

Paste 제조시 TiO₂ 함량에 따른 염료감응형 태양전지 효율

박기민, 민병준, 김태영*, 주숙¹, 노선균², 장우석³, 김지은³, 김승재, 조성용
 전남대학교 환경공학과, ¹전남대학교 화학공학과,
²전남대학교 BK친환경 핵심 소재 및 공정개발팀, ³(주)기영미다스 부설연구소
 (tykim@chonnam.ac.kr*)

Effect of TiO₂ content in paste on dye-sensitized solar cell

Ki Min Park, Byoung Jun Min, Tae Young Kim*, Sook Ju¹, Seon Gyun Rho²,
 Woo Suk Chang³, Ji Eun Kim³, Seung Jai Kim, Sung Yong Cho
 Department of Environmental Engineering, Chonnam National University
¹Department of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University
²BK21 Development of Environmentally friendly core materials and processes,
³KiYoung Midas CO., LTD
 (tykim@chonnam.ac.kr*)

1. 서론

인류가 시작되면서 화석연료를 사용한 연소기술의 발전은 인류의 생활을 윤택하게 만들었다. 그러나 대부분의 화석연료는 그 매장량의 한계를 가지고 있으며, 무분별한 사용은 지구온난화 및 환경에 커다란 문제를 야기 시키고 있다. 따라서 세계의 연구진들은 환경오염을 일으키지 않으면서 인류가 필요로 하는 에너지를 충분히 공급하기 위한 연구를 시작하였으며, 태양, 수력, 풍력, 조력 그리고 지력을 이용한 청정에너지 생산 연구에 박차를 가하고 있는 실정이다. 그 중 태양전지는 1893년 프랑스 물리학자 Edmond Becquerel이 광기전 효과(photovoltaic effect)를 발견하면서 시작되었고 현재는 실리콘을 이용한 무기태양전지(inorganic solar cell)와 염료를 이용한 유기태양전지(organic solar cell) 부분에서 활발한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 실리콘을 사용한 태양전지는 태양에너지 전환효율이 높은 장점을 가지고 있으나, 제조에 대형의 고가장비가 필요로 하고 원료의 가격이 높은 단점을 가지고 있다. 이런 단점을 가지고 있는 실리콘 태양전지보다 낮은 가격으로 제조할 수 있는 염료감응형 태양전지(dye-sensitized solar cell)에 이목이 집중되고 있다.¹⁾ 염료감응형 태양전지 원리는 N형 반도체 즉 TiO₂를 주 성분으로 하는 반도체 나노입자 표면에 흡착된 염료고분자에 태양빛이 조사되면 염료분자는 전자-정공 쌍을 형성하며, 전자는 반도체 산화물의 전도띠로 이동한다. 이동된 전자는 나노 입자간 계면을 통하여 투명전극(counter electrode)인 전도성막으로 전달되어 전류를 발생하게 된다.²⁾ N형 반도체에 사용된 TiO₂ 나노 입자는 1972년 일본의 후지시마 혼다에 의하여 광촉매 이론이 정립되면서 건축물, 자동차, 의료, 농업, 전자, 전기, 환경분야 등과 같은 여러 분야에서 사용되고 있는 재료로서 최근 그 용도의 개발이 활발히 진행되고 있다.^{3,4)} 따라서 본 연구에서는 염료감응형 태양전지의 제조 부분 중 N형 반도체의 제조 첨가물로 TiO₂ 나노입자의 투입량을 달리한 paste를 제조하여 투명전극에 (fluorine-doped tin oxide, FTO 유리판) 코팅하여 태양전지를 제조하였을 때 에너지 변환효율을 측정해 봄으로서 향후 염료감응형 태양전지 제조에 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 실험재료 및 방법

본 실험에 사용된 나노입자의 TiO_2 는 p-25 (Dagussa)를 선택하여 사용하였다. 선택된 P-25 광촉매의 특성은 FE-SEM(Cold Field Emission Scanning electron Microscope, Hitachi, S-4700, Japan), EDX(Hitachi, Ex-200, Japan), XRD (High Resolution X-ray Diffractometer, Rigaku, DNAX/1200)을 사용하여 분석하였다. Paste 제조시 사용된 시약들은 Ethanol(Merck, 99.9%), Acetylaceton(Junsei chemical, 98.5%, japan), PEG(Junsei chemical, MW. 15500~25000, Japan), TritonX-100(DC chemical, Korea), HNO_3 (DC chemical, 60%, Korea)를 사용하였다. 투명 전도성 기판은 FTO(Soda lime silica float glass, Asahi Glass Co., Ltd)을 사용하였다. Paste 제조는 위의 시약을 알루미늄 재질의 반응조(용량 50ml)에 적당량을 혼합하여 TiO_2 량만을 1g과 2g으로 달리하여 외부와의 기체의 입출이 없도록 완전히 실링하여 24시간 볼밀 혼합 시켰다. 제조된 paste는 투명전도성 기판에 스퀴지(squeeze) 프린팅 법으로 코팅 후 450°C 에서 30분간 소성·증착 시켰으며, TiO_2 가 증착된 기판에 루테늄(Ru)계 유기금속 화합물 (분자식, 제작사)를 흡착하여 광감응제로 사용하였다. 전해질로는 0.5 M LIT, 0.05 M I₂, 0.6M DMP II 를 혼합하여 제조하였고, 전해질의 출력 전압을 증가시키기 위해 0.5M의 Tert-Butyl Pyridine를 첨가제로 사용하였다. 상대전극(Counter electrode)는 FTO 유리판에 백금(Pt)을 스퀴지 프린팅 법을 사용하여 코팅하였으며, 두 극판의 결합시 봉인제(Sealing agent)로는 절연성 폴리머(SX 1170-60, Solaronix)를 사용하였다. 염료감응형 태양전지의 실제 면적은 $0.5\text{cm}^2 \times 0.5\text{cm}^2$ 으로 제작하였다. 그림 1에 염료감응형 태양전지의 제작순서를 나타내었다.

