaCO_3$ 형태로 격리시키는 in-situ 탄산화 기술은 기존의 콘크리트 및 레미콘 제조공정에 직접적용이 가능하므로 시멘트, 콘크리트 분야의 탄소중립 달성을 위한 실증기술로 주목받고 있다. 이러한 시멘트, 콘크리트 분야의 in-situ 탄산화 기술은 대규모 설비를 활용하는 제조공정과 사용되는 원료의 특성상 기술적용 규모에 따라 제품의 성능에 영향을 미치기 때문에 실증규모에서의 기술개발이 필수적이다. 그러나 대규모 설비구축

및 운영에 따른 재원 부담과 규제 등의 제한적인 제도적 환경으로 인하여 다양한 조건을 고려하고 시도하는 실증규모의 기술개발은 수행이 어려운 상황이다. 본 연구에서는 개별요소법 기반의 시뮬레이션 기법을 활용하여 실증규모에서의 탄산화 최적조건을 도출하고자 콘크리트 혼합과정에서 재료혼합 및 이산화탄소 주입조건에 따른 in-situ 탄산화 기술을 모사하였으며, 시뮬레이션 상에서 혼합물의 탄산화 반응량을 간접적으로 평가하기 위하여 접촉관계에 기인한 API를 제작하여 시뮬레이션에 적용하였다.
※ 이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20212010200080, 시멘트 산업 발생 $CO_2$ 활용 in-situ 탄산화 기술 개발)

**PG7B-5 | Ablation behaviors of ZrC-ZrB2-C/C composite coated by dip-coating method**

TAK Woo-seong[1], HWANG Jin Uk[1], KIM Kyungwon[1], JEONG Young-Keun[2], *KIM Woo Sik[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Pusan National University

This study aimed to improve the ablation resistance of C/C composites by applying ZrC and ZrB2 coatings to the surface using a dip-coating method and evaluating the ablation behavior of the coated composite materials. The research included conducting ablation tests in high-temperature environments to evaluates the thermal and ablation resistance of the coated composites. Futhermore, the microstructure and phase changes of the coating layers were examined using Scanning Electron Microscope (SEM) and X-ray Diffraction (XRD) analyses. The results demonstrated that the ZrC-ZrB2 coating protected the surface of C/C composites, contributing to improved resistance against oxidation and thermal shock in high-temperature conditions. The coating layer maintained a stable protective barrier during thermal decomposition and oxidation processes, reducing the ablation loss of the composite material. These findings suggest the potential applicability of dip-coating of Ultra High Temperature Ceramic (UHTC) in aerospace and high-temperature application fields.

**PG7B-6 | Preparation of ultra-lightweight, impact-resistant and fire-retardant concrete**

*이병우[1], 정석주[1], 김주은[1], 정서린[1]
[1]한국해양대학교

Nowadays, increasing interest is being paid to improving the thermal insulation of buildings in order to save energy and reduce ecological problems. Lightweight foamed-concrete has unique characteristics and considerable potential as a promising material in construction applications. It is produced with a wide range of dry densities, between 500 and 1200 kg/$m^3$. However, at lower densities, it tends to be unstable exhibiting low impact strength. The biggest limitation of using the lightweight concrete is its fundamentally low strength, which limits its uses. Therefore, if the self-weight of a structure can be reduced without significantly reducing its strength, the scope for using the concrete can be significantly expanded. In particular, it can be used as concrete for ships or offshore plants that especially require lightweight concrete. If it has sufficient strength, it can be used widely, such as in the framework or slab of a high-rise building. If it is fire-resistant, it can also be used as heat insulators or soundproofing walls. In this study, ultra-lightweight concretes having the dry density ~ 600 kg/$m^3$ were prepared by the addition of preformed foamed glasses to a cement paste and aggregate. The ultra-lightweight fillers of foamed porous granules of ~ 250 kg/$m^3$ from Poraver ® made from waste glass materials were used as aggregates in concrete mix formulations. The use of this type of foamed glass has been focused on the production of lightweight concretes that is able to improve thermal insulation in addition to demonstrating good fire-retardancy. On account of the intrinsically highly porous lightweight glass granules, the concrete structures appeared particularly lightweight, strong, and resistant to impact, especially in combination with a polymer binder. Among several varieties of polymer binders available on the market, ethylene vinyl acetate (EVA) copolymers have been the standard choice for the polymer binder to achieve the optimum properties. The focus of the research is the influence of the lightweight granules, as well as the polymer binder addition, on the properties of the ultra-lightweight concretes with densities around 500 kg/$m^3$.

**PG7B-7 | Development of 5Mg(OH)2·MgSO4·3H2O Synthetic Tuning System using produced Magnesium Hydroxide from Bittern**

윤영조[1,2], 오누리[2], *김유진[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

난연제에 사용하기 적합한 수산화마그네슘과 산화물을 sulfuric acid, NaOH, NH4OH로 침전시켜 간수로부터 제조할 수 있다. 간수에 포함된 Ca2+ 이온의 제거는 수산화마그네슘의 순도에 중요한 역할을 하며, CaSO4와 MgSO4는 산처리, pH 조절, 용해도 등 다양한 방법을 통해 분리할 수 있다. 또한, 얻어진 Mg(OH)2는 염기/산 촉매를 통한 pH 조절을 통해 기능성 물질인 5Mg(OH)2·MgSO4·3H2O whisker(Mg-fiber)를 얻을 수

있다. 본 연구에서는 간수를 이용하여 Mg(OH)2, 황산, 염기성 촉매의 비율을 조절하여 Mg-fiber를 얻을 수 있는 공정 시스템을 구축하였다. 준비된 시료의 상과 형태는 X-선 회절(XRD), 주사 전자 현미경(SEM) 및 투과 전자 현미경(TEM)으로 분석하였다.

**PG7B-8 | A Study on the purification/precipitation technology for the preparation of the High purity Mg(OH)2**

윤영조[1,2], 오누리[2], *김유진[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

수산화마그네슘(Mg(OH)2)은 탈수 흡열반응과 열 함유량이 우수하여 난연재 등 다양한 용도로 사용되고 있다. 이 응용 분야에 사용되는 분말들은 순도, 색상, 형상이 중요하다. Mg(OH)2는 간수 및 백운석 등의 국내 자원을 이용하여 합성할 수 있다. 백운석을 사용할 경우 광물 내 Fe 및 Si 이온이 난연제 색상에 영향을 미치기 때문에 제거하는 것이 중요하다. 간수 내 Ca 이온은 pH 조절, 용해도 등 다양한 방법을 통해 제거할 수 있다. 본 연구에서는 위의 정제과정을 통해 Ca 이온이 제거된 간수를 수득하고 염기성 침전제로 NaOH, NH4OH, Dolime(소성 백운석)을 이용하여 고순도의 Mg(OH)2를 합성하였다. 또한, 염기성 침전제의 양과 비율을 조절하여 고순도 Mg(OH)2가 합성되는 pH 및 용해도 조건을 도출하였다. 합성된 Mg(OH)2의 순도는 ICP(Inductively Coupled Plasma)와 XRF(X-Ray Fluorescence) 등의 분석 장비를 사용하여 확인하였다.

## PG8A : 전산재료과학 및 재료분석

**PG8A-1 | Phase-field Simulation of Thin Film Deposition and Crystallization**

이환욱[1], *권용우[1]
[1]홍익대학교

Recently commercialized semiconductor devices are mostly thin films deposited on nonplanar substrates. For example, HfO2, a high-k material used in FinFETs and MBC-FET. In addition, there are channels and ONO layer in V-NAND, and capacitors in DRAM. Its deposition profile and microstructure including grain structure and surface morphology should be engineered to obtain sufficient on-current. Conformal film inside a hole is necessary. The process modeling should be preceded in order to evaluate how the deposition profile and microstructure affect device performance by TCAD or FEM.

We developed a phase-field model (PFM) code for simulating thin film growth. In this model, it consists of three phases: a substrate, a film to be deposited, and a gas. Film is divided into amorphous and crystalline, and crystalline can have various grains. Also, gas flux, surface reaction and surface diffusion are used as parameters for the deposition process. By controlling these process parameters, different deposition results can be obtained and the conformality of the results can be checked. This makes it possible to more accurately predict the formation of the film and the microstructure of the film during thin film deposition.

In this presentation, we will demonstrate our PFM codes for thin film simulations along with some process optimization examples. The integrated model of deposition modeling and crystallization will be explained, and the direction of the model and future work topics will be explained by comparison through various examples such as the conformality and nucleation rate of the thin film deposited on the substrate.

**PG8A-2 | Correlation between microstructure and thermal conductivity on thermoelectric properties of elemental Te crystal**

ABBEY Stanley[1], JANG Hanhwi[2], FRIMPONG Braakowaa[1], *OH Min-Wook[1]
[1]Hanbat National University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Thermoelectric materials can transform waste heat into electricity, creating a sustainable energy outlook. Chalcogenide elemental tellurium is suitable as a thermoelectric material for intermediate temperature scenarios (400~700 K). To achieve optimal energy conversion, it is necessary to decrease thermal conductivity and enhance electrical conductivity. In other words, limit phonon propagation while ensuring high carrier mobility. Subsequently, numerous studies have extensively examined the impact of point defects, dislocations, and grain boundaries on phonon scattering. Nonetheless, a lack of understanding exists regarding how engineering planer defects especially grain boundaries influence thermal conductivity. This present research reveals a leading figure of merit (zT) value of 1.42 at 623 K for 1% $Fe_2As$-doped elemental Te crystals due to grain boundary twisting. The unique twisted grain microstructure creates an unconventional oriented pseudo-crystal with higher electrical conductivity and comparable thermal conductivity to polycrystalline Te.

**PG8A-3 | 디지털 트윈을 활용한 세라믹 제조 공정 최적화**

박진화[1], 류가애[1], *현상일[1], 한윤수[1]
[1]한국세라믹기술원

산업 진보에 따라 디지털 트윈 기술이 제조 현장의 핵심 요소로 부상하고 있다. 특히 시뮬레이션은 다양하고 복잡한 형태의 성형품 제조에 있어 핵심적인 도구로 자리 잡았으나, 실제 현장에

적용되기 위해서는 고려해야 할 공정 변수가 많아 전통적인 시뮬레이션 접근법으로는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 최근 실험적 접근과 병행하여 컴퓨터 시뮬레이션 및 기계학습을 통한 디지털 전환 기술이 도입되고 있다 본 발표에서는 Drucker-Prager Cap 모델을 사용하여 세라믹 분말의 거동을 시뮬레이션하고, 생성된 대량의 가상 데이터를 기반으로 실시간 예측이 가능한 기계 학습 모델을 소개한다. 이는 멀티 스케일의 시뮬레이션 기술을 통합한 디지털화 및 자동화된 워크플로우를 개발함으로써 세라믹 성형 공정을 특성화하고 최적화하였다. 이 모델은 VECTOR라고 칭하는 가상 데이터 생성 플랫폼을 통해 분말 재료를 기반으로 하는 제조 기술의 최적화 도구를 제공하고자 한다.

**PG8A-4 | Ab-initio 열역학을 이용한 Ni 도핑된 $SrTiO_{3-\delta}$의 상안정성**

이나영[1], 김선혜[1], 김종윤[1], 박선영[2], 이종호[2], *김영철[1]
[1]한국기술교육대학교, [2]한국과학기술연구원

산소분압과 온도에 따른 Ni 도핑된 $SrTiO_{3-\delta}$의 상 안정성 변화에 대하여 ab-initio 열역학에 이용하여 연구하였다. 산소분압 0.21 atm의 산화분위기에서, 온도가 1,300 K 이하에서는 NiO와 $SrTiO_3$ 2개 상으로 존재하고, 이상에서는 Ni이 Ti 자리에 치환되어 1개의 고용체($SrNiTiO_{2.96}$)로 존재하였다. 산소분압 $10^{-20}$ atm의 환원분위기에서, 온도가 873 K 이하에서는 NiO와 $SrTiO_3$ 2개 상으로 존재하고, 이상에서는 Ni이 $SrTiO_3$로부터 용출되었다. 이러한 계산 결과를 실험 결과와 비교하였으며 [1, 2], Gibbs 자유에너지의 계산 오차를 줄이기 위해 격자 진동 방법을 고려하였다 [3].

[1] D. Neagu et al., Nature Chemistry, 5, 916-923 (2013).
[2] H. Han et al., Nature Communications, 13, 6682 (2022).
[3] V. Wang et al., Computer Physics Communications, 267, 108033 (2021).

**PG8A-5 | 밀도범함수를 이용한 $RuO_4$의 증기압과 Si 및 $SiO_2$ 표면에서의 반응**

김선혜[1], 김현규[1], 이나영[1], 김종윤[1], *김영철[1]
[1]한국기술교육대학교

반도체 소자의 지속적인 소형화로 인하여 금속 배선의 선폭이 10 nm 이하에 도달하였다. 이에 10 nm 이하의 선폭에서 Cu보다 낮은 비저항 크기 효과를 보이는 Ru와 Co 등이 차세대 금속 배선 재료로 주목받고 있다 [1]. 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD) 전용 전구체의 평가에서 증기압과 표면 반응성은 중요한 요소이다. 높은 증기압은 반응기 내부로의 주입을 용이하게 하고, 높은 표면 반응성은 증착 속도를 향상시킨다. 실험을 통한 평가는 많은 시간과 비용을 필요로 하지만, 전산모사를 활용하면 전구체를 평가하는 데에 필요한 시간과 비용을 줄일 수 있다. 본 연구에서는 밀도 범함수 이론 (density functional theory, DFT)을 이용하여 $RuO_4$ 전구체의 증기압을 계산하였다. 또한 RuO4와 Si (001) 및 $SiO_2$ (111) 표면 간의 초기 반응을 5단계 (기상, 흡착, 전이, 반응, 탈착)로 나누어 모사하고, 각 표면 반응 단계에서의 에너지와 에너지 장벽을 계산하였다 [2].

[1] D. Choi, Korean J. Met. Mater., 56(8), 1-6 (2018).
[2] V. Wang et al., Comput. Phys. Commun., 267, 108033 (2021).

**PG8A-6 | Multiphysics Model for Thermal Disturbance in Three-Dimensional Stacking Phase-Change Memory**

KIM Yechan[1], HUR Namwook[2], SUH Joonki[2], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University, [2]Ulsan National Institute of Science and Technology

Phase-change memory (PCM) technology can be considered as the most mature among emerging non-volatile memory devices. However, due to the operational mechanism of PCM, which utilizes heat, there is an unavoidable issue in continuous device downsizing. The narrow spacing between cells makes it prone to thermal disturbance (TD), the heat-induced retention failure in unselected cells during RESET operation of the selected cell. A multiphysics model has been proposed to investigate methods to reduce TD in three-dimensional (3D) stacking PCM. By combining the electro-thermal model with the phase-field equation in COMSOL Multiphysics, it is possible to observe partial crystallization in disturbed cells and the resulting changes in cell resistance due to TD. According to the results, reducing heater thickness and implementing structural changes in cell design can ease TD.

**PG8A-7 | Schottky barrier height modulated interfacial switching mechanism of an oxide based memristor**

KHOT Sagar[1], JUNG Dongmyung[1], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University

This work provides an overview of Schottky barrier height modulation to propose a model for interfacial switching. By extensively investigating interfacial switching and modeling techniques, we have developed an effective model that illustrates interfacial dynamics and provides a comprehensive understanding of the switching mechanism. In most cases, filamentary switching mechanisms are discussed, whereas interfacial switching mechanisms have attracted good amount of research in recent years. Two crucial aspects of our model include incorporating drift and diffusion equations for oxygen vacancies and modulating the Schottky barrier height. Our approach employs a two-step simulation method to exercise interfacial switching mechanism: solving diffusion equations falls under the first step whereas second step deals with

measurement of conductance. The system involves the migration of oxygen vacancies under an electric field. Upon applying a potential, the concentration of oxygen vacancies shifts at one electrode, causing changes in conductance by modulating the Schottky barrier height. Additionally, we introduce an active layer in our model, from which concentration is extracted to further develop the model. Finally, this model investigates device performance in terms of material parameters and synaptic properties.

### PG8A-8 | Phase Field Modeling of Strain Induced Phase Transformations in $MoTe_2$

HASSN[1], LEE Won-Kyu[1], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University

Electrocatalytic water splitting has gained significant attention as a sustainable method for clean hydrogen fuel production. While platinum-based electrocatalysts have shown promise, their high cost has hindered large-scale implementation. Low-cost noble metal free electrodes for hydrogen evolution reaction (HER), such as 1T' $MoTe_2$ single crystals have been reported as excellent replacements (Y. He et al, J. Phys. Mater. 4 014001, 2021). In this study by leveraging the phase field method, we simulate the novel method of producing 1T' phase from the 2H phase in pre-strained $MoTe_2$ (Y. Lee et al, ACS Energy Letters 8 (11), 4716-4725, 2023). Our simulation model considers the $MoTe_2$ flake as a two-phase mixture, where the 1T' phase is encased within a rectangular 2H phase matrix. An order parameter, $\phi(x,y,t)$, characterizes the distribution of phases across the flake. Under strain, the 1T' phase becomes energetically favorable, driving the phase transformation. This intricate behavior is captured by the Allen-Cahn equation, accounting for the interfacial mobility ($M$) and gradient energy coefficient ($\gamma$). The Gibbs energy difference ($\triangle G$) between the 2H and 1T' phases, influenced by vertical displacement, plays a crucial role in governing the transformation process. Vertical displacements are affected by the degree of pre-strain, directly correlating with the amount of generated 1T' phase. Our simulations involve numerical solutions of the AC equation using a finite difference approach. The computational domain, discretized with a 100x100 grid, reveals the spatiotemporal evolution of the phase transformation. Simulation parameters were fine-tuned to match experimental phase ratio data.

### PG8A-9 | Investigation of Resistive Switching in Filamentary RRAM Based on Fully Coupled Physics and Finite Element Simulation

정동명[1], *권용우[1]
[1]홍익대학교

RRAM has gained attention for its simple structure, fast operation, and data storage capabilities compared to charge-based commercial memory. With a basic Metal-Insulator-Metal (MIM) structure, RRAM is anticipated to be an emerging memory satisfying high density and power efficiency. The low resistance state (LRS) is defined when the conductive filament connects to the top and bottom electrodes, while the high resistance state (HRS) is defined when the filament dissolves or moves, breaking the connection. This study proposes a simulation model capable of performing the entire switching process for forming, reset, and set operations without relying on predefined geometric structures for the conductive filament. To represent the conductive filament, a Phase-field equation is employed, defining states with and without oxygen vacancies within the insulator. Migration, recombination, and generation terms for oxygen vacancies were applied to the Cahn-Hilliard equation, and by coupling electrical and thermal equations, the distribution of electric field and temperature can be calculated. During forming and set operations, a new conductive filament is created and connected, while in the reset operation, the connected filament dissolves or undergoes migration, leading to the disconnection of the conductive filament. The interpretation of I-V curves and confirmation of the conductive filament's shape through the distribution of the low resistance phase order parameter are derived from the analysis results of this model, allowing for comparative analysis under different operating conditions.

### PG8A-10 | Phase Field Method Simulation of the Solid Phase Crystallization Process of Polycrystalline Semiconductor Films

PARK Jung In[1], LEE Hwanwook[1], *KWON Yongwoo[1]
[1]Hongik University

In this study, we simulated the solid phase crystallization process of polycrystalline semiconductor thin films, commonly used in devices. We focus on predicting the grain size and observing the evolution differences according to the crystallographic orientations of each grain, considering the interfacial energy differences between the grains in the film and the substrate. Since we employed the phase field method, and effective

approach at the meso-scale level, we can accurately predict the microstructure of thin films. Controlling the microstructure of semiconductor films is a necessary requirement to manage the grain size, essential for the electrical characteristics of the device. We conducted calculations on films of 20nm and 40nm thickness, confirming an increase in grain size with the increase in film thickness. By matching the grain size between experimental and simulation results for 20nm and 40nm thin films, we demonstrate the accuracy of this model.

**PG8A-11 | 영역 선택적 원자층 증착 방식으로 제작된 저항 메모리의 변동성 시뮬레이션**

오진우[1], 정동명[1], *권용우[1]
[1]홍익대학교

영역 선택적 원자층 증착 방식으로 제작된 저항 메모리의 변동성 시뮬레이션

Variability Simulation of Resistive Memory Manufactured by Area-Selective Atomic Layer Deposition

오진우, 정동명, *권용우(홍익대학교 신소재공학과),

저항메모리(Resistive Random-Access Memory)에서 소자의 변동성(Variability)을 감소시키는 것은, 메모리의 신뢰성(reliability)을 확보하기 위해 중요한 요인이다. 영역 선택적 원자층 증착(AS-ALD, Area-Selective Atomic Layer Deposition)으로 소자를 제작하면 노광, 식각 등의 패터닝 공정을 거치지 않고, 일정한 두께의 박막을 원하는 위치에 증착할 수 있다. 또한 저항메모리 소자에서 정보의 저장에 사용하는 필라멘트 스위칭 소재를 좁은 구역에 제한함으로써, 소자의 변동성이 감소하는 것이 실험적으로 확인되었다. 본 연구에서는 연구실에서 자체적으로 보유한 저항메모리 소자 시뮬레이션을 활용하여 전도성 필라멘트의 거동을 해석하고, 소자의 변동성이 감소하는 근본적인 원인을 살펴보고자 한다.

**PG8A-12 | Understanding the electricity generation mechanism in droplet-based hydrovoltaic systems**

강민성[1], 강준혁[1], *조성범[1]
[1]아주대학교

Hydrovoltaic is emerging as a promising energy harvesting technology with the remarkable capability of generating energy through the direct interaction of water and material. The hydrovoltaic generates volt-level potentials without any external force, and its electrical performance can be enhanced by using an aqueous solution. However, it is not clear how salt ions affect or interact with the material. Herein, the theoretical model was used to provide an in-depth analysis of working principles. The model, validated with experimental results, incorporates four physics: water flow in unsaturated porous media, transportation of ions, chemical reactions, and electrostatics. It was found that the distribution of ions is key to improving the voltage output. The higher gradient of ions' concentration leads to strong potential differences, and its asymmetry of concentration is mainly governed by the water flow and concentration distribution. Additionally, we analyzed the parametric effects of substrate porosity and relative humidity under salt solution. The results showed that the presence of salt ions makes the electrical performance highly sensitive to porosity but less sensitive to relative humidity. Our findings improve the understanding of hydrovoltaic mechanisms and pave the way for the practical use of hydrovoltaic systems.

**PG8A-13 | Theoretical study of formaldehyde removal performance by Ag/PbO nanoclusters**

YEON Changho[1], *LEE Chan-Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

Due to its ubiquity and toxicity, formaldehyde(FA) is recognized as a major component of indoor air pollution. The Ag/PbO catalyst, consisting of silver supported on lead(II) oxide, shows great promise for the efficient oxidation of FA at low temperatures. The oxygen vacancy commonly alters catalytic properties and leads to positive effects, however, deterioration of FA oxidation by the vacancy in Ag/PbO and performance enhancement by moisture is still a mystery. In this study, we used density functional theory (DFT) to model the cluster geometries with the global optimization method. Furthermore, the mechanism of reaction enhancement by moisture was investigated with energetics and electronic structures analysis. Our study achieved rational interpretations of catalytic reactions with previously unexplored material combinations, and proper modeling that did not require excessive assumptions.

**PG8A-14 | DFT Calculations of Pressure-Induced Changes in the Bonding Network of Amorphous Chalcogenide Materials**

PARK YuBin[1], *LEE Tae hoon[1]
[1]Kyungpook National University

The field of glass science faces a considerable challenge in fully understanding the complex nature of amorphous chalcogenide materials. These materials exhibit a diverse range of properties that traditional chemical bonding theories struggle to explain comprehensively. This gap in understanding has led to the recent proposition of a novel type of chemical bonding, i.e.

multi-center hyperbonding. Our study aims to refine and expand upon the hyperbonding theory through a meticulous investigation of the amorphous (a-) state of tellurium (Te), which serves as the prototypical anion element in the development of electronic memory devices. To achieve this, we employed ab initio molecular-dynamics (AIMD) simulations grounded in density functional theory (DFT) to explore the intricate relationships between the chemical-bonding properties of a-Te and the effects of induced pressure on these properties. In our comprehensive analysis, we examined how the properties of chemical bonding changes by varying the density(pressure) of a a-Te and analyzed corresponding changes in the optical and electronic properties, such as bandgap, Born Effective Charge (BEC), and Crystal Orbital Hamilton Population (COHP). Additionally, to understand the universal applicability and limitations of hyperbonding theory across different chalcogenides, we extended our investigation to include sulfur (S) and selenium (Se) in their amorphous states. By comparing the chemical bonding properties of a-S and a-Se as a function of pressure with those of a-Te, we aimed to uncover the underlying principles governing hyperbonding tendencies and their dependency on specific material characteristics. Moreover, our research ventured beyond the study of single-element systems to explore the realm of binary and ternary amorphous chalcogenides. By manipulating the density of these complex systems, we were able to observe the dynamic processes of hyperbond formation and annihilation, alongside their consequential impacts on material properties. This approach not only provided a deeper understanding of the factors influencing hyperbonding in amorphous chalcogenides but also highlighted the potential of these materials for novel applications. This study represents a significant advancement in the field of materials science, particularly in the understanding of amorphous materials. By offering a more detailed theoretical framework for multi-center hyperbonding, it paves the way for future research endeavors aimed at unraveling the mysteries of amorphous chalcogenide materials. Furthermore, our findings hold the promise of revolutionizing the design and optimization of electronic memory devices through the strategic manipulation of hyperbonding characteristics, thereby opening new avenues for the exploration of amorphous materials and their vast array of properties.

## PG8B : 전산재료과학 및 재료분석

### PG8B-1 | Effect of Anions in Solid Electrolyte $Li_6PS_5Cl$ Based on the Machine Learning Potential

LEE Hyun-Jae[1], KIM Hyeonjung[2], CHOI Kyuri[2], CHOI Ho[2], LIM Woosang[2], *LEE Byungju[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]POSCO N.EX. T Hub

This study explores the use of Machine-Learning Potentials (MLP) to analyze solid electrolytes, Li-argyrodite ($Li_6PS_5Cl$). We discovered that specific ions significantly affect lithium mobility, a crucial insight for understanding solid electrolytes. The use of MLP enables us to overcome the computational limitations of Density Functional Theory, leading to more precise predictions and a deeper understanding of material properties. This innovative approach represents a major leap forward in solid electrolyte research, bridging the gap between complex computational methods and practical applications in material science.

### PG8B-2 | c-$Al_2O_3$ 위에서 $TiSe_2$의 뒤틀린 에피텍셜 성장

배지권[1], *류학기[1]
[1]아주대학교

The importance of epitaxial thin films lies in their ability to precisely control the crystalline orientation and structure of materials, which is crucial for various applications in electronics, optics, and catalysis. We report the epitaxial growth of $TiSe_2$ on c-$Al_2O_3$ substrate. Through the observation of Laue oscillation in XRD, we confirmed the epitaxial growth of $TiSe_2$ on the c-$Al_2O_3$ substrate, and we analyze the epitaxial relationship between $TiSe_2$ and c-$Al_2O_3$ through in-plane XRD. Interestingly, we observed that the two materials epitaxially grow twisted by an angle of 7° with respect to each other. This stress is induced by the differences in lattice constants and the position of Al atoms at the topmost surface of c-$Al_2O_3$, as revealed by XRD and TEM interfacial analysis.

Following this research, we anticipate that a deeper understanding of the interfacial stress in epitaxial systems will contribute to the development of novel materials with tailored properties for advanced electronic, optical, and catalytic applications.

### PG8B-3 | Ultra-high porous MgO particle for fast water purification of metal ions

KIM Youngho[2], *YU Hak Ki[1,2]
[1]Korea University, [2]Ajou University

Despite advanced industrial development, there is a

shortage of essential water for drinking in daily life or for semiconductor fabrication industry. Among various causes, pollution by heavy metals ion accounts for more than 30%. To purify water contaminated with heavy metal ion, only the surface adsorption property of the material is used and any external force (heating, electrochemical voltage, etc.) is excluded. In this study, ultra-high porous MgO with a high specific area was fabricated using a hydrothermal synthesis method. MgO is known to be very eco- friendly, non-toxic, very low in price, and abundant in reserves. When these particles were used for purification, heavy metal ions were not only adsorbed but also embedded inside the particles, resulting in very high purification rate. The embedding process is when porous MgO is hydrated with $H_2O$ in water and heavy metal ions enter the crystal. The performance of such particles was confirmed by the $Co^{2+}$, $Cu^{2+}$, and $Ni^{2+}$ that contaminate water easily. Additionally, a slight difference in purification rate occurred due to d-electrons, which can affect the hydration reaction. This particle is expected to be able to purify water contaminated with various heavy metal ion.

**PG8B-4 | Deep learning for resolution enhancement of patterned silicon oxide AFM images**

MOON Jintae[1], SRIBORIBOON Panithan[1], *KIM Yunseok[1]
[1]Sungkyunkwan University

As semiconductor devices continue to shrink to nano-scale dimensions, accurately capturing and improving the image resolution of these devices has become increasingly essential. Atomic force microscopy (AFM) has been recognized as a viable method for analyzing material properties at the nanoscale. However, obtaining data through AFM has the disadvantage of low throughput, which results in the consumption of resources. Previous studies have utilized convolutional neural networks based resolution enhancement methods to improve the analysis of medical images, including CT scans and MRIs. In this study, we applied this technique to enhance the resolution of patterned SiO2 images, by leveraging images obtained through AFM. Our results demonstrate that these resolution enhancement methods not only improve low-resolution images to high-resolution images but also reduce the time needed for high-resolution measurement. It is expected that the approach can be extended to other materials to obtain data efficiently.

**PG8B-5 | XPS 컷오프 측정을 통한 재료의 일함수 결정 기법에 관한 연구**

지현배[1], 빈정수[1], *나사균[1], *이연승[1]
[1]국립한밭대학교

최근 과학 기술의 발전과 더불어 세라믹 소재에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 특히, 세라믹 소재는 반도체, 디스플레이, 센서 등 다양한 고기능성 전자기기의 핵심 구성 요소로 사용되고 있다, 이들 소재의 일함수(work function)는 소자의 전하 이동, 인터페이스 특성, 그리고 에너지 변환 효율과 깊은 관련이 있다. 일함수는 재료의 전자를 방출하기 위해 필요한 최소 에너지로 정의되며, 이는 재료의 전기적 성질뿐만 아니라, 표면 상태와 구조적 특성을 반영한다. 따라서, 세라믹 소재의 표면 처리 및 도핑과 같은 공정 개발 시 일함수를 정확히 측정하고 제어하는 것은 소재의 전기적 성능 최적화를 위해 필수적이다. 본 연구는 기존의 일함수 측정 방법들에 비해 간단한 샘플링 및 빠른 측정 조건의 장점을 가진 X-선 광전자 분광(XPS) 컷오프 측정을 활용하여 다양한 재료의 일함수 값을 측정하였다. 측정된 일함수 값을 결정하는데 있어서 기존 방법으로 측정된 값들과 비교 분석하였다.

**PG8B-6 | High-throughput scanning probe microscopy using large area cantilever-free tip array**

HAN Jihoon[1], *SHIM Wooyoung[1]
[1]Yonsei University

Scanning probe microscopy techniques enable to reveal nanoscale topography with an exquisite resolution, which has significantly contributed to the development of nanoscience and -technology. These imaging techniques, however, have narrow field-of-view and slow scanning speed limited due to single tip measurement. Here, we introduce binary-state scanning probe microscopy (BSPM) which is an SPM methodology inherently designed for parallel measurement using scalable cantilever-free elastomeric tip array. In BSPM, each tip detects the surface as binary state: contacted or non-contacted with surface. Binary signals from multiple tip array are combined with the distance information of shared piezo stage, resulting high-resolution topography image. This measurement architecture allows simple fabrication process based on cantilever-free tips and eliminates the complex detecting system for multiple-tip operation. BSPM measurement enables high-throughput topography measurement to scan a 1-$mm^2$ area with $10^6$ pixels in less than 10 min using 100-tip array.

**PG8B-7 | XPS 분석을 위한 AI 모델에 대한 연구**

빈정수[1], 지현배[1], *나사균[1], *이연승[1]
[1]국립한밭대학교

세라믹 소재의 성분과 결합상태를 분석하기 위해 많이 사용되는

분석법으로 XPS(X-ray Photoemission Spectroscopy)가 있다. 구성 원소의 오비탈들은 peak 형태로 일정한 결합 에너지 범위에 위치하게 되며 peak의 intensity를 통해 원소의 조성비를 알 수 있다. XPS 스펙트럼은 패턴적인 모습을 보여주기 때문에 AI를 활용하기 위한 좋은 데이터가 될 수 있다. 하지만 현재까지 국내외에 AI를 이용한 XPS 분석에 대한 연구가 많지 않은 상황이다. 이에 본 연구에서는 실제 XPS 스펙트럼을 학습 데이터로 사용하여 구성 원소와 조성비를 예측하는 AI모델을 구현하였고 정확도와 오차에 대한 성능 평가를 하였다.

**PG8B-8 | Strain engineering optimization in 3D MOSFET based on Nanoscale Heat Transfer**

홍지훈[1], *조성범[1]
[1]아주대학교

This study addresses the challenges in continuous MOSFET downscaling, particularly at the nanoscale, where traditional Fourier models fail due to significant phonon effects. We introduce a multi-physics simulation approach that combines Finite Element Method (FEM) and Density Functional Theory (DFT) calculations to design strain-optimized 3D MOSFET structures. By implementing the Kinetic Collective Model (KCM) within FEM simulations, we accurately capture nanoscale thermal transport phenomena to predict thermal-induced strains in the Si channel layer. Our DFT calculations further elucidate the impact of these strains on the electronic properties, particularly the electron effective mass, thereby offering insights into mobility enhancement strategies. The study not only advances the understanding of nanoscale heat transfer and its implications for device performance but also provides a robust framework for optimizing next-generation semiconductor devices through strain engineering and sophisticated multi-physics simulations.

**PG8B-9 | 방전 플라즈마 소결법에 의해 제조된 Cu-Cr 복합재의 열적 및 기계적 특성평가**

박유균[1,2], 박범순[1,2], 양민혁[1,2], *박현국[1]
[1]전남대학교, [2]한국생산기술연구원

Cu는 방열소재로서 우수한 열전도성을 가지고 있어 많이 사용되지만 낮은 경도로 인해 손상에 취약한 단점이 있다. 본 실험은 방열 재료로 사용되는 Cu의 기계적 특성을 향상시키기 위해 방전 플라즈마 소결을 이용하여 질량 분율이 다른 Cr을 사용하였다. Cu-Cr 소재는 수평 볼 밀링을 이용하여 제조하였다. 분쇄된 분말은 다양한 Cr 함량으로 제조했으며, 850°C에서 40MPa의 가압 압력 하에서 방전 플라즈마 소결을 통해 Cu-Cr 소결체를 응집시켰다. 상대 밀도는 96.33~99.20% 범위 측정되었다. Cr 함량이 증가함에 따라 경도는 48.2kg/m²에서 64.7kg/m²로 비례적으로 상승한 반면 열전도도는 415.3에서 336.6W/mK로 감소하였다. 이 현상은 Cr 원자가 Cu 매트릭스에 도입되면서 입자 간 열전달이 간섭을 일으킨 것과 관련이 있다. 또한, X-선 회절 및 주사 전자 현미경을 사용하여 다양한 Cr 함량에 의해 Cu-Cr 물질 변화의 상 분석 및 거동을 조사하였다.

**PG8B-10 | Predicting the synthesizability of double perovskite halides via an interface reaction pathfinding**

Kim Woongchan[1], Hwang Jin Dong[1],*Cho Sung Beom[1]
[1]Ajou University

Keywords: Synthesizabililiy, Reaction path, Double perovskite, Density functional theory

The advancement of computational science has led to the prediction of numerous promising materials; however, around 90% of these predictions have yet to be synthesized. This low synthesis success rate constitutes a bottleneck in the development of novel materials. It is attributed to the difficulty in accurately predicting the feasibility of material synthesis. In this study, we propose a new strategy for synthesizability prediction, focusing on double perovskite halide materials. Density functional theory(DFT) calculations confirmed that phase A3B'2X9 readily forms as the first phase following an interfacial reaction mechanism1. By employing the reaction path predictor2, the pathway leading to the final state is determined. As a result, we have computationally confirmed that the synthesis of a double perovskite halide can be predicted from the Gibbs free energy of formation from A3B'2X9 to final state. Our proposed synthesizability determination method has the potential to successfully predict the synthesis of promising double perovskite halides.

References:

[1] Bianchini, M., Wang, J., Clément, R.J. et al. Nat. Mater. 19, 1088–1095 (2020).
[2] McDermott, M.J., Dwaraknath, S.S. & Persson, K.A. Nat Commun 12, 3097 (2021).

**PG8B-11 | Computational Screening of Lithiophilic Anode Coatings for Sulfide Solid-State Electrolyte**

JEON Dong Won[1], LEE Han Uk[1], JANG Su Yeon[2], *CHO Sung Beom[1]
[1]Ajou University, [2]Konkuk University

All-solid-state batteries (ASSBs) are becoming a promising alternative to address the safety issues of traditional liquid electrolyte batteries. Especially with sulfide solid electrolytes (SEs) are attracting interest as next-generation battery materials due to their high ionic conductivity, comparable to that of liquid electrolytes.

SEs also open the possibility of using lithium metal as an anode, which could significantly increase the theoretical capacity by approximately 10 times compared to conventional LiC6 anodes. However, many sulfide SEs have limited compatibility with lithium metal, which can lead to higher interfacial resistance from contact problems and unwanted side reactions, potentially reducing battery performance. A direct method to enhance interfacial compatibility involves applying a coating layer. LiNbO3 is known as an outstanding cathode coating, yet anode-compatible materials are rare, with limited choices such as Al2O3, which has relatively inferior lithium transport capabilities. In this study, we employed computational screening and Density Functional Theory (DFT) calculations to identify several coating materials from the Materials Project that show high compatibility with lithium metal and S-SEs, such as Li8HfO6 and LiMO2 (M = Gd, Tb, Dy).

**PG8B-12 | 반도체 이온 주입 장비의 PFG에 사용하는 가스 비교 연구**

*정정석[1], 박성훈[1]
[1]서울과학기술대학교

이온 주입 장비의 고 전류 이온 장치는 많은 양의 (+) 이온을 웨이퍼에 주입하는데 이때 많은 양의 (+) Ion들이 charge up 되고 charge up된 이온들이 discharge 되면서 순간적으로 폭발하여 에너지가 발생한다. 이를 해결하기 위해 장비 내의 PFG (plasma flood gun)를 사용하고 있으며 PFG 내 charge up 방지를 위해 불활성 가스인 Xe 가스를 사용하고 있다. Xe 가스는 희귀 가스로 국내에서 생산되지 않고 국외에서 전량 수입되며 외부적인 환경에 따라 수급이 불안정하다. 근래에 희귀가스 주 수입 대상국이었던 러시아와 우크라이나가 전쟁을 하면서 가격이 폭등하는 현상이 발생하였다. 따라서 안정적인 가스 수급을 위해 대체 가스가 반드시 필요하게 되었다. 본 연구는 그중 대체 가스로 활용 가능성이 있는 Ar 가스로 대체 가스로의 가능성 평가를 진행하였다. Ar 가스는 Xe 가스와 동일한 18족 불활성 가스이며 가격이 저렴하고 손쉽게 수급이 가능하다. PFG에 Xe/Ar 가스를 사용하여 동일한 조건에 이온 주입 후 웨이퍼 표면의 damage를 측정하는 TW(thermal wave)와 SIMS profile 기초 평가를 실시하였다. 또한 wafer pattern에서 가스 차이에 의한 defect 발생에 대해 비교한 결과 유의차 없음을 확인하였다.

**PG8B-13 | 고속 전산 스크리닝과 실험적 검증의 조합을 통한 새로운 $Cs_3LuCl_6$ 할로겐화물 페로브스카이트 유도체 설계**

김현우[1,2], 한주형[2], 정용재[2], 허수원[1], 임원빈[2], *조성범[3]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교, [3]아주대학교

Metal halide perovskites are promising in optoelectronics. More recently, attention has also been gained on their low-dimensional versions, halide perovskite derivatives, for high-performance luminescent materials with enhanced stability compared to typical perovskites. However, designing these derivatives is challenging due to limited available information stemming from compositio nal and structural diversity. In this study, we successfully designed novel $Cs_3LuCl_6$ halide perovskite derivatives through a combination of high-throughput computational screening and experimental validation. Structure predictors based on ionic substitutability and data mining were employed to systematically generate previously unknown derivatives. The roughly 1,700 generated metal halides were screened via crystal graph convolutional neural networks (CGCNN) and density functional theory (DFT) calculations, yielding 16 promising candidates. Among them, $Cs_3LuCl_6$ was successfully synthesized and implemented into white-light-emitting diodes (LEDs). This research not only demonstrates the feasibility of computational screening in designing novel materials but also highlights the successful translation of theoretical predictions into practical applications.

## PG9A : 생활 및 전통 세라믹스

**PG9A-1 | 소결조제를 이용한 리튬 고내식성 $MgAl_2O_4$계 Sagger의 저온 소결 특성**

오창해[1], 김강덕[1], *강승구[1]
[1]경기대학교

현재 이차전지는 전기저장용량의 증가를 위해 양극물질($Li(Ni_xCo_yMn_z)$)의 리튬(Li) 함량을 증가시키는 추세이다. 그러나 양극물질 합성을 위한 열처리에 사용되는 산성계($SiO_2$계) 내화세라믹은 리튬 내식성이 약하고, 열처리 과정에서 기계적/열적 특성이 저하되어 양극물질의 수율을 저하시키는 단점을 가지고 있다. 또한 리튬 내식성이 강한 $MgAl_2O_4$ 중성 내화세라믹은 높은 강도, 화학적 불활성, 열충격 저항성 및 낮은 열팽창계수와 같은 특성을 가지고 있어 산성계 내화세라믹에 비해 우수한 소재이나, 높은 소결 온도와 부피팽창으로 인해 단일 소결의 어려움을 갖는다. 따라서 본 연구에서는 저융점/저열팽창계수를 지닌 $Li_2O$-$MgO$-$B_2O_3$계 조성의 소결조제를 제조하여 기존온도 보다 낮은 1200℃에서 $MgAl_2O_4$을 소결하였다. 소결체의 XRD 분석 결과, 모든 조성에서 $MgAl_2O_4$의 단일 결정상이 발현되었음을 확인하였다. 소결성 특성 평가를 위한 밀도 및 강도 분석결과, 기존 내화세라믹 소결온도 대비 150℃ 낮은 온도에서 유사한 소결성을 나타냄을 확인하였다. 또한 리튬 내식성을 분석한 결과 기존 1350℃ 소결 $MgAl_2O_4$와 유사한 내식성을 나타내어 저온 소결이 가능한 $MgAl_2O_4$ 내화 세라믹 원료를 제조하였다.

**PG9A-2 | 항균 유약의 발색 특성 부여를 위한 고 투광성 유약 조성 개발 연구**

진서윤[1], 김휘연[1], 심소은[1], 김진호[1], 김응수[1], *최정훈[1]
[1]한국세라믹기술원

세라믹스 표면에 심미성 및 물성 개선의 목적을 위하여 사용되는 유약은 조성변화를 통해 다양한 물성 및 색상을 구현한다. 최근 감염병 사태와 위생 인식의 제고는 생활세라믹스 영역에서 항균 특성을 갖는 유약 개발 수요로 파급되었으며, CuO, $Fe_2O_3$, ZnO 등의 산화물을 포함하여 항균성을 발현하는 다양한 연구개발로 이어졌다. 그러나 항균 특성 부여를 위해 사용되는 산화물들은 고유의 결정구조를 형성하고 색상 특성이 발현되어 사용자 맞춤형 색상구현이 불가능하다. 본 연구에서는 항균, 발색 동시 특성 부여 유약 개발을 위하여 백색 특성을 갖는 ZnO 기반 항균 유약 조성을 기초로 다양한 발색 산화물과의 반응성을 추적하고 색상 변화를 관찰하였다. 또한 ZnO 기반 고 투광성 박막 항균 유약 조성을 설계하고 발색 유약 표면에 이중 융착하는 공정기술 개발을 통하여 ZnO과 발색 산화물과의 반응으로 인한 기능성 저하 문제를 해결하고 채도 개선 효율을 추적하였다.

