

# 나노물질의 레이저 저온 공정의 개발 및 에너지 소자에 의 응용

## Low temperature nanomaterial laser process development and application in energy devices

\*여준엽<sup>1</sup>, 강현욱<sup>1</sup>, 홍석준<sup>1</sup>, 성형진<sup>1</sup>, #고승환<sup>1</sup>

\*J. Yeo<sup>1</sup>, H. W. Kang<sup>1</sup>, S. Hong<sup>1</sup>, H. J. Sung<sup>1</sup>, #S. H. Ko(maxko@kaist.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>카이스트 기계항공공학부

Key words : Laser sintering, energy devices, nanoparticles, printed electronics

### 1. 서론

염료감응형 태양전지는 높은 효율과 저가의 공정에 대한 가능성으로 기존의 고가의 결정질 실리콘 태양전지의 경제적인 대안으로 각광을 받고 있다. [1-2] 일반적으로 나노다공성 TiO<sub>2</sub> 전극은 TiO<sub>2</sub> 슬러리를 blading 으로 만든 박막을 450°C 의 고온으로 열처리를 하여 제작되기도 하고 spray pyrolysis[3]와 polymer pyrolysis[4]를 이용하여 제작되기도 한다. 일반적으로 이런 기존 공정들은 굉장히 높은 공정 온도를 수반하기 때문에 플라스틱 기관이 이용되기 위해서는 공정온도를 낮춰야 하는 근본적인 대책이 필요하다. 현재 낮은 온도로 열처리를 할 수 있는 염료감응형 태양전지도 연구되고 있지만 전기적인 성질들은 기존의 높은온도의 열처리 공정에 비해 현저히 낮은 효율을 보이고 있다. 이와 관련하여 본 연구실은 고효율의 태양전지를 플라스틱 기관 위에 구현할 수 있는 레이저 공정을 연구하고 있다. 레이저 저온공정을 이용하여 스프레이 공정을 통해 형성된 TiO<sub>2</sub> 나노입자 박막을 기능성 다공성 박막을 PET 플라스틱 기관위에 제작하였다. 제작된 유연염료감응형 태양전지는 기존의 고온 열처리 공정으로 구현된 유리기관위의 태양전지와 비슷하거나 높은 효율을 보였다.[5]

### 2. 실험

TiO<sub>2</sub> 나노입자는 에어로젯 방법을 이용하여 ITO 가 코팅된 PET 기관위에 박막이

형성되었고 박막형성과 동시에 레이저에 의해 열처리 되었다. 나노입자 용액은 TiO<sub>2</sub> 나노입자를 물, nitric acid, Triton, 에탄올, 메탄올의 혼합물을 이용하였으며 collision nebulizer 에 질소기체를 매개로 삼아 에어로젯을 형성하였다. 에어로젯은 기관에 45 도의 기울기로 분사되었으며 KrF 엑시머 레이저(248nm)가 에어로젯에 수직으로 조사되었다. 레이저는 fly's eye 형태의 homogenizer 를 통해 크고 균일한 레이저 빔 프로파일을 가지게 되었다. 에어로젯은 0.8mL/min 의 속도로 만들어졌으며 만들어지는 나노입자 박막의 두께는 에어로젯 공정 시간에 의해 결정되어진다. 레이저 공정에 의해 만들어진 면적은 0.35cm<sup>2</sup>이다.

염료감응형 태양전지를 만들기 위해 레이저 공정에 의해 만들어진 나노다공성 구조체는 상온에서 약 15 시간동안 에탄올 - ruthenium 535-bis(tetrabutylammonium)염료용액에 담가둔후 세척후 건조 시킨다. 반대편 전극으로 스크린 프린팅을 통해 Pt 촉매를 유리/SnO<sub>2</sub> 면에 올리고 400°도로 가열하여 투명한 Pt 전극을 완성한다. 그리고 Pt 전극과 염료코팅이 된 TiO<sub>2</sub> 나노다공성 전극을 25micron 두께의 Surlyn spacer 를 이용하여 쥘링한다. 마지막으로 I<sub>3</sub><sup>-</sup>/I<sup>-</sup> redox electrolyte 를 두 전극사이에 채워넣어서 태양전지를 완성한다.

