

“효율·수명 두 마리 토끼 잡았다!”

유기 태양전지 공정 간소화 기술 개발

- 여러 층 코팅하던 기존 공정 탈피... 스스로 보호층 형성하는 물질 도입해 간소화
- 전지 효율 높이고 수명 대폭 늘려, 국제 저명학술지「Advanced Science」게재



▲ (왼쪽부터) 강홍규 박사, 이광희 소장, 정소영 박사(제1저자)

지스트(광주과학기술원, 총장직무대행 박래길) 차세대에너지연구소 강홍규 박사, 이광희 소장과 영국 임페리얼컬리지 런던 공동연구팀이 스스로 얇은 층을 형성하는 물질을 활용해 유기 태양전지의 코팅 공정을 간소화하고 높은 효율과 긴 수명을 확보하는데 성공했다.

이번 연구 성과는 재료과학 분야의 저명한 국제학술지인 「어드밴스드 사이언스 (Advanced Science)」에 4월 25일 게재됐다.

유기 태양전지는 실리콘을 이용한 무기태양전지에 비해 저렴할 뿐만 아니라 가볍고 유연하며 투명하다는 장점이 있다. 특히 건물과 자동차의 창문이나 유리온실에 필름으로 부착하는 등 다양한 산업에 활용할 수 있어 꾸준한 연구가 진행되고 있다.

그중 역구조 유기 태양전지*에 널리 사용되고 있는 산화아연은 빛의 투과율이 높고 전하 수송 능력이 뛰어나지만 자외선을 흡수하면 광촉매현상*을 일으켜서 전기를 만드는 광활성층을 분해시킨다. 이 경우 빛을 흡수하는 능력이 떨어져 전기 생산 효율이 크게 저하된다.

* 역구조(inverted type) 유기 태양전지: 안정성 및 생산성을 개선하기 위해 빛이 들어오는 부분을 양극으로 사용하고 빛이 반사되는 후면전극을 음극으로 사용한 유기 태양전지

* **광촉매현상**: 자외선이 조사된 광촉매 표면에서 생성된 강력한 산화제가 광촉매 표면에 흡착된 물질을 분해하는 현상

산화아연 위에 보호층(passivation layer)을 씌우기 위한 시도가 여러 번 있었으나 복잡한 코팅 공정 때문에 제조비용이 상승하는 문제가 발생했다.

연구팀은 **단분자 물질*인 '풀러렌 기반 자기조립 소재(이하 C₆₀-SAM)***를 산화아연 위에 도포해 스스로 보호층을 형성하게 함으로써 산화아연의 안정성을 확보하고 **전지의 효율과 수명을 개선**했을 뿐만 아니라 **코팅 공정을 간소화**하는데도 성공했다.

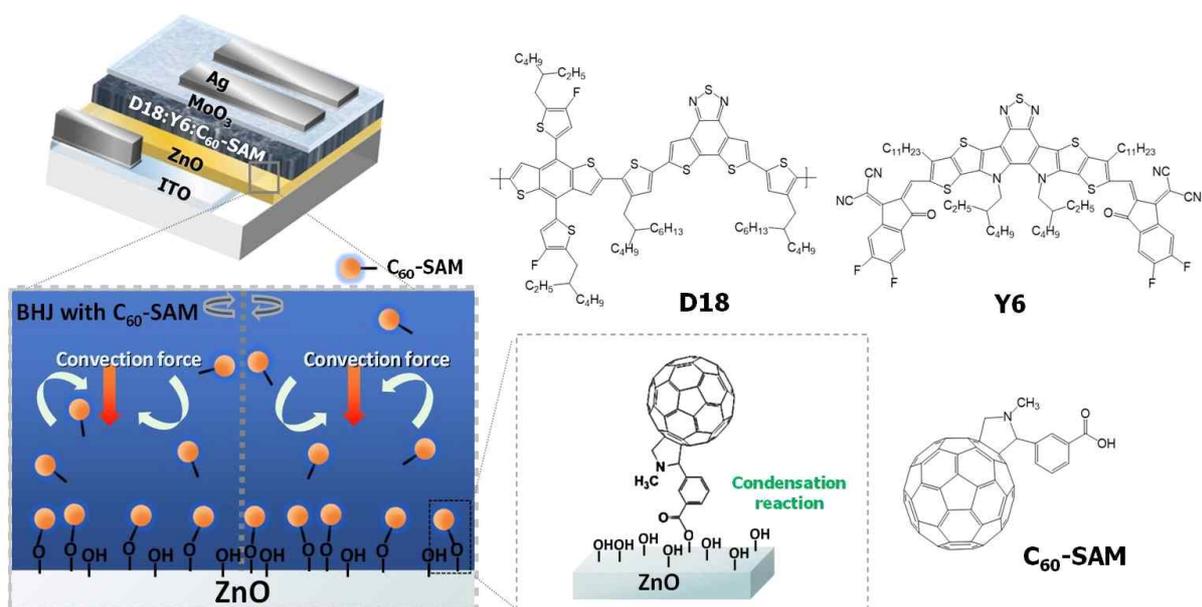
* **단분자 물질**: 적은 수의 유기물을 연결해 만드는 물질로, 고분자에 비해 용해도가 높고 합성이 쉬워 다양한 사용이 가능

