

열과 빛에 강한 고안정성 페로브스카이트 태양전지 개발

- 초박막 전해질층으로 박막결함을 제거하여 열, 빛, 공기에 강한 고효율 고안정성의 페로브스카이트 태양전지 구현



▲ (왼쪽부터) 김희주 교수, 이광희 교수, 김용운 박사

열과 빛, 공기 등 장시간 외부환경 노출에도 높은 안정성을 유지하는 페로브스카이트 태양전지가 국내 연구진에 의해 개발됐다.

지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 에너지 융합대학원 김희주 교수와 신소재공학부 이광희 교수 공동연구팀은 부산대 화학과 서흥석 교수 연구팀과 함께 페로브스카이트 내부의 이온결함을 흡수하는 초박막 전해질층 도입을 통해 페로브스카이트 태양전지*의 안정성을 획기적으로 향상시켰다.

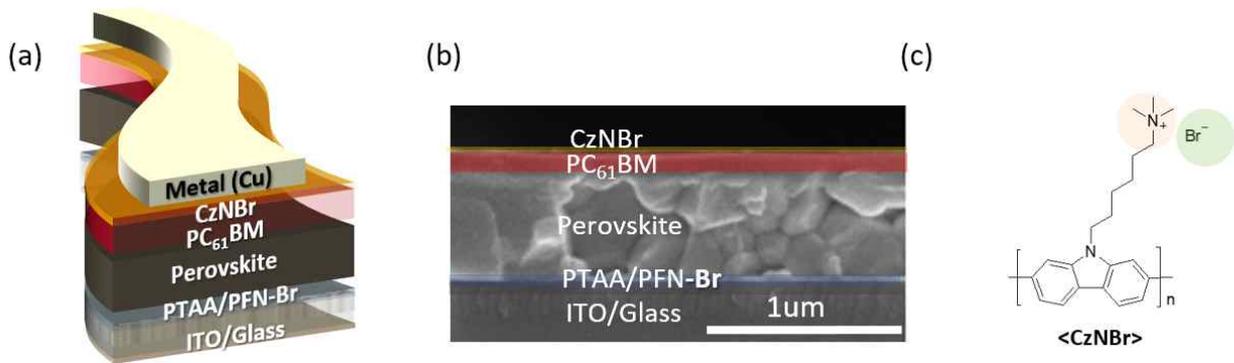
* 페로브스카이트 태양전지: 높은 흡광도와 넓은 영역의 태양광 흡수가 가능한 유기물과 금속의 혼합체 기반의 페로브스카이트 결정으로 만든 차세대 태양전지. 용액공정이 가능하여 고효율 박막형 태양전지 중 가장 높은 에너지 전환효율이 보고되고 있다.

용액공정으로 제작되는 페로브스카이트 박막은 높은 결정성을 가진 다결정 박막이지만 결정과 결정사이, 또는 박막의 표면에 이온 결함들이 존재한다.

페로브스카이트 태양전지가 열, 빛, 공기에 노출되었을 때 표면 및 내부에서 상부로 이동한 이온결함들은 상부전극을 부식시켜 태양전지의 성능을 저하시키기 때문에 페로브스카이트 태양전지 상용화의 걸림돌인 낮은 안정성의 원인이 되고 있다.

