

RF Sputtering방법을 이용한 ZnO 투명전극의 특성

Characteristics of ZnO transparent electrodes by RF Sputtering method

이정철, 김석기, 윤경훈, 송진수, 이두열, 안병태
한국에너지기술연구소 태양광팀, 한국과학기술원 재료공학과

1. 서론

ZnO박막은 CuInSe₂태양전지와 Si계 태양전지의 전면전극으로 많은 연구가 진행되고 있다. ZnO박막은 수소 플라즈마에 대한 내구성이 강하며, 다른 전면전극물질보다 저렴하다는 장점을 가지고 있다. ZnO는 에너지밴드갭이 약 3.3eV이며, 가시광 영역에서 80%이상의 높은 광투과도를 가진다. 일반적으로 ZnO박막은 n-type을 형성하며, 낮은 전기저항값을 얻기위하여 Al, B등을 doping하여 증착하고 있다. 실제 태양전지에 사용되는 ZnO박막은 buffer layer인 CdS와의 계면부근에는 전기비저항이 높은 intrinsic ZnO박막을 증착하여 태양전지의 shunt 저항을 향상시키며, 그 위에 낮은 저항을 가지는 n-ZnO박막을 증착하여 직렬저항성분을 감소시킨다.

본 연구에서는 RF sputtering방법을 이용하여 증착조건을 변화시키며 i-ZnO와 n-ZnO박막을 증착하였다. 최종적으로 n-ZnO/i-ZnO/CdS/CIGS/Mo구조의 태양전지를 제조하여 변환효율을 관찰하였다.

2. 실험방법

사용된 target은 4x1/4", 순도 99.99%인 고순도화합사(일본)의 제품을 사용하였다. Intrinsic ZnO와 n-ZnO박막은 진성 ZnO 타겟과 Al₂O₃가 2.5wt% 도핑된 ZnO:Al₂O₃ 타겟을 사용하여 각각 증착하였다. Rotary pump와 Turbomolecular pump를 이용하여 7x10⁻⁷ torr이하로 초기진공을 낮추었다. 증착시 가한 RF power 전력은 n-ZnO의 경우 100W, i-ZnO의 경우에는 75W로 고정시켰다. 분위기 가스로는 99.999%의 순수 Ar과 95% Ar과 5% O₂를 혼합한 gas를 각각 사용하였다. MFC를 이용하여 순수 Ar과 혼합 Ar을 혼합하여 Ar과 oxygen의 비를 변화시켰다. 혼합 Ar에는 용량을 줄인 MFC를 사용하여 0.1%이하의 oxygen이 함유될 수 있도록 조정하였다. 증착시 분위기압은 auto pressure throttle value를 사용하여 제어하였다. 증착된 박막의 균일성을 증가시키기 위하여 기판을 20rpm의 속도로 회전하였다. 박막의 두께는 증착시간을 변화시켜 조절하였다.

3. 실험결과

n-ZnO박막 증착시 Ar 압력이 감소함에 따라 전기비저항값은 감소하였다. 이는 Ar압력이 감소함에 따라 Ar⁺이온의 kinetic energy가 강해 target에서 sputter된 ZnO에서 oxygen이 손실되기 때문으로 사료된다. Ar 압력 1.5mtorr에서의 ZnO박막은 4.7x10⁻⁴Ω·cm의 매우 낮은 값을 나타내었다. 또한 Hall 이동도와 전하농도는 20cm²/V, 7x10²⁰cm⁻³이상의 특성값을 나타내었다. 또한, n-ZnO박막은 400~800nm의 파장에서 평균 85%이상의 높은 광투과도를 보였다. n-ZnO박막은 2θ=34° 부근에서 강한 (002) peak이 나타났으며, n-ZnO박막이 유리기판에 수직인 방향으로 성장되었음을 알 수 있었다. 또한, 높은 분위기압에서 증착된 박막이 낮은 분압에서 형성된 박막에 비해 높은 (002) peak강도를 가졌으며, 이는 Ar분압이 증가함에 따라 oxygen의 손실감소에 따른 ZnO박막의 결정성향상에 의한 것으로 조사되었다.

ZnO target을 이용하여 10 mtorr에서 Ar대 O₂의 비를 변화시키면서 증착된 i-ZnO박막은 약 90%이상의 광투과도를 보였으며, O₂/Ar이 1.4%일 경우 2.4x10⁶Ω·cm정도의 높은 비저항값을 나타내었다.

ZnO(1 μm)/i-ZnO(50nm)의 상부전극을 형성해 제조된 CIGS 태양전지는 최고 14.48%의 변환효율을 나타내었다.