

## 염료감응형 태양전지의 TiO<sub>2</sub> 박막제조시 바인더에 따른 전기적 특성

박정철<sup>1</sup>, 추순남<sup>1</sup>,이현석<sup>2</sup>, 권정열<sup>2</sup>, 이현용<sup>2</sup>, 안상용<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경원대학교, <sup>2</sup>명지대학교, <sup>3</sup>(주)세방전자

### Electrical Characteristics by Binder Contents in the TiO<sub>2</sub> for Dye-sensitized Solar Cells

Jung-Cheul Park<sup>1</sup>, Soon-Nam Chu<sup>1</sup>, Hyeon-Seok Lee<sup>2</sup>, Jung-Youl Kwon<sup>2</sup>, Heon-Yong Lee<sup>2</sup>, Sang-Yong Ahn<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kyungwon Univ. <sup>1</sup>Myoengji Univ. <sup>2</sup>SeBang Co.

**Abstract :** In this paper, we examined an effect by the binder in titanium dioxide film for dye sensitized solar cell. Binder(PEG and PEO) was added the quantity of 10- 40wt% to commercial TiO<sub>2</sub> (P25), Respectively. All of TiO<sub>2</sub> film was showed porous structure. but difference of film's porosity could not be confirm. Transmittances of TiO<sub>2</sub> film was decreased with the increase of binder's quantity, generally. In case of 20wt%, however, Transmittances of TiO<sub>2</sub> film was recoded the highest value. and it measured 1.77 of energy-conversion efficiency.

**Key Words :** sensitized solar cell, binder, TiO<sub>2</sub>,energy-conversion efficiency

### 1. 서 론

최근 제조비가 싸면서 고효율의 태양전지의 개발이 요구되고 있다. 많은 연구가 진행되고 있는 것이 나노크기의 반도체 금속산화물 입자와 광반응하는 염료를 활용한 광화학태양전지의 제조이다. 이를 이용한 대표적인 것이 염료감응형 태양전지(Dye-sensitized solar cell, DSSC)이다. DSSC의 광전극으로 가장 널리 사용되는 물질은 이산화티타늄으로, 비교적 용이하게 제작될 수 있고 가격이 저렴하며 광 에너지에 안정하며 유독하지 않다는 장점을 지니고 있어 광촉매로서도 각광받고 있다. TiO<sub>2</sub>막의 구조는 전체 태양 전지의 효율과 밀접한 관련이 있으므로 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. TiO<sub>2</sub>막은 비표면적을 높이기 위해 다수의 기공을 가진 구조로 제작되는데 보통 10μm 내외의 두께에 약 20nm 크기의 입자로 구성되고 이렇게 형성된 막은 기공구조 때문에 평면구조에 비해 천배이상의 비표면적을 가진다.[1][2] 이렇게 큰 비표면적을 갖고 궁극적으로 셀의 효율을 높이기 위해 기공의 크기와 기공률 제어가 중요한데, 기공의 크기와 기공률이 작으면 전해질의 침투와 염료의 흡착이 힘들며 반대로 크면 비표면적이 감소하고 염료의 흡착량이 감소한다.[1] 따라서 전체 전지의 고효율을 위해서는 최적의 기공 크기와 기공률을 찾는 것이 상당히 중요한데. 이는 TiO<sub>2</sub> 콜로이드 용액에 바인더의 첨가량을 조절함으로써 TiO<sub>2</sub> 막의 형상을 제어할 수 있다고 보고되어지고 있다.[3]

또한 자외선을 흡수하는 TiO<sub>2</sub> 막은 염료가 광반응을 잘 일으킬 수 있게 가시광선영역에서 높은 투과율을 가져야 하는데 이것이 막의 구조와 밀접한 관련이 있다.

이에 본 논문에서는 첨가되는 바인더의 양에 따른 TiO<sub>2</sub> 막을 제작하여 TiO<sub>2</sub>막의 기공의 크기와 기공률의 변화에 따른 미세구조를 살펴보고 투과율을 측정함으로써 막의

특성 변화에 관하여 고찰하였다.

### 2. 실험

TiO<sub>2</sub>막을 제조하기 위해 P25 (Degussa, 평균입자크기: 21nm), DI water를 사용하였고 응집되어 있는 TiO<sub>2</sub> 나노입자를 분산하기 위해 계면활성제인 Triton X-100(동양)을 사용하였고 안정제로 Acetyl acetone(Aldrich)를 사용하였다. 그리고 점성을 높이고 작업성을 좋게 하기 위해 또 막의 구조를 변화시키기 위해 바인더로 PEG와 PEO를 첨가하여 막자사발에 갈았다. 이 때 PEG와 PEO는 TiO<sub>2</sub>에 대해 각각 10wt%, 20wt%, 30wt%, 40wt%의 양을 첨가했다. 막자사발에 갈아진 용액은 48시간 동안 마그네틱 바를 이용해 교반해서 TiO<sub>2</sub> 콜로이드용액을 제조하였다.

이 용액을 ITO(Indium tin oxide) 글라스에 테이프 캐스팅(tape casting)으로 제작하고, 제작된 TiO<sub>2</sub> 글라스는 암실에서 24시간 동안 자연건조를 거친 뒤 전기로에서 500℃에서 30분 동안 소결하여 최종적으로 TiO<sub>2</sub> 막을 제조하였다.