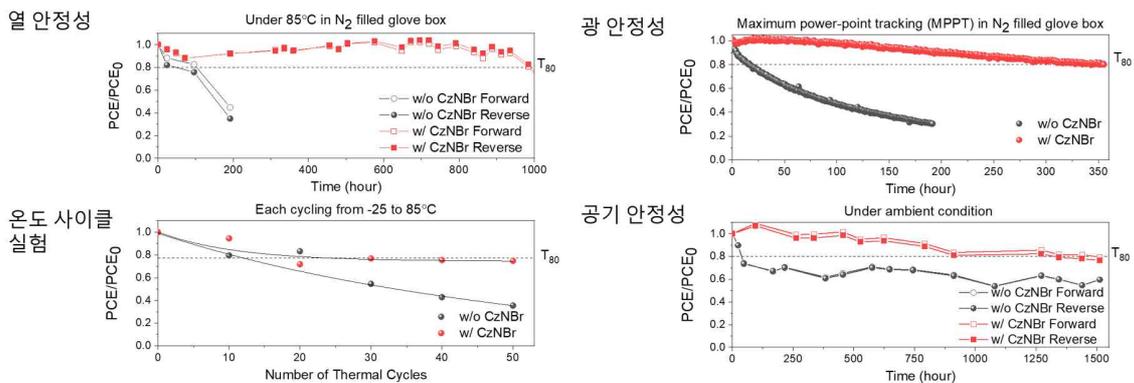
고안정성 페로브스카이트 태양전지 구현을 위하여 페로브스카이트 전구체 용액에 금속 이온 또는 유기물 등을 첨가하여 결정을 단단하게 하거나, 상·하부 기능층을 새로운 물질로 대체하는 등의 다양한 방법을 동시에 적용하는 방법들이 개발되고 있다. 하지만 연속 공정을 통한 상용화를 목표로 하는 페로브스카이트 태양전지를 위해서는 보다 간단한 접근방법의 개발이 필요하다.

연구팀은 열적 안정성이 높은 카바졸(carbazole) 분자에 이온 결합과 반응성이 높은 아민(amine) 작용기가 도입된 새로운 고분자 전해질을 개발하고, 이를 페로브스카이트 상부 전극과 페로브스카이트 박막 사이에 초박막으로 도입했다.



▲ 고분자 전해질층 (CzNBr)이 도입된 페로브스카이트 태양전지 구조(a), 주사전자현미경으로 측정된 태양전지단면(b), 고분자 전해질의 화학구조(c)

새로운 고분자 전해질 층은 페로브스카이트 박막 표면 및 내부에 존재하는 이온결합을 효과적으로 흡착하면서도 상부전극과 페로브스카이트 층 사이의 전하이동을 향상시키는 높은 전기적 특성을 보였다. 또한, 신규 구조의 페로브스카이트 태양전지는 85도의 열에 1000시간 동안 노출, 350시간 동안 빛에 노출 및 공기 중에 1500시간 이상 노출 후에도 태양전지의 성능이 유지되는 우수한 안정성을 보였다.



▲ 고분자 전해질층이 도입된 페로브스카이트 태양전지의 안정성 측정결과, 열, 빛 및 공기에 노출되었을 때 시간에 따른 태양전지 성능의 변화 및 온도 사이클 실험 횟수에 따른 성능의 변화

김희주 교수는 "단 한층의 용액공정이 가능한 유기 전해질을 페로브스카이트 태양전지에 도입하여 손쉽게 페로브스카이트 태양전지의 열, 빛 및 공기 안정성을 획기적으로 향상시켰다"면서 "향후 다양한 외부 환경에서도 안정성이 높은 페로브스카이트 태양전지 개발에 응용될 수 있을 것으로 기대된다"고 말했다.

이번 연구는 지스트 GRI(GIST 연구원), 한국연구재단이 지원하는 미래수소원천기술 개발사업, 글로벌 연구실 사업 등의 지원을 받아 수행되었으며, Energy & Fuel 분야 상위 7.02% 논문인 'Journal of Materials Chemistry A'에 2022년 2월 2일 온라인 게재되었다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Journal of Materials Chemistry A (IF=12.732, 2020년 기준)
- 논문명 : Conjugated polyelectrolytes for stable perovskite solar cells based on methylammonium lead triiodide
- 저자 정보 : 김용윤 박사(공동 제1저자, 지스트 차세대에너지연구소), 김주애 박사 (공동 제1저자, 부산대학교), 김희주 교수(대표 교신저자, 지스트 에너지융합대학원), 백형철 박사(공동저자, 지스트 히거신소재연구센터), 김근진 박사(공동저자, 한국화학연구원), 구아영 연구원(공동저자, 지스트 히거신소재연구센터), 남창용 박사(공동저자, 미국 브룩헤이븐 국립연구소), 김주현 박사과정(공동저자, 지스트 신소재공학부), 서홍석 교수(공동 교신저자, 부산대학교 화학과), 이광희 교수(공동 교신저자, 지스트 신소재공학부)