

TiO₂의 소결조건의 변화가 염료감응 태양전지의 효율에 미치는 영향

정웅재, 박미주, 윤덕용, 이성욱, 김형진, 홍병유*

성균관대학교 정보통신공학부

Influence on DSSC efficiency with different sintering conditions of TiO₂

Woong-Jae Jeon, Mi Ju Park, Deok yong Yun, Sung Uk Lee, Hyung Jin Kim and Byungyou Hong*

Sungkyungwan Univ.

Abstract : Until now, many studies have been carried out on TiO₂ electrode, counter electrode, sensitizer and electrolyte to improve dye-sensitized solar cell(DSSC)'s performance. It was known that surface area of the TiO₂ are of paramount importance in determining the cell efficiency. In this experiment, TiO₂ working electrodes were sintered at four different temperatures (400, 450, 500 and 550°C) for 55 minutes in ambient atmosphere. Also these electrodes were sintered at four different times (40, 55, 70, 85minutes) in temperature where shows the highest efficiency. I-V characteristics of DSSC made up of different working electrodes were studied using solar simulator.

Key Words : DSSC, TiO₂, Sintering

1. 서 론

태양전지는 거의 무한한 자원인 태양광을 이용해 대체 에너지 측면의 문제 해결이 가능하고, 환경 친화적이고 미래지향적인 분야라 할 수 있다. 특히 염료감응형 태양 전지(Dye-Sensitized Solar Cell, DSSC)는, 기존의 실리콘을 이용한 태양전지에 비해 광 효율은 다소 낮은 수준이나, 저가의 제조 설비 및 공정기술로 인해 제조단가가 낮고, 여러 분야에 응용 가능성이 높은 분야로 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있다.

염료감응형 태양전지는 염료입자가 화학적으로 흡착된 나노입자 반도체 산화물 전극에 태양광이 흡수되면, 염료 분자는 전자-홀 쌍을 생성하며, 전자는 반도체 산화물의 전도띠로 주입된다. 반도체 산화물중 가장 좋은 효율을 보이는 물질은 TiO₂로 알려져 있는데 이 TiO₂의 표면 상태에 따라, 태양광을 흡수하는 염료분자의 단위부피당 흡착량이 크게 달라지게 된다.

본 연구에서는 제조과정중 TiO₂ 소결과정에서, 소결온도(400 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C)와 소결시간(40분, 55분, 70분, 85분)의 변화에 따른 각각의 TiO₂의 표면변화를 관찰하고 이에 따른 전지의 효율 변화를 알아보는 실험을 하였다. 그 결과 500 °C의 온도에서 70분간 소결과정을 실시했을 때 가장 좋은 효율이 나타나는 것을 관찰 할 수 있었는데, 이는 이 조건에서의 소결과정이 효율적인 면에서 가장 좋은 TiO₂ 표면상태가 만들어진다고 볼 수 있다.

2. 실험

실험과정은 상부 전극용 글래스에 닥터 블레이드 기법을 이용해 TiO₂를 일정한 두께로 바른 뒤, TiO₂의 소결과정을 진행하였다. TiO₂소결을 위해 먼저 TiO₂를 바른 상부 전극을 열풍기에 넣고, 각각 아래와 같이 400 °C, 450 °C, 500 °C, 550 °C에서 55분간 열을 가하였다. Pt를 떨어뜨린

하부전극도 이와 같은 소결과정을 실시하였다.

소결시간	55분	55분	55분	55분
소결온도	400 °C	450 °C	500 °C	550 °C

소결과정을 끝낸 상부전극용 글래스의 TiO₂를 염료가 잘 흡착되게 하기 위해 100 °C에서 10분간 달군 후 24시간동안 염료(N₃)에 담가 놓는다. 이어서 이것을 하부전극과 합착하고 전해액을 주입한 후, 전해액의 누수를 방지하기 위해 주입구멍 부위를 막아 DSSC를 제조한다. 이후, 어떤 온도의 소결과정에서 DSSC가 가장 좋은 효율을 나타내는지 알아보기 위해 Solar 시뮬레이터를 이용해 V-I 곡선을 측정하였다.

이렇게 해서 가장 좋은 효율이 나타난 소결온도를 찾아낸 뒤, 아래와 같이 같은 온도에서 소결시간을 각각 40분, 55분, 70분, 85분으로 같은 과정을 실시하여 가장 좋은 효율을 보이는 소결시간을 찾아낸다.

소결온도	500 °C	500 °C	500 °C	500 °C
소결시간	40분	55분	70분	85분

3. 결과 및 검토

소결온도와 소결시간의 변화에 따른 각각의 전류 발생량을 Solar 시뮬레이터를 이용해 측정한 결과, 그림1의 결과에서 볼 수 있듯이 450 °C의 소결온도에서 전지의 효율은 400 °C일때에 비해 2.25 %에서 2.9 %로 향상되는 것을 볼 수 있었다. 그리고 이런 효율의 증가는 소결온도가 500 °C로 증가될 때까지 계속되다가 550 °C의 소결온도에서는 효율이 다시 3.5%에서 3.0 %로 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이는 500 °C의 소결온도에서 만들어진 DSSC가 가장 많은 광전류를 생성하여, 가장 좋은 효율을 나타낸다고 볼 수 있는데, 이것은 TiO₂ 입자에 염료가 흡착될

때, 흡착될 수 있는 TiO₂의 비표면적이 증가되어, 염료분자가 더 많이 흡착된 결과라 할 수 있다.

