

SBM 고분자중합 바인더가 사용된 TiO₂ 광전극의 전기화학적 특성

En Mei Jin, Kyung-Hee Park, Hal-Bon Gu
전남대학교 전기공학과

The electrochemical properties of TiO₂ photoanode using SBM co-polymer binders

En Mei Jin, Kyung-Hee Park, Hal-Bon Gu
Department of Electrical Engineering, Chonnam National University

Abstract : A new kind of SBM co-polymer binder as styrene, n-butyl acrylate, and methacrylic acid (SBM) monodisperse co-polymer binder materials based on TiO₂ pastes was synthesized and this TiO₂ pastes were applied of dye-sensitized solar cells (DSSCs). The SBM co-polymer binder was prepared by soap-free emulsion copolymerization using a PEG-EEM macromonomer. The photoanodes were characterized by morphology investigated from field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). The photoelectrochemical properties of the thin films and the performance of DSSCs were measured by photovoltaic-current density. DSSC based on the emulsion co-polymer binder was obtained conversion efficiency of 7.1% under irradiation of AM 1.5(100mWcm⁻²).

Key Words : SBM co-polymer, Dye-sensitized solar cell, Photoanode, Binder

1. 서 론

염료감응형 태양전지는 제 3세대 가장 각광받는 신재생에너지로 최근 실리콘 태양전지에 비해 쉬운 원료수급과 저렴한 제조 단가로 인해 많은 연구가 진행되고 있다. 염료감응형 태양전지는 주로 광전극, 상대전극, 전해질 등 3가지로 구성되어 있으며 그 중에서 에너지변환 효율에 가장 큰 영향을 미치는 것은 TiO₂ 광전극 부분이다. 나노 다공성 TiO₂를 기초로 한 염료감응형 태양전지는 TiO₂ 반도체 표면에 흡착된 염료가 빛을 받아 여기상태에서 반도체의 전도대로 전자를 주입함으로써 전류를 형성하여 광전류를 형성한다 [1]. 그러므로 반도체에 흡착된 염료의 양이 많아야 높은 광전류를 생성하여 높은 효율을 얻을 수 있다. 몇몇 연구에서는 친수성 고분자 poly(ethylene glycol)과 poly(ethylene oxide)를 바인더로 이용하여 TiO₂ 입자간의 네트워크를 향상시켜 염료의 흡착을 증가시킴으로서 염료감응형 태양전지의 효율을 향상된다고 보고되었다. [2-5].

본 연구에서는 SBM 고분자중합 바인더 내에 카르복시기와 TiO₂ 입자간의 화학적 결합으로 인한 전기화학적 특성 변화가 염료감응형 태양전지의 효율에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

2. 실험

TiO₂ 입자간의 분산특성을 향상시키기 위하여 질산과 증류수를 1:120의 부피 비로 혼합하여 산성용액을 제조한 다음 P-25 분말에 첨가하여 80도에서 혼합하였다. 혼합된 용액을 공기 분위기에서 건조하여 TiO₂ 분말을 제조하였다. 이와 같이 준비된 TiO₂ 분말을 산성용액(질산, 에탄올, 증류수)에 용해시키고 아세틸아세톤과 Triton X-100과 같은 계면활성제, 바인더로는 PEG(Poly ethylene Glycol 20,000, Wako)와 PEG_EEM, emulsion과 MAA가 함유된 SBM 고분자중합 바

인더를 사용하였다.

제조한 TiO₂ paste는 squeeze-planting 방법으로 세척된 FTO(8Ωcm⁻², 80% transmittance in the visible light) 전도성 유리기판에 0.5×0.5mm의 크기로 코팅하여 450℃에서 30분간 열처리하여 TiO₂ 박막을 얻었다. 얻은 TiO₂ 박막은 field emission scanning electron microscope (FE-SEM)을 통해 표면현상을 관찰하였다. 박막은 solaronix SA의 N719 (cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl)-4,4'-dicarboxylato)-ruthenium(II)를 에탄올에 0.5mM로 제조하여 24시간 침지시켰다. 상대전극은 FTO 전도성 기판위에 Pt catalyst sol을 스쿠즈 코팅하여 사용하였다. 염료 흡착된 TiO₂ 박막과 백금상대전극을 고분자필름을 사용하여 샌드위치 방식으로 조립하고 전해질(I⁻/I₃⁻)을 주입하여 염료감응형 태양전지 단위 셀을 제작하였다.

3. 결과 및 검토

바인더의 종류에 따라 TiO₂ 박막의 표면 변화를 관찰하기 위해 FE-SEM 사진을 그림 1에서 나타내었다. 그림 1(a)에는 기존에 사용된 PEG 바인더를 이용한 TiO₂ 박막 표면을 나타내었고, 그림 1 (b)는 SBM emulsion 고분자중합 바인더가 사용된 TiO₂ 박막을 나타내었다. 그림 1에서 나타난 바와 같이 두 경우 모두 TiO₂ 입자의 응집현상은 나타나지 않고 고르게 분산되어 있는 것을 볼 수 있으며 그림 1(b)에서 SBM emulsion 고분자중합 바인더를 이용함으로써 TiO₂ 박막에 열처리 후 바인더가 제거된 자리에 인위적인 포어를 형성 시인해 염료의 흡착 양을 증가시킬 수 있을 것으로 기대 할 수 있다.