완성된 태양전지는 AM 1.5G 의 100 mW/cm<sup>2</sup> 의 solar simulator 와 semiconductor analyzer 를 이용하여 J-V 특성을 측정하여 효율을 계산하였다.

### 3. 결과 및 토의

Fig. 1 은 다양한 레이저 에너지를 이용한 공정을 통해 만들어진  $\text{TiO}_2$  다공성 나노구조체의 전자주사현미경 사진과 XRD (x-ray diffraction) 결과를 나타낸다.  $33.7 \text{ mJ/cm}^2$  이하의 레이저 에너지에서는  $\text{TiO}_2$  나노입자들에 별다른 변화가 없었고 XRD 패턴 그래프에 anatase 와 rutile 사이의 비도 크게 변하지 않았다. 레이저의 에너지를 증가시키면서 용융과 나노입자간의 응집을 통해 나노입자의 크기가 점점 더 증가하였으며 XRD 패턴도 anatase 와 rutile 사이의 비도 크게 변화하여 rutile 의 비율이 많이 증가함을 보여주었다.

Fig. 2 는 플라스틱 기판위에 만들어진 염료감응형 태양전지와 J-V 특성을 보여준다. 레이저 공정의 특징은 기판의 온도를  $400^\circ\text{C}$  까지 올리지 않고도  $\text{TiO}_2$  나노입자를 나노다공성 구조체로 만들수 있기 때문에 플라스틱 기판위에 염료감응형 태양전지를 만들 수 있고 레이저 에너지를 조절해서 쉽게 다른 크기의 나노구조체를 만들수 있는 장점을 가지고 있다. Fig. 2 에서 볼 수 있듯이  $60.7 \text{ mJ/cm}^2$  의 낮은 레이저 에너지에서 세밀한 나노다공성 구조체를 만들어서 염료의 코팅을 위한 표면적을 증가시키고  $80.9 \text{ mJ/cm}^2$  의 높은 에너지의 레이저 공정을 이용하여 좀 더 큰 나노입자를 만들어서 기능성 2 중층을 만들어서 전체 효율을 증가시킬수 있었다.

### 후기

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업(B5511 79-10-01-00), 한국지식경제부 산업원천기술개발사업 (10032145), 한국연구재단 일반연구자사업 신진연구(2010-0003973)의 연구비 지원으로 수행 되었습니다.

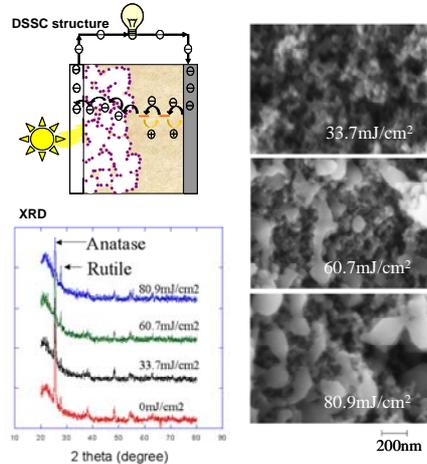


Fig. 1 XRD & SEM picture of laser annealed  $\text{TiO}_2$  nanoparticles.

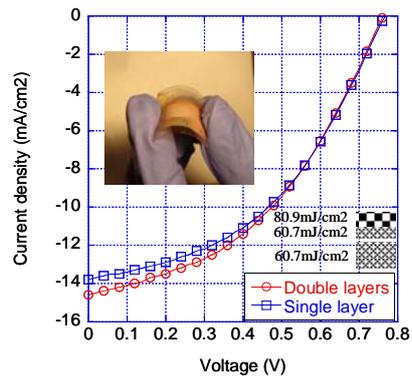


Fig. 2 J-V characteristics of laser processed DSSC on a plastic substrate.

### 참고문헌

1. O'Regan, B., Gratzel, M., 1991, Nature, **353**, 737 1991.
2. Gratzel, M., Nature, **414**, 338, 2001
3. Okuya, M., Nakade, K., Osa, D., Nakano, T., Kumara, G.R.A., Kaneko, S., J. Photochem. Photobiol., A **164**, 167, 2004.
4. Stathatos, E., Lianos, P., Adv. Mater., **19**, 3338, 2007.
5. Pan, H., Ko, S.H., Misra, N., Grigoropoulos, C.P., Applied Physics Letters, **94**, 071117, 2009.