

**염료감응형 태양전지의 염료 흡착 온도의 영향에 관한 연구**

**이경준\***, 김정훈, 홍지태, 서현웅, 손민규, 김희제\*\*  
부산대학교\*

**The effect of dye coloring temperature on the dye-sensitized solar cells**

Kyoung-Jun Lee\*, Jeonghoon Kim, Hyunwoong Seo, Min-Kyu Son, Hee-Je Kim\*\*  
Pusan National University\*

**Abstract** - A serious problem of the 21st century is the supply of energy resources. Reserves of fossil fuels are facing depletion: renewable energy resources must be developed in this era. 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. When the DSC is commercialized in the near future, the productivity is an important factor. In the process of soaking in a dye, it usually takes 12~24 hours. In this study, we varied the dye coloring temperature from 0°C to 60°C. At the temperature of 40°C, DSC cell showed the best performance. We also conducted the time variant experiment to reduce the manufacturing time. Counter electrode surface of DSC is deposited by RF magnetron sputtering under the conditions of Ar 2.8×10<sup>-3</sup>torr, RF power of 120W and substrate temperature of 100°C.



〈그림 1〉 Hot plate

**1. 서 론**

고유가 고공행진 시대에 세계의 이목이 신·재생 에너지 개발에 집중되고 있다. 여러 종류에 대체 에너지에 투자를 하고 있지만 가장 경쟁이 치열한 대체에너지는 태양광 발전이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 대한민국의 경우 현재 태양광 분야는 정부의 보급 정책과 기술개발 사업으로 점점 가속화 되고 있으며 대기업을 중심으로 한 태양광 산업에 대한 투자도 증가하고 있는 추세이다. 이에 힘입어 염료감응형 태양전지(DSC)의 각 분야에서 계속적인 개발이 이루어지고 있지만 효율개선 문제나 대면적화 문제, 전자의 흐름 개선 등 아직도 상용화를 위해서는 해결해야 할 많은 어려움을 가지고 있다.<sup>1-4)</sup> 하지만 조만간 그래첵 교수 연구팀의 특허권이 종료되며, 일본과 독일에서 상용화 제품이 출시될 것으로 기대된다. 상용화가 되었을 때, 중요한 요소는 생산성이다. 현재 염료감응형 태양전지의 제작 과정에서 염료 흡착 과정에 많은 시간이 소요된다. 즉 시간의 단축은 생산성의 증대와 수익과 직결된다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 염료 흡착 온도가 염료감응형 태양전지의 효율에 미치는 영향에 대해 알아보도록 한다.

**2. 본 론**

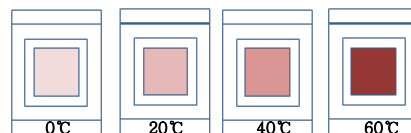
**2.1 염료감응형 태양전지의 제작**

광전극의 재료는 투명 전도성 기판(TCO : transparent conducting oxide)로 FTO( fluorine doped SnO<sub>2</sub>: 9.3Ω/㎠)를 사용하며 먼저 세척한 후에 그 위에 Doctor Blading 방법으로 Ti-Nanoxide HT/SP를 도포하여 450°C에서 소성 시킨다. Ruthenium 염료(N719)에 24시간동안 침지시켜 다공질의 TiO<sub>2</sub>에 염료가 잘 흡착할 수 있도록 한다. 이 때, 20개의 샘플을 4 Group으로 나누어 각각 5개씩 온도 조건을 달리하였다. 0°C에서 60°C까지 20°C간격으로 조절하였다. 80°C에 도달할 경우 염료 분자가 파괴되어 특성을 잃어버리기 때문에 60°C까지만 실험을 진행 하였다. 0°C는 General Purpose Refrigerator에서, 20°C는 상온에서, 40°C와 60°C는 그림 1의 Hot plate를 이용하여 온도를 유지 하였다.

