

박막 태양전지를 위한 ZnO TCO 건식 식각에 관한 연구 A Study on ZnO TCO Dry Etching for Thin Film Solar Cell

*이동길¹, 심하몽², 박영식³

*D.K. LEE¹, H.M.Shim², Y.S. Park(Parkys@kopti.re.kr)³

¹ 한국광기술원 광융합시스템연구센터, ²전남대학교 광공학협동과정, ³한국광기술원 연구사업본부

Key words : Thin Film Solar Cell, Transparent Conducting Oxide, ZnO, Dry Etching

1. 서론

신재생 에너지 가운데 하나인 태양전지는 빛 에너지를 전기에너지로 직접 변환하는 무공해 및 무환경의 청정 발전 소자로서 연소 및 가동부분이 없어 시스템 구성이 간편하고 보수가 용이하며, 무인화 운전이 가능하기 때문에 다른 신재생 에너지 발전에 비해 많은 장점을 가진다. 이중 박막형 태양전지는 유리, 금속판 또는 플라스틱과 같은 저가의 일반적인 재료를 기판으로 사용하여 광흡수층을 마이크로미터 두께로 막을 입혀 만든 태양전지를 말한다.

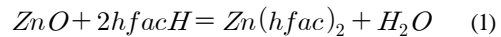
박막형 태양전지에서 전면과 후면 TCO (Transparent Conductive Oxide)로 주목받고 있는 ZnO(Zinc Oxide)는 3.37eV의 넓은 에너지 밴드갭과 60meV의 높은 여기 결합에너지를 가지는 육방정계 결정구조를 가지는 II-VI 족 화합물 반도체로서, 가시광선 영역에서의 높은 광학적 투과도 특성을 가지기 때문에 투명전극이 요구되는 산업분야에서 널리 사용된다. 특히 박막 태양전지의 TCO로 사용되는 ZnO 박막은 표면에서 투과된 태양빛이 셀 내부에서 트래핑되어 흡수층에 균일하게 도달되어 광전변환 효율을 극대화하는 역할을 한다.¹ 일반적으로, 스퍼터에서 증착된 ZnO TCO의 표면은 비교적 매끈한 표면으로 이루어져 있어 셀 내부로 투과된 빛이 전반사를 일으켜 트래핑하기에는 적당하지 않다. 따라서 이를 개선하기 위해, 각국의 여러 연구자들이 ZnO 표면의 형상을 개선하기 위해, 식각에 관한 많은 연구들^{1,2,3}을 수행해오고 있다. 염산 희석액을 사용하는 박막 ZnO의 습식 식각 공정은 ZnO TCO의 표면형상을 제어하기가 쉽지 않을 뿐 아니라, 장파장 영역에서 박막 태양전지의 효율을 저하시키는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존 ZnO TCO의 습식 식각의 문제점을 개선하기 위해 천이금속 산화물

과 쉽게 반응하는 것으로 알려진 hfacH (Hexafluoroacetylacetone) 증기를 이용한 ZnO TCO의 건식 식각 장치를 개발하고, 건식 식각공정이 ZnO TCO의 식각 공정으로써, 그 타당성을 확인하였다.

2. 실험방법

hfacH 증기를 이용한 ZnO TCO의 건식 식각공정에 관한 화학 반응식을 식(1)에 나타내었다.



실험장치의 구성은 hfacH를 기화시키는 Bubbler와 Bubbler에서 기화된 hfacH 증기가 ZnO TCO를 만나 화학적인 반응을 일으키는 반응조로 구성하였고, Fig.1에 그 개략도를 나타내었다.

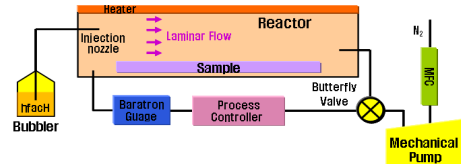


Fig. 1 Schematic of the Dry Etching System

Bubbler는 hfacH의 기화점을 제어하기 위한 항온조와 hfacH 증기를 개폐하기 위한 3-Way Valve로 구성하였고, 반응조는 식각이 일어나는 동안 적절한 압력을 유지해 주는 압력조절장치와 반응조로 구성하였다. 실험에서는 Etchant로 hfacH 증기를 사용하였고, 반응조 내의 온도는 290℃, 반응조 내의 압력은 30torr로 설정하고, 5~9분 동안 식각을 한 후 시료의 표면변화를 관찰하였다. 그리고 hfacH를 기화시키기 위해 Bubbler를 50±0.1℃의 온수로 순환 시켰다.

