

열처리 없이 상온에서 유기태양전지 효율 10% 개선

- 금속산화물 잉크에 이온 촉매 첨가...광전변환효율 10%, 전기전도도 20배 등 성능 향상
- "제작공정 단순화 및 안정성 확보 기여"...Advanced Functional Materials 논문 게재



▲ 왼쪽부터 지스트 이광희 교수, 동국대 권순철 교수, 지스트 기태운 석박통합과정생

지스트(광주과학기술원)와 동국대 공동연구팀이 **고온의 후공정 없이 음이온 촉매를 첨가** 하는 간단한 방법으로 **차세대 유기태양전지*의 전기전도도를 20배 이상 개선**하는 공정을 개발했다.

이번 성과는 **빛을 전기에너지로 변환하는 효율(광전변환효율)을 높이고 제작공정을 단순화·안정화**할 수 있어 유기태양전지의 상용화를 앞당기는 데 기여할 것으로 기대된다.

* **유기태양전지(organic photovoltaics, OPV)**: 유기물 반도체를 광활성층으로 하는 차세대 태양전지로, 생산 비용이 낮고 가벼울 뿐만 아니라 소자를 유연하게 구현할 수 있음

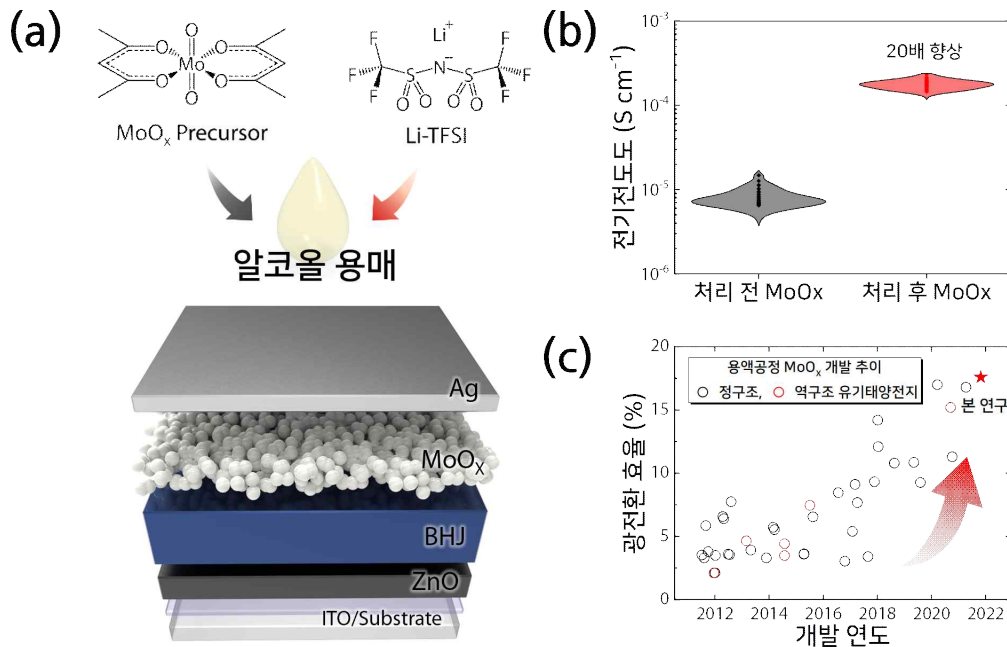
유기태양전지의 필수 소재로 사용되는 **몰리브덴 산화물(MoO_3)***은 몰리브덴 금속 원자에 산소 원자가 결합한 형태의 화합물로서 **투명한 전기전도성 박막**이다.

몰리브덴에 기능성 유기물이 결합된 유무기 하이브리드 화학소재를 이용한 유기졸 겔합성법은 잉크를 통해 금속산화물 박막을 형성하는 공정으로, 기존 진공 열증착 공정을 대체할 수 있다. 그러나 이 박막에 높은 전기적 성능을 이끌어내기 위해서는 금속산화물만의 네트워크가 치밀하게 형성되는 과정이 필수적인데, 이러한 과정은 200°C 이상의 고온 후공정이 필요해 그 실용성에 문제가 있었다.

