

## 유리기판 표면 Etching을 통한 분광특성연구

# A Study on the Electrical Characteristics of Dye-Sensitized Solar Cell with Glass Substrate surface Etching

김 해 마 로\*, 이 돈 규\*★

Haemaro Kim\*, Don-Kyu Lee\*★

### Abstract

The optical loss is caused by reflection on the surface of the solar cell, without being absorbed inside the solar cell. Research is actively being conducted to reduce optical loss due to such reflection of light and to improve conversion efficiency of solar cells. In this paper, the surface of the FTO glass substrate was wet etched, and the structural characteristics of the tough surface were evaluated. In addition, optical properties on the surface were analyzed, etched using spectrometer. When light was introduced to a rough surface formed by etching, it was confirmed that the multiple reflections reduced the amount of light reflection from the surface, thereby increasing the amount of light penetrating the glass substrate.

### 요 약

광학적 손실은 태양전지 표면에 조사되는 빛이 태양전지 내부로 흡수되지 않고 표면에서 반사되어 발생하는 손실이다. 이러한 빛의 반사로 인한 광학적 손실을 줄이고 태양전지의 변환 효율을 높이기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 유리기판 표면을 습식 식각을 사용하여 표면을 거칠게 형성해 식각된 표면의 구조적 특성을 평가하였고, 분광기를 통해 식각된 표면의 광학적 특성을 분석하였다. 식각을 통해 형성되는 분화구 모양의 거친 표면은 입사되는 빛을 태양전지 내부로 재흡수하여 빛의 반사를 줄어들었고, 이에 따라 투과되는 빛이 증가하였음을 확인하였다.

*Key words : Wet Etching, Transmittance, Reflectance, Absorbance, Glass Texturing, FTO glass*

### 1. 서론

태양전지의 에너지 변환 효율 향상을 위한 방법 중 표면에 입사되는 빛의 반사로 일어나는 광학적 손실을 줄이는 것이 매우 중요하다. 일반적인 태양광 모듈에 빛이 조사될 때 모듈의 유리 표면에서는 입사각에 따라 빛이 태양전지 내부로 흡수되지 못하고 반사된다. 따라서 태양전지 에너지 변환 효율

을 개선하기 위해서는 태양전지 표면에서의 반사로 인한 손실을 줄여 광 포집 효과를 증가시키는 것이 매우 중요하다. 표면 반사손실을 감소시켜 광의 흡수를 증가시키는 방법으로는 반사 방지막 코팅(anti-reflection coating) 및 표면 식각(surface etching)이 주로 사용되고 있다. 유리 표면의 반사 방지막 코팅 및 표면 식각 처리로 광 투과율을 증가시키면 반사되는 태양광의 비율을 감소시켜 발

\* Dept. of Electrical Engineering, Dong-Eui University

★ Corresponding author

E-mail : donkyu@deu.ac.kr, Tel : +82-51-890-1666

Manuscript received, Jun. 6, 2019; revised, Jun. 11, 2019; accepted, Jun. 13, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

전량이 향상되게 된다. 반사 방지막 코팅의 경우 상층에서 반사되는 빛과 하층에서 반사된 빛이 상쇄간섭을 일으켜 태양전지 표면에서의 빛 반사를 줄일 수 있다. 기판 표면의 식각은 반사 방지 코팅과 함께 이루어지거나 혹은 그 자체로 빛의 반사를 최소화하는데 사용될 수 있다. 표면을 거칠게 만들어 주면 빛이 조사될 때 반사되는 빛이 밖으로 나가기보단 다시 표면으로 반사되어 광학적 손실을 줄일 수 있다[1-4]. 이러한 표면 식각으로는 건식 식각(dry etching) 및 습식 식각(wet etching)이 있으며, 습식 식각법의 경우 선택비가 매우 우수하며 에칭 용액의 농도와 온도를 이용해 식각 속도를 쉽게 조절할 수 있는 장점이 있다. 그리고 건식 식각법에 비해 장비의 구조가 매우 간단하여 가격이 낮은 장점이 있다. 건식 식각법은 습식에서 액상의 화학물질을 사용하는 것과 달리 기상의 화학물질이 제거하고자 하는 물질과 반응하여 휘발성이 강한 반응부산물을 형성하도록 한다. 플라즈마 없이 이용하는 기술도 일부 있지만, 대부분 플라즈마를 사용하는 것이 일반적이다[5].

본 논문에서는 선택비가 매우 우수하고, 식각 용액 농도와 온도만으로 식각 속도를 조절 가능하며 공정 구조가 간단하고 비용이 저렴한 습식 식각법을 통해 유리기판 표면을 식각하고 염료 감응 태양전지를 제작하였다. FTO(Fluorine doped thin oxide) 유리기판을 HF(Hydrofluoric Acid) 용액에 식각하여 표면을 거칠게 형성해 빛이 조사될 때 거친 표면에 의해 내부로 흡수되는 빛의 양이 증가해 태양전지의 단락 전류 및 효율이 개선될 것임을 기대하였다.