TiO<sub>2</sub>막의 결정성과 결정방향을 조사하기 위해 X-ray diffractometry(XRD)를 사용하였다. 또한 TiO<sub>2</sub> 막의 투과도를 측정하기 위해 UV/VIS Spectrophotometer(SHIMADZU, UV-2401 PC)을 사용하고 막의 미세구조를 살펴보는 데에는 Scanning Electron Microscope (SEM, Hitachi, S-3500N)을 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 20wt%의 바인더를 첨가한 TiO<sub>2</sub>막의 표면과 단면 구조를 나타낸 사진이다. 각각의 막의 기공구조가 잘 형성되어 있는 것을 관찰할 수 있었지만 막의 대부분이 비슷한 형상을 보여 SEM사진만으로는 바인더에 양에 따른 기공의 크기와 기공률의 변화를 판단하기에 무리가 있었다. 하지만 wt%의 증가에 따라 작업성이 증가하여 막의 두께는 5.62 $\mu$ m에서 13.87 $\mu$ m까지 증가하며 변화를 보였는데, 막 두께증가의 원인은 콜로이드 점도의 증가와 상당한 관련이 있는 것으로 판단된다. 그리고 평균입자가 21nm인 TiO<sub>2</sub>를 사용했으나 SEM자료를 살펴보면 그 이상 되는 입자가 관찰되는데 이것은 분산이 덜 된 상태에서 바인더가 첨가되어 발생하는 현상으로 여겨진다.

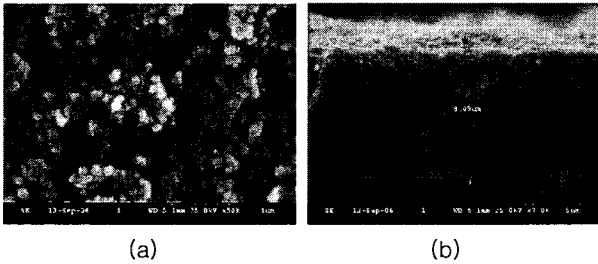


그림 1. SEM 사진 (a) TiO<sub>2</sub>막 표면(X50000) (b)TiO<sub>2</sub>막 단면

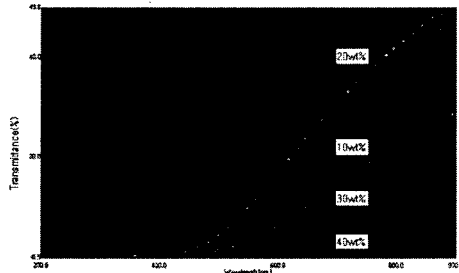


그림 2. 바인더의 첨가량에 따른 투과율 변화

그림2는 바인더의 첨가량에 따라 UV/VIS Spectrophotometer로 측정한 투과율을 측정한 그림이다. 그림을 살펴보면 wt%의 증가에 따라 투과율은 대체적으로 감소하는데 오직 20wt%에서의 투과율이 최고치를 보이고 있다.

투과율의 감소의 원인은 분명 TiO<sub>2</sub> 막의 두께증가 때문이지만 10wt%에 비해 20wt%가 더 투과율이 높게 측정된 것은 적절한 기공의 크기와 기공률이 형성되어 더 높은 투과율로 나타났다. [1][3] 그리고 가시광선의 영역의 투과율이 60%이상을 넘지 못하는 것은 SEM사진에서도 보았듯이 입자의 분산이 덜 되어 형성된 큰 입자들이 빛을 반사, 산란 시키고 막 두께가 10 $\mu$ m 정도로 두꺼워서 투과율을 좋지 못하게 만들었다고 생각된다.

또한 변환효율 및 FF를 측정해본 결과, 20wt%일 경우 가장 우수한 것으로 측정되었다.

표1. 시료의 전기적특성

바인더함량	Jsc[mA. cm <sup>-2</sup> ]	Voc[mV]	FF	n[%]
10wt%	3.58	856	0.405	1.24
20wt%	5.06	833	0.421	1.77
30wt%	3.77	866	0.411	1.34
40wt%	3.72	866	0.412	1.32

### 4. 결론

본 연구에서는 PEG와 PEO를 이용하여 바인더의 첨가량에 따른 TiO<sub>2</sub> 막의 미세구조와 광학적 특성을 살펴보았다.

SEM 사진 분석결과 바인더의 첨가량이 증가할수록 콜로이드 용액의 점도가 증가하여 막의 두께가 5.62 $\mu$ m에서 13.87 $\mu$ m까지 증가하였고 이 증가된 두께에 따라 투과율은 감소했다. 그러나 20wt%의 경우에는 증가된 두께에도 기공크기와 기공률의 증가로 10wt%의 보다 더 큰 투과율을 보였는데 이는 적절한 양의 기공과 기공률이 형성되어 나타나는 형상으로 판단된다. 또한 전기적특성으로 변환효율이 1.77%로 가장 우수한 것으로 측정되었다. 그러나 입자의 분산이 원활하지 않고 막 두께가 두꺼워 투과율이 전체적으로 낮은 값을 보였다. 그러므로 고효율의 DSSC용 광전극 TiO<sub>2</sub>막을 만들기 위해 입자의 분산, 가시광선에서의 높은 투과율을 위한 두께뿐만 아니라 기공의 크기와 기공률도 고려해야 한다는 것을 보여 준다.

### 참고 문헌

- [1] Michael Gratzel, "Mesoporous oxide junctions and nanostructures solar cells " Current opinion Colloid&Interface Science 4(1999) 314-321
- [2] Anders Hagfeldt and Michael Gratzel "Molecular Photovoltaics" Acc. Chem. Res. (2000), 33, 369-277
- [3] Yasuteru Saito, Shingo Kambe, Takayuki Kitamura, Yuji Wada, Shozo Yanagida, "Morphology control of mesoporous TiO<sub>2</sub> nanocrystalline films for performance of dye-sensitized solar cells" Solar Energy Materials& Solar Cells 83 (2004) 1-13
- [4] Michael Gratzel "Perspectives for Dye-sensitized Nanocrystalline Solar Cells" Prog. Photovolt. Res. Appl. 8, 171-185(2000)