

입사각에 따른 에칭 기관의 분광특성분석

Analysis of the Spectrum Characteristics of Etched Glass Surface by Incident Angle

김 해 마 로*, 이 돈 규**

Haemaro Kim*, Don-Kyu Lee**

Abstract

Lights that enter the surface of a solar cell cannot be absorbed inside all of the solar cells, and some of it is reflected off the surface of the substrate, resulting in loss. Because of this, many studies are underway to reduce reflective losses on the surface of substrates or to steam the generated charge inside the solar cell. In this paper, surface treatment for forming a rough surface by wet etching the surface of a glass substrate is advanced, and structural characteristics of the rough surface are analyzed. Then, spectral characteristics by changing the angle of the glass substrate to which light enters the company are analyzed. When the light entering the company is investigated on a etched surface, it is confirmed that the probability of re-absorbing the light inside the glass substrate by multiple reflection is increased. When entering the light while changing the angle of the glass substrate, the transmission and reflection performance of the light are not changed.

요 약

태양전지의 표면으로 입사되는 빛은 태양전지의 내부로 모두 흡수되지 못하고 그 일부가 기관 표면에서 반사되어 손실이 발생한다. 때문에 기관 표면의 반사손실을 줄이거나 태양전지 내부의 생성 전하를 증기시키기 위한 연구가 많이 진행 중이다. 본 논문에서는 유리 기관의 표면을 습식 에칭하여 표면을 거칠게 형성하는 표면 처리를 진행하였으며, 거칠어진 표면의 구조적 특성을 분석하였다. 그리고 빛이 입사되는 유리 기관의 각도를 변화하면서 그에 따른 분광특성 또한 분석하였다. 입사되는 빛이 에칭된 표면으로 조사될 때 다중반사에 의해서 유리 기관 내부에 빛을 재흡수할 확률이 증가함을 확인하였다. 또 유리 기관의 각도를 변화하면서 빛을 입사할 때 빛의 투과 및 반사 성능은 변화하지 않음을 확인하였다.

Key words : Wet Etching, Glass Texturing, Surface Texturing, FTO glass, Incident angle

1. 서론

현재 사용되는 화석연료 대신에 친환경적이며, 고효율 신재생에너지의 필요와 관심이 전 세계적으로 우선시되고 있다. 많은 종류의 신재생에너지들이 있지만 그중 태양전지의 고효율화에 관한 관

심이 집중되고 있다. 이러한 태양전지의 고효율을 만들기 위해서는 태양전지 내부에서 광 생성에 의한 전자-정공 쌍을 많이 만들어 내야 하는데 이는 조사되는 빛이 표면에서 반사되지 않고 태양전지 내부로 많이 흡수되어야 한다.

보통의 태양전지의 경우 태양이 이동하면서 변화

* Dept. of Electrical Engineering, Dong-Eui University

★ Corresponding author

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

Manuscript received Sep. 10, 2019; revised Sep. 24, 2019; accepted Sep. 27, 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.

하는 입사각에 따라 흡수되는 빛의 양이 달라져 광학적 손실이 발생하게 된다. 이러한 손실은 조사되는 태양에너지의 입사각에 따른 효율을 개선하거나 기판 표면에 방사 방지막 코팅 및 표면 Texturing 등의 방법을 사용하여 기판 표면에서 일어나는 반사손실 열 손실 등의 문제를 개선 시켜 생성 전하의 증가로 효율을 개선할 수 있다[1-4].

본 논문에서는 반사손실을 줄이기 위해 HF 용액을 사용하여 유리 기판을 습식 에칭으로 표면 처리하고, 일정 파장 영역 내에서 빛의 투과 및 반사에 대한 정도를 측정하여 비교 분석하였다. 또한, 입사되는 빛이 조사되는 유리 기판의 각도를 변화시켜 감에 따른 투과, 반사에 대한 분광특성을 확인하였다. 그리고 표면 처리된 유리 기판의 단면도와 거칠기 정도를 측정함으로써 에칭된 표면의 구조적인 특성을 분석하였다.