건식 식각의 효과를 보기위해, 동일한 시료를 염산 희석액(Di Water: HCl=99.5% : 0.5%)으로 25℃에서 25초 동안 습식 식각하여 비교하였다. 또한

상용화 되어있는 AGC社의 U-type Glass시료와 비교 분석을 하였다. 사용된 TCO 시료는 저 철분강화 유리 기판위에 250℃, 5mtorr, 15kw의 파워로 DC 스퍼터링법을 이용하여 ZnO 박막을 증착하였다. 식각전의 ZnO TCO 시료는 면저항이 12.2Ω/□, 비저항은 10.75x10⁻⁴Ωcm, 백색안개율(Haze Rate)은 0%였다. 또한 비교분석에 사용된 AGC社의 시료는 면저항이 8.9Ω/□, 비저항은 6.06x10⁻⁴Ωcm, 백색 안개율(Haze Rate)은 19.3%였다.

3. 결과 및 고찰

습식 식각(식각시간:25초)과 6분 이상으로 건식 식각된 시료들은 표면 형상 크기에서 미미한 차이가 존재하였으나, 모두 유사한 형태의 표면 형상을 가졌고 Fig 2에 식각된 시료의 SEM 이미지를 나타내었다.

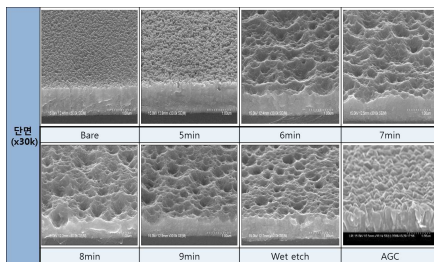


Fig. 2 SEM Image of ZnO film after Dry Etching

습식 식각후 시료의 면저항은 14.3Ω/□으로 증가한 것으로 나타났으며, 건식 식각에서는 식각시간에 따라 면저항의 변화가 선형적으로 증가하는 것을 보였다. 시료의 백색안개율(@550nm)은 식각시간 6분에서 급격한 증가를 보였고 이러한 안개율의 증가는 시료 표면형상의 변화에 의한 것으로 추측된다. 또한 식각시간이 6분보다 짧은 경우에는 시료 표면형상의 입자 크기가 1μm이하이기 때문에, 가시광의 산란에 커다란 영향을 미치지 못하여 낮은 백색안개율의 값을 나타낸 것으로 보인다. 식각시간에 따른 안개율의 급격한 변화와 시료의 면저항 변화를 보면, ZnO 시료를 건식 식각할 때, 초기에는 중 방향에서 진행된 식각이 식각이 진행함에 따라 횡 방향으로 바뀌면서 급격히 변화된다는 것을 알 수 있다. Fig. 3에 식각시간에 따른 ZnO 박막 시료의 물성변화를 나타내었다. 건식 식각의 결과(36%, 9 min)가 AGC社의 시료(19.3%)와 습식 식각(14.8%)의 시료 보다 우수한 것으로

나타났지만, 이와 함께 면저항 또한 증가하였다. 이는 사용된 시료자체의 면저항이 높았기 때문으로 판단이 되며, 이를 해결하기 위해서는 시료의 증착조건 및 식각 공정의 최적화가 요구된다.

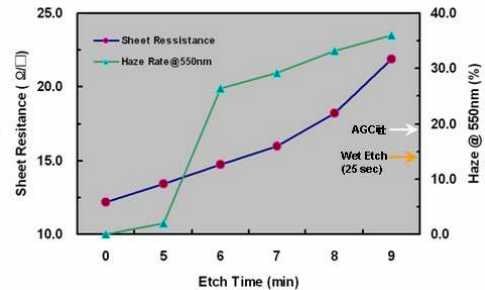


Fig. 3 Change of Physical Property of ZnO Film for Etching Time

4. 결론

본 연구에서는 hfacH를 사용한 ZnO TCO의 건식 식각 장치를 개발하였고, 건식 식각공정이 ZnO TCO의 식각 공정으로써 적합하다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 식각된 ZnO 시료는 AGC社의 시료 보다 면저항이 높아, 이를 줄일 수 있는 ZnO 시료의 증착조건과 건식 식각공정의 최적화에 대한 추가적인 연구의 필요성이 확인되었다.

후기

본 논문은 지식경제부 전략기술개발사업 “하이브리드 태양광반도체 장비기술개발”의 지원으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. B.Rech,S.Wieder, et al., "Texture Etched ZnO;Al Films as Front Contact and Back Reflector in Amorphous Silicon P-I-N and N-I-P Solar Cells", 26th PVSC ; Sept. 30 - Oct. . 1997 ; Anaheim , CA
2. Steven R. Droes, et al., "Etching of ZnO Films with Hexafluoroacetylacetone", Adv. Mater. Vol.10 no.4, pp. 1129 - 1133 (1998)
3. D.S.Kim, K.I.IPark, S.M.Seo, and K. J. Ahn ., "Hexafluoroacetylacetone을 이용한 ZnO 박막의 식각 특성“ 한국정밀공학회 2010년도 춘계 학술대회논문집 pp.695~696