

TiO₂ 나노파이버를 첨가한 염료감응형 태양전지의 전기화학적 특성

En Mei Jin, 박경희, 구할본
전남대학교

Electrochemical Characteristics of added TiO₂ Nanofiber for Dye-Sensitized Solar Cells

En Mei Jin, Kyung-Hee Park, Hal-Bon Gu
Chonnam Univ.

Abstract : The TiO₂ nanofiber doped TiO₂ electrode area applied to dye-sensitized solar cells(DSSCs). The mixtures of TiO₂ nanofiber to TiO₂ photoelectrode has larger surface area than TiO₂ photoelectrode. In this research added 2.5, 5 and 10wt% TiO₂ nanofibers and the optimum condition of 5 wt% TiO₂ nanofiber's high surface area contributing the improvement of short-circuit photocurrent. The open-circuit voltage was 0.7V and solar energy conversion efficiency was 5.4%.

Key Words : TiO₂, TiO₂ nanofiber, Dye-sensitized solar cells, Energy conversion efficiency.

1. 서론

신재생에너지의 유망주인 태양전지는 놀라운 속도로 발전되고 있다. 그중에서도 염료감응형 태양전지는 낮은 제조단가, 높은 에너지 변환효율, 반투명성으로 인해 다양한 응용이 가능하다는 점에서 많은 연구자들의 주목을 받고 있다[1,2].

염료감응형 태양전지는 주로 염료, 전해질과 백금을 포함한 상대전극으로 구성되어 있고 TiO₂ 나노 다공성 반도체막이 가장 높은 효율을 나타내고 있다. 염료감응형 태양전지의 구성요소 중, 에너지 변환 효율을 증가시키는데 가장 큰 영향을 미치는 것은 광전극 부분으로 빛의 높은 이용률, TiO₂ 물질의 합성과 개질 및 ZrO₂, CaCO₃, Al과 같은 첨가제를 이용한 연구를 통해 에너지 변환효율을 증가시키고자 하는 연구들이 진행되고 있다. TiO₂ 페이스트에 소량의 첨가제를 적용함으로써 효율 향상시키고자 하는 연구는 제조 방법이 간단하고 에너지 밴드갭의 변화에 따른 개방전압의 향상이나 전류밀도의 향상을 기대해 볼 수 있다는 점에서 장점을 가지고 있다[3,4].

따라서 본 연구에서는 에너지 변환효율을 향상시키기 위해 TiO₂ nanofiber를 첨가제로 사용하여 광전극의 비표면적을 증대함으로써 염료의 흡착특성을 향상된 TiO₂ 광전극을 제작하고 TiO₂ nanofiber가 첨가된 광전극을 이용한 염료감응형 태양전지의 효율에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

우선 입자간의 응집특성을 줄이고 분산특성을 향상시키기 위하여 P-25, 질산, 증류수를 출발물질로, 질산과 증류수를 1:120의 부피 비로 혼합하여 산성용액을 제조한

다음 12g의 P-25 분말에 첨가하여 80도에서 8시간 동안 혼합하였다. 이렇게 얻은 TiO₂ 콜로이드 용액을 건조하여 분산특성을 향상하기 위한 TiO₂ 질산 전처리과정을 마쳤다. 질산 전처리 하여 얻은 TiO₂ 분말을 산성용액에 용해시키고 아세틸아세톤과 Triton X-100과 같은 계면활성제, 바인더로는 PEG(Poly ethylene Glycol 20,000, Wako)을 사용하여 염료감응형 태양전지용 TiO₂ paste를 제조하였다. TiO₂ 반도체막의 흡착특성이나 빛의 산란특성을 향상하고자 제조된 paste에 TiO₂ paste 중량당 TiO₂ nanofiber를 2.5wt%, 5wt% 그리고 10wt%를 첨가하여 squeeze-planting 방법으로, 세척된 FTO(8Ω cm⁻²) 전도성 유리기판에 5×5mm의 크기로 코팅하여 450도에서 30분 열처리하였다. 이렇게 얻은 TiO₂ 박막은 FE-SEM을 통해 표면상태를 알아보았다. 제조된 TiO₂ 박막은 solaronix SA의 N719(cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl)-4,4-dicarboxylato)-uthenium(II)를 에탄올에 0.5mM로 제조된 염료에 24시간 침지시켰다. 상대전극은 FTO 전도성 기판 위에 Pt catalyst sol을 squeeze-planting 방법으로 코팅하여 450도에서 30분 동안 열처리 하여 제조하였다. 염료 흡착된 TiO₂ 박막과 백금 상대전극을 샌드위치 방식으로 hot melt를 사용하여 조립한 후 전해질(I⁻/I₃⁻)을 주입하여 염료감응형 태양전지 셀을 제작하였다.