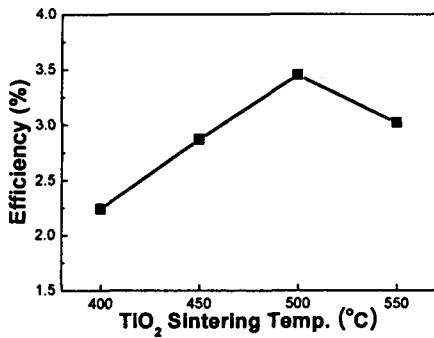


그림 1. TiO₂ Sintering Temp. (°C)

그림2는 가장 좋은 효율을 보인 500 °C의 소결온도에서 소결시간에 변화를 주며 실험한 데이터이다. DSSC의 효율은 각각 2.3 %, 2.9 %, 3.9 %, 3.15 %로 70분간 소결 과정을 시행했을 때 가장 높은 효율이 보이는 것을 관찰할 수 있었다.

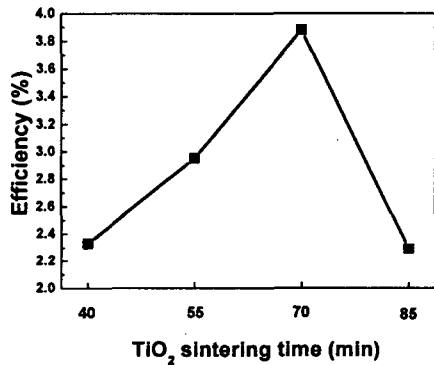


그림 2. TiO₂ sintering time.(min)

TiO₂의 표면상태를 관찰하기 위한 AFM분석 결과, 소결과정에서의 온도상승으로 인해 TiO₂의 roughness는 40 ~ 70 nm의 크기로 분포하고 있었다. 이는 그림1에서 알 수 있듯이 TiO₂의 표면변화로 인해 전류밀도가 향상되는 결과로 나타났다.

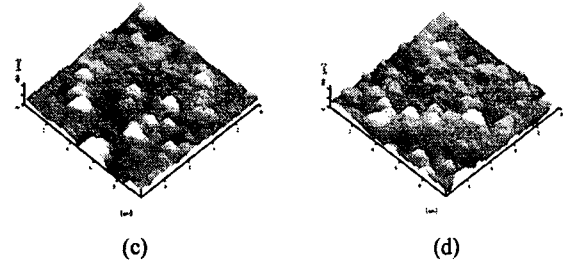
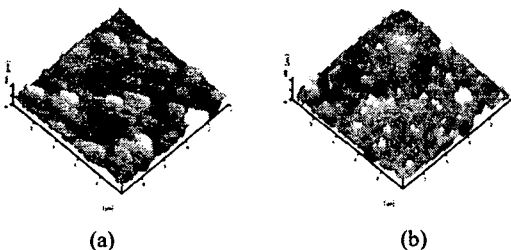


그림 3. AFM images of TiO₂ Roughness
(a) 400 °C, (b) 450 °C, (c) 500 °C, (d) 550 °C.

4. 결론

본 연구에서는 DSSC의 효율향상을 위해, 소결조건의 변화가 DSSC의 효율에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 실험을 하였다. 소결과정에서 온도의 상승으로 인해 TiO₂의 표면결정은 마치 스티로폼 구조처럼 동그랗게 부풀어 올랐고, 이 TiO₂ 표면구조의 변화로 인해 TiO₂에 흡착 가능한 염료의 양이 더 증가할 수 있게 되었다. 즉, 이는 태양광을 더욱 효과적으로 받아들일 수 있으며, 전자의 흐름을 원활하게 하여 광전류를 증가시키는데 도움을 주어, 염료감응형 태양전지의 전체적인 효율을 상승시키는 결과를 가져왔다. 본 실험을 통해 소결과정에서의 적정한 온도와 시간은 TiO₂의 표면구조에 영향을 주고, 이 TiO₂의 구조적 특성이 염료감응형 태양전지의 효율에 밀접한 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 성균관대학교 과학기술부 지정 플라즈마 응용 표면기술 연구센터의 지원과 특성화대학원사업을 위한 지식경제부의 출연금으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 이일형, 염료감응 태양전지, 한국 과학기술 정보 연구원, 2005
- [2] Kun-Mu Lee, The influence of surface morphology of TiO₂ coating on the performance of dye-sensitized solar cells, National Taiwan University, 2006
- [3] B. C. O'Regan and M. Gratzel, " A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films," Nature, vol. 353, no. 6346, pp. 737-740, 1991.
- [4] Won Jae Lee, METALS AND MATERIALS International, Vol. 11, No. 6, 2005
- [5] C. G. Garcia, J. F. de Lima, N. Y. M. Iha, Coord. Chem. Rev., 196, 219, 2000