

PG2B : 에너지 환경 세라믹스

PG2B-1 | 열안정성 향상을 위한 리튬이온배터리용 미립 보헤마이트 코팅 분리막

장미^{1,3}, 오민주^{2,3}, *노광철³

¹고려대학교, ²연세대학교, ³한국세라믹기술원

Recently, lithium-ion batteries have been increasingly used as energy sources for electric vehicles, and research has highlighted the need to improve the stability of these batteries. In this study, we propose a novel inorganic coating method that utilizes sub-micron boehmite particles as coating agents to enhance the thermal and mechanical stability of the battery separator. Sub-micron-sized boehmite was synthesized via hydrothermal synthesis, with the addition of a specific amount of finely pulverized crystalline boehmite as an additive. And then, porous polyolefin separator was made of 14um thick fabric using a pilot film forming process. The coating slurry was made using an aqueous binder and was coated to a thickness of 4um on one side of the separator. The direct effect of the boehmite coating layer on the improvement of thermal stability was evaluated by comparing the shrinkage behavior before and after the thermal stability test. Electrochemical characteristic analysis was performed using a pouch-type cell, with graphite as an anode and NCM as a cathode. After 100 cycles of charging and discharging at 1C, the capacity maintenance was about 98%, and the rate capability was 76% compared to 0.1C and 2C capability. In particular, the 0.1C capacity measured after 2weeks in a 60°C oven showed excellent thermal stability with a retention rate of about 100%.

PG2B-2 | 직접 암모니아 연료를 사용하는 저온 구동형 박막형 고체산화물 연료전지를 위한 연료극 지지체의 기공률 조절

오성국¹, 이종호¹, 윤경중¹, 지호일¹, 손지원¹, *양성은¹

¹한국과학기술연구원

As the hydrogen fuel storage and carrier medium, ammonia is investigated owing to its valuable characteristics. Employing the thin film-SOFCs (TF-SOFCs) produced by vacuum deposition systems can achieve fuel cell performance even at 500 to 600°C. However TF SOFC showed considerable performance drop with NH₃ fuel due to its low NH₃ cracking performance. Therefore, effective NH₃ crackers and fast gas diffusion process should be applied to ASL. In this study, we tested TF-SOFC fabricated on the porosity controlled ASL-AFL (anode functional layer) substrates by pulsed laser deposition. The porosity of NiO - yttria stabilized zirconia mixed ASL are diversified via PMMA

(Poly(methyl methacrylate)) pore former based on volumetric ratio. We tested electrochemical performance at 550 to 650°C. The NH₃ cracking ratio also investigated by using gas chromatography. Both electrochemical and NH₃ cracking performance was check with various NH₃ flow rate to clearly identify influence of porosity and NH₃ cracker ratio.

PG2B-3 | 원료 분말의 하소 방법에 따른 수소 이온 전도성 세라믹의 물성 변화

황재성¹, *박종성¹

¹명지대학교

연료전지는 화학 에너지를 전기 화학적 반응을 통하여 전기 에너지로 변환한다. 그 중 Protonic Ceramic Fuel Cell (PCFC)는 연료극에서 생성된 수소 이온이 전해질을 통해 이동하여 공기극에서 산소와 만나 물을 생성하는 연료전지이다. 최근 Ba(Ce_{0.4}Zr_{0.4}Y_{0.1}Yb_{0.1})O₃ (BCZYYb)는 연료전지의 작동 온도를 낮추고 전기 화학적 효율성 및 전도도 향상의 효과에 기대를 받고 있다. 그리고 연료전지의 제작 공정 중 하소는 raw material을 mixing한 후 구조적 변화를 통해 원하는 상을 얻기 위해 상합성을 하는 열처리 공정이다. 따라서 하소 방법에 따라 powder의 물성 및 electrolyte의 성능에 다양한 변화가 일어난다. 그래서 일반적인 BCZYYb를 원료분말 형태로 하소하기 전에, 원료분말을 가압하여 하소를 진행하였으며, 이때 비표면적, 결정립의 크기 등 물성에 대해 살펴보고, 이를 PCFC에 적용한 결과에 대해 논의한다.

PG2B-4 | Controlled Formation and Growth of MAPbCl₃ Perovskite Crystals for Transparent and Color-Neutral Solar Cells using AAO Scaffold

LEE JUNWOO¹, JANG Gyumin¹, LEE Chan Uk¹, SON Jaehyun¹, JEONG Wooyong¹, YANG Seongyeon¹, PARK Jeong Hyun¹, *MOON Jooho¹

¹Yonsei University

Transparent photovoltaics (TPV) are innovative solar cells with potential for building-integrated applications. Achieving high transparency (AVT > 60%) and color neutrality (CRI > 85) is crucial for ideal TPV. Thus, X-site halide exchange is required to obtain a suitable wide band gap by transitioning from I- to Br- and Cl-. Cl-based perovskites offer versatility, but fabricating thin films is challenging due to poor solubility of MAI and lead iodide. This study achieved a high-quality MAPbCl₃ perovskite film through one-step deposition with an anodized aluminum oxide (AAO) template and PbAc₂ salt. PbAc₂ enhanced perovskite precursor solubility, forming a thick layer. The AAO template slowed solvent evaporation, suppressing crystallization rate and promoting bottom-up growth. The resulting TPV had

Poster Presentations

AVT 72.5% and CRI 95, with a PCE of 0.68%. Scaling potential was demonstrated, achieving 0.6% PCE for a 4x4 cm² device.

PG2B-5 | Crystal Structure and Electrochemical property relationship in Layered perovskite Oxide System for Intermediate Temperature-operating Solid Oxide Fuel Cells

WOO Sung Hun¹, YANG HYUNJU¹, CHO YI HYUN², HYUN Jeong no², HWANG Hae Jin¹, * KIM Jung Hyun³
¹ Inha University, ²HydencoKorea, ³Hanbat National University

Recently, Perovskite and layered perovskite showing excellent oxide ionic diffusivity, oxygen surface exchange coefficients, oxygen transport properties and electronic conductivity have been investigated and applied as the cathode of intermediate temperature-operating solid oxide fuel cell. (IT-SOFCs). For example, from the composition of SmBa_{0.5}Sr_{0.5}Co₂O_{5+d} (SBSCO) that our group reported, the crystal structure was confirmed in the layered perovskite AA'¹/A''B₂O_{5+d}. In addition, SBSCO reported as excellent Area-Specific Resistance (ASR) values at intermediate temperatures. In this study, the phase synthesis and electrochemical properties of A¹A''/A'''B₂O_{5+d} (A¹: Lanthanide, A¹: Ba, and A¹: Sr) layered perovskites in which Pr and Sm were substituted at the A¹-site were investigated for IT-SOFC cathode materials. In the Pr_xSm_{1-x}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co₂O_{5+d} (x = 0.1-0.9) systems, tetragonal (x < 0.4) and orthorhombic (x ≥ 0.5) crystalline structures were confirmed. In addition, Pr_{0.5}Sm_{0.5}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co₂O_{5+d} (PSBSCO55), showing a tetragonal crystalline structure, had the lowest electrical conductivity values. However, the ASR of PSBSCO55 was found to be 0.10 Ω cm² at 700 °C, which is best than those of the other compositions.

PG2B-6 | 폴리머 블렌딩을 이용한 페로브스카이트 광검출기의 성능 개선

안단태^{1,2}, 김우철², 이민지², *박유신²

¹고려대학교, ²한국과학기술연구원

As artificial intelligence technology advances, the amount of data that needs to be processed has become vast, but the frequency (bandwidth) of silicon electronic devices is limited. To break through the limitation of conventional hardware, optoelectronic devices that have an advantage in the speed of transmitting information are attracting attention. ^[1] In particular, perovskite materials have been actively studied for optoelectronic applications such as solar cells,

photodetectors (PD), and optoelectronic logic gates etc since 2009 due to their excellent optoelectrical properties.^[2] Although optoelectronic devices based on perovskite materials have been proven to be usable as logic gate and neuromorphic devices etc through various studies, there is a problem in that photo response time needs to be improved because the operating speed is still hundreds of millisecond.^[3] In this study, we aim to improve photo response time by blending polymers with perovskite materials. (The polymer blended into the perovskite improves the crystallinity of the thin film.) To study the effect of polymer blending on the improve photo response time of perovskite, a photodetector with Ag/PCBM/MAPbI₃/PEDOT:PSS/ITO/Glass structure was fabricated. For the preparation of the perovskite thin film, the MAPbI₃ solution was coated on a PEDOT:PSS-coated ITO substrate at a speed of 4000 rpm for 30 sec, followed by an annealing process at 120 °C for 20 min. Polymer-blended perovskite were coated by dissolving 0.3 mg of Poly-L-lysine hydrobromide in MAPbI₃ solution. As an electron transport layer, a PCBM solution was spin-coated at 2000 rpm for 40 s and dried at 100 °C for 10min. Finally, a silver electrode was deposited by thermal evaporation. The polymer-blended perovskite thin film has a response time of about 10us, which is more than 100 times improved compared to the bare sample, which is several ms.

PG2B-7 | 백운석을 활용한 CMA 소재 및 응용제품 평가기술 표준화

*하주연¹

¹한국산업기술시험원

부식 문제와 환경적 피해를 야기하는 염화물계 제설제의 대체제로 개발된 칼슘마그네슘아세테이트(Calcium Magnesium Acetate, CMA)는 백운석을 원료로 생산이 가능하며, 최근 미세 먼지를 흡착하는 효과가 뛰어난 바인더로도 주목받고 있음. 백운석을 활용한 CMA를 개발하여 친환경 제설제 및 미세먼지 흡착제로 사용할 경우, 공공부문 수요가 95%를 차지하고 있으므로 수입대체는 물론 국내 환경보호에 기여할 수 있음. 국외 원료 의존성을 탈피하고 국내 부존 백운석을 활용한 CMA의 원료-소재-제품 생산에 이르는 밸류체인 생태계 구축을 위해서는 제품생산 표준공정기술, 원료-소재-제품연계 평가기술, 표준화 및 인증체계 등의 개발과 같은 표준화 연구가 필수적으로 수반되어야 함. 현재 CMA 자체에 대해 제정되어 있는 표준은 없으나 친환경 제설제 및 미세먼지 흡착제용 CMA에 요구되는 범용적인 소재특성 및 제품성능 평가기술과 관련하여 국제(ISO), 국가(EN, KS), 사실상(ASTM, SAE) 표준들이 있으며, 친환경 소재에 대한 관심도가 높은 미국, 유럽 등의 해외 업체를 중심으로 기술 개발이

이루어지고 있는 만큼 상당수가 사실상 표준으로 제정되어 있음. 따라서 본 연구에서는 이러한 기보유 표준을 적용하여 CMA 소재의 특성평가 기술을 표준화하고, 용빙성능, 미세먼지 저감성능 등 응용제품별 핵심성능 실증평가를 위한 신규 표준을 마련함으로써 응용제품별 CMA 소재의 인증체계를 구축하고자 함.