II. 본론

1. FTO 투명전극 표면 처리

본 실험에서는 반도체산화물까지 생성된 전자의 에너지 손실을 줄여주고, 산과 염기성 용액 내에서 화학적 안정성을 가지는 FTO(Fluorine doped thin oxide) 유리 기판을 사용하였다. 표면 처리는 에칭 용액의 농도와 온도만으로 에칭 속도를 손쉽게 조절할 수 있는 습식 에칭법을 적용하였다[5]. 우선 유리 기판을 에칭하기 전에 Backside가 동시에 에칭되는 것을 막기 위해 전면을 PI tape로 덮어 주었다. 에칭 용액은 DIW와 HF를 각각 10[ml] 씩 첨가하여 제조하였고, 상온에서 유리 기판을 각각 5분, 10분, 15분간 습식 에칭을 진행하였다. 유리 기판 표면 처리 후, 증류수로 10분간 초음파 세척을 진행하고, 이어서 아세톤, 에탄올 및 증류수 순으로 10분씩 추가로 초음파 세척을 진행하였다[6-7].

2. 실험결과 및 고찰

(1) 에칭 전후의 유리 기판 표면의 광학적 특성

그림 1과 같이 FTO 유리 기판 표면을 습식 에칭하고, 에칭 전후의 유리 기판을 350~800[nm]의 파장 영역에서 측정하여 분광특성을 분석하였다.

그림 2를 보면 에칭 전의 유리 기판을 기준으로 5분, 10분간 HF 용액에 표면 처리한 유리 기판의 경우 전 파장에 걸쳐 빛의 투과량이 증가하는 경향

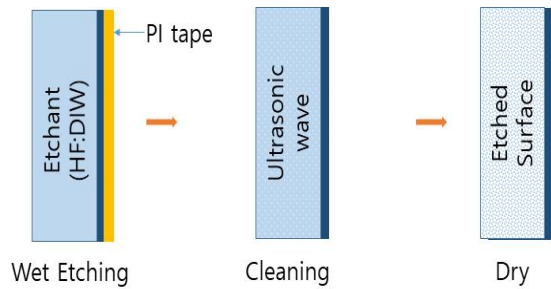


Fig. 1. Glass substrate surface Etching Process.
그림 1. 유리 기판 표면 에칭 공정도

을 보였고, 15분간 유리 기판을 표면 처리한 경우, 에칭 전의 유리 기판과 비교했을 때 투과율이 감소하였음을 확인할 수 있다. 이는 유리 기판 표면에서 반사되는 빛의 양과 기판 자체에서 흡수되는 빛의 양이 증가하여 유리 기판을 투과하는 빛의 양이 감소하였기 때문이다[7].

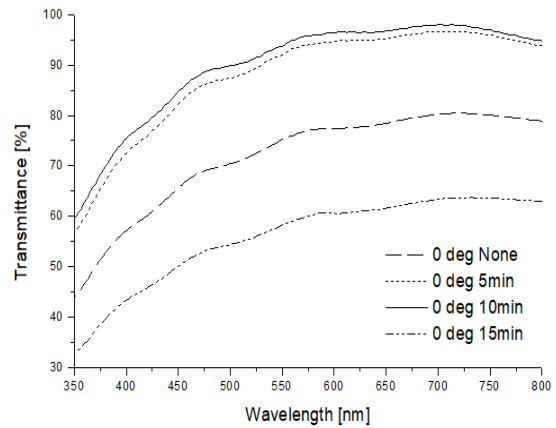


Fig. 2. Transmittance of glass substrate by Etching time.
그림 2. 에칭 시간에 따른 유리 기판의 투과도

(2) 각도에 따른 유리 기판 표면의 분광특성

그림 3과 같이 빛이 유리 기판에 조사될 때 빛을 받는 유리 기판의 각을 변화시켜 빛이 조사되는 각도에 따른 FTO 유리 기판의 광학적 특성을 알아보았다.

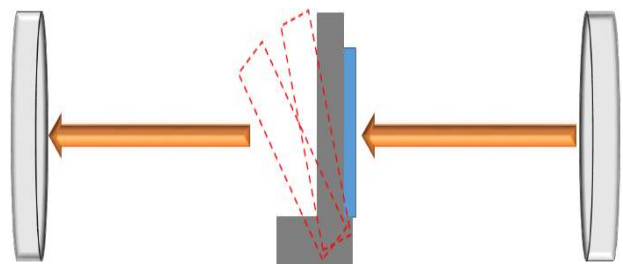


Fig. 3. Measurement of glass substrate by angle.
그림 3. 입사각에 따른 유리 기판 측정도

앞서 실험하였던 0°의 각도로 유리 기판을 고정하고 투과도 및 반사도를 측정할 것을 기준으로 하여 Spectrometer의 가시광선이 조사되는 유리 기판의 각도를 15° 및 30°만큼 각 변화를 주어 350~800[nm]의 범위의 파장 영역 내에서의 투과도 및 반사도를 측정하여 비교 분석하였다.

