

염료감응형 태양전지용 TiO₂ 광전극의 전기화학적 특성

김은미¹⁾, 박경희¹⁾, 구할본¹⁾, 박복기²⁾
 전남대학교 전기공학과¹⁾, 호원대학교 전기공학과²⁾

TiO₂ Photoanode on Dye-Sensitized and Electrochemical Properties of Solar Cells

Jin En Mei¹⁾, Kyung-Hee Park¹⁾, Hal-Bon Gu¹⁾, Bok-Kee Park²⁾
 Dept. of Electrical Eng., Chonnam National Univ.¹⁾, Dept. of Electrical Eng., Donga Univ.²⁾

Abstract : The TiO₂ Pastes was prepared with the starting materials of TiO₂ (P-25), ethyl cellulose, α-terpineol and bis(2-ethylhexyl) phthalate, and this TiO₂ paste application for dye-sensitized solar cells (DSSCs) were investigated. In order to improved transparency of TiO₂ photoanode films, TiO₂ paste was changed ethyl cellulose and α-terpineol contents. The morphology of prepared TiO₂ films were investigated by field emission scanning electron microscopy (FE-SEM). The electrochemical properties of the thin films and the performance of DSSCs were measured by photovoltaic-current density and AC impedance. Energy conversion efficiency was obtained about 5.7% at ethyl cellulose and α-terpineol on best mixed ratio under illumination with AM 1.5 (100mWcm⁻²) simulated sunlight.

Key Words : DSSCs, TiO₂, Conversion efficiency

1. 서 론

염료감응형 태양전지는 광합성 원리를 이용한 고효율의 광전기 화학적 태양전지이며, 주로 TiO₂ 나노 다공성 반도체 막, 염료, 전해질, 백금을 도포한 상대전극으로 구성되어 있다. 염료감응형 태양전지는 TiO₂ 반도체막 표면에 흡착되어 있는 염료분자가 태양광을 흡수하여 전자-정공 쌍을 이루면 여기상태의 전자는 TiO₂ 반도체의 전도띠로 주입되고 주입된 전자는 TiO₂ 입자간의 계면을 통하여 투명 광전극으로 전달되고 광전극에 연결된 외부회로를 통하여 백금 상대전극으로 이동한다. 광 흡수에 의한 전자의 전이로 산화된 염료분자는 전해질 내의 요드 이온의 산화(3I⁻→I₃⁻+2e⁻)로 제공되는 전자를 받아 다시 환원되며, I₃⁻이온은 상대전극에 도달한 전자에 의하여 다시 환원된다. 염료감응형 태양전지는 약 11%의 효율을 나타내고 있으며, 염료감응형 태양전지의 효율을 급속히 올리는 방법으로는 반도체 막의 표면적을 늘리는 방법, 빛의 이용율을 높이는 방법, 염료흡착을 늘리는 방법등 여러 가지가 이미 보고되었다.

본 연구에서는 반도체 막의 투명성을 증가시켜서 빛의 이용률을 높임으로써 염료감응형 태양전지의 효율을 높이고자 하였다.

2. 실험

입자간의 응집특성을 줄이고 분산특성을 향상시키기 위하여 P-25(아나타제:루타일/7:3, Degussa) powder 을 질산 전처리하여 광전극용 TiO₂로 사용하였다. P-25 powder의 질산 전처리는 P-25, 질산, 증류수를 출발물질로, 질산(Nitric acid, Daejung)과 증류수를 1:120의 부피비로 혼합하여 산성용액을 제조한 다음 12g의 P-25 powder를 첨가하

여 80℃에서 8시간동안 혼합한다. 혼합된 용액을 100℃에서 12시간 공기 분위기에서 건조하여 TiO₂ 분말을 제조하였다. 질산 전처리하여 얻은 TiO₂ pastes는 TiO₂ 분말, Ethyl cellulose 50 (JUNSEI, 17145-1501), α-Terpineol (Aldrich, 432628), Bis (2-thylhexyl) phthalate (Diocetyl phthalate) (JENSEI, 63225-0430)을 혼합하여 제조되었다. 제조한 TiO₂ paste는 squeeze-planting 방법으로 세척된 FTO (8Ω cm⁻², 80% transmittance in the visible light) 전도성 유리기판에 0.5×0.5mm의 크기로 코팅하여 450℃에서 30분 열처리하였다. 제조된 TiO₂ 박막은 주사전자현미경 (FE-SEM)을 통해 형태학적 구조를 관찰하였다. 제조된 TiO₂ 박막은 solaronix SA의 N3(cis-bis (isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylato)-ruthenium(II))를 에탄올에 0.5mM로 용해된 N719염료에 24시간 흡착시킨다. 상대전극은 백금을 squeeze-planting 방법으로 코팅하여 450℃에서 30분 동안 열처리하여 제조되었다. 염료 흡착된 TiO₂ 박막과 상대전극을 hot melt를 사용하여 샌드위치 모양으로 조립하여 전해질 (I/I₃)을 주입하여 염료감응형 태양전지 셀을 제작하였다. 제작된 염료감응형 태양전지 셀은 1000W Xe Arc Lamp와 Air Mass 1.5 filter가 장착된 Thermo-Preal (USA) Solar simulator system을 사용하여 개방전압(Voc), 광전류(Is), fill factor(FF), 에너지변환효율(η)을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

TiO₂ paste 제조 시 시작 물질 (Ethyl cellulose)의 첨가량에 따른 염료감응형 태양전지의 효율에 미치는 영향을 조사하였다. 그림 1은 TiO₂ paste 제조 시 Ethyl cellulose의 변화량에 따른 TiO₂ 박막의 표면 이미지를 그림 1에서 보여 주었다. Ethyl cellulose양을 많이 첨가함으로써 하여 TiO₂ 입자들의 분산이 잘 이루어지지 않고 서로 뭉쳐 있음을

