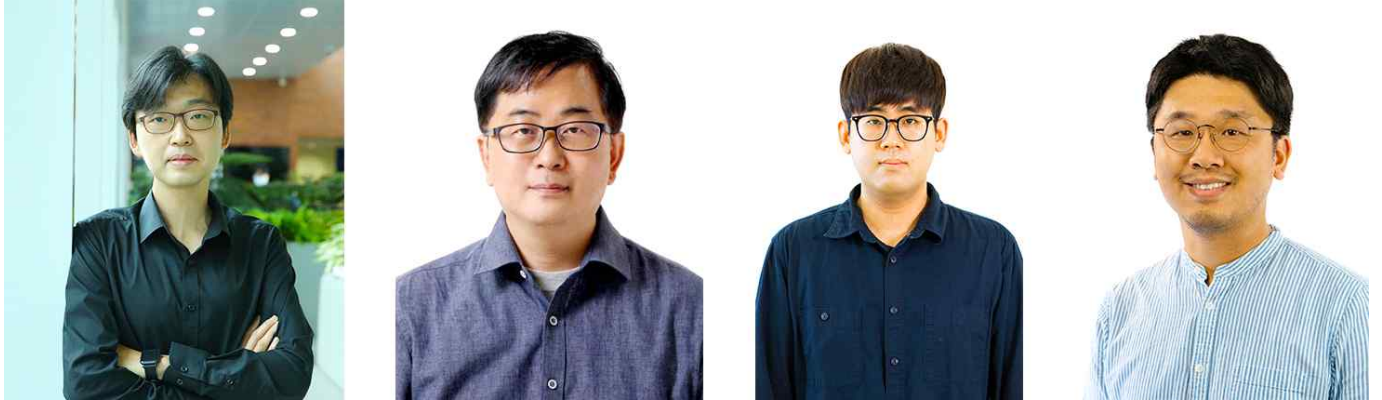


# GIST, 대면적화 가능 광전극 모듈화 기술 개발 친환경 그린수소 대량생산 길 열어... 「Advanced Science」 표지논문

- 새로운 광전극의 '모듈화 기술' 적용해 대량의 그린수소 생산 가능성 제시
- 광전기화학 모듈 중 최초로 무전압 조건에서 구동 성공 및 실제 태양광 환경에서 검증



▲ (왼쪽부터) GIST 이상한 교수, GIST 김희주 교수, GIST 신소재공학부 최호중 박사, Helmholtz-Zentrum Hereon 서세훈 박사

탄소중립 시대에 각광받는 '그린수소' 에너지를 대량 생산할 수 있는 길이 열렸다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철) 신소재공학부 이상한 교수와 에너지융합대학원 김희주 교수 공동 연구팀은 광전극에 모듈화 기술을 적용하여 대면적화 가능한 유기금속 할라이드 페로브스카이트(이하 페로브스카이트)\* 광전기화학 모듈 시스템을 개발했다.

\* 페로브스카이트:  $ABX_3$ 의 결정 구조를 갖는 유-무기 화합물로 높은 전하이동 능력과 빛 흡수성으로 광변환효율이 높아 차세대 광반도체로 각광받고 있다.

수소 에너지는 생산 방식에 따라 그레이, 블루, 그린 수소로 구분되는데 '그린수소'는 태양광과 같은 신재생에너지를 통해 생산되고 있어 수소 에너지 중 가장 친환경적이다. 태양광을 이용한 그린수소 생산에는 물을 포함하는 전해질과 반도체 광전극을 활용한 '광전기화학 물분해\* 방법'이 주로 이용된다.

최근에는 '페로브스카이트'와 같은 제조 공정이 간편하고 높은 효율의 새로운 물질로 광전극을 제조하려는 연구들이 시도됨에 따라 고효율과 고안정성을 확보할 수 있으나 광전기화학 시스템의 실용화와 이를 통한 그린수소의 대량 생산을 위해서 대면적의 광전극 개발은 필수적이며, 특히 실제 태양광 아래에서의 현실 검증이 필요하다.