유리 기판을 고정하는 지그의 각도를 각각 15°, 30°로 설정하고, 하나의 각도에 대해서 에칭 전의 유리 기판과 5, 10, 15분간 표면 에칭한 유리 기판 4가지 경우에 대한 빛의 투과도 및 반사도를 측정하여 그림 4, 5, 6, 7에 나타내었다.

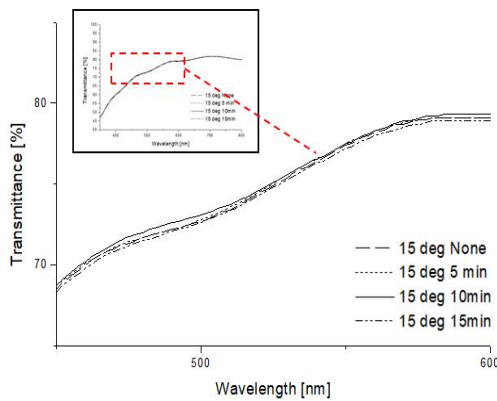


Fig. 4. Transmittance by etching at an angle 15 degrees.
그림 4. 15도 각도에서의 에칭별 투과도

측정 결과를 보면 빛을 받는 유리 기판의 지그를 15°, 30°만큼 각 변화를 줬음에도 불구하고 큰 변화를 나타내지 않았다. 조금 더 자세히 보기 위하여 X축, Y축에 대한 Scale을 확대하여 나타내어 비교하였고 에칭 전후의 유리 기판 표면에서 모두 빛의 투과가 증가나 감소, 반사에 대한 성능의 개선 등이 나타나지 않음을 볼 수 있다.

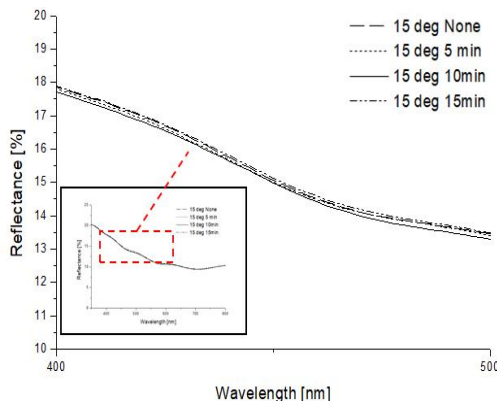


Fig. 5. Reflectance by etching at an angle 15 degrees.
그림 5. 15도 각도에서의 에칭별 유리 기판의 반사도

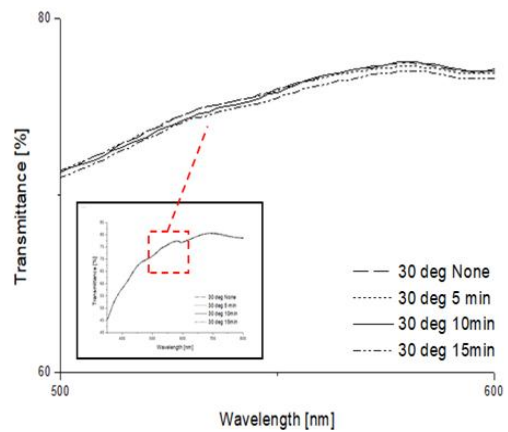


Fig. 6. Transmittance by etching at an angle 30 degrees.
그림 6. 30도 각도에서의 에칭별 유리 기판의 투과도

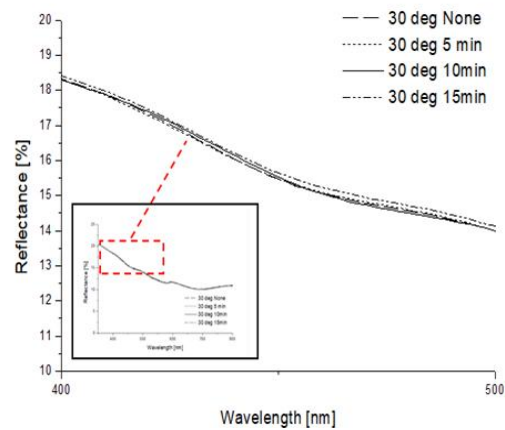
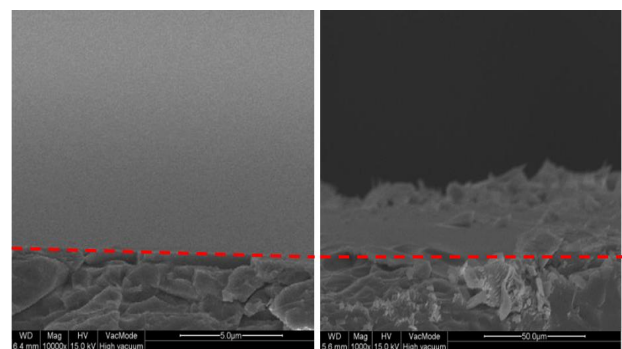


