

정전분무법을 이용한 염료감응형 태양전지의 TiO₂ 박막 특성에 관한 연구

장진주*, 홍지태, 이동길, 이경준, 손민규, 김진경, 김희제**
 부산대*, 부산대**

A study on the characteristics of TiO₂ electrode in dye-sensitized solar cells using electro spray method

Jin-Ju Jang*, Ji-Tae Hong, Dong-Gil Lee, Kyoung-Jun Lee, Min-Gu Son, Jin-Kyung Kim, Hee-Je Kim**
 Pusan National University*, Pusan National University**

Abstract - Dye sensitized solar cells(DSC) have been very economical and easy method to convert solar energy to electricity. DSC can reach low costs in future outdoor power applications. However, to commercialize the DSC, there are still many shortages to overcome such as a low efficiency in a large size DSC. In this study, DSCs were fabricated by an electro spray coating method for the TiO₂ thin film. They were compared with DSCs prepared by conventional coating methods. We conducted an experiment to obtain the optimized parameters of voltage, flow rate, incident angle and distance in the electro spray method. After we manufactured TiO₂ film using that way, we could analyze the characteristics of DSC through SEM, UV curve, EIS.

20ml/cc의 용량을 가진 주사기를 이용하여 소비전력 18VA로 동작하여 0.1~100ml/h 정도의 유량의 용액이 공급 가능한 전구체 정량 공급기를 구성하였다. iron plate는 수직으로 놓고 분무함으로써 크고 무거운 액젓은 plate로 가기 전에 바닥으로 떨어지고 작고 가벼운 액젓만 plate로 향하게 하여 실험하였다. 또한 spin motor를 이용하여 상하 움직임을 조절하도록 하였고 다공질 TiO₂ 박막을 제작하기 위한 TiO₂ sol-gel 용액은 titanium tetra-isopropoxide 3ml와 H₂O 1ml, 촉매인 acetic acid 1ml 및 Ethanol 30ml로 60분간 hot plat로 450rpm으로 저온 다음 상온에서 24시간 둔다.

1. 서 론

정전분무(electrospray)를 이용하여 대전된 균일한 미소 액적 생성과 제어에 대한 연구가 다양한 응용분야와 관련되어 많이 진행되고 있다. 최근 나노크기의 미소 액적에 관한 연구가 큰 관심의 대상이 되고 있고, 이를 쉽게 생성할 수 있는 정전분무를 적용할 수 있는 응용분야에 대한 관심에 대한 필요성이 부각되고 있다. 염료감응형 태양전지(DSC)는 각 분야에서 계속적인 개발이 이루어지고 있지만 효율개선 문제나 대면적화 문제등 아직도 상용화를 위해서는 해결해야 할 많은 어려움을 가지고 있다.¹⁻⁴⁾ 따라서 기존의 방법과는 다른 정전 분무법(Electrostatic Spray Deposition : ESD)이라는 새로운 방법을 이용해 다공질 TiO₂ 박막을 제조함으로써 이를 DSSC 제조 공정에 적용할 수 있는 연구를 수행 하였다. 특히 본 연구가 선정한 주제는 최근 각광을 받고 있는 태양전지의 상용화와 대량 생산에 관련 있는 기술으로써 차세대 태양전지 DSSC의 상용화에 직접적인 연관이 있는 가치 있는 연구라고 할 수 있다.

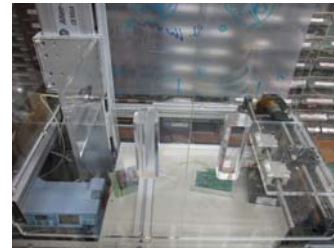
2. 본 론

2.1 염료 감응형 태양전지의 제작

광전극의 재료는 투명 전도성 기판(TCO : transparent conducting oxide)로 FTO(fluorine doped SnO₂: 9.3Ω/cm²)를 사용하며 먼저 세척한 후에 그 위에 Doctor Blading 방법으로 Ti-Nanoxide HT/SP를 도포하여 450℃에서 소성 시킨 후 정전 분무를 이용하여 Solution을 그 위에 도포하고 공기 중에서 Ti가 산소와 결합하여 TiO₂가 되도록 5시간 이상 노출한 뒤 450℃에서 재 소성하고 Ruthenium 염료(N719)에 24시간동안 침지시켜 다공질의 TiO₂에 염료가 잘 흡착할 수 있도록 한다. 24시간이 지난 후, 흡착되지 않고 남은 염료는 무수 에탄올로 깨끗이 세척하고 건조하여 준비한다. 상대전극은 FTO glass의 양모서리 끝에 Sand blast로 전해질 주입을 위한 pin-hole을 뚫어 세척하고 건조한다. 그리고 촉매 역할을 하는 백금을 증착하기 위해서 10⁻⁵Torr를 기준으로 2.8×10⁻³Torr, 100℃에서 120W의 RF sputter power를 인가함으로써 100~200nm의 두께로 Pt 박막 층을 형성했다. 광전극과 상대전극을 준비한 후, 실링지를 이용하여 고온에서 압력을 가하면서 광전극과 상대전극을 접합하고, 전해질을 주입한 후, 실링을 하고 마지막으로 양극을 솔더링하여 염료감응형 태양전지의 제작을 완료하였다.