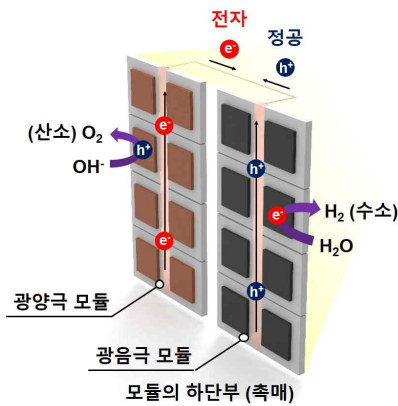
\* 광전기화학 물분해: 그린수소의 생산 방식 중 하나로, 전해질 담지된 반도체 광전극을 작동 전극으로 하여 광전극에 빛이 입사하면 생성되는 전자와 정공을 이용해 수소 및 산소를 생산하는 방식이다.

그러나 소자의 면적이 넓어질수록 커지는 저항 손실, 균일하지 못한 박막의 형성, 그리고 물질 내부의 결함으로 인해 **대면적의 페로브스카이트 광전극은 높은 효율을 보이기 어렵고 대면적화가 힘들기 때문에 페로브스카이트를 기반으로 제작된 광전극을 실용화하기에는 어려움이 있다.**

페로브스카이트 광전극은 면적이 넓어질수록 효율이 급격하게 감소하기 때문에 최적의 효율을 보이는 단위 소자의 면적이 존재한다.

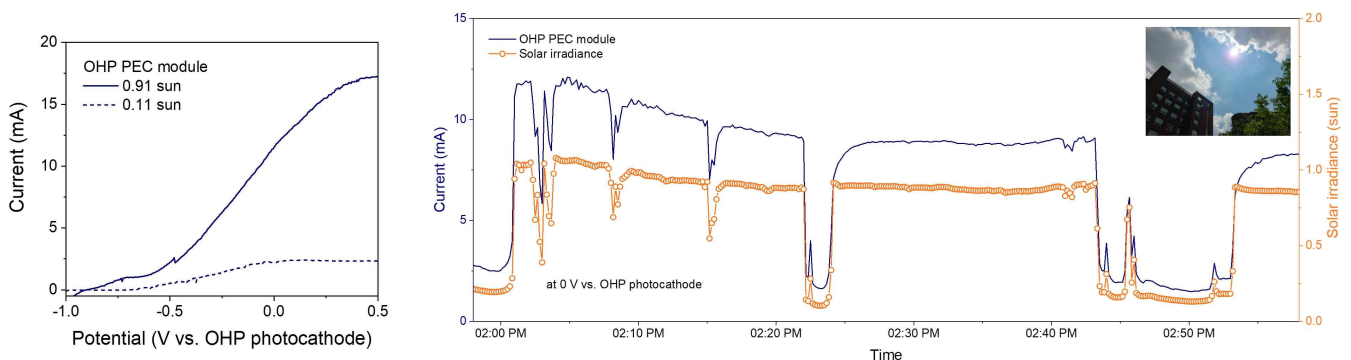
연구팀은 페로브스카이트 기반 광전기화학 시스템의 대면적화를 위해 페로브스카이트 광전극을 **평행하게 연결해 효율 저하가 최소화된 높은 확장성(Scalability)을 가진, 즉 쉽게 높은 효율의 대면적화가 가능한 페로브스카이트 광전기화학 모듈을 개발하는 데 성공했다.**

연구팀이 개발한 모듈은 **페로브스카이트 광양극과 광음극을 모두 포함하는 시스템** 이어서 **외부 전압이 필요 없는 무전압 조건에서 구동 가능하며, 이는 광전기화학 모듈 중 최초이다.**



▲ 페로브스카이트 광전기화학 모듈 시스템의 모식도 (왼쪽)와 사진 (오른쪽). 실제 태양광 아래에서의 구동이 가능하며 단일 페로브스카이트 광전극 단위 소자에 비해 대면적에서의 태양광 수소 생산이 가능함을 확인할 수 있다.