PG2B-8 | The effect of Ce(Mn,Fe)O₂ and LaFeO₃ on the performance of Solid Oxide Fuel Cells operating with Ammonia as the Fuel

PARK Dong Jae¹, LEE Sang Won¹, NAM Tae Heon¹, SHIN Seo Yoon¹, *YU Sang Seok², *SHIN Tae Ho¹

¹Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology, ²Chungnam National University

Ammonia (NH₃) 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, there are challenges: the speed of the ammonia decomposition reaction declines swiftly when it's used as fuel, leading to a potential decrease in output. Consequently, it's vital to create an anode material that exhibits superior catalytic and electrochemical reaction characteristics even at medium to low temperatures (400~700 °C). Moreover, if electrochemical oxidation of ammonia takes place, nitrogen oxides like NO or N₂O might be produced. Therefore, we need a durable anode material that also curbs the production of these nitrogen oxides. The main objective of this study was to assess the feasibility of using ammonia directly as fuel for SOFCs without any performance degradation compared with Hydrogen under medium and low temperatures (400~700 °C). We also investigated how additives such as Ce(Mn, Fe)O₂ and LaFeO₃ affect the performance of Ni Cermet anode under various conditions - our findings highlight the considerable potential for employing ammonia as SOFC fuel.

PG2B-9 | Synthesis and Crystal Growth Mechanism of PST-2: An Aluminosilicate SBS/SBT Zeolite Intergrowth

LEE Hwajun¹, ZENG Jinjin², MAYORAL Alvaro^{3,4}, *HONG Suk Bong²

¹Korea Institute of Science and Technology, ²Pohang

University of Science and Technology, ³Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragon, ⁴University of Zaragoza

The synthesis of PST-2, an aluminosilicate zeolite intergrowth of cage-based, large-pore SBS and SBT topologies, and its intergrowth characteristics are presented. With the Si/Al ratio and crystallization inorganic structure-directing agent in zeolite synthesis mixtures fixed to 8.0 and Cs⁺ ions, respectively, pure PST-2 is obtained at 120 °C using tetraalkylammonium ions with C/N⁺ ratios of 5-9 as a charge density mismatch (CDM) organic structure-directing agent (OSDA). More interestingly, the intergrowth ratio between SBS and SBT in PST-2 was found to vary noticeably not only with the type of CDM OSDA employed, but also with the crystallization time, unlike the case of other well-known zeolite intergrowths such as beta and MFI/MEL. When tetraethylammonium ions are used as a CDM OSDA at 100 °C in the presence of Cs⁺, the SBS portion in PST-2 decreases from over 60% to less than 45% with increasing crystallization time from 2.5 to 14 days, suggesting that SBS formation is kinetically more favorable than SBT formation. A thorough characterization of changes in the crystallite dimension of PST-2 with crystallization time, together with those in the chemical composition, allowed us to propose a plausible crystal growth mechanism of this large-pore zeolite intergrowth.

PG2B-10 | ALD-Free Monolithic Perovskite/Perovskite/Silicon Triple-Junction Solar Cell with efficiency over 22%

CHOI Yeo Jin¹, LIM Sungyeon¹, PARK Jae Hyun², *JI Jin Young³, *KIM Jin Young¹

¹Seoul National University, ²Samsung Electronics Co., Ltd., ³National Renewable Energy Laboratory

Perovskite/perovskite/silicon (PVSK/PVSK/Si) triple-junction (3J) tandem solar cells may exhibit higher efficiencies than their PVSK/Si double-junction (2J) counterparts. However, the best efficiency of 3J tandems is still significantly lower due to the chemical degradation of the PVSK middle cell by solvents and the poor performance of the PVSK top cell. Depositing a dense oxide interlayer via atomic layer deposition (ALD) is the only proven way to prevent the degradation of the underneath PVSK layer, while the ALD process can increase fabrication cost. To prevent solvent penetration across the recombination layer between two PVSK subcells, we utilize a volatile solvent mixture of acetonitrile (ACN) and methylamine (MA) in ethanol for wide-bandgap PVSK top cell. Through proton nuclear

magnetic resonance (1 H NMR) spectroscopy analysis, we confirmed that the volatile solvent was removed immediately after spin-coating, and there was no residual solvent detected in PVSK wet films. Additionally, the performance of the wide-bandgap PVSK top cell with E_g of 1.96 eV could be significantly improved from 6.4% to 13.9% by including a urea additive which improves the crystallinity of the PVSK thin film. Finally, we could fabricate highly efficient perovskite/perovskite/Silicon (PVSK/PVSK/Si) triple-junction tandem solar cells without ALD-deposited protection layer. The best 3J tandem cell exhibits a high PCE of 22.23%, with J_{sc} , V_{oc} , and FF of 10.18 mA/cm², 2.78 V, and 78.6%, respectively (Figure 1), which is the highest PCE among PVSK/PVSK/Si 3J tandem cells reported in this study.

PG2B-11 | Printable solid polymer electrolyte for direct ink writing of solid-state batteries

OH Sumin^{1,2}, *LIM Jongwoo², *CHUNG Seungjun³

¹Korea Institute of Science and Technology, ²Seoul National University, ³Korea Institute of Science and Technology

High-performance power sources fabricated using direct ink writing (DIW) have attracted considerable interest for miniaturized and customized electronics. Among them, the form-factor-free lithium-ion solid-state batteries (SSBs) can be promising candidates due to their high energy density and safety. Herein, we report a printable solid polymer electrolyte (SPE) for all DIW of solid-state batteries. Ternary phase electrolyte of poly(ethylene glycol) (PEG)-succinonitrile (SN)-lithium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide (LiTFSI) was used for DIW, and the molecular weight of polymer and composition of ternary phase electrolyte were carefully optimized. The rheological properties of our IDW printable electrolyte allow a high printing resolution of ~ 100 um and the ionic conductivity is 0.5 mS cm⁻¹. This polymer electrolyte is also well-compatible to LiFePO₄ (LFP) exhibiting good rate capability and cyclability at room temperature. Our printable solid polymer electrolyte can pave the way to realize all 3D printed batteries for next-generation arbitrary-shaped devices.

PG2B-12 | 분자 잉크 기반 AgBiS₂ 칼코겐화물의 cation disorder engineering을 통한 광학적 성질 개선

하늘¹, *양우석¹

¹성균관대학교

AgBiS₂는 최근 태양에너지 변환 분야에서 주목받는 광흡수층 중 하나로, 독성이 없고 비교적 지구에 풍부한 물질(은, 비스무트, 황)로 구성되어 가격 경쟁력이 있으며 1.0-1.4eV 정도의 좁은 밴드 갭을 가져 넓은 파장대에 빛을 흡수할 수 있다는 특징이 있다. 무엇보다 AgBiS₂ 물질 자체의 독특한 특징은 원자 단위의 구조에 따라 가시광 영역에서 매우 높은 광흡수계수(~10⁵ cm⁻¹)를 가질 수 있어 수십 nm의 얇은 두께로 대부분의 태양 스펙트럼을 흡수할 수 있는 초박막 광흡수층 제작이 가능하다는 점이다. 하지만 현재까지 우수한 성능의 AgBiS₂ 기반 태양광소자들은 복잡한 공정의 나노 입자 기반 시스템에서만 구현이 되었고, 손쉬운 분자잉크 기반의 AgBiS₂의 제작은 제한적으로만 보고가 되었다. 본 발표에서는 손쉬운 분자잉크 기반의 AgBiS₂ 합성 방법에 소개하고, 분자잉크 조건에 따른 AgBiS₂의 원자 단위의 구조적 차이에서 비롯된 광학적 특성 차이에 대해 서술하고자 한다. 최종적으로 우수한 광학적 성질을 가지는 AgBiS₂를 가지고 소자로 구현하여 성능적인 면에 대해 발표하고자 한다.

PG2B-13 | 다공성 텅스텐 산화물 구조체 기반 광전극을 이용한 스티로폼 폐기물 분해 및 이를 통한 전류 생성

*문건희¹

¹한국과학기술연구원

플라스틱 폐기물은 생태계에 악영향을 끼치며, 이로부터 생성된 미세플라스틱 또한 많은 환경적 문제를 야기하고 있다. 플라스틱은 상온/상압에서 분해가 거의 일어나지 않는 굉장히 안정한 물질로 이를 처리하는 기술은 매우 도전적이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 태양광에 감응하는 텅스텐 산화물(WO₃)를 전극 형태로 제작하여 플라스틱 스티로폼(polystyrene foam, PF) 폐기물을 분해하는데 활용하였다. WO₃ 구조체는 W foil에 anodization 방법을 통해 porous skeleton-like WO₃를 성장시켰으며, 열처리를 통해 결정성을 향상시켰다. PF는 클로로포름(chloroform, CHCl₃)에 녹여 균일하게 분산을 시켰으며, WO₃ 광전극을 이 용액에 담가 PF가 다공성 전극 표면에 흡착되도록 유도하였다. PF가 코팅된 WO₃를 작업전극(working electrode)으로 사용하여 태양광 조사 하에 광전극 반응(photoelectrochemical reaction)을 유도한 결과 광전류(photocurrent)가 점점 증가하며, 반응 후 표면 저항은 본래와 유사하게 회복되는 것을 관찰하였다. 이와 반대로 시중에 구입이 가능한 WO₃ 분말을 FTO glass에 코팅하여 실험한 전극에서는 반응이 거의 일어나지 않는데, 이는 anodization을 통해 생성된 구조의 우수성을 나타낸다. 광전류의 발생은 전자를 플라스틱 폐기물로부터 얻었다는 것을 뜻하며, 상대전극(counter electrode)로 이동한 전자는 수소 발생, 암모니아 환원, 이산화탄소 자원화 등 여러 유용한 반응에 쓰일 수는 가능성을 제시한다. 반응 후 전극 표면 및 전해질에 남아있는 PF는 다양한 분석 방법을 이용하여 측정하였고, 결론적으로 일부 PF가 관찰되지만 대부분은 분해되어 관찰되지 않았다. 또한, 반응 후 전해질을 UV-visible spectroscopy로 측정한 결과 자외선 영역에서 흡수가 관찰되었으며, 이는 PF가 분해되며 단분자의 유기물이 생성되었음을 나타낸다. 비록 nuclear magnetic resonance (NMR)

에서 peak이 증첩되는 문제로 인해 생성물에 대한 분석을 본 연구에서 하지 못했지만, 향후 액체상뿐 아니라 기체상에서 발생하는 생성물을 분석하여 메커니즘을 보다 체계적으로 규명할 계획이다.