**PG9A-3 | Fe-doped LLZTO 전해질의 광소결 조건에 따른 소결 특성 평가**

정선호[1], 송태섭[2], 신경섭[1], 한규성[1], *김진호[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

Garnet 구조의 산화물계 고체 전해질은 우수한 공기 중 안정성과 우수한 기계적 안정성, 화학적 안정성을 가지고 있으며 상온에서 우수한 이온 전도도를 갖는 장점이 있어 다양한 연구가 진행되고 있다. LLZO($Li_7La_3Zr_2O_{12}$) 산화물계 고체 전해질은 고온 소결을 필요로 하며, 양극 혹은 음극 위에 코팅하여 소결 공정 진행 시 높은 온도로 인하여 다른 부품에 구조적 손상이 가해진다. 이 문제를 해결하기 위해 Xenon-lamp 기반의 소결 기술을 사용하는 Flash Lamp Sintering을 적용하였다. Flash Lamp Sintering은 최대 $10^8$K/min의 매우 빠른 가열 속도로 선택적 필름 소결을 가능하게 하여 기판에 가해지는 손상을 최소화하는 장점이 있다. 반면에 5eV 이상의 높은 에너지 밴드갭을 갖는 흰색의 세라믹 소재를 Flash Lamp Sintering 공정으로 소결하기 위해서는 열적형태로 존재하는 적외선 영역의 파장 뿐만 아니라 가시광 영역의 파장까지도 사용해야만 한다. 따라서 흰색을 띄는 세라믹 소재의 광흡수율을 극대화 시키기 위해 광흡수율을 증가시킬 수 있는 다양한 소결 첨가제의 선정 및 최적화가 필요하다. 본 연구에서는 Flash Lamp Sintering 공정에서 중요한 요소로 작용하는 컬러 소결 첨가제(Colored sintering additives)와 공정 조건(Applied voltage, pulse shape)이 고체 전해질($Li_{6.75}La_3Zr_{1.75}Ta_{0.25}O_{12}$)을 코팅한 필름의 소결에 미치는 영향을 확인 하였다. 여기서는 흰색의 $Li_{6.75}La_3Zr_{1.75}Ta_{0.25}O_{12}$의 광흡수율을 증가시키기 위해 빨간색을 띄는 $Fe_2O_3$를 첨가하여 다양한 함량에 따라 광흡수율과 결정 구조, 미세 구조의 변화를 확인하였다.

**PG9A-4 | Direct Ink Write(DIW) 적층 조형 기술을 위한 Silicate 기반 고가소성 페이스트 조성 개발**

김휘연[1], 진서윤[1], 심소은[1], 김응수[1], 김진호[1], *최정훈[1]
[1]한국세라믹기술원

Direct Ink Writing type (DIW) 3D Printing 기술은 Extruder를 사용하여 페이스트 상태의 소재를 필라멘트 형태로 토출하여 기물을 조형하는 방식이다. 필라멘트의 직경이 미세화 될 수록 적층 layer 두께가 얇아지고 표면 해상도가 증가한다. 따라서 기물의 해상도는 노즐 구경에 지배된다. 미세한 노즐을 통과하기 위해서 소재는 우수한 가소성과 shear thinning 거동이 요구된다. 또한 토출 이후 중력 및 외부 응력으로 인한 변형에 저항하기 위해 빠르게 건조되거나 고점도 특성이 요구된다. 본 연구에서는 DIW 3D Printing 기술에 적용가능한 Silicate based paste 합성을 위하여 유동성, 가소성, 습윤성을 주요 지표로 산정하고 조성 및 첨가물 최적화 실험을 진행하였다. 이 과정을 원료의 최적화, 특성평가, 성형과 후처리, 소결 단계로 나누어 고려 사항을 기술하고 첨가물에 따른 페이스트 조형 특성 변화를 고찰하였다.

**PG9A-5 | $Mg_2TiO_4$ 첨가에 따른 양극재 열처리용 $MgAl_2O_4$ 내화세라믹 원료의 내침식 거동 분석**

함나영[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

본 연구에서는 LNCM계 이차전지 양극재 열처리에 사용되는 $MgAl_2O_4$(spinel) 내화세라믹(sagger) 원료에 $Mg_2TiO_4$(inverse spinel)를 첨가하여 리튬에 대한 내침식성을 향상시키고자 하였다. 먼저 $MgO/TiO_2$ 몰비(mole ratio) 변화를 통해 $Mg_2TiO_4$ 원료를 합성하였으며, 합성된 원료를 $MgAl_2O_4$ 내화세라믹에 첨가하였다. 다양한 $MgO/TiO_2$ 배합비(mole ratio)를 1350℃/3h 조건에서 열처리 후 X선 회절 및 결정상분율 분석결과, MT21($MgO:TiO_2$=67:33 mole ratio) 시편에서 가장 높은 $Mg_2TiO_4$ 결정상분율(97.25%)을 나타내었으며, 열팽창계수는 기존 $MgAl_2O_4$과의 차이가 유사한 수치($1.78\times10^{-6}K^{-1}$)를 나타내었다. $Mg_2TiO_4$ 원료를 포함한 $MgAl_2O_4$ 내화세라믹은 $Li_2CO_3$와 NCM811을 1.1:1mol% 비율로 혼합하여 제조한 양극재 전구체와 함께 950℃/10h 조건에서 열처리하여 리튬에 대한 내침식성 실험을 진행하였다. 이후 내화세라믹의 절단면 미세구조를 주사전자현미경으로 분석한 결과, $Mg_2TiO_4$을 포함한 내화세라믹은 기존 $MgAl_2O_4$을 단독 사용한 내화세라믹에 비해 얇은 두께의 리튬 반응층이 형성됨을 확인하였다.

**PG9A-6 | Anorthite($CaAl_2Si_2O_8$) 결정상을 포함한 양극재 열처리용 mullite 내화세라믹의 내침식성 특성 연구**

우수진[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

현재 LMCM계 이차전지 양극재 합성을 위해 사용하는 내화세라믹(sagger)은 alumina, cordierite, mullite 그리고 spinel 원료를 혼합하여 사용하고 있다. 이 중 mullite($Al_6Si_2O_{13}$)는 우수한 가격경쟁력을 가지지만, $Li^+$ 이온에 대한 반응성이 높은

$SiO_2$를 함유하고 있어 다른 원료에 비해 내침식성이 떨어지는 문제점을 지니고 있다. 따라서 본 연구에서는 mullite에 합성한 anorthite($CaAl_2Si_2O_8$) 원료 및 $CaCO_3$ 원료를 첨가하여 $Li^+$ 이온에 대한 낮은 반응성을 지니는 anorthite 결정상을 발현시킴으로써, 기존 mullite의 $Li^+$ 이온에 대한 내침식성을 향상시키고자 하였다. 결정상(XRD) 및 결정상분율(Rietveld) 분석 결과, 모든 시편에서 cristobalite($SiO_2$) 결정상이 감소하고, anorthite 결정상이 관찰되는 것을 확인하였다. 열팽창계수(TMA) 분석결과, 900℃에서 모든 시편이 기존 mullite와 유사한 값($4.21\times10^{-6}K^{-1}$)을 나타내었다. 제조한 시편의 내침식성 시험을 위해 소결시편(1350℃/ 3h)을 제조 후 LNCM 전구체($Li_2CO_3$: NCM811=1.1: 1mol%) 반응 실험을 진행하였다. 내침식 반응시편의 절단면을 SEM(BSE)으로 관찰한 결과, 배합비에 관계없이 100㎛ 이상 두께의 침식 반응층을 관찰되었으나, $CaCO_3$를 단독 첨가한 시편의 경우, 첨가량이 증가함에 따라 $CO_2$에 의해 형성되는 기공의 양이 증가하면서 침식에 의한 박리 현상이 감소하는 경향을 나타내었다.

**PG9A-7 | $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ 계 소결조제 첨가에 따른 양극재 열처리용 mullite 내화세라믹의 내침식 특성**

길상우[1], 김연주[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

본 연구에서는 LNCM계 이차전지 양극재 열처리에 사용되는 Mullite($Al_6Si_2O_{13}$) 내화세라믹 원료에 Li 침식에 강한 Anorthite($CaAl_2Si_2O_8$) 결정상을 포함하는 유리를 소결조제로 첨가하여 리튬에 대한 내침식성을 향상시키고자 하였다. 먼저 $67.6CaO-13.8Al_2O_3-18.6SiO_2$(CAS)계 기본 조성에 용융온도 제어를 위해 $B_2O_3$ 및 $Li_2O$를 치환한 유리 조성을 설계 후 1450℃/2h 조건에서 용융하였다. 제조된 유리는 1200℃/3h 조건에서 열처리 후 XRD 및 Rietveld 분석을 수행하였다. $B_2O_3$ 치환 조성(BCAS)에서는 전형적인 비정질 피크가 관찰되었으며, $Li_2O$ 치환 조성(LCAS)에서는 anorthite 결정상이 발현되었다. Anorthite 결정상을 갖는 LCAS 조성을 기존 mullite 내화세라믹에 첨가(5~20wt%) 후 1200℃/3h 조건에서 열처리하고, 리튬에 대한 내침식성 실험을 수행하였다. SEM을 이용하여 침식 시편 절단면의 미세구조와 깊이방향 결정상을 분석한 결과, 1400~1800$\mu$m 범위의 침식 깊이가 관찰된 mullite에 비해 LCAS 첨가된 시편에서는 1200~1600$\mu$m 범위로 침식 깊이가 감소하는 것을 확인하였다.

**PG9A-8 | 뮬라이트 휘스커를 포함한 고내식성 양극재 소성용 내화갑 개발**

이재민[1,2], 이석현[2], 송태섭[1], 최정훈[2], 김응수[2], 한규성[2], *김진호[2]
[1]한양대학교, [2]한국세라믹기술원

리튬 2차전지용 양극재 합성에 사용되는 내화갑(Sagger)은 800~1100℃의 고온 열처리 과정에서 사용되는 사각형 도가니 형태의 부품이다. 최근 전기차 시장의 성장에 따라 양극재 제조의 핵심 부품인 Sagger에 대한 관심도 커지고 있다. 양극재 소결 공정의 캐리어로서 양극재와 접촉하는 Sagger의 부식 및 파손은 열처리 중 형성된 상 사이의 열팽창 불일치와 새로운 상 형성으로 인한 부피 변화로 인해 발생한다. Sagger의 파손은 양극재 생산 효율의 감소 뿐만 아니라 양극재 오염을 유발하여 양극재 품질에 악영향을 미칠 수 있다. 본 연구에서는 양극재, 특히 리튬에 대한 고내식성을 갖는 Sagger를 개발하기 위하여 뮬라이트 휘스커를 원료로 사용하였다. 뮬라이트는 우수한 기계적-열적 특성으로 고온용 내화물의 주원료로 사용되지만, 리튬 부식성이 심한 문제점이 있다. 카올린, 알루미나, MoO3 촉매 원료를 사용하여 mullite whisker 를 합성하였으며, 조성에 따른 결정구조 및 미세구조의 변화를 확인하였다. 또한 결정구조와 미세구조의 변화가 Sagger의 기계적-열적 물성에 어떠한 영향을 미치며, 특히 구상의 mullite와 비교하여 양극재 및 리튬내식성을 분석하여 뮬라이트 휘스커의 Sagger 원료로서의 가능성을 확인하였다.

**PG9A-9 | Synthesis of $LiAlO_2$–based sagger for the calcination of Li-ion battery cathode materials**

김연주[1], *김강덕[1]
[1]경기대학교

최근 고용량 이차전지의 필요성이 증대됨에 따라서 기존 이차전지 양극물질 LNCM($Li(Ni_xCo_yMn_z)$)의 리튬(Li) 함량을 증가시키려는 요구가 증가하고 있다. 이는 기존 양극물질 열처리용 내화세라믹(Spinel, Mullite, Cordierite, Corundum)의 침식을 증가시켜 사용 수명을 단축시키는 문제를 발생시키기 때문에 리튬 내식성이 우수한 내화세라믹 원료에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 $Li_2CO_3$-$Al_2O_3$를 이용한 고상반응법으로 리튬에 대한 우수한 내식성을 갖는 $\gamma$-$LiAlO_2$를 합성하였으며, 제조된 $\gamma$-$LiAlO_2$을 corundum($Al_2O_3$)에 첨가하여 LNCM과의 침식 실험을 진행하였다. 합성된 $\gamma$-$LiAlO_2$의 결정상(XRD)과 결정상 분율(Rietveld)을 분석한 결과, $Li_2CO_3$:$Al_2O_3$의 비율(wt%)이 5.5:4.5인 조성에서 $\gamma$-$LiAlO_2$의 단일 결정상이 발현되었으며, 가장 높은 결정상 분율(96.81%)을 나타내었다. $\gamma$-$LiAlO_2$가 첨가된 Corundum의 침식 실험 후 절단면의 미세구조를 분석 결과, $\gamma$-$LiAlO_2$ 첨가량이 증가함에 따라 절단면의 침식 깊이가 1800㎛에서 600㎛로 감소하였으며, 리튬 내식성이 Corundum 대비 최대 66% 향상된 것을 확인하였다.

**PG9A-10 | 천연광물 일라이트를 소재를 활용한 벽지의 특성**

권오현[1], 오승현[1], *이혜선[1]
[1]한국세라믹기술원

This study aimed to develop a novel type of wallpaper by leveraging the properties of the natural mineral, illite, to enhance the performance of conventional wallpaper. To address challenges such as low formaldehyde adsorption rates and Total Volatile Organic Compounds (TVOC) emissions associated with convectional paper wallpaper, we capitalized on the physicochemical properties of illite, including its adsorption, deodorization, and heat resistance capabilities. Uniformity in the particle size of illite was achieved by pulverizing the

material using a ball mill, which facilitated the adjustment of particle size and subsequent analysis of the surface area, crystallization, and particle size characteristics of the material. The formaldehyde adsorption rate, deodorization efficiency, and TVOC emission levels of the wallpaper incorporated with illite were evaluated and confirmed the potential to improve indoor environmental quality through the application of illite to wallpaper material.

**PG9A-11 | 고온 단열재용 뮬라이트 휘스커 다공성 내화세라믹 제조**

김승규[1], 김기재[1], 최정훈[2], 황광택[2], 한규성[2], *김진호[2]
[1]성균관대학교, [2]한국세라믹기술원

다공성 세라믹은 필터, 분리막, 촉매 지지체, 단열재 등의 다양한 산업분야에 폭넓게 사용되면서 큰 관심이 기울여지고 있다. 특히 철강산업 고로에서 고온의 열을 안정적으로 유지하고 열손실을 억제할 수 있는 다공성 세라믹 개발은 탄소 중립 실현에 큰 기여를 할 수 있다. 다공성 세라믹을 제조하는 공정에는 직접발포법(Direct Foaming), 부분 소결법(Partial Sintering), 기공형성체 첨가법(Sacrificial Fugitives), 복제법(Replica Method)이 있으며, 그 중에서 복제법은 고분자 폼(foam) 형태에 따라서 기공의 크기 및 형상 제어가 용이한 제조 방법이다. 80% 이상의 높은 기공율을 갖는 다공성 세라믹 단열재는 0.1 W/m·K 영역의 매우 낮은 열전도율 특성을 갖지만, 반면에 낮은 기계적 강도를 갖는 문제점이 있다. 뮬라이트는 우수한 기계적특성, 화학적 안정성과 더불어 내열특성을 갖는 소재이며, 카올린 광물에서 1400℃ 이상의 소결을 통하여 비등방성 결정 성장을 유도함으로서 뮬라이트 휘스커를 얻을 수 있다. 이와 같은 휘스커 형상의 구조체는 경량화와 고강도 특성을 동시에 만족시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 복제법을 이용하여 뮬라이트 휘스커 다공성 내화세라믹을 제조하였다. 카올린, 알루미나를 출발물질로 사용하고 낮은 온도에서 뮬라이트 휘스커의 합성과 성장을 유도할 수 있는 촉매를 선정하였다. 뮬라이트 휘스커 단열재의 기공특성과 기계적 물성을 측정하였으며, 열전도율 측정을 통한 단열 특성에 대하여 고찰하였다. 뮬라이트 휘스커 성장과 기공 특성이 다공성 세라믹 구조체의 기계적 강도와 단열 특성에 미치는 영향에 대하여 확인하였다.

## PG9B : 생활 및 전통 세라믹스

**PG9B-1 | Al2O3 분말의 분쇄 공정에 따른 슬러리 유변 거동 및 Slip-casting 시편의 기계적 특성 분석.**

유승준[1], *김응수[1]
[1]한국세라믹기술원

Slip-casting 공정의 핵심인 슬러리 물성 제어를 위해 본 연구에서는 Al2O3 분말의 분쇄 공정이 분말의 물성, 표면특성, 유변학적 거동에 미치는 영향을 분석하였다. 74 wt.% Al2O3 슬러리를 각각 6, 24, 48시간 분쇄한 후 특성을 분석하고 이를 이용하여 성형체 및 소결체를 제조하였다. 6, 24, 48시간 분쇄 후 평균 입도는 각각 0.91, 0.78, 0.66 $\mu$m로 나타났으며, 표면 제타전위는 각각 -13.96, -5.88, -4.24 mV로 나타났다. Apparent viscosity는 각각 250.07, 266.78, 248.43 mPa•s로 Shear Thinning 거동을 보인다. Oscillation 분석결과 분쇄 시간에 따라 G'과 G"의 crossover point는 각각 0.175, 0.140, 0.139 Pa로 감소하였다. 6, 24시간 분쇄한 슬러리의 경우 성형 단계에서 크랙이 발생하였으나, 48시간 분쇄한 시편은 유동성이 향상되어 크랙이 발생하지 않았다. 48시간 분쇄하여 제작한 소결체 시편의 기계적 특성을 분석한 결과, 평균 굽힘 강도가 242.3 MPa, 비커스 경도가 1721.88 HV로 나타났다. 또한, 내플라즈마 특성을 평가하기 위해 쿼츠, 사파이어, 상용 알루미나 플레이트와 같이 플라즈마 에칭 후 레이저 현미경을 사용해 식각 단차를 비교하였다. 각각의 단차는 14.69 $\mu$m, 12.73 $\mu$m, 13.26 $\mu$m, 4.23 $\mu$m으로 나타났다. 이러한 연구 결과는 Slip-casting 공정 최적화에 기여할 것으로 기대된다.

**PG9B-2 | 이차전지 양극재 열처리용 내화갑의 출발원료와 Lithium Hydroxide의 고온반응**

김지수[1], *김응수[1]
[1]한국세라믹기술원

이차전지 양극재의 열처리 과정에서 사용하는 내화갑의 주원료인 Cordierite, Mullite의 물성 및 특성을 분석하고 Lithium Hydroxide와의 고온 반응 거동을 분석하였다. 각각의 원료와 Lithium Hydroxide의 반응성을 확인하기 위해 혼합하여 건식 프레스 후 800, 900, 1000℃에서 열처리를 진행하였다. XRD, SEM 분석을 통해 결정상, 미세구조 변화를 확인하였다. 열처리 온도가 증가할수록 Cordierite, Mullite의 결정상의 비율이 감소하는 경향을 XRD Rietveld 정량분석으로 확인하였다. Cordierite는 종류에 상관없이 열처리 온도가 증가할수록 LiOH・H2O와의 반응을 통해 Pseudo-eucryptite 상의 생성량이 증가하였으며, Mullite는 Pseudo-eucryptite 및 $\gamma$-$LiAlO_2$ 생성량이 증가하는 것을 확인하였다. 분말의 입도와 밀도가 증가할수록 Cordierite의 경우 Pseudo-eucryptite 결정 생성량이 증가하였으며, Mullite의 경우에는 Pseudo-eucryptite 결정상이 감소하고 $\gamma$-LiAlO2 생성량이 증가하는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 출발원료의 물성이 고온 반응을 통한 결정상 변화와 관련이 있음을 보여주는 것이다. SEM을 통해 열처리 시편을 분석한 결과, Lithium Hydroxide와 Cordierite, Mullite와의 반응으로 형성된 새로운 결정상들간의 열팽창 계수 차이로 인해 원료와 Lithium Hydroxide의 계면이 분리되는 것을 확인하였다.

**PG9B-3 | Controlled synthesis of hexagonal $\alpha$-$Fe_2O_3$ crystals for ceramic colors by hydrothermal reaction of $FeCl_3$ and NaOH solutions**

PEE Jae-Hwan[1], *KATSUKI Hiroaki[1], HUANG Wenyan[2], KOMARNENI Sridhar[3], CHO Wooseok[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Changzhou University, [3]The Pennsylvania State University

The effect of mixing process of $FeCl_3$ and NaOH solution on the formation of platy (hexagonal) $\alpha$-$Fe_2O_3$ was investigated at 160 and 180 °C by the hydrothermal process. The crystal growth of platy $\alpha$-$Fe_2O_3$ was promoted at higher hydrothermal temperature, higher concentration of NaOH solution and by the addition of $FeCl_3$ solution to NaOH solution instead of the reverse addition. Platy crystals of $\alpha$-$Fe_2O_3$ showed dark red wine color while nanophase equiaxed crystals showed yellowish red color. The platy crystals of 3-6 $\mu$m in average diameter kept their platy structure after heating at 900 and 1100 °C in air due to their higher thermal stability towards sintering.

## PG10A : 이차전지 재료

### PG10A-1 | Investigation of Ion-Exchange Ability of $LiTa_2PO_8$ Compounds for Exploring New Ion Conductors

LEE Da-young[1], KIM JunSeong[1], PARK Seong-jun[1], *KIM Seung-Joo[1]
[1]Ajou University

Ion-exchange reaction is a promising method to explore metastable compounds that could not be synthesized by conventional high-temperature solid-phase reaction. Herein, a series of new tantalum phosphates, $NaTa_2PO_8$, $HTa_2PO_8$, and $Al_{1/3}Ta_2PO_8$ were synthesized based on the parent $LiTa_2PO_8$ via the ion-exchange reaction. The crystal structures of the compounds were determined by the complementary use of synchrotron X-rays and neutron powder diffraction. $NaTa_2PO_8$ underwent an irreversible phase transition from the low-temperature polymorph(LT-$Ta_2PO_8$) to the high-temperature polymorph (HT-$NaTa_2PO_8$) at approximately 1000℃. The structure of LT-$NaTa_2PO_8$ is closely related to that of the parent $LiTa_2PO_8$, whereas the HT-$NaTa_2PO_8$ was belonging to a family of monophosphate tungsten bronzed with pentagonal tunnels. In the structure of $HTa_2PO_8$, two distinctive $H^+$ sites were detected by neutron diffraction. While mono site of $Al^{3+}$ was detected by $^{27}Al$ NMR in $Al_{1/3}Ta_2PO_8$ structure. Each of $NaTa_2PO_8$, $HTa_2PO_8$, and $Al_{1/3}Ta_2PO_8$ has 3D-ion channel at relatively low energy level. From that result we can conclude that anionic framework $[Ta_2PO_8]^-$ is good basic structure for the development of various cationic ion conductors.

### PG10A-2 | 안전하고 내구성이 뛰어난 리튬 금속 배터리를 위한 $TiO_2$ 기반 충전재가 포함된 반고체 전해질

민병찬[1], 박정빈[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

반고체 전해질은 액체 전해질과 고체 전해질의 강점만을 결합하여 이용하기 위해 고안된 소재로서, 특히 액체 전해질에 비해 열적 안전성이 우수하여 차세대 전해질 소재로 주목받고 있다. 하지만 액체 전해질에 비해 현저히 낮은 이온 전도도 및 높은 전해질-전극 계면 저항이 반고체 전해질의 고질적인 문제점으로 여겨진다. 본 연구에서는 $TiO_2$ 기반의 물질을 PVDF-HFP 기반 반고체 전해질의 충전재로 사용하여 해당 문제를 해결하였다. 충전재는 폴리머의 결정성을 낮추어 이온 전도도를 향상시키고, 공극률을 높여 액체 전해질 흡수를 돕는다. 특히 $TiO_2$는 기계적 강도가 높아 충전재로 사용되었을 때 전해질 자체의 기계적 강도를 높이며, 높은 유전율로 전해질 내 리튬 염의 해리를 도와 이온 이동도를 높인다. 여기에 $TiO_2$의 형상을 달리하거나 양이온 공공(vacancy)을 추가하는 등의 개질된 $TiO_2$ 기반 물질들을 반고체 전해질에 적용하여, $TiO_2$의 개질된 특성이 미치는 영향을 비교하면서 최적의 물질을 탐색하였다. 결과적으로 해당 충전재가 사용된 대칭셀은 일반적인 반고체 전해질에 비해 높은 이온 전도도를 보였으며, 리튬 음극 표면에서의 안정적인 리튬 증착을 가능하게 하였다. 이에 따라 셀의 장시간 사이클 안정성 역시 구현 가능할 것으로 기대된다.

### PG10A-3 | 전고체 배터리의 계면 안정성 향상에 대한 리튬친화층이 미치는 영향

이진욱[1], 이정빈[1], 이세영[1], 신서윤[1], *이석희[1]
[1]한국세라믹기술원

Solid electrolytes of $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ have been highlighted for their exceptional stability with lithium metal. However, challenges arise from the presence of a $Li_2CO_3$ layer on its surface, which contributes to decreased interfacial stability. In this study, acid treatment as a simple process was used to eliminate the $Li_2CO_3$ layer while forming a lithophilic layer with low electronic conductivity. The optimization of this process was systematically carried out through electrochemical tests. The removal of $Li_2CO_3$ resulted in a significant increase in interfacial stability. In addition, the lithophilic layer exhibited high wettability with lithium metal. Moreover, Li dendrite formation was effectively inhibited by impeding electron transport. As a result, a significant increase in interfacial stability led to stable cycling of a symmetric cell for 1200 hours. This study provides a practical and efficient solution to the inherent challenges of interface stability in all-solid-state batteries.

### PG10A-4 | PVA 용액법을 이용한 이차전지 양극활물질 합성 및 특성에 대한 연구

김성도[1], *이상진[1]
[1]국립목포대학교

이차전지의 양극재의 경우, 배터리의 용량과 평균 전압 등의 성능을 결정짓는 중요한 소재로 니켈, 코발트, 망간 및 알루미늄

등이 주로 사용되나, 원자재 가격 변동 및 전기 자동차용 고용량 배터리를 제조하기 위하여 니켈의 비율을 높인 high nickel 배터리에 대한 연구가 활발하게 진행되고있다. 본 연구에서는 폴리비닐알코올(Poly Vinyl Alcohol, PVA) 용액법을 이용하여 high nickel 양극 활물질을 제조하였다. 우선 Li:Ni:Co의 비를 1.05:0.94:0.06으로하여 교반기를 통해 탈이온수에 각각의 금속 질산염을 완전히 용해시켰으며, 5wt% PVA를 금속 양이온들의 평균 원자가에 대해 16:1의 비율로 첨가하여 200℃의 교반기에서 150rpm의 속도로 교반시켰다. 이후 건조과정을 거쳐 다공성의 전구체를 제조 후 건조과정을 거치고 500 ℃에서 1시간 하소를 진행하여 전구체를 제조하였다. 이후 제조된 전구체를 850℃에서 20시간 동안 열처리하여 $Li_{1.05}Ni_{0.94}Co_{0.06}O_2$ 양극재를 제조하였다. 실험변수로는 니켈의 source를 변화시켜, 산화물 형태의 NiO 분말을 사용한 고상/액상 혼합제조 양극 활물질과 니켈질산염을 사용하여 순수 액상제조법으로 제조된 양극 활물질을 각각 SEM과 XRD를 통해 분석하였으며, 전기화학적 테스트를 진행하여 비교 고찰하였다.

**PG10A-5 | 분무 열분해 공정을 통한 상용 분리막급 두께의 테이프 캐스팅 LATP sheet 제조**

이진웅[1,2], 윤도웅[1,2], 박준녕[2], 강윤찬[1], *정대수[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

전고체전지는 높은 안정성 및 에너지 밀도 향상의 가능성을 가져 기존 액체전해질을 사용하는 리튬이온배터리에 대한 대안으로 주목받고 있다. 전고체전지를 상용화하기 위해 셀 제조 시 상용 전지에 적용되는 분리막 수준인 얇은 SE 분리막을 적용하여 전극 내 우수한 이온전도성을 확보하고 에너지 밀도를 더욱 증가시켜야 한다. 얇은 SE 필름을 대량으로 제조하기 위해 용매, 첨가제를 사용하는 테이프 캐스팅 공정을 활용할 수 있다. 그러나 해당 공정을 적용하더라도 현존하는 고상법 합성 SE 입자의 경우 수~수십 um의 불균일한 입도를 가져 10um급의 얇은 SE 분리막을 만드는 데에 한계가 있다. 또한 밀링 공정을 통해 SE 입자를 작게 만들어 사용할 경우 SE의 이온전도도 저하와 impurity 문제를 피할 수 없다.
본 연구에서는 분무 열분해 공정을 활용하여 1um 크기의 작고 균일한 구형 LATP 입자를 합성하였고, 테이프 캐스팅 공정을 적용하여 상용 분리막 수준의 두께를 가지면서도 높은 이온전도성을 가지는 얇고 치밀한 SE 분리막을 개발하였다.
본 연구는 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원의 연구비 지원에 의한 연구임(20009985) & 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('20026752')

**PG10A-6 | 습식 공정 기반 리튬 아지로다이트 고체 전해질 합성 및 입도 분포 조절에 따른 전고체배터리 성능 분석**

김도현[1], 황석호[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

최근 시장에서 리튬이온 배터리의 고에너지 밀도화로 인해 기존의 리튬이온 배터리는 폭발위험과 제한적인 에너지 밀도를 가지고 있어 고에너지 밀도 설계 시 어려움을 겪고 있다. 전고체배터리는 기존의 액체 전해질을 고체 전해질로 대체함으로써 안전성과 셀 수준에서의 에너지 밀도를 향상 시킬 수 있는 차세대배터리로서 주목받고 있다. 하지만, 액체전해질과 달리 고체입자로 구성된 고체전해질은 불 균일하고 큰 입도 분포로 인해 고에너지 밀도의 리튬 금속 음극 사용시 높은 전류밀도에서 안정성이 저하되는 문제점을 가지고 있으며, 양극 복합체 구성 시 입자 사이의 공극과 적은 접촉 면적으로 인해 고에너지 밀도를 달성하기 어렵다는 단점이 존재한다. 이를 극복하기 위해, 최근 전해질의 입자 크기 조절을 통해서 상기한 단점들을 극복하는 연구들이 제시되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 높은 이온전도성과 공정에 적합한 기계적 강도를 가지는 황화물계 리튬 아지로다이트($Li_6PS_5X$)를 전구체간 반응속도 및 합성기구를 기반으로 하여 균일하고 마이크로 크기의 입자를 가진 고체전해질을 습식공정을 통해 성공적으로 합성하였다. 또한, 합성법 및 입도 분포에 따른 셀 성능 평가 및 전기화학 분석을 통해 입도 분포가 전고체배터리에 미치는 영향을 분석하였다.

**PG10A-7 | 지르코늄 기반 할라이드 고체전해질의 이온전도도 향상을 위한 논리적인 구조 설계 전략**

노주현[1], 유승주[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Lithium-ion conductors based on halide anion frameworks have garnered significant attention as optimal ceramic conductors for composite cathodes due to their high oxidation stability and deformability. Recently, a cost-effective halide electrolyte, Li2ZrCl6, has been reported as a promising alternative to rare-metal-based halide solid electrolytes which are not suitable for manufacturing. Despite the economic advantage of using Zr, its ionic conductivity remains relatively low (0.36 mS cm-1), which could limit its applicability in high C-rate applications. To enhance the ionic conductivity of Zr-based solid electrolytes, various structural tuning strategies have been employed. However, challenges persist, such as unstable cycling due to the redox reactions of metal ion and the uneconomical aspects of incorporating rare metals like Yttrium, Indium, and Lanthanides. In this study, we propose economical and rational strategies for tuning Li2ZrCl6 to achieve higher ionic conductivity without compromising stability and affordability. By introducing zero-valent dopants, vacancies, we were able to increase the ionic conductivity of the Zr-based solid electrolyte to nearly twice its original value (0.8 mS cm-1). Our detailed analysis reveals that the enhanced conductivity and reduced activation energy are primarily due to the activation of local diffusion paths, resulting from the alleviated repulsion between transition metal ions and Lithium ions. Our findings offer a rational and

economical design strategy for developing stable hcp-LZC structures with faster ionic conduction. This breakthrough has the potential to facilitate the widespread adoption of Zr-based solid electrolytes in lithium-ion batteries.

**PG10A-8 | Multi-layer all solid state battery 적용을 위한 Boracite계 glass-ceramics 고체 전해질 연구**

김민석[1], *조경훈[1]
[1]국립금오공과대학교

Multi-layer all solid state battery는 하나의 셀을 적층하여 높은 전압과 에너지 밀도를 구현 할 수 있는 차세대 배터리 모델로써, 에너지 수요의 증가에 따라 많은 관심을 받고 있다. 이러한 Multi-layer all solid state battery에 관한 연구 중 공정 비용을 최소화 하기 위하여 적층체를 동시소결하는 연구가 활발히 진행 중 이며, 이를 위하여 소결 시 음극과 양극에 반응성이 적고 낮은 온도에서 소결 가능한 물질이 필요합니다. Boracite 계 Li4B7O12Cl은 다른 Lithium boron 계 고체 전해질 비하여 높은 이온전도도를 가지는 물질로 많은 관심을 받고 있습니다. 최근 보고된 연구에 의하면 $Li_4B_7O_{12}Cl$을 glass 형태로 제작하여 재 열처리 시 낮은 온도에서 소결이 가능하고 높은 이온전도도를 나타내는 것으로 알려졌습니다. 이에 본 연구에서는 $Li_4B_7O_{12}Cl$의 glass상을 형성시키고 파우더 형태로 제작하여 소결 프로세스 및 가압소결 프로세스를 통하여 구조 및 전기적 특성을 분석하고 Multi-layer all solid state battery 적용가능성을 보고자 한다.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korean Government (Ministry of Education) [NRF-2019R1I1A3A01058105] and [NRF-2018R1A6A1A03025761], and the Technology Innovation Program (or Industrial Strategic Technology Development Program-Material Components Technology Development Program) (20024235, Development of Technology for Manufacturing Lithium High Corrosion Resistance Ceramic Parts for Cathode Materials of Li-ion battery) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea). This work was also supported in part by the International Science & Business Belt support program, through the Korea Innovation Foundation funded by the Ministry of Science and ICT.

**PG10A-9 | 전기화학 임피던스 분광법을 이용한 흑연 후막 전극 성능 저하 원인 분석**

윤진수[1], *양우석[1]
[1]성균관대학교

두꺼운 전극, 즉 후막 전극의 활용은 배터리 용량과 에너지 밀도를 기존보다 향상시킬 수 있는 직관적이면서 유망한 전략이다. 그러나 후막 전극은 낮은 안정성과 율적 특성 문제로 인해 실제 상용화하기 어렵다. 이러한 문제의 원인을 찾고 해결방안을 모색하고자 비파괴 전기화학 분석 방법인 전기화학 임피던스 분광법을 이용하여 배터리 열화 시 후막 전극의 성능 저하 원인 진단 모델을 구축하였다. 연구에서는 흑연 음극에서 발생하는 문제에 특히 초점을 맞추고자 다양한 두께의 흑연 음극 대칭 셀을 사용하였다. 실험 결과, 전극 건조 과정에서 도전재와 바인더가 전극 상층부로 이동하는 현상이 일어나 활물질과 집전체 사이의 계면 저항이 증가하는 것으로 나타났다. 이외에도 새로운 저항 성분이 임피던스 스펙트럼 상에 나타남을 확인하였는데 해당 저항이 후막 배터리 성능 저하의 주요 요인으로 작용하는 것으로 판단된다. 해당 저항은 리튬 플레이팅 및 덴드라이트 형성과 관련된 새로운 저항 성분이며 기존에 증가한 이온 플럭스와 더불어 전극 상층부 저분자량 물질 이동 현상에 의해 방해된 리튬 이온 전달 때문임을 밝혀냈다. 해당 모델은 후막 배터리 성능 및 열화 정도 판단에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**PG10A-10 | Elastic exterior framework for shape resilience Li-ion batteries**

LIM Jong-Heon[1], KWON Jaesub[1], LEE Kyoung Eun[1], LEE Youngsu[1], *PARK Kyu-Young[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

Active materials used in Li-ion batteries exhibit unique lattice volumes depending on the state of charge (SoC) due to their internal atomic interactions, ultimately leading to volume contraction at the particle level, mechanical fractures, and changes in electrode thickness. This challenge is particularly crucial in cell design, especially for high-energy density applications, which present difficulties in achieving long-term and high-energy density Li-ion batteries. In this study, we suggested an elastic framework, using multi-wall carbon nanotubes (MWCNT), on the surface of active particles to achieve superior cycle retention using high Ni cathode. This framework, capable of absorbing mechanical energy resulting from preventing particle volume changes, effectively maintains active particles to their original contact with primary particles even after numerous cycles, guiding the participation to a continuous electrochemical reaction. Additionally, the suppression of volume variation leads to a significant reduction in electrode thickness changes by over 50%. Such elastic framework particle engineering yields remarkable results, even in a high loading- low carbon electrode composed with 20 mg/cm² loading level and 0.5 wt% conductive carbon, achieving superior cycle life with 90% retention of its initial capacity after 500 cycles in a pouch cell. This surface modification approach provides a universal breakthrough for designing Li-ion batteries with superior cycle life and giving solutions to various applications that suffer from severe volume variations.

**PG10A-11 | Off-stoichiometry composition design toward high structural integrity of Co-free Li-rich layered cathode for lithium-ion batteries**

LEE Youngsu[1], *PARK Kyu-Young[1]
[1]Pohang University of Science and Technology

The Li- and Mn-rich layered oxide group (LLO) with a Co-free compositional design is an attractive option for the next-generation cathode for lithium-ion batteries owing to its high energy density derived from the utilization of both transition metal (TM) and anionic redox chemistries. However, widespread adoption of LLO has been hindered by electrochemical challenges, including first-cycle irreversibility, operational voltage decay, and poor cycle retention, primarily due to domain integration issues between $LiTMO_2$ and $Li_2MnO_3$ phases. This study reveals how adherence to a fixed transition metal criterion centered around $Ni^{2+}$ induces site-exchange defects and lattice misfits between these phases, particularly in Co-free LLO, thereby penalizing phase mixing enthalpy by combining experimental and theoretical approaches. As a simple solution, we propose a novel strategy to enhance phase integrity via an off-stoichiometric composition design. The introduction of a slight excess of Li liberates Ni from the 2+ to 3+ valence state, effectively suppressing site exchange due to the attenuated super-exchange effect. This composition fosters a highly integrated domain structure, enhancing coulombic efficiency, cycle stability, and universally reducing voltage decay in Co-free LLO. These insights offer valuable guidance for designing domain structures to facilitate anionic redox chemistry.

**PG10A-12 | Enhancing Cycling Performance in Solid-State Batteries Utilizing Li Composite Anode**

KIM Min Joo[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

Lithium metal is considered to be a promising anode materials for high energy-density solid state batteries. However, the application of Li metal is challenged by poor cycling performance and safety concerns due to non-uniform Li deposition during cycling. In this study, we modified the electrode interface using Li-LLZTO composite anode. Li foil and Li-LLZTO foil served as anode materials with the composite structure, is prepared by mixing LLZTO powder and the molten Li. The symmetric and full cells were prepared with a protective layer coated on both sides of the electrolyte. The symmetric cell consisted of Li (or Li-LLZTO) /PL/LATP/PL/Li and the full cell consisted of Li (or Li-LLZTO) /PL/LATP/PL/LFP. At the high current density, the symmetric cell utilizing Li-LLZTO foil showed higher overpotential during the initial cycles, but it showed improved cycling stability compared to that with Li foil.. Therefore, application of Li-LLZTO composite anode are effective for enhancing cycling performance at high current density in all-solid-state batteries.

**PG10A-13 | Optimal N/P Ratio of Li-Si Alloy Anode for Improving the Stability of Sulfide-based All-Solid-State Batteries**

JEONG Yu Hong[1], KIM Min Ju[1], *LIM Hyung-Tae[1]
[1]Changwon National University

Sulfide-type solid electrolytes attract attention as potential substitutes for conventional liquid electrolytes because their high ionic conductivity. Lithium metal, despite its high theoretical capacity (~3800mAh/g), suffers from the formation of lithium dendrite structures during repeated charge/discharge cycles. To address these issues, research has been intensively conducted on alloy-based anodes of high-capacity lithium-compatible materials. We fabricated Li-Si alloy anodes by alloying silicon (~4200mAh/g) with lithium at various lithium concentrations (LixSi, x = 1, 1.7, 2.3, 3.25, 4.4). This study investigated the effect of the N/P ratio on the performance of all-solid-state batteries comprising sulfide-type solid electrolytes. We conducted experiments on full cells consisting of LixSi (x = 1, 1.7, 2.3, 3.25, 4.4) anodes, sulfide electrolytes, and sulfur composite cathodes. To determine the optimal N/P ratio for various lithium concentrations, the experiment was carried out by keeping the weight of the Li-Si alloy anode constant while adjusting the weight of the sulfur composite cathode. The microstructure of the solid electrolyte and the distribution of lithium ions were analyzed using SEM and TOF-SIMS, while the ionic conductivity of the electrolyte was determined through EIS analysis. These analyses revealed that an optimized N/P ratio according to lithium concentration significantly enhances the structural and electrochemical performance of all-solid-state batteries.

**PG10A-14 | Revealing the role of carbon additive in the composite cathode in terms of transport network**

LEE Juho[1,2], *JUNG Sung-kyun[2], *KIM Jinsoo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research, [2]Ulsan National Institute of Science and Technology

To achieve high energy density electrode, the amount of cathode active materials (CAM) should be maximized.

Sufficiently high electronic conductivity can be achieved when CAM is rich without carbon. However, the calculated conductivity cannot explain the real microstructure of the electrode because there are some isolated CAMs in the electrode, limiting the ionic conduction. Also, we understand that carbon conducts the ions in other fields. Therefore, the introduction of fiber-type carbon not only connects isolated CAMs but also enhances ionic conduction within the electrode, improving electrochemical performance even with a small amount of carbon additive at 90% CAM content. XRD peak separation confirms the connection of isolated particles. This dual functionality of carbon highlights its significance in electrode design. This underscores the deep understanding of electronic/ionic transport network rather than simply balancing conductivities.

**PG10A-15 | 고전압 대칭 이차전지용 양극성 유기 활물질을 개발하기 위한 범용적 분자 디자인 전략**

김지현[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

The implementation of a symmetric battery system, utilizing the same material for both electrodes, presents an opportunity to simplify the electrode fabrication process by eliminating the need for separate manufacturing procedures and assemblies. Moreover, this approach addresses complex issues related to the chemical and electrochemical compatibility among battery components, positioning it as a cost-effective and promising alternative for current lithium-ion batteries in the future. However, practical utilization and development of symmetric batteries have faced significant challenges, primarily due to the limited availability of materials with a reliable bipolar nature and the observed low cell voltage (typically below 2 V) in reported symmetric battery chemistry. In response to these challenges, we propose a novel solution through the introduction of a 'p-n fusion strategy.' This strategy involves the direct fusion of p-type and n-type redox motifs into a single molecule, offering a versatile approach for creating new bipolar-type materials using organic redox materials. Experimental and theoretical validations demonstrate that the careful selection of motifs can effectively shift and separate the intrinsic redox potentials of each reaction within the bipolar molecule. Given that n-type redox motifs are typically electron-deficient while p-type motifs are electron-rich, each motif in the newly formed molecule is designed to function as an electron-withdrawing and electron-donating functional group, respectively. This interaction of electron clouds in the structure successfully exhibits bipolar activity and leads to the corresponding elevation or reduction of the p-type and n-type redox potentials. Notably, the fusion strategy provides a means to minimize the overall molecular weight increase without introducing additional functional groups. As a proof-of-concept, we synthesized a novel molecule, PNZTA, through the 'p-n fusion' of two well-known organic electrode materials, phenazine (PNZ) and thianthrene (TA). PNZTA demonstrated bipolar redox activity, delivering a higher p-type redox potential than TA and a lower n-type redox potential than PNZ in the half cell. This resulted in an impressive discharge voltage of 2.33 V in a symmetric cell, one of the highest reported voltages to date. Through combined DFT calculations and various ex-situ characterizations, we confirmed that the redox activity of pristine p-type and n-type redox centers is preserved after molecular fusion, accompanied by significant alterations in electronic configuration. The general applicability of the 'p-n fusion' is discussed, supporting the feasibility of diverse combinations of p-type and n-type motifs in designing new bipolar electrode materials for symmetric batteries.

**PG10A-16 | Correlation analysis between phase formation, density and ionic conductivity of sintered body by calcination temperature of lithium lanthanum titanium oxide solid-state-electrolyte**

윤정재[1], 이승환[1], 백소현[1], 이현우[1], 권용범[1], 박기륭[1], 송요셉[1], 김범성[1], 곽노균[2], *정다운[1]
[1]한국생산기술연구원, [2]한양대학교

Lithium lanthanum titanium oxide (LLTO) is a solid-state electrolyte candidate for all-solid-state batteries and is being researched to improve its low grain boundary conductivity. Nevertheless, this perovskite-structured solid oxide has an advantage by its excellent stability in aqueous systems, including brine and a wide range of pH conditions. This makes it excellent candidates as membrane for systems capable of extracting and concentrating lithium ion resources from various solutions in which lithium is dissolved. In this study, we analyzed the relationship between the degree of impurity removal, sintered body densities and grain ionic conductivities of LLTO ceramic membranes by controlling the heat treatment temperature parameters during the powder calcination process. It was confirmed that the sample calcined at 900 °C formed the target phase ($Li_{0.33}La_{0.557}TiO_3$) by XRD analysis, and the ionic conductivity of grain was the highest at $0.686 \times 10^{-3}$

S/cm, respectively. Based on these results, the performance analysis of the LLTO membrane by calcination temperature provided indicators for optimizing the LLTO fabrication process for high performance to improve the efficiency of the lithium extraction system.

