

ITO 나노선의 합성 및 고성능 광전류 발생 소자 응용

박경수, 허정훈, 김대현, 이원주, 한성환, 최경진, 박재관

한국과학기술연구원 나노재료센터

최근에 자기조립 단분자막 (self-assembled monolayers, SAMs) 형성법에 의해 전극의 표면에 분자단위의 복합체를 형성한 광전류 발생 (photocurrent generation) 소자로의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 특히, 반도체 나노선 및 탄소나노튜브를 억셉터로 이용하여 광전류 발생 효율을 높이려는 연구가 많이 진행되어 왔으나 비표면적 및 전기전도도의 한계로 인해 큰 개선점을 찾지 못하였다. 이에 대한 해결책으로 본 연구에서는 고결정성, 우수한 전기전도도, 전하의 짧은 이동 경로 및 극도로 넓은 비표면적 등의 장점을 갖는 ITO (Sn-doped indium oxide) 나노선을 전극으로 이용하여 고성능의 광전류 발생 소자를 구현하고자 했다.

ITO 나노선은 In 및 Sn 금속을 수평형 furnace에 삽입된 석영 튜브 내에 위치시킨 후 5×10^2 torr 및 695°C 의 성장 조건에서 합성되었다. 나노선 합성 메커니즘은 잘 알려진 vapor-liquid-solid (VLS)로써, 2 nm 두께의 Au 박막을 ITO 유리기판 위에 증착한 후, 각각 5, 10, 30, 60분 동안 성장했다. Field emission scanning electron microscopy (FESEM), high-resolution transmission electron microscopy (HRTEM), x-ray diffraction (XRD), I-V 등의 분석을 통해 결함이 없고 고 전기전도성을 갖는 cubic 구조의 ITO 단결정 나노선이 $\langle 001 \rangle$ 방향으로 성장하였음을 확인할 수 있었다.

합성된 ITO 나노선의 광전류 발생을 측정하기 위하여 ITO 나노선 표면에 DAPV (di(3-aminopropyl)viologen)로 기능화한 후 광흡수체인 Ru 복합체를 흡착시켰다. 그리고 제작된 소자에 액상의 전해질을 주입하고 빛을 조사하면서 광전류를 측정하였다. 각 물질들의 에너지 준위는 광전류 발생 소자로서 작동하기에 적합한 배열을 가지고 있다. 흡착된 Ru 복합체의 양은 ITO 나노선 전극의 면적과 비례함을 cyclic-voltammetry (C-V) 을 통하여 확인하였다. 광전류 특성의 경우 AM 1.5 필터를 통해 100 mV/cm^2 의 빛을 소자에 조사했을 때, ITO 나노선 전극을 이용한 소자가 평평한 ITO 유리기판으로 제작된 소자에 비해 최대 수 천배 이상의 성능 향상을 보였다. 위와 같은 ITO 나노선의 우수한 광전류 발생 특성은 염료감응형 태양전지 등과 같은 광소자의 전극물질로써 가능성을 보여주었다고 사료된다.