

SW3 : 고체산화물수전해 청정수소 생산기술

SW3-1 | 고체산화물 전기화학 셀의 perovskite 전극 열화 메커니즘 분석

*주중훈¹

¹광주과학기술원

고체산화물 전기화학 셀 (Solid Oxide Electrochemical Cell) 은 작동 온도가 고온으로 에너지 효율이 높고 연료 선택의 다양성이 있어 많은 연구가 진행 중에 있다. 산소 교환 반응에서 우수한 촉매 특성으로 인해 일반적으로 Perovskite 구조 전극이 고체산화물 전기화학 셀의 산소 전극으로 사용된다. 일반적인 전기화학 셀의 전극 열화는, 주로 높은 작동 온도에서 Perovskite 전극 내의 A-site 양이온의 석출로 인해 발생한다고 알려져 있다. 본 연구에서는 대표적인 고체산화물 전기화학 셀의 산소 전극 소재인 (LaSr)(CoFe)O_{3-δ} 를 이용하였으며, 전기화학 셀의 구동 조건에서의 전극의 열화에 대한 메커니즘을 제시하고자 한다. 또한 최근에 많이 연구되고 있는 double-perovskite 구조 전극의 열화에 대한 메커니즘에 대하여 이야기하고자 한다.

SW3-2 | PCFC용 다중 이온 전도성 misfit 층상 산화물의 결합구조

배호환¹, 신동휘¹, *송선주¹

¹전남대학교

본 연구에서는 misfit 층상 코발트 산화물(Ca₃Co₄O_{9+δ}) 의 부정비량(δ), 전체전기전도도(σ) 및 열-화학 팽창률(ΔL/L)을 온도(RT ≤ T/°C ≤ 850)와 산소 분압(3.16×10⁻⁵ ≤ P_{O₂}/atm ≤ 10⁰)의 함수로서 측정하였다. 온도에 따른 상 안정 영역 내에서 산소 부정비량, 전체전기전도도의 거동은 예상되는 이상적인 결합구조에서 양의 편차를 가졌다. 일반적으로 비양론적 혼합물의 결합구조는 결합의 농도가 증가함에 따라 전하 중성 조건에 의해 생성된 반대 전하를 띤 점결합과의 쿨롱 인력에 의해 음의 편차를 보이지만, 대상계의 양의 편차를 보이는 현상의 원인을 고농도의 홀에 의한 degeneracy에 근거하여, 새롭게 수정된 비이상 결합구조는 측정된 물성들을 일관되고 정확하게 설명할 수 있었다. Joyce-Dixon 근사식을 활용한 Fermi-Dirac적분으로부터, 홀의 활동도 계수는 실험을 수행한 열역학적 조건하에서 δ 가 0.09에서 0.175까지 증가함에 따라 2.5에서 최대 11까지 증가하는 것으로 계산되었다. 실험에 사용된 고밀도의 시편은 Spark Plasma Sintering 기술로부터 제작되었다. 물질계의 이방성을 SEM, XRD로부터 확인하였으며 배향성에 따라 소재의 열팽창률 다른 값을 가진 (in-plane: 12 ppmK⁻¹, out-of-plane: 13.1 ppmK⁻¹)을 확인하였다. 부정비량에 변화에 무관하게 화학적 팽창은 발견되지 않았음을 보고한다.

SW3-3 | Infiltration of Nanocatalysts for Solid Oxide Electrolysis Cells

*YOON Kyung Joong¹

¹Korea Institute of Science and Technology

Solid oxide electrolysis cell (SOEC) technology offers one of the most efficient and versatile means of clean

hydrogen production and large-scale energy storage. Although the functionality of SOEC electrodes could be significantly improved by reducing the feature size of electrode to nanoscale, the practical use of nanomaterials has been limited due to the lack of stability and controllability at high temperatures. Herein, we demonstrate an advanced infiltration technique that allows nanoscale control of highly active and stable catalysts at elevated temperatures. Homogeneous precipitation in chemical solution, which is induced by urea decomposition, allows the precise tailoring of the phase purity and geometric properties. Particularly, effective complexing followed by instantaneous precipitation enables the atomic-scale dispersion of active catalysts on support. Outstanding performance and durability are demonstrated in both fuel cell and electrolysis modes.