**PG10A-17 | 코발트 프리 고니켈계 단결정을 위한 코발트와 망간 역할 분석**

전영준[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

LiNixCoyMn1-x-yO2 (NCM), the most widely used cathode material, is being developed in the direction of increasing Ni content and lowering Co content due to rising prices and human rights issues of Cobalt. Accordingly, single crystalline cathodes that have improved the structural collapse problem of conventional polycrystalline cathodes are attracting attention. However, it is difficult to completely remove Co because of lack of fundamental understanding of major elements such as Co and Mn in single crystal material. Here we investigate the growth and electrochemical properties of single crystal NCM according to the composition of Co and Mn.

**PG10A-18 | Few-layer graphene coated current collectors for Lithium-ion Batteries**

LEE Jung Woo[1], KIM Kyung Pil[1], PARK Jong Hwan[2], *SONG Young Il[2]
[1](재)대구기계부품연구원, [2]성균관대학교

In the fabrication of safe, but powerful lithium ion batteries (LIBs), graphene-related materials are being actively examined in order to meet the demand for applications such as electric vehicles and smart grids. However, most of this work has focused on liquid-phase exfoliated graphene and reduced graphene oxide. Herein, we demonstrate a simple, but effective route for significantly improving the electro- chemical performance of currently available LIBs by coupling current collector with catalytically grown large-area graphene. When coating current collectors with large-area three-layered graphene, a reduction in the internal resistance (or effective electron transfer) between the current collector and active materials was observed. The graphene also protected the underlying collector from corrosion, greatly improving the power capability and cyclability of LIBs. The three-layered graphene provided the best electrochemical performance and corrosion resistance because of its high electrical conductivity and mechanical stability during the transfer process. We believe that our approach using interfacial graphene coating can be used with all kinds of electrochemical energy-storage systems, in which high corrosion resistance, electrical conductivity, and fl exibility are critical

**PG10A-19 | Effect of phase transition and crystal structure changes depending on calcination temperature on lithium ion selectivity of LLTO membrane**

BAEK So Hyun[1,2], LEE Seung-Hwan[2], YUN Jeungjai[2], LEE Hyun-Woo[2], KWON Yongbum[2], PARK Kee-Ryung[2], SONG Yoseb[2], KIM Bum Sung[2], HWANG Haejin[1], *JEONG Da-Woon[2]
[1]Inha University, [2]Korea Institute of Industrial Technology

Recently, selective extraction of lithium from seawater or wastewater has been a hot topic of research. The direct extraction of lithium ions from aqueous solutions using lithium ion selective membranes is known to be efficient. Therefore, there is a need for further research on membranes that selectively extract lithium ions. In this study, a ceramic-based LLTO membrane with semi-permanent durability was fabricated by a solid-state method, and its properties as a function of calcination temperature are discussed. This is an important factor because the initially generated phase is different depending on the calcination temperature. Previous studies have shown that cubic and tetragonal phases are more selective than orthorhombic phases. Since the orthorhombic phase forms at calcination temperatures above 900 °C, it is desirable to calcine at temperatures before this phase forms.

**PG10A-20 | Analysis of Performance Eco-Friendly Moisture-Induced Power Generator Using Recyclable Paper by Relative Humidity**

LEE Hyun-Woo[1,2], LEE Seung-Hwan[2], YUN Jeungjai[2], BAEK So Hyun[2], KWON Yongbum[2], PARK Kee-Ryung[2], SONG Yoseb[2], KIM Bum Sung[2], HWANG Haejin[1], *JEONG Da-Woon[2]
[1]Inha University, [2]Korea Institute of Industrial Technology

The demand for renewable resources is increasing as the climate crisis caused by pollution worsens. This study analyzes the eco-friendly generation of electricity using recyclable paper and power generation by relative humidity. The recyclable paper is used as the main body of the generator. When water is dropped on the end of the paper, which is coated with conductive powder, a potential difference is created by the movement of

the water, and electricity is generated. In addition, the deliquescent solution added to the paper actively induces moisture adsorption and stably generates electricity for long time. This study analyzed the differences in electricity generation from recyclable paper generators based on relative humidity. If recyclable paper eco-friendly generators are scaled up and utilized as large-scale facility equipment, it is expected that it can be linked and utilized with hydrogen production or secondary battery ESS (Energy Storage System).

**PG10A-21 | Utilizing Self-Defensive Redox Mediator for Surface Protection of Lithium in Li-$O_2$ Batteries through Two-Step Charging Process**

황병준[1], 성명창[1], 정승호[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

전기 자동차 시장의 성장과 대규모 에너지 저장 장치의 필요성이 확대되며 고에너지 밀도를 확보하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이에 따라, 리튬 공기 전지는 3,500 Wh/kg의 높은 이론 에너지 밀도를 가지고 있고, 비용이 저렴하며 친환경적인 산소를 양극 활성 물질로 사용하기에 차세대 전지로써 주목받고 있다. 하지만 리튬 공기 전지는 높은 과전압과 리튬 수지상에 의해 낮은 에너지 효율과 짧은 수명을 가지고 있어 상용화에 어려움을 겪고 있다. 이에 최근에는 산화환원 매개체를 활용하여 높은 과전압을 제어하여 에너지 효율을 높이는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 금속 이온을 포함한 산화환원 매개체를 활용하여 보호층을 형성하는 데 집중하였다. 사전 충전 반응을 통해 금속 보호층이 형성되도록 유도하였고 이는 SEM, XRD를 통해 확인하였다. 개발한 보호층은 EIS와 CV를 통해 높은 이온전도도와 전기전도도를 보이며 아이오딘 계열의 산화환원 매개체의 문제점인 셔틀 효과를 방지한다. 이에 따라 본 연구는 리튬 산화물의 생성/분해 과정에서의 과전압을 낮추고 균일한 리튬 증/탈착을 유도하였고 셀 평가에서 장시간 안정성(~450 cycle)을 보인다.

**PG10A-22 | Optimized Design Principles for Enhanced $Li^+$ Diffusion Kinetics in O2-type Layered Transition Metal Oxides**

KIM Youngsin[1], KIM Hyuk-Joon[1], NOH Joohyeon[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

Despite having a high energy density and utilizing inexpensive raw materials, O3-type lithium-rich layered oxides (LLOs) face challenges in commercialization due to voltage decay and sluggish discharge kinetics. Recent studies have indicated that voltage decay can be significantly mitigated by modifying the oxygen stacking sequence from O3-type (ABCABC) to O2-type (ABCB). In this context, we propose an innovative strategy to increase the inter-slab distance in O2-type LLOs, enabling faster Li+ diffusion. While many papers on dopings often presents controversies regarding whether processes involve doping or coating, we synthesized Ca-doped O2-type LLOs using ion-exchange methods. The incorporation of Ca pillar ions into the Li layer effectively increases the slab distance, thereby accelerating the diffusion rate of Li-ions. As a result, both the capacity and average voltage of the Ca-doped O2-type layered oxide surpass those of the bare O2-type. Additionally, the Ca-doped O2-type exhibits enhanced cycling performance compared to the bare O2-type. These improvements are attributed not only to facilitated diffusion kinetics but also to other structural benefits, such as O-O dimerization and lattice evolution during cycling. These findings highlight the multifaceted impact of Ca-doping on the electrochemical and structural properties of O2-type layered oxides.

**PG10A-23 | Ingenious Separator Architecture: Revealing the Versatile 3D Heterostructured MXene-Hydrogen Titanate Electrocatalysts for Advanced Lithium-Sulfur Battery**

이다예[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

높은 이론 에너지 밀도 (2,600 Wh $kg^{-1}$) 와 비용 효율성이 우수한 리튬-황 전지는 기존 리튬-이온 전지 (~570 Wh $kg^{-1}$) 에 대한 대체 에너지 저장 시스템으로 각광받고 있다. 하지만, 폴리설파이드 (LiPS) 의 셔틀링 효과와 황 및 방전 물질의 낮은 전기 전도도, 불가피한 리튬 덴드라이트 성장과 같은 수많은 단점으로 인해 리튬-황 전지의 상용화에 방해되고 있다. 본연구에서는 $Ti_3C_2T_x$ (MXene) 기판위에 실시간으로 HTO 나노 가시를 성장시킨 새로운 유형의 3D 이종 구조 전극 촉매를 $Na^+$와 $H^+$ 사이의 이온 교환을 이용하는 수열 합성 공정을 통해 설계되었다. 여기서 수열 반응 시간 조절을 통해 최적의 HTO와 MXene의 균형 잡힌 합성 비율을 유도했다. M-HTO-0.5 (강력한 LiPS 흡착, 풍부한 활성 부위가 있는 뛰어난 촉매 활동, 향상된 리튬 이온 이동)와 CNT (이온/전자 전송 네트워크 구성) 사이의 시너지 효과로 인해 다기능 분리막 (M-HTO-0.5-C)의 합리적인 설계는 리튬 폴리설파이드 셔틀링과 수지상 리튬 성장을 동시에 효과적으로 제한시킨다. 결과적으로, M-HTO-0.5-C 분리막이 있는 리튬-황 전지는 전류 밀도 5.0 C에서도 놀라운 속도 능력과 안정적인 장사이클을 달성하였다. 이 연구는 고성능 리튬-황 전지 구성을 개발하기 위한 방법을 제시한다.

**PG10A-24 | 후막 적층 공정을 사용한 $Li_2O$-$B_2O_3$-$Al_2O_3$ Green Sheet 특성**

*박지현[1,2], 최문희[2]
[1]부산대학교, [2]한국세라믹기술원

현재, 액체 전해질 기반의 리튬이온전지와 다르게 고체전해질을

사용하여, 발화나 폭발 위험성이 적고 에너지 밀도가 높은 전고체 전지 연구가 활발하게 일어나고 있다. 유기계 액체 전해질의 대안으로 주목받는 고체전해질 중 한 종류인 산화물계 고체전해질은 공기나 물에서 화학적 안정성을 나타내며, 합성 및 취급이 용이하다는 장점이 있다. 산화물계 고체전해질은 소결 후 pellet을 polishing 하는 과정에서 손실이 발생하기에, 얇은 시트 형태로 제조할 수 있는 방법이 필요하다. 현재 습식 공정으로 고체전해질 시트를 제조하는 연구가 많이 진행하고 있으나, 고형분이 최대 50% 넘지 못한다는 단점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 후막 적층 공정을 사용하여, 고형분 60%의 $Li_2O$-$B_2O_3$-$Al_2O_3$ 고체전해질 시트를 제작하였고, 시트 특성평가와 시트 소결 후 Green Chip으로 제작하여 이온전도도를 분석했을 때 높은 이온전도도 값을 나타내었다.

**PG10A-25 | Highly enhancing ionic conductivity of Si-substituted argyrodite(LPSBr) using a single solvent liquid-phase method**

최지웅[1], 김웅주[1], 강진구[2], *김동완[1]
[1]고려대학교, [2]한국과학기술연구원

친환경적인 정책과 규제가 각국에서 제시됨에 따라 EV, ESS의 필요성이 확대되고 있다. 고에너지 밀도, 안정성을 확보하기 위해 전고체 전지의 필요성이 대두되며, 높은 이온 전도도와 연성이 확보되는 황화물계 고체 전해질에 대한 관심이 증가하고 있다. 반면, 상용화되어 있는 고에너지-볼밀 고상법은 많은 시간과 에너지를 요구한다. 본 연구에서는 상용화에 적합한 액상 공정을 통해 아지로다이트의 합성이 진행되었다. 단일 용매로 전구체를 균일하게 분산시킨 후 건조 및 열처리 과정으로 합성하였다. 아지로다이트 구조에서의 $PS_4^{3-}$의 격자 크기를 증가하기 위하여 Si을 활용한 조성 치환도 수행되었다. 치환율과 격자 크기의 선형적 관계는 X선 회절 분석법의 결과를 통해 유추할 수 있었으며 $Li_6PS_5Br$에서 Si이 40%까지 치환되었을 때 피크의 변화율이 최대치라는 것이 예상되었다. 또한, 조성 치환 시 이온 전도도가 상승하는 것을 임피던스 분석법을 통해 측정하였고 상용 아지로다이트 ( ~1 mS/cm)의 전도도보다 3배 높은 ~ 3 mS/cm의 이온 전도도를 확보하였다. 높은 이온 전도성을 가진 개발된 LPSBr은 상용 아지로다이트 대비 full-cell 특성에서 높은 충, 방전 용량으로 발전시키며 안정적인 쿨롱 효율을 나타낼 것임을 기대한다.

**PG10A-26 | Elucidating the Principle Underlying the Formation of Inactive Lithium via Discharge Pulses during Fast Charging**

KIM Junhyung[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

During the 2020s, there was a significant increase in the demand for electric vehicles due to environmental issues. Developing fast-charging is essential to appeal to consumers accustomed to the refueling experience of internal combustion engine vehicles. Over the last three decades, lithium-ion batteries have been optimized using layered oxide cathode materials and graphite anode materials. However, the present status of graphite anode use in lithium-ion batteries has challenges in achieving fast charging mostly due to the lithium plating. Thus, it is crucial to examine the onset state-of-charge (SoC) at which lithium plating occurs, which was identified by Coulomb efficiency analysis. Comparing conditions before and after the onset of SoC shows that applying a discharge pulse during fast-charging improved cycle performance. The results suggest that including discharge pulses during fast-charging inhibits the formation of dead lithium. Through further research, it will be possible to define the kinetic bottleleneck of the material and implement fast-charging by improving the charging protocol.

**PG10A-27 | Covalent organic framework (COF)-based Li ion filtering protective layer for stable Li metal anodes**

정상원[1], 박정빈[1], *김동완[1]
[1]고려대학교

리튬 금속은 높은 이론 용량 (3,860mAh $g^{-1}$), 낮은 표준 환원 전위 (-3.04 V vs. Standard Hydrogen Electrode), 그리고 낮은 밀도로 인해 리튬 황 및 리튬 공기 전지와 같은 차세대 전지의 음극으로 사용될 것으로 기대되고 있다. 그러나 리튬 금속의 높은 반응성, 부피 팽창, 불안정한 고체전해질계면(SEI)층, 덴드라이트 형성, Li 손실 등의 문제점은 리튬 금속 음극의 실용화에 걸림돌이 되고 있다.. 이러한 고질적인 리튬 금속 음극의 문제점들을 해결하기 위해 본 연구에서는 리튬 이온만을 안정적으로 통과시켜주는 Covalent organic framework(COF) 소재(LFCOF)을 활용한 인공 보호층을 개발하였다. LFCOF를 합성하기 위하여 일정한 온도를 유지하며 전구체들의 자발적인 반응을 유도하였으며 XRD, FTIR, Raman 분석을 통하여 합성 여부를 확인하였다. 개발된 LFCOF는 타 COF 소재들과 비교하여 Pore의 크기가 작으며 풍부한 리튬 친화적인 작용기들로 구성되어 있어 장시간 연속적인 리튬 증/탈착 시 과전압을 낮출 뿐만 아니라 균일한 리튬 증/탈착을 유도한다. 또한, 이러한 LFCOF가 적용된 리튬 음극의 거동 메커니즘은 제일 원리 계산(DFT)과 다각도 전기화학적인 분석을 통해 확인할 수 있다. 결과적으로 LFCOF 보호층은 리튬 증착 시 리튬이 보호층 아래에 안정적으로 증착할 수 있게 유도하여 리튬 금속 배터리의 장시간 성능을 발전시켰으며 대칭셀 평가에서 낮은 과전압과 함께 장시간 안정성 (〉500Cycle)을 달성하였다.

**PG10A-28 | A full oxide-based solid-state lithium battery and its unexpected cathode degradation mechanism**

한상욱[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Fabricating full oxide garnet type $Li_{6.4}La_3Zr_{1.4}Ta_{0.6}O_{12}$

(LLZTO)-based solid-state batteries has posed challenges, particularly in co-sintering cathode composites. In this research, we achieve high- performance cathode composites through ultrafast co-sintering, facilitated by residual lithium as a sintering agent under $O_2$ atmosphere. These composites demonstrate compatibility with various cathode materials, including $LiCoO_2$ and $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$ in an LLZTO-based composite. Significantly, our findings reveal that residual stress on the cathode active material plays a pivotal role in degradation during cycling. The rigid LLZTO framework constrains volume changes in the cathode material during (de)lithiation, leading to mechanical failure. This discovery challenges prior assumptions about the primary susceptibility of the cathode/electrolyte interface to electro-chemo-mechanical failure. Furthermore, stress release mechanisms are found to be influenced by the particle morphology of the cathode material, whether single crystalline $LiCoO_2$ or polycrystalline $LiNi_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3}O_2$. These insights underscore the importance of managing residual stress and optimizing cathode material morphology for achieving stable performance in full oxide LLZTO-based solid-state batteries.

**PG10A-29 | 복합전해질을 적용한 전고체 고온전지**

*정해원[1], 김민우[1], 안태영[1], 강승호[1], 노희숙[1], 최유송[1]
[1]국방과학연구소

용융염 전지라고도 하는 열전지는 수십 년 동안 저장할 수 있는 대표적인 군용 일차전지이다. 상온에서 고체인 용융염 전해질은 우수한 전기 절연체로서, 열전지가 활성화되기 전에 자기방전을 완전히 방지한다. 하지만 일단 내장된 화약 열원을 점화함으로써 순간적으로 용융염 전해질이 녹으면 탁월한 이온전도체가 되어 고출력의 전원을 공급할 수 있다. 일반적으로 용융염 전해질이 흘러내리는 것을 방지하기 위해 무기 바인더로 미세한 MgO 분말을 첨가한다. 가혹한 가속 조건에서도 액체 전해질을 유지하기 위해 다량의 MgO를 첨가하는 것이 바람직하지만, 과도하게 첨가하면 MgO의 전기적 절연 특성으로 인해 셀의 내부 저항이 증가하게 된다. 한편, 고체전해질을 특징으로 하는 전고체 전지는, 높은 전기화학적 안전성으로 높은 전압의 전극을 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 향상된 에너지밀도로 많은 관심을 받고 있다. 열전지의 용도를 고려할 때, 고체전해질의 우수한 이온전도도뿐만 아니라 고온 안정성 및 장기 저장 특성이 매우 중요하다. 치밀하게 소결된 고체전해질은 높은 이온전도도를 가질 수 있지만, 계면 사이의 불량한 접촉은 출력 능력을 저하한다. 본 연구에서는 Li7La3Zr2O12(LLZO) 고체전해질 표면을 용융염으로 코팅하여 접촉 면적과 이온전도도를 획기적으로 향상된 복합전해질을 제안하였다. 단단한 표면에 코팅된 부드러운 염막이 자기방전을 방지하고 성형강도를 증가되는 것을 확인하였다.

**PG10A-30 | 실리카 마그네슘 열환원을 통한 이차전지 음극재용 나노 실리콘 합성**

권주찬[1], 오복현[2], *이상진[1]
[1]국립목포대학교, [2](주)카이로스

2차 전지는 충방전을 통해 반영구적으로 재사용이 가능하기 때문에 IT기기와 같은 다양한 전자제품 및 특히 전기차에 사용되는 핵심 부품이다. 이차전지 구성요소 중 음극재의 소재로 흑연이 상용화 되어 있다. 흑연 음극재는 안정한 구조와 가격이 저렴한 특징이 있으나 충방전 시 리튬 이온의 이동으로 흑연의 팽창 및 수축에 의한 안정성이 감소하는 단점이 있어 흑연 음극재의 대체 재료로 실리콘의 관심이 증가하고 있다. 실리콘 음극재는 흑연보다 10배 이상의 높은 이론용량을 갖고 실리콘 입자를 전도성 물질로 코팅시킴으로써 안정성 확보가 가능하다. 본 연구에서는 실리콘과 Stöber process를 사용하여 제조된 약 100nm의 구형 실리카 분말을 유성밀을 사용하여 혼합 및 분쇄하였다. 이 후 NaCl을 첨가하여 초음파 진동을 통해 습식으로 혼합하였다. 건조된 분말은 금속 Mg 분말과 건식으로 혼합하고, 5℃/min의 속도로 승온하여 700℃에서 6시간 동안 진공열처리 하였다. 열처리된 결과물은 D.I water로 세척하여 NaCl을 제거하고 희석된 염산액으로 산처리하여 부산물을 제거하였다. XRD 분석 결과 반응물로 예측되는 $Mg_2SiO_4$와 같은 부산물의 peak가 관찰되지 않았고, 마그네슘 열환원에 의한 실리콘 결정상이 관찰되었다. XPS 분석 결과, 소량의 $SiO_X$ 가 확인되었으며, 합성된 실리콘은 약 50nm의 입자 크기를 보였다.

**PG10A-31 | 초음파분무열분무법을 활용하여 합성한 리튬이온 배터리 음극 소재용 석류형상의 실리콘**

손승환[1,2], *김승규[2], *김진호[2], *한규성[2], 황해진[1]
[1]인하대학교, [2]한국세라믹기술원

실리콘(Si)은 3600 $mAhg^{-1}$의 높은 이론용량과 낮은 리튬 삽입/탈리 전압, 풍부한 자원의 장점으로 리튬이온전지의 차세대 음극 소재로 많은 연구가 진행되고 있습니다. 그러나 충방전시 부피팽창(~300%)이 발생하는 현상으로인하여 전극 수명이 저하되는 문제점이 존재합니다. 현재는 이를 해결하기 위하여 Si NPs (Nanoparticles), SiOx, Si@C Composite 등의 소재들의 개발이 진행되고 있습니다. 특히 Si NPs는 작은 입경을 통해 우수한 전기화학 특성을 보이지만, 전극으로 실용적인 활용을 위해서는 탭밀도가 낮아 전극 밀도 향상에 한계가 있고 높은 비표면적으로 인해 다량의 SEI (solid-electrolyte interface) 형성으로 인해 초기 쿨롱 효율이 저조합니다. 또한, 복잡한 제조공정으로 인한 가격 상승이 상용화에 걸림돌이 되고 있습니다. 따라서 이러한 문제들로 인하여 나노 실리콘 기반 소재는 마이크로 크기의 디자인 및 확장 가능한 합성 공정을 필요로 합니다. 구형 입자 생성법에는 분무 건조(spray drier), 유화법(emulsion method), 초음파 분무열분해법(ultrasonic spray pyrolysis) 등이 존재합니다. 그 중 초음파분무열분해법은 초음파를 이용하여 전구체 용액을 액적화하고 이를 운반기체를 통해 반응로를 통과시켜 열분해 과정을 거치게 됩니다. 반응로에서 열분해 반응은 초음파로 생성된 액적 내부에서만 일어나 나노 크기의 액적 하나하나가 미소반응기 역할처럼 수행되며 반응 후의 입자들은 반응 전의 액적이

가지고 있던 구형의 형상을 유지하여 구형 입자 생성에 유리합니다. 또한 기존의 고상 반응 공정과 달리 분말의 혼합, 하소 등의 중간 공정들을 생략할 수 있기에 공정의 간소화가 가능하고 불순물 유입의 가능성이 적은 장점을 가지고 있습니다. 본 연구에서는 물유리(water glass, Na2SiO4)라는 저가의 소재를 이용하여 나노 실리카 졸(sol)을 합성하고, 이를 USP 공정에 전구체로 이용하여 1차 입자는 나노크기이지만 최종 입자는 마이크로 크기의 구형인 석류 형태의 실리콘 소재를 합성하였습니다. USP 합성 입자에 대하여 환원 열처리 공정과 HCl 에칭 공정을 수행하여 입자의 미세구조 변화를 분석하고, 전기화학 분석을 통한 리튬이차전지 음극 소재로의 가능성에 대해 고찰하였습니다.

**PG10A-32 | All-solid-state battery system using zeolite cold sintering**

WON Daero[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

Solid electrolytes are a promising option for next-generation all-solidstate batteries due to their safety and high energy density. However, current solid electrolytes face challenges such as difficult densification and stability issues. Zeolites have potential as solid electrolytes due to their ion-conducting channels, high electrochemical stability and inexpensive cost. Despite these advantages, zeolites have not been widely used as electrolytes due to their difficulty in densification. Here, we propose using cold sintering as a method to achieve high ion conductivity in zeolite electrolytes. Cold sintering is a lowtemperature and low-pressure method for densifying powders into dense solids, which can overcome the challenge of zeolite densification. Our study aims to propose an easy-to-process lithiumion battery system using zeolite electrolytes via cold sintering, which might pave the way for an inexpensive and electrochemically stable solid electrolyte for all-solid-state batteries.

**PG10A-33 | Nd 폐 자석으로부터 Fe3O4 기반 음극재 회수 기술 방법**

진연호[1,2], *김대원[2], *김동완[1]
[1]고려대학교, [2]고등기술연구원

Nd 자석은 영구 자석중에 가장 강력한 자력을 갖고 있다. 이러한 특징으로 모바일 디바이스, 전기자동차, 풍력발전 등 다양한 분야에 널리 사용되고 있으며, 해마다 수요는 폭발적으로 증가하고 있다. 뿐만 아니라 U.S. DOE에서 공급 불안정성 위험군의 물질로 Nd, Dy, Pr 등을 선정하였다. 반면, 관련 Nd 소재의 재활용율은 전세계 1% 미만으로 알려져 있다. Nd 자석 재활용 기술은 Hydrometallurgy, Pyrometallurgy등의 기술이 현재 개발되어 있으며, Hydrometallurgy 기술에는 석출법, 용매추출법, Ionic liquid 추출법 등이 있다. 대부분의 공정의 단가가 비싸거나 환경에 부담을 주는 공법으로 재활용에 한계가 있다. 본 연구에서는 열처리를 통해 산화물/불화물의 복합상을 만들고, 산화물을 약산인 Oxalic acid에 침출시켜 Nd 화합물과 Fe 산화물을 분리하였다. Fe 산화물은 용액형태로 회수되는데, Fe 이온을 수열반응을 이용한 석출반응을 통해 Fe-oxalate를 제조할 수 있었다. 제조된 Fe-Oxalate 는 열처리를 통해 $Fe_2O_3$ 및 $Fe_3O_4$ 가 될 수 있는데, Argon 분위기에서 $Fe_3O_4$ 를 제조할 수 있었으며, Dopamine HCl 을 이용해 Carbon 코팅을 실시해 $Fe_3O_4$/C의 복합체를 제조하였다. 이렇게 제조된 $Fe_3O_4$/C는 리튬 이온 이차전지 음극재로 전기화학평가를 실시하였다. 전기화학 평가는 0 ~ 3V 의 영역에서 Half-cell을 제조해 전기화학 평가를 수행하였으며, 최대 20C의 전류를 인가해 Rate capability 및 1C의 출력에서 장수명 평가를 수행하였다.

**PG10A-34 | Dry milling 기법을 활용한 가넷형 $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ 고체 전해질 개발 및 성능 향상**

천승훈[1], 김도훈[1], *박상백[1]
[1]충남대학교

With the arrival of the electric vehicle era, the development of all-solid-state batteries using solid electrolytes is actively progressing to improve the high energy density and safety of batteries used in electric vehicles. Garnet-type solid electrolyte $Li_7La_3Zr_2O_{12}$ (LLZO), one of the oxide-based solid electrolytes, is in the limelight as an electrolyte for all-solid-state batteries because of its high ionic conductivity and high chemical and electrochemical stability with Li metal. However, lower ionic conductivity than lithium ion secondary batteries with liquid electrolytes which is used commercially needs to be addressed. Therefore, among the various factors that decrease the ionic conductivity of LLZO, a method of improving the ionic conductivity by suppressing the formation of a $Li_2CO_3$ layer on the surface by utilizing the dry milling method was introduced. In the SEM image and EDS analysis of the dry milled LLZO, carbon was not measured, confirming that the formation of the $Li_2CO_3$ layer was suppressed. It was confirmed that the ionic conductivity of LLZO based on EIS data varied depending on dry milling conditions such as ball size and milling time. If dry milling is performed by optimizing the parameters to suppress the formation of the $Li_2CO_3$ layer and to manufacture LLZO, it will contribute to the improvement of ionic conductivity, making it a suitable material as a solid electrolyte for next-generation all-solid-state batteries.

**PG10A-35 | A mechanistic way triggering the reversible conversion reaction in intercalation materials for high energy density lithium ion battery**

허재훈[1], *강기석[2]
[1]서울대학교

The current status of lithium-ion battery technology has approached its theoretical capacity ceiling, necessitating a reevaluation of the cathode material design strategy. Over the past several decades, intercalation and conversion reactions have been recognized as the predominant chemistries governing lithium-ion battery cathode materials. While each of these charge storage mechanisms individually enables the development of high-energy-density cathode materials, integrating both mechanisms within a single-phase material presents significant challenges. Intercalation hosts demand facile lithium-ion diffusion kinetics facilitated by a well-defined crystal structure, whereas the repeated conversion reactions, accompanied by structural reorganization, can compromise intercalation capabilities. Recently, our research group demonstrated the reversible operation of intercalation- conversion combined chemistry within a single-phase material, specifically amorphous $LiFeSO_4F$. To elucidate the underlying factors enabling the reversible utilization of intercalation and conversion reactions, we established a model system using the tavorite phase $LiFeSO_4F$ and systematically manipulated its degree of amorphization. The investigation of electrochemical properties across varying degrees of amorphization, along with first-principle computational simulations, elucidated the role of the amorphous structure in facilitating combined intercalation- conversion chemistry. The amorphous structure was found to promote an increase in conversion redox voltage and facilitate conversion kinetics, thereby enabling the reversible utilization of intercalation- conversion chemistry. Furthermore, our studies revealed that certain intercalation host materials can reversibly utilize conversion reactions through amorphization. These findings suggest a new paradigm for cathode design that integrates intercalation and conversion reactions, thereby expanding the possibilities within cathode chemistry.

**PG10A-36 | Reconfiguring Sodium Intercalation Process of $TiS_2$ Electrode for Sodium-Ion Batteries by a Partial Solvent Cointercalation**

박주하[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Titanium disulfide ($TiS_2$), a first-generation cathode in lithium batteries, has also attracted a broad interest as a sodium-ion battery electrode due to fast sodium intercalation kinetics and large theoretical capacity. However, the reversibility of sodium de/intercalation is far inferior to that of lithium owing to the unfavorable intermediate phase formation. Herein, we demonstrate that reconfiguring sodium intercalation via partial solvent co-intercalation alters the phasetransition paths for the entire reactions of $Na_xTiS_2$, detouring the formation of the unfavorable intermediates. And, it unexpectedly results in a remarkable enhancement of sodium intercalation reversibility, boosting the cycle stability (1,000 cycles) accompanying high power capability (10C rate). Comparative investigations reveal that the sodium intercalation in ether-based electrolyte involves a preintercalation of solvent molecules, which subsequently dissimilar to the bare sodium intercalation in conventional electrolytes. Rediscovery of intercalation behavior of $TiS_2$ offers a new insight in revisiting the reversibility and kinetics of the commonly-known electrodes for batteries.

**PG10A-37 | Unveiling crystal orientation-dependent interface property in composite cathodes for solid-state batteries by in situ microscopic probe**

이선영[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

One of the most critical bottlenecks toward all-solid-state batteries lies in how the solid(electrode)-solid(electrolyte) interface can be seamlessly fabricated and maintained over repeated electrochemical cycles. Conventional composite cathodes, with their randomly distributed cathode and electrolyte particles, present a range of crystallographically distinct electrode/electrolyte interfaces, each with varying chemical and electrochemical compatibilities, thereby adding more considerable complexities. Herein, as a first step to unravel the complexity of the interface, we employ an epitaxial model system in which the crystal orientations of cathode (e.g., $Li(Ni_{1/3}Co_{1/3}Mn_{1/3})O_2$, NCM) and solid electrolyte (e.g., $Li_{3x}La_{(2/3)-x}\square_{(1/3)-2x}TiO_3$, LLTO) are precisely controlled, and probe the corresponding interfaces in real-time during co-sintering process by in situ heating transmission electron microscopy. The in situ observation reveals that the interfacial reaction mechanism and kinetics are highly dependent on the crystal orientation/alignment of cathode and electrolyte particles especially contingent on the availability of open ion channels at the interface. It is shown that the interfaces bearing the open ion paths of NCM such as

(104) plane are more susceptible to the interdiffusion even at low temperature, however the early formation of stable passivation layer effectively suppresses the increase in the overall interfacial resistance. On the other hand, the interfaces with the closed ion pathway of NCM such as (003) plane exhibit a relatively high stability up to intermediate temperatures of co-sintering, but deteriorate more rapidly at high temperature as a result of oxygen evolution and decomposition, thereby displaying a higher interfacial resistance. The elucidation of these distinct behaviors of representative interfaces not only deepens our understanding of composite cathodes but also emphasizes the need for decoupling collective interfacial properties to enable rational interfacial design in solid-state batteries.

**PG10A-38 | Elucidating Li-ion Diffusion Mechanism of Cation-Disordered Rocksalt Cathodes**

KANG Byungwook[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

The increasing demand for energy storage systems, electric vehicles, and energy grids has accelerated the adoption of high energy density cathodes such as those with high nickel content. However, their sustainability is challenged by the scarcity and expense of elements like nickel and cobalt. Disordered Rocksalts (DRX) cathodes with lithium-excess composition, utilizing abundant transition metals, have emerged as a promising alternative. While DRX cathodes offer high capacities exceeding 300 mAh/g, they suffer from low rate capability due to sluggish lithium ion diffusion. This slow kinetics of DRX is not fully understood yet. Herein, we propose a conceptual model, the “diffusion cluster,” to elucidate lithium ion diffusion in DRX, specifically Li1.2Mn0.4TM0.4O2 (TM=Ti, Zr). Our findings reveal that a significantly broad distribution of site energies for lithium in DRX, which acts as an activation barrier, considerably impeding lithium ion diffusivity. Through machine learning techniques, we found that the volume of octahedra, where lithium resides in the face-centered cubic (fcc) anion sublattice, significantly influences site energy. An increase in octahedral volume correlates with higher site energy, thus acting as a significant activation barrier. Furthermore, the distortion level of lithium octahedron highly influences the octahedral volume. This understanding clarifies why partially disordered spinel, characterized by lower disorder levels, exhibits better lithium diffusion compared to traditional DRXs. Consequently, we propose a strategy of transition metal unification to enhance lithium-ion diffusion while maintaining disorder, supported by computational and experimental results.

**PG10A-39 | Multi-scale defect regulation of cobalt-free layered oxides for high-energy and long-lasting cathodes**

고건희[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Reducing the reliance on the cobalt in electrode chemistry, one of the most expensive and controversial elements, is a promising step towards more sustainable and cost-effective lithium-ion batteries. However, the elimination of cobalt in layered oxides, i.e., cobalt-free layered cathodes, generally ends up with a significant decrease in deliverable capacity and a compromised long-term structural integrity at practical current rates. Herein, we show that these intertwined issues of the cobalt-less systems can be remedied by meticulously tailoring inherent defects induced at multi-scale, from cation disorder to micropores, achieving one of the highest performances ever reported for cobalt-free layered cathodes (e.g., $LiNi_{0.75}Mn_{0.25}O_2$). It is demonstrated that a simple excess incorporation of lithium (as low as ~ 4%) in the structure can effectively reduce the cation disorder, and, furthermore, unexpectedly alters the particle microstructure forming routes, thereby enhancing electro-chemo-mechanical stabilities of layered oxide cathodes. Our investigations reveal that this surplus lithium facilitates topotactic lithiation of hydroxide precursors during solid-state calcination, which renders mechanically robust particles with fewer nano-porous defects and reduced cation disorder. Defect-regulated cobalt-free layered oxides successfully deliver a reversible capacity of over 200 mAh $g^{-1}$ (207 mAh $g^{-1}$) at 0.1C and 189 mAh $g^{-1}$ at 0.5C with a retention of ~ 85% after 300 cycles under commercial-level electrode loading, which marks the competing performance with state-of-the-art cobalt-containing cathodes such as $LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O_2$. Our findings highlight that in cobalt-free layered cathodes, the chronic stability issues extend beyond the usual suspect of cation disorder, with microstructural defects playing an underappreciated yet vital role, necessitating deeper investigation into these overlooked aspects.

**PG10A-40 | 실란 커플링제를 사용하여 제작한 복합 양극 활물질의 율특성 향상**

서지혜[1,2], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교,

전자 제품 및 전기 자동차의 발전에 따라 리튬 이온 배터리(LIB)의

고속 충전성에 대한 요구도 증가하고 있다. 그러나, LIB는 충방전 속도가 제한되는 문제점이 있으며 이는 활성 물질의 내부 확산 제한, 전해질과 전극 간의 저항으로 인한 용량 손실 현상으로 설명할 수 있다. 이를 해결하기 위하여 LIB의 양극에 초점을 둔 연구가 많이 보고되고 있다. 그 중에서 양극 표면을 산화물 물질로 코팅하는 방법이 잘 알려져 있다. 특히, 강유전체 물질을 사용한 코팅은 전극과 강유전체 층 사이에 계면 분극으로 인하여 Li이온의 이동이 가속화될 수 있다는 보고가 있다. 그러나, 일반적인 코팅방법인 Sol-Gel 또는 Atomic Layer Deposition는 가격이 비싸고 복잡한 공정으로 인해 산업적인 생산에 적합하지 않다. 따라서 본 연구는 실란 커플링제를 사용하여 양극 활물질인 LiCoO2(LCO) 표면을 개질하고 초음파 분산을 이용하여 강유전체인 BaTiO3(BT)를 코팅하였다. 이렇게 완성된 복합 양극재의 구조는 SEM, XRD를 통하여 관찰되었으며 3.0~4.5V 전압에서 사이클링되었다. 그 결과, 10C에서 기존 상용 LCO에 비하여 330%이상의 개선된 율특성을 보여주었다.

**PG10A-41 | 고체 전해질의 발전: 리튬 이차전지를 위한 복합상 TiO2 합성 및 시트적층**

황유나[1,2], 이재근[2], *최문희[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

전기자동차(EV) 및 하이브리드 전기자동차(HEV)의 지속적인 발전에 따라 리튬 이차전지의 고용량, 장수명, 및 향상된 안전성 확보가 필수적이다. 현재 리튬 이차전지에서 사용되는 유기 액체 전해질의 폭발 위험성을 해소하기 위하여, 안전성이 높은 고체 전해질을 이용한 전고체 리튬이온전지 개발이 대체 방안으로 제시되고 있다.

본 연구는 페로브스카이트(ABO3) 구조를 가진 LLTO(Lithium Lanthanum Titanate) 고체 전해질에 복합 산화물인 TiO2를 도입하여 고상 반응법을 통해 합성하고, 펠릿 형태로 제조하였다. 이어서, 최적화된 공정 조건 및 상분율에 대한 평가를 진행하였으며 최종적으로, Surface-mount devices (SMD) 기술에 적용 가능한 산화물계 고체 전해질의 후막 적층 공정을 개발하기 위해 Tape casting 방법으로 시트 적층을 진행하고, 제조된 그린 칩에 대해 다양한 소결 온도에서 기본 물성평가 및 전기화학적 특성 평가를 수행하였다.

연구 결과는 전고체 리튬이온전지의 상업화를 위한 기초 자료로서, 더 안전하고 효율적인 전기자동차 및 하이브리드 전기자동차용 배터리 기술과 고체 전해질 합성 방법론 및 적층 공정 기술 발전에 기여할 것으로 기대된다.

**PG10A-42 | 기계학습퍼텐셜을 활용한 할라이드 고체전해질 이온전도 메커니즘 분석**

유재균[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

전고체 전지는 리튬 음극 금속과 고체 전해질을 사용하는 이차전지 시스템으로, 고에너지밀도, 고안전성을 확보하는 차세대 미래 배터리로서 주목받고 있다. 이러한 전고체 전지의 상용화를 위해 다양한 소재가 고체전해질 소재 후보군으로 연구되고 있으며 그 중 할라이드 고체전해질 소재는 넓은 전기화학 안정창 및 적절한 물리적 특성을 가지고 있어 크게 주목받고 있다. 이들은 같은 조성이더라도 합성 방법에 따라 소재의 상이 다르게 합성되거나, 소재의 무질서화(disordering)와 결정립도(crystallinity)가 다르게 나타나고 이에 따라 이온 전도도가 10배 이상까지 차이가 나는 것으로 알려져 있다. 그러나 소재의 무질서화 정도와 결정립도에 따른 이온 전도 메커니즘이 체계적으로 분석되지 않아 신규 할라이드 고체전해질 소재 합성의 가이드라인이 부재하며, 이에 따라 시행착오법을 통한 신규 소재의 탐색이 이루어지고 있어 신규 소재 탐색이 더딘 상황이다. 본 연구는 다양한 할라이드 고체전해질 구조 중 trigonal 할라이드 고체전해질 소재 합성의 가이드라인을 제시하고, 신소재 개발을 가속화하기 위해 할라이드 전해질의 이온 전도 메커니즘의 체계적인 이해를 제시한다. 대표적인 모델 시스템으로 $Li_3YCl_6$ 삼원계 시스템을 설정하여 할라이드 소재의 이온 전도 메커니즘을 규명하고, 나아가 벌크 소재의 시뮬레이션을 넘어선, 결정립계에서의 이온 전도까지 모델링/시뮬레이션 하여 엔지니어링적 측면에서 나아가야 할 방향까지 제시한다. 이를 위해 high-dimensional neural network potential(HDNNP)를 활용한 분자동역학 기법을 활용하였으며, 광범위한 결정립계에서의 이온 전도 분석을 진행했다.

**PG10A-43 | Synergistically Enhanced LiF-rich Protective Layer for Highly Stable Silicon Anodes**

LEE Seungho[1], LEE Dongsoo[2], BANG Junho[1], KIM Patrick Joohyun[3], *CHOI Junghyun[2]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Gachon University, [3]Kyungpook National University

Silicon (Si) is considered as one of the most promising anode materials for next- generation batteries owing to its high specific capacity and earth abundance. However, commercialization of the Si anode is still hindered by several obstacles, such as unstable solid electrolyte interface (SEI) layer and large volume change during cycling. Therefore, it is crucial to design a mechanical/electrochemically stable electrolyte|anode interface layer. Herein, we introduced an $AlF_3$-PAA coating layer on Si anode to build the stable SEI layer with high mechanical stability. The $AlF_3$ induces LiF-rich SEI layer with high Li ion conductivity, while the PAA provides additional mechanical strength to alleviate the severe volume expansion. Due to these favorable properties, $AlF_3$@Si electrode exhibited significantly improved cycling performances in the Li metal cell and the full cell tests with highly suppressing the severe volume expansion. This work would initiate further studies for achieving high energy density Si anode batteries.

## PG10B : 이차전지 재료

### PG10B-1 | Interfacial Stability Control of Silicon Containing Lithium-ion Battery

LEE Jiin[1], AN Kihun[1], TRAN Yen Hai Thi[1], OH Taekeon[1], *SONG Seung-Wan[1]
[1]Chungnam National University

Lithium-ion batteries (LIBs) are the power sources of portable electronics, e-mobilities, and energy storage systems. To advance the LIBs toward a better working and safer one, challenges of enhancing simultaneously energy density, cycle life, and safety remain. To achieve a high energy density LIB, various silicon based anode materials have been studied worldwide for decades. However, their performance is often limited due to, a large volume change of $SiO_x$ and interfacial instability with traditional electrolyte. In this presentation, we will report the strategies of advanced electrolyte and interfacial stabillty control for performance improvement of $SiO_x$-based lithium-ion full-cell. Mechanistic studies of electrolyte-derived formation of stable solid electrolyte interphase (SEI) layer at $SiO_x$-based anode as well as high nickel cathode in the full-cell will be discussed in this meeting.

### PG10B-2 | Advancing the Performance in $SiO_x$-Graphite Based Lithium-ion Battery through Fire-retarding Electrolyte

SEO Yuri[1], LEE Hyeongyu[1], TRAN Yen Hai Thi[1], AN Kihun[1], *SONG Seung-Wan[1]
[1]Chungnam National University

As expanding the market of lithium-ion batteries (LIBs)-based electric vehicles, higher energy density LIBs than current ones is on strong demand. Combination of $SiO_x$-graphite anode and $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$ (NCM811) cathode will provide the increased energy density of a LIB. However, the performance of $SiO_x$-graphite anode often fades owing to a large volume change of $SiO_x$ and interfacial instability with electrolyte, causing a large battery swelling. The major drawbacks of NCM811 cathode are cation mixing, cracks formation, causing metal-dissolution. In addition, traditional flammable liquid electrolyte is the primary origin of safety hazard. To mitigate those issues, herein, we present our recent research results on the design and development of a new flame-retarding liquid electrolyte for safety and improved cycling performance $SiO_x$-graphite//NCM811 Li-ion full-cell.

