

나노입자 이산화티타늄을 이용한 광전기화학셀 제작

박선희*, 곽동주*, 박차수**, 성열문*
 경성대학교 전기전자공학과*, 동의과학대**

Photoelectrochemical cells with nanoparticles Titanium dioxide

Seon-Hee Park*, Dong-Joo Kwak*, Cha-Soo Park**, Youl-Moon Sung*
 Kyungseong University Electrical & Electronic Engineering department*, Dong Eui Institute of Technology Electrology**

Abstract - 본 연구에서는 나노입자 이산화티타늄을 이용한 광전기화학셀을 제작하여 제작된 광전기화학셀의 광전변환특성을 연구 하였다. 광전기화학셀을 제작함에 있어 광전극에는 나노입자 이산화티타늄을 페이스트로 하여 스크린 프린팅 하고 열처리 하였으며 상대전극의 경우 H₂PtCl₆를 2-propanol에 10mM로 녹인 용액을 도포하였다. 나노 페이스트와 용액처리를 한 광전극과 상대전극을 접합 후, 전해질을 주입 후 밀봉하여 셀을 제작하였다. 이때 사용된 전해질은 LiI, I₂, t-butylpyridine, 1-butyl-3-methylimidazolium iodide, 3-methoxypropionitrile이 사용되었다. 제작한 셀의 광전 변환 효율은 개방전압 Voc는 16.3v, 충진율 FF는 0.65로 나타났으며 이때의 변환 효율 7.55%로 나타났다.

녹아있는 용액에 12시간 담그어 염료를 흡착시켜 제작하였다. 상대 전극의 제작 방법은 H₂PtCl₆를 2-propanol에 10mM로 녹인 용액을 상대전극에 스프레이법으로 도포한 후 400℃의 온도에서 30분간 열처리하여 제작하는 방법을 사용하였다. 이때 사용된 전해질 용액은 LiI(0.1M), I₂(0.05M)과 t-butylpyridine(0.5M), 1-butyl-3-methylimidazolium iodide(0.6M)을 3-methoxypropionitrile 용매에 농도에 맞게 녹여 제작하였다.

1. 서 론

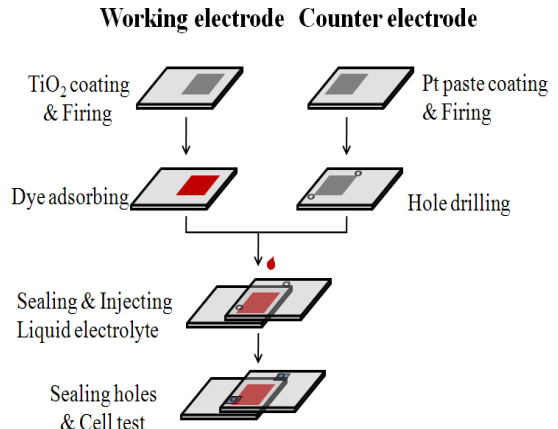
편리한 사용법과 저렴한 가격으로 석유가 지금의 주 에너지원으로 사용되고 있으나, 매장량의 한계의 도달 및 최근 국제유가상승과 이산화탄소 감축 프로그램의 작동은 무공해 에너지에 대한 필요성을 부각시키고 있다. 무공해 에너지원중 하나인 태양광은 Si계의 태양전지가 개발되어 사용되고 있다. 하지만 Si계의 태양전지는 고순도의 Si를 필요로 하며 제조 공정이 복잡하고, 제작비용에 비해 효율이 낮다는 단점이 있다. 광전기화학셀은 제조공정 및 비용이 단순하고 저렴하다는 점에서 광전기 화학셀은 고가의 Si계 태양전지를 대체할 수 있는 가장 유력한 후보로써 주목받고 있다.[1,2] 광전기화학셀은 발전원리에서, 반도체 pn접합의 광물성적 변환 과정을 이용한 실리콘(Si) 방식과는 달리, 표면에 염료분자가 화학적으로 흡착된 금속산화물 전극에 태양빛이 흡수되면 염료분자는 전자-홀 쌍을 생성하며, 전자는 금속산화물 전도띠로 주입된다. 금속산화물 전도띠로 주입된 전자는 금속산화물의 계면을 통하여 투명 전도성 기판으로 전달되어 전류를 발생시키게 된다. 염료분자에 생성된 홀은 산화-환원 전해질에 의해 전자를 받아 다시 환원되고 이런 일련의 반응이 순환됨으로써 반응구적으로 작동하게 된다.[3] 일반적으로 광전극에 흡착된 염료량을 증가시키기 위해 비교적 작은 입자로 구성된 비표면적이 증가된 전극을 사용하게 된다[4]. 이 경우 염료 흡착량 증대로 인해 입사되는 광에 의해 전자가 많이 발생될 수 있는 장점이 있으나, 동시에 작은 입자 사용으로 인한 표면상태수 또한 증가되는 단점이 있다. 표면 상태는 전자와 정공의 재결합 자리를 제공해주기 때문에 이러한 표면상태의 증가는 효율을 감소시키는 원인이 된다[5].

