

# 염료감응 태양전지에서 전면전극/FTO 사이에 완충층으로서의 PLD로 증착한 TiO<sub>2</sub> 박막에 관한 연구

송상우, 노지형, 이경주, 지민우\*, 문병무

고려대학교, (주)다이솔티모\*

## A Study on TiO<sub>2</sub> Thin Film by PLD for Buffer Layer between Front Electrode and FTO of Dye-sensitized Solar Cell

Sang-Woo Song, Ji-Hyoung Roh, Kyung-Ju Lee, Min-Woo Ji\* and Byung-Moo Moon  
Korea Univ., Dyesol-Timo\*

**Abstract :** Dye-sensitized Solar Cell (DSC) is a new type of solar cell by using photocatalytic properties of TiO<sub>2</sub>. The electric potential distribution in DSCs has played a major role in the operation of such cells. TiO<sub>2</sub> thin films were deposited on the FTO substrate by Nd:YAG Pulsed Laser Deposition(PLD) at room temperature and post-deposition annealing at 500°C in flowing O<sub>2</sub> atmosphere for 1hour. The structural properties of TiO<sub>2</sub> thin films have investigated by X-ray diffraction(XRD). We manufactured DSC unit cells then I-V and efficiency were tested by solar simulator.

**Key Words :** TiO<sub>2</sub> thin film, PLD, DSC

### 1. 서 론

염료감응 태양전지는 식물의 광합성 원리와 유사한 동작원리를 갖는 태양전지이다. 염료감응 태양전지의 구조는 빛을 받아 전자를 만들어내는 염료, 염료가 흡착되는 산화물 반도체, 촉매 작용을 하는 상대전극, 산화/환원작용이 일어나는 전해질로 이루어져 있다. 염료에서 발생된 전자는 산화물 반도체를 통해 기관으로 이동하고, 이동된 전자는 외부회로를 통하여 상대전극으로 이동후 전해질을 통해 염료분자가 환원됨으로써 동작원리가 완성된다. 반도체 산화물층 아래에 완충층이 존재하면 (1)번 식과 같은 전해질과 전자의 재결합을 감소시켜 전류밀도를 증가시킨다.[2][3][4]

$$I_3^- + 2e^-(FTO) = 3I^- \quad (1)$$

본 논문에서는 PLD를 이용하여 FTO기관위에 TiO<sub>2</sub>박막을 형성하여 완충층이 있는 염료감응 태양전지와 기존의 염료감응 태양전지의 효율 및 개방전압, 단락전류를 측정하여 비교해 보았다.

### 2. 실험

본 논문에서 제작된 TiO<sub>2</sub>박막은 Pulsed Laser Deposition(PLD)방법을 이용하여 제작되었다. 기관을 Pilkington사의 TEC 15, 2.2T의 FTO기관을 사용하였다. 기관은 아세톤, 에탄올, DI water순으로 10분씩 초음파세척기를 이용하여 세척한 후 사용 하였다. 막박 증착시 조건은 아래 표1과 같다.

Pressure	base	2.5 * 10 <sup>-5</sup> Torr
	working	100 mTorr
Laser	Frequency	11Hz
	Delay time	240 μs
	Voltage	1.42 kV
Target	Material	Ti
Deposition	Temperature	R.T
	Time	1, 3, 5 min
Annealing	Temperature	500 °C
	Time	1h

염료감응 태양전지의 전면전극을 완충층이 증착된 기관과 완충층이 없는 기관을 사용하여 형성하였다. 전면전극 형성시 상용 TiO<sub>2</sub> paste(Dyesol, DST 18NR-T)를 사용하여 doctor blade법을 이용하여 형성 하였다. 열처리는 convection oven을 이용하여 480°C에서 1시간 동안 열처리를 하였다. 열처리가 끝난 후에 N719염료를 이용한 침지 용액을 하루 동안 침지시켜 염료가 흡착 되도록 하고, 무수에탄올을 이용하여 세척하여 전면전극을 완성하였다.

상대전극은 Pt paste(Solaronix, Pt catalyst T/SP)를 이용하여 제조 하였다. 기관은 FTO기관을 사용하였으며, 세척 전에 전해질 주입을 위한 구멍을 sand blaster를 이용하여 뚫은 후 아세톤, 에탄올, DI water순으로 10분씩 초음파세척기를 이용하여 세척하였다. Doctor blade법을 이용하여 기관에 Pt paste를 프린팅한 후, convection oven을 이용하여 400°C에서 30분간 열처리를 하여 상대전극을 완성 하였다.

완성된 전면전극과 상대전극을 샌드위치 형태로 조립하

표 1. PLD system의 증착 조건.

고 상대전극 쪽 구멍을 이용하여 I/I<sub>3</sub> 계열의 AN-50 전해질을 주입하여 태양전지를 완성 하였다.

완성된 염료감응 태양전지는 solar simulator를 이용하여 Isum(100mw/cm<sup>2</sup>)의 조건에서 I-V값을 측정 하였다.

완성된 TiO<sub>2</sub>전극과 상대전극을 샌드위치 형태로 조립하고 상대전극 쪽 구멍을 이용하여 I/I<sub>3</sub>-계열의 AN 50 전해질을 주입하여 셀을 완성 하였다.

완성된 염료 감응형 태양전지는 solar simulator를 이용하여 1 sun(100mW/cm<sup>2</sup>)의 조건에서 I-V값을 측정 하였다.