그림 2는 여러 종류의 바인더를 이용하여 TiO₂ 광전극을 제조 하고 염료감응형 태양전지의 에너지 변환효율 특성을 알아보기 위하여 나타낸 광전류-전압곡선이다. PEG를 이용한 염료감응형 태양전지의 개방전압은 SBM 고분자중합 바인

더를 사용하였을 경우와 비슷하였으나, 전류밀도가 낮아 5.9%의 에너지 변환 효율을 나타내었다. SBM 고분자중합 바인더로 이용된 경우 전류밀도가 향상되었고, 특히 SBM MAA 고분자중합바인더를 사용 시, 높은 개방전압을 나타내었으나, 낮은 전류밀도로 인해 낮은 효율을 나타내었다. SBM emulsion 고분자중합 바인더를 사용 시, 개방전압과 전류밀도가 모두 향상된 것을 확인 할 수 있다. 이것은 SMB emulsion 바인더가 사용된 TiO₂ 페이스트의 경우 TiO₂ 결합 자리와 화학적인 결합이 가능한 카르복시기가 다른 바인더에 비해 월등히 많아 입자간의 결합특성의 향상에 기인된 것으로 판단된다.

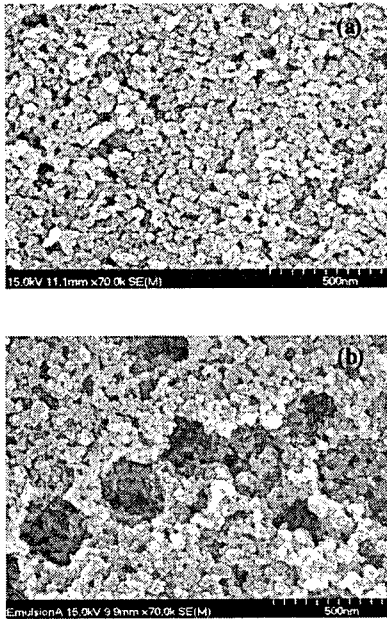


그림 1. 바인더의 종류에 따른 TiO₂ 박막의 FE-SEM 사진: (a) PEG, (b) SBM Emulsion 고분자중합 바인더.

다양한 바인더가 적용된 TiO₂ 광전극 페이스트에 따라 측정된 광전압-전류밀도 곡선으로부터 얻어진 측정값을 표 1에서 나타내었다. 표에서 나타난 것과 같이 SBM emulsion 고분자중합 바인더를 사용하였을 경우, 개방전압은 0.69V, 전류밀도는 18.4mA/cm², fill factor는 0.56을 나타내었으며, 효율도 다른 바인더에 비해 높은 7.1%를 나타내었다.

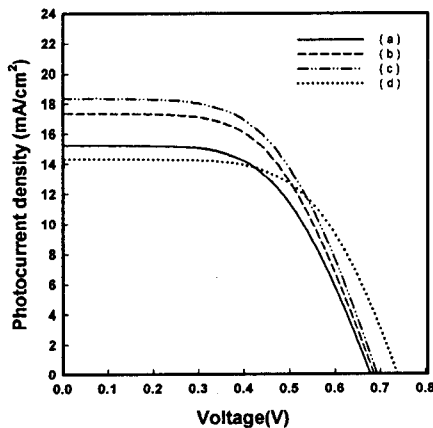


그림 2. 바인더 종류에 따라 제조된 염료감응형 태양전지

의 광전류-전압곡선: (a) PEG, (b) SBM PEG_EEM, (c) SBM emulsion, (d) SBM MMA 고분자중합 바인더.

표 1. 바인더 종류에 따른 전기화학적 인자.

sample	V _{oc} (V)	I _{sc} (mA/cm ²)	FF	η (%)
PEG	0.68	15.2	0.57	5.9
PEG_EEM	0.69	17.3	0.56	6.7
Emulsion	0.69	18.4	0.56	7.1
MAA	0.74	14.4	0.60	6.4

4. 결론

염료감응형 태양전지용 TiO₂ paste 제조 시, SBM 고분자중합 바인더의 종류의 변화에 따른 염료감응형 태양전지의 에너지 변환효율 특성을 조사하고자 하였다. FE-SEM 사진으로부터 SBM 고분자중합 바인더를 사용함으로써 TiO₂ film의 비표면적을 증가시켜 염료의 흡착 양을 증가시켰다. 또한 전류-전압곡선으로부터 보아 SBM 고분자중합 바인더를 사용한 높은 비표면적을 갖는 TiO₂ 박막이 사용한 염료감응형 태양전지의 에너지 변환효율이 증가되었다. 다양한 종류의 SBM 고분자중합 바인더 중 emulsion을 사용 시, 가장 높은 7.1%의 에너지변환효율을 보였다. 이것은 SBM 고분자중합 바인더는 TiO₂ 박막의 비표면적을 넓히는데 큰 영향을 미쳤고, 또한 이는 염료의 흡착 양을 증가함으로써 하여 염료감응형 태양전지의 효율의 증가됨을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자는 2단계 BK21 사업의 지원을 받았음.

참고 문헌

- [1] B. O'Regan, M. Gratzel, Nature 353, 737, 1991
- [2] P. Cheng, C. Deng, D. Liu, X. Dai, Applied Surface Science 254, 3391-3396, 2008.
- [3] Z. Liu, K. Pan, M. Liu, Q. Zhang, J. Li, Y. Liu, Q. Li, J. Li, D. Wang, Y. Bai, T. Li, Thin Solid Films 484, 346-351, 2005.
- [4] K. Srikanth, M. Rahman, H. Tanaka, K. Krishna, T. Saga, M. Mishra, T. Jimbo, M. Umeno, Solar Energy Materials & Solar Cells 65, 171-177, 2001.
- [5] K. Lee, V. Suryanarayanan, K. Ho, Solar Energy Materials & Solar Cells 91, 1416-1420, 2007