PG2B-14 | 은 나노입자가 코팅된 자성고분자 보울의 4-나이트로페놀 환원반응에 대한 촉매효과

서호준¹, *문건대¹

¹한국생산기술연구원

은 나노입자는 염료, 유기물과 같은 물질을 분해하기 위해 많이 사용되고 있다. 하지만 입자형태의 은 나노입자의 경우 촉매 특성은 우수하지만 회수가 어려워 재활용이 쉽지 않다. 그리하여 본 연구는 사용된 촉매를 쉽게 회수하기 위해 자성고분자를 지지체로 사용하였다. 먼저 Fe₃O₄ 자성체 입자를 합성하고, 자성체 표면에 고분자 중합 및 상 분리 공정을 통해 구, 꽃 또는 보울 모양과 같이 다양한 형태로 제조할 수 있다. 자성고분자 보울의 경우 구 또는 꽃과 같은 형태 보다 표면적이 넓어 보다 많은 은 나노입자를 성장시킬 수 있다. 이후 자성고분자 보울 표면에 은 나노입자를 응집 없이 균일하게 성장시키기 위해 태닉에시드 표면처리 이후 은 나노입자를 성장시켰다. 이러한 은 나노입자가 코팅된 자성고분자 보울은 4-나이트로페놀, 메틸렌 블루 및 로다민 B와 같은 유기물질 환원반응에 대한 우수한 촉매 특성을 보여주었다. 또한 고분자 보울 내부의 자성 입자의 강한 자성 특성은 촉매를 효율적으로 회수 할수있으며, 재사용 테스트 결과 촉매 특성이 감소하지 않고 유지되는 것을 볼 수 있다.

PG2B-15 | 마찰전기 효과를 이용한 무전원 수위 감지 센서 연구

조수현^{1,2}, 윤경호², 남민호², 최수영², 이윤기¹, *이승협²

¹경상대학교, ²한국세라믹기술원

현대의 IoT(Internet of Things)와 웨어러블 기기는 다양한 센서의 활용으로 혁신적인 기능을 선보이고 있다. 하지만, 대부분의 센서는 배터리 사용으로 인한 지속 가능성이 낮거나 외부 전원이 필요하다는 한계가 있다. 이 문제의 해결책으로 마찰전기 나노발전기를 활용한 무전원 센서의 연구가 주목받고 있다. 마찰전기 나노발전기란, 주변 환경에서 서로 다른 물질 간의 마찰로 인해 발생한 기전력을 이용하여 전력을 공급하는 장치이다. 이는 지속 가능한 무전원 센서 개발에 중요한 장점을 제공한다. 본 연구에서는 고체-액체 상태 소재 간의 마찰전기를 활용하여 수위 변화를 감지할 수 있는 센서를 연구하였다. 고체-액체 상태 소재 간의 대전현상으로 발생한 기전력이 전극으로 이동하는 것을 수위 변화로 조절하였다. 이에 따른 전압 변화를 관찰하여 수위 변화를 감지할 수 있다. 또한 수위 변화 속도에 따른 전압 변화 특성을 정량화 시켰다. 이를 통해 미래 무전원 센서 연구에 대한 기여를 제공하고 나아가 IoT와 웨어러블 기기의 기술 발전을 기대할 수 있다.

PG2B-16 | Nano scale lithography technique through Scanning probe microscopy

HAN Jihoon¹, *SHIM Wooyoung¹

¹Yonsei University

Recent, many lithography methods using scanning probe microscopy (SPM) have been reported. In particular, experiments were conducted using atomic force microscopy (AFM) software designed for lithographic purpose. These methods have led to the achievement of high resolution and low cost. However, there is still a throughput challenge due to limitation of cantilever-based scanning probe system. Additionally, the recent significant issues are miniaturization and high integration of various devices. The nano-scale materials are excellent solutions for these issues. However, the controlled assembly of nanowire is a key challenge in the development of a range of bottom-up device. Nano-scale combing assembly technique can be a solution. However, nano-scale combing technique needs electron-beam (e-beam) lithography accordingly it also causes high cost and throughput problem. Here, we present new lithographic method overcome these two issues. This method deals with the problems by combining the nano-scale combing technique with the hard-tip, soft-spring lithography method. We proceeded with lithography by attaching the hard tip arrays of a centimeter-scale to a scanning probe microscopy instead of a cantilever. High-throughput large-area patterns of nano-scale were obtained using this method. Additionally, assembly of nanowire can be achieved by combining this patterning process with nano-scale combing technique without e-beam lithography.

PG2B-17 | Improving lithium-ion battery performance through enhanced separator wettability

KIM Miniun¹, *SHIM Wooyoung¹

¹Yonsei 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-18 | Unveiling Physicochemical Mechanisms of Sequential Infiltration Synthesis and Utilization Aspects for Energy Storage Materials

HAM Jiwoong¹, *JEON Nari¹

¹Chungnam National University

Sequential Infiltration Synthesis (SIS) is a synthetic method for organic-inorganic hybrid thin films which exploits the permeation of metalorganic precursors in a vapor phase into a polymer matrix. Potential applications of SIS-derived materials have been rapidly expanding and encompass the areas of photovoltaics, lithography/pattern transfer, catalysis, and supercapacitors. The goal of this work is not only to obtain a fundamental understanding of the physicochemical mechanisms underlying SIS but utilize as a facile synthetic route for preparing electrochemical energy storage materials. Herein, we focused on in-situ characterizations to probe the kinetics behind the diffusion and entrapment of the precursors in the polymer phase. This was done extensively using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy with a model system of trimethylaluminum (TMA) and polymethylmethacrylate (PMMA). Finally, we demonstrate that conductive polyaniline (PANI)-indium oxide composites has enhanced electrochemical energy storage properties and its possible chemical interaction between PANI and Indium oxides.

KEY WORDS: Sequential infiltration synthesis, Atomic layer deposition, Organic-inorganic hybrids, in-situ Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy

PG2B-19 | Stable Pure-iodide Wide-Bandgap Perovskites for Efficient Photovoltaics

HONG Geon Pyo¹, PARK So Jeong¹, *KIM Jin Young¹

¹Seoul National University

Recently, many studies have been conducted on Si-based tandem solar cells that exceed the theoretical limit efficiency of single junction solar cells, achieving an impressive efficiency of 33.7%. However, the wide-bandgap perovskite, which is applicable to such tandem devices, has limitations due to stability issues, despite its current high efficiency. Wide-bandgap

perovskites based on iodide-bromine mixed halide composition suitable for tandem devices would suffer from extrinsic instability issues caused by halide segregation and cation outgassing. In this study, we successfully fabricated wide-bandgap pure-iodide perovskite, which exhibits substantially improved stability under external exposures compared to mixed halide perovskites. By employing A-site cation substitution and an intermediate phase control strategy, we effectively modified the tolerance factor and crystallization mechanism in triple (or quadruple) cation perovskite. This method led to the formation of a thermodynamically stable wide-bandgap perovskite while effectively suppressing the formation of secondary phases. The novel pure-iodide wide-bandgap perovskite achieved over 20% efficiency in inverted solar cells and the unencapsulated devices showed excellent operational stability. Our reported pure-iodide perovskite presents promising candidates for wide bandgap optoelectronic applications, especially for Si-perovskite tandem solar cells

PG2B-20 | SnO₂ multi-step deposition process for high performance perovskite solar cells.

AHN JaeWon¹, JUNG MinJu¹, *NOH JunHong¹

¹Korea University

Perovskite solar cells (PSCs) have recently been in the spotlight as promising solar cells due to their excellent optoelectronic properties such as long charge carrier diffusion length, high absorption coefficient, and tunable band gap. To enhance power conversion efficiency (PCE) of PSCs, The ideal charge transport materials should exhibit a proper energy level, high carrier mobility, sufficient conductivity, and excellent charge extraction ability. Tin oxide (SnO₂) is one of the commonly used materials for electron transport layer (ETL) owing to many advantages of SnO₂. Furthermore, The ideal SnO₂ ETL will generate a high photovoltage and fill factor by having complete and conformal coverage without pinholes. Meanwhile, the uniform SnO₂ nanoparticles multilayer is extremely favorable to the growth of inorganic perovskite films. As a result, the best-performing device based on multilayer processed SnO₂ showed the PCE compared with control device (PCE:23.63% J_{sc}:24.2 mA/cm² V_{oc}:1.20 V FF:83.24%). Especially, we achieved the remarkable high V_{oc} value in FAPbI₃ based perovskite solar cells.

PG2B-21 | 수소 생산을 위한 메탄의 부분 산화반응용 Ni이 포함된 BaZrO₃ 촉매 재료의 프라세오디뮴(Pr) 도핑 효과

이수빈¹, *구본재¹

¹성신여자대학교

The demand for hydrogen(H₂) is increasing worldwide as hydrogen energy is being considered to solve global warming caused by fossil fuels. Partial oxidation of methane(POM) reaction that can produce hydrogen by methane(CH₄) combustion, is an exothermic reaction ($\Delta H = -36$ kJ/mol). Nickel(Ni) is widely used as a catalyst for POM due to its economic advantages over noble metals (Pt, Pd and Ru etc.). However, catalyst degradation due to Ni aggregation and carbon coking occurs at high temperatures for POM. Therefore, it is necessary to develop a catalyst with high activity and stability at high temperatures for POM. Recently, it has been reported that praseodymium(Pr), one of the rare earth elements of the lanthanides, enhanced the catalytic activity for hydrogen production of perovskite-based oxide catalysts(LaNiO_{3- δ}) and prevented carbon deposition on Ni catalyst, resulting in excellent durability of the POM catalyst. Likewise, this study investigates the influence of Pr doping in Ni-substituted BaZrO_{3- δ} catalyst for hydrogen production through POM.

PG2B-22 | Barium non-stoichiometry에 따른 BaCeO₃ 계열 수소이온 전도성 세라믹의 물성 변화

이태구¹, *박종성¹

¹명지대학교

Protonic Ceramic Fuel Cell(이하 PCFC)은 수소 이온 전도도를 지니는 Proton Ceramic을 전해질로 사용하는 연료 전지의 일종이다. 이러한 PCFC의 전해질로 사용되는 Proton Ceramic 중, 희토류가 치환된 BaCeO₃는 다른 Proton Ceramic에 비해 높은 수소이온 결합 농도와 이온전도도를 가지며, 높은 수소이온 전도도로 인해 수소 이온 전도성 물질로 활발히 연구되고 있다. BaCeO₃는 다른 물질들에 비해 화학적 안정성이 낮다는 단점이 있지만, Zirconium 일부를 Ce자리에 첨가함으로써 높은 화학적 안정성을 개선할 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 Ce자리가 아닌 Ba자리에 조성 영향을 살펴보기 위해 Ba의 조성비를 바꿔보았으며, Ba이 과량으로 첨가되었을 때와 정량보다 적게 첨가되었을 때, 각각의 소결 거동 및 전도도, 화학적 안정성, 그리고 Ni-Cermet과의 동시 소결 거동 등에 미치는 영향에 대해 살펴본다.

PG2B-23 | Efficient Electrochemical Oxygen Evolution Reaction via Utilization of Chiral-Induced Spin Selectivity and Photothermal Effect

KIM Jun Hwan¹, LEE Hyungsoo¹, PARK Young Sun¹, YUN Juwon¹, MOON Subin¹, LEE Soobin¹, JEONG

Chang-Seop¹, *MOON Jooho¹

¹Yonsei University

The substantial overpotential and the multi-step reaction mechanism associated with the oxygen evolution reaction(OER) have presented formidable challenges to the efficient production of hydrogen. Diverse methodologies, including chirality-induced spin selectivity (CISS) and the photothermal effect, have been explored for this purpose. These approaches have been investigated individually: CISS boosts triplet oxygen generation through spin polarization, enhancing OER performance; the photothermal effect raises the electrocatalyst's temperature, thereby increasing OER activity. Herein, we present a novel heterostructure catalyst comprising chiral NiFe and Co₃O₄ for CISS and photothermal effect enabling temperature elevation. The resulting electrode achieved 100 mA cm⁻² at a remarkably small anodic potential of 1.49 V versus the reversible hydrogen electrode under near infrared light irradiation. This study represents the pioneering utilization of the strategic integration of the CISS phenomenon and the photothermal effect to advance OER catalysis.

