

염료감응형 태양전지의 이산화티타늄막 제조시 바인더에 따른 영향

이현석, 권정열, 김성준, 박정철*, 이현용
명지대학교, 경원전문대학*

Effects by the binder in manufacturing titanium dioxide film for dye sensitized solar cell

Hyeon-Seok Lee, Jeong-Yeol Gwon, Seong-Jun Kim, Jung-Cheul Park*, Heon-Yong Lee
Myongji Univ, Kyungwon college*

Abstract : In this paper, we examined effects by the binder in manufacturing titanium dioxide film for dye sensitized solar cell. Binder(PEG and PEO) was added the amount of 10- 40wt% to commercial TiO₂ (P25), Respectively. All of TiO₂ film was showed porous structure owing to the addition of binders. But the difference of film's porosity could not be confirmed. The transmittance of TiO₂ film was decreased with the increase of binder's amount, generally. In case of 20wt%, however, The transmittance of TiO₂ films was showed the highest value.

Key Words : Dye-sensitized solar cell, DSSC, TiO₂, Titanium dioxide, binder

1. 서 론

최근 화석 연료의 고갈, 유가 상승, 교토의정서에 의한 이산화탄소 발생량의 규제 등으로 대체 에너지 개발이 시급해졌다. 현재 각광받고 있는 대체 에너지 중 하나인 태양에너지가 꼽히고 있는데 기존에 제작되던 실리콘이나 화합물 반도체 기반의 태양전지는 효율은 좋으나 제조비가 고가여서 대중화되기 힘들었다. 따라서 제조비가 싸면서 고효율의 태양전지의 개발이 요구되고 있다.

최근에 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. TiO₂막의 구조는 전체 태양 전지의 효율과 밀접한 관련이 있으므로 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. TiO₂막은 비표면적을 높이기 위해 다수의 기공을 가진 구조로 제작되는데 보통 10 μ m 내외의 두께에 약 20nm 크기의 입자로 구성되고 이렇게 형성된 막은 기공구조 때문에 평면구조에 비해 천 배이상의 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 중요하다. 이는 TiO₂ 콜로이드 용액에 바인더의 첨가량을 조절함으로써 TiO₂ 막의 형상을 제어할 수 있다고 보고되어지고 있다.[3]

또한 자외선을 흡수하는 TiO₂ 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 TiO₂ 막을 제작하여 TiO₂막의 기공의 크기와 기공률의 변화에 따른 미세구조를 살펴보고 투과율을 측정함으로써 막의 특성 변화에 관하여 고찰하였다.

2. 실험

2.1 TiO₂ 막의 제조

TiO₂막을 제조하기 위해 P25 (Degussa, 평균입자크기: 21nm), DI water를 사용하였고 용집되어 있는 TiO₂ 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 막차사발에 갈았다. 이 때 PEG와 PEO는 TiO₂에 대해 각각 10wt%, 20wt%, 30wt%, 40wt%의 양을 첨가했다. 막차사발에 갈아진 용액은 48시간 동안 마그네틱 바를 이용해 교반해서 TiO₂ 콜로이드용액을 제조하였다.

이 용액을 ITO(Indium tin oxide) 글라스에 테이프 캐스팅(tape casting)으로 제작하고, 제작된 TiO₂ 글라스는 암실에서 24시간 동안 자연건조를 거친 뒤 전기로에서 500 $^{\circ}$ C에서 30분 동안 소결하여 최종적으로 TiO₂ 막을 제조하였다.

2.2 TiO₂ 막의 특성 조사 및 기기

TiO₂막의 결정성과 결정방향을 조사하기 위해 X-ray diffractometry(XRD)를 사용하였다. 또한 TiO₂ 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.

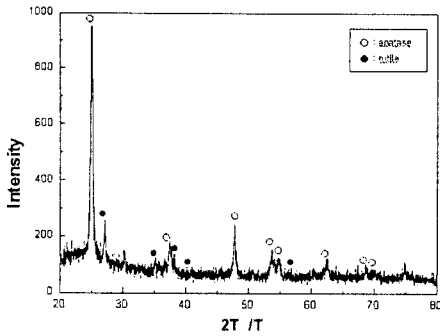


그림 1. TiO₂ 막의 XRD 패턴

그림 1은 TiO₂ 막의 XRD 패턴의 XRD 패턴을 보여준다. 그림에서도 나타나듯이 아나타제와 루틸이 8:2로 섞여 있는 것으로 알려진 P25를 사용하여 제작한 막은 아나타제 상과 루틸상이 동시에 나타나는 패턴형상을 보여준다.

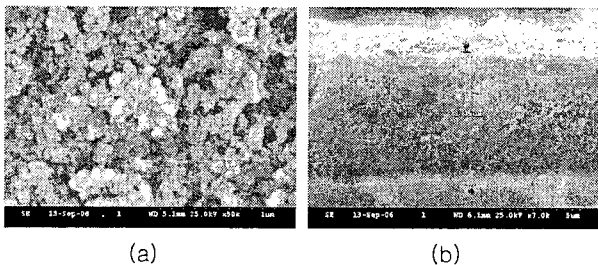


그림 2. SEM 사진 (a) TiO₂막 표면(X50000) (b)TiO₂막 단면

그림 2은 20wt%의 바인더를 첨가한 TiO₂막의 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 μ m에서 13.87 μ m까지 증가하며 변화를 보였는데, 막 두께증가의 원인은 콜로이드 점성의 증가와 상당한 관련이 있는 것으로 판단된다. 그리고 평균입자가 21nm인 TiO₂를 사용했으나 SEM자료를 살펴보면 그 이상 되는 입자가 관찰되는데 이것은 분산이 덜 된 상태에서 바인더가 첨가되어 발생하는 현상으로 여겨진다.

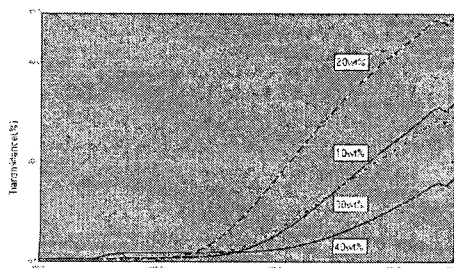


그림 3. 바인더의 첨가량에 따른 투과율 변화

그림3는 바인더의 첨가량에 따라 UV/VIS Spectrophotometer로 측정된 투과율을 측정한 그림이다. 그림을 살펴보면 wt%의 증가에 따라 투과율은 대체적으로 감소하는데 오직 20wt%에서의 투과율이 최고치를 보이고 있다.

투과율의 감소의 원인은 분명 TiO₂ 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 μ m 정도로 두꺼워서 투과율을 좋지 못하게 만들었다고 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 PEG와 PEO를 이용하여 바인더의 첨가량에 따른 TiO₂ 막의 미세구조와 광학적 특성을 살펴보았다. SEM 사진 분석결과 바인더의 첨가량이 증가할수록 콜로이드 용액의 점성이 증가하여 막의 두께가 5.62 μ m에서 13.87 μ m까지 증가하였고 이 증가된 두께에 따라 투과율은 감소했다. 그러나 20wt%의 경우에는 증가된 두께에도 기공크기와 기공률의 증가로 10wt%의 경우보다 더 큰 투과율을 보였는데 이는 적절한 양의 기공과 기공률이 형성되어 나타나는 현상으로 판단된다. 그러나 입자의 분산이 원활하지 않고 막 두께가 두꺼워 투과율이 전체적으로 낮은 값을 보였다. 그러므로 고효율의 DSSC용 광전극 TiO₂막을 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 TiO₂ 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)