24시간이 지난 후, 흡착되지 않고 남은 염료는 무수 에탄올로 깨끗이 세척하고 건조하여 준비한다. 상대전극은 FTO glass의 양 모서리 끝에 Sand blast로 전해질 주입을 위한 pin-hole을 뚫어 세척하고 건조한다. 그리고 촉매역할을 하는 백금을 증착하기 위해서 10<sup>-5</sup>Torr를 기준으로 2.8×10<sup>-3</sup>Torr, 100°C에서 120W의 RF sputter power를 인가함으로써 100~200nm의 두께로 Pt 박막층을 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.

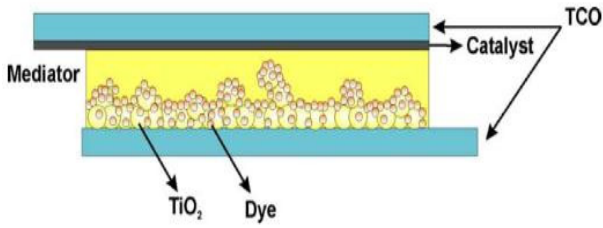
**2.2 염료 흡착 온도 실험**

기존의 염료감응형 태양전지 제작 공정 중 염료 흡착 과정은 상온에서 이루어졌다. 그러나 염료가 충분히 흡착되도록 24시간 침지시켜 총 제작 시간이 길어지는 문제점이 있었다. 그래서 본 연구에서는 염료 흡착 온도에 따른 효율 변화가 있다면 흡착 시간을 줄일 수 있을 것이라 기대하고 실험을 진행하였다. 온도는 0°C에서 60°C까지 20°C간격으로 각 조건에 5개의 샘플을 준비하였다. 시간은 기존의 실험과 동일하게 24시간 침지시켰다. 24시간이 지난 후 실험 장치를 해체하고 샘플들을 살펴보았다. 특히하게 60°C에서는 용기에 담겨져 있던 염료들이 모두 기화되어 남아있지 않았다. 재료가 손실되는 문제점을 드러냈다. 염료가 흡착된 상태를 그림 2에 나타내었다. 0°C와 20°C에서는 충분히 흡착되지 않았으며, 60°C에서 흡착이 가장 잘 되었다고 할 수 있다.



〈그림 2〉 Photo-electrode prepared by controlling the coloring temperature

하지만 그림 3에서 보는 것과 같이 TiO<sub>2</sub>층 위에 흡착되어 있는 염료 두께가 너무 두꺼울 경우 빛을 받아 여기한 염료가 내어 놓은 전자가 이동해야할 계면이 증가하여 오히려 전류 밀도의 감소를 발생시킬 수 있다.



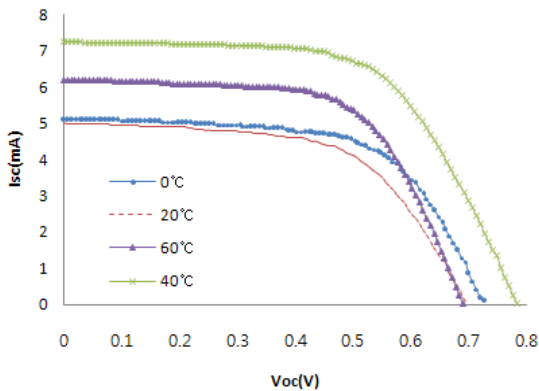
〈그림 3〉 DSC의 구조

표 1에서 솔라 시뮬레이터 (AM 1.5 Global, 100mW/cm<sup>2</sup>, and 25°C)로 측정된 데이터를 보면, 40°C에서 염료 흡착을 한 경우에 가장 좋은 특성을 보이고 있다. 40°C에서 염료 흡착이 가장 잘 된 것을 알 수 있으며, 전류밀도도 7.26 mA/cm<sup>2</sup>로 가장 높다. 60°C에서는 필요 이상의 열에너지가 가해져서 특성이 나빠졌다.

〈표 1〉 Device performance parameters of DSC with the different coloring temperature

Temperature	Voc (V)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Pmax (mW)	FF	η (%)
0°C	0.73	5.10	2.29	0.62	2.29
20°C	0.70	5.00	2.05	0.59	2.05
40°C	0.78	7.26	3.47	0.61	3.47
60°C	0.69	6.21	2.68	0.63	2.68

그림 4는 염료 흡착 온도에 따른 특성 출력 특성을 나타내는 I-V Curve이다. 확연하게 40°C가 특성이 좋음을 알 수 있다.