Fig. 7. Reflectance by etching at an angle 30 degrees.
그림 7. 30도 각도에서의 에칭별 유리 기판의 투과도

(3) 에칭 전후의 유리 기판 단면도 촬영

그림 8은 FTO 유리 기판의 표면을 에칭 전후의 단면도를 관찰하기 위해 SEM 이미지 촬영하여 나타낸 그림이다. 그림에서 적색의 점선으로 표시된 부분이 유리 기판의 표면으로써 기판 에칭 전인 그림 (a)의 평탄한 표면 비해서 그림 (b)의 에칭 후



(a) None Etching (b) Wet Etching

Fig. 8. SEM image of glass surface by Etching.
그림 8. 에칭 전후의 유리 기판 단면도 SEM 이미지

유리 기판의 경우 표면이 매우 거칠게 형성되어있음을 확인할 수 있다. 적색 점선 아래쪽의 유리 기판의 거칠어진 부분은 단면도를 측정하기 위해 유

리 기판을 절단하는 과정에 생긴 깨짐의 흔적 및 스크래치이다.

(4) 에칭 전후의 유리 기판 표면의 구조적 특성

그림 9는 에칭 후의 FTO 유리 기판 표면의 구조적 특성을 알아보기 위해 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ scan size로 측정된 AFM 이미지로 표면이 거칠어지고 분화구 모양의 구조가 형성되어있음을 확인할 수 있다.

그림 9 (a)는 표면 처리하기 전의 유리 기판으로 전체적으로 표면이 평탄한 모습을 지니고 있다. 그림 (b)는 (a)에 비해 표면이 거칠고, 분화구 모양이 전체 표면에 걸쳐 불규칙하게 형성되어있음을 볼 수 있다. 그림 (c)의 경우 표면이 더욱더 거칠어지고 분화구들이 표면 전체에 균일하게 형성되어있음을 볼 수 있다. 이러한 분화구 모양의 구조는 외부에서 조사되는 빛이 유리 기판 표면에 입사 될 때 거칠어진 표면을 통해서 다중반사를 일으켜 태양전지 내부로 재흡수되는 확률을 높이고 반사로 인한 손실을 감소시킬 수 있게 된다. 반면에 그림 (d)는 표면에 형성된 분화구들이 서로 합쳐져 평탄하게 변화한 형상을 띄고 있다. 이는 외부에서 빛이 입사될 때, 평탄화된 표면에 의해서 빛의 반사가 증가하게 되어 반사손실이 다시 증가하게 된다[7].

III. 결론

본 논문에서는 FTO 유리 기판을 HF 용액에서 시간별로 습식 에칭으로 표면 처리를 진행하였다. 표면 처리된 유리 기판의 단면도를 SEM 이미지 촬영을 통해서 표면의 변화를 확인하였으며, AFM 촬영을 통해서 표면 처리된 시간에 따른 유리 기판의 표면 거칠기 정도를 측정함으로써 구조적 특성을 분석하였다.

UV-Vis Spectrometer 장비를 통하여 에칭 시간에 따른 유리 기판의 투과도 및 반사도를 350~800[nm]의 파장 영역에서 측정하였으며, 빛을 받는 유리 기판의 각도를 15°, 30°의 크기로 변화시켜가며 각각의 각도에 대한 표면 처리한 유리 기판들의 투과도 및 반사도 등을 측정하여 분광특성을 분석하였다. 결과적으로 기존의 FTO 유리 기판 표면을 에칭을 통해 거칠게 형성하면 표면 처리하지 않은 유리 기판의 평탄한 표면과 비교해 외부로 반사되는 빛이 다중반사로 인해서 태양전지 내부로 재흡수