3. 결과 및 토론

그림 2는 선택된 Dagussa p-25 광촉매의 FE-SEM사진을 보여주고 있다. 분석결과 p-25 광촉매는 평균입자 크기가 약 20~26nm의 크기를 보였고, EDX분석결과에는 그림 3에 나타낸 것과 같이 순수하게 Ti와 O로 이루어져 있음을 알 수 있다. 또한 p-25 광촉매는 Ti와 O의 비율이 약 1:2 비율로 나타났다. 그림 4는 XRD 분석결과를 나타냈으며, 분석결과 Anatase와 Rutile 구조가 동시에 존재하는 구조를 보이고 있었다. 이러한 특성을 보인 p-25 광촉매를 사용하여 제작된 염료감응형 태양전지는 두 전극 사이에 전압계, 전류계 및 가변 부하(load)를 설치한 후, AM(air mass)1.5 방사도를 유지하도록 광원은 Xe(Xenon, 1000W)램프를 이용하여 전류와 전압곡선(photocurrent-voltage curve or IV-curve)을 그려 광전지적 특성을 측정하였다. 그림 5은 TiO_2 량을 각각 1g, 2g을 넣어서 paste 제조하여 염료감응형 태양전지를 제작 후 IV곡선을 그린 결과이다. 1g의 TiO_2 광촉매를 넣어 제조한 paste를 사용한 염료감응형 태양전지는 개방전압(Open-Circuit potential, Voc) 0.63 V, 단락전류(Short-Circuit current, Isc) 10.47 mA/cm^2 으로 측정되었으며, 2g의 TiO_2 광촉매를 넣은 염료감응형 태양전지에서는 개방전압 0.68 V, 단락전류 16.88 mA/cm^2 로 나타났다. 이 둘을 비교하여 보면, 개방전압은 0.05V의 값 차이를 보였고 단락전류는 6.41 mA/cm^2 의 차이를 보였다. 또한 이 둘의 에너지 변환효율(η)은 각각 4.33 %, 6.77 % 로 TiO_2 광촉매 2g을 넣어 제조한 염료감응형 태양전지가 약 2.44% 정도로 더 높은 에너지 변환효율을 보였다. 표 1.에 I-V 측정결과를 정리하여 나타내었다. 이러한 결과의 원인은 제조된 paste 내에 광촉매의 입자의 밀도가 높을수록 효과적인 전자의 전도성을 발휘하는 것으로 판단된다.

4. 결론

Paste 내에 TiO_2 함량을 달리하여 염료감응형 태양전지를 제작한 후 에너지 변환효율을 측정한 결과는 다음과 같다.

- 1) 광촉매의 주입량이 증가할수록 개방전압과 단락전류의 세기도 증가하는 경향을 나타냈다.
- 2) 광촉매의 주입량이 증가할수록 에너지 변환효율은 증가되는 경향을 나타냈다.

5. 참고문헌

- (1) Hara, K., Tachibana, Y., Ohga, Y., Shinpo, A., Suga, S., Sayama, K., Sugihara, H, and Arakawa, H., "Dye-sensitized Nanocrystal line TiO_2 solar cells Based on Novel Coumarin Dyes", Solar energy Materials and Solar Cells, 77, 89 (2003).
- (2) Nguyen, T,V., Lee, H,C. Yang, O,B., "The Effect of Prethermal Treatment of TiO_2 Nano-particles on the Performances of Dye-sensitized Solar Cells", Solar Energy Materials and solar Cells, In Press, Corrented Proof, Available online 11 July (2005)
- (3) Fujishima, A., Hashimoto, K., Nature, 37, 238 (1972)
- (4) Fujishima, A., Hashimoto, K., and Watanabe, T., TiO_2 Photocatalysis : Fundamentals and Applications, BKC Inc.(1999)

