

DC Sputtering 방법을 이용한 몰리브덴 박막의 특성 (Characteristics of Mo Thin Films by DC Sputtering Method)

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

1. 서 론

몰리브덴 금속은 전기비저항이 작기 때문에 Cu(InGa)Se₂ 박막 태양전지의 후면전극(back contact)으로 주로 사용된다. p-type의 Cu(InGa)Se₂ 박막은 유리기판의 연화점에 근접한 500°C 이상의 기판온도에서 제조하게 된다. 따라서 기판과 전극 상호간의 열팽창계수의 차이로 기계적 왜형이 발생되고 계면 결합력이 감소하여 증착된 Mo 박막이 유리기판으로부터 벗겨지는 (peeling) 현상이 발생하게 된다. 따라서 기판과의 접착력이 뛰어나고 낮은 전기비저항의 Mo 박막의 제조는 태양전지의 후면전극의 필수조건중의 하나이다. 따라서 압력의 변화를 통해 후면전극의 최적 제조조건을 도출하고자 하였다.

2. 실험방법

몰리브덴(Mo) 박막제조는 DC 마그네트론 스퍼터링장비를 사용되었다. 기판으로는 sodalime glass를 사용하였으며, Mo target은 크기가 4"×1/4"인 Cerac Co.에서 제조한 순도 99.95 %를 사용하였다. 박막 제조장비의 초기 진공도는 2×10^{-7} torr 이하이고, 기판과 타겟과의 거리는 60 mm이며 제조 압력을 변수로 하였다. 제조압력에 따른 증착비 및 scotch tape를 이용한 박막의 접착력을 조사하였다. 박막 두께는 단차 측정기(surface profiler, α -step 200)를 이용하였다. 제조된 박막의 전기비저항은 4 단자법(four-point probe)으로 측정하였으며, 전자주사현미경(SEM)과 X-선 회절분석기(XRD)를 이용하여 표면 및 단면미세구조와 결정구조를 각각 분석하였다.

3. 실험결과

다층으로 제작된 반도체용 태양전지의 직렬저항의 최소화를 도모하기 위한 일환의 하나로 낮은 전기비저항 및 접착력이 우수한 몰리브덴 후면전극의 최적조건의 도출결과는 다음과 같다. 우선 단일층으로 제조된 Mo 박막의 제조압력이 감소함에 따라 낮은 전기비저항을 보인 반면, 접착력은 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 결정구조분석을 통해 제조압력의 증가에 따라 유리기판과 Mo 후면전극과의 열팽창계수의 차이로 수축력(compressive stress)에서 인장력(tensile stress)으로 작용하였다. 제조된 모든 박막에서 압력 변화에 무관하게 Cu(InGa)Se₂ 박막의 (112) 피크와 접합형성이 용이한 상인 (110) 우선 방향성의 결정구조를 확인하였다. 또한 박막의 결정화 정도의 척도인 반축폭(FWHM)의 경우 3 mtorr 제조압력까지는 커다란 변화가 없으나, 압력이 더욱 높아짐에 따라 반축폭이 증가하는 경향을 보였다. 이는 제조압력의 증가에 따라 결정화 치밀 정도가 감소하는 것으로, 제조압력이 낮을 때 나타나는 길쭉한 모양의 결정립이 압력이 높아지면 작고 울퉁불퉁한 형태로 변화됨을 박막 표면 미세구조 분석을 통해서 확인되었다. 얻어진 결과를 토대로 접착력이 양호한 10mTorr에서 0.1 μ m를 증착하고, 그 위에 전기비저항이 최소인 3mTorr에서 0.9 μ m를 적층하는 이중층(bi-layer) 공정을 통하여 bulk 저항에 근접한 $2 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$ 의 낮은 전기비저항을 갖는 Cu(InGa)Se₂ 박막 태양전지의 후면전극으로 손색이 없는 박막의 제조가 가능하였다.