FE-SEM으로부터 알 수 있었고 여기서는 제시하지 않았다. 을 할 수 있음을 알아볼 수 있었고, 이런 입자들이 뭉쳐있는 것은 Ethy cellulose의 첨가량이 많아 점성이 높아짐으로 하여 나타난 현상이고 이는 필연적으로 효율에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

그림 1에서 Ethy cellulose양에 따른 IV 특성을 나타내었다. Ethy cellulose 함량이 0.1g 일 때 4.9%의 가장 높은 효율을 나타내었으며, 0.2g 일 때 4.19%, 0.05g 일 때 4.16%로 나타났다. 이는 그림 1의 결과의 예상과 일치하다. 광전류-전압 특성 곡선으로부터 ethy cellulose 양을 0.1g으로 고정하고 α -Terpineol의 함량을 변화시키면서 투명도 및 효율에 미치는 영향을 살펴보았다. TiO_2 박막표면의 거칠기와 투명도를 개선하기 위하여 계면활성제 α -Terpineol양을 변화시켰다. 그림 2은 α -Terpineol 함량에 따른 FE-SEM 이미지를 나타내었다. 그림 2으로부터 α -Terpineol의 양을 변화하여 TiO_2 박막의 표면을 훨씬 매끄럽게 되었음을 알 수 있었고, α -Terpineol을 1.5 ml 첨가하였을 때 표면의 거칠기가 가장 매끄러운 것으로 나타났다.

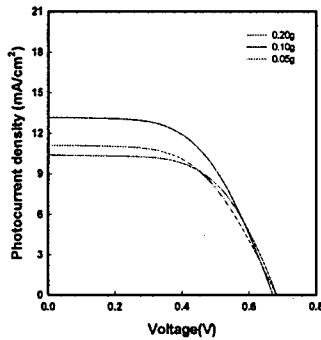


그림 1. Ethy cellulose양에 따른 광전류-전압 특성 곡선.

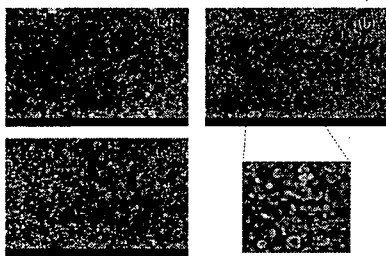


그림 2. α -Terpineol 함량에 따른 염료감응형 태양전지용 TiO_2 박막의 FE-SEM 이미지; (a) 1.0 ml, (b) 1.5 ml, (c) 2.0 ml.

그림 3에서 α -Terpineol양에 따른 광전류-전압 특성을 나타내었다. α -Terpineol 양이 1.5ml 일 때 5.7%의 가장 높은 효율을 나타내었으며, 2.0ml 일 때 4.9%, 1.0ml 일 때 5.4%로 나타났다. 이는 FE-SEM 이미지로부터 예상했던 결과와 일치하다. α -Terpineol 양을 1.5ml로 첨가하였을 경우, 적당한 기공이 잘 형성되어 염료의 흡착량을 증가시켜 높은 효율을 얻을 수 있었고, 2.0ml를 첨가하였을 경우, 큰 사이즈의 기공들이 생성되어 오히려 TiO_2 입자의 양이 적어져 낮은 효율을 초래하였다고 볼 수 있고, 1.0ml

의 적은 양의 α -Terpineol을 첨가하였을 경우에는 적은 양이 들어감으로 하여 계면활성제의 역할을 충분히 하지 못하여 TiO_2 입자들이 서로 뭉쳐서 표면의 거칠기가 증가하여 효율에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

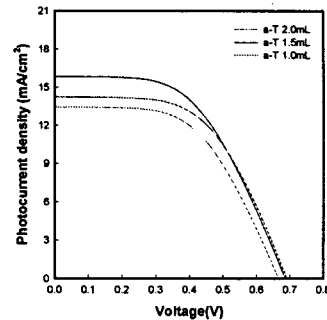


그림 3. α -Terpineol 함량에 따른 광전류-전압 특성 곡선

4. 결론

본 논문에서 염료감응형 태양전지에 적합한 TiO_2 페이스트를 제조하기 위하여 출발물질인 ethy cellulose와 α -Terpineol의 비율을 조절하여 나노 다공성 TiO_2 막의 미세 구조와 광학적 특성을 살펴보았다. FE-SEM 이미지의 분석결과로부터 ethy cellulose와 α -Terpineol의 첨가량이 각각 0.1g, 1.5ml를 첨가하였을 경우 TiO_2 박막의 표면이 가장 매끄럽고 α -Terpineol을 1.5ml 첨가하였을 경우 투과율은 가장 우수하였다. 또한 α -Terpineol을 1.5ml 첨가하였을 경우 적절한 기공으로 하여 5.7%의 가장 높은 효율을 나타내었고, V_{oc} 는 0.69V, I_{max} 는 $15.9\text{mA}/\text{cm}^2$ 으로 나타났다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 2단계 BK21 사업의 지원을 받았음.

참고 문헌

- [1] K. Kim, G. S. Kim, J. S. H., T. Kang, D. Kim, Solar Energy Vol. 64, p.61, 1998.
- [2] N. Park, Y. Park, Mechanical Systems and Signal Processing Vol. 17(3), p. 519, 2003
- [3] E.Stathatos, P. Lianos, S. M. Zakeeruddin, P. Liska, M. Gratzel, Chem. Mater, Vol. 15, p. 1825, 2003.
- [4] Md. K. Mazeeruddin, M. Amirnasr, P. Comte, J. R. Mackay, A. J. McQuillan, R. Houriet, M. Grätzel.