총 16개의 단위 소자를 연결하여 제작된 4 cm<sup>2</sup> 면적의 페로브스카이트 광전기화학 모듈은 연구실 환경이 아닌 **실제 태양광 환경에서 현실 검증을 진행했으며, 실험실 환경의 91% 정도의 광량으로도 외부 전압 없이 11.52 mA의 높은 광전류를 기록했다.**

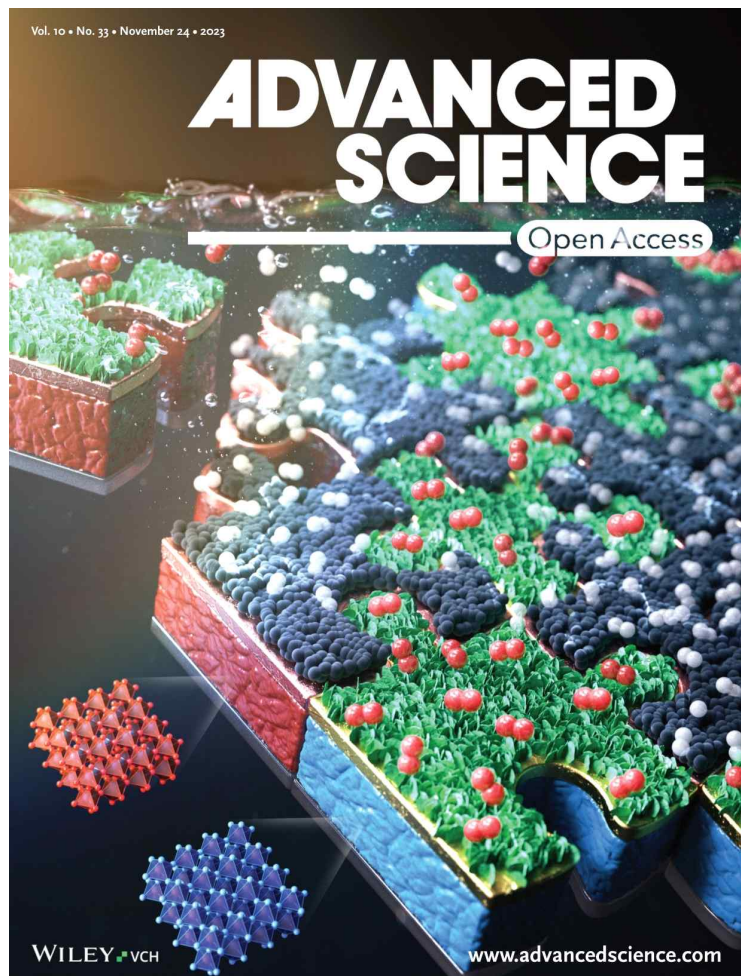


▲ 페로브스카이트 광전기화학 모듈의 실제 태양광 아래에서의 측정 결과. 연구팀이 개발한 페로브스카이트 광전기화학 모듈 시스템은 실제 태양광 환경에서 성공적인 무전압 구동을 확인할 수 있다.

이상한 교수는 “이번 연구 성과는 기존의 방식과는 다른 광전극의 모듈화 기술을 통해 **대면적의 페로브스카이트 광전기화학 시스템 개발의 가능성을 제시했다**”면서 “향후 후속 연구와 **모듈화된 광전극을 통해 그린수소를 대량으로 생산할 수 있는 기술의 실용화를 기대한다**”고 말했다.

GIST 신소재공학부 이상한 교수가 주도하고 에너지융합대학원 김희주 교수가 공동 교신저자로 참여한 이번 연구는 GIST 최호중 박사와 GIST 박사 졸업 후 독일 과학 연구소 헬름홀츠-젠트럼 헤레온 그룹 리더인 서세훈 박사(Helmholtz-Zentrum Hereon)가 공동 제1저자로 수행했다.

한국연구재단의 미래수소원천기술개발, ERC 선도연구사업과 GIST 개발과제(차세대 에너지연구소)의 지원을 받았으며, 국제학술지인 ‘어드밴스트 사이언스 (Advanced Science)’(IF=15.1)의 표지 논문으로 선정되어 2023년 11월 24일 게재됐다.



▲ 「Advanced Science」 표지 논문 선정

# 논문의 주요 정보

## 1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Advanced Science (IF=15.1) (2022년 기준)
- 논문명 : Organometal Halide Perovskite-Based Photoelectrochemical Module Systems for Scalable Unassisted Solar Water Splitting
- 저자 정보 : 최호중 박사 (공동 제1저자, GIST), 서세훈 박사 (공동 제1저자, Helmholtz-Zentrum Hereon), 김희주 교수 (공동 교신저자, GIST) 이상한 교수 (대표 교신저자, GIST)