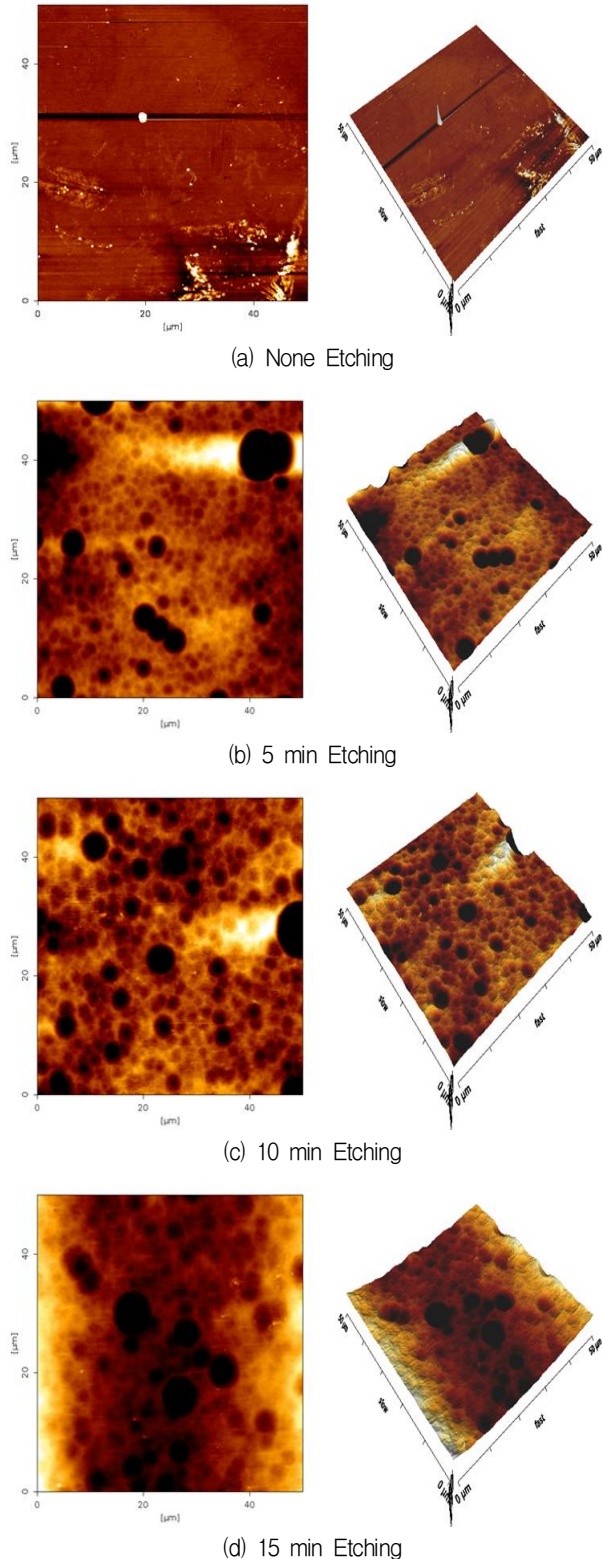


Fig. 9. AFM image of glass substrate by Etching time. 그림 9. 식각 시간에 따른 유리 기판의 AFM 이미지

되는 횡수를 증가시켜 소자 내부에서의 광 생성 전하가 증가하는 확률을 높일 수 있게 될 것을 확인하였다. 그리고 각도의 변화에 대해서 표면 처리한 각각의 유리 기판의 투과도 및 반사도를 측정하였을 때, 에칭 전후의 유리 기판 표면에서 빛 투과의 증가 및 감소나 반사에 대한 성능의 개선 등이 나타나지 않는 것으로 보아 에칭 처리된 유리 기판의 경우 빛이 조사되는 각에 대한 영향이 수렴되는 것으로 확인되었다. 추후 표면 처리한 FTO 유리 기판을 이용하여 염료 감응 태양전지를 제작해 에너지 변환 효율의 변화 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.* pp.194-199, 2009. DOI: 10.3938/jkps.54.194
- [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 Devides," *IEEE Transactions 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. DOI: 10.3938/jkps.50.1168
- [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. DOI: 10.5757/JKVS.2011.20.3.233
- [7] Haemaro Kim, Don-Kyu LEE, "A Study on the Electrical Characteristics of Dye-Sensitized Solar Cell with Glass Substrate surface Etching," *j.inst.Korean.electr.electron.eng.* Vol.23, No.2, pp.

2534-2537, 2019. DOI: 10.5757/ASCT.2015.24.6.289

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.