PG2B-24 | Sr(Ce,Zr)O₃ 계열의 수소이온전도성 세라믹을 이용한 수전해 특성

한상호¹, *박종성¹

¹명지대학교

Protonic Ceramic Fuel Cell은 전해질을 통해 수소이온을 이동시켜 전기에너지를 얻는 에너지변환장치이다. 기존에는 전해질로 barium zirconate의 높은 안정성과 barium cerate의 높은 효율을 조합시킨, Ba(Ce,Zr)O₃계열을 이용해왔다. 하지만 이 조성은 수소이온 뿐만 아니라, electron, hole의 수송비율이 높아, 고온 수전해에 적용할 시 leakage current가 발생해 상대적으로 낮은 Faraday efficiency를 보여 이를 해결하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

본 실험에서는 기존 perovskite structure에서 A-site를 바꾼, Sr(Ce,Zr)O₃계열의 수소이온전도성 세라믹을 제작하고, Sr based perovskite protonic ceramic이 성공적으로 상합성되는지 확인하고, 수전해 전지를 제작해 기존 Ba(Ce,Zr)O₃계열과 비교해 A-site의 변화를 통한 Faraday efficiency의 변화를 살펴본다.

PG2B-25 | Heterogeneous Catalyst as a Functional Substrate Governing the Shape of Electrochemical Precipitates in Oxygen-Fueled Rechargeable Batteries

정종원¹, *강용목¹, 박미희¹, 조선용¹

¹고려대학교

Lithium-oxygen batteries is potential future energy

storage system with their theoretical energy density exceeding all existing batteries. However, the insulating and insoluble discharge product (lithium peroxide; Li₂O₂) impairs practical application. Conventional catalyst designs based on the electronic structure and interfacial charge transfer descriptors have not been able to overcome these limitations. Herein, we revisit the role of heterogeneous catalysts as substrates to regulate Li₂O₂ growth and the formation of solid/solid reaction interfaces. We demonstrate that controlled solid/solid interfacial structure design is a critical performance parameter beyond the inherent electronic structure. In particular, the Cu₂O substrate induces a homogeneous deposition of Pd atoms, which leads to well-controlled growth of Li₂O₂ resolving mass-charge transport limits, thus improving reversibility, capacity, and durability of the cells by dissipating electrochemical and mechanical stress. We verified the essential role of solid/solid interfaces to regulate the nucleation and growth process of Li₂O₂ in lithium-oxygen batteries.

PG2B-26 | 상온에서의 백금 담지 산소 결핍 텅스텐 산화물 합성: 저조도 가시광 조사 조건에서의 고효율 광촉매 산화 연구 및 소독 적용

김재성¹, *이재상¹

¹고려대학교

일반적으로, 산소 결핍 텅스텐 산화물(WO_{3-x}) 합성은 수소 분위기에서 고온 열처리를 통해 이루어진다. 그러나 본 연구에서는 백금의 광침적 후 NaBH₄을 이용한 화학적 환원 과정을 통해 상온에서 백금 담지 산소 결핍 텅스텐 산화물을 (Pt/WO_{3-x}) 합성하였다. 금속 산화물의 기체변색(gasochromic) 효과에서의 귀금속 나노 입자 기능에 착안하여, 광화학적으로 WO₃ 표면에 담지된 백금 나노 입자 상에서 NaBH₄ 가수분해 과정에서 발생된 수소 분자의 고활성 수소 원자 전환을 유도하고, 이를 활용하여 WO₃ 환원을 통한 산소 결핍 생성을 달성하였다. 산소 결핍 상태를 규명하기 위해 격자간 거리와 텅스텐 및 산소의 산화상태 변화를 HRTEM, XPS, Raman, XANES, XAS 등을 활용하여 확인하였다. 상온에서 합성된 Pt/WO_{3-x} 광촉매의 향상된 가시광 활성은 다양한 백금 함량, 가시광 조사 강도 및 파장 조건에서 Pt/WO₃ 및 비스무스계 광촉매 (BiVO₄, α-Bi₂O₃ 등) 대비 5종 수중 유기물질의 분해, 박테리아/바이러스 소독능, 휘발성 톨루엔 기상 처리 효율 비교를 통해 확인하였다. 개선된 가시광 촉매 산화 반응의 주요 산화종으로서의 수산화 라디칼의 기능은 전자 스핀 공명 스펙트럼 특징 및 라디칼 감쇄제 효과를 통해 규명하였다. 오염물질 반복 주입을 통한 소재의 촉매적 활용 실험에서 광촉매 산화 분해 효율 유지 및 텅스텐 산화상태의 미미한 변화가 관측되었으며, 이를 통해 본 연구의 제안 합성법으로 구성된 Pt/WO_{3-x}의 화학적 안정성과 환경 광촉매로서의 적용 가능성을 확인하였다.

PG2B-27 | DC 반응성 스퍼터링 시 RF 중첩에 따른 스마트 윈도우용 열변색 VO₂ 박막의 특성연구

송영하¹, *송풍근¹

¹부산대학교

VO₂는 전이온도(tc≈68°C)를 기준으로 monoclinic(ttc)로 가역적으로 변화하는 열변색특성을 갖는 물질이다. monoclinic에서는 반도체와 같이 높은 적외선 투과도를 가지지만, tetragonal에서는 금속과 같이 낮은 적외선 투과도를 지닌다. 이러한 적외선 투과도 차이로 인해 VO₂는 스마트 윈도우용 소재로 주목받고 있다. VO₂를 스마트 윈도우에 적용하기 위한 제조방법 중 스퍼터링 방법은 연속생산이 가능하고, 대면적 균일생산이 가능하여 가장 주목받는 제조방법이다. DC 반응성 스퍼터링은 높은 증착속도를 가지나 고에너지 입자의 기판 타격으로 인한 박막의 결정성이 저하될 수 있는 단점을 지닌다. 반면에 RF 반응성 스퍼터링은 낮은 증착속도로 인해 경제성이 떨어질 수 있는 단점을 가진다. 따라서, 본 연구에서는 높은 증착속도와 결정성의 향상을 위한 RF/DC 중첩형 스퍼터링을 이용하여 VO₂를 제작하였다. 증착 시 다양한 산소유량에서 RF/(RF+DC) 비율을 제어하였으며, 온도에 따른 UV-VIS-IR 투과도와 비저항의 변화를 통해 열변색 특성을 평가하여 RF파워의 비율에 따라 열변색 특성이 변화함을 확인하였다. 또한, XRD와 XPS를 통해 열변색 특성변화 원인을 고찰하였다.

PG2B-28 | 촉매를 포함한 개질증도입을 통한 직접 에탄올 연료용 수소이온전도성 세라믹 연료전지

*박종성¹, 황재성¹

¹명지대학교

수소 이온 전도성 연료전지는 기존의 산소이온 대신에 높은 이동도를 갖는 수소이온을 전하나르개로 사용하므로, 600도이하의 중저온에서 우수한 성능을 갖는다. 하지만, 작동온도가 낮아짐에 따라 탄화수소 사용시 탄소침적에 의한 열화 문제가 심각해져, 수소이온전도성 세라믹을 중저온에서는 사용 가능할 경우, 다양한 연료를 사용할 수 있다는 본래의 장점을 충분히 살리지 못하는 문제점이 있었다. 이에 본 연구에서는 수소이온전도성 세라믹연료전지의 연료극에 탄화수소의 개질반응을 위한 개질층을 추가로 도입하였으며, 개질층에 산화물 및 다양한 금속 촉매를 첨가한 후 에탄올 직접 연료 조건에서의 연료전지 성능을 측정하였으며, 촉매에 따른 탄소침적의 영향 및 장기안정성에 대해 살펴본다.

PG2B-29 | 고체산화물 연료전지를 위한 산소환원반응 촉매물질의 저온상합성

김규리¹, *박종성¹

¹명지대학교

고체산화물 연료전지의 공기극에서는 이온과 전자 및 산소 기체가 반응해 산소이온으로 변화되는 즉, 산소환원반응이 일어난다. 따라서 공기극은 우수한 이온전도성 및 전자전도성, 그리고, 산소 환원반응을 위한 우수한 촉매활성이 요구된다. 한 물질로 이러한

모든 특성을 만족하기 어려울 경우, 각각의 특성에 최적화된 물질들을 혼합하여 복합체 형태로 전극을 제조한다. 이때, 산소환원반응에 촉매로 활용되는 산화물의 경우, 복합체 전극의 표면에 위치해 산소분자와 반응해야 하므로, 복합체 제조시 마지막 단계에서 추가되며, 추가 후 상합성을 위해 열처리할 때, 복합체에 이미 들어있는 다른 물질들과 화학적으로 반응하지 않아야 한다. 본 연구에서는 산소환원반응에 촉매로 활용할 수 있는 산화물들에 대해 알아보고, 이들 물질들을 저온에서 합성하기 위한 제조공정의 최적화에 대해 고찰한다.

PG2B-30 | 오염물질 분해 효율, 산화제 생성능, 장기 운전 안정성에 근거한 전기화학적 수처리 양극 소재로서의 마그네티리상 티타늄 아산화물과 Ti^{3+} 자가 도핑 이산화티타늄의 비교 평가

김민정¹, *이재상¹

¹고려대학교

전기화학적 수처리 공정은 높은 고농도 난분해성 유기오염물질 처리 효율, 화학약품 투입 최소화, 신재생에너지 시스템과의 연계성으로 인해 기존 고도산화처리 공정의 대안 기술로서 주목 받고 있다. 기존 전기화학적 산화 공정에서 붕소 도핑 다이아몬드와 귀금속 산화물 기반 치수 안정형 전극이 각각 수산화 라디칼 및 활성 염소종 생성용 핵심 양극으로 사용되어왔으나, 소재의 가격 경쟁력과 환경 안정성을 고려하였을 때, 새로운 양극 소재 개발 필요성이 지속적으로 요구되고 있다. 티타늄 산화물은 상기한 소재 특성 외 합성 및 개질의 간편성 측면에서 우수한 상용 전극 대체 후보군으로서 전기화학적 산화 공정 적용성 평가에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이에 따라 본 연구에서는 열수소처리와 전기화학적 환원 방식을 통해 티타늄 산화물 나노튜브 다발의 산소 결핍을 유도하여 마그네티리상 티타늄 아산화물과 Ti^{3+} 자가 도핑 이산화 티타늄 전극을 합성하고, 전기화학적 특성, 오염물질 양극 산화 분해 효율, 산화중 생성능력, 장기 운전시 전기화학적 안정성 측면에서 비교 평가하였다. 낮은 고정 인가전압 조건 메탄을 산화 및 차아염소산 생성 효율 비교 결과, 마그네티리상 티타늄 아산화물의 상대적 우수성이 확인되었다. 이는 전기화학 임피던스 분광법 및 순환 전압 전류법 등을 통한 전기화학적 특성 분석 결과와 일치하였다. 반면, 다양한 화학구조의 오염물질에 대한 분해 효율의 선택성, 산화 부산물 종의 정성 분석, 전자 스핀 공명법을 통한 수산화 라디칼 규명 실험을 통해, 두 전극에 의한 오염물질 양극 산화의 메커니즘이 유사함을 확인하였다. 아울러, 오염물질 양극산화 공정의 반복적 활용, 다수 모듈 연계를 통한 연속 공정 적용, 촉매 산화 후 전기화학적 특성 및 화학 조성 변화 규명 실험을 통해, 마그네티리상 티타늄 아산화물 양극의 양극 산화 소재로서 실제 적용성 측면에서의 상대적 우수성을 입증하였다.