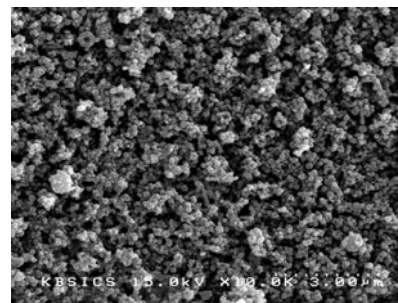
2.2 정전분무구조와 실험

정전분무장치의 전체 구조는 그림 1과 같이 0~20kv 고전압 DC 공급기와, 반대전극인 iron plate, 정극인 직경 nozzle 그리고

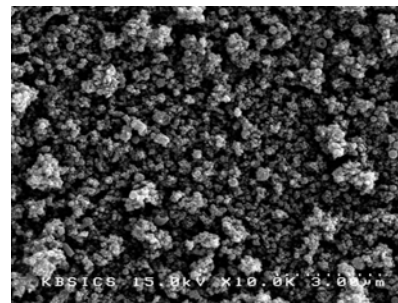


<그림1> 정전분무의 장치

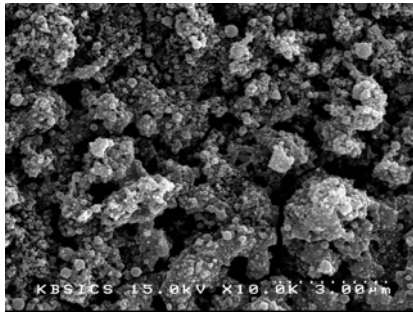
이 sol-gel을 0.3ml/h의 유량속도로 노즐과 iron plate의 거리 4cm로 하여 10분 동안 그림1에서와 같이 장치 한 후 분무하여 DSC제작하였다. 그림2는 각 전압변화(14kv~16kv)에 따라 증착된 TiO₂를 SEM으로 측정된 것으로 그림2에서와 같이 15kv에서 가장 균일한 입자를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.



