

염료감응 태양전지용 TiO₂ 페이스트의 바인더 유무와 혼합에 따른 광전변환 특성

백형열, 이호, 박경희, 구할본
전남대학교

Photovoltaic Characteristics of TiO₂ Paste for Dye-Sensitized Solar Cell with Binder, Binder-Free and Mixed Binder

Hyoung-youl Baek, Hu Li, Kyung-Hee Park, Hal-Bon Gu
Chonnam National University.

Abstract : The energy conversion characteristics of TiO₂ paste of dye-sensitized solar cell (DSSC) was investigated. In the case of DSSC without a binder, the current density increased due to the development of porosity. As for DSSC with a binder, the fill factor increased due to the development of network among the particles. The energy conversion efficiency of 7.2% was obtained due to the porosity and the network as for DSSC with the mixed binder (Vol. 50:50).

Key Words : Dye-sensitized Solar Cells, Binder, TiO₂ paste

1. 서 론

염료감응 태양전지(Dye-sensitized Solar Cells, DSSC)는 1991년 스위스 Gratzel 그룹에서 광합성 원리를 이용한 고효율의 광전기 화학적 태양전지로 발표된 이래 에너지 변환 효율이 비정질 실리콘 태양전지에 버금가는 높은 에너지 변환 효율과 함께 고비용의 실리콘 태양전지 대안으로 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다. 염료감응형 태양전지는 다공질 TiO₂ 전극막, 태양광 흡수용 염료 고분자, 전해질, 상대전극으로 구성되어 있다[2]. 이러한 구성 요소 중 다공질 TiO₂ 전극막은 TiO₂ 전극물질 합성과 TiO₂ 페이스트의 코팅상태를 조절하기 위한 바인더의 종류와 함량 그리고 혼합 방법이 에너지 변환효율을 높이는 데 중요한 역할을 한다. TiO₂ 전극물질은 입자의 크기, 결정성, 다공도, 비표면적에 따라 염료의 흡착량이 달라지므로 입자의 형상을 바꾸고자 하는 많은 연구가 진행되고 있으며 TiO₂ 페이스트 제작의 경우 바인더의 종류나 유무에 따라 기판에 적용되는 범위가 달라지므로 코팅상태와 기판적용에 대해 최적의 페이스트 조건을 찾는 연구가 필요하다.

최근에는 PET 필름과 같은 플라스틱 기판 위에 저온 코팅이 가능한 TiO₂ 산화물 페이스트가 개발되고 있으나 저온 코팅용 TiO₂ 산화물 페이스트는 물과 알코올을 사용하여 점도 조절이 어렵고 전극의 두께나 표면상태의 조절도 또한 쉽지 않다. 또한 TiO₂ 산화물 나노 입자간의 접촉특성이나 결정성에 많은 문제점을 가지고 있어 TiO₂ 전극 페이스트 제조시 바인더를 사용하지 않은 플라스틱 기판용 TiO₂ 전극의 적용은 어려운 실정이다.

본 연구에서는 플렉시블한 플라스틱기판에 적용하기 위한 바인더를 첨가하지 않은 TiO₂ 산화물 광전극을 산-염기 반응에 기초하여 제조하고 바인더 유무와 혼합에 따른 광전변화 효율의 변화를 조사 하였다.

2. 실험

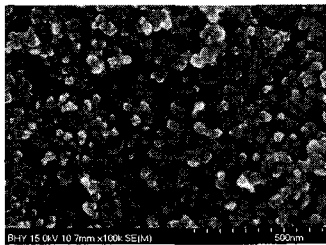
TiO₂ 광전극용 페이스트는 바인더가 첨가된 경우(AB), 바인더가 첨가되지 않은 경우(NB), 바인더가 첨가된 경우와 첨가되지 않은 경우를 1:1 부피%로 혼합된 경우(MB), 3가지 경우로 나누어 제작하였다. AB의 경우 TiO₂ 상용분말(Daegussa, P-25), Polyethylene glycol, 아세틸 아세톤, H₂O, triton X-100, HNO₃을 이용하여 페이스트를 만들었고, NB의 경우 TiO₂ 분말, NH₄OH, H₂O, 에탄올을 이용하여 페이스트를 제조하였다. 또한 MB의 경우는 바인더가 첨가된 페이스트와 바인더가 첨가되지 않은 페이스트를 1:1의 비율로 섞어서 또 하나의 페이스트를 만들었다. 제조된 TiO₂ 페이스트는 F-doped SnO₂(FTO) 전도성 유리기판($R_s \approx 7 \sim 9.0 \Omega/\square$, Pilkington Conducting Glass TEC8) 위에 4mm×4mm 크기의 유호연적으로 스퀴즈 프린팅하여 7 $\mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ 두께로 TiO₂ 전극을 만들었다. TiO₂ 전극은 450 °C에서 30분간 열처리 한 후 에탄올에 용해된 cis-bis(isothiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl)-4,4'-dicarboxylato-ruthenium(II)(Ruthenium 535, Solaronix사) 염료고분자에 실온에서 24시간 침지시켜 염료를 흡착시켰다.