PG2B-31 | Development of Cs Pollucite Ceramic Waste Form for the Disposal of Cs-loaded Aluminosilicate Waste

KIM Ga-Yeong^{1,2}, *LEE Ki-rak², CHOI Jung-Hoon², YANG Jae Hwan¹, PARK Hwan-Seo²

¹Chungnam National University, ²Korea Atomic Energy Research Institute

Radioactive cesium, due to its heat generation properties within used nuclear fuel, presents challenges for storage and disposal. Cs pollucite is a promising matrix for immobilizing radioactive cesium due to its high thermal stability, low solubility in water, and stable crystal structure. In this study, we fabricated a simulated aluminosilicate waste through the heat treatment of kaolinite and mixed it with Cs_2CO_3 in five different weight ratios. The mixture was heated to 1000°C and then 1200°C to prepare a waste form precursor in the form of Cs pollucite. The prepared waste form precursor was pressed at 50, 100, 200, 400, and 600 bar for 1 hour using a punch-die, followed sintered at 1400 and 1500°C for 5 hours to fabricate waste forms. All samples were characterized using XRF, XRD, SEM-EDS and PCT-A. The waste form exhibited excellent Cs leaching resistance compared with spent nuclear fuel.

PG2B-32 | 에어로졸 공정을 통해 합성된 구형 고체전해질의 특성

신성민^{1,2}, 김수연^{1,2}, 천진녕², 강윤찬¹, *김정현²

¹고려대학교, ²한국세라믹기술원

기존 리튬이온배터리에 광범위하게 적용되는 유기계 액체 전해질은 발화와 같은 안전성, 낮은 에너지 밀도, 극한 환경에서의 제한된 사용과 같은 여러가지 문제점들이 존재한다. 유기계 액체 전해질의 대안으로 주목받는 고체전해질의 한 종류인 산화물계 고체전해질은 대기 중 안정성, 우수한 기계적 특성같은 여러 장점을 가지고 있다. 특히 γ - Li_3PO_4 구조로 대표되는 Lithium super ionic conductor(LISICON)계 고체전해질은 낮은 소결 온도, 도핑을 통한 다양한 고용체의 형성이 가능하다. 본 연구에서는 분무열분해 공정을 통하여 LISICON계 고체전해질인 $Li_{3.2}V_{0.8}Si_{0.2}O_4$ (LVSO)를 합성하였다. 이를 통해 기존의 고상법과 다르게 별도의 하소 공정이 필요하지 않고 균일한 구형의 분말을 합성할 수 있다. SEM 분석을 통해 고상법으로 합성한 LVSO 입자와의 형상을 비교하였으며 XRD를 통해 결정 구조에 대한 분석을 진행하였다. 끝으로 소결 온도, 공정의 차이에 따라 이온전도도를 비교 분석하였다.

PG2B-33 | NASICON 타입의 리튬 이차전지용 세라믹 전극 시트 특성

김수연^{1,2}, 신성민^{1,2}, 천진녕², 강윤찬¹, *김정현²

¹고려대학교, ²한국세라믹기술원

유기계 액체전해질을 사용한 기존의 리튬이온전지와 달리 고체전해질을 사용하여 화재나 폭발 위험성이 적고 에너지 밀도가 높은 전고체전지 연구개발에 박차를 가하고 있다. 고체전해질에는 산화물계, 황화물계 및 폴리머로 나눌 수 있다. 산화물계 고체전해질은 공기 중에서도 안정하기 때문에 합성 및 취급이 용이하다는

장점이 있으며, 최근 적층형 칩타입 전지, 해수전지 등에 활용되고 있다. 산화물계 고체전해질은 소결 후 pellet을 polishing 하는 과정에서 높은 손실이 일어나게 되며, 대면적으로 제조하기 어렵기 때문에 얇은 시트 형태로 제조할 수 있는 방법이 필요하다. 현재 Tape casting 등 습식 공정으로 고체전해질 시트를 제조하는 연구가 많이 진행되고 있으나 건조 과정에서 독성 유기 물질이 발생하며, 고형분이 최대 50% 넘지 못한다는 단점이 존재한다. 따라서, 용매를 사용하지 않아 공정적으로 간단한 건식공정을 이용하여 고밀도 시트를 제조하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 크기 조절이 가능하고 180도로 구부러질 수 있는 free-standing 한 NASICON 타입의 건식 시트를 제조하였다. 시트 소결 후 습식 시트에 비해 높은 밀도 및 이온전도도를 나타내었고, SEM 확인 결과 치밀한 구조를 보였다.

PG2B-34 | 고순도 수소 생산을 위한 양성자 전도성 세라믹을 이용한 전기화학적 황화수소 분해

김태홍¹, 이상훈², 배민석³, 김준혁⁴, *배중면¹, KATIKANENI Sai P.³, LEE Kunho³

¹한국과학기술원, ²이화여자대학교, ³Saudi Aramco, ⁴홍익대학교

황화수소(H₂S)는 석유, 천연가스 등 화석연료에 풍부하게 함유된 황이 질 높은 연료로 가공되는 과정에서 수소화 탈황 공정을 거치며 발생하는 물질이다. 독성이 강해 유해 산업폐기물로 분류되어 배출하는 과정에서 제거하는 공정이 필수적이다. 지금까지 정유업체들은 황화수소를 산소와 반응시켜 물 또는 황산의 형태로 배출하는 클라우스(Claus) 공정과 WSA(Wet Sulfuric Acid) 공정을 사용해 왔다. 이 공정들은 막대한 열 에너지를 투입해야 하고, 황화수소를 제거하는 것만을 목표로 하기 때문에 황화수소에 포함된 수소 원자를 물, 황산과 같은 형태로 배출한다는 단점이 있다. 수소는 최근 각광받고 있는 친환경 에너지원이기 때문에 황화수소에서 수소를 추출할 수 있다면 황화수소는 귀중한 자원이 될 수 있다. 본 연구에서는, 황화수소로부터 수소를 분해하고 분리하는 전기 화학적 과정을 제시하여 기존의 황화수소 제거 공정을 대체하고자 한다. 이 목표를 달성하기 위해 이 반응의 열역학적 특성을 분석하고 고온 작동 및 페로브스카이트 전극이 적용 가능한 양성자 전도성 세라믹 기반의 고체산화물 전기화학 셀을 제작했다. 그런 다음 제작된 셀을 이용하여 황화수소를 분해하는 실험을 진행한 결과 0.5 V, 0.57 mA/cm²에서 약 40 ppm의 황화수소 100 sccm을 분해한 것을 확인했다. 이를 통해 해당 공정의 실현 가능성을 확인했고, 내구성 평가 진행 결과 황 침적에 의한 열화를 해결하기 위한 추가적인 연구가 필요함을 확인했다. 본 연구를 통해 산업적으로 폐기되는 황화수소를 분해하는 것에서 그치지 않고 에너지원으로서 가치가 높은 수소를 효과적으로 생산할 수 있는 공정이 제시되었다. 셀 성능 개선, 황 피독 제거, 대형 시스템화 등이 이루어져 정유회사의 공정에 적용된다면 깨끗하고 효율적인 방법으로 폐기물 처리와 에너지원 생산을 동시에 할 수 있을 것으로 기대된다.

PG2B-35 | Reproducible Fabrication of Wide Band Gap Perovskites at Room Temperature: A Gas Quenching Approach

KIM SUNGYONG¹, *NOH Jun Hong¹

¹Korea University

Perovskite solar cells (PSCs) are heralded as the future of photovoltaics due to their high efficiency, low cost, and adjustable bandgap (1.2eV~2.5eV) by modulating the A and X site compositions. Traditional Anti-solvent fabrication methods are limited by inconsistent reproducibility, environmental concerns from toxic solvents, and challenges in scaling up. This study introduces a Gas quenching method to fabricate PSCs with a wide bandgap (FACs)Pb(1Br)₃ composition suitable for p-i-n structured tandem cells. Executed at room temperature and 25% humidity, this method utilizes varied pressures and gases. XRD and SEM analyses confirmed suppressed PbI₂ formation, showing a direct relationship between perovskite crystallinity and gas pressure. Demonstrating high reproducibility and film quality, our gas quenching approach can effectively produce perovskite films with a 1.8eV bandgap, pushing forward the commercial prospects of tandem solar cells.

PG2B-36 | Enhancing Lithium Metal Battery Performance through Atomic-Scale Lithium Ion Flux Control

김동형¹, *박희정², *정형모¹

¹Sungkyunkwan University, ²Dankook University

In recent times, the growing demand for electric vehicles with extended driving ranges has sparked increased interest in lithium metal batteries (LMBs) due to their remarkable energy density. However, the widespread adoption of LMBs has faced obstacles, primarily related to their limited capacity retention and safety concerns linked to the formation of lithium dendrites. Despite numerous research endeavors, the issue of lithium dendrite growth has persisted without a fundamental solution. This study explores the mitigation of lithium dendrite growth by precisely controlling the flow of lithium ions at the atomic level. Through comprehensive multiphysics calculations, it was established that an exceptionally uniform lithium ion flux could be achieved by manipulating atomic-scale lithium ion affinity sites.

To validate these computational findings, we exfoliated transition metal oxide nanosheets to create the atomic-scale lithium ion affinity sites. Following this, we assembled both half-cell and full-cell configurations

incorporating atomic scale lithium ion affinity sites and conducted electrochemical tests. The results were promising, with the half-cell demonstrating remarkable cycle retention, exceeding 200 cycles (at a current density of 3.0 mA cm⁻² and an areal capacity of 1.0 mAh cm⁻²), while the full cell exhibited superior cycle retention of up to 400 cycles at 1.0C.

PG2B-37 | 자체 지속형 IoT 시스템에서 고효율 실내 페로브스카이트 태양전지를 위한 안티솔벤트를 활용한 트랩 밀도 관리

허종인¹, 김영주¹, 윤건우¹, *정현석¹

¹성균관대학교

Perovskite solar cells (PSCs) have rapidly advanced in efficiency and commercial viability due to their exceptional attributes like high efficiency, adjustable bandgap, and cost-effective fabrication. These qualities have spurred interest in indoor photovoltaics, particularly for IoT applications. However, it's important to recognize that indoor photovoltaics must operate under lower carrier densities compared to traditional solar energy applications because of their reliance on relatively weak light sources like light-emitting diodes (LEDs). This significant difference in carrier densities emphasizes the crucial role played by the concentration of trap states in influencing overall efficiency. To tackle this obstacle, antisolvent engineering was employed to investigate how trap densities within the perovskite film are affected when the antisolvent interacts with dimethyl sulfoxide in the intermediate phase. As a result, small-area perovskite cells have achieved efficiencies exceeding 40%, while larger-area perovskite mini-modules with an active surface area of 25cm² have achieved efficiencies exceeding 38%.

