

Hexafluoroacetylaceton을 이용한 건식식각 공정에서 ZnO:Al 박막의 식각 특성에 관한 연구

Properties study on Dry etching of ZnO:Al film with the hexafluoroacetylaceton

*심하몽¹, #박영식², 이동길²

*H. M. Shim¹, #Y. S. Park(Parkys@kopti.re.kr)², D. K. Lee²

¹전남대학교 광공학협동과정, ² 한국광기술원 3D융합기술연구센터

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

1. 서론

최근 들어 석유, 천연가스 등 화석연료의 고가격과 일본의 대지진 이후 원자력발전의 문제점이 제기되면서 ‘신재생에너지’ 개발이 전 세계적으로 화두가 되고 있다. 이러한 여건변화로 태양과, 풍력 등 친환경 재생에너지 개발에 대한 전세계적 관심과 노력이 급증하고 있다. 신재생에너지 중에서도 태양광에너지는 최근 기술혁신의 가속화로 2000년대 이후 풍력과 함께 가장 주목받고 있다.

이중 태양광에너지를 이용한 박막형 태양전지는 유리, 금속판 또는 플라스틱과 같은 저가의 일반적인 재료를 기판으로 사용하여 광흡수층을 마이크로 두께로 막을 입혀 만든 태양전지를 말한다.

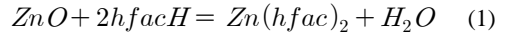
박막형 태양전지에서 전면과 후면 TCO(Transparent Conductive Oxide)로 주목받고 있는 ZnO는 대표적인 투명전도성 산화물(Transparent conducting oxide; TCO) 중 하나로, 넓은 밴드갭(3.37eV)과 우수한 전기적, 광학적 및 구조적 특성으로 인해 평판 패널 디스플레이, 태양전지, 광전소자 등의 광전자공학 분야에 널리 사용되고 있다. 특히 박막형 태양전지에서의 ZnO 박막은 적절한 분순물을 첨가 할 경우 안정적인 전도성을 나타내며 동시에 가시광선 투과도가 커서 투명전극으로 활용하기에 매우 적합한 물질이다. 이런 ZnO 기반 TCO는 비독성이며 우수한 물리적 특성을 나타내고 저가로 대면적 증착이 용이하여 가장 상용화에 유리하고 대규모 시장에 적합한 소재로서 평가받고 있다.^[1]

이전 연구^[3]에서 기존 습식식각 공정과 비교하여 건식식각 공정의 타당성을 제시하였으며, 본 연구에서는 건식식각된 ZnO:Al 박막의 식각 특성

을 분석함으로써, 박막 태양전지에서의 광전변환 효율을 향상 시킬 수 있는 방법에 대하여 고찰하였다.

2. 실험방법

hfacH 증기를 이용한 ZnO:Al TCO의 건식 식각 공정에 관한 화학 반응식을 식(1)에 나타내었다.



실험장치의 구성은 hfacH를 기화시키는 Bubbler와 Bubbler에서 기화된 hfacH 증기가 ZnO TCO를 만나 화학적인 반응을 일으키는 반응조로 구성하였다.^[3]

실험은 최초 식각반응이 일어나는 2분부터 10분까지 1분 간격으로 진행하였으며, 광전특성 변화를 관찰하기 위해 식각 실험 후, ZnO:Al 박막의 표면 형상 변화에 따른 백색 안개율(@550nm)의 변화와 면저항의 변화를 분석하였다. 식각된 ZnO:Al 박막의 표면 형상을 분석하기 위해 SEM(JSM-7500F, JEOL, Japan)을 사용하여 측정하였고, 전기적 특성 변화는 4-point probe(CMT-SR2000N.AIT, USA)로 5번씩 면저항을 측정하여 평균값으로 산정하였다. 가시광영역(550nm)에서 광포획 효과를 분석하기 위해 Hazemeter(NDH-5000, Denshoku, Japan)로 백색 안개율(@550nm)을 측정하였고, crater 크기와 표면 거칠기를 분석하기 위해 AFM(XE-100, Park System, USA)을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

식각시간에 따른 ZnO:Al 박막의 표면 형상 변화는 Fig 1에서 보여지는 바와 같이, 3분까지의 표면 형상은 Bare 샘플과 비슷한 형상을 보이고 식각시

간이 4분 이후부터는 표면의 미묘한 형상 변화가 관찰되어 졌다.