### PG10B-3 | Cyclovoltammetry in Electrochemistry vs. Ferroelectric P-E hysteresis

YOO Sungbong[1], TRUNG Doan Thanh[1], ABBAS Intizar[1], PARK Chanwoo[1], *FISHER John G.[1], *LEE Jong-Sook[1]
[1]Chonnam National University

전하-전압-전류-시간을 조절하거나 반응을 기록하는 실험들이 다양한 분야에서 이루어진다. 전기화학에서 많이 쓰이는 순환전류전압법(cyclovoltammetry, CV)는 전압을 삼각파형으로 가하면서 전류반응을 측정하는데, 단순한 커패시터 처럼 행동하느냐, 산화환원반응이 있느냐, 축전 또는 충방전 과정이 느리냐 빠르냐, 전기적 저항이 매우 크냐, 작냐 등에 따라 다양한 양상을 보이는데, 전통적인 평면 금속전극을 사용한 전기화학에서는 액상에서의 산화환원 반응과 확산을 나타낸 반면 배터리 셀에서는 고체활물질에서 산화환원반응이 일어나면서, 액상과 고상확산이 모두 관여하고, 슈퍼커패시터 및 배터리에서 다공성전극에서의 분산된 전해질/전극 반응에 의한 유사확산 현상까지 관여하므로, 전압범위, 전압 스캔의 속도에 따라 달라지는 변화의 해석도 다양하고 간단하지 않다. 한편 일정한 전류, 즉, 시간에 따라 전하량을 증가/감소하여 전압을 측정하는 충방전 실험이 있는데, 역시 전하량 증가/감소 속도 즉, 전류량, 또는 배터리에서 C-rate에 따라 다양한 반응속도론적 제어에 따른 차이가 나타난다. 전하-전류-전압-시간 변수가 두 가지 실험에서 어떻게 연결될 수 있는지 고찰할 필요가 있는데, 주로 목적하는 효과는 전기적이중층 및 산화환원에 의한 커패시턴스 효과이다. 강유전체 소재에서 커패시턴스 효과는 분극-전기장 P-E 곡선, 전하-전압 곡선, 또는 이력곡선 (Hysteresis loop)을 측정하는데, 전압을 CV에서처럼 순환적으로 변화시킬 때 범위, 속도에 따라 양상이 달라지고, 또한 유한한 저항에 따른 전류에 의한 표면 전하의 축적도 일어나는데, 반도체 공정에 사용되는 정전기척의 성능을 조절하는 요인이기도 하다. 전기전하의 시간에 따른 변화량이 전류이므로 CV 와 유사하게 나타낼 수 있고, 강유전체의 이력현상은 산화환원반응과 유사한 전류 곡선을 보이게 된다. P-E 측정에서 여러 요인의 전하효과를 분리하기 위해 PUND 방법이 사용되고 있는데, 본 연구에서는 PUND 방법을 전기화학시스템에도 적용해보고자 한다.

### PG10B-4 | 전고체 전지의 전기화학적 특성 향상을 위한 NCM@LPSCl 복합 소재에서의 LPSCl 최적 코팅 두께 제어

이진웅[1,2], 김민지[2], 윤도웅[1,2], 이종덕[1,2], 강윤찬[1], *정대수[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

전고체 이차전지는 뛰어난 열 안정성과 에너지 밀도로 인해 기존 리튬이온전지를 대체할 차세대 전지로 주목받고 있다. 그러나 고체전해질을 사용하는 전고체 이차전지는 액체전해질을 사용하는 기존 전지와 달리, 전극 극판 제조 과정에서 활물질, 도전재, 바인더와 함께 고체전해질을 포함시킨 혼합 공정이 필요하다. 따라서 전고체 이차전지의 특성을 효과적으로 구현하기 위해서는 활물질과 고체전해질 입자 간의 균일한 접촉이 필수적이다. 하지만 단순 혼합 공정만으로는 활물질과 고체전해질 입자 간의 원활한 접촉을 얻기 어려워 용량 구현에 제약이 따른다. 이러한 문제를

극복하기 위해 활물질 표면에 고체전해질을 코팅하는 다양한 방법들이 연구되고 있다. 그러나 코팅되는 고체전해질의 두께에 따라 전극 내 이온과 전자의 tortuosity에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서, 본 연구에서는 코팅 두께에 따른 전기화학적 특성을 평가하고, 높은 에너지밀도를 구현하기 위한 최적의 이온/전자 전달 경로를 가지는 코팅 두께를 탐색하여 높은 출력 특성 및 고에너지 밀도를 갖춘 전고체 이차전지를 제조하고자 하였다.
본 연구는 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원의 연구비 지원에 의한 연구임(20009985) & 이 연구는 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 ('20026752')

**PG10B-5 | Achieving cycling stability in anode of lithium-ion batteries with silicon-embedded titanium oxynitride microsphere**

김민지[1], 왕성은[1], 윤도웅[1], 이인욱[1], 강윤찬[2], *정대수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

To improve the performance of Si anodes in lithium-ion batteries, protective surface coatings on Si anodes are considered a promising approach. However, most coating materials have severe issues, including low initial coulombic efficiency, structural fracture, morphology control, and complicated synthetic procedure. In this study, we report a facile spray drying method to produce titanium oxynitride (TiON) coated Si microspheres. TiON exhibits high mechanical strength and electrical conductivity, acting as a rigid and electrically conductive matrix. Si embedded TiON anodes delivered an initial reversible capacity of 1140 mAh/g with remarkably enhanced capacity retention and rate performance, demonstrating that TiON can alleviate the volume changes of Si NPs to maintain structural stability and support the electrical conductivity of the electrode.
This research was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by Ministry of Science and ICT (2021M3H4A3A02086100), This work was supported by the Technology Innovation Program (20009985) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea)

**PG10B-6 | High Energy Density Single-Crystal NMC/Li6PS5Cl/Ga-Li7La3Zr2O12 Cathodes for All-Solid-State Lithium-Metal Batteries**

*HWANG Sungwon[1]
[1]Sangmyung University.

Recently, solid-state batteries replace commercial lithium-ion batteries due to their high energy density and safety. To achieve the high capacity of metal anodes, all-solid-state batteries require high energy density and long-lasting composite anodes, such as Ni-Mn-Co (NMC)-based lithium oxide mixed with hybrid solid electrolyte (SSE). However, in practice, the cathode capacity typically decreases due to increased NMC/SSE interface defects due to NMC cracking and NMC pulverization, which is only partially alleviated by applying high cell pressure during cycling. Using a low-temperature dry protocol, we report single-crystal particulate LiNi0.83Mn0.06Co0.11O2 and Li6PS5Cl /Ga-Li7La3Zr2O12 hybrid SSE composite cathodes with an outstanding discharge capacity of 220 mA h g−1 at 30 °C. Despite a 4.9% volume change during charge/ discharge cycling, a first cycle coulombic efficiency of 〉88 and 〉99% thereafter was achieved. A nearly realistic high-steady discharge capacity at a high areal capacity of 9.5 mA·h cm-2 was obtained using asymmetric anode/cathode cycling pressures of only 2.0 MPa/0.5 MPa. After adding LLZO to the LPSCl electrolyte, the cycling stability of the hybrid solid electrolyte and its performance for all-solid-state batteries were significantly improved. Therefore, the single crystal particulate LiNi0.83Mn0.06Co0.11O2 and Li6PS5Cl/Ga-Li7La3Zr2O12 hybrid composite structure is a promising structure for high-performance all-solid- state batteries for electric vehicles.

**PG10B-7 | 3D Bimetallic Air-Cathodes for Li-Air Batteries using Proximity-field Nanopatterning**

LIM Jiyeon[1], HARDING Joseph[2], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Lithium-air batteries have been anticipated as promising solutions for high-energy-density energy storage systems. However, their practical application has been hindered by issues such as low energy efficiency, limited capacity, and short cycle life, primarily due to poor reaction kinetics at the cathode. To address these challenges, efficient catalysts are needed for both the oxygen reduction reaction (ORR) and the oxygen generation reaction (OER). To tackle this, we have developed bimetallic 3D Ni/Pd air-cathodes, which exhibit improved electrochemical performance compared to monometallic 3D Ni air-cathodes. Using Proximity-field nanopatterning (PnP), we can create a polymer template for material conversion via electroplating (EP). This enables us to fabricate 3D Ni structures and coat them with Pd, both achieved through EP, to produce 3D bimetallic air-cathodes. Incorporating

these bimetallic 3D nanostructures into electrode fabrication maximizes the active surface area and enhances both OER and ORR performance within the electrode, thereby improving battery efficiency.

**PG10B-8 | 삼전극을 활용한 고니켈 배터리 임피던스의 물리기반 모델 적용**

박찬우[1], 유성봉[1], ABBAS Intizar[1], TRAN Tran Thi Huyen[1], 이오정[1], *김재국[1], *이종숙[1]
[1]전남대학교

비파괴적으로, 직류에 의한 셀의 변화를 수반하지 않고, 측정할 수 있는 임피던스는, 물리적인 모델을 적용할 수 있다면, 전하전달 저항 외에도, 액상 및 고상의 확산계수, 전해질의 수송수, 전극 미세구조 (다공성, 굴곡도) 등을 나타내는 물리적 패러미터를 구할 수 있다. 최근 슬로베니아Gaberšček 연구그룹에서는 이러한 패러미터들을 나타내는 3-레일 트랜스미션라인 모델을 제시하고, 파이썬에 기반한 수치해석적 시뮬레이션 알고리듬을 측정셀의 분석에 적용하였다. 하지만 양극, 또는 음극 전극 만의 경우에도 여러 반응이 중첩되므로, 수치해석적인 시뮬레이션으로 실험데이터의 분석에 적용하기가 어려운 문제가 있어, 풀셀 분석에는 적용되지 못했다. 본 연구에는 실험실에서 제작한 기준 전극을 적용한 그라파이트/고니켈 양극재 파우치셀을 제작하여, SOC 에 따른 양극, 음극, 풀셀의 임피던스를 바이오로직 장비의 5전극법을 활용하여 동시에 측정하였다. 또한 전해질 리튬전극 대칭셀 측정을 통하여, 전해질의 수송수와 확산계수 등을 별도로 확인하였다. 삼전극 분석을 위한 기준 전극 제작은 리튬 금속, lithium titanium oxide (LTO), lithium iron phosphate (LFP)을 사용하고, 탈리튬화를 진행하기 위한 대전극으로는 NCM622과 리튬 금속을 번갈아 사용하였다. 제작된 기준전극과 기준전극의 위치에 따른 영향성도 같이 검증하였으며, 신뢰할 수 있는 기준 전극 제작 방법을 도출하였다.

**PG10B-9 | 고에너지밀도 전고체전지 상용화를 위한 황화물계 고체전해질 합성**

윤도웅[1,2], 이진웅[2], 김민지[2], 박윤지[2], 강윤찬[1], *정대수[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

리튬이온전지의 낮은 에너지밀도 및 열 안정성을 해결하기 위한 차세대 전지로서 전고체전지에 대해 연구가 활발히 진행되고있다. 전고체전지의 높은 에너지밀도를 위해서는 활물질 함량 및 활용률, 전극 밀도를 극대화해야 한다. 따라서, 우수한 이온 전도 특성과 가공성을 갖는 황화물계 고체전해질을 이용한 연구가 많이 이루어졌다. 하지만, 황화물계 고체전해질은 batch type 공정을 통해 제조되며 합성된 고체전해질은 불규칙한 입도 및 형상을 가지고 있기 때문에 입도 제어를 위한 후속 공정이 도입된다. 이는 공정 비용 증가 및 고체전해질 특성의 열화를 야기하므로 전고체전지의 상용화를 위해서는 비용을 줄이고 입도제어를 위한 후속 공정을 배제할 수 있는 새로운 합성 공정이 필요하다. 본 연구는 연속식 공정인 분무 열분해 법을 도입하여 서브마이크론 크기 및 우수한 이온전도도를 갖는 황화물계 고체전해질을 합성하였다. 구형으로 합성된 전해질은 전극 내 균일한 충진을 통해 전극 전체에 균일한 리튬 이온 전달경로를 형성하며 높은 유효 이온전도도와 가역용량을 보였다. ※본 연구는 한국연구재단의 연구비 지원에 의한 연구임(2021M3H4A3A02086100) & 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('20026752')

**PG10B-10 | SiOC-derived Hierarchical Porous Carbon Nanoparticles(hPCNs) for High Energy Density Lithium-Sulfur Batteries**

김민지[1], 이인욱[1], 이종덕[1], 김가은[1], 강윤찬[2], *정대수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

Lithium-sulfur(Li-S) batteries are promising candidates because of high energy density. However, it is restricted due to low conductivity of sulfur and dissolution of polysulfides, resulting in poor cycle stability and rate capability. In this study, hierarchical porous carbon nanoparticles(hPCNs) were produced from silicon-oxycarbide (SiOC) to achieve outstanding electrochemical performance under high sulfur loading. SiOC nanoparticles synthesized via spray pyrolysis contain $SiO_xC_y$, $SiO_4$, carbon nanonetworks. $SiO_xC_y$ and $SiO_4$ generate micro-and mesopores enabling high sulfur loading and alleviation of polysulfide dissolution. Consequently, hPCNs show high surface area(2789$m^2$/g) and pore volume(2.31$cm^3$/g) that can contain 82.7% sulfur. Also, carbon nanonetworks enhance electronic conductivity. When applied for Li-S batteries, Sulfur-infiltrated hPCNs exhibited high initial capacity (1229mAh/g) and cycle retention(74%). ※This work was supported by National R&D Program through the National Research Foundation of Korea funded by Ministry of Science and ICT(2021M3H4A3A02086100) and the Technology Innovation Program(20009985) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

**PG10B-11 | Synthesis of core-shell structured cathode composite by mechanofusion process for high-performance all-solid-state batteries**

김민지[1], 이진웅[1], 윤도웅[1], 박윤지[1], 강윤찬[2], *정대수[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]고려대학교

All-solid-state batteries(ASSBs) using solid electrolytes (SEs) are considered next-generation rechargeable battery because of high energy density. However, ASSBs exhibit loss physical contact between active materials(AM) and SEs, which lead to high interfacial resistances between AMs and SEs. Therefore, intimate contact and homogenous distribution of materials are necessary for reducing resistance and offering sufficient Li-ion

transport pathway. We produced core-shell structured composite by mechanofusion(MF) process. High shear force enable uniform coating layer of SE(LPSCl) layer on AM(NCM) particle surface. NCM@LPSCl composite enables intimate contact, where causes well-networked ionic network and reduced Li-ion tortuosity resulting in high-performance. Especially, good electrochemical properties can be feasible even at up to 87.3wt% NCM mass loading.

※ This work was supported by the Technology Innovation Program (20009985) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE, Korea) and National R&D Program through the National Research Foundation of Korea funded by Ministry of Science and ICT (2021M3H4 A3A02086100).

**PG10B-12 | Developing new Calcium solvated salts for reversible Calcium metal plating and stripping**

SON Soogyeong[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

Calcium-ion batteries have been considered promising post Lithium-ion batteries because of the natural abundance of calcium and divalent charge carrier with low redox potential comparable to that of lithium ion. However, strong solvation structure of calcium ion owing to its divalent characteristic hinders further development of electrolyte for reversible calcium metal plating and stripping. Among various solvation structures, calcium ion is easy to form contact ion pair. This solvation structure leads to the formation of anion driven $Ca^{2+}$ blocking SEI layers on calcium metal and sluggish charge transfer kinetics due to large desolvation energy. Herein, we propose that the electrolyte using solvent solvated salt (e.g., $Ca(BH_4)_2 \cdot 2THF$) can be expected to reduce contact ion pairs and desolvation energy via tuning solvation structure. Experiments using calcium metal symmetric cells demonstrate that overpotential during calcium metal plating and stripping using the electrolyte with solvent solvated salt can be reduced comparing to the electrolyte with conventional salt (e.g., $Ca(BH_4)_2$). Further analyses will be conducted to understand differentiated solvation structure and desolvation mechanism in our electrolyte system.

**PG10B-13 | Influence of Conductive Additives on the Electrochemical Behavior of High Active Materials Loading Composite Electrodes for All-Solid-State Batteries**

KIM Jisu[1], CHO Min-hyeong[1], YUN Jong-hyuk[1], PARK Jeong-Vin[1], *LEE Jong-Won[1]
[1]Hanyang University

Carbon-based conductive additives (CAs) are used for constructing electronic conductive networks in composite electrodes for all-solid-state batteries (ASSBs) to achieve rapid electron transfer and maximize active material utilization. In this work, we examine the role of one-dimensional CAs (vapor-grown carbon fibers, VGCFs) in the electrochemical behavior of composite electrodes with high active material loading via electrochemical analyses. Impedance analyses indicate that the incorporation of VGCF makes $Li^+$ pathway tortuous and accelerates the oxidative decomposition of sulfide-based solid electrolyte (LPSCl), particularly in the composite cathodes with high active material loadings after cycling, which causes the $Li^+$ transport resistance to be a performance-determining factor of ASSBs. Furthermore, the strategy to overcome the degradation of sulfide-based solid electrolytes caused by VGCF is demonstrated by replacing sulfide-based solid electrolytes with halide-based solid electrolytes in the composite cathodes. The rise in Li transport and interfacial resistances after cycling is significantly mitigated by using $Li_2ZrCl_6$.

**PG10B-14 | Development of High-Performance Solid-State Lithium Metal Batteries Enabled by Polymeric Lithium Protective Layer Using Highly Concentrated Electrolyte**

AN Sehyun[1], JEONG Wooyoung[1], KIM Chaejeong[1], AN Yonghoon[1], *LEE Jong-Won[1]
[1]Hanyang University

The commercialization of Li metal anode has been limited due to its high reactivity and the formation of Li dendrites. Herein, we propose an artificial protective layer using a highly concentrated polymer electrolyte (HCPE) via a simple slurry casting method, followed by a rapid polymerization using ultraviolet light. Storage stability tests are conducted for Li symmetric cells using bare Li and surface-protected Li (P-Li) to examine the influence of the protective layer in mitigating the side reactions. Electrochemical impedance and morphological analyses reveal that the protective layer can physically block the side reaction between the electrolyte and Li

metal. Surface characterization studies suggest that the enhanced cycling performance of the cell using P-Li can be attributed to the formation of LiF-rich SEI layer. Furthermore, the enhanced cycling stability of the [$LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$ || P-Li] full cell demonstrates the potential for application of the HCPE-based protective layer in solid-state Li metal batteries.

**PG10B-15 | Chemo-Mechanical Failure of Solid Composite Cathodes Accelerated by High-Strain Anodes in All-Solid-State Batteries**

KANG Junhee[1], SHIN Hong Rim[1], KIM Siwon[1], KIM Beomsu[1], YOON Jonghyeok[1], *LEE Jong-Won[1]
[1]Hanyang University

High-energy density anode materials, such as Li metal (alloys) and Li-free Ag-C composites, have been widely studied for all-solid-state batteries (ASSBs). However, they undergo large volume changes during cycling, which cause accelerated performance decay of the cells. Herein, we present a comparative study of ASSBs assembled with high-strain (Li-In) and zero-strain ($Li_4Ti_5O_{12}$ (LTO)) anodes to understand the impact of anode volume changes on the chemo-mechanical degradation of composite cathodes. The Li-In-based cell suffers from severe capacity loss after 120 cycles, whereas the LTO-based cell shows a stable capacity retention as high as 76% over 200 cycles. In-depth chemical and microstructural analyses, coupled with impedance decoupling, reveal that the high-strain Li-In anode perturbs the structural integrity of the cathode and facilitates “dynamic” contacts among the cathode constituents. The resulting chemically/electrochemically heterogeneous interfaces between the NCA and $Li_6PS_5Cl$ lead to accelerated cracking of the NCA aggregates in the presence of anode-induced stresses.

**PG10B-16 | 기계적 특성이 유연한 고체전해질의 조성별 특성 평가**

이은경[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

The main challenge of ceramic all-solid-state batteries is to solve the pressurizing process essential for solid contact between constituent particles and the high pressure required during operation. In particular, the pressurizing device required for operation is a factor that also affects the energy density of the battery, so it remains a challenge to be solved in the commercialization of all-solid-state batteries. In this study, we propose various amorphous halide-based solid electrolyte compositions that have mechanical properties that are differentiated from existing solid electrolytes. We also propose an approach to evaluate its durability as an electrolyte separator along with an electrolyte composition design strategy for low-pressure operation.

**PG10B-17 | 금속 나노입자를 통해 개질된 그래핀의 열적 안정성 연구**

김경필[1], *이정우[1]
[1](재)대구기계부품연구원

We investigated how rapid thermal treatment affects multi-layer graphene containing metal particles in an oxygen atmosphere. The multi-layer graphene-coated copper nanoparticles (MGCNs) were generated through electrical explosion in isopropyl alcohol. These MGCNs typically comprise multiple layers of graphene surrounding copper nanoparticles with minimal gaps. Heating the MGCNs in oxygen gas at low temperatures (25, 100, 200, and 300 °C) caused fractures in the multi-layer graphene structure and oxidation of the copper nanoparticles. Raman spectroscopy was employed to analyze the graphene peak and its changes with varying oxygen gas temperatures. Transmission electron microscopy confirmed the impact of oxygen on the multi-layer graphene and copper nanoparticles. The structure of the copper nanoparticles was examined using x-ray diffraction, while x-ray photoelectron spectroscopy measured chemical bonding on the multi-layer graphene surfaces treated with oxygen gas. By systematically analyzing optical images, we observed changes in the morphology of multi-layer graphene, such as the formation of 0D structures and the presence of functional groups, following rapid thermal treatment in oxygen.

**PG10B-18 | GO 함량에 따른 PEMFC용 흑연/고분자 수지 복합 분리판의 기계적, 전기적 특성에 관한 연구**

황진욱[1,2], 김경원[1,2], 탁우성[1,2], 조용준[1,2], 정영근[2], *김우식[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]부산대학교

고분자 전해질막 연료전지 (PEMFC)는 산소와 수소가 반응하여 에너지를 생산하며 부산물로 물이 발생하는 친환경 수송용 에너지원이다. PEMFC의 여러 구성 요소 중, 연료전지 분리판 (BP)은 연료전지의 무게와 비용을 증가시키는 가장 큰 요인으로 작용한다. 기존 BP는 대부분 흑연 블록, 금속으로 만들었지만, 복합재의 활용은 기존 소재들보다 특성 조절이 용이하여 연료전지 활용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 페놀수지는 높은 내열성과 강도와 낮은 비용, 밀도를 가진 경화성 수지로 기계적 강도나 전기전도성이 필요한 복합재에 자주 활용된다. 흑연/페놀수지 복합재는 높은 강도와 전기적 특성을 가질 수 있으며, 다양한 2차 탄소 첨가제를 이용하여 이러한 특성들을 향상시킬 수 있다.

그 중 산화 그래핀 (GO)는 분산이 용이하며 페놀수지와 직접적인 화학적 상호작용이 가능하여 복합재의 특성을 더욱 증가시킬 수 있다. 일정한 비율로 혼합된 페놀수지와 흑연에 GO 함량을 달리하여 복합재를 제조한 뒤 기계적, 전기적 특성들을 측정 및 분석하였다. GO의 첨가는 수지와 화학적 상호작용을 통해 결합하여 화학적 특성 및 경화 거동을 변화시키는 결과를 보였다. 이는 FT-IR, Raman 그리고 TG-DTA를 통해 확인하였으며, 최종적으로 제조된 복합재의 기계적, 전기적 특성인 밀도와 굽힘 강도, 표면 저항을 측정한 결과, GO의 첨가가 수지와 상호작용을 통해 더 높은 특성들을 갖는 복합재를 제조할 수 있음을 보였다. 이를 통해 GO 뿐만 아니라 다양한 첨가제의 표면을 개질함으로써 PEMFC에 활용 가능한 BP용 소재의 특성들을 향상시킬 수 있음을 보였다.

**PG10B-19 | LGPZ garnet에 대한 소결 조건 연구**

최근지[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

The escalating demand for high-energy-density batteries driven by the rapid growth of the electric vehicle industry and smartphone technologies presents a critical challenge. Traditional lithium-ion batteries with liquid electrolytes face inherent physicochemical limitations, and adoption of Li metal anode is required to overcome it. It necessitates the development of solid-state electrolytes. Garnet materials, known for their wide electrochemical stability range and compatibility with Li metal, show promise in this context. However, creating an intimate contact between cathode active material and solid electrolyte needs high-temperature sintering and it makes difficult to put conducting agent in cathode. LGPZ, a Mixed Ionic-Electronic Conducting (MIEC) garnet can take on a role of the conducting agent when it is used in composite cathode. This study investigates the sintering of LGPZ, a Mixed Ionic-Electronic Conducting (MIEC) garnet, and its impurity issues, aiming to optimize sintering conditions.

**PG10B-20 | Correlation between Synthesis Route and Structural Properties of Li-Rich Layered Oxide Cathodes**

AHN Hongjin[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

The demand for high-energy-density lithium-ion batteries (LIBs) has increased rapidly with the growth of the electric vehicle market, highlighting the need for next-generation cathode materials with high energy density. Li-rich layered oxides (LRO) are considered attractive cathode materials due to their high energy density and low cobalt content. However, their anionic redox mechanism triggers various side effects during charging and discharging, including voltage hysteresis, voltage decay, and capacity fading. Many studies have been conducted to address these challenges, focusing on TM migration, oxygen dimer formation, and defect formation during cycling. In this study, we investigate the correlation between the synthesis route and the origin of initial problems in LRO materials, which have not been previously reported. Understanding the relationship between the synthesis and the properties of LRO materials is crucial for developing next-generation cathode materials with high energy density and improved cycling performance.

**PG10B-21 | Fe-based metal-organic framework for quasi-solid electrolytes with excellent lithium-ion conductivity and thermal stability**

NGO NHAT Minh[1], NGUYEN HAI Minh[1], *PARK Sangbaek[1]
[1]Chungnam National University

Up to now, quasi-solid electrolytes containing Metal organic frameworks (MOFs) as an active filler has a great attention due to their superior Li ion ($Li^+$) transportation kinetics and thermal stability, as well as high energy density when applied to full- cell batteries. MOFs, coordination polymers comprising metal centers and organic ligands, have highly ordered multi-stage cavity structures and ultra-high specific surface area, that can provide a unique channel for lithium-ion transport. In this study, we select Fe-based MOFs (Fe-MOFs) as the active filler for fast lithium transport, because of its proper pore size which can decrease the migration of liquid electrolyte and construct an interface transport pathway between polymer and Fe-MOFs . To achieve Fe-MOFs with specific pore sizes and geometries, we regulate the surface morphology of Fe-MOFs via controlling the synthesis parameters such as temperature and synthesis duration. As a result, we obtain Fe-MOFs with three different types of morphology: hexagonal, octahedral, and mix hexagonal and octahedral, which enables a model study to investigate the effect of pore structure on electrochemical confinement of liquid electrolyte into the structure of Fe- MOFs. In addition, we fabricate MOF-based thin separators via casting slurry containing MOFs dissolved in NMP/PVDF solution. To enhance the confinement of liquid electrolyte (LiTFSI in PC) into pore structure of Fe-MOFs, MOF-based thin separators are electrochemically activated by cycling in Li//Li symmetric cell during 10 cycles. As a result, our quasi-solid electrolytes based on Fe-MOFs have high ionic conductivity and low activation energy. Moreover, solid-state batteries assembled with $LiFePO_4$ as a cathode exhibit good rate performance and cycling stability.

Keywords: quasi-solid electrolyte, Fe-metal organic framework, pore structure

**PG10B-22 | 층상 구조 전이 금속 산화물의 전기화학적 튜닝을 통한 산소 발생 반응의 촉매 활성 향상**

이영로[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

산소 발생 반응의 높은 과전압은, 대용량 에너지 저장 시스템에 적합한 수전해를 통한 수소 생산의 상업화를 막는 가장 큰 장애물 중 하나이다. 따라서 고활성, 장수명 특성을 갖는 OER 촉매를 개발하기 위해 여러 구조, 조성의 물질들에 관한 연구가 이루어져 왔다. 이를 통해 eg 전자의 개수, Fermi level 대비 O 2p band의 위치와 같은 전자 구조가 촉매 활성과 밀접한 상관관계가 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 전자 구조를 조절하기 위해 결정 구조, 조성을 변화시키거나 산소 vacancy, strain 등을 도입하는 여러 방법이 시도되었다. 하지만 이러한 방법들은 상 안정성이 허용하는 범위 내에서만 가능하다는 제약이 있고, 촉매 활성에 영향을 줄 수 있는 다른 요인과 전자 구조 변화에 의한 효과를 분리하여 살펴볼 수 없다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 guest ions를 포함하는 화합물에서 전기화학적 방법으로 guest ion 농도를 조절하여 다양한 산화 상태의 화합물을 합성하고 이를 산소 발생 반응 촉매로 사용하였다. 이러한 방법으로 합성된 촉매들은 topotactic한 특성을 가지기 때문에 촉매 반응의 활성 자리의 전자 구조가 촉매 활성에 미치는 영향을 구조적인 요인과 분리하여 독립적으로 살펴볼 수 있다. Li2IrO3와 Ag1.5Li0.5IrO3를 model system로 삼아 guest ion인 Li과 Ag 농도를 변화시켜 체계적으로 산화 상태를 조절하였다. 두 화합물 모두 guest ion을 빼지 않은 pristine일 때 가장 높은 촉매 활성을 보였고, guest ion이 Li일 때보다 Ag인 경우가 모든 guest ion 농도에서 우월한 촉매 활성을 나타냈다.

**PG10B-23 | Redox-inactive cations 치환을 통해 구조적 안정성을 가진 P2 유형 나트륨 층상구조 산화물 양극재 연구**

이종욱[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

P2-type sodium layered oxide is one of the most widely studied cathode materials in Na-ion batteries. However, there remains a major challenge for P2-type sodium layere oxide due to slab gliding to O-type structures (O2/OP4/Z-phase) at high voltage. However, the origin of phase transition at high voltage in P2-type sodium layered oxide is still unclear while various types of slab gliding have been reported. Moreover, Li-substituted P2-type sodium layered oxides mostly show suppressed phase transition even at highly de-sodiated state. According to degree of redox-inactive elements in transition metal layers of layered structure, trend of change in slab-gliding at high voltage is shown in this work. As more alkali metal elements are substituted in transition metal layers, alleviated slab gliding in form of OP4 and maintained P2 structure are observed. The correlation between slab gliding behavior and substitution of alkali metal cations exist, and cation migration or anionic oxygen redox are also possible critical factors for this correlation.

**PG10B-24 | Unraveling the degradation mechanism of the cation-disordered rocksalt type Li-ion cathode**

PARK Jonghun[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

In order to solve the global environmental crisis, it is necessary to design a Li-ion batteries (LIBs) that can utilize earth-abundant elements while presenting a large energy density. A disordered rocksalt (DRX) structure, using 0-TM channel percolation with a 3-dimensional Li-ion diffusion path, has recently been getting attention to be used as a cathode material of that kind.
Unfortunately, DRX-type LIB cathodes experience significant capacity and voltage decay, and the precise mechanism underlying this deterioration is still unknown. With an emphasis on the alteration of the short-range order, this work describes the structural evolution of DRX-type LIB cathodes during charging and discharging.

**PG10B-25 | Synthesis and Assessment of Cobalt-Free $LiNi_{0.5}Mn_{0.5}O_2$ as Cathode Materials for Lithium-Ion Batteries**

LEE Yunho[1], *KIM Tae Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

With the increasing demand for lithium-ion batteries, the quest for economical and high-performance cathode materials has intensified. Recent progress in layered Li(Ni1-x-yMnxCoy)O2 (NMC) cathodes has focused on enhancing energy efficiency and cost-effectiveness by elevating nickel content while reducing cobalt content. However, concerns persist over the cost and environmental impact associated with cobalt. Cobalt-free LiNi0.5Mn0.5O2 (LNMO) has emerged as a promising substitute that meets these requirements. This research concentrates on synthesizing LNMO with a layered structure using a solid-state reaction method, employing hydrothermally synthesized $\beta$-MnO2 nanorods. LNMO cathodes were synthesized at various temperatures ranging from 700°C to 1000°C and thoroughly characterized for their physicochemical properties. Electrochemical analysis revealed that LNMO synthesized at 900°C demonstrated the highest discharge capacity (approximately 222mAh/g) within the voltage range of 2.5~4.6V. This discovery highlights LNMO's

potential to deliver superior energy density, positioning it as a significant player in advancing battery technology.

**PG10B-26 | Investigating relative Li distribution of individual components in Si/C-graphite blend anode during extreme fast charging**

이채린[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Fast charging performance has emerged as an important requirement for lithium ion battery because the current electric vehicles have limited driving range per charging time. The biggest obstacle to realize extreme fast charging in the conventional battery configuration is that the metallic lithium reduction occurs on the graphite anode surface. To alleviate the overpotential at the anode that causes lithium plating and further cell failure, introduction of silicon as an active material is attracting great interests in the industrial field. Since the silicon has ultra-high specific capacity which is ten times higher than that of graphite, it can reduce the thickness of the electrode while maintaining the total capacity of the electrode. However, it is necessary to check whether silicon itself is advantageous in alleviating the overpotential of the anode not only in terms of the electrode thickness but also in terms of receiving lithium in the point that the thermodynamic and kinetic properties of graphite and silicon are very different. We investigated the trace of relative lithium distribution of two components in the Si/C-graphite blend anode when kinetic limitation exists in extreme fast charging environment.

**PG10B-27 | 전고체 배터리 적용 고내열성 몰딩소재 신뢰성 평가**

*백지원[1]
[1](주)원케미컬

전고체 배터리의 고신뢰성 패키징 요소기술은 전고체 배터리 기판실장을 위해, 기판실장 공정에 대응 가능하면서 다양한 사용 환경 조건(극한/극서/고습)에서 성능 및 신뢰성 확보가 가능한 encapsulation 몰딩소재 기술을 개발하였다. 이는 실장용 외부 전극 형성 기술 등의 패키지 제조 기술과 전고체 배터리 패키지의 기판실장 공정 기술을 연계하는 기술이다. 몰딩소재의 물성 변화에 따른 전고체 배터리의 신뢰성 특성을 관찰하고 이를 통해 최적의 몰딩소재를 선정하였다. 전고체 배터리용 고내열성 몰딩소재는 에폭시 혼합수지, 경화제, 필러 및 첨가제 등의 균일한 formulation을 통해 몰딩 후 균열이 발생하지 않는 것이 중요하다. 또한 적층시 기계적 응력과 변형이 최소화되어야 하며 고온 안정성을 갖기 위해 높은 유리전이온도를 나타내야한다. 이를 위해 몰딩소재 구성 변화에 따른 물성과 신뢰성 변화를 관찰하였다.

이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 '전고체 전지개발사업'의 지원을 받아 연구되었음(No. RS-2023-00247320)

**PG10B-28 | Brand new type of cathode materials: O6-type Li-rich layered oxide**

KANG Seongmin[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

As the need for cathodes with higher energy densities grows, lithium-rich layered oxides have been introduced. However, voltage decay due to irreversible transition metal migration poses a significant challenge. To combat this, our group proposed the O2 structure, which significantly mitigates metal migration, drawing from insights gained through our research on stacking sequences. These sequences critically affect material properties, indicating that materials with unique stacking could reveal new phenomena. This led us to develop the O6 structure via an ion-exchange method from P2 sodium layered oxides. Our study first evaluates the electrochemical behavior of these samples. The O6 structure, in particular, showed exceptional capacity and cyclability, with raman spectroscopy after 50 cycles indicating its more reversible operation. The exact mechanisms behind this performance require further DFT calculations for clarity. We also explored why some P2 sodium oxides transition to O2 or O6 structures, finding that composition, especially lithium content, plays a key role. While O2 structures improve the voltage behavior from O3 structure, the O6 structure is expected to represent a new advancement, improving energy density and cyclability.

**PG10B-29 | Electrolyte additive strategy to mitigate degradation of PTFE for a Dry-processed Lithium Ion battery anode**

LEE Juhyun[1,3], HAN Seungmin[1,2], SONG Taeseup[2], LEE Jungwoo[3], KWAK Won-Jin[4], *CHOI Junghyun[5]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Hanyang University, [3]Pusan National University, [4]Ulsan National Institute of Science and Technology, [5]Gachon University

Polytetrafluoroethylene (PTFE)-based dry electrodes have attracted attention as next generation strategy due to its eco-friendliness, cost reduction, and ability to enhance electrode density. However, the lowest unoccupied molecular orbital of PTFE has a high affinity for electrons, electrochemically unstable in an anodic environment. The irreversible decomposition during the

initial lithiation process causes a lower initial coulombic efficiency (ICE) and diminishes the binding properties, which significantly deteriorating long-term cycling performance. In this work, we examined fluoroethylene carbonate (FEC) as an electrolyte additive to explore how an FEC-derived solid electrolyte interphase (SEI) influences the irreversibility of PTFE and the electrochemical stability of a dry-processed graphite. The FEC-derived SEI reduced the irreversible side reactions of the PTFE and increased the ICE. The SEI also maintained the structural integrity of the PTFE. The alleviated PTFE degradation not only achieved high cycle stability also suppressed volume changes of graphite during cycling.

**PG10B-30 | Effects of inhomogeneous oxygen redox on Li-rich layered oxides**

KIM Hyuk-Joon[1], KIM Youngsin[1], *KANG Kisuk[1]
[1]Seoul National University

Li-rich layered oxides are promising cathodes that have high energy density compared to conventional layered oxides due to extra oxygen redox reaction. However, this extra energy density comes at a price since these cathodes typically suffer from energy inefficiency problems. These issues are known to be related to the instability of oxygen redox which leads to structural degradation, including oxygen dimerization. To address the instability of oxygen redox and the resulting oxygen dimerization, we investigated the environments that oxygen redox occurs. Here, we propose a new "prismatic environment" for oxygen redox, alongside the traditional "octahedral environment," within O2-type Li-rich layered oxides. As oxygen redox occurs in two different oxygen environments within the same material, this inhomogeneous oxygen redox makes oxygen dimerization behavior that is distinct from that in conventional O3-type Li-rich layered oxides, where homogeneous oxygen redox occurs.

**PG10B-31 | MCl3 structure을 활용한 옥시클로라이드 전고체 전해질 연구**

박찬웅[1], *강기석[1]
[1]서울대학교

Solid electrolyte (SE) as a key component of All-Solid-State-Batteries (ASSBs), various types of SEs were uncovered. Interestingly pros and cons in chloride/oxide SEs intersect particularly in relation to reduction stability and mechanical property. By harnessing this view, we can potentially create an enhanced SE that stem from the synergistic combination. This paper shows the potential of enhancing the reduction stability by utilizing the unique structure that remain intact even when a substantial amount of O is introduced. By investigating different ratios of anions, the final goal is to enhance the two key attributes that affects compatibility with lithium metal.

**PG10B-32 | X-ray Nano-CT를 활용한 리튬이온배터리의 기계적 결함 분석**

이선영[1], 이다애[1], 권구현[1], 문기현[1], *김상호[1]
[1]충남테크노파크

The driving range and fast-charging capability of electric vehicles heavily rely on the 3D microstructure of LIBs(lithium-ion batteries), necessitating substantial fundamental research to optimize electrode design for specific operating conditions. Here, we presented a method to inspect the mechanical defects of pouch type LIBs through image processing method. The raw X-ray images are filtered with CLAHE(Constrast Limited Adaptive Histogram Equalization), then Radon inverse transformations are calculated to reconstruct 3D computed tomography of the battery cells. Using Haar-cascade, the ROI(Region of Interest) is targeted automatically, and the template matching is applied twice. The variations of contrast between template and background show the appropriate values for detecting tabs. It was shown that the proposed algorithm can detect all the tab inside the battery and the distances between tabs. Finally, we successfully found the geometrical defects of battery.

## PSS1A : 제22회 세라믹스 표준화 심포지엄

**PSS1A-1 | 질화규소 분말의 산소함량 분석방법 개발**

김진애[1], 이현아[1], *이연숙[1], 이동원[1], 김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

첨단 산업의 발전에 따라 부품의 소형화, 집적화 및 다기능화에 따라 구동 시 발생하는 다량의 열을 제어하는 기술이 대두되고 있다. 그로 인해 전기자동차 등 넓은 밴드갭과 높은 전력 밀도를 갖는 전력반도체(SiC, GaN 등)를 이용한 파워모듈이 많은 관심을 받고 있다. 최근 질화규소(Si3N4)는 낮은 열팽창계수, 높은 열전도율, 우수한 열충격성, 내산화성 등의 특성으로 세라믹 방열기판 소재로 주목되고 있으며, 원료 분말의 경우 벌크 질화규소 세라믹 소결체의 기계적/열적 특성을 결정하는데 매우 중요하다. 질화규소 분말의 산소 함량은 질화규소 소결체의 최종 밀도, 미세 구조, 열전도도에 중요한 영향을 미치게 된다. 기존의 표준화된 방법(ISO 17947)으로는 표면 산소량만 정량하는 결과를 산출할 수 있어 정확한 분석에 한계가 있다.
따라서 본 연구에서는 기 표준화 방법을 활용해 측정시간 및 온도를 조절해 질화규소 분말 내 산소 함량을 정량하고, 향후

최적화된 평가방법을 제시하고자 한다.

**PSS1A-2 | 비접촉식 방법을 이용한 세라믹 기판의 뒤틀림 측정 방법 표준화**

오지희[1], *이동원[2], 이세미[2], 김용남[2]
[1]광운대학교, [2]한국산업기술시험원

최근 전력반도체 응용 금속 적층 세라믹 기판, SOFC/SOEC 단전지 등 다양한 산업에서 얇은 세라믹 기판이 사용되고 있다. 특히 세라믹 기판이 대면적화 되고 박막화 될수록 세라믹 기판의 휨을 억제하여 평탄도를 향상시키는 것이 중요한 기술이다. 세라믹 기판의 휨 또는 뒤틀림은 제조, 가공, 후처리 공정 그리고 사용시의 환경 변화로 인한 열응력 등 다양한 원인으로 발생할 수 있다. 그 중 대부분 세라믹 기판의 소결 과정에서 발생하며, 세라믹 기판에 전극이 인쇄되거나 이종 물질이 동시에 소결되는 단계에서 세라믹 기판의 휨 현상이 많이 발생하는 것으로 알려져 있다. 세라믹 기판의 휨 또는 뒤틀림은 고전적인 방법인 접촉식 방법으로 측정할 수 있으나, 세라믹 기판에 프로브가 접촉 시 프로브의 좌중에 의한 영향을 받기 때문에 신뢰성 있는 측정이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 정확도를 높이기 위해 비접촉식으로 휨 또는 뒤틀림을 측정할 수 있는 평가 방법에 대한 표준화 연구를 진행하였다. 또한 시험 방법의 유효성을 확보하기 위해 접촉식 방법과 비접촉식 방법을 상호 비교하였고, 다양한 비접촉식 방법을 도입하여 뒤틀림 시험에 대한 최적화 연구 및 시험소간 평가를 진행하였다.

**PSS1A-3 | SOFC용 밀봉 소재의 접착강도 시험방법 표준화**

오지희[1,2], 오종민[1], *이동원[2]
[1]광운대학교, [2]한국산업기술시험원

최근 연료전지 중에서 고체산화물 연료전지(Solid oxide fuel cell, SOFC)는 고온에서 작동되기 때문에 다양한 연료를 사용할 수 있고 다른 시스템에 비해 고효율 시스템이 가능하여 SOFC 발전시스템에 많이 활용되고 있다. SOFC 발전시스템의 상용화를 위해서는 스택의 안정적 출력 및 신뢰성 확보가 필요하다. 즉, 셀, 밀봉재, 분리판 및 집전체로 대변되는 구성요소들이 스택에 장착되었을 때 그 기능을 최대한 발휘하면서 품질저하가 발생되지 말아야 한다. 특히 밀봉 소재는 고온 환경에서 접착 특성을 발현하는 소재로 연료전지 운전 중 전극 간 또는 단전지 간의 가스흐름을 차단하며, 구성층 사이를 접합하고, 스택 전체를 지지하는 역할을 하기 수행하기 때문에 밀봉재의 접착특성은 매우 중요하다. 따라서 고온에서 접착력을 발현하는 특징을 고려한 밀봉 소재의 접착강도를 정확하게 측정할 수 있는 시험방법의 개발이 필요하다.
본 연구에서는 인장 또는 압축 하중을 인가하여 세라믹 기반 밀봉재의 전단 접착강도를 정량적으로 평가할 수 있는 시험방법에 대한 표준화 연구를 진행하였다. 또한 밀봉재 접합부의 파괴거동을 확인하기 위해 굽힘 시험을 실온에서 분석하는 시험방법에 대한 표준화 연구도 진행하였다.

## PSS1B : 제22회 세라믹스 표준화 심포지엄

**PSS1B-1 | 내플라즈마성 YAG(Yttrium Aluminum Garnet) 분말의 화학분석방법 개발 및 최적화**

이연숙[1], 이현아[1], 김진애[1], 이동원[1], *김용남[1]
[1]한국산업기술시험원

반도체 공정 장비 내 부품이나 소재는 내열성, 내식성, 내화학성이 뛰어난 내플라즈마성 세라믹 소재가 이용되며 최근에는 경도, 내마모성, 열적 안정성이 높은 내플라즈마 소재가 많이 사용되고 있다. 이 중 YAG(Yttrium Aluminum Garnet)는 산화이트륨 대체 가능한 신소재로 부각되어 개발되고 있으나, 분석방법 표준의 부재로 인해 평가하기가 어렵다. 따라서 높은 신뢰도와 정확도의 표준화된 YAG 화학분석 평가 기술이 확보되어야 한다.
본 연구에서는 ICP-OES를 이용해 YAG 내 불순물 및 전 원소를 정확하게 정량할 수 있는 전처리 방법에 대해 개발하였고, 이에 따른 최적화된 평가방법을 제시하고자 한다. 향후 YAG 화학분석 평가 기술에 대한 표준화를 추진할 계획이다.