PG2B-38 | Hydrogen Isotope Fixation Based on Mineralization

*KIM Sung-Wook¹, CHUNG Dong-Yong¹, JANG Junhyuk¹, JEON Min Ku¹

¹Korea Atomic Energy Research Institute

There are several isotopes of hydrogen (H), such as protium (H-1), deuterium (H-2, D), and tritium (H-3, T). T is a beta-emitting radioactive nuclide whose half-life is approximately 12.3 years. T generated from nuclear facilities should be carefully treated for a safety aspect. Tritiated water (e.g., HTO, DTO, T₂O) is a common chemical form of T. Managing tritiated water is quite difficult because it (either liquid or vapor) is highly mobile in nature. Hence, T in tritiated water needs to be fixed in solid-state media to reduce mobility and

to enhance handling property. In this study, brucite (Mg(OH)₂) was chosen as a candidate for a T-fixation mineral because of its low solubility in water (0.0064 g/L at 25°C). Mg(OH)₂ can be simply synthesized from MgO and H₂O as precursors, with no additives, by hydrothermal reaction (2MgO + H₂O → Mg(OH)₂). In an ideal case, all the (tritiated) water can be consumed for the formation of brucite. Heavy water (D₂O) was used as a surrogate of the radioactive tritiated water for the experiment. Both Mg(OH)₂ and Mg(OD)₂ were prepared well by hydrothermal reaction at 350°C. Subsequently, Mg(OD)₂ was dispersed in a cement matrix for improving its physical/chemical stability. Dissolution of D (a surrogate of T) in the Mg(OD)₂-cement composite into natural water was examined for determine its stability in geological disposal condition (exposed to groundwater). An Fourier transformation infrared spectroscopy study revealed the proper stability of D in the Mg(OD)₂-cement composite in the aqueous environment.

PG2B-39 | 국내 백운석을 활용하여 제조한 Calcium Magnesium Acetate가 강재 및 시멘트 콘크리트의 내구성능에 미치는 영향

*정해문¹, 강희만¹, 이찬영¹, 김근배², 하주연³, 김영민⁴

¹한국도로공사, ²SSC산업, ³한국산업기술시험원, ⁴대구대학교
 Calcium Magnesium Acetate는 동절기 교통안전 관리를 위한 제설제, 도로비산먼지 억제제, H₂S와 같은 유해가스 흡착제 등의 용도로 사용이 기대되는 친환경 재료이다. 본 연구에서는 국내 백운석을 활용하여 Calcium Magnesium Acetate(CMA)를 제조하였고, CMA가 시멘트 콘크리트 및 강재 등 도로 시설물용 재료의 내구성에 미치는 영향을 평가하였다. 강재부식성, 시멘트 콘크리트 동결융해 및 스케일링 시험은 비교를 위해 증류수, NaCl 4%, CMA 4% 용액에 대하여, EL 610, KSF 2456, ASTM C672 등의 시험법을 이용하여 수행하였다. 그 결과, CMA의 경우, NaCl 용액과 비교해 강재 부식 및 시멘트 콘크리트의 조직 손상에 미치는 영향이 매우 작은 것으로 나타났다. 이는 CMA가 염화물과 같은 강재 및 시멘트 콘크리트의 내구성 저하 성분을 함유하고 있지 않고, 용액의 pH도 8 이상의 약 알칼리성을 나타내기 때문으로 보인다. 기존 사용중인 염화물계 제설제, 비산먼지 억제제에 비해 인프라스트럭처의 내구성에 미치는 영향이 매우 적어 그 활용이 기대된다.

PG2B-40 | Preparation and application of solvent-based rich-mineral paper

* LEE Byeong Woo¹, Jeong Seok Ju¹

¹Korea Maritime & Ocean University

The term "paper" that we know so far is mostly composed of cellulose fibers or pulps, either obtained from wood

or non-wood plants. The rich-mineral paper or stone (rock) paper have been newly developed and the use of the papers are increasing worldwide. This paper does not use cellulose fibers and water at all in its production process, so it contributes to the preservation of nature and can be used as a more eco-friendly material when it has biodegradability. Currently, most rich-mineral papers are manufactured by hot extrusion. Since the amount of ceramic filler is limited to improve workability, physical properties are also limited. In this study, the rich-mineral paper composition was prepared in a liquid form using a solvent, so that there was little limitation on the amount of ceramic filler added and it was easy to add additives to control biodegradability. It was fabricated from eco-friendly raw materials using recycled polymer materials and waste shells and to biodegradable materials. Oyster shells, which are the most easily available waste shells, were heat-treated and used as a raw material for the ceramic filler, and PVC, which can be easily obtained as a recycled material, was used as a thermoplastic polymer binder. After making a solution using common PVC organic solvents, inorganic fillers and cellulose to impart biodegradability were mixed and processed into sheets to prepare solvent-based rich-mineral papers. For the rich-mineral paper prepared in this way, research was conducted to obtain an optimal composition by measuring workability and physical properties according to the amount of filler added required for the rich-mineral paper. These results demonstrated the possibility of the fabricate eco-friendly high value rich-mineral papers from economical starting materials with low cost and high availability.

PG2B-41 | 나프탈렌 유도체를 이용한 활성탄소 전극의 축전용량 향상 연구

고장면¹, *박정호¹, SPANCER M.¹
¹한밭대학교

A derivative of 1,4-Naphthoquinone coded HBU671 was synthesized and used in addition to activated carbon as composite electrode for supercapacitor application. From the electrochemical properties analysis, a specific capacitance of about 300 F g⁻¹ exhibited almost two times of that of activated carbon at a scan rate of 100 mV s⁻¹ and a potential window of -0.2 - 1V. This improvement is due to the inherent redox reaction in HBU671. Cycle test also proved that this composite is still stable even after 1000 cycle within the applied potential window and it is highly recommended for practical application.

PG2B-42 | 리튬이온전지의 양극특성에 미치는 도전재의 접착효과

*고장면¹, 박정호¹, SPANCER M.¹

¹한밭대학교

The adhesion strength as well as the electrochemical properties of LiNi_{0.4}Mn_{0.4}Co_{0.2}O₂ electrodes containing various conductive carbons (CC) such as fiber-like carbon, vapor-grown carbon fiber, carbon nanotubes, particle-like carbon, Super P, and Ketjen black is compared. The morphological properties is investigated using scanning electron microscope to reveal the interaction between the different CC and the active material. The surface and interfacial cutting analysis system is also used to measure the adhesion strength between the aluminum current collector and the composite film, and the adhesion strength between the active material and the CC of the electrodes. The results obtained from the measured adhesion strength points to the fact that the structure and the particle size of CC additives have tremendous influence on the binding property of the composite electrodes, and this in turn affects the electrochemical property of the configured electrodes.

PG2B-43 | Starch를 전극바인더로 사용한 전극의 초고용량커패시터 특성 탐색

*고장면¹, 박정호¹, SPANCER M.¹, MOHAMMED Latifatu¹
¹한밭대학교

The need to develop an aqueous-based binder has dominated research publications for some time now. The application of this man-made aqueous-based binder in LIBs has the potential to reduce the environmental impact of LIB. In this preliminary study, local cassava starch is treated and prepared as a polymer binder for LIBs application.

PG2B-44 | Evaluation the impact of heating Rate on performance and microstructure in Solid Oxide Fuel Cells

NAM Tae Heon¹, LEE Sang Won¹, *SHIN Tae Ho¹

¹Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) are emerging as an efficient energy conversion technology with significant potential for a sustainable, low-emission future. These high-temperature electrochemical devices offer numerous advantages, including high energy conversion efficiency, fuel flexibility, and reduced emissions. However, the densification process required for the electrolyte and electrode in SOFCs through sintering is time-consuming and presents a challenge to

commercialization. This study aims to address this issue by utilizing commercial sintering equipment to modify the heating rate and assess its impact relative to conventional sintering heating rates. Our findings reveal significant differences across three investigated heating rates. The heating rate 3°C/min provided substantial energy to the particles resulting in a dense structure with a maximum power density of 1.03W/cm² at 1073K. Conversely, at the fastest heating rate, particle connectivity was insufficient yielding a maximum power density of only 1.14W/cm². The most effective results were observed at an intermediate heating rate which achieved the highest maximum power density of 1.48W/cm². In conclusion, our study suggests that optimization of the heating rate can significantly improve SOFC performance and may present a viable solution for overcoming challenges associated with traditional sintering processes in SOFC production

PG2B-45 | In Situ Synthesis of Phase-Pure Perovskite Nanocatalysts with Exceptional Activity and Stability for Solid Oxide Fuel Cells

PARK Mi Young¹, *YOON Kyung Joong¹

¹Korea Institute of Science and Technology

The infiltration technique offers a simple, effective way to improve the performance of solid oxide fuel cells (SOFCs) via the in situ synthesis of nanocatalysts. However, the unpredictable thermal behavior of infiltrated nanoparticles has been a major obstacle. Herein, we report that the presence of certain impurity phases causes such abnormality, and accordingly, the formation of pure single-phase multicomponent oxides impart excellent controllability and thermal stability. Using complexing agents optimized for individual cations enables the formation of high-purity perovskite and produces extremely small, homogeneous nanocatalysts. We achieved a high power density of 1.4 W cm⁻² with excellent stability at 650°C by upgrading standard cells using our infiltration process. The key findings of this study can resolve the critical issues of the high-temperature nanocatalysts and accelerate the commercialization of SOFC technology.

PG2B-46 | 전기방사공정을 이용해 제조된 광촉매 Bi-doped TiO₂ 나노섬유의 미세구조 및 광분해 특성

김재윤¹, 윤한솔¹, 이소현¹, 김시현¹, 김한중¹, 나경현², *최원열^{1,2}

¹강릉원주대학교, ²스마트수소에너지사업단

TiO₂는 높은 내구성과 무독성 등의 특성을 가져 수질정화를 위한 적합 광촉매로 주목받고 있으나 넓은 밴드갭과 전자 정공의

빠른 재결합 등의 단점이 있어 이를 보완하고자 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 TiO₂에 Bi를 첨가해 에너지 밴드갭을 낮추었다. 에너지 밴드갭 낮춤으로 인해 더 넓은 스펙트럼의 빛을 흡수할 수 있으며 낮은 에너지에서도 높은 반응 활성이 가능하다. Bi와 Ti의 비율이 0 mol% 부터 3 mol%가 되도록 조절한 전구체 용액을 제조하고 1 ml/hr의 유속과 20 kV의 전압으로 전기방사하여 Bi가 도핑 된 TiO₂ 나노섬유를 생성하였다. 그다음 500 °C에서 3시간 동안 열처리를 진행하였다. 얻어진 나노섬유는 field emission electron microscope (FE-SEM), x-ray diffraction (XRD), ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis), x-ray photoelectron spectroscopy (XPS)를 통해 분석하였다. FE-SEM을 이용해 Bi-doped TiO₂의 나노섬유 구조를 관찰하고 평균 직경을 측정하였다. Bi-doped TiO₂의 상분석을 위한 XRD분석결과 anatase상과 rutile상이 확인되었다. Methylene blue (MB)와 acid orange 7 (AO7) 염료의 UV-Vis를 통한 측정 결과, Bi 비율 변화에 따른 광분해 정도를 확인하였다. 또한 시간이 경과함에 따라 염료 농도가 감소하는 것을 관찰하였다.