### 3. 결과 및 검토

그림 1은 PLD방법에 의해 형성된 TiO<sub>2</sub>박막의 XRD결과를 나타낸 것이다. 그림 1의 (a)에서 볼수 있듯이, 박막 형성한 뒤 후 열처리하지 않은 상태에서는 박막이 amorphous형태임을 알 수 있다. 하지만 500℃ 열처리 후에는 그림1의 (b)에서 확인할 수 있는 것처럼 아나타제 peak가 나타나는 것을 알 수 있었다. 이는 후 열처리 과정을 통하여 막의 결정성이 향상되었다고 판단된다.

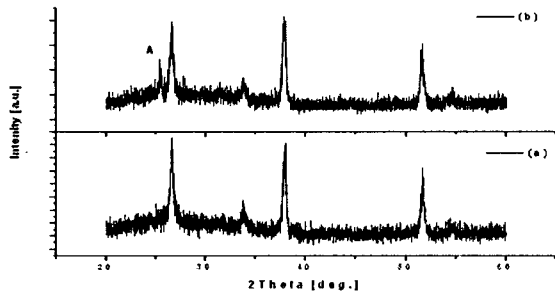


그림 1. 제조된 시편의 미세구조.

XRD결과를 토대로 하여 그림1의 (b)조건을 적용하여 태양전지를 제작 하였다. 그림2는 제작된 태양전지의 dark current를 측정한 결과를 나타낸 것이다.

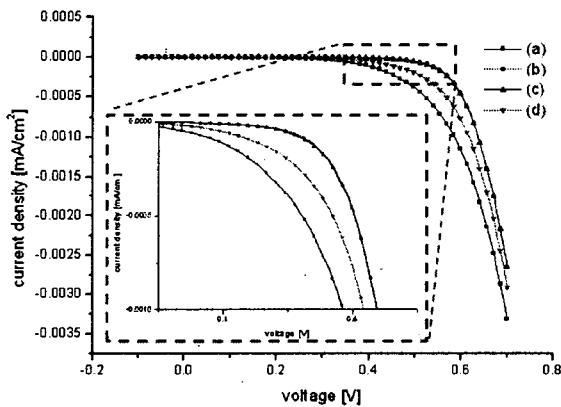


그림 2. 측정된 dark current.

- (a) without buffer layer (b) depo. time 1min
- (c) depo. time 3min (d) depo. time 5min

그림 3은 염료감응 태양전지의 I-V특성 곡선을 나타낸 것이다. 일반적으로 태양전지의 효율은 식 (2)와 같이 표현된다.[4] 표2는 그림 2와 같이 측정된 결과를 이용하여 완충층의 유무와 두께에 따라 염료감응 태양전지의 개방전압(Voc), 단락전류(Isc), 충전율(FF) 및 광전변환효율(Eff.)을 계산하여 나타낸 것이다.

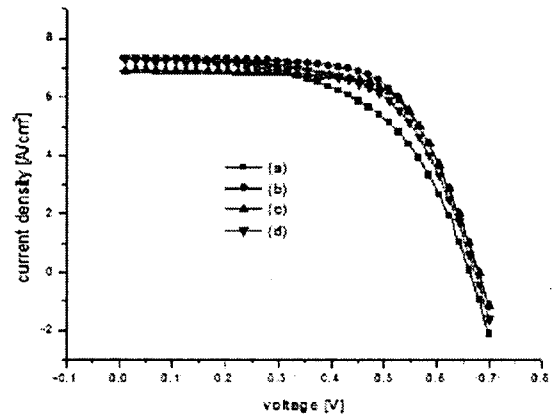


그림 3. 측정된 I-V 곡선.

표 2. Solar simulator를 이용하여 측정된 값.

	(a)	(b)	(c)	(d)
Voc [v]	0.66	0.68	0.67	0.67
Jsc [mA/cm <sup>2</sup> ]	6.60	7.33	6.90	6.74
FF [%]	0.61	0.65	0.66	0.60
Eff. [%]	2.68	3.22	3.16	2.70

표2로부터 알 수 있듯이 FTO기판과 태양전지의 전면전극 사이에 완충층이 존재 함으로써 전류밀도 값이 10% 이상 증가한 것을 보여준다. 이와 같은 전류밀도의 증가는 염료감응 태양전지의 FTO기판에서 전해질과의 재결합이 일어나는데 이러한 재결합을 완충층이 차단하였기 때문이라 추측된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 PLD를 이용하여 제작된 완충층용 TiO<sub>2</sub> 박막의 존재에 따라 염료감응 태양전지에 미치는 영향을 알아 보았다. 태양전지에서 완충층이 존재 함에 따라 전류밀도는 10%, 광전변환효율은 12%증가함을 보였다. 이는 완충층이 기판과 전해질 사이에서 일어나는 재결합을 효과적으로 차단했기 때문으로 추측된다.

### 참고 문헌

- [1] Brian O'Regan, Michael Gratzel, Nature. 353 737, 1991
- [2] Ryo Hattori, Hajime Goto, Thinsolidfilms, 515 8045, 2007
- [3] Petra J. Cameron, Laurence M. Peter, J.Phys. ChermB, 107, 14394, 2003
- [4] Hua Yu et al. ElectrochimicaActa, 54, 1319, 2009