상대전극은 FTO 전도성 유리기판 위에 Pt-Catalyst (Solaronix사)를 스크린 프린팅하여 450 °C에서 30분간 소결하여 제조하였다. 염료가 흡착된 TiO₂ film은 hat melt를 이용하여 상대전극과 샌드위치형으로 접합하고 미세구멍을 통해 요오드 이온을 함유하는 전해질을 주입한 다음, 입구를 봉입하고 단위 셀 염료감응형 태양전지를 만들었다. DSSC의 형성된 막의 표면구조는 FE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope, S-4700, Japen)을 사용하여 관찰하였으며, 단락전류(short-circuit photocurrent, I_{sc})와 개방전압(Open-circuit voltage, V_{oc})은 1000W Xe Arc Lamp와 AM1.5 filter가 장착된 Solar Simulator System (Thermo-Orial, USA) 하에 측정하였다.

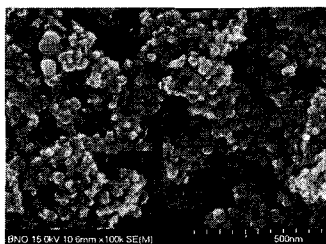
3. 결과 및 검토

TiO₂ 광전극용 페이스트의 미세구조를 관찰하기 위한 FE-SEM 사진을 그림 1에 나타내었다. 그림 1(a)은 바인더로 PEG를 첨가한 페이스트 (AB)인 경우, 그림 1(b)는 산-염기 반응에 의해 무바인더의 TiO₂ 페이스트(NB)경우이고, 그림 2(c)는 무바인더 TiO₂ 페이스트와 바인더로 PEG를 첨가하여 만든 TiO₂ 페이스트를 1:1부피비로 만든 페이스트(MB)를 FTO 기판위에 코팅 소결한 후의 FE-SEM 표면사진이다. 그림 1(a)의 AB는 TiO₂ 입자들 사이의 다공이 NB에 비해 줄었으나 입자간의 네트워크가 발달되어 있고, 그림 1(b)의 NB는 TiO₂ 입자들 사이의 다공이 크게 발달된 것을 확인할 수 있다. 두 가지가 혼합된 그림 1(c)의 MB경우에서는 고른 입자간의 다공과 네트워크가 잘 이루어져 있는 것을 볼 수 있다.

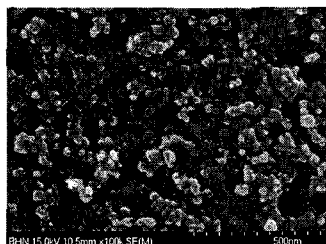
페이스트의 제작 방법에 따른 DSSC 광전변환 특성을 조사하기 위해 DSSC를 제작하여 그림 2와 같이 광전류-전압 곡선을 나타내었다. 그림 2의 결과에서 나타난 바와 같이 모두 개방전압은 0.65V 부근에서 비슷하게 나타났다.



(a) AB



(b) NB



(c) MB

그림 1. TiO₂ 전극의 표면 SEM 사진. 페이스트 제작 조건에 따라 (a) AB, (b) NB 그리고 (c) MB.

그림2에서 AB의 경우는 바인더의 네트워크가 발달되어 Voc 0.66V, Isc 15.0mA/cm², 필팩터 0.63, 에너지 변환효율은 6.2%로 나타났고, 이것은 NB의 필팩터 0.53, 효율 5.64

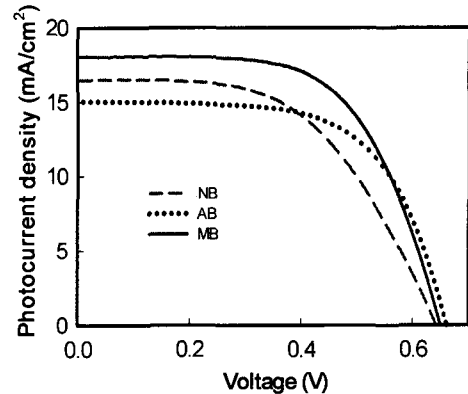


그림 2. (a) AB (b) NB (c) MB 에 의한 I-V특성

%보다 향상되어 나타난 것을 확인할 수 있다. NB의 경우 SEM 사진에서 관찰된 바와 같이 입자간의 다공의 발달로 염료흡착특성이 향상되어 광전류밀도가 16.5mA/cm²로 AB의 경우 15.0mA/cm² 보다 큰 것을 확인할 수 있다.

MB는 Voc 0.65V, Isc 18.1mA/cm², 필팩터 0.61, 효율 7.2%로 NB나 AB의 경우에 비해 효율이 크게 향상된 것을 알 수 있었다. 이것은 고른 입자들의 다공과 네트워크가 이루어져 전류밀도와 필팩터가 크게 향상된 것으로 판단되며 이것은 플라스틱기판의 적용가능성을 확인할 수 있는 결과이다.

4. 결론

TiO₂ 광전극용 페이스트의 제조시 바인더의 유무와 혼합에 따른 광전변환 특성을 조사하였다. 바인더가 첨가되지 않은 경우는 전류밀도의 향상 면에서, 바인더가 첨가된 경우는 필팩터의 향상면에서 우수한 특성을 보였고 바인더가 첨가된 경우와 바인더가 첨가되지 않은 경우를 1:1 부피로 혼합된 경우에서는 에너지 전환효율이 7.2%로 가장 우수한 특성을 보였다. 따라서 열처리 온도에 제약을 받는 플라스틱 기판의 적용시 소량의 바인더 첨가에서 열처리 온도를 찾는다면 고효율의 염료감응형 태양전지를 제작할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 BK 21의 연구비 지원에 의해 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1] B. O'Regan, M. Gratzel, A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films, *Nature*, 353, 737 (1991).
- [2] X. Fang, T. Ma, M. Akiyama, G. Guan, S. Tsunematsu, E. Abe, *Thin Solid Films*, 472, 242, (2005).