

In 과잉층의 증착시간에 따른 Cu(In,Ga)Se₂ 태양전지의 특성 Characteristics of Cu(InGa)Se₂-based Solar Cells with Deposition Time of In-rich Layer

김석기, 이정철, 강기환, 윤경훈, 송진수, 박이준
한국에너지기술연구원

1. 서론

Cu(In,Ga)Se₂(CIGS) 화합물은 직접천이형 반도체로서, 에너지밴드갭이 1.04eV, 광흡수계수가 높으며($1 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$), 열에 대한 안정성으로 열경화가 거의 없는 특징을 가지고 있다. CIGS 태양전지는 p-CIGS와 n-CdS와의 접합으로 구성되는 이종접합 태양전지로 co-evaporation에 의한 3단계 증착공정으로 제조된다. 2단계까지 형성된 Cu 과잉의 CIGS 박막은 3단계에서 In, Ga 및 Se를 공급함으로 인해 표면에 In과잉인 CIGS 박막을 형성한다. 이때 CIGS 박막의 표면에 형성된 In 과잉층은 전도성이 n-type을 보이며, 구조적으로 p-CIGS/n-OVC/n-CdS의 구조를 갖는다. CIGS 박막의 Cu:(InGa):Se 조성비는 1:3:5, 2:4:7, 1:5:8로 1:1:2의 황동광 구조와 다른 결합구조를 가지게 되는데, 이를 Ordered Vacancy Compound(OVC)라 한다. 이때 Cu 빈자리 일때는 억셉터, Se 빈자리 일때는 도너로 작용하여 그 농도에 따라 OVC 층의 전도성이 변화한다. 따라서 기존의 p-CIGS/n-CdS 이종접합 계면에 삼입형태의 동종접합의 형성으로 p-n 접합의 계면결합을 최소화함으로써 고효율 태양전지의 제조가 가능하다. 본 논문에서는 In 과잉층의 증발시간 변화를 통해 CIGS 박막의 계면특성 개선에 중점을 두었으며, Al/MgF₂/ZnO/CdS/CIGS/Mo/유리기판 구조의 태양전지를 제작하여 광전특성의 변화를 고찰하였다.

2. 실험방법

기판으로는 5 x 5cm²의 sodalime glass를 사용하였으며, DC 스퍼터법으로 몰리브덴(Mo) 이면전극을 약 1 μm 증착하였다. 그 다음 광 흡수층인 CIGS 박막을 3단계공정(three-stage process)으로 1단계에서는 In, Ga와 Se를 증착하고, 2단계는 Cu와 Se를 증착하였다. 3단계에서는 2단계의 기판온도에서 In, Ga와 Se를 재증착하여 In과잉의 CIGS 박막을 형성시켰다. 이때 3단계 증착시간의 범위는 2~10분이다. 기타 박막으로는 n-CdS완충층은 화학용탕법(CBD)을 이용하여 제조하고, 그 위에 전면 투명전극인 ZnO 막을 RF 스퍼터법으로 제조하였다. 박막의 결정구조는 XRD로 측정하고, 박막의 전기적 특성은 van der Pauw법을 이용하였다. 광투과도는 UV-3101PC를 이용하여 파장범위 300~2000nm에서 측정하였다. 태양전지의 효율은 AM 1.5, 100 mW/cm² 기준전지로 광도를 보정한 후 측정하였다.

3. 실험결과

본 연구는 In 과잉층의 증착시간에 따른 p-CIGS/n-OVC/n-CdS 박막의 계면특성 개선에 목적을 두고 있다. 증착시간의 증가로 OVC층에서 보이는 (110), (202), (114) 피크가 관찰되었으며, 화학양론 조성비도 Cu-rich에서 In-rich로 변화되었다. 또한 표면에서의 Cu함량 감소로 광투과도가 증가하였다. 가장 높은 변환효율은 In 과잉층의 증착시간이 6분에서 보였다. 이런 결과는 p-CIGS/n-CdS의 계면에서의 접합특성이 개선되었기 때문이다. 따라서 In 과잉층의 증착시간 최적화는 고효율 박막 태양전지 제조시 매우 중요한 공정변수의 하나임을 알 수 있다.