

유기태양전지 상업화 가능성을 보여주다

산업 사회의 급속한 발전에 따른 자원 고갈과 공해 문제로 인하여, 청정 대체 에너지의 필요성은 갈수록 높아져 에너지 분야에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히나 태양광 발전은 다른 발전 방식과는 달리 대기 오염, 소음, 발열, 진동 등의 공해가 전혀 없는 친환경 에너지이며 고갈의 염려가 없는 발전 방식이다. 따라서 세계 여러 나라에서는 태양광 발전을 위한 태양전지를 개발하기 위하여 많은 연구를 진행하고 있다. 많은 종류의 태양전지 중, 유기태양전지는 높은 단가와 공정의 복잡성에 따른 대량 생산이 까다롭다는 단점을 가지고 있는 실리콘 태양전지에 비해 플렉시블(flexible)이 가능하고, 저렴한 제조 단가, 대량 생산이 가능하다는 장점으로 인해 가능성은 계속 제시되었지만 낮은 효율로 인해 실용적이지 못했다. 하지만, 1986년 Ching W. Tang이 CuPc와 PTCBI의 이중층 구조로 0.95%의 효율을 가진 유기태양전지를 발표하면서 가능성이 크게 대두되며 연구가 활발히 진행되기 시작하였다(C. W. Tang, *Appl. Phys. Lett.*, 1986).

일반적인 유기태양전지의 구조는 전도성을 가진 투명한 양극, 낮은 일함수를 가지는 금속 음극 사이에 전도성 고분자와 폴리렌 유도체의 혼합물인 광활성층으로 이루어진 벌크 헤테로정선(bulk heterojunction) 구조가 사용되며, 통상적으로 양극과 광활성층 사이에 층간 물질로 PEDOT:PSS(poly(3, 4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate))가 사용된다. 음극으로 사용되는 금속과 광활성층이 수분과 산소에 민감하고, 층간 물질인 PEDOT:PSS가 수분을 흡수하며 산성 성질을 띠어 안정성이 좋지 못하므로 이와 같은 안정성의 문제를 보완하기 위해 높은 일함수의 금속을 양극으로 사용하고 전도성 투명기판을 음극으로 사용하는 인버티드(inverted) 구조가 많이 시도되고 있다.

이에 Alan J. Heeger 그룹은 (*Adv. Mater.*, **23**, 1679 (2011)) 각각의 양극과 광활성층, 음극과 광활성층 사이에 금속 산화물을 층간 물질로 사용한 인버티드 구조를 이용하여 더욱 높은 안정성을 획득하였으며, 특히 높은 전자 이동성, 안정성 그리고 투명성의 장점을 가져 투명 기판 위 층간 물질로 사용되는 아연 산화물층 형성에 주안점을 두었다. 보편적으로 줄-겔 방식으로 형성되는 아연 산화물층은 결정성과 남은 유기 물질 제거를 위해 고온에서 열처리하게 되어 플렉시블 기판이 견딜 수 없지만, 위 그룹은 200 °C 이하의 열처리 조건에서도 아연 산화물층이 형성되어 안정성에 도움을 줄 수 있는 전구체 용액을 만들어 냈다. 결과적으로 플렉시블 기판이 견딜 수 있는 낮은 온도의 열처리 조건하에서도 소자가 6%의 효율을 가지며, 공기 중에서 30일 동안 노출되어도 초기 효율의 70% 이상이 유지되는 장기 안정성을 지닌 소자를 제작하였다. 이는 기존 유기태양전지의 수명 향상에 큰 기여를 할 것으로 생각된다.

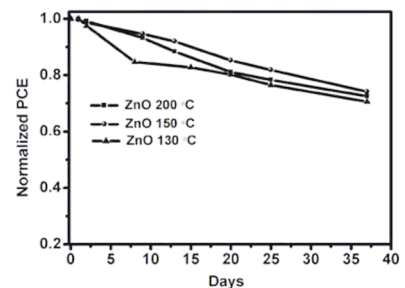
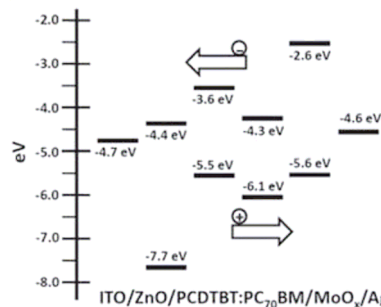
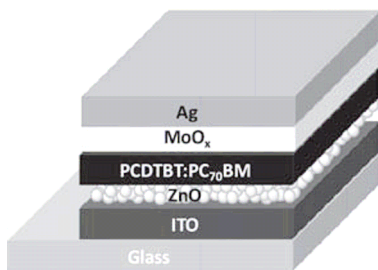


그림. 산화아연을 활용한 유기태양전지 소자 구조, 에너지 준위 및 수명 특성.

<성균관대학교 화학공학부 박종혁, e-mail: lutts@skku.edu>