## II. 본론

본 실험에서는 산과 염기 내에서 화학적 안정성을 지니고,  $TiO_2$ 와 친화력으로 생성된 전자의 에너지 손실을 줄여주는 FTO 유리기판을 사용하였다. 표면 식각에는 선택비가 우수하고 가격이 저렴하며, 식각 용액의 농도와 온도만으로 식각 속도를 쉽게 조절할 수 있는 습식 식각법을 사용하였다[5]. 먼저 FTO가 코팅된 유리기판을 식각하기 위해서 전면을 PI tape로 덮어 주었다. PI tape를 부착하는 이유는 유리기판을 HF 용액에 식각하는 경우 Backside가 동시에 식각되기 때문에 전면의 효과

를 얻기 위해서 PI tape를 부착하였다. 다음으로 식각 용액(HF:DIW=10ml:10ml)을 상온에서 제조하고 용액 내에 PI tape를 부착한 유리기판을 5분, 10분, 15분씩 각각 침지 시켜두었다. 시간별 Etching이 끝난 후 부착되어 있던 PI tape를 제거하고, 증류수에 세척을 진행하였다. 그리고 아세톤, 에탄올, 증류수 순으로 각각 10분씩 초음파 세척을 진행하고 식각을 완료하였다[6].

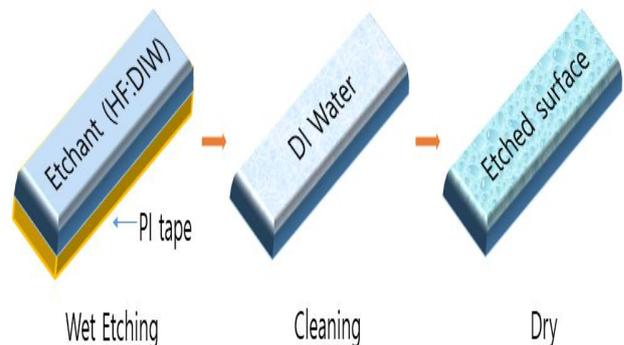
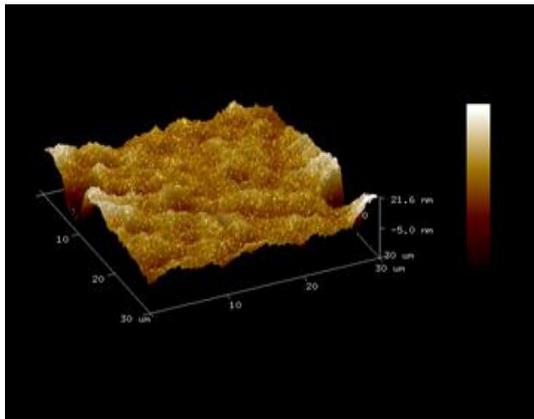


Fig. 1. Glass substrate surface Etching Process.

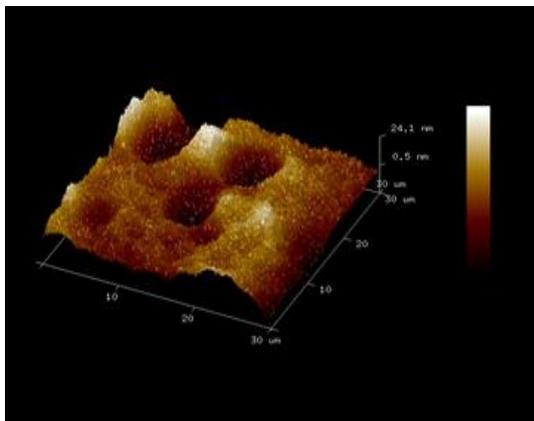
그림 1. 유리기판 표면 식각 공정

그림 2는 식각 후의 FTO 유리기판 표면의 구조적 특성을 알아보기 위해  $30 \times 30 \mu m^2$  scan size로 측정된 AFM(Atomic Force Microscope) 이미지로 표면이 거칠어지고 분화구 모양의 구조가 형성되어 있음을 확인할 수 있다. 그림 2 (a)의 경우 분화구의 모양이 국부적으로 형성되어있으며, (b)의 경우 표면의 분화구들이 비교적 균일하게 형성되어 있음을 볼 수 있다. 이러한 분화구 모양의 구조는 태양광이 유리기판 표면에 입사 될 때 다중반사를 일으켜 태양전지 내부로 재흡수 되며 반사로 인한 손실을 감소시키게 됨으로써 태양전지 단락 전류를 높일 수 있다. 반면에 그림 (c)의 표면은 형성된 분화구들이 서로 합쳐져 평탄하게 변화한 형상을 띄고 있다. 이는 태양광이 유리기판 표면에 입사 될 때 평탄하게 된 표면에 의해서 빛의 반사가 증가하게 되어 단락 전류가 다시 감소 될 것을 예상할 수 있다.