(a) 14kv



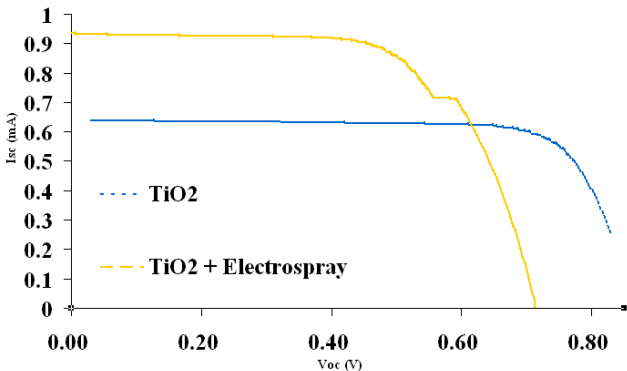
(b) 15kv



(c) 16kv

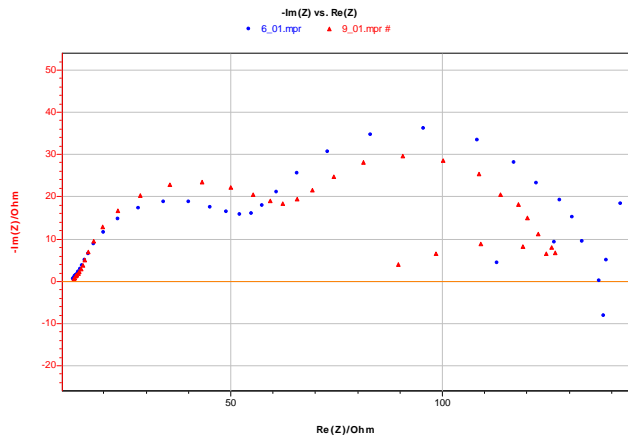
〈그림 2〉 전압변화에 따른 TiO₂ 박막 SEM

또한 정전분무 방식을 통해 얻은 TiO₂ 박막의 표면의 구조가 매우 거칠다는 것을 알 수 있다. 염료감응형 전지의 효율을 올릴 수 있는 방법은 TiO₂ 표면적의 증가인데 염료고분자는 반도체에 단분자층으로 흡착되었을 때 효율이 높아서, 태양광의 흡수량은 염료고분자가 흡착된 반도체의 표면적이 넓을수록 크게 된다. 이때문에 TiO₂ 입자가 작고, 기공도가 높을수록 전지의 효율은 향상되는데 보통 15~30 nm의 입경을 지닌 것이 주로 이용된다. 또한 TiO₂ 층의 두께 또한 효율에 많은 영향을 미친다. 정전분무법은 전압과 전극간의 값을 변화시킴에 따라 박막의 두께를 자유로이 조절할 수는 장점이 있다. 따라서 기존의 닥터 블레이드 방식으로 박막 층을 만든 후, 2차적으로 정전분무 방식을 이용하여 TiO₂ 박막 층을 올렸다. 이렇게 실험을 하여서 결과를 비교한 I-V Curve는 다음과 같다.



〈그림 3〉 정전분무법과 닥터블레이드기법으로 제작한 DSC의 I-V Curve 비교

I-V Curve를 통해서 밴드갭으로 인해 전압은 감소하였지만 전류가 증가한 것으로 보아 박막의 두께가 두꺼워 지고 입자크기가 미세해 졌기 때문에 염료의 흡착이 증가해 전류가 증가하였음을 알 수 있다.



〈그림4〉 정전분무법과 닥터블레이드기법으로 제작한 DSC의 EIS 특성

그림4는 제작한 DSC의 EIS의 결과이다. 첫 번째 반원이 상대전극의 전자기동에 관련된 저항성분이고, 두 번째 반원이 TiO₂/염료/전해질 사이의 전자기동에 관련된 저항성분이다. 그리고 y축은 캐패시터 성분이고, x축은 DSC 내부저항 성분이므로 그 축의 값이 클수록 DSC 내부저항이 크고 그에 따라 전자기동이 힘들어 지므로 효율이 낮아지게 된다.

〈표 1〉 정전분무법과 닥터블레이드기법으로 제작한 DSC 특성

	TiO ₂ 입자크기	η (%)	Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF
15kv	100nm	3.44	0.71	3.80	0.64
기존방식	50n	3.22	0.83	2.56	0.76

표1에서 솔라 시뮬레이터(AM 1.5 Global, 100mW/cm², and 25°C)로 측정된 데이터를 보면, 기존방식에 비해 15kv를 인가한 정전분무법의 TiO₂ 입자크기가 100nm로 조밀하고 균일한 입자를 얻을 수 있었고 효율은 3.44%로 기존방식과 비교하여 비슷한 결과를 얻었다는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

DSC 제조 공정 중 다공질 TiO₂ 박막을 제조하는 방식을 정전분무로 실험하였다. 최대20kv, 전류20mA의 출력특성을 가지는 고전압 장치를 사용하고, 유량을 0.3ml/h로 고정된 뒤 전극간격을 4cm로 하였을 때 15kv에서 최대 100nm의 TiO₂ 다공질 입자를 얻었다. 또한 제작되어진 셀은 광전변환효율 3.44%를 보였으며 기존의 페이스트를 이용한 닥터블레이드기법과 비슷한 효율을 얻을 수 있었다. 이로써 정전분무법은 박막의 두께 조절이 용이하고 높은 평탄도를 형성하므로 대 면적 모듈을 구성하기 위한 공정 중 광전극 제조공정으로 대체할 수 있다. 이로 인해 기존의 닥터블레이드 방식보다 더 DSC 상용화에 기여할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1]김상수, "Characteristics of the Grooved-nozzle for High Flow Rate Electro spray", 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 2005
- [2]Shuzi Hayase, "Dye-Sensitized Solar Cells Fabricated by Electro spray Coating Using TiO₂ Nanocrystal Dispersion Solution", Journal of The Electrochemical Society, 153 5A826-A829 2006
- [3]A. Jaworek, A.T. Sobczyk, "Electrospraying route to nanotechnology: An overview", Journal of Electrostatics 66: Vol.66, pp 197 - 19, 2008
- [4]A. Jaworek, "Micro- and nanoparticle production by electro spraying", Powder Technology, Vol.176, pp 18-35, 2007