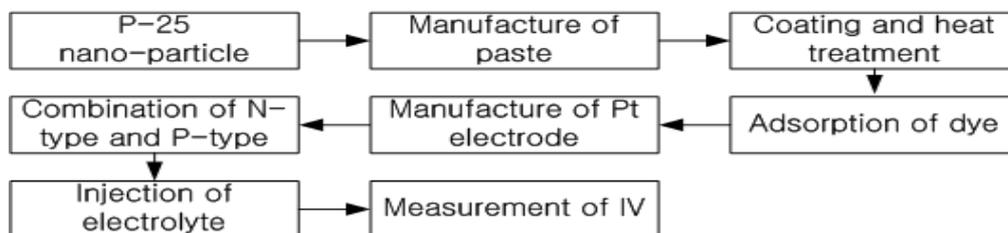
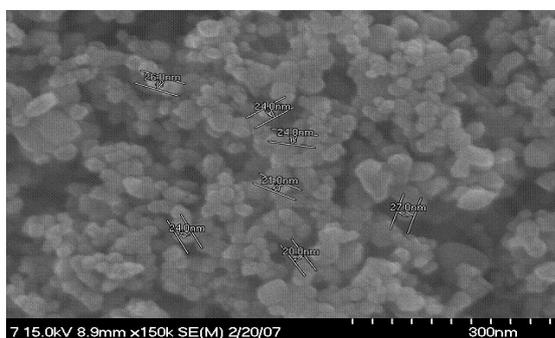
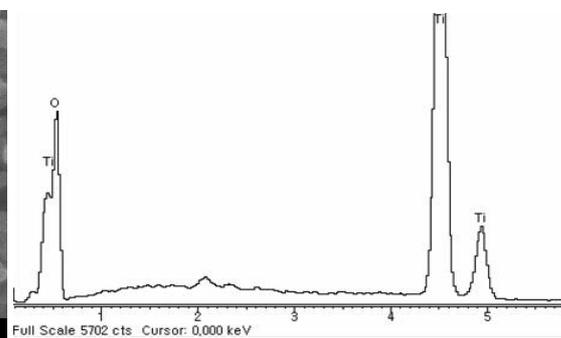


Figure 1. The synthesis steps of dye-sensitized solar cell.



p-25

Figure 2. FE-SEM data of p-25



p-25

Figure 3. EDX data of p-25

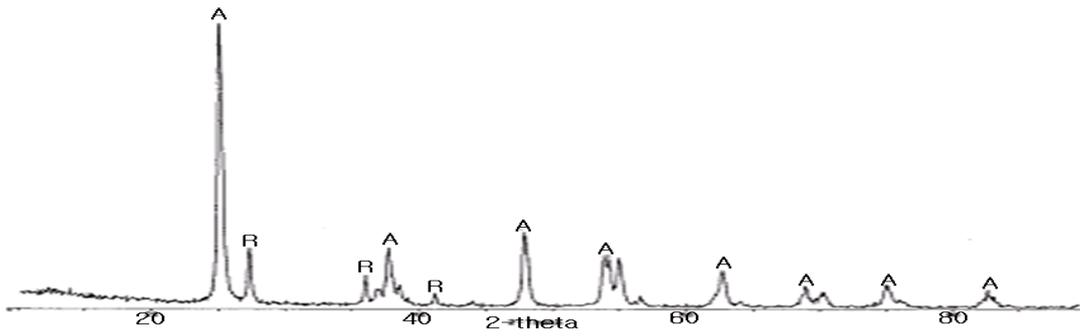


Figure 4. X-ray diffraction patterns of p-25

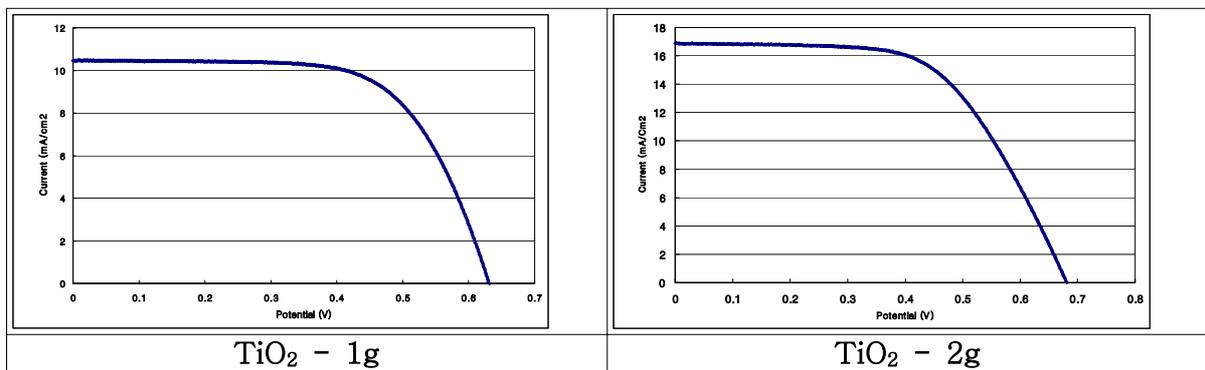


Figure 5. Photocurrent-voltage curves of Dye-sensitized solar cell

Table 1. Characteristic parameters for I-V measurements

	Voc (V)	Isc (mA/cm ²)	FF (Fill factor)	Eff. (%)
1g	0.63	10.46	0.66	4.33
2g	0.68	16.88	0.59	6.77