SW3-4 | KICET 첨단 제조공정 혁신을 통한 LSGM 전해질 기반 고성능 수전해 기술

*신태호¹, 이상원^{1,2}, 김수지^{1,2}, 백윤정^{1,2}

¹한국세라믹기술원, ²연세대학교

Emerging hydrogen energy and carbon neutrality market, various electrochemical devices were widely applied. Particularly, hydrogen production via water electrolysis and hydrogen application via fuel cell systems have been rapidly attended. For the case of both electrolysis and fuel cells system, various ionic conductors are widely hired as the electrolyte for their electrochemical ionic exchange reaction; their types are classified primarily by the kind of electrolyte materials they employ by determining the kind of electrochemical reaction that take place in the electrolyte and electrode. For example, Solid Oxide Fuel Cells (SOFCs) and Solid Oxide Electrolysis Cells (SOECs) have a solid oxide electrolyte which conduct negative oxide ion from the air electrode to the fuel electrode via diffusion due to oxygen vacancies in the solid oxide lattice. Many studies have been reported for not only efficient production of hydrogen via SOECs but also high performed SOFCs, and La_{1-x}Sr_xGa_{1-y}Mg_yO_{3-δ} (LSGM), a substitute for yttria-stabilized zirconia (YSZ) has emerged as a rising candidate for the electrolyte due to its superior ionic conductivity even in intermediate temperature (≤ 1073K). Since solid oxide electrochemical devices with LSGM can work in intermediate temperatures, it can have better durability and efficiency at lower temperature operating conditions. However, a few essential requirements must still be addresses for the

widespread use of commercial LSGM based electrochemical device; their lower mechanical strengths and higher reactivity with electrode compared to the YSZ based electrolyte makes it difficult to find a cost-effective manufacturing process and compatible materials. In this regard, several strategies for advanced manufacturing have been carried for competitive commercialization of LSGM based SOCs at KICET: (a) lowering temperature processing, (b) ultra-thinner self-standing electrolyte, (c) non-touchable electrode coating processing, and (d) optimal buffer layer. Our innovative activity on the recent LSGM based SOCs will be discussed in detail.

Consequently, the fabricated cell exhibits outstanding maximum power density of 1.40 W cm^{-2} with the ohmic resistance of $0.131 \Omega \text{ cm}^2$ at 1073K through the effects of the thinner buffer layer and modified electrode surface via the simple-step sonic spraying technique. When the higher electrolysis performance was, subsequently, achieved on reverse SOC operation mode; a high current density of 1.01 A cm^{-2} at 1073 K, when applied 1.3 V.

SW3-5 | 고온수전해 스택 운전제어용 실험실 규모 BOP

*홍성덕¹, 김신엽¹, 강경준¹, 김찬수¹

¹한국원자력연구원

600~900°C 운전온도가 요구되는 SOEC 스택은 일반적으로 고온환경로 내부에 설치하여 전기분해 운전을 실행한다. SOEC는 수소가 분리되는 증기채널과 부산물인 산소를 불어내는 공기채널이 있으며 초고온 운전을 위해 SOEC에 유입되는 증기 및 공기는 SOEC 운전온도로 예열되어야 한다. SOEC에서 공급받는 증기는 양질의 일정한 증기 공급이 필수적이다. 불안정한 유량의 증기 공급은 압력파를 유발하여 고가의 민감한 SOEC 스택 내부를 파손시킬 수 있다. 증기 채널에 질소와 수소를 주입하고 있다. 이는 증기가 고온에서 SOEC 전극재료에 산화를 일으켜 장시간 운전 시 SOEC 성능을 감소시키는 문제를 해소하기 위한 것이다. SOEC 승온 혹은 감온 시 증기 대신 질소를 활용한다. 또한 미량의 수소를 증기채널에 항상 유입시켜 증기로 산화된 표면을 환원시켜준다. 한편 SOEC 스택의 실란트는 고온열팽창에 매우 민감하여 셀간의 높은 온도차는 유리재료의 크랙을 발생시켜 증기 누설의 주요인이 되어 감온/승온 시 온도차 제어가 매우 중요하다. 따라서 안정적인 SOEC 운전을 위해서는 이와 같이 다양한 운전요구조건을 충족시킬 수 있는 BOP 구성이 필요하다. 설계한 BOP의 용량은 30kW SOEC 시험 가능한 것으로 증기공급계통, 가스공급계통, 보조열원공급계통, 냉각계통, 제어계통 등으로 구성된다. 설계한 BOP는 현재 6kW급 SOEC 시험을 통해 성능 검증을 진행 중이다.

SW3-6 | 고온수전해 청정수소 생산기술 현황 및 이슈

*김선동¹, 최윤석¹

¹한국에너지기술연구원

지속가능한 에너지에 대한 수요가 전 세계적으로 증가하고 있는 가운데 재생에너지 또는 원자력 에너지를 이용하여 물을 분해하여 청정수소를 제조하는 수전해 기술이 주목받고 있다. 이 가운데 고온수전해(SOEC) 기술은 Alkaline, PEM 또는 AEM 저온형($3\text{W/cm}^2@750^\circ\text{C}$ and $2\text{A/cm}^2@1.3\text{V}\&750^\circ\text{C}$) 및 공정 최적화에 대한 연구내용을 다루고 있으며, 컴팩트하고 고온수전해 작동환경에 최적화된 스택의 성능($100\text{A}@1.3\text{V}\&750^\circ\text{C}$)을 포함한 연구 결과를 소개하고자 한다.