## PSS2A : 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술

**PSS2A-1 | 스퍼터링으로 증착된 Mo 박막의 황화 공정을 통한 이차원 $MoS_2$ 합성**

장종현[1], 최태양[1], 윤혜영[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Two-dimensional (2D) transition metal dichalcogenides (TMDs) have garnered significant attention in recent years due to its unique properties and possible applications. Molybdenum disulfide ($MoS_2$) has attracted attention among TMDs for its high conductivity, and variation in bandgap with thickness. However, synthesizing high-quality $MoS_2$ films with precise thickness control remains a challenging process. In this study, we controlled the thickness of Mo thin films using Isolated Plasma Soft Deposition (IPSD) system, which facilitates precise control over layer thickness by utilizing an isolated plasma region, thus minimizing re-sputtering during deposition. Using the IPSD system, we determined the optimal conditions for adjusting the thickness of Mo thin films to be 175W power, a working pressure ranging from 2.5 to 3 mTorr, and an argon flow rate of 40 sccm. After depositing Mo films on $SiO_2$/Si substrate by using IPSD system, we synthesized the successful growth of high-quality 2D $MoS_2$ with sulfurization and heat treatment through a finely tuned thickness. Subsequently, the characteristics of 2D $MoS_2$ successfully grown from Mo, observations were conducted through Raman Spectroscopy, and Photoluminescence (PL). The optimized 2D $MoS_2$ film is expected to be applied to next-generation flexible TFT channel layers and supercapacitors.

**PSS2A-2 | 실리콘 기판 위에 제작되는 전면 발광 Pe-LEDs를 위한 고반사 ITO/Ag/ITO 전극**

박소망[1], 정재훈[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

With the increasing demand for ultra-high-definition displays, Pe-LEDs on silicon technology has emerged as a promising next-generation display technology. Pe-LEDs, utilizing opaque silicon wafer substrates, requires a top emission structure. Achieving high efficiency in top emitting perovskite light emitting diodes requires the bottom electrode to possess high reflectance in the visible light range and a high work function for efficient hole injection. Therefore, research on the electrical, optical, and structural characteristics of the bottom electrode is essential. In this study, we investigated the optimal ITO/Ag/ITO electrode with an oxide-metal-oxide multilayer film structure for high-quality bottom electrodes. The ITO/Ag/ITO electrode was deposited on a silicon wafer using a magnetron sputtering system under various process parameters. The deposited ITO/Ag/ITO electrode was analyzed using UV-Vis, hall effect measurement system, AFM, XRD, and SEM. The optimized ITO/Ag/ITO electrode exhibits a high reflectance of 94.4 % within the visible light range, accompanied by a low sheet resistance of 0.2 ohm/sq. and a low RMS surface roughness value of 1.3 nm, demonstrating its potential for efficient hole injection as an excellent bottom electrode.

**PSS2A-3 | 투명 히터를 위한 Ga과 Ti이 도핑된 $In_2O_3$ 필름의 두께에 따른 특성**

서영은[1], 윤혜영[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Thin-film heaters (TFHs) are attracting growing interest for various applications for next generation. TFHs require high transparency, low resistance, and amorphous structures. While research has explored TFHs, there is a challenge in discovering materials that retain properties of ITO while staying amorphous. However, Ga and Ti-doped $In_2O_3$ (IGTO) emerges as a promising candidate, retaining transparency, flexibility, and low resistivity, even in amorphous states formed at low temperature due to the co-doping effect of Ga and Ti. In this study, we investigated the dependence of electrical, optical, structural, and surface properties on the thickness of IGTO electrodes grown on glass substrates by Linear Facing Target Sputtering (LFTS). By utilizing the Figure of Merit (FoM) based on average transmittance and sheet resistance, we confirmed that 300 nm ($21.76 \times 10^{-3}$ $Ohm^{-1}$) is the optimal thickness for IGTO films. The 300 nm IGTO film exhibits low sheet resistance of 20.4 Ohm/sq and high transmittance of 92.7 % at 550 nm. The 300 nm TFHs demonstrated reaching approximately 100 °C at 14 V, making them ideal for transparent heaters that sustain stable operation for 6000 s. Hence, amorphous IGTO TFHs are poised to be utilized in a wide range of applications, including smart windows and automobiles.

**PSS2A-4 | 웨어러블 디바이스를 위한 폴리우레탄 기판에 은 나노와이어가 내장된 신축성 있는 투명 전극**

이예서[1], 천호성[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

As the demand for transparent and flexible electrodes increases in areas such as solar cells and displays, the limitations of the widely used indium tin oxide (ITO)—its brittleness and high costs—call for alternatives. In response to these challenges, researchers are exploring alternative materials, including transparent conductive oxides (TCO), graphene, metal nanowires, and conductive polymers. In this study, we developed flexible/stretchable transparent electrodes using silver nanowires with excellent electrical conductivity and ductility. These AgNWs are embedded in a polyurethane matrix, which not only possesses excellent mechanical properties but also shows great compatibility with AgNWs. The electrodes were evaluated for transmittance, electrical resistance, scanning electron microscopy images, and stretching tests. The fabricated AgNW-embedded flexible transparent electrode demonstrated high optical transmittance, sheet resistance of under 40 ohm/sq, and comparable performance to conventional rigid transparent electrodes. The mechanical stability of the electrode was assessed through stretching tests, demonstrating its resilience and suitability for wearable devices. These findings provide substantial evidence supporting its potential as a viable alternative to ITO.

**PSS2A-5 | 공동 증착으로 제작된 PTFE와 Ag_Pd_Cu 혼합구조의 고신축성 전극에 관한 연구**

천호성[1], 이예서[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Materials for skin-attached stretchable electronics should possess high stretchability and biocompatibility. However, achieving both high electrical properties and structural stability in conductive films poses challenges. To address these issues, a structural-material approach is essential. First and foremost, selecting a stretchable

substrate is crucial to ensure biocompatibility in terms of physical contact with the skin. Additionally, a stretchable electrode structure was fabricated based on a polymer-mixed structure to maintain stable performance even during stretching deformation. Polymers and metals were co-deposited using a magnetron sputtering system, and stretchable electrodes with a mixed structure were fabricated by optimizing the deposition rate and time. This study analyzed the presence or absence of degradation in electrical resistance due to peeling or mechanical breakage through 10,000 repetitive stretching tests, at a strain of 30%. We compared and analyzed the benefits of the co-deposition mixture structure of Ag_Pd_Cu(APC) alloy and PTFE polymer for the fabrication of stretchable electrodes that can ultimately be used as a skin-adhesive photo-transistor array.

**PSS2A-6 | 유연 전기변색 소자를 위한 비정질 $WO_3$ 기반의 전기변색층**

박창신[1], 박승훈[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Electrochromic (EC) devices are gaining attention as a technology capable of transitioning from transparency to color and functioning as energy-saving systems. Among them, flexible EC technology has made huge progress in the electron industry. Our group researched the filmization of a flexible thin film oxide-based smart window using tungsten-oxide ($WO_3$). A 4-inch magnetron sputtering system was used to optimize the $WO_3$ films deposited on gallium and titanium co-doped indium-oxide (IGTO) transparent electrodes to form a PET/IGTO/$WO_3$ half-cell configuration. The electrochromic layer's characteristics were measured and optimized by varying the sputter DC power, operating pressure, $Ar/O_2$ gas flow ratio and film thickness. Herein, we analyzed electrochemical and composition properties by using cyclic voltammetry (CV), chronoamperometry (CA), chronopotentiometry (CP), scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). As a result, our optimal flexible EC structure exhibits a high transmittance difference of 76.32% between its bleached and colored states along with a coloration efficiency of 45.96$cm^2$/C in 0.1M $LiClO_4$ in PC. It is expected that this technology will be utilized in all-solid-state EC devices based on these results.

**PSS2A-7 | 향상된 P형 TFTs를 위한 IPSD로 제작된 Tellurium 초박막에 관한 연구**

최태양[1], 장종현[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

With the gradual collapse of Moore's Law, various technologies with diverse structures, including gate-all-around (GAA) and FinFET, are under research, yet they are facing limitations. In order to overcome these limitations, 2D materials are garnering increasing attention, with active research focused on a variety of substances including $MoS_2$, $WSe_2$. While n-type options of 2D semiconductors have been identified, the progress in developing its p-type counterparts has been constrained. Tellurium have gained substantial interest due to its p-type behavior and superior electrical property. In this study, we fabricated a large area Tellurium ultra-thin film through Isolated Plasma Soft Deposition (IPSD) system. Utilizing $O_2$ plasma pre-treatment on IPSD facilitates the fabrication of thinner tellurium films, while enabling precise control of properties and empowering high-quality thin films through in-situ annealing. Based on this system, we present an investigation into the impact of finely tuned channel thickness, ranging from 5nm to 30nm, on the operational behavior of Thin-Film Transistors (TFTs). Through fabrication of Tellurium TFTs, we reveal the potential of enhanced Te thin films using IPSD with in-situ annealing and highlights new approach of p-type 2D semiconductor.

**PSS2A-8 | 열증착공정을 이용한 $MAPbI_3$ 페로브스카이트 층이 도입된 반투명 페로브스카이트 태양전지**

임도하[1], 석해준[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Perovskite Solar Cells (PSCs) possess a high efficiency of 26% as a unit cell and properties such as being semi-transparent, flexible, light weight, and various colors. Owing to these outstanding characteristics, the PSCs can be applied to next-generation photovoltaic devices such as the roofs of electrical automobiles and building integrated photovoltaics, resulting in significant attention from both commercial and academic research. However, continuous research has predominantly relied on a solution process. The solution process leads to risks associated with the use of toxic solvents and is susceptible to heat and humidity, which poses challenges in terms of the stability and reliability of the PSCs. In this study, we have fabricated TCO/NiO/$MAPbI_3$/ $SnO_2$/TCO device architecture for

semi-transparent PSCs (ST-PSCs) employing an all-vacuum process to implement a solution-free process. Thus, we have demonstrated the performance of the ST-PSCs as a function of the thickness of $MAPbI_3$ perovskite active layer via thermal evaporation. Finally, we propose a novel approach to research aimed at realizing ST-PSCs via solution-free process.

**PSS2A-9 | 고립형 플라즈마 스퍼터링을 이용한 대면적 이차원 $MoS_2$ 증착**

윤혜영[1], 장종현[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

Transition Metal Dichalcogenides (TMDs) demonstrate exceptional flexibility, transparency, and high conductivity, making them suitable for next-generation electronic components. Among various TMD materials, $MoS_2$ stands out for its high mobility, visible light range response, and high surface area to volume ratio making it a promising candidate for various device applications. Yet, a method for the layer-controlled and large-scale synthesis of $MoS_2$ films has not been established previously. In this study, we investigated the characteristics of two-dimensional (2D) $MoS_2$ films fabricated by Isolated Plasma Soft Deposition (IPSD) system for large-scale, layer-controlled deposition and demonstrated their feasibility for use in humidity and respiration sensors. $MoS_2$ films were fabricated on a $SiO_2$/Si substrate by DC magnetron sputtering using IPSD system, while variables such as DC power, working pressure, and in-situ annealing temperature were manipulated during the deposition. Subsequently, the films underwent sulfurization in a CVD chamber to enhance its crystallinity and phase transformation. The 2D properties of the fabricated $MoS_2$ layers were confirmed through Raman spectroscopy, Photoluminescence, and transmission electron microscopy. Furthermore, we observed the response and recovery time of the humidity sensor to evaluate the sensing performance.

**PSS2A-10 | 저손상 스퍼터링 공법으로 성막한 탠덤 태양전지용 Mo-doped $In_2O_3$ 상부 투명전극 연구**

정재훈[1], 박소망[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

The tandem solar cells, including multi-photoactive layers, have been focused for exceed the single-junction perovskite solar cells with limited power conversion efficiency of 30%. To achieve successful efficiency of tandem cells, it is essential to develop reasonable transparent conductive oxides with high NIR transmittance and low sheet resistance grown by novel deposition techniques that minimize damage to the photoactive layers. Compared to directly faced plasma of magnetron sputtering, Isolated Plasma Soft Deposition (IPSD) confines high density of plasma between two linear facing targets, resulting the loss of high energy of sputtered particles. Then, the sputtered particles with low energy are deposited by diffusion, which demonstrate plasma damage-free sputtering. Accordingly, Mo-doped $In_2O_3$ thin films grown by IPSD under optimal process parameter show outstanding electrical and optical properties of 20.13 ohm/sq. and 77.69% in near-infrared region, respectively. Consequently, comprehensive analysis of Mo-doped $In_2O_3$ thin films is demonstrated, aiming to achieve breakthrough in high efficiency of tandem solar cells.

**PSS2A-11 | 전고체 전기변색소자용 $LiTaO_3$ 특성**

박승훈[1], 석해준[1], 박창신[1], *김한기[1]
[1]성균관대학교

For the next-generation technology of All-solid-state electrochromic devices (ECDs) have garnered attention. To fabricate the oxide-based electrochromic films, we used a 4-inch magnetron sputtering system to deposit the (Glass/ITO/$WO_3$/$LiTaO_3$/NiO/IGTO) structure at room temperature. All the ECDs were fabricated monolithically in the same vacuum chamber layer by layer using DC reactive sputtering for $WO_3$ and IGTO and radio frequency (RF) sputtering for NiO and $LiTaO_3$. Each layer was optimized by adjusting the $Ar/O_2$ ratio, thickness, power and operating pressure. This study aim to the influence of oxygen concentration and thickness on the properties of $LiTaO_3$ and their corresponding ECDs was focused on and studied through X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The results indicate that the as-prepared nickel and tungsten oxide films demonstrate excellent bleaching and coloring capabilities when used as half-cells in 0.1 M KOH and 0.1 M $H_2SO_4$ electrolyte respectively. Owing to each half-cells, Our fabricated ECDs structure displayed high transmittance at bleached state and an excellent transmittance modulation of more than 54 %. The bleaching and coloring response time of this device was each 35 s and 50 s.

**PSS2A-12 | 전기변색층과 상대전극의 전하밀도 제어를 통한 고내구성 전고체 전기변색 소자 제조**

신민경[1], 서인태[1], 강형원[1], 서지훈[2], *한승호[1]
[1]한국전자기술연구원, [2]고려대학교

Owing to an increase in global warming and energy issues, reducing the thermal loss and improving the energy efficiency of buildings have been an important global agenda. Smart windows, effectively reduce the energy loss by controlling the transmission of solar energy and visible light through chromogenic technology, have gained prominence. Electrochromic devices (ECDs), which can modulate their optical transmittance by reversible electrochemical reactions response to an electrical field. ECDs typically comprise TCO (transparent conducting oxide)/EC(electrochromic) layer/electrolyte/CE(counter electrode) layer/TCO. Tungsten Oxide ($WO_3$) and Nickel Oxide ($NiO_x$) are well-known electrochromic materials, and widely used as EC and CE layers, respectively. Complementary- structure ECDs exhibit a high transmittance modulation, however, their poor long-term durability is major limitation for commercialization of ECDs. In this study, we investigated the cycling stability enhancement of full ECDs by adjusting charge densities of EC and CE layers. $WO_3$ and $NiO_x$ were deposited on ITO-coated glass by reactive EC magnetron sputtering, and the deposition time was varied to control the thickness of the thin films. Subsequently, $NiO_x$/ITO/glass and $WO_3$/ITO/glass substrates were laminated with Li-based polymeric electrolyte ECDs with different charge-density ratios of 12.6, 6.4, 2.3 and 1.1. The influence of the charge-density ratio on the long-term durability of ECDs was systemically analysed based on the EC properties, microstructure, crystal structure and elemental composition of ECDs before and after device degradation. Increasing the charge-density ratio decreased the cycling stability due to changes in the microstructure and crystal structure of $NiO_x$ layer in deep-trap sites. ECD, comprised with similar charge densities of EC and CE layers, showed the most stable optical modulation and the best long-term durability.

**PSS2A-13 | Interface characteristics of highly stable semi-transparent perovskite solar cells prepared by hot pressing bonding**

LUO Fang[1], *KIM Han-Ki[1]
[1]Sungkyunkwan University

At present, the traditional deposition method for preparing perovskite solar cells (PSCs) has greatly limited the selection of materials, deposition technology and device structure. Solvent compatibility limitations and thermal budget limitations encountered during deposition can be overcome by hot pressing two half cells together in tandem. In this study, the optimum hot pressing parameters were explored. Through the influence of optimized process parameters on the interface effect and properties of PSCs hot-pressed samples, it is found that hot pressing process not only makes the perovskite grains larger and the interface smoother and denser, but also increases the contact between the layers in the PSCs structure, making it compact, thus reducing the defect density. At the same time, the electron transmission channel was increased, the interlayer resistance was reduced, and the power conversion efficiency of PSCs was increased.

**PSS2A-14 | Designing Highly Stretchable DNA Patterned Hybrid Electrodes for Wearable devices**

SREEVANYA G. V.[1], *KIM Han-Ki[1]
[1]Sungkyunkwan University

Herein, the Deoxyribonucleic acid (DNA) patterned electrodes are designed through finite element method (FEM) simulations by combining kirigami structure and biomimicry, to determine the outstanding stretchable structure. The DNA p atterned electrodes have excellent stretchability owing to the inclusion of the kirigami and patterning. The resistance change ($\Delta R$) during the stretching test is less than 0.1, when it is stretched up to 110% strain. Besides stretching, other mechanical testing like stretching fatigue test, bending fatigue test, rolling test, folding, and twisting tests exhibit a minimal change in resistance which indicates feasibility of DNA stretchable electrodes. And DNA hybrid electrodes are fabricated using APC-PTFE to compare with only Ag electrodes. This DNA electrode was used as a stretchable interconnector to examine the performance when connected to a light emitting diode. In addition, a wearable strain sensor with DNA electrode was fabricated to assess the pressure sensing properties with resistance change for humans.

Keywords: Stretchable electrodes, DNA Patterned electrodes, Hybrid electrodes, Kirigami, Shadow mask, Interconnector, Strain sensor.

**PSS2A-15 | 겔 전해질로 구성된 전기변색 거울의 내구성 향상 연구**

이지형[1], 강광모[1], 이상범[1], *나윤채[1]
[1]한국기술교육대학교

전기변색 거울에 사용되는 금속의 가역적인 전기증착법 (reversible electrodeposition of metals)은 투명한 전도성 기판 위에 금속

을 증착, 제거함으로써 반사-투명의 광학 상태를 구현할 수 있다. 특히 PVA (polyvinyl alcohol) 또는 PVB (polyvinyl butyral) 등을 첨가한 겔 전해질을 사용한 전기변색 거울은 기존의 액체 전해질 소자에 비해 전해질 누액 감소, 기계적 안정성 향상 효과를 기대할 수 있고 더 나아가 금속 입자 크기를 조절하여 다양한 색을 구현할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 Ag층이 포함된 전기변색 거울에 겔 전해질인 PVB의 첨가량을 조절하여 장기 안정성, 다양한 색 변화 효과 등 전기변색 거울의 내구성 특성 등 성능 향상을 확인하였다.

**PSS2A-16 | NbW산화물 박막으로 구성된 전기변색 소자의 장기 안정성 연구**

강광모[1], *나윤채[1]
[1]한국기술교육대학교

전기변색은 전기화학 반응에 의해 소재의 광학적 특성이 가역적으로 변화되는 현상을 일컫는다. 에너지 효율성과 지속 가능성 측면에서, 이를 이용한 전기변색 소자는 스마트 윈도우, 차량의 미러, VR용 렌즈 등 다양한 용도에 활용될 수 있다. 본 연구에서는 polyvinyl butyral (PVB)가 첨가된 겔 전해질을 사용하여 NbW 산화물 박막으로 구성된 전기변색 소자를 제작하였고, 이 소자의 전기화학 및 전기변색 특성을 평가하였다. NbW 산화물 전기변색 소자는 630 nm 파장에서 55.1%의 높은 투과도 차이 ($\Delta$T)와 약 48.3 $cm^2C^{-1}$의 변색 효율을 나타냈다. 겔 전해질을 사용하였음에도 불구하고 본 소자는 착소색시 빠른 변색 속도 (착색: 3.9초, 소색: 3.6초)를 보여주며, 10,000 사이클 이후에도 초기대비 72%의 $\Delta$T를 유지하는 우수한 장기 안정성을 확보하였다. 이 소자는 또한 가시광뿐만 아니라 근적외선 영역의 제어도 가능함을 확인하였다. 본 연구에서 제작된 NbW 산화물 기반의 전기변색 소자는 우수한 변색 특성과 탁월한 장기 안정성 측면에서 스마트 윈도우로의 활용에 적합하다고 판단된다.

**PSS2A-17 | Enhancing cyclic durability and chemical stability of $WO_3$ thin films through $Nb_2O_5$ passivation**

OH Sehyun[1], *KIM Dong Hun[1], KO Dohyun[1], YANG Jeonghun[1], NAH Yoon-Chae[1,2], KANG Kwang-Mo[1,2]
[1]Myongji University, [2]Korea University of Technology and Education

For the successful development of commercial smart windows intended for use in environments exposed to air and moisture, especially in hot climates, a large-area electrochromic thin film with exceptional cyclic durability and chemical stability is essential. In this study, we investigated the enhancement of the electrochromic performance of $WO_3$ thin films through incorporation $Nb_2O_5$, which is stable against an acid electrolyte and heated water. As the sputtering power connected to Nb target increased, leading to a higher content of $Nb_2O_5$, there was a gradual decrease in both charge density and transmittance modulation. However, the cyclic durability showed a noticeable improvement. When the as-deposited $WO_3$ thin films were immersed in heated water at 70 °C, the surface morphology underwent significant changes, and the electrochromic properties deteriorated significantly. The deterioration of the surface morphology of the $Nb_2O_5$-incorporated $WO_3$ thin films after etching in the heated water was alleviated, which led to electrochromic performances comparable to those of the unetched films. The results prove to be effective for manufacturing electrochromic devices with enhanced stability, preventing structural degradation under hot and humid conditions.

## PSS2B : 스마트 윈도우 구현을 위한 변색 유리 기술

**PSS2B-1 | Inclined Pores for Next-Generation Mechano-Responsive Smart Windows**

*CHEN Haomin[1], CHANG Gunho[2], LEE Taehee[2], MIN Seokhwan[2], SHIN Jonghwa[2], HONG Jung-Wuk[2], *JEON Seokwoo[1]
[1]Korea University, [2]Korea Advanced Institute of Science and Technology

Smart windows can potentially cut down on energy use in buildings by adjusting how much light they let through. However, the additional space for the operation of strain-activated smart windows increases with their lateral sizes, compromising the practicality. Recent attempts to solve this issue deteriorated light modulation performance. Inspired by cuttlefish, this study presents a revolutionary approach that utilizes the opening and closing of pores in 3D porous structures by compression through thickness, offering opacity and transparency upon release and compression. This change from the usual in-plane activation to through-thickness compression decouples the spatial requirement from the window's horizontal dimensions. The design's unique pore alignment not only increases the opaqueness when released but also improves sensitivity to compression, allowing for effective light control with just 50 μm of compression. This research sets a new benchmark for smart window technologies, paving the way for breakthroughs in optoelectronic devices.

**PSS2B-2 | Intense pulsed light annealing process of electrochromic metal oxide films for flexible smart windows**

SONG Gyojun[1], *KANG Minji[1]
[1]Korea Research Institute Of Chemical Technology

Electrochromic (EC) devices for smart windows have attracted significant scientific interest and undergone

rapid development. A crucial component of the EC devices is the electrochromic film, which can modulate coloration and decoloration through applied electric fields. In particular, the coating process and post-treatment technology play a key role in fabricating high-quality electrochromic films. Here we propose an efficient method to improve the electrochromic performance and stability of EC devices based on transition metal oxides. Intense pulsed light (IPL)-derived rapid photothermal treatment with metal nanoparticle additives enables the formation of EC films while reducing the drying temperature. At the same time, the post-annealing process is completed in an extremely short period and effectively suppresses undesired defects, solvent, and impurities. To prove the practical utility of the IPL process, we evaluated the electrochemical characteristics of IPL-treated EC films, which exhibited high durability and fast response times. This IPL treatment opens a promising way for the low-cost and high-throughput manufacturing of EC metal oxide films.

**PSS2B-3 | Enhanced Electrochromic Performance of rGO-WO3 Thin Film for Integrated Quantum Dot-Solar Cell Devices**

PRASAD Aryal Krishna[1], KWON Sang-June[1], *AHN Kwang-Soon[1]
[1]Yeungnam University
*Corresponding author e-mail address: kstheory@ynu.ac.kr (K.-S. Ahn) Tel: +82-53-810-2524; Fax: +82-53-810-4631

Abstract The synthesis and characterization of a composite thin film consisting of reduced graphene oxide (rGO) embedded within tungsten trioxide (WO3) is conducted to evaluate its electrochromic properties. Additionally, a novel application involving the integration of quantum dot-sensitized solar cells (QDSSCs) to power the rGO-WO3 electrochromic devices (ECDs) is demonstrated. The combination of WO3 nanostructures and rGO sheets significantly enhances the electrochromic performance of the composite thin film compared to WO3 alone. Specifically, the rGO-WO3 nanocomposite, containing 0.1 g of rGO, achieves an optimal optical contrast (%⊿T) of 66.3% and exhibits excellent optical stability with only 1.7% degradation in %⊿T, whereas the WO3 film shows a %⊿T of 52.2% with 4.2% optical degradation. The incorporation of rGO sheets into the WO3 nanostructure results in a de-agglomerated morphology, an increased electrochemically active surface area, and enhanced ion-transfer kinetics. Furthermore, the integration of QDSSCs in series yields an optimal open circuit voltage (Voc) of 1.03 V under 1 sun illumination, which is sufficient for assessing the switching performance of ECDs. The QDSSCs-assisted rGO-WO3 EC film demonstrates a significant %⊿T of 43% and a coloration time of 7s. Moreover, the QDSSCs device is subjected to varying light intensities to investigate the intensity and Voc-dependent electrochromic performance of rGO-WO3.

**PSS2B-4 | Novel Electrochromic Energy Storage Device: Molybdenum-Induced WO3 Nanostructure with Photovoltaic Functionality**

PRASAD Aryal Krishna[1], KWON Sang-June[1], *AHN Kwang-Soon[1]
[1]Yeungnam University
Corresponding author e-mail address: kstheory@ynu.ac.kr (K.-S. Ahn) Tel: +82-53-810-2524; Fax: +82-53-810-4631

Abstract In this study, we present the development of a self-powered electrochromic device incorporating molybdenum-doped tungsten oxide (WO3) to achieve enhanced performance, offering a promising solution for energy-efficient technologies. The fabrication of a defective nanostructure of WO3, enabled with molybdenum doping, is accomplished through an electrochemical co-deposition method. The resulting Mo–WO3 film is investigated for its multifunctional capabilities, serving as both an electrochromic (EC) and energy storage device (ESD). As an EC film, it demonstrates remarkable properties including an optimal optical contrast of 84.5%, minimal coloration time of 0.4 s, high coloration efficiency of 90.4 cm2/C, and excellent optical stability. In ESD applications, Mo–WO3 exhibits a low charge-transfer resistance of 7.6 Ω, a commendable capacitance of 39.1 mF/cm2, and excellent capacitance retention of 80.4%. The incorporation of Mo ions into the WO3 nanostructure induces the formation of oxygen defect sites, thereby enhancing the mobility of Li+ ions across the amorphous and deagglomerated morphology of Mo–WO3. Moreover, the EC activity of the Mo–WO3 film operates without the need for an external power source, as it is powered by an integrated quantum dot-sensitized solar cell (QDSSCs). The resulting open circuit voltage of 0.62 V from the QDSSCs effectively drives the switching operation of the Mo–WO3 EC film

## PSS4A : RLRC 수소센터 쉐프(SEHPc) : 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계

### PSS4A-1 | On the Interface Compatibly Between $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ and Liquid Electrolytes

NASIR Mohammad[1], SEO Jun[1], PARK Jun Seo[1], JUNG Seo In[1], KIM Hee Jin[1], *PARK Hee Jung[1]
[1]Dankook University

Solid-state lithium metal batteries (SSLMB) represent a promising avenue for next-generation electrochemical energy storage, offering high energy density and improved safety through the use of solid electrolytes. However, their commercial viability is hindered by the significant resistance at the electrolyte/electrode interface. One effective strategy to mitigate this issue is the integration of hybrid solid-liquid electrolytes. In this study, we introduced carbonate and ether-based liquid electrolytes at the interface of $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ and Li anode, and subsequently examined the battery performance. Our results demonstrated low interfacial resistance between $Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$ and $LiPF_6$, while encountering higher resistance with LiTFSI/$Li_{6.25}Ga_{0.25}La_3Zr_2O_{12}$. Consequently, the $LiPF_6$-based symmetric cell exhibited long-term stable cycling over 300 cycles, with a low polarization voltage of approximately 50 mV at a current density of 0.3 mA/cm$^2$. Conversely, the symmetric cell employing LiTFSI liquid electrolyte exhibited high polarization voltage and encountered short circuits after only a few cycles. These findings show the potential for advancing hybrid SSLMB through further optimization of both liquid and solid electrolyte compositions, along with improving cell structure design.

Keywords: Solid electrolyte, Liquid electrolyte, Electrolyte–electrode interface, Solid-state lithium metal batteries This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. RS-2023-00236572).

### PSS4A-2 | 금속지지형 고체산화물 연료전지의 지지체 미세구조 성능에 대한 영향

김정도[1], KAMAL Warshi Mohammed[1], *박희정[1]
[1]단국대학교

금속지지형 고체산화물 연료전지 (Solid oxide fuel cell, SOFC)는 경제적 이점과 높은 기계적강도 및 열적 내구성으로 인해 주목받고 있다. 특히, 연료전지 셀을 구성하는 지지체의 미세구조로 인한 낮은 기체확산은 금속지지형 연료전지 전기화학적 성능 저하의 원인이 된다. 폴리메틸 메타 크릴레이트 (Polymethylmethacrylate, PMMA)는 균일한 기공 분포를 가지고 있는 기공형성제로서 미세구조 제어에 효과적이다. 따라서 본 연구에서 PMMA를 지지체분말에 혼합하여 균일한 기공 미세구조를 갖는 금속지지형 SOFC 단전지 셀을 제조하였다. 다양한 기공형성제 비율 조건에서 실험하였다. 단전지 셀의 경우 지지체(NiO-$Fe_2O_3$), 음극(NiO-YSZ), 전해질(Yttria-stabilized zirconia, YSZ)을 동시에 적층하여 1350℃에서 공소결하였다. 양극(LSM-YSZ)의 경우 스크린 프린팅 공정을 사용하여 형성하였다. 본 발표에서 기공형성제에 따른 금속지지형 고체산화물 연료전지 지지체의 미세구조 변화, 그리고 이에 상응하는 전기화학적 성능을 소개하고자 한다.

(과제 사사) This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Korean government. (Ministry of Science and ICT(MSIT)) (No. RS-2023-00236572)

### PSS4A-3 | Investigation of Structure Effect on Anion Recognition using Porphyrin-based Selectors

CHOI Seung-Ho[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

Recognition of anions is gaining much interset in healthcare, biologoy, and environment applications. Specifically, acetate ($AcO^-$) in the human body can be used as a significant bioenergetic fuel for tumor cells. For this reason, monitoring $AcO^-$ concentration is crucial for gaining a understanding of cancer cell metabolism. Therefore, significant efforts have been conducted to detect anions by developing selectors which can effectively interact with anions. In this research, porphyrin-based selectors were synthesized by incorporating functional groups at the meso-substituted positions. Functional groups capable of forming hydrogen bonds with anions, such as urea, thiourea, and squaramide, were employed. Additionally, to modulate the strength of hydrogen bonding towards anions, different electron-withdrawing groups (aniline and 3,5-bis(trifluoromethyl)phenyl) were N-substituted into the dual-hydrogen bond donor moieties. The binding capabilities of these selectors were demonstrated through changes in the absorbance spectrum of the selectors upon the addition of anions. Furthermore, the porphyrin-based selectors were functionalized on polymer-wrapped single-walled carbon nanotubes to investigate the transduction of chemical interactions into electrical signals. Lastly, the study systematically examined the structure-function relationships of porphyrin-based selectors to effectively detect anions.

**PSS4A-4 | Effect of thickness of support, anode, and electrolyte layers on the efficiency of metal-supported solid oxide fuel cells**

MOHAMMEDKAMAL Warshi[1], *PARK Hee Jung[1]
[1]Dankook University

Abstract: The efficiency of metal-supported solid oxide fuel cells (MS-SOFCs) is influenced by the thickness of the support, anode, and electrolyte layers [1] . Here, we investigate the effect of varying these layer thicknesses on the performance of MS-SOFCs. In this study, MS-SOFCs are fabricated via slurry formation, tap casting, and lamination, followed by heat treatments. By systematically altering the thicknesses of the support, anode, and electrolyte layers, we evaluate their impact on cell performance metrics such as power output, electrical efficiency, and thermal management. Our findings reveal the importance of optimizing layer thicknesses to achieve maximum efficiency in MS-SOFCs. This study provides valuable insights into the design and engineering of MS-SOFCs for improving performance and enhancing sustainability energy applications.

Acknowledgment: This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Korean government. (Ministry of Science and ICT (MSIT)) (No. RS-2023-00236572)

Reference [1] Tsai, Chun-Huang, et al. “Characterization of thin metal-supported solid oxide fuel cells fabricated through atmospheric plasma spraying.” Fuel Cells , 2023; 23:292-303

**PSS4A-5 | Rhenium-doped MoS2 Nanoflowers for Improbed NO2 Sensing Properties at Room Temperature**

SEO Jae-woo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

Nitrogen dioxide ($NO_2$) is a harmful air pollutant that can cause severe damage to the human respiratory system. Various nanostructured materials have been utilized as sensing layers for the detection of trace-level $NO_2$ with high sensitivity. Transition metal dichalcogenides (TMDs) have attracted significant attention due to their large surface areas and abundant active sites. Nevertheless, their poor response and selectivity at room temperature toward target gas are the major issues for the realization of gas sensors as portable devices. In this work, we proposed an effective doping strategy to synthesize rhenium (Re)-doped molybdenum disulfide ($MoS_2$) for the development of room-temperature $NO_2$ gas sensors. Re-doped $MoS_2$ was produced using hydrothermal synthesis by adjusting the ratio of Mo and Re precursors. The Re-doped $MoS_2$ exhibited a 7.15-fold enhanced response as compared to the pristine $MoS_2$. The improved $NO_2$ sensing response is attributed to enhanced electrical conductivity due to modulated charge carrier concentrations.

**PSS4A-6 | 하소 온도에 따른 소결된 LAGP의 리튬이온전도 특성**

정서인[1], NASIR Mohammad[1], *박희정[1]
[1]단국대학교

NASICON-type $Li_{1.5}Al_{0.5}Ge_{1.5}(PO_4)_3$ (LAGP) 리튬이온전도체는 높은 대기 중 안정성과 리튬이온전도도로 인해 차세대 리튬전고체전지의 고체전해질 소재로 주목받고 있다. 하지만 비소결성으로 치밀 고체전해질 제조가 어려운 것으로 알려져 있다[1-2]. 본 연구에서 이를 위해 소결 전 하소 온도를 다양하게 제어하였다 (500 ~ 700 ℃). 하소 온도에 따라 하소 분말 입자크기는 증가하였다. 결정의 단위셀 부피는 감소하였다. 동일 조건에서 소결했을 때 700 ℃ 하소 분말 시료가 가장 높은 상대밀도를 나타내었다. 이에 상응하여 높은 리튬이온전도도 (~$1.63\times10^{-4}$ S/cm)를 보였다. 리튬이온전도도는 결정구조 변화보다는 소결 시료의 상대밀도에 크게 의존하였다. 마지막으로 직류 분극 실험을 통해 낮은 전자전도도 (~$1.63\times10^{-11}$ S/cm)를 지님을 확인하였다. 즉, 소결된 LAGP는 순수한 리튬이온전도체임을 알 수 있었다.

Reference [1] Zhu, Hongzheng, et al. "Spark plasma sintering of lithium aluminum germanium phosphate solid electrolyte and its electrochemical properties." Nanomaterials 9.8 (2019): 1086. [2] Kotobuki, M.; Koishi, M. “Preparation of $Li_{1.5}Al_{0.5}Ge_{1.5}(PO_4)_3$ solid electrolytes via the co-precipitation method.” J. Asian Ceram. Soc. 2019, 7, 551–557. (Acknowledgement) This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Korean government. (Ministry of Science and ICT(MSIT)) (No. RS-2023-00236572)

**PSS4A-7 | Enhancement of the sinterability of the bulk ceria by adding 2-dimensional transition metal-oxide sintering aids**

ZHAO Yafei[1], *PARK Hee Jung[1]
[1]Dankook University

A Solid oxide fuel cell(SOFC) is an efficient and environmentally friendly solid-state power generation device. Currently, Gd- or Sm-doped $CeO_2$s having high oxygen ionic conductivity are used as the solid electrolyte of intermediate temperature SOFC. However, they have their drawback of high sintering temperature above 1400 ℃ [1]. To address this issue, 2-dimensional(D) transition-metal oxide nanosheets as sintering aids for the ceria sintering have been used. The aim is to decrease the sintering temperature of the ceria. In this study, ceria powders have been mixed with the 2D nanosheets

by ball milling method. After drying, the sintering process at different temperatures has been followed. The shrinkage, relative density, crystal structure, and microstructure of the samples have been investigated. Reference [1] Saeed Ur Rehman, et al. " Effect of transition metal doping on the sintering and electrochemical properties of GDC buffer layer in SOFCs." International Journal of Applied Ceramic Technology. Volume18, Issue2 March/April 2021,511-524 (과제 사사) This research was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Korean government. (Ministry of Science and ICT(MSIT)) (No. RS-2023-00236572)

**PSS4A-8 | MOF 지지체를 활용한 비정질 $Cu(OH)_2$ 나노시트 복합체 합성 및 음이온 교환막 수전해 적용 연구**

김인태[1], *박유세[1]
[1]충북대학교

수소는 탄소 배출이 없는 깨끗한 에너지원으로 주목받으며 동시에 높은 에너지 밀도를 가지고 있어 화석연료를 대체할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 물의 전기분해를 통해 생산된 수소는 이산화탄소 배출이 없는 친환경적인 수소 생산 기술로 인정받고 있다. 다양한 물 전기 분해 기술 중 음이온 교환막 수전해는 기존의 알칼라인 수전해와 양이온 교환막 수전해의 장점을 결합한 차세대 수전해 기술로 각광받고 있다. 그러나 비교적 낮은 성능으로 인해 어려움을 겪고 있어 귀금속 기반 촉매를 사용해야 하는 상황이다. 이 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 비귀금속 기반 비정질 $Cu(OH)_2$와 ZIF-67로 구성된 복합체를 개발하였다. $Cu(OH)_2$는 MOF 지지체 위에 나노시트 형태로 균일하게 성장하였으며, 비정질 $Cu(OH)_2$의 많은 결함과 ZIF-67간의 상호작용에 의해 전자 구조가 초래되어 산소 발생 반응에서의 활성을 크게 향상시켰다. 개발된 촉매가 적용된 음이온 교환막 수전해 셀은 물질 전달 저항 또한 최소화하여, 귀금속($RuO_2$)이 적용된 음이온 교환막 수전해 셀 보다 우수한 성능을 보여주었다

**PSS4A-9 | 비금속 Se의 도입으로 감소하는 활성화 에너지 장벽을 통해 고활성 OER전극 개발과 태양전지의 적용**

이성준[1], *박유세[1]
[1]충북대학교

화석연료의 과도한 사용이 지구 온난화 가속에 기여함에 따라 재생 가능하고 친환경적인 에너지를 생산하는 수전해 기술이 각광받고 있다. 수전해 반응은 열역학적으로 모든 pH에서 1.23 V를 필요로 하지만, 실제 반응에서는 그 이상의 전압인 과전압이 필요하기 때문에 과전압을 낮추기 위해 고활성과 우수한 내구성을 갖춘 촉매를 개발해야 한다. 귀금속 촉매는 고활성을 보이지만, 희소성으로 인한 높은 가격 때문에 산업단위 생산에는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 상대적으로 저렴하고 자원이 풍부한 전이금속을 활용한 개발이 필요한 실정이다. 그래서 본 논문에서는 전기 도금을 통해 전이 금속인 Co, Cu를 니켈 폼(NF) 위에 전기화학적으로 성장시켰다. 전기 도금을 통해 성장시킨 후, Se powder을 통한 수열 합성을 진행했다. SEM 및 TEM 분석을 통해 전극의 형상을 확인한 결과, nanofiber한 구조를 갖는 것을 확인했고, XRD 분석을 통해 전극의 구조를 분석한 결과, CoCuSe2 구조임을 확인했다 또한, 전기화학 테스트 결과, 10mAcm-2에서 CoCuSe 는 267 mV로 CoCu(OH)2 의 294 mV에 비해 약 27 mV 과전압이 감소했다. 활성화 에너지 장벽을 아레니우스 방정식을 통해 계산한 결과, CoCu(OH)2 및 CoCuSe은 각각 152.4 kJ/mol 및 112.4 kJ/mol의 활성화 에너지 장벽을 가짐으로써 자세한 성능 향상 원인을 규명했다. 또한, 태양전지를 통한 2전극 실험을 통해 우수한 성능을 보였으며, 그린 수소 생산 가능성을 확인하였다.

## PSS4B : RLRC 수소센터 쉐프(SEHPc) : 지속가능한 수소 생산-변환 에너지 생태계

**PSS4B-2 |Controlled growth of $WO_3$ photoanode under various pH conditions for efficient photoelectrochemical performance**

유승제[1], *백성호[1]
[1]단국대학교

Herein, the effects of the precursor solution's acidity level on the crystal structure, morphology, nucleation, and growth of $WO_3 \cdot nH_2O$ and $WO_3$ nanostructures are reported. Structural investigations on $WO_3 \cdot nH_2O$ using X-ray diffraction and Fourier—transform infrared confirm that the hydrate groups are increased due to the interaction of $H^+$ and water molecule with increasing HCl volume. Surface analysis results support our claim that the evolution of grain size, surface roughness and growth direction on $WO_3 \cdot nH_2O$ and $WO_3$ nanostructures rely on the precursor solution's pH value. Consequently, the photocurrent density of a $WO_3$ photoanode using a HCl-5ml sample achieves the best results with 0.9 $mA/cm_2$ at 1.23 V vs. reversible hydrogen electrode (RHE). We suggest that the improved photocurrent density of the HCl-5ml sample is due to the efficient light absorption from the densely grown $WO_3$ nanoplates on a substrate and that its excellent charge transport kinetics originate from the large surface area, low charge transfer resistance, and fast ion diffusion through the photoanode/electrolyte interface.

**PSS4B-3 | 황화물계 고체전해질(LGPS) 내 양이온 도핑에 따른 이온 전도도 변화 : 분자동역학 기반 분석**

고혁진[1], 조민하[1], *최용석[1]
[1]단국대학교

고체전해질은 안정적인 리튬 이온 전지를 개발하기 위한 필수 부품으로 떠오르고 있습니다. 특히 과거 연구된 대표적인 황화물계 고체전해질인 $Li_{10}GeP_2S_{12}$ (LGPS)는 12 mS/cm의 매우 높은 이온 전도도를 보여, 액체 전해질과 유사한 성능을 나타내어

상당한 관심을 받고 있습니다. 하지만 더 높은 이온 전도도를 갖는 LGPS계 고체전해질을 개발하는 것은 어려운 과제입니다. 본 연구에서는 LGPS의 이온 전도도를 향상시킬 수 있는 도핑재를 모색하고자, 머신 러닝 기반 퍼텐셜(M3GNet)을 활용하여 8종(C, Co, Pb, Ti, Sb, Nb, Mn, Bi)의 도핑재에 대해 LGPS 내 양이온 치환에 따른 확산 기구의 변화를 보았습니다. 그 결과 C, Co, Pb가 이온 전도도 향상에 있어 유망한 도핑재로 예측되었습니다. 이온 전도도 향상의 원인을 밝히기 위해 확산 통로의 형상, 사면체의 회전(Paddle-wheel dynamics), 리튬의 동시 확산(Cooperative hopping)의 요인들을 고려하여 원자 구조를 분석했습니다. 앞선 세 요인들 중 사면체의 회전이 이온 전도도 향상에 가장 큰 영향을 주었습니다. 이 연구는 LGPS 유형의 고체전해질의 이온 전도도를 향상시키기 위한 최적의 도핑재를 탐색하는 데에 기여하고, 고성능의 고체 전지를 개발하는 데에 효과적인 통찰을 제공할 것이라고 기대됩니다.