PG2B-47 | 기상화학적 코팅층이 적용된 U-Mo 세라믹 분말의 미세구조 분석 및 조사 거동평가

*박동준¹, 조태원¹, 김성환¹, 정용진¹

¹한국원자력연구원

본 연구에서는 U-Mo 분말과 혼합되는 알루미늄 기지 사이의 반응층 형성에 따른 부작용을 완화하고 U-Mo 핵연료 세라믹 구형 분말의 성능을 향상시키기 위해 U-Mo 입자의 표면 코팅과 관련된 새로운 접근 방식을 제시하고자 하였다. 알루미늄 기지에 Si를 첨가하여 문제를 해결하려는 이전 시도는 제한적인 성공을 보였으며, 결과적으로 반응층이 빠르게 형성되고 일부 경우에 기지인 알루미늄의 국부적이고 급격한 소비로 인해 핵연료판 안전성에 관한 문제가 발생하기도 하였다. 핵연료용 분말로 제조된 U-Mo 구형 분말 핵연료의 미세 구조를 분석한 결과 Si이 U-Mo 입자 내부로 불완전하게 확산되어 U-Mo 분말 표면의 상당 부분이 알루미늄 기지에 노출된 후 반응이 일어난 것을 알 수 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 PVD(물리 기상 증착) 공정을 사용하여 U-Mo 분말을 Mo으로 코팅하는 코팅 기술을 개발하여 기존 U-Mo분말에 적용하였다. 이후 알루미늄 기지 내에 코팅된 U-Mo 분말을 활용하여 판형 핵연료를 제작하여 성능을 평가 하였다. 코팅된 U-Mo 분말의 연구로 노내 조건 성능 평가를 위해 U-235 연소도 66.2%까지 연구용 원자로 조사 시험을 수행하였다. 조사 후 시험평가로서 광학 현미경, 주사 전자 현미경 및 EPMA 분석을 통하여 핵연료 심재 영역과 U-Mo 분말과 매트릭스 사이의 계면 영역의 미세 구조 분석 한 결과 표면 코팅층이 U-Mo 와 알루미늄 기지간의 반응층 생성을 상당히 억제 한 사실을 밝혀 내었다.

PG2B-48 | 전기방사공정을 이용한 생분해성 고분자 ethyl cellulose 나노섬유의 제조 및 전구체 조성에 따른 미세구조 제어

김시현¹, 김재윤¹, 이소현¹, 장병윤¹, 나경현², *최원열^{1,2}

¹강릉원주대학교, ²스마트수소에너지사업단

Ethyl cellulose는 무독성 생분해성 고분자로 화학적인 합성을 통해 양산을 가능하고 우수한 흡습성 때문에 여러 산업 분야에서 각광받고 있다. 본 연구에서는 치과용 시멘트로 쓰이는 합착용 resin modified glass ionomer cement (RMGIC)에 ethyl cellulose를 첨가하여 비표면적이 넓은 나노섬유의 특성을 활용하여 기계적 특성을 향상시키고자 한다. 전기방사 공정을 이용하여 평균직경이 제어 가능한 ethyl cellulose 나노섬유를 생산하기 위해 적합한 용매를 선정하고 공정 조건을 최적화하였다. 변수로는 ethyl cellulose의 농도를 9 wt%, 11 wt%, 13 wt%로 설정하고 tetrahydrofuran (THF)과 dimethylacetamide (DMAc)의 비율이 1:4, 2:3, 3:2, 4:1인 혼합 용매를 사용하였다. Field emission scanning electron microscope (FE-SEM)을 통해 ethyl cellulose 나노섬유의 미세구조를 확인한 결과 약 194 nm의 평균 직경을 갖는 것을 확인하였다. 또한 혼합용매의 비율을 조절하여 평균직경을 제어할 수 있었으며, 특히 THF:DMAc = 3:2, Ethyl cellulose 13 wt% 용액을 인가전압 20kv, 유속 1ml/hr 조건으로 전기방사할 경우 194 nm의 평균 직경을 갖는 가장 균일한 ethyl cellulose 나노섬유를 얻을 수 있었다.

PG2B-49 | 슈퍼커패시터용 질소 도핑된 고순도 활성탄에 관한 연구

최정민¹, *노광철¹

¹한국세라믹기술원

넓은 비표면적을 가진 활성탄은 물리적 흡탈착 메커니즘으로 전하를 저장하는 슈퍼커패시터의 전극재료로써 널리 쓰이고 있다. 하지만 활성탄의 다공성 구조 특성과 높은 흡착능으로 인해 산소를 포함한 표면 관능기들은 활성탄의 전도도가 낮아지는 원인이 되며, 이중 산소 관능기는 전극소재에서 장기적 수명특성을 악화시키는 치명적인 단점이 있다. 슈퍼커패시터의 활용을 위해서는 전도도를 향상시키고 산소함량을 낮추기 위한 전략이 고려되어야 한다. 이를 위한 방법으로 N, S, F 등의 원소를 활성탄에 도핑하는 방식이 쓰이고 있다. 주로 Urea를 원료로 사용하는 질소도핑의 경우, 질소와 산소의 치환을 통해 전도도 향상 뿐만 아니라 산소함량을 감소 시킬 수 있는 효과적인 공정이다. 하지만 과도한 질소함량은 오히려 미세공을 막으며 비표면적을 낮춰 용량 감소를 초래하게 된다. 본 연구에서는 질소 함유량을 줄이면서 산소관능기를 최소화 할 수 있는 공정변수를 중심으로 진행하였다. 그 결과 활성탄의 비표면적을 잘 유지하면서도 산소함량을 1% 이하로 감소시킬 수 있었다. 제조된 도핑활성탄으로 실시한 전기화학적 특성 평가에서 비축전용량은 12.7 F/cc, Rate 특성은 50mA/cm² 에서 1mA/cm² 대비 94%를 나타내었다.

PG2B-50 | 직접 암모니아 SOFC 응용을 위한 펄스 전기 도금법을 통한 MnFeCoNiCuMo 고엔트로피 합금 촉매 제조

이재혁¹, 이종호¹, *양성은¹

¹한국과학기술연구원, 과학기술연합대학원대학교

SOFC stands out as a promising candidate for ammonia-based power generation due to its ammonia

cracking ability due to high-temperature operating conditions. However, for DA-SOFC, the toxicity of ammonia and its significant performance degradation, even at low concentrations, necessitate the use of expensive Ru-based catalysts to achieve high decomposition rates. High entropy alloys (HEAs) have gained recent attention as cost-efficient catalytic materials. Their complex and disordered atomic arrangement can offer compositional tunability in composition and provide a unique advantage to achieve enhanced catalytic properties. With these features, HEAs offer cost-effective alternatives to Ru while maintaining excellent catalytic activity. In this study, we present a facile method for fabricating a senary HEA coated layer of MnFeCoNiCuMo on a Ni substrate, commonly used as a current collector in SOFC systems, through pulse electrodeposition. During short pulse-on times, a high current density is applied to deposit all the metal elements, and during pulse-off times, the more reducible Cu and Ni elements are primarily deposited. The synthesized coating material was characterized using scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive spectroscopy (EDS). The resulting coating material exhibited a compositional entropy higher than 12 J/Kmol, meeting the conditions for HEA formation.

PG2B-51 | 테이프 캐스팅 공정 및 공소결 공정을 활용한 양성자 전도성 세라믹 연료전지 스케일 업 제작에 관한 사례 연구

정대환¹, *배중면¹

¹한국과학기술원

양성자 전도성 세라믹 연료전지는 세라믹 전해질을 통해 수소 이온을 전도하여 작동하는 연료전지로서, 기존 산소 이온 전도 기반의 고체 산화물 연료전지보다 이온 전도의 활성화 에너지가 낮아 상대적 저온 영역(400-600°C)에서 작동이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 양성자 전도성 세라믹 연료전지에 사용되는 바륨 기반의 전해질 소재는 기존 고체 산화물 연료전지의 전해질 소재에 비해 높은 소결 온도를 필요로 하므로 소결 공정에서 휨, 파단 등의 기술적 어려움이 존재하고, 이로 인하여 대면적화 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 양성자 전도성 세라믹 연료전지를 스케일 업하여 제작하기 위해 테이프 캐스팅 공정과 공소결 공정을 활용하였고, 공소결 공정 중 발생하는 휨 현상을 소결 온도 및 분말 입도를 변수로 한 사례 연구를 통해 제어하고자 하였다. 제작된 전지의 휨은 형상 측정을 통해 정량화되었고, 사례 연구에 적용된 변수를 조절함으로써 휨 현상이 개선됨을 확인하였다.

PG2B-52 | Magnesium Silicate on Zn metal Anode as Ion-tunneling and Water-Keeping Layer for Stable Aqueous Zinc Ion Batteries

CHO Jaehyuk¹, *JUNG Ji-Won¹

¹University of Ulsan

As carbon emissions continue to accelerate climate change, there is a growing interest in eco-friendly energy solutions. Renewable energy sources like solar energy are gaining popularity, but they require an energy storage system (ESS) to store electricity since they can only generate power at specific times. However, lithium-ion batteries are not suitable for ESS due to safety concerns such as ignition and thermal runaway. As an alternative, aqueous zinc-ion batteries (AZIBs) that use a water-based electrolyte are preferred because they offer higher stability, although they have a lower energy density. Nevertheless, AZIBs face a limitation in terms of reduced lifespan caused by the irregular growth of dendrites on the metallic Zn anode.

To address this issue, our study focuses on the uniform growth of dendrites by coating the surface of the metallic Zn anode with magnesium silicate. The coating of magnesium silicate serves multiple purposes: it physically impedes dendrite growth, retains moisture, and exhibits excellent properties for ion adsorption and transportation, thus enhancing ion mobility. To validate the anticipated impact of the magnesium silicate coating layer, we conducted materials characterizations and electrochemical evaluations, including cycling tests using both symmetric and asymmetric cells. Various conditions were explored, including thickness, ratio adjustments, and the presence or absence of a conductive agent.