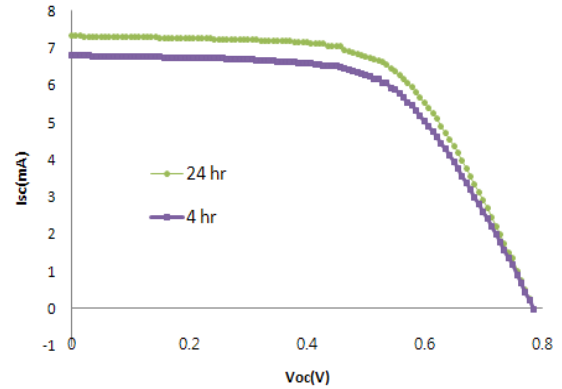
〈그림 4〉 I-V curves of DSC with the different coloring temperature

### 2.3 염료 흡착 시간 실험

온도 변화에 따라 효율에 변화가 있음을 알았다. 흡착 시간 실험에서는 40°C에서 24시간, 4시간 두 조건에서 염료 흡착을 하여 공정 시간의 단축 가능성에 대해 알아보았다. 표 2에서 보면 4시간만 흡착한 경우가 24시간 흡착한 경우의 효율에 미치지 못하는 것 하지만 거의 비슷한 성능을 보이고 있다.

〈표 2〉 Device performance parameters of DSC with the different coloring temperature

Temperature / Time	Voc (V)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	Pmax (mW)	FF	η (%)
40°C / 24 hr	0.78	7.33	3.50	0.61	3.50
40°C / 4 hr	0.78	6.81	3.23	0.61	3.23



〈그림 5〉 I-V curves of DSC with the different coloring time at 40°C

그림 5는 염료 흡착 시간에 따른 특성 출력 특성을 나타내는 I-V Curve이다. 전류 밀도를 제외하고 나머지 특성은 비슷함을 알 수 있다. 흡착 시간을 좀 더 세분화 하면 최적 시간을 찾을 수 있을 것으로 기대된다.

### 3. 결 론

염료감응형 태양전지가 상용화가 되었을 때, 중요한 요소는 생산성이다. 즉, 공정 시간을 단축할 필요성이 있는 것이다. 본 연구에서는 염료 흡착 온도 실험을 통해 최적의 흡착 온도가 존재함을 인식하였고, 차후에 추가 실험을 하여 흡착 시간을 단축함과 동시에 효율 향상을 기대 할 수 있었다. 흡착 온도가 40°C일 때 전류밀도는 7.33 mA/cm<sup>2</sup>, 효율은 3.50%로 가장 좋은 셀 특성을 나타내었다. 4시간 동안 염료를 흡착한 경우도 24시간 동안 흡착한 셀 효율의 92.3%에 미치는 결과를 얻었다.

### 후 기

본 연구는 기초연구지원기초과학-단독연구(과제번호 : D00283) 염료감응형 태양전지 연구의 일환으로 수행되었습니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] B. O'Regan, M. Grätzel, "Optical electrochemistry I: steady-state spectroscopy of conduction band electrons in a metal oxide semiconductor electrode", Chemical Physics Letters, Vol.353, pp 737-739, 1991
- [2] S. Ngamsinlapasathian, S. kulkhaemaruethai, "Highly efficient dye-sensitized solar cell using nanocrystalline titania containing nanotube structure", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Vol.164, pp 145-151, 2004
- [3] K. Okada, H. Matsui, T. Kawashima, T. Ezure, "100 mm × 100 mm large-sized dye sensitized solar cells", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Vol.164, pp 193-198, 2004
- [4] Zhaoyue Liu, Kai Pan, Min Liu, Qinglin Zhang, Jun Li, Yang Liu, "Influence of the binder on the electron transport in the dye-sensitized TiO<sub>2</sub> electrode", Thin Solid Films, Vol.484, pp 346-351, 2005