제작된 염료감응형 태양전지 셀의 에너지 변환효율 특성을 알아보기 위하여 1000 W Xe Arc Lamp와 Air Mass 1.5, filter가 장착된 Thermo-Preal (USA) Solar simulator system을 사용하여 개방전압 (Voc), 광전류 (Isc), fill factor (FF), 에너지변환 효율 (η)을 조사하였다.

3. 결과 및 검토

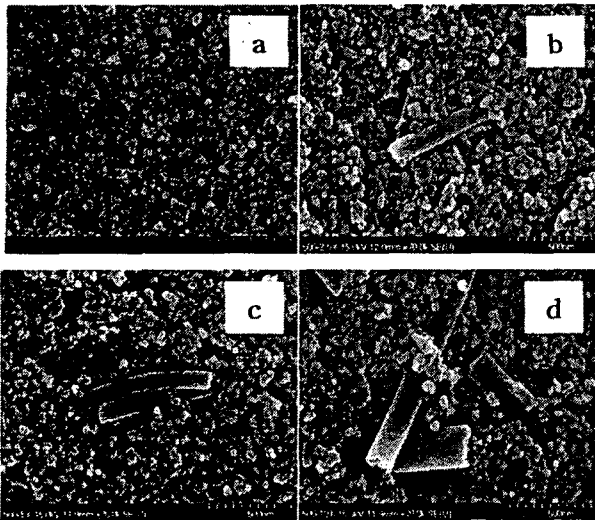


그림 1. 제조된 TiO₂ film의 FE-SEM.

그림 1은 TiO₂ 페이스트에 TiO₂ nanofiber을 각 중량별로 첨가한 FE-SEM 이미지이다. 표면 현상 분석 결과 TiO₂ nanofiber를 첨가하지 않은 경우 TiO₂의 입자의 크기는 약 30nm이고, TiO₂ nanofiber을 첨가한 FE-SEM을 보면 의 TiO₂ nanofiber가 표면에 도출이 되면서 염료의 흡착특성을 향상시켰으며, 첨가함량에 따라 TiO₂ nanofiber의 분산이 용이하지 않아 에너지 변환효율에 영향을 미칠 것으로 예측할 수 있다.

그림 2는 염료감응형 태양전지의 전류-전압곡선을 측정 한 결과이다. 이 결과로부터 ZrO₂를 첨가함으로써 전류밀도가 첨가량에 관계없이 증가되었고, ZrO₂를 5wt%를 첨가하였을 경우 개방전압이 0.7V, 전류밀도가 16.1%를 나타내었으며, 에너지변환효율이 5.4%를 나타내었다. 이것은 ZrO₂ nanofiber을 첨가함으로 하여 표면적이 증가함으로 하여 염료의 흡착량이 증가하여 전류밀도가 향상된 것으로 판단된다.

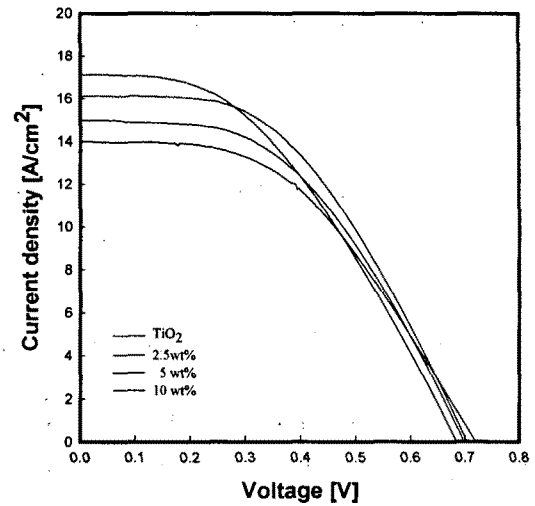


그림 2. 도펀트 첨가량에 따른 시편의 XRD.

감사의 글

본 연구는 한국전기전자재료학회의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Md. K. Nazeeruddin, M. Amirasr, P. Comte, J. R. Mackay, A. J. McQuillan, R. Houriet, M. Grätzel, Langmuir Vol. 16, p.8525, 2000.
- [2] K. Kim, G. S. Kim, J. S. H., T. Kang, D. Kim, Solar Energy Vol. 64, p.61, 1998.
- [3] H. Yu, S. Zhang, H. Zhao, G. Will, P. Liu, Electrochimica Acta 54, p. 1319, 2009.
- [4] B. Lee, J. Kim, Current Applied Physics 9, p. 404, 2009.