**PSS4B-4 | 플루오르화 리튬 인산 철($Li_2MPO_4F$)양극재의 전이금속 종류에 따른 전기화학적 성능 비교 분석: 제일원리 및 분자동력학 기반 계산**

송재인[1], *최용석[1]
[1]단국대학교

올리빈 양극재는 사이클 진행 시 적은 용량 감소, 그리고 안정성을 보여 선호도가 높은 양극재이다. 특히 리튬인산철($LiFePO_4$)은 상용적인 전해질의 전압창에 잘 들어온다는 장점을 가져 주목받고 있으나, 낮은 전압을 가져 고출력을 기대하기 힘들다. 양극재의 출력을 향상시키기 위해 최근에 리튬인산철에 플루오르(F)를 도입하여 전압과 용량을 향상시킨 $Li_2MPO_4F$(M=Fe,V)가 등장했다. 그러나 관련된 과거 연구들은 제한된 전압창(2.5~4.5V)안에서만 성능을 측정하여 다양한 전압창 범위 하에서의 에너지밀도, 수명, 율속 등에 대한 분석이 어려웠다. 그래서 본 연구에서는 세 종류의 예시 전이금속들(Fe,V,Mn)을 활용하여 $Li_2MPO_4F$의 전기화학적 성능을 제일원리 및 분자동역학 계산을 활용하여 해석했다. 이론전압 계산, 구조안정화 후 부피비교, 확산계수 예측의 복합적인 계산을 통해 세 전이금속들 중 Fe가 가장 충방전 시 구조안정성이 높았으며, Mn의 경우 에너지밀도와 율속이 높게 예측되었다. 추가적인 전자상태밀도 함수 계산은 Mn에 의한 높은 에너지밀도가 Mn 3d 오비탈에 의해 나타남을 보였다. 이후에 진행한 Li 확산 경로 분석 결과 Mn 활용 시 Li이 다양한 배향으로 확산하여 높은 율속 특성을 보임이 확인됐다. 본 연구는 전이금속의 특성이 양극재 성능에 미치는 영향을 분석하였으며, 향후 양극재 개발 시 전이금속의 선정 방향을 제시할 수 있을 것이다.

**PSS4B-5 | Photoelectrochemical performance of ternary $WO_3$/$BiVO_4$/NiCo LDH photoanode for efficient water splitting**

KIM Dohyun[1], YOO Seung-Je[1], *BAEK Seong-Ho[1]
[1]Dankook University

As the climate crisis has been aggravated because of the excessive use of fossil fuel, the demand for green and renewable energy is ever increasing worldwide. As a result, it is crucial to secure carbon-free energy resources to meet the growing energy consumption. In general, tungsten oxide ($WO_3$) and bismuth vanadate ($BiVO_4$) has been considered as an attractive combination to construct an efficient heterojunction for photoelectrochemical (PEC) applications. Here, we report the construction of ternary $WO_3$/$BiVO_4$/NiCo LDH photoanodes with enhanced photoactivity and stability for sustainable energy production. $WO_3$ nanoplates were synthesized on a fluorine-doped tin oxide (FTO) glass substrate by the hydrothermal method and calcination. Subsequently, $BiVO_4$ nanostructures were deposited by facile spin coating. Then, we investigated the effect of NiCo LDH cocatalyst on PEC performance by controlling growth temperatures. It is verified that the optimized NiCo LDH cocatalyst in the photoanode, which enhance the charge separation and surface oxidation kinetics of photogenerated carriers. The optimum ternary $WO_3$/$BiVO_4$/NiCo LDH exhibits a photocurrent density of 4 mA/cm2 at 1.23 V versus RHE, which are a double that of $WO_3$/$BiVO_4$ heterostructure photoanode. Our work provides a facile approach to onbtain superior performance in PEC water splitting.

**PSS4B-6 | Morphological evolution of nickel-cobalt oxide using anion exchanges for hybrid supercapacitor applications**

LIM Hyo-Jin[1], *BAEK Seong-Ho[1]
[1]Dankook University

Recently, the hybrid supercapacitors (HSCs), comprising the battery–type positive electrode and capacitor–type negative electrode, have received much attention to bridge the gap between lithium–ion batteries (LIBs) and electric double–layer capacitors (EDLCs). Transition metal–based oxides have been regarded as superior battery–type materials owing to their highly reversible and fast surface redox reaction. To date, nickel cobaltite has exhibited considerable attention as novel battery–type electrode materials with high energy density. In this work, we prepared the nanowire and nanosheet structured $NiCo_2O_4$ on nickel foam using a facile hydrothermal and calcination process. We propose that an increase in carbonate anions leads to the transformation of the phase and morphology of NiCo–layered double hydroxide (LDH) nanosheet into NiCo–carbonate hydroxide (CH) nanowire via anion exchange. Each samples was retained their unique structure during

phase transformation. The nickel cobaltite with nanowire structure possessed a large surface area and exhibited a specific capacity more than 567 C $g^{-1}$. We suggest that the rich active sites and continuous channels were formed in $NiCo_2O_4$ with nanowire structure, resulting in improved redox reaction, ion-transfer, and an excellent retention performance. Consequently, the nickel cobaltite with intriguing nanowire structure will pave a new way for developing efficient electrode design for HSC applications.

**PSS4B-7 | 부분 증발을 통해 그래핀 상에 다공성 폴리머 박막으로 캡슐화된 황 나노입자를 활용한 고성능 리튬-황 배터리**

*원종호[1], 최종영[1]
[1]단국대학교

Lithium–sulfur batteries, owing to their excellent advantages (including low cost and high theoretical energy density), might be the next-generation energy storage devices. However, the low S contents in their electrodes and the shuttling effect of soluble polysulfides can significantly deteriorate their capacities and cycle lives. Herein, we demonstrate a uniquely structured composite electrode, named porous polymerized vinyl acetate (p-PVAc) thin films, to break through the “trade-off” between the energy density and rate capability. S nanoparticles were encapsulated by porous p-PVAc layers and then anchored on graphene (p-PVAc/S/G), facilitating ion exchange and electron transfer during electrochemical operations. Consequently, p-PVAc/S/G delivered a high specific capacity of 719 mAh $g^{-1}$ at 0.1 A $g^{-1}$ and exceeded even 350 mAh $g^{-1}$ at a high current density of 5 A $g^{-1}$, whereas the average Coulombic efficiency was preserved to be higher than 98.50% when repeated for more than 300 cycles at 1 A $g^{-1}$.

## PSS6A : 우주항공 및 원자력용 소재 개발 현황 및 전망

**PSS6A-1 | 사고저항성 핵연료 기술: 상온 비공정 인발-축관 적용을 통한 다층구조 핵연료 피복관의 고온 산화 저항성**

최지혁[1], 김수형[1], *윤영수[1]
[1]가천대학교

원자력 발전은 이상기후 현상등의 문제점으로 제시되는 온난화 문제를 막고, 2050년 탄소중립을 달성하기 위한 핵심적인 역할을 할 수 있는 저탄소 기술이다. 하지만, 후쿠시마 원전사고 발생에 따라 국민들의 안전성에 대한 불안감이 커짐에 따라 원자력발전은 위험한 에너지로 인식되었다. 후쿠시마 원전사고는 지진과 쓰나미로 인한 전원 공급의 중단, 냉각 시스템의 실패, 원자로 코어의 과열, Zr 기반의 합금-수증기와의 반응에 따른 다량의 수소생성, 폭발 등의 연쇄적인 과정을 통해 발생하였다. 이를 해결하기 위해 안전성 확립 및 국민이해 증진을 위해 사고저항성 핵연료 (ATF, Accident Tolerant Fuels) 2022년 07월 EU Taxonomy에 포함되었고, K-Taxonomy에도 영향을 미치며 가동원전에는 31년 기준으로의 적용을, 신규원전의 경우 바로 채택을 하도록 하고 있다. 원자로 정상 작동 범위 이상의 고온에서도 구조적 안정성을 유지할 수 있는 산화 저항성 피복관을 개발하기 위한 연구가 다수 진행되었다. 이러한 기술은 대부분 지르코늄 합금 피복관 외부에 물리적, 화학적 기상 증착법을 이용해 산화 저항성 코팅을 진행하는 방법을 채택하여 연구개발에 초점이 맞춰져 있다. 그러나, 이러한 방법들은 4 m 길이 피복관에 적용시 높은 공정비용을 발생시키고, 한계점으로는 내부에는 보호막을 형성하기 어렵다. 본 연구에서는 외·내부 산화저항성을 높이기 위해 축관-인발을 적용하여 다층구조형태의 피복관을 제작했다. 본 피복관의 산화 저항성을 분석한 경우, 1,200°C에서도 15% 이내로 산화되어 열적 안정성을 보고한다. 본 연구는 축관-인발 접근법을 통해 유일하게 2 m 길이의 지르코늄 피복관 내외부에 보호층을 형성할 수 있으며 고온 산화저항성이 우수한 것을 알 수 있다.

## PSS9A : 고효율 수소생산 촉매 기술

**PSS9A-1 | Highly Stable and Efficient 3D-Building Structure Cobalt Oxide Electrode for Anion Exchange Membrane Water Electrolyzer**

PAEK SaeYane[1,2], PARK Young Sang[1], LEE Albert S.[1], *KIM Jong Min[1]
[1]Korea Institute of Science and Technology, [2]Hanyang University

Water electrolysis is a promising technology for producing green hydrogen using intermittent renewable energy and realizing a decarbonized future. Among different electrolysis methods, anion-exchange membrane water electrolysis (AEMWE) is considered the most promising in terms of producing green hydrogen at a reasonable cost. However, to date, it has been challenging to find highly stable and robust non-PGM-based electrode materials that can operate effectively under AEMWE conditions. Here, we report highly efficient and durable non-PGM Co-based 3D woodpile (WP) catalysts for the anode (OER). The $Co_3O_4$ WP catalysts exhibit higher OER activity under alkaline conditions and excellent durability compared to commercial Co nanoparticles. Based on these findings, our approach has the potential to significantly reduce the required catalyst loading amounts while maintaining their catalytic activity and stability, providing a way to fabricate rational electrodes for AEMWE.

**PSS9A-2 | Explore Improving Water Splitting Electrode Efficiency and Stability through Heterogeneous Interfacial Property Control of Nano-Porous Structure Supports and Multi-component Catalyst Composites**

CHOI Dongin[1], CHOI Jinuk[1], SURENDRAN Subramani[1], KIM Joon Young[1,2], MOON Dae Jun[1], JEONG Goung Hwa[1], *SIM Uk[1,2]
[1]Korea Institute of Energy Technology, [2]NEEL Sciences

Modern society prefers a transition to a hydrogen economy from the rapidly depleting conventional fossil fuel resources. Electrochemical water electrolysis is one of the most effective methods for producing high-purity hydrogen without emitting harmful greenhouse gases, which involves the hydrogen evolution reaction (HER) on the cathode and the oxygen evolution reaction (OER) on the anode in the electrolyze. However, developing high-performance and cost-effective non-noble electrocatalysts is the enduring challenge in hydrogen production through electrocatalysis. Recent research endeavors have focused on enhancing the efficiency and stability of electrochemical electrodes for water splitting by controlling heterogeneous interfaces between porous support structures and multi-component catalyst composites. This study explores the possibility of utilizing porous support materials such as zeolite to optimize the performance of electrochemical electrodes for water-splitting applications. Moreover, this research aims to improve the electrocatalytic activity and durability of the electrodes for water-splitting reactions by systematically tuning the interfacial properties between the porous support structures and the multi-component catalyst composites. The investigation involves understanding the interactions at the heterojunction interface and tailoring them to promote efficient charge transfer and minimize degradation processes during water electrolysis. Through this approach, advancements in electrochemical electrode technology for water splitting are anticipated, paving the way for environmentally friendly and sustainable hydrogen production.

This research was supported by the Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE), Korea, (P0025273)

**PSS9A-3 | Enhanced Catalytic Efficiency and Stability in Water Splitting via Optimizing Electronic Structure of Ir in a High Entropy Alloy**

CHOI Seunggun[1], SUN Jooheon[1], KIM Jaeik[1], PARK Joonhyeok[1], KIM Minsung[1], PARK Hongjun[1], PARK Chanjin[1], CHA Gunwoo[1], *PAIK Ungyu[1], *SONG Taeseup[1]
[1]Hanyang University

High entropy alloy (HEA) has received significant attention due to their superior corrosion resistance and applicability for electrolysis. Herein, novel ZnNiCoIrX HEAs (X: Fe and Mn) was investigated to enhance proton-exchange-membrane water electrolysis efficiency. Utilizing facile dealloying process, we engineer nanoporous structure with high crystallinity, where Mn incorporation into HEA optimizes the electronic structure at Ir sites. This adjustment, characterized by a downshifted d-band center, weakens adsorption energy with reaction intermediates, benefiting catalytic reactions. ZnNiCoIrMn demonstrates remarkable catalytic performance, with low overpotentials for hydrogen and oxygen evolution reactions and sustained stability over 100 hours, evidenced by high stability numbers. The strategic compositional engineering in ZnNiCoIrMn not only suppresses elemental diffusion via high entropy effects but also refines the cohesive and adsorption energies, minimizing element dissolution. This study highlights the potential of HEA platforms in developing advanced electrocatalysts for sustainable energy solutions, presenting the synergy between material structure and catalytic efficiency.

## PSS9B : 고효율 수소생산 촉매 기술

**PSS9B-1 | Rapid Synthesis of Hematite Photoanodes with Enhanced Performance Using Laser Diode Photosintering**

HAN Hyobin[1], *KIM Tae Woo[1]
[1]Korea Institute of Energy Research

Hematite ($Fe_2O_3$) is a promising candidate for photoelectrochemical water splitting due to its narrow band gap (~2.1 eV, corresponding to solar to hydrogen conversion efficiency 12.9%) and structural and chemical stability under alkaline conditions (〉 pH 13). In the synthesis of hematite photoelectrode, conventional synthesis methods using electric furnaces face challenges regarding reliability and time efficiency. In this study, we employed a photosintering method utilizing a laser diode address these issues. This facilitates the rapid synthesis of hematite photoanodes at 780℃ within minutes, as confirmed by X-ray diffraction (XRD) analysis. Under photoelectrochemical performance

condition (1sun, 1M NaOH, pH 13.6), the photocurrent density of the photosintered films was approximately exhibited 2-fold higher than that obtained from the conventional method reported by previous researches[1]. Moreover, the present photosintering method enables facile doping with various elements such as Zr, Pt, and Ti in a tetravalent oxidation state, thereby offering enhanced ease of processing.
[1] J. Phys. Chem. B, 2005, 109, 13685-13692 Key word: Photoelectrochemical water splitting, Rapid sintering, Photoanode, Hematite

**PSS9B-2 | 향상된 수소 발생 반응을 위한 이온 삽입 1T/2H-$MoS_2$ 촉매의 설계 및 합성**

**Design and Synthesis of Ion-Intercalated 1T/2H-$MoS_2$ Catalyst for Enhanced Hydrogen Evolution Reaction**

SUNG Jae Min[1,2], ALI Ammad[1], LEE Mi Hye[1], PARK Kee-Ryung[1], JEONG Da-woon[1], KIM Bum Sung[1], HWANG Haejin[2], *SONG Yoseb[1]
[1]Korea Institute of Industrial Technology, [2]Inha University

The two-dimensional transition metal dichalcogenide Molybdenum disulfide ($MoS_2$) is a promising candidate for high-performance hydrogen evolution reaction (HER) catalysts due to its tunable electronic properties, cost-effectiveness, and abundant resource availability. $MoS_2$'s crystal structure includes metastable 1T, stable 2H, and unstable 3R phases. By combining the high electrical conductivity of 1T $MoS_2$ with abundant catalytic active sites and the stability of 2H $MoS_2$, ion-inserted 1T/2H-$MoS_2$ with increased interlayer spacing enhances catalytic activity. A combined approach of solvent thermal method and thermal reduction process is employed for synthesis, resulting in superior catalytic activity and enhanced ion transfer kinetics. This research provides valuable insights for developing $MoS_2$-based catalysts with increased interlayer spacing, contributing to efficient and cost-effective catalysts for hydrogen production in renewable energy.
KEYWORDS Electrocatalysis, Catalytic activity, Increased interlayer spacing, Hydrogen evolution reaction, Molybdenum disulfide

**PSS9B-3 | 일산화탄소 산화용 백금에 대한 산화철 오버레이어의 효과과**

*이시원[1]
[1]국립한밭대학교

The influence of iron oxide, $FeO_x$, on Pt for CO oxidation was investigated. A film of $FeO_x$, nominally 0.8-nm thick, was added to a Pt/$\gamma$-$Al_2O_3$ catalyst by atomic layer deposition. The film was found to wet the Pt surface after oxidation at 773 K and 973 K, as shown by aberration-corrected, transmission electron microscopy. In-situ infrared spectra and CO chemisorption measurements showed that the addition of the $FeO_x$ greatly suppressed CO adsorption but enhanced CO oxidation rates due to $FeO_x$-Pt interfaces. The $FeO_x$ layer also improved the stability of the catalyst by mitigating the sintering of Pt particles at 973 K.

## PSS10A : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용

**PSS10A-1 | MXene Electrodes with Polymer Lamination for Enhanced Stability in Diverse Environments for Field-Driven Electronic Applications**

KIM Woojoong[1], KIM Gwanho[1], OH Ji Hye[1], *PARK Cheolmin[1]
[1]Yonsei University

In this study, we introduce transparent and flexible electronic devices based on MXene electrodes coated with a polymer layer, offering superior oxidation resistance. The application of a thin polymer coating on the MXene electrode ensures its stability in environmental conditions, maintaining its transparency even after exposure to air for more than a week at elevated temperatures (up to 70°C) and humidity levels (up to 50%). This innovation in polymer-laminated (PL) MXene electrodes paves the way for the creation of various photoelectronic devices powered by field effects. Utilizing both organic and inorganic phosphors in conjunction with PL-MXene electrodes, we have successfully developed electroluminescent displays that boast remarkable mechanical flexibility and clarity. Moreover, our PL-MXene electrodes have been employed in the design of capacitive-type pressure sensors and triboelectric nanogenerators, culminating in the advent of field-driven devices for sensing and energy harvesting with unparalleled operational dependability.

**PSS10A-2 | 산화바나듐을 사용한 고순도 MAX 합성 공정**

이도연[1], *권한중[1], 송재민[1], 서준기[1], 양준열[1]
[1]전북대학교

2차원 나노소재인 MXene은 그래핀보다 우수한 전기전도도를 가지며 유연성 및 흡착 특성 또한 뛰어나 전자파 차폐, 이차전지, 수처리 등 다양한 분야에서 적용이 시도되고 있다. MXene 제조용 MAX 전구체는 전이 금속(M), 13-14족 원소(A), C 또는 N(X)로 구성되며, MAX에서 A층을 선택적으로 에칭하면 MX층으로 이루어진 2차원 MXene이 제조된다. 하지만 MXene의 여러 우수한 특성에도 불구하고 전구체인 MAX 합성 과정에서

고가 전이 금속이 사용되는 이유로 소재 가격이 비싸 상용화가 어려운 실정이다. 따라서 MXene 상용화를 위해서는 MAX 합성 공정비용을 절감하는 것이 필수적으로 본 연구에서는 바나듐 금속을 사용하지 않고, 저가 산화바나듐을 원료로 고순도 MAX ($V_2AlC$, $V_4AlC_3$) 상 합성 공정을 수립하고자 하였다. 열역학 계산을 통해 알루미늄과 탄소의 적정 비율을 예측하여 고순도 MAX를 성공적으로 합성하였다. 또한 합성된 MAX 전구체를 사용하여 MXene 제조 후 C/V 비율에 따른 에칭 거동 변화를 비교 평가하였으며 DFT (Density Functional Theory) 계산을 통해 에칭 거동 차이의 원인을 분석하였다. MAX 및 MXene 원료비용 절감이 가능한 본 개발공정은 MXene 상용화에 기여할 것으로 사료된다.

**PSS10A-3 | Oxidation Mechanism of Mo-based Single and Bimetallic Carbide MXenes in Aqueous Suspensions**

NOUSHAD Hussain[1], *KOO Chong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

Molybdenum-based MXenes, like other MXenes have significant importance due to their unique properties and many useful applications. Herein, we investigate the oxidation mechanism of aqueous suspensions of $Mo_2CT_x$, $Mo_2TiC_2T_x$, and $Mo_2Ti_2C_3T_x$ MXenes. During oxidation the $Mo_2CT_x$ MXene, instead of crystalline Mo-oxides produced amorphous product with Mo ions. $Mo_2TiC_2T_x$ and $Mo_2Ti_2C_3T_x$ MXenes also did not produce crystalline Mo-oxides, but they produced highly crystalline anatase $TiO_2$ and Mo containing amorphous products. When the oxidized $Mo_2CT_x$ MXene powder was annealed at higher temperature then the amorphous Mo-containing product transformed into highly crystalline $MoO_2$ crystals. These findings suggest that the formation of crystalline Mo-based oxides requires higher activation energy during oxidation than $TiO_2$. These findings also helps as a guide to analyze the oxidation of Mo-based MXenes comprehensively and accurately in real applications.

**PSS10A-4 | Flexible, robust, and highly conductive MXene/carbon nanotube (CNTs) film for IR shielding and detection applications**

TUFAIL Hassan[1], *KOO Chong Min[2]
[1]Sungkyunkwan University

The development of multifunctional materials is a topic of considerable interest for highly integrated electronic devices. In this study, a bi-layered film composed of carbon nanotubes (CNTs) and MXene was fabricated using the vacuum-assisted filtration method, with varying MXene content. The resulting film, with a CNTs/MXene ratio of 1:1 wt.%, demonstrated a high electrical conductivity of 4200 S/cm and low IR emissivity of 0.9. The hybrid film also shows excellent capability as an IR detector. Additionally, the film exhibited excellent tensile strength of 77 MPa and flexibility, with good retention under harsh environmental conditions. The combination of higher strength, excellent IR shielding, and detection capability makes this film suitable for various applications, including aerospace, military, automotive, and medical applications.

**PSS10A-5 | Preparation of $Ti_3$ $C_2$ $T_x$ MXene Epoxy Composite for Multifunctional Application**

NAQVI Shabbir Madad[1], *KOO Chong Min[1]
[1]Sungkyunkwan University

MXene has been getting much attention as filler in polymer composites because of their remarkable electrical conductivity. However, achieving good dispersion of $Ti_3C_2T_x$ MXene in polymer matrix remains an obstacle. Herein, we report $Ti_3C_2T_x$ MXene nanocomposite overcoming these obstacles by functionalization of $Ti_3C_2T_x$ which significantly enhances epoxy-$Ti_3C_2T_x$ MXene interactions. An exceptional increase in EMI shielding, thermal conductivity, Joule heating, and mechanical properties is achieved with low volume percent loading of $Ti_3C_2T_x$ MXene. These findings are attributed to the well-connected $Ti_3C_2T_x$ network inside epoxy matrix providing superior Joule heating, mechanical and EMI shielding properties which provides robust composite for next-generation electronic devices

## PSS10B : 탄질화물 세라믹 기반 2차원 나노소재(MXene) 합성 및 응용

**PSS10B-1 | High Conductive MXene/Polyurethane: Advanced EMI Shielding and Joule Heating Properties**

JEONG Seunghwan[1], *KOO Chongmin[1]
[1]Sungkyunkwan University

As recent advancements in electronic devices lead to increased miniaturization and ultra-compact designs, issues related to electromagnetic interference (EMI) have become increasingly serious. In response to this, MXene has garnered significant interest as a next-generation EMI shielding material because of high electrical conductivity. Simultaneously, It enables selective partial coating due to its excellent solution processability. On one hand, By utilizing a greater quantity of aluminum, the primary cause of defects during the synthesis process of MAX precursors for MXene, it becomes possible to obtain highly crystalline MXene, thus achieving significantly enhanced properties. Here, we have utilized

MXene and polyurethane(PU) to create more outstanding composite films for high performance EMI shielding. The resulting MXene/PU composite was demonstrated to exhibit remarkedly enhanced electrical conductivity attributed to the highly crystalline MXene and its segregated structure. Consequent to this exceptional efficiency in shielding electromagnetic waves was achieved. Additionally, the exceptional conductivity of the composite results in outstanding Joule heating properties in terms of high temperature, long-term stability.

**PSS10B-2 | 전자기파 차폐 적용을 위한 맥신/탄소나노튜브 필름**

조수영[1], *구종민[1], *HASSAN Tufail[1]
[1]성균관대학교

With the current advancement in telecommunication and electronic devices, electromagnetic interference (EMI) shielding technology has garnered significant attention. Consequently, techniques for EMI shielding have been advancing, with MXene demonstrating particularly promising EMI shielding results. In this study, to further maximize the EMI shielding effect, $Ti_3C_2T_x$ MXene is filtrated onto a Carbon Nanotube (CNT) film to produce an MXene/CNT Layer by layer film. In this process, high-crystalline MXene is utilized with CNTs film to form layer by layer film for EMI shielding applications. Subsequent measurement of the EMI shielding characteristics reveals that the EMI shielding effect is significantly greater than that of a typical CNT film. Furthermore, the study confirms that the electromagnetic wave shielding effect remains largely unchanged even under external thermal and physical shocks.

## PSS11A : 시멘트*콘크리트 광물탄산화 CCU 기술 심포지엄

**PSS11A-1 | 화학적 첨가제를 통한 석회석-소성점토 혼합 시멘트 ($LC^3$)의 수화반응과 역학적 성능 증진 평가**

정성진[1], *문주혁[1]
[1]서울대학교

시멘트 대체재를 이용한 시멘트 사용량 감축은 시멘트 산업계에서의 탄소 배출량을 저감 시키는 가장 효과적인 전략 중 하나이다. 석회석-소성점토 혼합 시멘트 ($LC^3$)는 시멘트 사용량을 최대 45~50%까지 저감 시킬 수 있는 동시에 양생 후기에서의 역학적 성능은 기존 시멘트 기반의 건설재료에 준한다. 또한, $LC^3$는 플라이 애시 및 고로 슬래그와 같이 현 시멘트 업계에서 많이 사용되는 산업 부산물들 대비 매장량과 전세계 분포도 측면에서 우수하여 전세계적으로 탄소 배출 저감형 건설재료로서 각광받고 있다. 하지만, $LC^3$는 1일에서 7일 사이의 초기 역학적 성능은 기존 시멘트 기반의 건설재료에 비해 많이 떨어지며, 고성능 유동화제와 같은 추가적인 첨가제들을 필요로 한다. 따라서, 본 연구에서는 $LC^3$의 유동성을 올려주는 동시에 수화반응의 화학적 증진을 유도시키는 특수한 첨가제를 투입하여 $LC^3$의 작업성 확보와 역학적 성능 증진도를 평가하였다.

## PSS12B : 소재부품장비 세라믹 협력 심포지엄

**PSS12B-1 | Study of N2-H2 Plasma Inhibition Effect on PEALD $SiO_2$ Bottom-up gap-fill**

KIM Kihun[1], *LEE Jaichan[1]
[1]Sungkyunkwan University

In order to reduce manufacturing costs and improve electrical performance, the dimensions of semiconductor devices have been continuously decreasing for decades. In the gap-fill process for isolation, the seam and void formation cannot be suppressed by using a deposition process, which even has excellent step coverage.[1] This study proposes a method for implementing Bottom-up gap filling in high aspect ratio trench patterns by selectively inhibiting the growth of the $SiO_2$ PE-ALD process using $N_2$ and $N_2$-$H_2$ plasma pretreatments. The $SiO_2$ film was deposited via atomic layer deposition (ALD) using Diisopropylamino silane (DIPAS) as the Si precursor and oxygen as the reactant, within a low-temperature range of 50~200°C.

During this procedure, the growth of the $SiO_2$ PE-ALD process was restricted through individual pretreatments with $N_2$ and $N_2$-$H_3$ plasma, a process which was further confirmed via Spectroscopic Ellipsometry (SE) analysis. Additionally, the characteristics of the $SiO_2$ PE-ALD process gap fill, contingent on the process conditions of the $N_2$ and $N_2$-$H_2$ plasma pretreatments, were investigated through Transmission Electron Microscopy (TEM) measurements.

The results revealed that the $N_2$-$H_2$ inhibition had a GPC that was approximately 60% lower than the $N_2$ Inhibition. Furthermore, the pattern gap fill results demonstrated a stronger inhibitory effect with the $N_2$-$H_2$ mixed gas compared to the $N_2$ gas. This study confirms the successful achievement of a smooth gap fill process in high aspect ratio trench patterns.

## PSS14A : 산화물 기반 소재 및 소자 연구회 심포지엄

**PSS14A-1 | Metal-insulator transition in $VO_2$ thin films by a post-annealing process**

LIM Sang Myun[1], CHOI Yeong Uk[2], AHN Hyun Soo[2], JUNG Jong Hoon[2], *LEE Jung-Woo[1]
[1]Hongik University, [2]Inha University

$VO_2$ thin films demonstrate metal-insulator transitions

near room temperature, making them promising candidates for various electronic and optical applications such as memory devices and smart windows. Achieving a sharp transition between the metallic and insulating states is crucial for enhancing device performance, necessitating precise control of the vanadium-to-oxygen ratio to produce stoichiometric $VO_2$. In this study, we explored the metal-insulator transition in $VO_2$ thin films prepared via a post-annealing process. Initially, amorphous precursor films were deposited using magnetron sputtering, followed by annealing in a furnace to produce crystalline $VO_2$ thin films. We investigated the electrical properties and metal-insulator transition behavior of these films on different substrates, including $TiO_2$ single crystal, sapphire, and glass. The crystallinity, orientation, and electrical characteristics of the $VO_2$ films in relation to different annealing conditions and substrate types will be discussed.

**PSS14A-2 | Highly Crystalline Ferroelectric Oxide Membranes for Energy Harvesting**

SHEERAZ Muhammad[1], KIM Jiwon[1], AHN Chang Won[1], *KIM Ill Won[1], *KIM Tae Heon[1]
[1]University of Ulsan

Energy harvesting, a process where mechanical energy is transformed into electrical energy, is fundamental for sustainable and eco-friendly renewable energy development. Among the energy harvesters, piezoelectric energy harvesting is a method where the electric charges are generated/produced by mechanical stress and subsequently stored. Thus, this method has drawn considerable interest in the research community. Conventionally, ferroelectric/piezoelectric films are grown directly onto flexible substrates without maintaining an epitaxial relationship. This often results in films with a textured or poly-crystalline structure due to structural differences between the film layers and the underlying substrates. The key challenge lies in achieving high energy-conversion efficiency with these films, as they often lack the crystalline quality required for optimal performance. In this work, we fabricate highly crystalline freestanding $SrRuO_3$ membranes using new infinite-layer $SrCuO_2$ sacrificial layers. Owing to the high crystalline quality of the freestanding membranes on non-perovskite substrates (i.e., Si, and highly flexible metal foil), we developed a heteroepitaxial relationship of ferroelectric films with the freestanding $SrRuO_3$ membranes via pulsed laser deposition and sol-gel techniques. The resulting ferroelectric/oxide heterojunctions exhibit high crystallinity comparable to epitaxial thin films. Notably, the energy-conversion efficiency for piezoelectric energy harvesting is significantly enhanced in these ferroelectric/oxide membranes on metal foils compared to conventional piezoelectric energy harvesters with poly-crystallinity. Detailed information on the fabrication of highly crystalline flexible piezoelectric membranes and their results will be presented in the presentation.

**PSS14A-3 | Mapping the low tolerance factor $Bi(Li_{1/3}Zr_{2/3})O_3$ end member and MPB composition nexus in $Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$-based ceramics**

SHEERAZ Muhammad[1], ALI Sabir[2], YUN Won Seok[3], *ULLAH Amir[2], KIM Ill Won[1], *AHN Chang Won[1]
[1]University of Ulsan, [2]University of Science and Technology, [3]Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology

The structural stability of an end member $Bi(Li_{1/3}Zr_{2/3})O_3$ was calculated by a first principal method and lead-free perovskite piezoelectric system $(1-x)Bi_{1/2}Na_{1/2}TiO_3$-$xBi(Li_{1/3}Zr_{2/3})O_3$ ($0 \leq x \leq 0.05$ [(1-x)BNT-xBLZ] was synthesized. Rietveld analysis of the XRD data shows the coexistence of rhombohedral (R3c) and tetragonal (P4bm) phases for the compositions (x = 0.01 and 0.02). A remarkable shift in the transition temperature ($T_{F-R}$) below room temperature was observed with increasing BLZ content. In the vicinity of the coexistence between rhombohedral and tetragonal phases, the sample with x = 0.02 exhibits enhanced remnant polarization ($P_r$ ~34 $\mu C/cm^2$) and an optimal direct piezoelectric coefficient ($d_{33}$ ~107 pC/N) attributed to the reduction of energy barriers for polarization switching. However, further addition of BLZ manifested a coexistence of nonergodic and ergodic relaxor phases at or near room temperature, particularly for the x = 0.03 composition, which exhibits a maximum electrostrain of 0.13% with normalized strain ($S_{max}/E_{max}$ = 173 pm/V). Furthermore, a relationship between the tolerance factor (t) of end members and the morphotropic phase boundary (MPB) compositions was explored, which provides valuable insight into the specific range of tolerance factors for MPB compositions. It was found that the t value associated with the formation of the MPB is confined to a relatively narrow range (t = 0.9750-0.9757) in (1-x)BNT-xBi(M1M2)$O_3$ systems featuring low tolerance factor end members. These findings offer a valuable reference point for swiftly identifying the approximate region where the MPB is likely to occur in newly designed solid solutions.

## PSS15A : 미래 대응 바이오헬스소재 심포지움

### PSS15A-1 | 키토산 코팅된 PLA/Poloxamer 나노 입자를 이용한 암 세포 사멸 및 화학 면역 요법 효과 증진

조성현[1,2], 이진실[2], 최원일[2], 박세영[2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

Cancer, a key factor in declining global life expectancy, has prompted the integration of chemotherapy and immunotherapy to combat multidrug resistance and influence the tumor microenvironment. We developed a novel vaccine delivery carrier, chitosan coated polylactic acid/poloxamer nanoparticle (CPP NP), for easy and simple co-encapsulation of an anticancer drug and antigen without any chemical conjugation process for the effective and synergistic cancer chemo immunotherapy. The CPP NP synergistically induced efficacy through paclitaxel (PTX), an immunogenic cell death inducing chemotherapeutic agent, ovalbumin (OVA), which is model antigen, and enhanced cellular uptake by chitosan.

To investigate new chemo-immunotherapeutic drugs efficacy in a tumor-bearing mouse model, E.G7-OVA was injected S.C at flank of mouse and C57BL/6 mice were injected twice 2-week intervals. Cell-mediated immune responses were assessed using IFN-$\gamma$ ELISpot assay and Tetramer staining to analyze antigen-specific cytotoxic T lymphocytes by FACS. The results showed that the group of immunized mice injected with PTX/OVA@CPP NPs efficiently recognized cancer and induced antigen-specific cytotoxic T cells, and the PTX/OVA@CPP NPs showed potent synergistic tumor suppression. These findings demonstrate that PTX/OVA@CPP NPs show potential as new chemo-immunotherapeutic agents for effective cancer treatment.

### PSS15A-2 | Development of pH-responsive Calcium carbonate Particles for Immune-Stimulating Drug Delivery System in CD44 highly expression Cancer Therapy

민아란[1,2], 조성현[1,2], 김수연[1,2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

Current chemotherapy to treat cancer has limited efficacy with significant side effects. To maximize anticancer treatment, doxorubicin and imiquimod were encapsulated in calcium carbonate particle, and the drug-encapsulated calcium carbonate particles were coated with hyaluronic acid. Calcium carbonate particles coated with hyaluronic acid are induced into the environment of a tumor overexpressing CD44, and the calcium carbonate particles in the weakly acidic tumor environment are decomposed and the encapsulated drugs doxorubicin and imiquimod are released to suppress the tumor. Also, it is designed to treat tumors by activating antigen-presenting cells. Calcium carbonate particles were generated through the reaction of Na2CO3 and CaCl2, and size adjustment was performed by changing various additives and different conditions. The manufactured calcium carbonate particle was characterized through analysis of particle size, crystallinity, and surface elements. The encapsulation efficiency of DOX and IMQ in calcium carbonate particles was confirmed through HPLC analysis. HA coating was confirmed on the particles by checking the surface charge through zeta potential analysis. The final drug carrier was confirmed to release DOX and IMQ drugs in an acidic environment (tumor microenvironment). To confirm the cellular safety, cytotoxicity assays were performed on murine dendritic cell lines via MTT assay. The final drug carrier was evaluated for immune activity by measuring the secretion of cytokines in murine dendritic cell lines. Analysis of anti-cancer efficacy will need to be confirmed through animal models in the future, and if positive results are obtained in animal models, it suggests that the calcium carbonate particles developed in this study have potential as an immune-stimulating drug delivery system for cancer treatment.

### PSS15A-3 | 항원제시 효율향상을 위한 키토산을 활용한 알루미늄 기반 암백신의 개발

조성현[1,2], 민아란[1], 박세영[2], 이진실[2], 최원일[2], *이영란[2]
[1]충북대학교, [2]한국세라믹기술원

Tumor vaccines are developed by enhancing immunity and promoting the recognition of tumor antigens. In this study, we are prepared vaccine candidate (AlNP-LBL) for tumor, aluminum nanoparticles coated with antigen(ovalbumin) and chitosan by ionic bonding between chitosan polymers and aluminum nanoparticles. To investigate immune response of AlNP-LBL in animal model, C57BL/6 mice were injected intramuscularly twice 2-week intervals. For analysis of humoral immune response, at 5 days after the last injection, blood serum was taken from the immunized mice and antigen-specific IgG antibodies were measured by ELISA. As a results, it was confirmed that more OVA-specific IgG antibodies were produced in the injected with AlNP-LBL than in the control group. To investigate cell-mediated immune response, splenocytes were obtained from the immunized mice. Then, we performed ELISpot assay and Tetramer staining for the analysis

of antigen-specific cytotoxic T lymphocytes (CTL). The results showed that, similar to the humoral immune response, the group of immunized mice injected with AlNP-LBL efficiently recognized tumor and induced antigen-specific cytotoxic T cells. Finally, to investigate tumor vaccine efficacy in mouse model, C57BL/6 mice were injected intramuscularly twice 2-week intervals, then EG7-OVA was injected S.C at flank of mouse. As a result of the antitumor activity, it was confirmed that tumors were effectively suppressed in the immunized with AlNP-LBL. These results demonstrated that AlNP-LBL induces humoral and cellular immune responses in vivo and excellent effective in preventing tumors. Furthermore, it is expected to be highly effective as a tumor vaccine candidate.

**PSS15A-4 | On-demand drug release from silica-coating hydrogel activated by micro-vibration**

KIM Seo-yoon[1,2], *PARK Jang-ung[2], *KIM Byoung-soo[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, [2]Yonsei University

Transdermal drug delivery systems (TDDS) offer a painless drug administration method through skin patches. Hydrogel patches, a notable TDDS variation, stand out for their skin hydration benefits and effective pharmaceutical delivery. To address commercialization challenges, we introduce a groundbreaking glycerogel matrix, designed to overcome moisture evaporation, enhance adhesion in wet environments, and precisely control drug release. This matrix, featuring wet-adhesive properties, resilience to drying, and high toughness, facilitates prolonged skin contact and improves drug absorption. Combined with a micro-vibrator film, it stimulates skin microcirculation, ensuring rapid adherence in wet conditions within 10 seconds. Adhesion strength is influenced by silica nanoparticle size and composition. The vibrator-assisted drug release creates synergy, enhancing drug dispersion, skin penetration, and absorption, resulting in faster release and achieving therapeutic goals more efficiently. This integrated approach represents a novel paradigm in controlled drug release, allowing precise modulation of therapeutic dosages for improved transdermal drug administration.

**PSS15A-5 | 체내 항원전달 효율성을 위한 친환경공법 수산화알루미늄 나노입자의 개발**

민아란[1,2], 김승연[2], 김수연[1,2], 조성현[1,2], *김성중[2], *이영란[2]
[1]충북대학교 약학과, [2]한국세라믹기술원

백신은 감염병이나 만성질환에 인공적으로 면역을 유도하기 위하여 생체 내에 투여하는 항원 종류의 하나로, 항원을 체내 효율적으로 전달하면 체액성 면역반응 또는 세포매개성 면역반응이 잘 유도되어 감염병이나 만성질환에 대하여 예방 및 치료를 할 수 있다. 이때에 항원을 효율적으로 전달하는 방법으로 항원과 함께 다양한 전달체를 사용하게 되는데, 본 연구에서는 항원전달체로 산/염기없는 조건의 안전한 수열합성법을 통해 수산화알루미늄 또는 알루미나 나노입자를 합성하였으며, 건조된 나노입자를 함량별로 증류수에 분산시킨 후 친수성 고분자를 첨가하여 분산성이 향상된 나노입자 용액을 제조하였다. FT-IR, 제타포텐셜, SEM, DLS 등을 통해 나노입자를 분석하였으며, 상용화 제품과 비교하여 유사한 화학구조 및 표면전하를 가지는 것을 확인하였다. 분산성이 향상된 알루미나 나노입자는 항원의 흡착 정도를 조사한 후에 세포수준에서의 안전성과 항원제시능력을 평가하였다. 나노입자의 항원 흡착 정도는 이온결합을 통해 항원(ovalbumin, OVA)과 알루미나 나노입자 결합체를 만들었고, 흡착 정도는 흡착되지 않은 항원을 BCA를 활용하여 정량한 후 계산하여 확인하였다. 알루미나 나노입자의 세포독성은 수지상세포에 나노입자를 처리한 후, MTT assay를 진행하였다. 수지상세포의 독성이 없는 처리 농도에서 항원이 흡착된 알루미나 나노입자 복합체를 탐식한 수지상세포 항원제시능력을 평가하였다. 수지상세포에 나노입자 복합체를 탐식시킨 후, 수지상세포 표면에 제시된 항원에피톱을 인식하면 IL-2를 분비하는 CD8-OVA T 세포를 함께 배양한 후, 배양액에서 IL-2 사이토카인을 ELISA로 분석하여 정도를 평가하였다. 항원 흡착 알루미나 나노입자는 액상 항원보다 수지상세포에서 항원제시가 월등하게 잘 되는 것을 확인하였다. 개발 소재의 항원 흡착 효율의 현재 수준이상으로 향상과 동물모델에서의 평가를 통해 현재 수입되고 있는 항원 전달체의 대체가 가능할 것으로 기대된다.

**PSS15A-6 | $\alpha$-Bisabolol Infused Nanocapsules: Uniting Antioxidant and Antibacterial Potentials**

YU Sohyeon[1], KIM Chaehyun[1], SEO Dongseong[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Bioactive compounds are used in the bio-industry because of their antioxidant and antibacterial activities. Because preservatives used in bioproducts cause allergies and contact dermatitis, and because of excessive oxidative stress, which causes various diseases in humans, it is important to use natural bioactive compounds in bioproducts to minimize oxidative stress. $\alpha$-bisabolol (ABS) is a natural compound with both antioxidant and antibacterial properties. However, its water-insolubility makes its utilization in bioproducts difficult. In this study, ABS-loaded polyglyceryl-4 caprate nanocapsules with improved aqueous stability and ABS loading were fabricated using an encapsulation method. The long-term stability of the ABS@NCs was analyzed with dynamic light scattering and methylene blue-staining to determine the optimized ABS concentration in ABS@NCs (10 wt%). The ABS@NCs

exhibited excellent antioxidant activity, according to the DPPH assay and in vitro reactive oxygen species generation in NIH-3T3 cells, and an outstanding antibacterial effect, as determined using the S. aureus colony-counting method. Furthermore, we estimated the biocompatibility of the ABS@NCs in vitro. This study shows that ABS@NCs with improved antioxidant and antibacterial properties can be used to treat diseases related to various oxidative stresses and can be applied in many fields, including pharmaceuticals, cosmetics, and foods

**PSS15A-7 | Optimized Barrier Functions and Electrochemical Redox Features of Multilayered Polymers Composed of Ferrocene and Acrylic**

YU Sohyeon[1], SEO Dongseong[1], KIM Chaehyun[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Sensitivity and reliability are critical sensor parameters that can be optimized using electrochemical methods. The selection of appropriate electron-transfer media and strategies for preventing the surface contamination of electrochemical sensors is vital for securing high sensing performance. In view of its favorable redox properties and excellent reversibility, ferrocene was selected as an electron-transfer medium in this study, and ferrocene-based amphiphilic multifunctional polymers with resistance to biofouling were synthesized using polyethylene glycol (PEG) methacrylate to minimize the contamination of the sensor surface and maximize reliability and stability. The PEG-conjugated polymer coating minimized interactions with biological contaminants such as cells and proteins, facilitating the construction of biosensors with excellent detection limits and sensitivity. Unlike typical polymer coatings, the optimized layer-by-layer coatings employed in this study formed dense and stable multifunctional multilayer films with high biocompatibility, anti-biofouling, and reproducible properties, allowing for the effective control of coating-layer thickness, the generation of reproducible electrode-surface-layer designs, and predictable electrical signals. Thus, this study facilitates the construction of reliable antifouling platforms that are suitable for disease diagnosis and biomarker detection, inhibit biological infection, and improve the sensitivity of existing analytical methods.

