

## 에너지 변환 소자용 N-doped 나노 섬유 전극 개발

서재섭, 김주용

송실대학교 유기 신소재·파이버공학과

Development of N-doped TiO<sub>2</sub> Nanofiber Electrodes for DSSCs

Jae Sub Seo and Jooyong Kim

Department of Organic Materials and Fiber Engineering, Soongsil University, Seoul, Korea

## 1. 서론

염료감응 형 태양전지는 에너지 전환 모듈의 한 종류로서 광전압과 광전류밀도 두 개의 주요 인자를 가진다. 이 두 인자는 태양전지의 효율을 결정하는 중요한 잣대로써 에너지 전환효율을 높이기 위해서는 광전압과 광전류밀도를 높여야 한다. 광전압은 전극의 페르미 준위와 전해질의 산화 환원 준위의 차이로 정의되며, 광전류밀도는 생성되어진 전류의 단위시간 당 흐름 속도로서 정의 할 수 있다.

본 연구에서는 TiO<sub>2</sub> 전극의 질소 도핑을 함으로써 페르미 준위의 상승과 밴드갭 감소를 통한 전극의 전도도 상승효과를 통해 태양전지의 광전압과 광 전류밀도를 증가시키고자 하였으며, 비 표면적이 높은 N-doped TiO<sub>2</sub> 나노섬유 전극을 제조하기 위하여 sol-gel process와 전기방사법을 사용하였다.

## 2. 실험

N-doped TiO<sub>2</sub> 전구체 sol을 제조하기 위하여 TTIP(titanium tetraisopropoxide)는 TiO<sub>2</sub> 전구체로 사용되었으며, EAcAc(Ethyl acetoacetate)는 titanium alkoxide 와 반응하는 chelating agent로 사용되었고, HNO<sub>3</sub>는 dopant인 질소의 원료로서 사용되었다. 준비된 Sol은 전기방사법을 실행하기에는 점도가 낮기 때문에 지지체로써 PVP 에탄올 용액과 혼합하여 전기방사를 실시하였다. 전기방사법을 사용하여 제조된 나노섬유는 500 °C에서 3시간동안 열처리 하였고, 열처리 후 지지체인 PVP가 제거된 N-doped TiO<sub>2</sub> 전극이 제조되었다. 제조된 N-doped TiO<sub>2</sub>은 FT-IR(Furier Transformation Infrared Spectroscopy)분석, Scanning Electron Microscope(SEM)을 통해 순수한 TiO<sub>2</sub> 만으로 구성된 나노섬유 전극임을 확인하였고, N-doped TiO<sub>2</sub> 전극의 밴드갭측정을 위해 UV-Visible Spectrum 분석을 실시하였으며, 염료감응 태양전지의 전류-전압특성과 전극의 페르미 준위를 측정하기 위해 전기화학분석을 실시하였다.

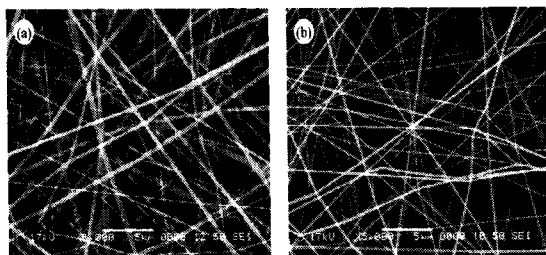


Fig. 1. SEM image of electrospun web before (a) and after (b) it has been calcined in air at 500 °C for 3h

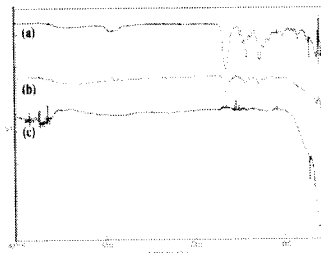


Fig. 2. FT-IR spectra of Pure PVP (a) before (b) and after(c) calcination.