* **풀러렌 기반 자기조립 소재(C₆₀-SAM)**: 풀러렌(C₆₀)을 기반으로 작용기간 상호작용을 통해 표면에 자발적으로 얇은 '자기조립 단분자막(Self-Assembled Monolayer)'을 형성하는 소재

C₆₀-SAM은 산화아연과 만나면 표면에 얇은 층을 형성하는 점을 이용해 연구팀은 **C₆₀-SAM을 광활성 물질에 혼합해서 코팅**하고 **산화아연과의 반응을 통해 스스로 보호층을 형성**하게 했다. C₆₀-SAM의 카르복실산 말단기와 산화아연 표면의 하이드록실기 사이에서 **축합반응***이 일어나 그 사이에 **보호층이 안정적으로 형성**될 수 있었다.

* **축합반응(condensation reaction)**: 유기 화합물의 두 분자 또는 그 이상의 분자가 반응하여, 물 따위의 간단한 분자를 제거하고 새로운 화합물을 만드는 반응

특히 유기 태양전지의 효율이 10% 떨어지기까지 걸리는 시간이 **기존 20여 분에서 8시간으로 약 24배 늘어나는 등 전지 수명이 대폭 개선**됐다.



▲ 유기 태양전지 구조, 광활성 물질 및 C₆₀-SAM 물질의 분자구조 및 수직 자기조립 메커니즘 모식도

강흥규 박사는 "이번 연구는 역구조 유기 태양전지의 전자수송층과 광활성층 사이

에서 발생하는 안정성 문제를 자기조립층을 이용한 보호막 형성이라는 새로운 방식으로 해결한 것에 의의가 있다"며 "유기 태양전지는 코팅 공정을 하나만 줄이더라도 양산성을 크게 개선할 수 있어 상용화에 큰 도움이 될 것"이라고 말했다.

차세대에너지연구소 강홍규 박사, 이광희 소장 연구진과 임페리얼칼리지 런던 James R. Durrant 교수 연구진이 공동 수행하고 지스트 출신 정소영 박사가 제1저자로 참여한 이번 연구는 과학기술정보통신부의 기후변화대응기술개발사업, 신진연구자지원사업 및 차세대에너지연구소 주관 지스트 개발과제 등의 지원을 받아 수행됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명: Advanced Science (Impact Factor: 17.521, 2021년 기준)
- 논문명: New Ternary Blend Strategy Based on a Vertically Self-Assembled Passivation Layer Enabling Efficient and Photostable Inverted Organic Solar Cells
- 저자 정보: 정소영 박사 (제1저자, 지스트, ICL; 현소속: LG디스플레이), Aniket Rana 박사 (공동저자, ICL), 김주현 박사과정생 (공동저자, 지스트), Deping Qian 박사 (공동저자, ICL), 박기영 박사과정생 (공동저자, 지스트), 장준호 박사(공동저자, 지스트), Joel Luke 박사 (공동저자, ICL), 권순철 교수(공동저자, 동국대), 김제한 선임연구원 (공동저자, 포항가속기연구소), Pabitra Shakya Tuladhar 박사 (공동저자, ICL), 김지선 교수 (공동저자, ICL), 강홍규 박사 (대표 교신저자, 지스트), 이광희 교수 (공동 교신저자, 지스트), James R. Durrant 교수 (공동 교신저자, ICL)