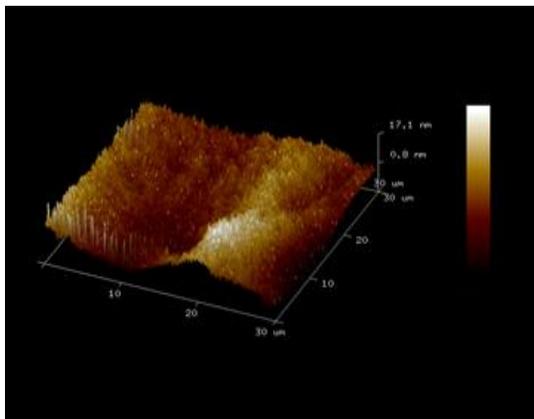
광 투과도는 태양전지의 전자 발생과 효율에 직접적인 영향을 미치게 된다. 그림 3, 4, 5은 FTO 유리기판 표면의 광학적 특성을 분석하기 위해 UV-Vis Spectrometer(BKV-1800PC) 장비로 측정 한 결과이며, 기판 모두 350-800[nm]의 파장 영역에서 측정하였다.



(a) 5 min Etching



(b) 10 min Etching



(c) 15 min Etching

Fig. 2. AFM image of glass substrate by Etching time.  
그림 2. 식각 시간에 따른 유리기판의 AFM 이미지

그림에서 표면 식각 전의 FTO 유리기판을 기준으로 표면을 5분간, 10분간 식각 처리한 유리기판의 경우 짧은 파장부터 긴 파장까지 전체적으로 빛 투과량이 증가하였고, 표면에서 일어나는 반사는 줄어들었으며, 유리기판이 흡수하는 빛의 양도 줄어들었음을 확인할 수 있다. 반면에 15분간 표면 식각 처리한 유리기판의 경우에는 식각 전의 기본

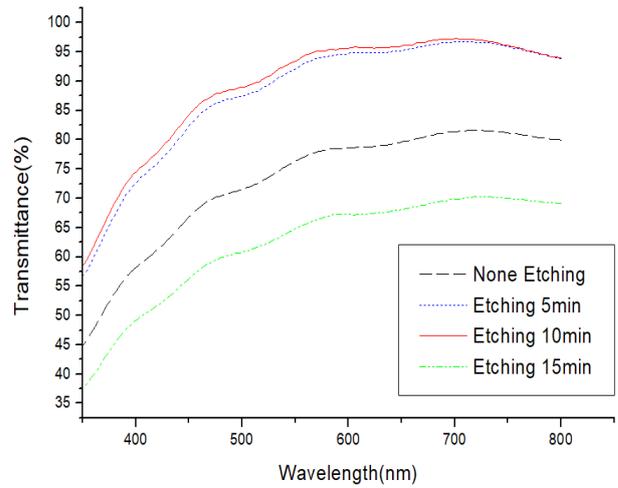


Fig. 3. Transmittance of glass substrate by Etching time.  
그림 3. 식각 시간에 따른 유리기판의 투과도

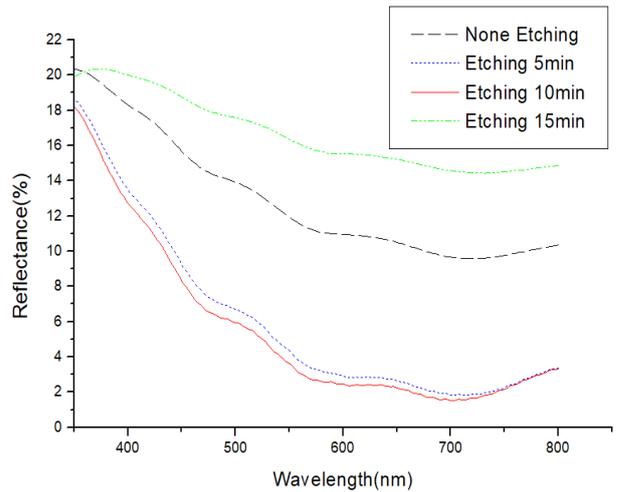


Fig. 4. Reflectance of glass substrate by Etching time.  
그림 4. 식각 시간에 따른 유리기판의 반사도