**PSS15A-8 | Solvent-free preparation of nanoparticles containing efficient wound healing and antioxidant idebenone**

YU Sohyeon[1], SEO Dongseong[1], KIM Chaehyun[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Reactive oxygen species (ROS) harm the skin and cause urban aging. Excessive production of ROS causes harmful effects, including biomolecular damage and inflammation. Therefore, powerful antioxidants are needed to alleviate oxidative stress and remove ROS from the skin. Idebenone (IB) is a powerful antioxidant, but is poorly soluble in water and has low bioavailability. In this study, IB-loaded nanoparticles (IB@NPs) were synthesized by loading IB without an organic solvent into nanoparticles that can provide high loading efficiency and solubilization stability. The synthesized IB@NPs showed long-term stability through dynamic light scattering, methylene blue staining, and redispersion analysis. The antioxidant activity of IB@NPs assessed using DPPH assay was significantly higher than that of unloaded IB. Additionally, IB@NPs showed good biocompatibility according to in vitro DPPH antioxidant assay, inhibited oxidative damage, and reduced intracellular ROS production in mouse NIH-3T3 fibroblasts. Notably, IB@NPs significantly promoted wound healing in vitro as demonstrated in scratch assay. Therefore, IB@NP is a carrier with excellent stability and potential for cosmetic and pharmaceutical applications.

**PSS15A-9 | 에멀젼 기법을 이용한 친수성 고분자 기반 다공성 마이크로실리카 합성 연구**

김승연[1], 정진우[1,2], 김동균[1,3], *김성중[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]충북대학교, [3]경희대학교

실리카는 다양한 산업분야에서 활용되고 있으며, 용도에 따라 제조 방법을 다양하게 생산할 수 있어 응용 가능성이 높은 소재이다. 대표적인 합성 방법 중 하나인 졸겔법은 합성 시간이 많이 소요되고, 정밀한 공정 제어가 어려우며 환경적인 이슈가 있다. 이에 반해 에멀젼 기법을 통한 합성 공정은 제조과정이 단순하고, 저에너지 합성 공정이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 에멀젼 기법을 이용해 친수성 고분자를 오일상에 분산시켜 수십마이크로 수준의 다공성 실리카를 합성하는 연구를 진행하였다. 먼저 오일상에 수용액을 분산시켜 에멀젼을 형성하고 실리카 전구체로 TEOS를 첨가하여 실리카 입자를 합성하였다. 다공성 실리카 구조를 형성하기 위해 친수성 고분자를 수용액에 첨가하였고, 수십 나노 수준의 기공을 가지는 것을 확인하였다. PEG, PVA, PVP, PPG 등과 같은 고분자 종류에 따른 입자 크기 및 분포도 변화를 확인하였고, 고분자 함량 및 분자량을 제어하여 균일한 실리카 입자분포 및 크기를 가지는 합성 최적화 연구를 진행하였

다. 본 연구에서 제조된 다공성 실리카는 화장품, 약물전달체, 컬럼 크로마토그래피 분리정제 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 수행할 것으로 기대되며, 이에 대한 연구가 지속해서 진행되어야 한다.

**PSS15A-10 | 표적 단백질 분리·정제를 위한 세라믹 기반 맴브레인 크로마토그래피**

정진우[1,4], 정수현[2,4], 김동균[3,4], 김승연[4], *김성현[4], *김성중[4]
[1]충북대학교, [2]한양대학교, [3]경희대학교, [4]한국세라믹기술원

세계 의약품 시장은 인류의 건강에 대한 관심과 함께 꾸준히 성장하고 있다. 그중에서도 바이오의약품은 치료 효과 대비 적은 부작용이라는 특징으로 의약품 시장에서 입지가 높아지고 있다. 하지만 바이오의약품 중 항체의약품 일부 품목은 생산원료 단가의 약 50~80% 수준의 매우 큰 비용이 다운스트림 공정에서 발생한다. 원료의약품(API, Active Pharmaceutical Ingredient) 정제에 가장 많이 사용되고 있는 방법은 고분자 기반의 컬럼 크로마토그래피 공정이다. 이러한 방법은 고압 공정의 어려움으로 생산성이 낮아 정제속도 결정 단계로 작용하며, 고분자 특유의 낮은 내화학성으로 잦은 교체가 필요하다. 세라믹 기반의 맴브레인 크로마토그래피는 이러한 문제점을 보완할 수 있기 때문에 대체기술로 주목받고 있다.
본 연구에서는 알루미나에 리간드를 개질하여 목표 단백질 분리·정제를 위한 맴브레인 크로마토그래피를 제조하였다. 세라믹 맴브레인은 알루미나 분말을 금형에서 성형 후 소결하여 제조하였다. 맴브레인에 OH 그룹을 추가로 도입하기 위해 NaOH 수용액을 사용하였다. 3-아미노프로필트리에톡시실란(APTES) 사용하여 맴브레인에 아민기를 도입하였고, 스페이서로 글루타르알데히드(GA)를 아민기와 반응시켰다. 5-아미노-3-니트로-1H-1,2,4-트리아졸(ANTA)은 GA의 OH 그룹과 가교결합 되고, NaBH4로 환원시켰다. Ni-NTA 리간드에 Ni2+ 이온이 킬레이트화 형태로 도입되었다. 맴브레인 크로마토그래피의 분리·정제 과정은 pET-6XHis-GFP 플라스미드로 형질전환된 BL21(DE3)에서 발현한 단백질을 추출하여 수행하였다.

**PSS15A-11 | 염증성 골관절염 치료를 위한 c-Jun N-말단 키나제 억제제로서의 무기 하이브리드 나노자임**

오혜련[1], 이진실[1], 손판모[1], *최원일[1]
[1]한국세라믹기술원

Osteoarthritis (OA) is the most common type of senile disease characterized by inflammation, cartilage degradation, and high socioeconomic costs. However, demand for effective disease-modifying therapy for OA remained unsatisfying because of its complex and multifactorial nature. Thus, we developed Prussian blue-based inorganic hybrid nanozymes as an effective therapeutic against inflammatory OA. Pluronic polymers were used as templates for nucleation and stabilization of Prussian blue resulting the inorganic hybrid nanozymes with uniformly distributed diameters of 204 nm. They were stable under different conditions promising their successful application in biomedical fields. Further, proteome microarray data revealed that the nanozymes can block the c-Jun N-terminal kinase phosphorylation. Therefore, intra-articular injection of the nanozymes promoted cartilage generation and delayed cartilage degradation without causing any toxicity. These results notes that inorganic hybrid nanozymes are potent nanotherapeutics for inflammatory senile diseases.

**PSS15A-12 | 무릎 골관절염 치료를 위한 혁신적인 폴리과당 기반 나노입자**

이진실[1], 오혜련[1], 손판모[1], *최원일[1]
[1]한국세라믹기술원

Since increasement of obese populations and aging, prevalence associated joint disorder has also promoted. Osteoarthritis (OA) has been regarded as a refractory degenerative disease represented by CD44-induced inflammation. The CD44 is regarded to therapeutic target, the inhibitor of CD44 was confined to HA. Though HA is a beneficial material to administrate OA disease, it has insufficient half-life and cannot be used by self-assembly without any chemical interaction. To conquer the obstacles, we developed the innovative polyfructose based nanoparticles as an alternative of HA. The polyfructose is renewable, biocompatible, and adhesive, and has amphiphilic properties, resulting in facilitating self-assembly in aqueous environment. As our knowledge, the preparation of polyfructose based nanoparticles through simple nanoprecipitation and the effects in OA treatment has not been reported. I this study, we developed the polyfructose based nanoparticles (PFNP) by hydrophobic interaction between fructose. The physicochemical characteristics and morphologies of PFNP were observed, and stability in was monitored. Further in vitro and in vivo therapeutic efficacy and mechanisms of action were investigated. Thus, we indicate a innovative therapeutic application for OA via CD44 targeting through PFNP

**PSS15A-13 | Development of ROS-responsive ferrocene polymer nanocparticles containing ascorbic tetraisopalmitate with antioxidant efficacy for improved wound healing**

YU Sohyeon[1], KIM Chaehyun[1], SEO Dongseong[1], *SUNG Daekyung[2]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Ascorbyl tetraisopalmitate (AT) is a vitamin C derivative

that offers high antioxidant and wound healing properties, but has low bioavailability due to its fat solubility and reduced efficacy when exposed to light. To overcome this, in this study, AT-loaded ferrocene nanoparticles (AT@FNPs) using ferrocene polymer were developed. AT@FNPs are designed to release drugs in response to reactive oxygen species, providing targeted drug delivery important for wound healing and increasing stability and loading efficiency. AT@FNPs were evaluated for re-dispersion and long-term stability through dynamic light scattering. The ROS reactivity of AT@FNP was observed through TEM and DLS analysis. As a result of DPPH analysis, AT@FNPs showed higher antioxidant activity compared to unloaded AT and positive group AA. Additionally, AT@FNPs showed excellent biocompatibility and ROS scavenging effect in MTT assay in mouse NIH-3T3 fibroblasts. AT@FNPs showed effective whitening effect compared to AT that was not loaded on melanocytes. In particular, AT@FNPs showed excellent cell proliferation and wound healing properties in cell proliferation and wound healing assays. Therefore, AT@FNP is a very stable carrier with antioxidant and wound healing effects and potential for pharmaceutical applications.

**PSS15A-14 | The fabrication of stable nanoparticles incorporating cyperus rotudnus to harness antioxidant and anti-inflammatory properties**

KIM Chaehyun[1], YU Sohyeon[1], SEO Dongseong[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology)
In this study, we explores Cyperus rotundus (purple nutsedge) as a source of natural antioxidants, particularly focusing on its key compound, $\alpha$-cyperone, renowned for its potent anti-inflammatory properties. However, $\alpha$-cyperone's effectiveness is hampered by its rapid degradation in aqueous environments, necessitating a solution to enhance its stability and efficacy. To address this challenge, we utilized nanoprecipitation to encapsulate C. rotundus extract, concentrating $\alpha$-cyperone into nanoparticles for improved stability and efficacy. Through meticulous optimization with SJC-Clearsol D as a solubilizer, the nanoparticles demonstrated enhanced anti-inflammatory effects against oxidative stress-related diseases. This innovative approach not only maximizes the therapeutic potential of $\alpha$-cyperone but also opens avenues for its broader application in pharmaceuticals, food, and cosmetics industries, providing safer and more effective natural remedies for various health concerns.

**PSS15A-15 | Potassium ion biosensor based on combination of ion-selective membrane and ferrocene redox polymer**

SEO Dongseong[1], KIM Chaehyun[1], YU Sohyeon[1], *SUNG Daekyung[1]
[1]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology
Potassium ions ($K^+$) perform vital functions in the human body, yet. their excessive levels can lead to adverse health effects. Therefore, monitoring and regulation and $K^+$ concentration within a healthy range are essential. A method for ion-selective electrode analysis using ferrocene-based redox polymer coatings that exhibit signal amplifications and high sensitivities is reported. These coatings, containing polyethylene glycol, polyvinyl chloride, and valinomycin, enabled selective measurement of $K^+$ levels, enhanced the signal stability, and minimized nonspecific binding of microorganisms and biomolecules and contamination by biomolecules, thereby reducing interference from other substances and facilitating stable and accurate $K^+$ level measurements. The biosensor modified with this coating demonstrated excellent biological properties and effectively prevented interference from various bacteria. The multifunctional polymer coating exhibited a high sensitivity (1.1544 mV) and wide measurement range ($100–10^{-3}$ mM). Linear correlation coefficients of 0.997 and 0.999 for oxidation and reduction indicated high signal stability. This research marks a significant advancement in efficient and accurate potassium-ion biosensors with several advantages, paving the way for advancements in health monitoring and medical diagnostics.

## PSS15B : 미래 대응 바이오헬스소재 심포지움

**PSS15B-1 | 기체 분리용 탄소분자체 분리막 미세기공 제어 연구**

정진우[1], 김동균[2], 김승연[3], *김성중[3]
[1]충북대학교, [2]경희대학교, [3]한국세라믹기술원
분리막을 이용한 기체분리는 공정 비용 및 에너지 소비를 낮출 수 있으며, 경제적 측면에서 산업분야에 큰 의미를 가진다. 현재 기체분리 공정 조건에 부합 할 수 있는 분리막 개발은 매우 중요하며, 선택적 분리를 위한 내구성, 생산성 및 분리 효율과 같은 특성을 가져야 한다. 탄소분자체 분리막을 이용한 올레핀/파라핀 기체분리는 증류 방식에 비해 에너지 소모가 낮으며, 높은 투과성능과 안정성을 동시에 가진다. 특히 탄소분자체의 silt-like 형태 기공 구조는 분자체 거름에 의한 올레핀/파라핀 분리 성능을 향상시키고, 중공사 형태로 개발함으로써 높은 충진 밀도를 가질 수 있다. 본 연구에서는 중공사 알루미나 지지체에 알루미나 나노입자를 이용하여 중간층을 형성하였다. 중간층이 형성된 지지체에 고분자를 코팅하고 고분자 가교도를 제어하여 열분해함으로써 미세기공 제어 연구를 진행하였다. 제조된 탄소분자체

분리막의 올레핀/파라핀 기체 투과 특성을 평가하였고, 고온/고압 조건에서 장기 안정성 연구를 진행하였다.

**PSS15B-2 | Purification of Ag85B (turberculosis vaccine antigen) using a novel calcium responsive tag**

JEONG Suhyeon[1,2], PARK Heesun[2], LEEJonghwan2, IM Kyuhyuk[2], *KIM Sunghyun[2]
[1]Hanyang University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

Ag85B (Antigen 85B) has been in the spotlight as a turberculosis vaccine candidate target to overcome the limitations of existing BCG vaccines for inducing a strong immune response and effectiveness as a vaccine candidate, but it is difficult to mass produce it due to solubility problems. Here, we report an expression and purification method capable of increasing the stability and reducing insolubility of Ag85B during production by binding a calcium ion binding protein to Ag85B. In this method, it was found to be smooth over 95% when expressed in E. coli, and a yield of 5 mg/L of purified Ag85B(~97%) was obtained using purification based on calcium ion reactivity and ion exchange chromatography. This method is simple and prevents degradation after expression, thus ensuring stable, fast, and exceptional efficacy in the purification of prospective TB vaccines.

**PSS15B-3 | Development of a $Ca^{2+}$ responsive fusion protein for antibody purification using affinity precipitation**

JEONG Suhyeon[1], PARK Heesun[2], LEE Jonghwan[2], IM Kyuhyuk[2], *KIM Sunghyun[2]
[1]Hanyang University, [2]Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology

In the therapeutic antibody purification industry, protein A affinity chromatography is a standard process but its scalability is limited by long purification times, activity loss both in protein A and antibody, and high costs. Here, we report a platform for purification of antibodies by affinity precipitation using endogenous calcium ion binding protein, which undergoes calcium ion dependent phase transition. In this method involves a fusion protein comprising a calcium ion binding protein and an affinity protein (such as the Z domain of protein A), which seizes a target protein like therapeutic antibody. Upon exposure to calcium ions, the fusion protein undergoes multimerization and subsequent aggregation, facilitating the collection of the target protein through affinity precipitation. This platform is rapid, recyclable, scalable and cost effective; operates at ambient temperature over a millimolar range of calcium ion; and shows antibody purification performance superior or comparable to that of the standard affinity chromatography method.

## PSS16B : 시뮬레이션 기반 소재 설계

**PSS16B-1 | 효율적인 수동 복사 냉각을 위한 스펙트럼에 최적화된 세라믹 스택**

김선경[1,2], *김영재[2]
[1]고려대학교, [2]한국세라믹기술원

Passive radiative cooling systems are pivotal in mitigating heat buildup in buildings and vehicles. This study introduces an innovative approach to thermal insulation with the development of a spectral optimized all ceramic radiative cooler (SOCR). SOCR effectively reflects a substantial portion of solar radiation while maintaining high infrared emissivity within the atmospheric transparent window (wavelengths of 8-13$\mu$m). Demonstrating effective daytime temperature reduction, it showcases versatility through the introduction of bi-layered ceramic radiative coolers. Addressing manufacturing challenges, a novel strategy involving bilayer coatings of $Al_2O_3$ and $TiO_2$ is proposed for spectral optimization. Optical simulations and experimental validation of these bilayer coatings with varying $Al_2O_3$ thickness and particle sizes demonstrate enhanced spectral characteristics, marking significant advancements in radiative cooling technology for sustainable energy applications.

## PSS17A : 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발

**PSS17A-1 | 수분 저항 가스 센서를 위한 the $CeO_2$ Nanoparticles on NiO Nanostructures의 역할**

박시형[1], 황준호[2], 조윤행[1], 정재한[1], 손성우[2], *심영석[1]
[1]한국기술교육대학교, [2]연세대학교

In recent decades, metal oxide-based semiconducting gas sensors have attracted attention due to their numerous advantages, including high response and rapid response/recovery times; however, that also suffer from several disadvantages, notably their high susceptibility to humidity and low selectivity, which impede their practical application. In this study, we manufactured a Nanodome structure with a substantial specific surface area using NiO, which demonstrated excellent stability against humidity and remarkable selectivity towards volatile organic compounds (VOCs). As a result, $CeO_2$ decorated NiO Nanodomes ($CeO_2$@NiO Nanodomes) maintained a 60% response compared to dry environments, even in wet environments, and a theoretical detection

limit of 0.24 ppm was calculated. These findings suggest promising applications of next-generation materials, particularly in demanding environments.

**PSS17A-2 | Electrically Conductive 2D Metal-Organic Frameworks For Xylene Sensors**

KWAK Gyeong-Won[1], SEO Jae-Woo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

Meta-xylene (m-xylene) is a toxic air pollutant that can have harmful effects on human health such as the respiratory system. Chemiresistive-type gas sensors have been used for the detection of m-xylene due to their simple operating principle for portable applications. 2D metal-organic frameworks (MOFs) can be integrated into chemiresistive-type gas sensors owing to their high electrical conductivity with high surface area. In this work, we presented a 2D Cu-HITP-based chemiresistive-type gas sensor for the detection of m-xylene at room temperature. In particular, we focused on the sensing stability of 2D Cu-HITP, wherein the stability of the sensors was evaluated by focusing on sensing repeatability and humidity effect towards 50 ppm of m-xylene. The result revealed that 2D Cu-HITP sensor exhibited excellent repeatability towards 10 cyclic exposures and stability in the relative humidity levels of 5 to 65%.

**PSS17A-3 | Post-synthetic Modification of MOF-MWCNT composite for Chemiresistive Anion Sensor**

LEE Donghee[1], CHOI Seung-Ho[1], KIM Yeon-Joo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

Zirconium metal-organic framework (UiO-66) is one of the promising metal-organic frameworks (MOFs) for chemical sensing applications owing to the large surface area, outstanding chemical stability in aqueous solution, and easy modification. However, low electrical conductivity and lack of binding affinity toward anions limit its application in chemiresistive anion sensors. To address these issues, we integrated UiO-66-$NH_2$ with multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) by in-situ synthesis method (MWCNT-UiO66-$NH_2$). In addition, thiourea-based dual-hydrogen-bond donor was functionalized by post-synthetic modification to enhance anion binding affinity. Consequently, chemiresistive sensing properties of the composites toward anions were investigated by measuring resistance changes. Comparative studies on anion sensing properties were conducted by N,N-substitution of thiourea such as an electron withdrawing group. Finally, the sensing mechanism was elucidated using spectroscopic titrations.

**PSS17A-4 | P4VP-SWCNT Composites Functionalized with Porphyrin-based Receptors for Real-Time $NO_2$ Detection at Room Temperature**

BAEK Ga-Yeon[1], CHOI Seung-Ho[1], SEO Jae-Woo[1], *CHOI Seon-Jin[1]
[1]Hanyang University

Nitrogen dioxide ($NO_2$) is a hazardous gas to human health that can cause respiratory problems and damage to the environment. The chemiresistive-type gas sensor is widely used for real-time $NO_2$ detection owing to its simple operating principle with low power consumption. Single-walled carbon nanotube (SWCNT) have extensively researched as gas sensing layer at room temperature due to its high specific surface area and electrical conductivity. In this work, we proposed polymer wrapped SWCNT functionalized with metalloporphyrin as receptors to enhance $NO_2$ sensing properties. The SWCNT was wrapped with poly(4-vinyl pyridine) (P4VP-SWCNT) to form homogeneous dispersion. Then, porphyrins chelated with 4 different metal centers (Zn, Fe, Cu, and Mn) were functionalized on P4VP-SWCNT. To evaluate $NO_2$ sensing properties, gas sensors were fabricated by spray coating method on glass substrate. The P4VP-SWCNT functionalized with Zn-porphyrin exhibited highly improved $NO_2$ sensing response at room temperature with high selectivity towards 7 different gases.

**PSS17A-5 | HT-GLAD를 통해 쉽게 수직 정렬되는 SnO2 나노플레이크 기반 고성능 가스 센서**

정재한[1], *심영석[1]
[1]한국기술교육대학교

Over recent decades, semiconductor gas sensors have significant advancements by utilizing nanostructures. In particular, 2-dimensional nanoflakes (NFs) has been receiving a lot of attention due to various advantages such as exceptional surface-to-volume ratio, more active sites, facile surface functionalization, possibility to be assembled into 3D architectures, etc. Hence, extensive research has been conducted on fabricating metal oxide-based such as $SnO_2$, ZnO, $WO_3$ and $MoO_3$ NFs to apply high-performance gas sensors. Despite these efforts, there is no report to precisely control the specific facet, density, and morphology of NFs. In this study, we fabricated the vertically ordered $SnO_2$ NFs by employing the high-temperature glancing angle deposition (HT-GLAD) based electron beam evaporator.

Angle of vapor flux, rotation speed, and deposition temperature was systematically controlled to achieve high performance gas sensors. $SnO_2$ NFs based gas sensors exhibits high gas response of 45600 % toward 25 ppm $C_5H_8$ with extremely low theoretical detection limit (8 ppb $C_5H_8$)

**PSS17A-6 | Photoactivated gas sensor based on 3-dimensional porous $TiO_2$ for extremely low detection of $NO_2$ gas**

조윤행[1], *심영석[1]
[1]한국기술교육대학교

In the emerging Internet of Everything (IoE) era, the gas sensors have been studied to have low power consumption for miniaturization and integration in mobile devices. One of the promising approaches to achieve their requirement is the use of light sources to operate at room temperature. However, the some of the previous studies have the limitations such as high cost and complex fabrication process. Herein, we fabricated a highly periodic 3D $TiO_2$ nanostructures (3D $TiO_2$) using glancing angle deposition (GLAD) method through electron beam evaporator with easy fabrication process. Upon expose to 5 ppm $NO_2$, gas sensor based on 3D $TiO_2$ exhibited fast recovery time (30 s) and high response with an extremely low detection limit (66.3 ppq). These results can be attributed to the excellent light scattering effect and large surface area of 3D $TiO_2$ for the development of highly sensitive and selective $NO_2$ detection.

## PSS17B : 차세대 화학센서 소재 및 시스템 개발

**PSS17B-1 | Schiff Base가 기능화된 CNT-MOF 복합체 기반 전기화학적 중금속 이온 센서**

김연주[1], 최승호[1], *최선진[1]
[1]한양대학교

In this study, we utilized metal-organic framework (MOF) grafted multi-walled carbon nanotube (MWCNT) composites for the development of heavy metal ion (HMI) sensors. MOFs have emerged as promising materials for the detection of HMIs due to the high porosity, large specific surface area, and structural tunability. UiO66-$NH_2$ was employed for MOF and MWCNTs were integrated to enhance the electrical conductivity. To enhance the HMI absorption capabilities of MOFs, Schiff base molecules were functionalized by post-synthetic modification to obtain MWCNT-UiO66-Schiff base composites. Glassy carbon electrodes were modified with composite materials for the voltammetric detection of HMIs including $Cu^{2+}$, $Cd^{2+}$, $Hg^{2+}$, and $Pb^{2+}$ in aqueous solution. The sensing properties of the modified electrodes were investigated using differential pulse anodic stripping voltammetry techniques. The MWCNT-UiO66-Schiff base-modified electrodes exhibited enhanced selectivity and sensitivity towards HMIs, demonstrating potential for the simultaneous detection of multiple HMIs at low concentrations.

## PSS20A : 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구

**PSS20A-1 | Low-voltage operating self-rectifying memory diode with ferroelectric polymer - 2D perovskite semiconductor blends**

손정현[1], *정범진[1]
[1]부산대학교

Solution processed organic ferroelectric memory diodes, fabricated through phase separation of the two polymers, are promising as flexible non-volatile memory with simplified device structures. However, conventional phase separated polymer memory diodes consume significant power due to modulation of the polarization of the ferroelectric. In this study, we successfully fabricated memory diodes capable of operating at low voltages by blending ferroelectric polymer with perovskite semiconductor, thereby enabling reduced power consumption. By optimizing the blend ratio, device structure, and processing conditions of perovskite semiconductor and ferroelectric polymer, we developed a memory diode operating at $< 1$ V, with an ON/OFF ratio of $10^5$, retention time of $10^4$ seconds and endurance of 100 cycles.

**PSS20A-2 | 블록 공중합체 분산제를 사용한 변형 가능한 페로브스카이트 발광 복합체**

천재희[1], *정범진[1]
[1]부산대학교

We present simple and robust strategy for developing highly luminescent deformable nanocomposites of metal halide perovskite nanoparticles (MHP-NPs) in a polydimethylsiloxane (PDMS) matrix by using block copolymer (BCP) as dispersant. The miscibility of the MHP-NPs with the PDMS polymer was improved by poly(2-vinylpyridine)-block-poly(dimethylsiloxane) (P2VP-b-PDMS), wherein one block is Lewis basic and the other is PDMS. The use of BCP is effective strategy to confine crystal growth in BCP domains, leading to successful synthesis of NPs with excellent stability in solution. Furthermore, photophysical properties such as PL intensity, PLQY and PL lifetimes were improved

thanks to defect passivation effect by BCP. The MHP-NPs dispersed by BCP could be easily blended in the PDMS matrix, leading to deformable luminescent nanocomposites that can be deformed to various shapes such as stretched, bent, and twisted shapes without notable PL degradation and excellent environmental stability.

## PSS20B : 차세대 유연성/신축성 소재 및 디바이스 연구

### PSS20B-1 | All-Solution-Processed Stretchable Quantum Dots LEDs

NA Jina[1], KIM Seongchan[1], GWAK Namyoung[1], SHIN Seungki[1], SEO Jaeyoung[1], *OH Nuri[1]
[1]Hanyang University

The upcoming era of skin-integrated light-emitting displays demands suppleness, stretchability, and high brightness characteristics. Consequently, ongoing research has aimed at achieving a stretchable display that surpasses the capabilities of existing bendable and flexible displays. The emergence of colloidal quantum dots (QDs) synthesized through solution processes has garnered significant attention as potential luminescent materials for displays. However, while these QDs exhibit colloidal behavior, transitioning them into emissive layers for display applications presents a distinct challenge. The inherent cohesive forces between QDs lead to the development of rigid characteristics, rendering them unsuitable for integration into deformable display components. As a result, the application of such QDs to components requiring intrinsic flexibility and deformability has remained elusive. In this study, we introduce a novel approach to creating a stable and highly stretchable QD-based LED (SQLED). We fabricated an intrinsically stretchable emissive layer by blending an elastomer with colloidal QDs, which exhibit high color purity and narrow emission bandwidths. In addition, we developed an optimal stand-alone electrode by blending poly (3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate) (PEDOT:PSS) with bis-sulfonamide. This ensured minimal resistance variation during stretching and achieved low sheet resistance. As a result, we present an economically viable solution through an all-solution processing technique. This innovation marks a significant stride towards realizing stable operation under mechanical deformation and cost-effective stretchable displays with remarkable optical and mechanical properties.

### PSS20B-2 | 다양한 바이오칩에 활용 가능한 PDMS/필터지 복합재료의 제작 및 특성 분석

*최요한[1], 황지용[1], 최강일[1], 김현종[1], 지수영[1], 오현우[1]
[1]한국전자통신연구원

본 논문에서는 PDMS(polydimethylsiloxane)와 필터 종이의 복합재료 가능성에 대해 기술한다. PDMS는 액상부터 고체 구조물을 쉽게 제조할 수 있어 바이오칩의 시제품 제작에 많이 사용되고 있으며 무독성이고 투명하여 다양한 용도에 적합하다. 하지만 다양한 형태로 얇게 2차원 구조물을 제작하기에는 어려움이 있어, 본 연구를 통해 다수의 여과지와 복합재료로 PDMS를 제작하여 넓은 적용성을 제시하였다. 액체 상태의 PDMS를 여과지에 흡수시킨 후 열경화를 진행하는 방법으로 복합물을 제작했다. 사용된 종이의 두께에 따라 제조 결과는 다른 투명도를 보였다. 비교적 얇은 종이와 결합한 PDMS는 기름종이와 유사한 모습을 보였고, 매우 유연했으며 찢어짐에 대한 저항성이 원래 종이와 비교하여 크게 증가했다. 두꺼운 여과지와 PDMS를 결합한 경우 종이의 불투명도가 유지되었다. 이렇게 제작된 PDMS-종이 복합재료는 PDMS의 방수 및 소수성을 유지하면서 기존 PDMS 막에 비해 잘 늘어나지 않는 특성을 보였다. 또한 플라즈마 처리를 통해 이러한 복합체가 유리에 부착될 수 있음을 확인했다. 본 보고서에 기술된 PDMS-종이 복합재료는 향후 다양한 형태로 광범위한 목적과 기능을 구현하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## PSS23A : 첨단 반도체 제조를 위한 공정용 세라믹 소재 부품 혁신

### PSS23A-1 | 반도체 게이트 패터닝 평탄화 공정에서 디펙 제어를 위한 실리카 연마제 분산안정성 향상

홍석주[1], 김동원[1], *이강천[1]
[1]경기대학교

Silica ($SiO_2$) nanoparticles (NPs) find extensive applications for abrasives in chemical mechanical planarization (CMP) process, yet maintaining colloidal stability under acidic conditions remains challenging due to reduced repulsive forces and particle agglomeration. This study introduces Fe-substituted $SiO_2$ NPs, enhancing dispersion stability under acidic pH by controlling lattice dissolution-reprecipitation and isomorphic substitution. The substitution behavior is elucidated concerning reaction pH. Unlike conventional modification methods prone to defects or reduced removal rates, this atomic-scale engineering approach maintains improved wafer surfaces without defects, crucial for advanced semiconductor patterning process. CMP evaluation in gate tungsten patterning demonstrates defect reduction, highlighting the potential for improved productivity and device yields. This research underscores the significance of tailored nanoparticle modification for advancing CMP processes in semiconductor manufacturing and related industries.

## PSS27B : BK21 소재혁신선도 플랫폼 연구단 성과 교류회

### PSS27B-1 | Flame retardant coating on cotton fabric through Layer-by-Layer assembly using Branched Polyethyleneimine, Chitosan, and Bentonite clay

HASSAN Hamid[1], REHMAN Zeeshan Ur[1], *Bon Heun Koo[1]
[1]Changwon National University

Abstract Fire safety in textiles is a critical concern particularly for Cotton fabrics which are widely used main textile material in daily life. In this study, a novel approach the layer-by-layer deposition method was utilized to develop a fire-retardant coating on cotton fabric. The method involves of a hybrid cationic solution consist on Chitosan and branched polyethylenimine and using bentonite clay as anionic specie. The treated fabric is characterized by SEM, VFT, and attenuated total reflection Fourier transform infrared spectroscopy, the (BPEI/CH + BNT) coating was successfully deposited on the surface of cotton fabrics. The thermal stability before and after coating were performed by thermogravimetric (TGA) analysis, from 25℃ to 700℃, observed the highest residue of 16.68% at 700 in nitrogen atmosphere for 10BL, which signifying improved thermal stability as compared to uncoated cotton.

### PSS27B-2 | Morphological analysis of graphene oxide prepared through modified Hummer method.

SHIVANG Saxena[1], KUMAR Akshay[1], YADAV Naveen[1], SHARMA Mohit K.[1], KUMARI Kavita[1], *KOO Bon Heun[1]
[1]Changwon National University

Abstract The objective of this study is to perform a thorough examination of graphene oxide (GO) which is produced by modified Hummer's method. X-Ray Powder Diffraction (XRD), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS), Raman Spectroscopy, and Scanning Electron Microscopy (SEM) are some of the analytical methods used in this study to clarify the chemical composition, lattice structure, and morphological properties of the generated GO powder. Synthetic graphite powder with particle sizes ranging from 7 to 11 microns was used for the chemical exfoliation process to produce graphene oxide (GO). In the early stages, a strong acid was applied to help exfoliate graphite powder in a low pH setting. The powder was then exposed to an oxidizing agent under controlled conditions to cause oxidation. The washing procedure was performed in sequential steps with 5% HCl, acetone and DI water followed by centrifugation. Finally, the GO powder undergoes thermal reduction in a hydrogen environment at 500℃ to produce reduced graphene oxide (rGO). GO centered at $2\theta$ = 11.06⁰, and subsequently to the rGO peak at $2\theta$ = 22.28. Raman spectroscopy reveals characteristic D-band (1300 cm $^{-1}$ ) and G-band (1590 cm $^{-1}$ ), confirming graphitic behavior and successful chemical exfoliation to GO Additionally, a high intensity 2D band (2600 cm $^{-1}$ ) corresponding to the second overtone of out-of-plane vibrations of SP $^{2}$ -carbons was observed in GO and rGO compounds. XPS examination shows a variation in oxygen to carbon ratio for all the samples. SEM and XPS analysis of the prepared graphene corroborates the findings of the Raman analysis. These results collectively suggest that the desired lattice and morphological characteristics of rGO can be achieved by optimizing the chemical exfoliation and reduction process. Keywords: chemical exfoliation, Graphene Oxide, Raman spectroscopy, Scanning Electron Microscopy, Centrifugation, Hummer's method

## G3B : 엔지니어링 세라믹스

### G3B-6 | 질화알루미늄-알루미나 코어-쉘 구조를 갖는 구형 분말의 합성 및 에폭시 복합체 특성 평가

임수빈[1,2], 김종영[1], *송태섭[2], *피재환[1]
[1]한국세라믹기술원, [2]한양대학교

고열전도율을 가지는 유무기 복합체를 제조하기 위해서는 무기물 필러의 높은 충진율과 고열전도성을 필요로 한다. 무기물 필러의 높은 충진율을 달성하기 위해서는 구상화, 표면개질 등의 기술이 필요하다. 그리고 고열전도성 무기물(비산화물)로는 질화알루미늄(AlN), 질화붕소(BN), 질화규소($Si_3N_4$) 등이 있다. 특히 구상화가 가능하고 높은 열전도율을 가지는 소재로는 질화알루미늄(고열전도율(320 W/m·K), 고전기저항(9×10 13 Ω·m))이 알려져 있다. 그러나 구상 질화알루미늄을 제조하는 것은 현재까지 많은 난관이 존재한다. 하여 상용 구상알루미나를 활용하여 표면만 질화처리한 질화알루미늄(AlN)-알루미나($Al_2O_3$) 코어-쉘 구조의 분말을 제조하고자 하였다. 구상알루미나의 표면 질화층 형성을 위해 열탄소환원법을 활용하였다. 합성 조건(온도, 시간)에 따른 표면질화층(결정상, 두께 등)에 대해 평가하였다. 이러한 질화알루미늄-알루미나 코어-쉘 구조의 필러들을 활용하여 충진율에 따른 에폭시 복합체의 열전도를 알루미나 복합체와 비교 평가하였다. 특히 코어-쉘 구조 구상 필러들을 활용한 복합체의 열전달 기구에 대해 평가한 결과를 보고하고자 한다.

# 전시 참여업체

# 전시참여업체

1 ㈜한테크
2 ㈜썸텍비전
3 ㈜맥테크
4 ㈜케이에프씨티
5 태명과학(주)
6 파이로테크
7 LT메탈주식회사
8 ㈜세종과학기기
9 한국입자분석연구소
10 태원과학(주)
11 ㈜경원이앤씨
12 ㈜알트소프트
13 중원통상
15 한국세라믹기술원 바이오융합소재연구단
16 한국세라믹기술원 수소,디지털융복합센터
17 ㈜쓰리디컨트롤즈
19 네취코리아(주)
20 ㈜에스에스테크널러지
21 ㈜고순도코리아
22 국립부경대학교 LINC 3.0 사업단
23 한국재료연구원
24 차세대지능형반도체사업단
25 린테크

부스번호 1

## (주)한테크

HAN TECH
Total solution for Material

| 대 표 | 김 훈 | 대표전화 | 031-479-1989 | 이 메 일 | hantech2k@naver.com |
|---|---|---|---|---|---|
| 담당자 | 강숙자 차장 | 팩 스 | 031-479-1259 | 홈페이지 | http://www.hantech98.com/ |
| 주 소 | 경기도 군포시 엘에스로 172. 204호(금정동,한림휴먼타워) | | | | |

전시품목/
홍보내용

**※Swing Planetary Mixer**

기존 공자전 Mixer 기능에 새로운 Motion(공전 및 이중 자전)이 추가되어 폭발하듯 솟구치고 모으는 동작으로 뛰어난 분산성과 놀라운 혼합력을 보여주며 복합운동으로 인한 최대 효율로 최단 시간에 분산과 혼합이 가능합니다 . 모든 재료(액상,고상,기상)의 Mixing, Dispersing, Milling, Coating, Deggasing 처리가 가능하며 Paste Mixing, Powder Mixing, Ball Milling, Crushing, Coating을 하나의 장비로 모두 가능하며 저희 한테크의 기술력으로 개발하여 특허를 출원했기에 가격도 저렴합니다

**※Rotary tube furnace**

로터리 튜브 퍼니스는 분말의 고온 열처리시 균일하게 처리하기위한 Tube Furnace로 특수형상의 Tube로 분말의 유동을 일으켜 고르게 처리하며 Batch type 부터 연속 type까지 다양하게 제작 가능하며 Gas 분위기(N2, Ar, Ammonia, H2 등)에서 분말을 잘 교반합니다

부품 연구개발시 사용하는 각종 형태의 전기로를 온도와 다양한 분위기에서 사용할 수있게 맞춤형 실험 전기로를 제작공급하고 있습니다.

Box/ Tube/ RTP/ Elevater/ Atmosphere Box type 등

**※Twist Planetary Mill**

기존 Planetary Ball Mill에 초강력 내부 상하유동이 강하게 발생하여 효율을 극대화하며 나노 & 서브 마이크로 밀링과 크러싱 가능함.

Planerary Motion with twist tilting on Vertical.

All-way High energy Ball Mill.

**※Double Shaking Mixer (Powder Mixer)**

4Motion (공전, 자전, Shaking, Impeller)의 신개념 분말 혼합 믹서로 뛰어난 혼합효율로 3분이내 Mixing 완료되며, 용기교체 타입이라 오염이 없고 세척과 청소가 용이하며, Multi Vessel Holder나 용기 Adapter 사용하여 원하는 기본용기를 지정하여 제작이 가능하며, 건식 및 습식 혼합 사용 가능하며, 용기 탈부착이 용이함

**• 전기로(Furnace)**

– 부품 연구개발시 사용하는 각종 형태의 전기로를 온도와 다양한 분위기에서 사용할 수있게 맞춤형 실험 전기로를 제작공급하고 있습니다. Box/ Tube/ RTP/ Elevater/ Atmosphere Box type 등

## 부스번호 2

### ㈜썸텍비전

SOMETECH

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 장병철 | 대표전화 | 02-576-7440 | 이 메 일 | romatoga@hanmail.net |
| 담당자 | 윤현철 부장 | 팩 스 | 02-576-6930 | 홈페이지 | www.istvision.co.kr |
| 주 소 | 서울시 송파구 송파대로201 송파테라타워2 A동 506호 | | | | |
| 전시품목 | 모바일스코프 | | | | |
| 홍보내용 | 3D 입체현미경 | | | | |

## 부스번호 3

### ㈜맥테크

MAX 주 맥테크 FINE CERAMICS

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 김병학 | 대표전화 | 053-564-7720 | 이 메 일 | ceramic@newceramic.com |
| 담당자 | 백승우 | 팩 스 | 053-564-7721 | 홈페이지 | http://newceramic.com/ |
| 주 소 | 대구광역시 달서구 성서서로 47길 19(신당동) | | | | |
| 전시품목/ 홍보내용 | (주)맥테크는 반도체용 정밀 부품에서 각 종 산업 용품까지 다양한 종류의 세라믹 제품을 탁월한 기술력을 바탕으로 엄격한 품질 관리 하에 생산하여 국내 각 처에 공급하고 있습니다.<br>지금까지 (주)맥테크는 끊임없는 연구와 노력으로 21세기를 선도하는 세라믹 산업의 일익을 담당해 왔습니다.<br>알루미나, 탄화규소, 이트리아 등의 소재를 사용하여 식각장비용 부품을 생산하고 비드밀용 내마모용 세라믹 부품, SiC계 내화학용 세라믹, 대전방지 다공질 세라믹을 활용한 진공척, 반도체용 대전방지 세라믹 암 등을 전시하고 있습니다. | | | | |

## 부스번호 4

### ㈜케이에프씨티

KFCT CO.,LTD

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 김석경 | 대표전화 | 053-943-1341 | 이 메 일 | sales@furnacekorea.com |
| 담당자 | 김효종 수석 | 팩 스 | 053-943-1996 | 홈페이지 | www.furnacekorea.com |
| 주 소 | 대구시 달서구 성서4차첨단로 153(월암동) | | | | |
| 전시품목/ 홍보내용 | 핫프레스, 진공로, 소결로등의 카타로그로 대체/ 반도체용 열장비 | | | | |

## 부스번호 5

### 태명과학(주)

FRITSCH

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 태원표 | 대표전화 | 031-458-0025 | 이 메 일 | taemeong@chol.com |
| 담당자 | 김득진 | 팩 스 | 031-458-2119 | 홈페이지 | www.fritsch.co.kr |
| 주 소 | 경기도 의왕시 왕곡로 201 | | | | |
| 전시품목/ 홍보내용 | 체 진동기, 나노사이즈 분쇄기, 유성형 볼밀, 레이저 입도 분석기 | | | | |

## 부스번호 6

### 파이로테크

PyroTech 파 이 로 테 크

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 김관수 | 대표전화 | 031-529-3171 | 이 메 일 | kks69good@hanmail.net |
| 담당자 | 김관수 | 팩 스 | 031-573-3171 | 홈페이지 | www.pyrotech.co.kr |
| 주 소 | 경기도 남양주시 오남읍 양지로대대울1길 15-22 | | | | |
| 전시품목/ 홍보내용 | 전기로, 진공로, 히터, 전기로 관련 부품 / 전기로 수리 등 | | | | |

# 전시참여업체

## 부스번호 7

### 엘티메탈 주식회사

LT 메탈

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 노석호 | 대표전화 | 032-570-1600 | 이 메 일 | jaspark@ltmetal.co.kr |
| 담당자 | 박재성 | 팩 스 | 032-581-4029 | 홈페이지 | https://www.ltmetal.co.kr |
| 주 소 | 인천광역시 서구 가재울로 14 | | | | |
| 전시품목/홍보내용 | 소재부품기술개발 사업 으뜸 기업 국책과제 개발 내용 홍보 | | | | |

## 부스번호 8

### ㈜세종과학기기

SEJONG SCIENTIFIC INSTRUMENTS

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 서용호 | 대표전화 | 010-2664-7336 | 이 메 일 | yseo@sejong.edu/ gens47@gmail.com |
| 담당자 | 서용호 | 팩 스 | | 홈페이지 | https://www.sejongsciinst.com/ |
| 주 소 | 서울특별시 광진구 능동로 209, 율곡관 602호 | | | | |
| 전시품목/홍보내용 | laser direct writer, scanning photocurrent microscope, 2D material detector | | | | |

## 부스번호 9

### 한국입자분석연구소

PKoLAB 한국입자분석연구소

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 윤충식 | 대표전화 | 042-931-1012 | 이 메 일 | infor@pkolab.com |
| 담당자 | 남정섭 | 팩 스 | 042-931-1013 | 홈페이지 | https://www.pkolab.com |
| 주 소 | 대전광역시 유성구 테크노2로 314, 202호 | | | | |
| 전시품목 | X선회절분석기. 주사전자현미경(SEM) | | | | |
| 홍보내용 | -X선회절분석기기는 세라믹 재료의 구조를 알 수 있습니다.<br>-주사전자현미경 세라믹 미세조직을 알 수 있습니다.<br>한국입자분석연구소에서 X선회절분석과 전자현미경 분석서비스를 제공하고 있으며, 장비의 판매도 하고 있습니다. | | | | |

## 부스번호 10

### 태원과학㈜

태원과학(주)

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 김태갑 | 대표전화 | 02-547-7350 | 이 메 일 | sales@itasco.com |
| 담당자 | 김유민 | 팩 스 | 02-547-7354 | 홈페이지 | http://www.itasco.com/ |
| 주 소 | 서울특별시 강남구 선릉로 639(논현동 267-2) 태원빌딩 | | | | |
| 전시품목/홍보내용 | 진공 증착 재료(Evaporation materials), 스퍼터링 타겟(Sputtering target), 웨이퍼(Wafer), 기판(Sodalime, Eagle XG, Quartz, ITO 외)(Glass Substrate), 진공 소모품(도가니, 보트 외)(Vacuum evaporation consumables) | | | | |

