

Cu(InGa)Se₂ 박막 태양전지의 제조공정 Fabrication Process of CIGS-Based Thin Film Solar Cells

강기환, 이정철, 김석기, 윤경훈, 박이준, 송진수, 한상옥*
한국에너지기술연구원, *충남대학교

1. 서 론

CuInSe₂ 박막은 광흡수계수가 높고($1 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$), 직접천이형 반도체로써, 에너지밴드갭이 1.04eV로 넓다. 또한, 열적으로 매우 안정하기 때문에 열경화현상을 거의 보이지 않고 있다. 그러므로 CdS등과의 이중접합 태양전지 구조에서 광흡수층 재료로 널리 연구되고 있다. 태양전지의 구조는 유리를 기판으로 5개의 단위 박막(배면전극, 광흡수층, buffer층, 전면 투명전극, 반사방지막) 및 상부 전극을 순차적으로 형성시켜 만든다. 단위 박막별로 다양한 종류의 재료와 조성, 또한 제조방법에서는 갖가지 물리적, 화학적 박막 제조방법이 사용될 수 있다. 태양전지의 면적이 커지면 면저항의 증가로 인하여 효율이 감소함으로 일정 간격으로 직렬 연결이 되도록 패터닝을 필요로 한다. 본 연구에서는 각 단위박막의 제조 공정을 이용하여 최종적으로 MgF₂/ZnO/CdS/Cu(InGa)Se₂/Mo/Glass 구조의 태양전지를 제조하여 변환효율을 고찰하고자 한다.

2. 실험방법

기판으로는 5x5cm²의 sodalime glass로 유기용매를 사용하여 세척한 후, DC 스퍼터링법으로 몰리브덴(Mo) 배면전극을 약 1 μm 증착하였다. 그 다음 광 흡수층인 CIGS 박막을 3단계공정법(three-stage process)으로 1단계에서는 In, Ga과 Se을 기판온도 350℃에서 형성하고, 기판온도를 550℃로 상승시킨 후 2단계는 Cu와 Se을 증착하였다. 3단계에서는 2단계의 기판온도에서 1단계와 마찬가지로 In, Ga과 Se을 재증착하여 In-rich의 CIGS 박막을 형성시켰다. 완충층인 CdS 박막은 pH=12, 용액의 온도 70℃에서 화학용탕법(CBD)을 이용하여 증착하고, 그 위에 전면전극인 ZnO 막을 RF 스퍼터링법으로, MgF₂ 반사방지막은 E-beam으로 증착하였다. 박막의 두께는 α-step 200을 이용하여 측정하였다. 박막의 미세구조와 결정구조는 SEM과 XRD로 측정하였다. 박막의 전기적 특성은 van der Pauw법을 이용한 홀 측정시스템을 사용하였으며, 광투과도는 UV-3101PC(Shimazu)를 사용하여 300~2000nm의 영역에서 측정하였다. 태양전지의 효율은 AM 1.5, 100 mW/cm²인 기준전지로 광도를 보정한 후 측정하였다.

3. 실험결과

Mo 배면전극은 최종적으로 태양전지용 박막은 초기 0.1 μm 두께는 10 mTorr에서, 그 위 0.9 μm 은 3 mTorr에서 증착한 이중구조로 기판과의 접착력 양호하였으며, 비저항의 최저치는 압력 0.5mTorr에서 얻은 $1.2 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 얻었다. Cu(In_xGa_y)Se₂ 광흡수층은 조성 및 두께제어는 K-cell의 온도 변화와 각 단계별 증착시간의 변화를 통해 결정립이 크고 평탄한 표면의 박막제조가 가능하였다. CdS Buffer층은 제조 온도는 약 70℃에서 전기 광학적 특성이 우수한 CdS 박막을 얻었다. ZnO window 층은 i-ZnO/n-ZnO(Al 도핑)의 2중층의 구조로 기판온도 140℃에서 박막의 비저항은 약 $2.3 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 이고 광투과율은 가시 영역에서 90% 이상으로 태양전지의 전면 투명전극의 전기적 특성을 대폭 향상시켰다. MgF₂ 반사방지막은 두께가 950 - 1,240 Å에서 반사율 약 6 %로 두께 2,170 Å 보다 낮은 반사율을 보였다.

위와 같은 방법으로 단위박막을 조합하여 태양전지를 제조하여 면적 0.2 cm²에서 충실도는 63%, 개방전압 570 mV, 단락전류 42.6 mA/cm²로 변환효율 15.2%를 얻었다.