PG2B-53 | 친환경 Calcium Magnesium Acetate의 EL-610 특성평가

김근배¹, *정우재¹, 신희성¹

¹에스에스씨산업㈜

CMA(Calcium Magnesium Acetate)는 비염화물 친환경 제설제로 유기산을 사용하여 제조할 수 있으며 소금이나 염화칼슘과 같은 염화물 제설제를 대체할 수 있는 비염화물 소재로서 요소, 프로필렌글리콜, 초산칼륨등이 이에 속한다. EL-610은 제설제의 환경인증제도로서 아래와 같은 환경성 평가를 측정한다. 유해원소 함량평가, 강제부식 영향, 유기화합물 생분해도, 수생환경 유해성(급성독성), 생분해도 평가등이 있다. 또한 품질관련 기준으로 용빙성능을 평가하며 -3℃, -7℃, -12℃, -15℃에서 기준물질인 소금 혹은 소금+염화칼슘 대비 용빙량이 100% 이상이어야 한다. 본 연구에서는 비염화물계 친환경 제설제로 백운석 광물과 아세트산을 주원료로 CMA(Calcium Magnesium Acetate)

제설제의 특성을 파악하였다. CMA는 염소이온을 함유하지 않으며 또한 Pb, As, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg, Cd 등 8종의 유해원소 검출이 없다. 빙점강하에 의한 제빙효과가 소금과 유사하지만 강제부식성은 대단히 작다. 물속에 용해된 후 칼슘 이온과 마그네슘 이온은 토양 생물의 영양분이 되기에 급성독성의 위험이 없다. 초산이온은 박테리아에 의해 생분해되어 환경오염의 위험성이 매우 적다.

PG2B-54 | 산 침출을 활용한 Si/Al 비율 제어가 합성제올라이트의 중금속 흡착 성능에 미치는 영향

*왕제필¹, 전태준¹, 강태이¹, 류규동¹, 문정식¹, 황승욱¹

¹부경대학교

키워드 : LAS, Si/Al 비율, XRD, 제올라이트, 중금속 흡착
본 연구에서는 폐기되는 Induction Top Plate 소재 내 사용 후 LAS(Li2O-Al2O3-SiO2)계 결정화 유리에서 Li를 침출한 잔사로부터 산 침출을 활용하여 Si/Al 비율을 제어한 후 합성 및 Mg 개질한 제올라이트의 중금속 흡착성능을 평가하였다. 중금속 흡착 시험을 위한 중금속 용액은 1000ppm 농도 중금속 표준 시약을 활용하여 제조하였으며 100ppm 중금속 용액 50ml, 제올라이트 2g을 혼합하여 30분간 교반 후 여과한 용액을 ICP-OES를 통해 제거율을 확인하였다. XRD 분석을 통해 상용화되어있는 제올라이트와 침출 잔사의 Si/Al 비율 확인 및 중금속 흡착 성능을 평가하였다. 해당 실험을 통해 Si/Al 비율이 높은 제올라이트의 경우 중금속 흡착성능이 더 뛰어난 것을 확인하였다. Si/Al 비율 제어를 위한 산 용액으로는 염산(HCl)을 선정하였으며, 제올라이트 합성 실험의 최적 조건을 도출하였다. 산 침출 실험은 침출잔사 2g, 35~37% HCl 50ml, 증류수 50ml, 상온, 교반속도 300rpm으로 12시간 진행하였고, NaOH를 활용한 제올라이트 합성 실험은 50wt.% NaOH 용액 기준 50ml 첨가, 90℃에서 24시간 300rpm 속도로 교반을 실시하였다. 이후 Mg 양이온 개질 공정을 통한 Mg 제올라이트 제조 및 이를 통한 중금속(Pb, Cd, Cr6+, Hg) 흡착성능을 평가하였다. Mg 개질 실험은 Si/Al 비율을 제어한 제올라이트 10g, 1M MgCl2 6H2O 용액 1L, 500rpm 속도 24시간 교반 후 용액을 교체하여 3회 반복하였다. 중금속 흡착 실험 결과 4종류의 중금속 성분 모두 99% 이상 제거 할 수 있었다. Acknowledgement: 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20016885).

PG2B-55 | 마이크로웨이브 합성 TiO₂ 담체와 V₂O₅ WO₃/TiO₂의 NH₃-SCR 탈질촉매 특성 연구

서민채¹, *김대성¹

¹한국세라믹기술원

본 연구는 TiO₂를 담체로 하는 V₂O₅WO₃/TiO₂ 촉매의 NH₃를 환원제로 이용한 탈질촉매에 관한 연구이다. 촉매 담체인 TiO₂를 제조하기 위해 마이크로웨이브를 이용하여 빠르고 균일하게 TiO₂ 나노입자를 합성하였으며 반응 시간 및 반응 온도에 따라 입도가 다른 TiO₂를 담체로 하여 V₂O₅ 및 WO₃를 각각 함침해 V₂O₅WO₃/TiO₂ 촉매들을 제조하였다. 제조된 TiO₂ 담체 및

V₂O₅WO₃/TiO₂ 탈질촉매의 물리화학적 특성은 XRD, PSA, BET, FE-SEM 등으로 관찰하였으며 수열반응으로 가수분해한 TiO₂로 제조된 촉매와 촉매 활성을 비교하여 촉매 활성온도 이동 및 효율 증가 원인을 규명하였다. 특성평가와 탈질효율 결과를 통하여 담체에 대한 최적의 반응 시간 및 반응 온도를 예상할 수 있다.

PG2B-56 | 소듐 베타 알루미나 배터리의 비스무스 코팅을 통한 소듐 젖음 성능 향상

배지홍¹, 진단아¹, 박윤철², 정기영², *심우영¹

¹연세대학교, ²포항산업과학연구원

As the importance of renewable energy grows, Sodium/ β -alumina(BASE) cell has been recognized as one of the most effective energy storage device because of its high specific energy, high efficiency of charge/discharge and long cycle life. For better operation of Sodium-BASE cell, poor wettability, which is caused by moisture and impurity in the BASE such as calcium, of electrolyte on liquid sodium anode should be enhanced. However, the formation of the oxide film, which is related to moisture absorbed on the BASE surface, impedes sodium dissolution, thereby hindering an accurate determination of wetting behavior. In this study, the sessile drop technique under controlled moisture and O₂ environment is used as a type of an artificial Sodium-BASE cell system to study the issue of water interface formed onto the BASE. To separate water interface, BASE surface needs to be coated by metal that can form an alloy with sodium and therefore completely isolated its surface in a way that emulate the sealed and complete real cell. Bi is chosen as protect layer and sodium alloy with Bi is impervious to water yet does not interfere with sodium conductivity. By the enhanced wettability, the Sodium-BASE batteries can be operated at lower temperature with solving the safety issues and to use low-cost polymeric seals.

PG2B-57 | 형상 재구성 하에서도 높은 에너지 밀도를 가지는 알루미늄-공기 전지

최홍¹, 문주호¹, *심우영¹

¹연세대학교

The battery shape is critical limiting factor affecting foreseeable energy storage applications. In particular, deformable metal-air battery systems could offer a low cost, low flammability, and high capacity, but the fabrication of such metal-air batteries remains challenging. Here, we show that a shape-reconfigurable materials approach, in which the deformable components composed of micro- and nanoscale

composites are assembled, is suitable for constructing polymorphic metal-air batteries. We adopt an aluminum-air battery cell as an ideal platform, which involves three-electron transfer during charging reactions; as a result, it provides a specific capacity that rivals that of a single-electron lithium-ion battery. This cell is a great platform to test a shape-reconfigurable design because of easier handling, greater safety, and lower reactivity. This architecture is simple and scalable and also addresses the fundamental limitations of aluminum-air batteries by allowing the use of deformable packing designs to increase the performance output. Further, this approach is technologically unique in that it a method that enables the realization of a 3D shape change, which has never been observed for aluminum-air batteries. This significant deformability results in a specific capacity of 128 mA·h/g per cell; calculated from the total mass of anode (496 mA·h/g per cell; based on the mass of consumed aluminum), and a high output voltage (10.3 V) with 16 unit battery cells connected in series. The resulting battery can endure significant geometrical distortion such as three-dimensional stretching and twisting while the electrochemical performance is preserved. This work represents an advancement in deformable aluminum-air batteries using the shape-reconfigurable materials concept, thus establishing a paradigm for shape-reconfigurable batteries with exceptional mechanical functionalities.

PG2B-58 | High capacity aluminum-air batteries with sparked reduced graphene oxide/silver nanoparticle cathode

LIM Geonwoo¹, *SHIM Wooyoung¹

¹Yonsei 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-59 | 리튬이온배터리 음극용 수계 CNT분산액을 활용한 Graphite/Si 전극의 특성평가

*조성철¹, 한도형¹, 유성미¹, 박재아¹

¹(주)엔피에너지

음극재는 양극에서 방출되는 리튬이온을 저장하였다가 방출하는 역할을 하는 리튬이온배터리의 주요 소재로써, 현재 흑연계 활물질이 대표적인 상용소재로 사용되고 있다. 하지만 흑연계 활물질은 372mAh/g의 비교적 낮은 용량으로 인하여 대용량의 전지를 제작하기 위해서는 전지의 부피와 무게가 증가하게 된다. 전지의 부피와 무게가 증가할 경우, 전지의 출력 및 수명이 감소하게 되므로 이러한 문제점을 극복하고 대용량의 전지를 개발하기 위해서는 흑연계 활물질보다 높은 용량의 새로운 음극 활물질의 개발을 필요로 한다. 흑연을 대체할 수 있는 대표적인 소재인 실리콘(Silicon, Si)은 최대 4,200mAh/g의 높은 용량과 비교적 낮은 전위(~0.45 V vs. Li/Li+)에서 리튬이 방출되는 장점으로 인해 흑연의 낮은 용량을 보완 또는 대체할 수 있는 가장 유망한 소재로 받아들여지고 있다. 본 연구에서는 HEBM(High Energy Ball Mill)방식을 활용하여 흑연과 실리콘이 혼합된 복합활물질을 제조하였고, 2032 Coin Cell을 제작하여 방전용량과 내구성을 평가하였다. 용량을 증가시키기 위해 사용된 Si으로 인해 낮아진 전기전도성을 보완하기 위하여 기존의 카본블랙계열 도전재보다 전기전도도가 높은 SWNT(Single Walled carbon Nano Tube)를 도전재로 사용함으로써 전극의 전기전도성을 향상시키고, Si의 부피팽창을 억제하고자 하였다.

PG2B-60 | Study on metal-hydrated perovskite catalysts for combined steam and CO2 reforming of methane

*LEE Jin Goo¹

¹Korea Institute of Industrial Technology

Metal segregation from a perovskite oxide (ABO₃) usually referring to “redox metal exsolution” has recently been used for in situ preparation of a well-designed catalyst where metal nanoparticles are homogeneously and strongly embedded on perovskite scaffolds upon reduction. The exsolution concept of B-site transition metal ions has grown, but several issues such as segregation of A-site alkaline-earth metal ions and carbon formations on metal nanoparticles should be addressed for stable catalysts in greenhouse gas (CO₂ or CH₄) conversion. Here, we suggest a new approach to designing metal-perovskite composite catalysts via

A-site metal segregation from a hydrated perovskite titanate. In situ formation of A-site-deficient hydrated CaTiO₃ accompanied with Ni exsolution solids leads to ~78 and 65% of CH₄ and CO₂ conversion, respectively, suppressing carbon formations and alkaline-earth metal segregations in combined steam and carbon dioxide reforming of methane at 700 °C. It would help to design active and stable metal-perovskite catalysts for energy and environmental applications.