## 부스번호 11

### ㈜경원이앤씨

경원이앤씨 Engineering & Communication

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 권길식 | 대표전화 | 031-737-2987 | 이 메 일 | support@kwenc.kr |
| 담당자 | 우태호 | 팩 스 | 031-737-2986 | 홈페이지 | www.kwenc.kr |
| 주 소 | 경기도 성남시 중원구 둔촌대로 457번길 27, 704호 우림라이온스밸리 1차 | | | | |
| 전시품목 | MedeA,VASP,LAMMPS | | | | |
| 홍보내용 | MedeA software는 재료의 시뮬레이션을 위한 통합 환경으로, 다양한 구조데이터베이스 및 네트워크 기술을 융합하여 원자 및 나노 단위 시뮬레이션을 효율적으로 수행할 수 있는 재료 해석 프로그램.<br>수치해석을 위한 계산 엔진 VASP, LAMMPS Gibbs MOPAC과 다양한 계산 모듈을 바탕으로 금속 세라믹 반도체등 열역학적 물성, 재료에 대한 구조평가, 광학 물성 및 자성, 탄성, 진동등의 물성을 계산 할 수 있어 산업전반에 걸친 시뮬레이션의 활용이 가능함. | | | | |

## 부스번호 12

### ㈜알트소프트

ALTSOFT

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 김찬홍 | 대표전화 | 02-547-2344 | 이 메 일 | altsoft@altsoft.co.kr<br>tak.js@altsoft.co.kr(탁지선) |
| 담당자 | 탁지선 | 팩 스 | 02-547-2343 | 홈페이지 | http://altsoft.co.kr/ |
| 주 소 | 서울 강남구 봉은사로 55길 20 (삼성동, 에이플러스하우스 2층) | | | | |
| 전시품목 | COMSOL Multiphysics®, COMSOL Compiler™, COMSOL Server™ | | | | |
| 홍보내용 | 다중물리 COMSOL 현상 해석 소프트웨어 COMSOL Multiphysics 제품군 | | | | |

## 부스번호 13

### 중원통상

Jung Won Corporation

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 지용래 | 대표전화 | 031-8065-6700 | 이 메 일 | Sungjun.kim@jwc.co.kr |
| 담당자 | 김성준 부장 | 팩 스 | 031-8065-6719 | 홈페이지 | http://www.jwc.co.kr |
| 주 소 | 경기도 용인시 기흥구 흥덕 1로 13 타워 A동 1405호 | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | 1) Thin Film Stress / Strain / Curvature 측정장치(MOS System), k-Space (USA)<br>- 대면적 Curvature & stress 및 mapping 이 가능한 MOS Ultra scan<br>- 기판에 최고 1,000℃까지 온도를 높이면서 온도변화에 따른 stress 를 측정할 수 있는 MOS Thermal Scan<br>2) 비접촉 면저항 측정장치, Delcom (USA)<br>- Off Line System,<br>- Roll to Roll In Line System.<br>3) 비접촉 초음파, 내부 결함 측정 장치, Ultran Group (USA)<br>- 각종 세라믹, Battery, Electrode, 복합소재, Prepreg, CFRP, 콘크리트 등 다양한 재료에 응용 가능<br>- 양산라인에 대한 고유의 특허를 보유중인 기술적인 강점<br>- 다양한 파장대의 초음파 Transducer (50kHz~5MHz), Focused type | | | | |

# 전시참여업체

## 부스번호 15

**한국세라믹기술원 바이오융합소재연구단**

KICET 한국세라믹기술원

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 이영란 단장 | 대표전화 | 043-716-2592 | 이 메 일 | yrlee@kicet.re.kr(이영란 단장)<br>khw4539@kicet.re.kr |
| 담당자 | 강현욱<br>선임연구원 | 팩 스 | 043-716-2599 | 홈페이지 | http://www.kicet.re.kr |
| 주 소 | 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명1로 202(연제리 659-1) | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | 바이오융합소재연구단 소개 및 연구내용 홍보 | | | | |

## 부스번호 16

**한국세라믹기술원 수소,디지털융복합센터**

KICET 한국세라믹기술원

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 정연길 | 대표전화 | 055-792-2500 | 이 메 일 | kicet@kicet.re.kr |
| 담당자 | 최윤희 | 팩 스 | 055-792-2530 | 홈페이지 | http://www.kicet.re.kr |
| 주 소 | 경남 진주시 소호로 101 | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | 세라믹 소재 가상공학 플랫폼 | | | | |

## 부스번호 17

**㈜쓰리디컨트롤즈**

3DCONTROLS

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 이상규 | 대표전화 | 051-972-6986 | 이 메 일 | sales@3dcontrols.co.kr |
| 담당자 | 김진욱/010-2250-4870/<br>jwkim@3dcontrols.co.kr | | | 홈페이지 | http://www.3dcontrols.co.kr |
| 주 소 | 부산광역시 강서구 유통단지1로57번길 34, 102동 109호(대저2동) | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | -TD6+, C1, RO, P1/<br>-**3D Printer TD6+** "기존 기술의 한계를 극복한 혁신적 세라믹 3D 프린팅 솔루션을 제공합니다."<br>-**Cleaner C1** "직분사 노즐 컨트롤 시스템을 적용하여 세척과정에서 그린바디 손상을 최소화합니다."<br>-**Furnace R0** ""탈지와 소결을 단일 공정으로 처리하여 소결과정의 편의성과 일관성을 확보합니다."<br>-**Polishing Machine P1** "세라믹에 특화된 연마 공정을 통하여 용도에 최적화된 탁월한 표면 마감을 제공합니다." | | | | |

## 부스번호 19

**네취코리아㈜**

NETZSCH

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 민성환 | 대표전화 | 031-931-2300 | 이 메 일 | NKS@netzsch.com |
| 담당자 | 임보람 차장 | 팩 스 | 031- 931- 2377 | 홈페이지 | https://analyzing-testing.netzsch.com/ko |
| 주 소 | 경기도 파주시 오도로 15 네취코리아㈜ | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | DSC 214 | | | | |

## 부스번호 20

### ㈜에스에스테크널러지

SSTECH

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 김봉식 | 대표전화 | 02-2613-3061 | 이 메 일 | gblee@sstech.co.kr |
| 담당자 | 이광복 대리 | 팩 스 | 02-2612-5715 | 홈페이지 | www.sstech.co.kr |
| 주 소 | 서울특별시 강서구 마곡중앙8로3길 61 에스에스테크널러지 사옥 | | | | |
| 전시품목 | 1) 오실로스코프(Oscilloscope)<br>2) 전원공급기(DC Power Supply)<br>3) 함수발생기(Function Generator)<br>4) 디지털 멀티미터(Digital Multimeter)<br>5) 소스미터(Source Measure Unit)<br>6) 고저항미터(Electrometer/High Resistance Meter)<br>7) LCR미터(LCR Meter) | | | | |
| 홍보내용 | 키사이트(구 애질런트) 공식 대리점으로서 연구소, 대학교, 기업체 등 전기전자통신 관련 분야에 다양한 계측 장비를 공급하고 있으며 고객의 요구사항에 맞춰 최상의 솔루션을 제공 해드립니다. | | | | |

## 부스번호 21

### ㈜고순도코리아

(주)고순도코리아 KOJUNDO KOREA CO.,LTD

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 최덕락 | 대표전화 | 031-8069-7677<br>김진섭 과장<br>010-6340-7678 | 이 메 일 | korea@kojundo.com |
| 담당자 | 김진섭 과장 | 팩 스 | 031-8069-7679 | 홈페이지 | www.kojundo.com |
| 주 소 | 경기도 의왕시 이미로 40, 인덕원IT밸리 A-421호 | | | | |
| 전시품목 | 세라믹분말, 금속분말, 증착재료, 스퍼터타겟, EB재료 | | | | |
| 홍보내용 | (주)고순도코리아는 일본 ㈜고순도화학연구소의 대리점으로 수년간 R&D나 양산 원료등을 공급하고 있으며, 기술 혁신의 핵심에 관련되는 첨단산업의 신재료 신소재를 환경에 기반하여 고객에게 신속 정확하게 응대하고 있습니다. | | | | |

## 부스번호 22

### 국립부경대학교 LINC 3.0 사업단

국립부경대학교LINC 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업단

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 류지열 사업단장 | 대표전화 | 051-629-4281 | 이 메 일 | ywlee23@pknu.ac.kr |
| 담당자 | 구자민 | 팩 스 | 051-629-4280 | 홈페이지 | https://cms.pknu.ac.kr/lincplus |
| 주 소 | 부산광역시 남구 신선로 365(용당동) 행정관 2층 205호 LINC3.0사업단 | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | 링크3.0사업단 인프라 및 프로그램 홍보 & 소재, 반도체, 이차전지, 우주항공, 디스플레이, 수소&탄소중립 등 학술대회 관련 분야 국립부경대 가족기업의 기술, 제품 및 성과 등을 홍보 | | | | |

## 부스번호 23

### 한국재료연구원

KIMS

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 대 표 | 이정환 | 대표전화 | 055-280-3792 | 이 메 일 | jjh21@kims.re.kr |
| 담당자 | 정지호 | 팩 스 | 055-280-3369 | 홈페이지 | https://www.kims.re.kr |
| 주 소 | 경남 창원시 성산구 창원대로 797 | | | | |
| 전시품목/<br>홍보내용 | - 한국재료연구원 기관 소개 및 세라믹 재료 주요 연구성과 안내<br>- 모빌리티용 방열 및 베어링 소재, 환경 소재, 국방 소재, 에너지 소재, 바이오 소재 등 세라믹 분야 보유기술 소개 | | | | |

# 전시참여업체

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 부스번호 24<br>**차세대지능형 반도체사업단**<br>차세대지능형반도체사업단 | 대 표 | 김형준 단장 | 대표전화 | 031-620-1295<br>임혜린 PM<br>031-620-1294 | 이 메 일 | nis2030@nis2030.org<br>임혜린 PM<br>hyerin.lim@nis2030.org |
| | 담당자 | 임혜린 PM | 팩 스 | 031-620-1292 | 홈페이지 | https://nis2030.org/ |
| | 주 소 | 경기도 성남시 분당구 판교역로 182, 7층, 9층 | | | | |
| | 전시품목/<br>홍보내용 | 차세대지능형반도체사업단 소개 및 소자분야 우수과제 홍보,<br>차세대지능형반도체기술개발사업 2023년 성과모음집 배포 | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 부스번호 25<br>**린테크**<br>PROTHERM FURNACES | 대 표 | 송민창 | 대표전화 | 010-3099-3931 | 이 메 일 | swan0310@naver.com |
| | 담당자 | 송민창 | 팩 스 | 0504-438-3931 | 홈페이지 | http://www.prothermfurnaces.com |
| | 주 소 | 경기도 남양주시 화도읍 마석로 26번길 29, 202호 | | | | |
| | 전시품목/<br>홍보내용 | Furnace(전기로) | | | | |

# With Special Thanks to Our Sponsors

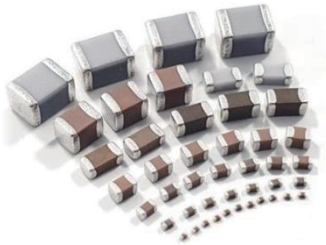
# With Special Thanks to Our Sponsors





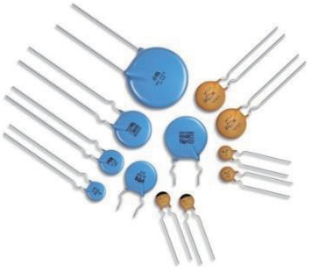
# SAMWHA : Inside All the E-devices

## 고객을 위한 신기술 창조, 삼화콘덴서입니다!



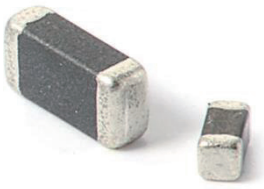
**MLCC**

Nominal / Soft termination / Open Mode/ Floating Mode



**DCC**

Temperature Compensating Type / High Voltage / AC Voltage / Ultra High Voltage



**Bead & Inductor**

EMC Components / Inductors



**Disc Varistor**

General Type / High Surge Type / Silicon Type Varistor / Square Type Varistor



**DC Link Capacitor**




**Low Voltage power Capacitor**



**High Voltage Power Capacitor**



**Battery Capacitor**

삼화콘덴서는 **미래사회의 편익과 가치 창출**을 위하여
에너지를 보다 효율적으로 사용하는 **제품과 솔루션**을 제공합니다.

# KOCERA 한국세라믹연합회

The Federation of Korea Ceramic Associations



01

## 비전

Vision

세라믹 분야 산·학·연·관의 유기적 협력,
창조적 기술 개발과 효율적 경영 및
국가 정책을 선도하는 구심체로서
세라믹 선순환 생태계를 구축합니다.



02

## 3대 목표

Objective

- 지속 가능한 세라믹 환경 조성
- 전방위적인 회원 서비스
- 산·학·연 기술 협력 및 네트워크 강화

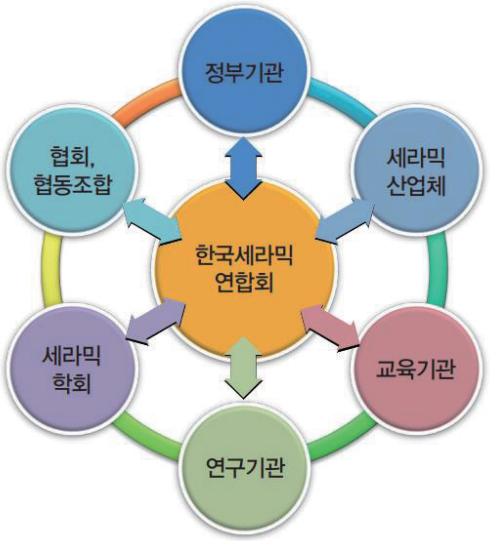



03

## 7대 전략 과제

Strategy

- 세라믹산업 신 수요창출
- 대기업 중소기업 동반성장
- 기술지원 서비스 강화
- 세라믹 정보서비스 기능 확대
- 지속 가능한 발전 기반 구축
- 세라믹산업 직무 표준 및 역량체계 구축
- 세라믹 연구개발 협력




세라믹 산업기술 선순환 생태계 구축을 위해

2024년

KCRA

**한국세라믹산업연구조합**

Korea Ceramic Research Association

이 출범합니다.

**한국세라믹연합회**

서울특별시 서대문구 이화여대 2가길 18 세라믹회관

TEL. 02)362-6749 FAX. 02)362-4951

www.kocera.or.kr

KILAM
한국석회석신소재연구소
Korea Institute of Limestone & Advanced Materials
Since 2003

석회석 신소재 산업의 아름다운 성장

# 한국석회석신소재연구소가 함께 합니다



## 비전

**글로벌 경쟁시대에 대응하는 산업융합, 녹색기술 전문 연구기관**

단양지역 석회석 산업의 그린뉴딜 융합기술기반 新사업 육성으로 지역 산업경쟁력 강화

## 중점분야

### 탄소중립 CCUS 산업

**이산화탄소 활용산업**

- 건설 2차 제품 기술
- 저탄소연료화 기술

### 청정생산 산업

**미세먼지, 재제조, 재활용 산업**

- 질소산화물(NOx) 저감기술
- 자원순환 기술

### 친환경소재 산업

**탄소저감소재, 대기/수질정화소재**

- 첨단소재 기술
- 자원활용 고부가가치 기술

## 혁신전략

- 신산업 육성기반 확충
- 중점분야 신산업 확대
- 지역산업 경쟁력 강화
- 관련 산업 생태계 조성
- 사업평가 공인인증확대

## 기업지원 시험분석 제공 (KOLAS 국제공인시험기관 (화학 및 역학분야) 인증기관)




KOLAS
국제공인시험기관

국제공인 품질 및
분석 인력

**64**
시제품 제작 및
시험생산 설비

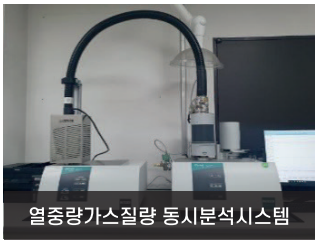
석회석 활용 대형
Pilot Plant 지원


에어젯밀


파장분산형 X선 형광분석기


전계방사형 주사전자 현미경


열처리소성시스템(로타리킬른)


열중량가스질량 동시분석시스템



고출력 X선 회절분석기


시멘트 수화반응열 측정기


SCR 모사시험장치

## 신청 방법

1. 시험신청 상담 (의뢰)
2. 견적서 발부
3. 사용료 입금 (접수중)
4. 입금확인 (접수완료)
5. 시험분석
6. 시험성적서 발급

한국석회석신소재연구소 온라인분석시스템 (http://kca.kilam.re.kr / 문의 T. 043-422-2192)

BSM
Basis and specialty Materials

Combination of advanced materials and our key technology,

# Surface Treatment with Carbon Materials

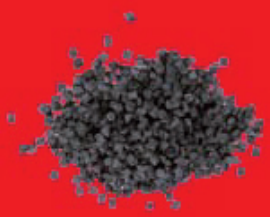
BSM's core technology is divided into Metal-coated Carbon Fiber (MCF) and Functional Activated Carbon.

MCF is a product in which plating is applied to the surface of carbon fiber with a diameter of 7㎛. Since carbon fiber has a small diameter and a large number of fibers (3K, 6K, 12K), it is very difficult to apply coating technology to the product itself. Our technology has been accumulated for a long time in the research and pilot stages, and BSM has reached the current which the company has now the continuous mass production facility.

| Metal-coated Carbon Fiber | Functional Activated Carbon |
|---|---|
| MCF Cable | Cabin Air Filter |
| MCF Composite | Air Purifier Filter |
| MCF Veil | Industrial Application |



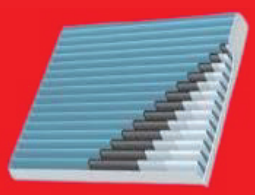
**Bobbin type**
(2 kg/bobbin)



**MCF LFT**
MCF Compounding pellet



**Chopped MCF**
(Length 3, 6, 12mm)



**Cabin Air Filter**



**Activated Carbon**

http://kc.daejookc.com

# Aluminum Hydroxide & Alumina

국내 유일 수산화알루미늄 생산 기업, 케이씨






## Battery Materials

이차전지 양극제用, Super fine ATH
이차전지 분리막用, Boehmite

## The future of Materials

고객 맞춤형 신소재,
소재 · 부품 · 장비 산업의 밝은 미래를 이끌어 나갑니다.

- *AlN (Aluminum Nitride)*
- *Nano Boehmite*



**본사 · 공장** : 전남 영암군 삼호읍 산단서부로85 (대불산업단지)
**필름사업부** : 전남 목포시 연산로 198
**대 표 번 호** : 070-7015-1042 **팩 스** : 02)6358-2587

대주·KC 케이씨

# SMARTBOX

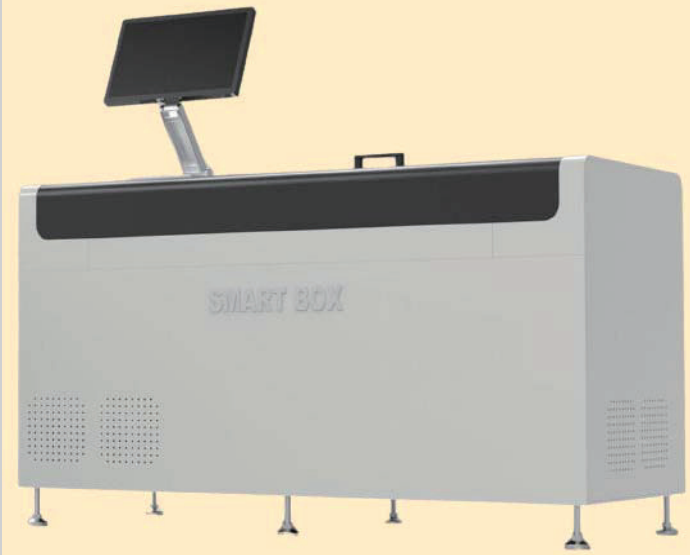
## 차세대 데이터센터 냉각의 표준이 되다

- 데이터센터 꿈의 전력효율 PUE 1.1 이하 지원
- 40MW 데이터센터 기준 연간 전력요금 약 200억 원 절감
  연간 $CO_2$ 배출량 약 64,000톤 감축




탄소 제로 에너지 사용 | 에너지 효율 강화 | 폐열 재활용 | 물 절약 | 서버 재사용&수리

※ 이머전 쿨링은 유럽 '기후 중립 데이터센터 협약(Climate Neutral Data Center Pact)'의 5가지 기준 달성을 지원합니다.




| | |
|---|---|
| 모델명 | SmartBox v1.5 |
| 규격 | 210(L) x 90(W) x 120(H) cm |
| 서버수량 | 21U |
| 냉각용량 | 50 kW |
| 최대 전력소비 | 1.5 kW |
| 무게 | 634kg/㎥(Full Coolant) |
| 전원 전기사양 | 3상+N - 380V - 60Hz |
| 제어터치패널 | HMI |

DATABEAN

홈페이지: www.databean.co.kr / 이메일: wonki.woo@databean.co.kr
주소: 수원시 영통구 창룡대로 256번길 77 1518호

# 한국세라믹연합회 세라믹산업협력단은

세라믹산업의 **경쟁력 강화를 위해** 개별 R&D 과제의 사업화 성공과
세라믹 핵심 품목의 GVC 구축에 앞장서고 있습니다.

## 세라믹산업자립화 및 세계선도

**사업화**
글로벌 강소기업,
히든 챔피언 진출

**기술**
세라믹 R&D 발굴

**통계**
세라믹 소재의
공급 안정화

**3대목표**



### 사업화 촉진

협력과제와 협업으로
수요기업 협의체 운영, 홍보

세라믹 애로 기술
해결 지원

### 기술교류

선진국을 추월하기 위한
기술 발굴

### 통 계

세라믹 주요 품목의
GVC 구축

KOCERA 한국세라믹연합회
The Federation of Korea Ceramic Associations

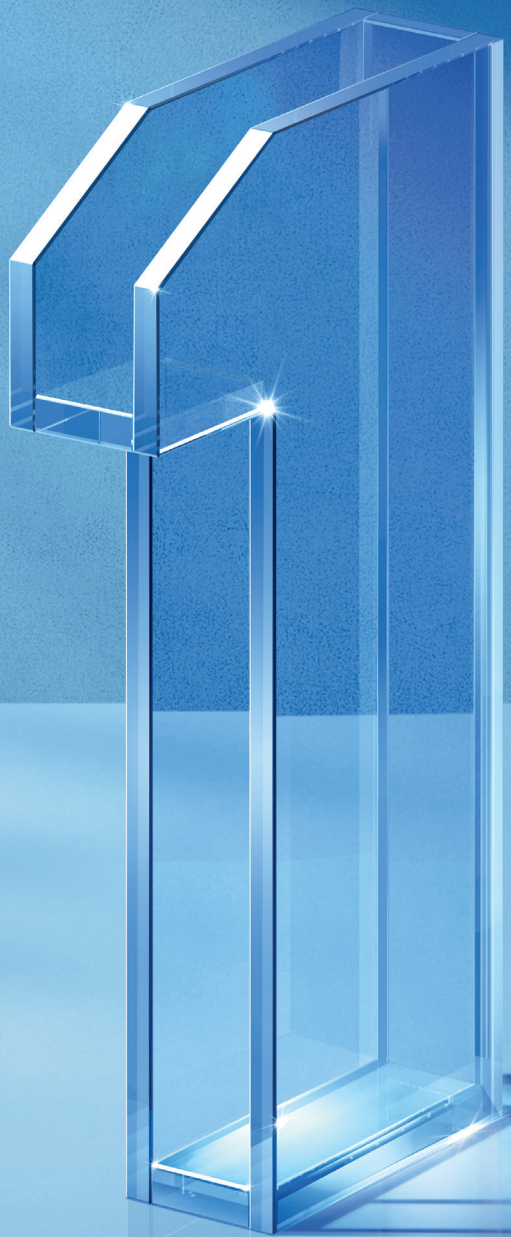
KCC 글라스

# 단열 성능의 차이가 글로벌 No.1의 차이

# MZT152

## 세계 최고 열관류율 0.97W/m²K

KCC글라스 더블로이가
세계적으로 인정받은 이유를 아세요?
바로 독보적인 단열 성능 때문,
세계 최고의 초고단열 성능을 가진
로이유리를 직접 경험하세요



★★★★★
한국품질만족지수
저방사(로이)유리 부문
**7년 연속 1위**

e-MAX CULLINAN
초고단열 더블로이유리

**알루미늄 창호 & 커튼월, 최고의 솔루션 MZT152**
CULLINAN : KCC글라스 로이유리 중 최고 성능 제품에 부여되는 브랜드입니다

※세계 최고 열관류율 0.97W/m²K | 유리 사양 : 5LowE + 16AR + 5CLR (복층 계산 기준) 열관류율 기준 : KS 기준

KICET 한국세라믹기술원

반도체용 소재 · 부품 사업화 지원

# 반도체종합솔루션센터

☐ 센터위치 : 경기도 이천시 신둔면 경충대로 3321, 한국세라믹기술원 이천분원 內

☐ 건물규모 : 부지면적 2,110m², 연면적 2,127m² / 총 3층 (지하1층, 지상2층)

☐ 센터기능 : 반도체 관련 세라믹 기업의 시제품 생산 및 시험분석 지원

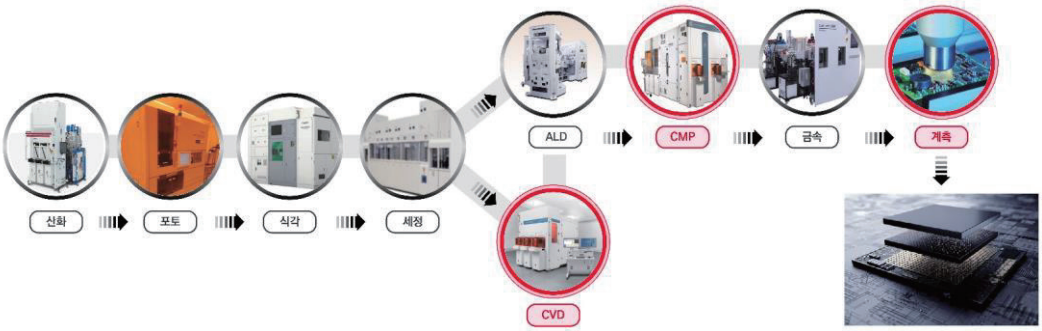





☐ 주요 시설 및 장비

- 300mm 웨이퍼용 반도체 공정 장비 구축 (클린룸 420m² 포함)
- 반도체용 세라믹 소재 부품 시생산 라인 구축
- 반도체 소재 및 소자 분석 인프라 구축 (부천 시험분석팀 연계)

## 300mm 급 반도체 공정 실증화




## 반도체용 세라믹 소재· 부품 시생산 라인 구축




☐ 응용분야




- Wafer Level 패키징
  - 2.5D/3D 패키징 공정
  - Bumping/hybrid bonding
- Panel Level 패키징
  - 1.5D 패키징 배선 공정
  - Glass MEMS 공정




- 전력반도체 전공정
  - SiC 기반 MOSFET 공정
  - 공정 요소 기술 개발
- 전력반도체 패키징 공정
  - OSAT 배선 공정




- EUV 반사막 공정
  - IBAD 기반 Multi-layer
- EUV 투과막 공정
  - PVD 기반 신소재 개발
- EUV 흡수막 공정

# ㈜경보세라믹

주 생산품 : 알루미나($Al_2O_3$), 지르코니아($ZrO_2$)
반도체 장비 부품, DTA, DSC 실험용 도가니, 진공장비, 전기로 관련 부품

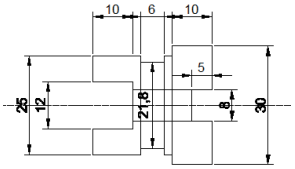
## 그린가공 솔루션 제공 (소결 전 가공)

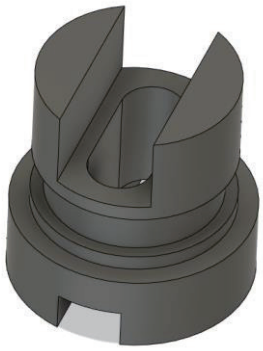
그린가공 vs 소결 후 가공
10 분 내외 1시간 이상
생산 속도 UP, 금형없이 제품 제작 가능
-> 소량 다품종 제품 제작 특화

50 Ø 이내 ±0.05 정밀급 가공

## # 그린가공 솔루션 활용 예시

목표 제품사이즈
30pi * 30L



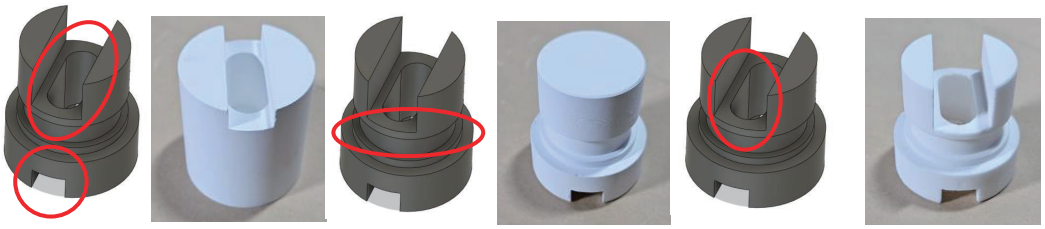



## # 그린가공 과정

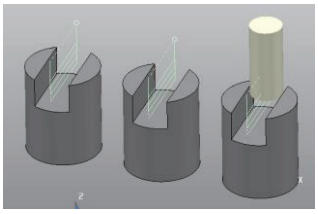
A. 소재 선택 (프레스 or CIP) B. 1차 홈 가공 C. 2차 홈 가공 D. 3차 홈 가공



프레스로 기본 원통 제작



## # 3차 홈 실제 가공 모습



- 가공 시뮬레이션



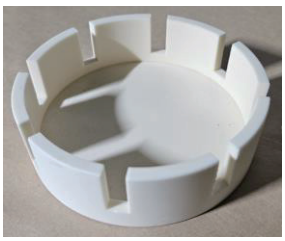
자체 지그를 활용한 가공 사진

## # 가공 후 소결 단계



# 소결 후 납품

## # 그린 가공 제품들



100pi_30t



103pi_6t

## # 생산 제품



실험용 도가니



지르코니아



진공 장비 부품


경북 성주군 선남면 관화5길 54-81 ㈜ 경보세라믹
054-931-7762 / 010-4275-7626 (김태우 / 기술영업팀)
kbc7626@hanmail.net / https://www.kbceramic.com

# Energy & Mobility

Delivering innovative solutions in renewable energy and advanced mobility for a safer and more convenient world

| Measurement | Thermoelectric System |
|---|---|
| · Mobility<br>· Fuel Cell<br>· Battery<br>· Thermoelectric | · Conduction<br>· Radiation<br>· IoT<br>· Power Management<br>· TIM |

## Measurement



Powder Resistance



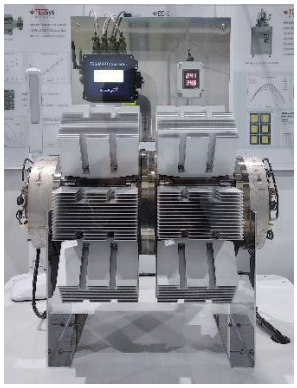
Electrode Resistance

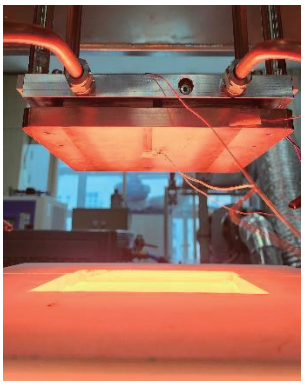


Seebeck Coefficient


TE Reliability

## Thermoelectric System


Conduction Generator


Radiation Generator



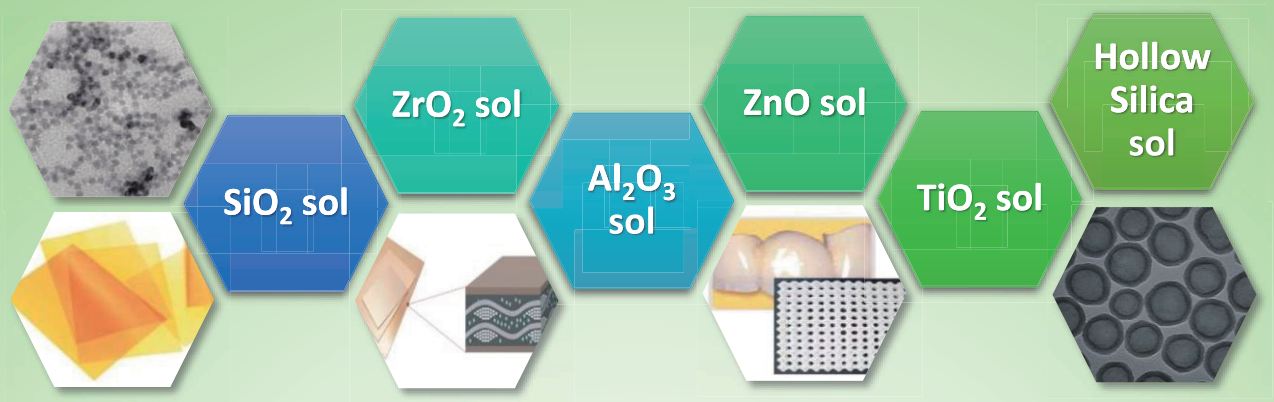
MPPT Converter



TIM

www.blue-sys.co.kr
407, 408 Techno 2-ro, Yuseong, Daejeon,34025
Tel: +82-42-867-6521 Fax: +82-42-867-6523 sales@blue-sys.co.kr

# Make our great futures with you together

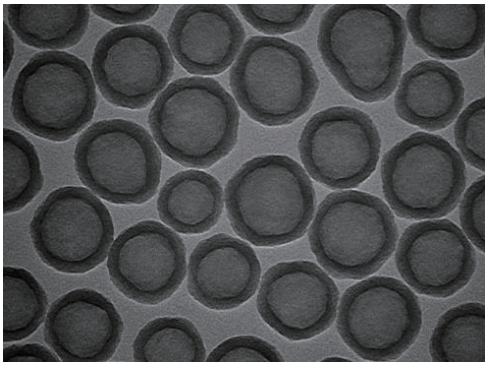



## $SiO_2$ Sol Dispersed in Solvent and Monomer

| | Optisol-LSG | Optisol-SSA | Optisol-ASAM2100 | Optisol-ASAM3300 |
|---|---|---|---|---|
| Solvent/ Monomer | Propyleneglycol monomethyl ether | 1-Methoxy-2-propanol acetate | TPGDA | PETA |
| Particle Size (nm) | 10 ~ 15 | 10 ~ 15 | 10 ~ 15 | 10 ~ 15 |
| $SiO_2$ Content (%) | 30 | 50 | 50 | 50 |

## Hollow Silica Sol Dispersed in Solvent

| | Airloid-TSM60A | Airloid-TSM60I |
|---|---|---|
| Solvent | 1-Methoxy-2-Propanol acetate | Methyl Isobutyl ketone |
| Particle Size (nm) | 60 | 60 |
| $SiO_2$ Content (%) | 20 | 20 |



TEM Image

SOOHYUN hi-tech materials 수현첨단소재

www.shmaterials.co.kr
충북 음성군 금왕읍 유촌산단1길 13
t_(+82) 043-882-7471 f_(+82) 043-882-7472
m_sales@shmaterials.co.kr

# ktl 한국산업기술시험원

"Beyond Korea No.1"

## 시스템에너지본부 재료기술센터

국내 유일 **공공 종합시험인증기관**인 **한국산업기술시험원 재료기술센터**는 반도체, 태양광, 이차전지, 연료전지, 대기오염저감촉매 등 **소재·부품·장비** 분야 **시험평가·인증 서비스, R&D 국책과제 수행, 국제/국가/단체 표준화** 등을 통해 기업의 기술개발 및 경쟁력 강화, 국내/해외 시장 진출, 국내산업 활성화 등을 지원하고 있습니다.



## 재료기술센터 주요 업무




### 시험평가·인증 서비스

- **공인시험기관(KOLAS) 인정, 선진 시험평가 분석장비 구축 등을 통해 원료소재부터 제품까지 시험평가·인증 서비스를 지원하고 있으며, 박사급 연구원들의 소재·부품·장비 분야 국책과제 성과검증을 위한 시험평가 및 성적서 발급**
  - ※ 의뢰자 제시 방법(표준화 되지 않은 방법)에 기반한 현장입회시험을 통해 성적서 발급 가능

### R&D 국책과제 수행

- **소재·부품·장비 분야 연구개발(R&D) 국책과제 수행을 통해 국내기업의 소재·부품·장비 국산화 및 국내외 시장 진출을 적극적으로 지원**
  - ※ 소재부품기술개발사업(표준연계), 상용표준물질개발보급사업, 국가표준기술력향상 사업 등 다수의 R&D 국책과제 수행 중

### 국제/국가/단체 표준화

- **반도체·디스플레이, 이차전지 등 첨단 산업분야의 국제(ISO, IEC)/국가(KS)/단체 표준화를 통하여 소재·부품·장비 국산화 및 국내기업의 글로벌 시장 진출 지원**
  - ※ ISO 국제표준 (7건 제정, 3건 개발 중), 국가표준(KS) 및 단체표준(KTL규격 등) 다수 제정

## 주요 시험인증 서비스 현황

| 세라믹 | 금속 | 화학·고분자 | 환경 | 건축난연 | 표면·코팅 |
|---|---|---|---|---|---|
| • 전기전자세라믹 특성·성능평가<br>• 세라믹 원료소재 특성 분석·평가<br>• 신뢰성(수명) 평가 설계 및 고장분석 | • 부식시험평가 (KOLAS 인정)<br>• 조직분석 및 특성·성능평가<br>• 고장파단분석<br>• 자동차 연결장치 인증시험 | • 고순도 화학분석, 유해 물질 분석<br>• 고분자 재질 및 첨가제 분석<br>• 수도용품 분석 및 성능평가 | • SCR 촉매 특성 및 성능평가 ($NO_x$ 제거효율, $SO_2/SO_3$ conversion 등)<br>• 광촉매 성능 평가(ISO 22197, 17168 시리즈 등) | • 건축 마감재 (불연, 준불연, 난연) 시험용 테스트 베드 구축 (KOLAS 인정)<br>• 제설재, 석면 등 건축재료 특성·성능평가 | • 이차전지분리막 등 소재 표면 및 코팅 특성평가 (AFM, 스크래치, 면저항, 접촉각 등)<br>• 표면 및 코팅 광학분석 (투과율, 헤이즈 등) |
| 김용남 센터장 (02-860-1572)<br>전민석 책임연구원 (02-860-1576) | 권기봉 책임연구원 (031-500-0472)<br>문기웅 주임연구원 (031-500-0395) | 이진숙 수석연구원 (031-500-0498)<br>이준태 책임연구원 (031-500-0471) | 차진선 선임연구원 (02-860-1575) | 이재훈 주임연구원 (02-860-1576)<br>하주연 주임연구원 (02-860-1573) | 이동원 선임연구원 (02-860-1577)<br>최요민 주임연구원 (031-500-0475) |

## 신청 방법

안내 및 접수 → 상담 → 견적 → 시험분석 → 입금 확인 → 성적서 발급

대표전화 상담 문의: 080-808-0114

고객전용 홈페이지: https://customer.ktl.re.kr

산업통상자원부 산하기관 | 과학기술정보통신부 특정연구기관 | 기획재정부 기타공공기관, 연구개발목적기관

# 세라믹서포터즈사업 (단기 상용화 지원)

**세라믹기업 맞춤 종합지원으로 글로벌 강소기업 육성**

· 세라믹 관련 중소기업의 기술경쟁력 확보를 위한 기술지원으로 세라믹 강소기업으로의 육성 지원

## 사업개요

| | |
|---|---|
| 사 업 명 | 세라믹서포터즈(기업지원)사업 |
| 지원대상 | 세라믹 소재/부품 관련 중소, 중견기업 |
| 사업기간 | 2024.05.01 ~ |

## 지원프로그램

| 구분 | 지원프로그램 | 지원내용 | 지원금액 |
|---|---|---|---|
| 01 | 제품고급화지원 | 기존 생산 판매중인 제품의 품질향상, 디자인 개선, 제품인증 및 신뢰성 향상지원<br>- 재료비, 임가공비, 장비활용비, 시험분석비 등 | 최대 200백만원 내외/건 |
| 02 | 시제품제작지원 | 연구개발이 완료된 유망 품목의 시제품 설계, 시험 제작지원<br>- 재료비, 임가공비, 장비활용비, 시험분석비 등 | 최대 15백만원 내외/건 |
| 03 | 애로기술 컨설팅지원 | 전문가의 컨설팅을 통한 기술개발 지원, 장애 및 위험요소 해결지원 등<br>- 현장진단/공정진단/전문가 활용 수당 등 | 최대 2백만원 내외/건 |
| 04 | 특허 컨설팅 지원 | 지적 재산권 확보를 위한 특허 전문가 활용, 특허 포트폴리오 구축을 통한 사업화 전략수립 및 특허출원 지원 | 최대 5백만원 내외/건 |
| 05 | 시험분석 / 인증 | 국내외 인증이 필요한 제품 / 품목 인증에 필요한 비용 및 시험분석 비용 지원 | 최대 2백만원 내외/건 |

# 세라믹서포터즈사업 사업화R&D지원사업

**한국세라믹기술원의 보유 인프라를 활용하여 중소기업 R&D 및 사업화지원을 통한 제품 경쟁력 향상지원**

## 사업개요

| | |
|---|---|
| 사 업 명 | 세라믹서포터즈사업 사업화R&D지원사업 |
| 지원대상 | 세라믹 소재 / 부품 관련 중소, 중견기업 |
| 지원내용 | 한국세라믹기술원 보유 인프라(시설, 장비)를 활용하여 세라믹 기업의 유망제품 조기상용화 및 사업화R&D지원 |
| 지원규모 | 기업당 기술원 지원금 최대 1억원 이내(기업부담금 30% |
| 지원분야 | 지원분야는 자유공모형태로 세라믹패키지, 생체친화성 바이오세라믹, 유해물질제거기능 등 기업에서 제안 |

기업협력센터 김진우 연구원 (kimjw@kicet.re.kr / 055-792-2786)

KICET 한국세라믹기술원 KOREA INSTITUTE OF CERAMIC ENGINEERING & TECHNOLOGY

새로운 강원 특별 지치시대!
함께하는 New 강원TP

# 중소기업 저탄소 경제로의 대전환!

**탄소중립 융복합 자원화단지 사업**을 통해
중소기업 탄소중립을 **강원테크노파크**
**글로벌사업단**이 이끌어갑니다.




## 탄소중립 융복합 자원 PLATFORM

강원테크노파크 글로벌사업단이
온실가스 다배출 중소기업형
탄소중립 비즈니스 모델 실증
Platform을 만들어 갑니다.

## 지역상생 협력형 중소기업 탄소중립 모델 정립

- 온실가스 감축목표이행
- 탄소중립 선도모델구축
- 탄소중립 가속화
- 탄소중립 플랫폼 구축

강원특별자치도 | YoungWorld 영월 YeongWol | 강원 테크노파크 GANGWON TECHNOPARK | KIER 한국에너지기술연구원 KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH

posco HOLDINGS




# 미래를 여는 소재, 초일류를 향한 혁신

## 2024 미래기술연구원 수소저탄소에너지연구소 채용 분야

**채용분야**

| 분야 | 업무영역 (요구역량) | 관련전공 *타전공 지원가능 | 학위 | 근무지 |
|---|---|---|---|---|
| 수소 제조/활용 | • 촉매 기반 수소 제조 및 활용 기술 개발<br>• 수소 제조 및 활용 공정 개발 및 최적 시스템 설계 | 화학공학/화학<br>물리<br>기계공학 | 석사 / 박사 | 포항 |
| 가스 분리/정제 | • 가스 분리 공정 개발 (반응/흡착/흡수/막분리 등)<br>• 가스 불순물 정제공정 개발 / 공정 해석 및 최적화 | 화학공학/화학<br>환경공학<br>재료공학 | 석사 / 박사 | |
| CO2 포집/저장/활용 | • CO2 포집/활용 소재 및 공정 개발(계산과학 및 실험 등)<br>• 촉매 합성/평가 및 반응 공정 개발(계산과학 및 실험 등)<br>• CO2 저장 기술 개발 | 화학공학/화학<br>환경공학<br>물리<br>에너지공학 | 박사 | |
| 에너지 및 연소시스템 | • 열유체 공정 설계 및 해석(전산유체역학 등)<br>• 친환경소재 산업분야 저탄소화 기술 및 공정 개발<br>• NOx 연소 해석 및 버너 개발<br>• 연소 설비 연계열공정 개발 | 화학공학<br>기계공학 | 석사 / 박사 | |

**지원자격**

- 기졸업 또는 '24.8월 이전 졸업 예정자('24.3분기 입사가 가능한 자)
- 어학: 토익스피킹 IM1(110점) 또는 OPIc IL 이상 (21.9.1 이후 성적만 인정) * 석사만 해당
- 해외여행에 결격사유가 없는 자(남성의 경우, 입사 전 병영필(예정) 또는 면제자

**문 의 처**

- 채용관련 문의처 : 연구기획그룹 김태경 리더 (tg.kim@posco-inc.com)