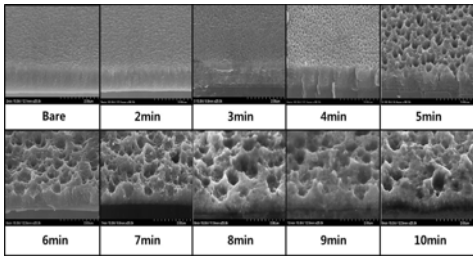


Fig. 1 SEM Image of ZnO:Al film after Dry Etching

이는 반응조 내부의 hfach과 ZnO:Al 박막과의 반응하여 생기는 등방성 식각의 결과로 일정한 시간이 지난 후 식각이 진행됨을 알 수 있었고, 4분 이후에 나타나는 표면 형상은 ZnO:Al 박막의 결정입계 즉, 밀도가 낮은 부분에서부터 식각이 일어나는 것으로 판단된다. 식각시간이 4분에서 6분 사이에 이르면, 표면의 변화가 두드러지게 나타나고 crater 크기가 점점 커지게 되며, 6분에서 10분 사이의 crater 크기는 약 400 ~ 600nm대로 형성됨을 볼 수 있었다. 식각된 ZnO:Al 박막의 crater 크기는 광자포획 효과에 직접적인 영향을 미치게 되는데, 이는 백색 안개울(@550nm)을 높이는 결과를 보였다. 이런 광학적 효과를 나타내는 표면 형상의 변화는 Fig. 2에서와 같이 물리적 특성에도 영향을 미치게 되는데, 식각시간에 따른 백색 안개울의 증가와 함께 면저항이 증가함을 보였다. 식각이 진행되면서 박막 두께의 감소는 면저항을 증가시켰다. Fig. 3은 ZnO:Al 박막의 표면 거칠기를 측정한 사진으로, 식각시간에 따른 표면의 거칠기가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 표면 거칠기의 증가는 박막 내부로 입사한 빛을 산란시키는 광학적 특성을 갖고 있어 백색 안개울에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

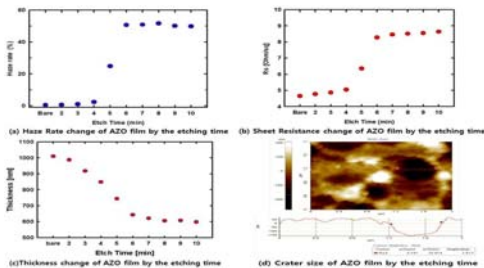


Fig. 2 Change of Physical Property of ZnO:Al

Film for Etching Time

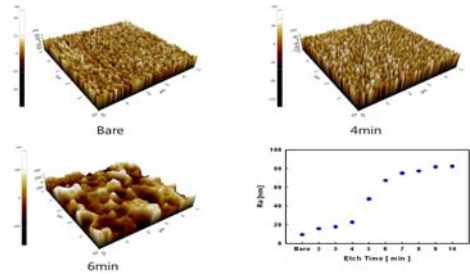


Fig. 3 Surface roughness of ZnO:Al Film for Etching Time

4. 결론

본 연구에서는 박막 태양전지의 효율을 증가시키기 위해, 박막 태양전지의 TCO 내부로 입사한 빛이 효과적으로 산란이 될 수 있도록 ZnO:Al 박막 TCO 내부로 투과된 빛이 효과적으로 산란할 수 있는 백색 안개울이 최대인 실험 조건을 확인하였다. 하지만, 백색 안개울의 증가에 따라 면저항 또한 증가하였기 때문에 이를 개선하거나, 박막 태양전지에서 광전변환효율이 최대가 되는 백색 안개울과 면저항의 조건에 관한 추가적인 실험의 필요성도 확인하였다.

후기

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

참고문헌

1. S. J. Youn, J. K. Kim, J. Y. Lim, “마그네트론 스퍼터 증착법으로 증착한 ZnO계 투명전극의 특성과 응용” Information Display, Vol 11, 2010
2. Alan E. Delahoy, et al, "Influence of TCO Type on the the Performance of Amorphous Silicon Solar Cells", Proc. of SPIE. Vol. 7045, pp 704506
3. D.K. LEE, H.M. Shim, Y.S. Park, “박막 태양전지를 위한 ZnO TCO 건식 식각에 관한 연구”, 한국정밀공학회지, pp.641~642, 2011
4. D.S. Kim, K.I. Park, S.M. Seo, and K. J. Ahn, "Hexafluoroacetylacetone을 이용한 ZnO 박막의 식각 특성“ 한국정밀공학회 2010년도 춘계 학술대회논문집 pp.695~696, 2010