지스트 이광희 교수팀(신소재공학부)은 **동국대학교 권순철 교수팀(융합에너지신소재공학과)**과 함께 금속산화물 잉크에 음이온 촉매를 더해 상온에서 높은 성능의 몰리브덴 산화물을 개발했으며, 양산 가능한 차세대 고효율·장수명 유기태양전지를 개발했다.

이러한 상온 공정은 열처리 없이 태양전지를 만드는 기술로, 기존 프린팅 방식으로 태양전지를 제작하는 기술보다 더 단순화된 방법이며 이는 유기태양전지 상용화에 필요한 광전변환효율을 높이는 데 기여한다.

연구팀은 몰리브덴 산화물 잉크에 단순히 리튬비스마이드(LiTFSI) 음이온 촉매를 첨가하는 방법을 통해 상온에서 잉크를 도포하는 공정만으로 치밀한 금속산화물 네트워크를 형성하였다. 이를 통해 투명 전기전도성 박막은 기존보다 20배 이상(기존 $8.4 \times 10^{-4} \text{ S m}^{-1}$ 에서 $1.8 \times 10^{-2} \text{ S m}^{-1}$)의 전기전도도 향상을 보였다.



▲ 본 연구진이 개발한 몰리브덴 산화물 잉크 모식도: 몰리브덴 산화물이 알코올 용매에서 음이온 촉매 반응을 통해 유기태양전지에 필요한 기능층을 이루고 있다.

- (a) 실온에서 작동하는 몰리브덴 산화물 용액 공정 모식도
- (b) 음이온 처리 전과 처리 후의 몰리브덴 산화물의 전기전도도
- (c) 용액 공정 몰리브덴 산화물의 연도에 따른 효율 추이

이 실험에서 연구팀은 강한 전기음성도를 가진 음이온 촉매가 기능성 유기물에 전자 재배열을 유도할 수 있다는 가능성을 확인했으며, 표면의 형태 및 원소 분포 등을 실험적으로 비교해 그 메커니즘을 규명했다.

몰리브덴 산화물은 음이온 촉매법을 통해 기존 유기태양전지의 낮은 광전변환효율을 10% 향상시켰으며(16.0% → 17.6%), 또한 치밀한 그물망 구조가 공기와 수분의 침투를 막아줌은 물론, 100시간의 태양빛에 노출되었을 때 기존 초기 효율에 55%를 유지하던 것에 비해 초기 효율의 70% 이상을 유지하는 것으로 확인했다.

이광희 교수는 "이번 연구는 상온에서 공정 가능한 금속산화물 반도체를 세계 최초로 개발했다는 데 가장 큰 의의가 있다"며 "향후 투명하고 유연한 다기능 전자 시스템 등의 대량 생산 연구에 활력을 불어넣을 것으로 기대한다"고 말했다.

권순철 교수는 "이번 연구를 통해 더욱 치밀하고 안정한 금속 산화물 그물망 구조를 개발할 수 있었다"며 "이를 이용해 태양전지는 물론 다양한 고성능 광전자 소자의 핵심 기능층으로 활용할 수 있으리라 기대한다"고 말했다.

지스트 신소재공학부 이광희 교수(교신저자)와 동국대학교 융합에너지신소재공학과 권순철 교수(공동 교신저자)가 주도하고, 지스트 신소재공학부 기태윤 석박사통합과정생이 제1저자로 참여한 이번 연구는 한국연구재단 글로벌연구실사업, 기후변화대응기술개발사업, 중견연구자지원사업의 지원을 받아 수행되었으며, 연구 성과는 세계적인 재료분야 최고 권위지인 **Advanced Functional Materials**에 2022년 6월 25일자 온라인 게재되었다.

논문 및 저자 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Advanced Functional Materials (Impact Factor: 19.924, 2021년 기준)
- 논문명 : Anion-induced catalytic reaction in a solution-processed molybdenum oxide for efficient invert ternary organic photovoltaics
- 저자 정보 : 이광희 교수 (GIST 신소재공학부, 대표교신저자), 권순철 교수 (동국대학교 융합에너지화학공학과, 공동교신저자), 기태윤 (GIST 신소재공학부 석박사통합과정, 제1저자)