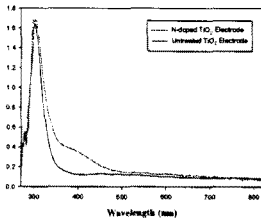


Fig. 3. UV-Visible spectrum of N-doped and Untreated electrode

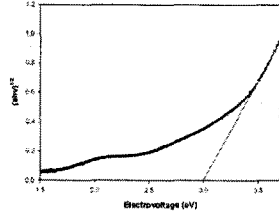


Fig. 4.  $(ahv)^{1/2}$  vs  $h\nu$  for N-doped electrode

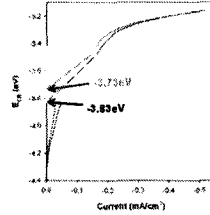


Fig. 5. Electro Chemical Analysis of N-doped and Untreated electrode

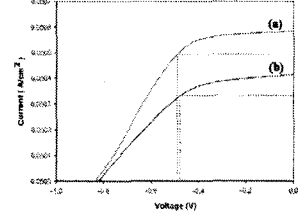


Fig. 6. I-V Characteristic of N-doped (a) and Untreated electrode (b)

### 3. 결과 및 고찰

N-doped  $\text{TiO}_2$  나노 섬유 전극 SEM image는 Fig. 1에 나타내었으며, 하소(Calcination) 전 후 섬유 직경의 변화를 확인 할 수 있다. 섬유직경의 감소는 PVP의 선택적 제거 때문이며, Fig. 2. 의 FT-IR 분석결과 하소 전의 나노섬유에서는 순수한 PVP와 동일한 위치에서 peak이 발견되지만 하소 이후에는 PVP에 해당하는 peak들이 모두 사라지는 것을 통해 순수한  $\text{TiO}_2$ 만으로 구성된 나노섬유가 제조되었음을 확인하였다. Fig. 3.은 N-doped 전극과 처리하지 않은 전극의 UV-Visible spectrum 결과이며 450 nm 이하에서 N-doped 전극의 경우 흡광도가 현저히 증가하는 것을 확인할 수 있으며 이것은 낮은 에너지의 빛의 흡수, 즉 밴드 갭의 감소를 확인할 수 있었고, 식 (1) 과 (2)를 이용하여 밴드 갭을 계산하였고, 그 결과는 Fig. 4.에 나타내었으며 일반적인  $\text{TiO}_2$ 의 밴드 갭인 3.2 eV 보다 0.21 eV 작은 2.99 eV로 계산되었다. Fig. 5.는 제조된 전극의 전기화학분석 결과로써 전극의 LUMO 준위를 측정하였으며 측정된 LUMO준위와 밴드갭을 이용하여 계산된 페르미 준위는 도핑 후 약 0.2 eV 상승하였다. Fig. 6. 은 최종 구성된 태양전지의 전류-전압 특성을 나타내며, N-doped 전극을 사용한 태양전지에서 광전압, 광전류 밀도 모두 증가한 것을 확인할 수 있었고, 최종성능은 약 50% 증가하였다.

$$\alpha(h\nu) = [1/(t_2 - t_1)] \cdot \ln[I_1(h\nu)/I_2(h\nu)] \quad (1)$$

$$(ah\nu)^{1/2} = \text{const} (h\nu - E_g) \quad (2)$$

### 4. 결론

염료감응형 태양전지의 효율을 높이기 위해 N-doped  $\text{TiO}_2$  전구체 sol을 제조하였고, 전기방사법을 이용하여 나노섬유 전극을 제조할 수 있었다. N-doping에 의해서 전극의 밴드갭이 감소하여 전극의 전기전도는 증가하였고, 전극의 페르미 준위는 상승하였다. 최종적으로 구성된 태양전지에서 페르미 준위의 상승으로 인해 광전압은 상승하였으며, 전기전도도 증가에 의한 광전류 밀도역시 상승하여 태양전지의 성능은 향상되었다.

### 5. 참고문헌

1. Dan Li, Younan Xia, 2003, Nano Lett. 3: 555
2. Mi Yeon Song, Do Kyun Kim, Seong Mu Jo, Dong Young Kim, 2005, Synthetic Metals 155: 635
3. Jeerapong Wathanaarun, 2005, Science and Technology of Advanced Materials 6: 240
4. Hong Yun, Jing Li, Hong-Bo Chen, Chang-Jian Lin, 2007, Electrochimica Acta 52: 6679