본 연구에서는 전해질 제작에 1-butyl-3-methylimidazolium을 사용하였고, 산화/환원 쌍으로는 LiI와 I₂를 사용하였다. 나노 입자 다공질 구조의 나노입자의 이산화티타늄 산화물 반도체를 동작전극으로 하는 광전기화학셀의 제작 과정과 광전기화학셀의 광전변환 특성 테스트 결과를 고찰하였다

2. 본 론

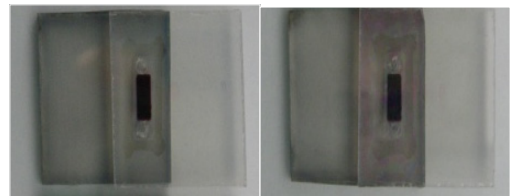
2.1 실험 방법

광전기화학셀을 제작하기 위해서는 햇빛에 감응하는 광 전극(working electrode), 전해질에 전자를 전달해 주는 상대전극(counter electrode)으로 구성되며 이때 염료를 환원시켜주는 전해질(electrolyte)이 필요하다. 본 연구에서는 광전극을 스크린 프린터를 이용하여 나노입자 이산화티타늄 페이스트를 광전극에 프린팅하여 550℃의 온도에서 열처리 한다. 그 후 12시간동안 N719 염료가



〈그림 1〉 광전기화학셀 제조 공정도

그림 1은 광전기화학셀의 제조공정을 나타낸다. 나노 페이스트와 용액처리를 한 광전극과 상대전극을 제작 후 상대전극에 전해질을 주입할수 있도록 구멍을 낸다. 구멍을 낸 상대전극과 광전극을 마주보게 접합 후, 구멍을 통하여 전해질을 주입 한다. 전해질 주입이 완료된 후 구멍을 완전 밀봉하도록 한다.. 그림 2는 광전기화학형 셀을 제작하여 밀봉까지 완료한 셀의 사진이다.

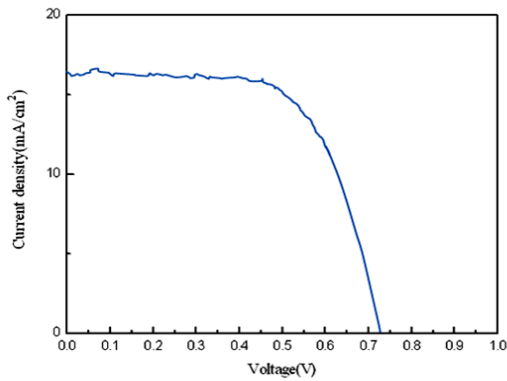


〈그림 2〉 광전기화학형 셀 사진

2.2 실험결과.

그림 3은 광전기화학셀의 광전변환 특성 테스트 결과를 나타낸 그래프이다. 단락전류 Jsc는 16.3mA/cm²이며, 개방전압 Voc가 0.71v로 나타났다. 이때의 Fill Factor는 0.65였다. 변환효율을 계산하면 광전 변환 효율은 7.55%임을 확인할 수 있다.

이미 상당한 연구가 진행되어 있는 단결정 실리콘의 효율이 21%, 아몰퍼스 실리콘의 효율이 13%대임을 감안하면 나노 이산화티타늄 페이스트의 제작법이나 그 외 여러 조건을 변화시켜 보다 염료의 이동이 원활하도록 제작 한다면 효율의 증가를 기대할 수 있다.



〈그림 3〉 광전기화학셀의 광전변환 특성 테스트 결과

Jsc	16.3 mA/cm ²
Voc	0.71V
Fill Factor	0.65
Efficiency	7.55%

3. 결 론

광전기화학셀은 광전극과 상대전극의 집합에 전해질을 주입하여 제작하였다. 광전극은 스크린 프린터를 이용하여 나노입자의 이산화티타늄 페이스트를 프린팅하여 550℃에서 열처리 한 후 N719 염료가 녹아있는 용액에 12시간 담궈 염료를 흡착시켜 제작하였으며 상대전극은 H₂PtCl₆를 2-propanol에 10mM로 녹인 용액을 전극에 스프레이한 후 400도에서 30분간 열처리하여 제작하였다. 이때 사용된 전해액은 t-butylpyridine, 1-butyl-3-methylimidazolium iodide, 3-methoxypropionitrile, LiI, I₂이 사용되었다.

완전히 밀봉하여 제작한 광전기화학셀의 광전변환 특성은 Voc가 0.71v 이고, Jsc는 16.3 mA/cm², Fill Factor는 0.65로 나타났다. 이때 광전변환 효율은 7.55%로 나타났다. 비교적 효율이 낮지 않게 나온 것을 확인할 수 있었으며, 추후 나노페이스트의 열처리 온도의 변화 등에 따라 보다 향상된 효율을 확인할 수 있을것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] B. O. Regan, M. Gratzel, "A low cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films", Nature, vol. 353, p. 737-740, October 1991.
- [2] T. Kato and S. Hayase, "Quasi-Solid Dye Sensitized Solar Cell with Straight Ion Paths", J. Electrochem. Soc., Vol.154, Issue.1, pp.B117-B121, 2007
- [3] 허종현, 성열문, "나노 다공질 구조의 이산화티타늄 박막 제작과 광전변환 특성 고찰", 전기학회논문지, 58권, 2호, 2009, 322-326
- [4] 팽성환, 김두환, 박민우, 성열문, "티타늄 메쉬 전극구조를 이용한 염료 태양전지 제작", Trans. KIEE, Vol 58, No 12, pp.2436-2440, 2009
- [5] H. M. Kwon, D. W. Han, D. J. Kwak, Y. M. Sung, Preparation of nanoporous F-doped tin dioxide films for TCO-less dye-sensitized solar cells application", Current Applied Physics, Vol.10, No.2, pp. S172-S175, 2010
- [6] Y. M. Sung, K. Y. Chun, D. J. Kwak, M. W. Park, "Fabrication and Characterization of Dye-Sensitized Solar Cell Using TiO₂-Nanotube Particles by Anodic Oxidation", Japanese Journal of Applied Physics, Vol.48, No.8, pp.1110-1113, 2009