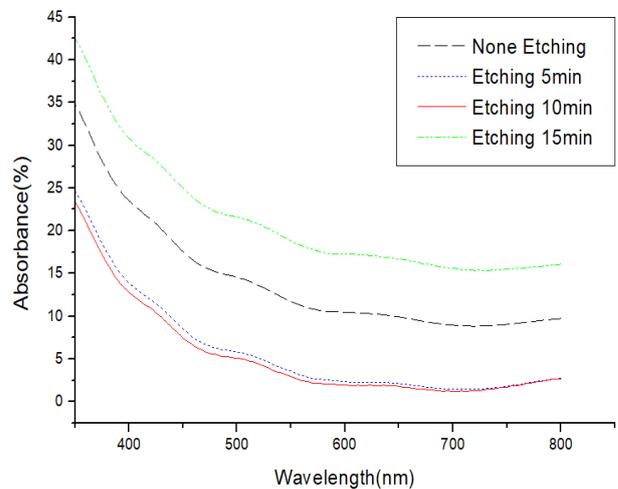


Fig. 5. Absorbance of glass substrate by Etching time.  
그림 5. 식각 시간에 따른 유리기판의 흡광도

FTO 유리기판과 비교해서 빛의 투과량이 전 과정에서 감소했음을 확인할 수 있다. 이는 유리기판 표면에서의 반사되는 빛의 양과 FTO 유리기판 쪽으로 흡수되는 빛의 양이 증가하였기 때문이다.

### III. 결론

본 논문에서는 입사되는 태양광의 표면 반사에 의한 광학적 손실을 줄이기 위해 산과 염기 내에서 화학적 안정성을 지니고, TiO<sub>2</sub>와 친화력으로 인해 생성되는 전자의 에너지 손실을 줄여주는 FTO 유리기판을 HF 용액에 시간별로 식각하여 구조적, 광학적 특성을 평가하였다. 식각을 통한 유리기판 표면의 구조적 특성 평가는 AFM 이미지를 통해 확인하였으며, UV-Vis Spectrometer로 유리기판의 투과도, 반사도 및 흡광도를 측정하여 광학적 특성을 분석하였다. 실험결과를 통해서 FTO 유리기판 표면을 식각하여 태양광이 입사되는 표면이 거칠어지게 되면 평탄한 구조와는 달리 표면에서 다중반사 효과가 발생하게 되고 그로 인해 소자 내부로 더 많은 광자가 흡수될 수 있음을 확인하였다. 그러나 식각 시간이 길어질수록 표면이 거친 분화구 형상의 구조들이 다시 평탄한 구조로 형성되어 유리기판 표면에서의 빛의 반사가 증가할 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 수행한 실험을 바탕으로 향후 일정 시간 유리기판 표면을 식각하여 태양광이 입사되는 표면을 거친 분화구 구조로 형성시켜 염료 감응 태양전지(Dye-Sensitized Solar Cell, DSSC)를 제작할 경우 다중반사 효과에 의해서 소자 내부로 더 많은 광자가 흡수되어 태양전지의 단락 전류가 향상되고 그에 따라 효율 또한 증가하는지에 대한 연구가 사료된다.

### References

[1] M. S Jeon, S. Yoshiba and Koichi Kamisako, "Intrinsic amorphous silicon (a-Si:H) thin film prepared by using remote plasma chemical vapor deposition method and used as a passivation layer for a heterojunction solar cell," *J.Korean Phys. Soc.* Vol.54, pp.194-199, 2009.  
DOI: 10.4313/TEEM.2009.10.3.075

- [2] A. Bolonkin, "New concept of high speed AB Solar sail," *IEEE. Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol.44, pp.1538-1542, 2008. DOI: 10.1109/TAES.2008.4667728
- [3] P. Campbell, M.A. Green, *J. Appl. Phys.* pp. 243-246, 1987.
- [4] H. Saha, S. K. Datta, K. Mukhopadhyay, S. Banerjee, M. K. Mukherjee, *Electron Devices, IEEE Transactionss on* 39, 1100, 1992.
- [5] Jeong Kim, "Formation of porous silicon anti reflection layer for silicon solar cell," *J.Korean Phys. Soc.* Vol.50, pp.1168-1171, 2007.
- [6] Dae-Young Kong, Dong-Hyun Kim, Sung-Ho Yun, Young-Ho Bae, In-Sik Yu, Chan-seob Cho and Jong-Hyun Lee, "Solar Module with a Glass Substrate of AG(Anti-Glare) Structure," *Journal of the Korean Vacuum Society*, Vol.20, No.3, pp.233-241, 2011.

### BIOGRAPHY

#### Haemaro Kim (Member)



2016 : BS degree in Electrical Engineering, Dong-Eui University.  
2018 : MS course in Electrical Engineering, Dong-Eui University.

#### Don-Kyu Lee (Member)



2002 : BS degree in Electrical Engineering, Pusan National University.  
2004 : MS degree in Electrical Engineering, Pusan National University.  
2007 : PhD degree in Electrical Engineering, Pusan National University.  
2008~ : Professor in Electrical Engineering, Dong-Eui University.