

스퍼터 압력에 따른 태양전지용 CdTe 박막의 구조적, 광학적 특성

이재형, 최성현, 이동진, 이종인, 임동건*, 양계준*, 이준신**
 군산대학교, *충주대학교, **성균관대학교

Influence of Sputter Pressure on the Structural and Optical Properties of CdTe for Solar Cell Applications

J. H. Lee, S. H. Choi, D. J. Lee, J. I. Lee, D. G. Lim*, K. J. Yang*, J. Yi**
 Kunsan Nat. Univ. *Chungju Nat. Univ. **Sungkyunkwan Univ.

Abstract : Cadmium telluride (CdTe) films have been prepared on Corning 7059 glass, molybdenum (Mo), and polyimide (PI) substrates by r.f. magnetron sputtering technique. The influence of the sputter pressure on the structural and optical properties of these films was evaluated. In addition, a comparison of the properties of the films deposited on different substrates was performed.

Key Words : Cadmium telluride (CdTe), Sputtering pressure, Solar cells, Structural properties

1. 서 론

II-VI족 화합물반도체인 CdTe는 태양광을 전기로 변화하는데 있어서 이상적인 1.45eV의 직접천이형 에너지 band gap을 가지고 있으며, 1 μ m 내외의 두께로도 가시광의 99%이상을 흡수하는 높은 광흡수계수를 가지므로 얇은 두께로도 태양전지 제작이 가능하다. 현재 CdTe를 이용한 태양전지는 최고 16.4%의 변환효율을 보이고 있으며, 대면적의 module에서는 10% 이상의 효율을 나타내고 있다. CdTe 박막의 제작 방법으로는 스크린 프린팅법(screen printing), 스퍼터링법(sputtering), 근접승화법(CSS:close space sublimation) 등이 있는데, 이중 마그네트론 스퍼터법의 경우, 박막 제작 속도가 빠르기 때문에 양산화에 적합하고, 증착 온도를 낮출 수 있으며, 성장 중 도핑 제어가 용이한 장점을 갖고 있다. 특히, 필름 형태의 polyimide (PI), molybdenum (Mo) 기판의 경우, 유리 기판에 비해 가벼우면서 깨지지 않아 취급이 용이하다는 장점이 있다. 또한 필름 형태로 제작할 경우 유연성이 있는 태양전지 제작이 가능하여 그 응용 범위를 넓힐 수 있다. 최근 들어, polyimide 기판에 CdTe 및 Cu(In,Ga)Se₂ 태양전지를 제작하려는 많은 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 PI 및 Mo, 유리 기판 위에 스퍼터법으로 CdTe 박막을 증착하고, 스퍼터 압력에 따른 박막의 구조적, 광학적 물성을 조사하였다.

2. 실험

CdTe 박막 제조를 위해 RF magnetron sputtering system을 사용하였다. 원료 물질로는 3인치 크기의 CdTe 타겟 (Super Conductor Materials Inc., USA, 99.999%)을 사용하였다. CdTe를 증착할 기판으로는 Mo와 Polyimide, Corning 7059 glass를 사용하였다. 세척 및 건조를 통하여 준비된 기판을 holder에 장착한 후 챔버(chamber) 내의 초기 진공도를 mechanical pump와 oil diffusion pump를 이용하여

5 $\times 10^{-6}$ Torr 이하로 유지하였다. Ar 가스를 MFC(Mass Flow Controller)를 이용하여 챔버 내로 유입시켜 원하는 스퍼터 압력에 도달한 후 RF 전원을 인가하여 플라즈마를 생성시켰다. 타겟 표면의 불순물 등을 제거하기 위해 증착 전 셔터를 닫은 상태로 약 10분간 pre-sputtering 하였다. 본 실험에서는 스퍼터시 압력을 3 ~ 20 mTorr로 변화시켜 CdTe 박막을 제작하고, 스퍼터 전력에 따른 박막 특성을 조사하였다. 이때, 스퍼터 전력은 80 Watt, 기판온도는 250 $^{\circ}$ C로 고정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 스퍼터 압력에 따른 CdTe 박막의 증착률을 나타낸 것이다. 이때 스퍼터 전력은 125 Watt로 고정시켰으며, 기판은 가열하지 않았다. 3 mTorr의 압력에서 증착률은 128 nm/min이었으나, 압력이 증가함에 따라 감소하여 20 mTorr에서는 약 67 nm/min의 증착률을 나타내었다. 압력이 증가하면 스퍼터된 입자들이 챔버 내의 가스 입자들과 충돌할 기회가 많아지고, 결국 기판에 도달하는 입자의 수가 작아져 증착률은 감소한다. 스퍼터시 압력의 증가는 이러한 증착률의 감소뿐만 아니라 기판에 증착되는 박막의 물성에는 큰 영향을 미친다.

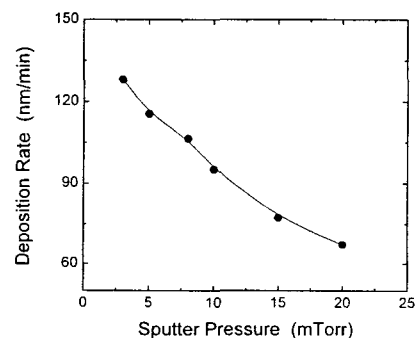


그림 1. 스퍼터 압력에 따른 CdTe 박막의 증착속도.

그림 2는 유리 기판 위에 증착된 CdTe 박막의 XRD pattern을 스퍼터 압력에 따라 나타낸 것이다. 5 mTorr의 낮은 압력의 경우, $2\theta=24^\circ$ 부근에서의 매우 강한 peak과, 39° , 46° , 62° , 71° 에서의 약한 네 개의 peak이 관찰되는데, 이들은 각각 cubic phase의 (220), (311), (331), (422)면들에 해당한다. 이러한 결과로부터 낮은 압력에서 증착된 CdTe 박막은 (111)면 방향으로 우선방위를 가지고 다결정 형태로 성장함을 알 수 있다. 스퍼터 압력이 높아짐에 따라 결정 구조에는 큰 변화 없이 (111)면으로부터의 회절 peak 세기가 증가하는데, 이것은 CdTe 박막의 우선 성장 방위의 증가를 의미한다. 이러한 압력에 따른 XRD 결과는 PC 및 PET 기판에서도 유사한 경향을 나타내었다.

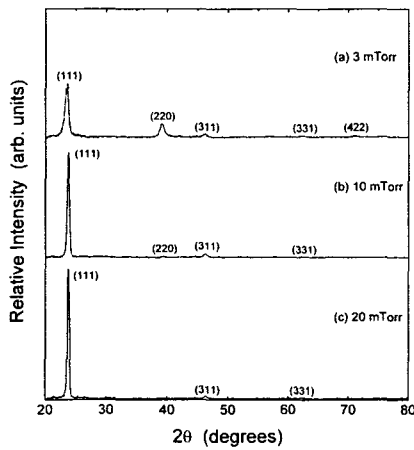


그림 2. 스퍼터 압력에 따른 CdTe 박막의 XRD 회절 pattern.

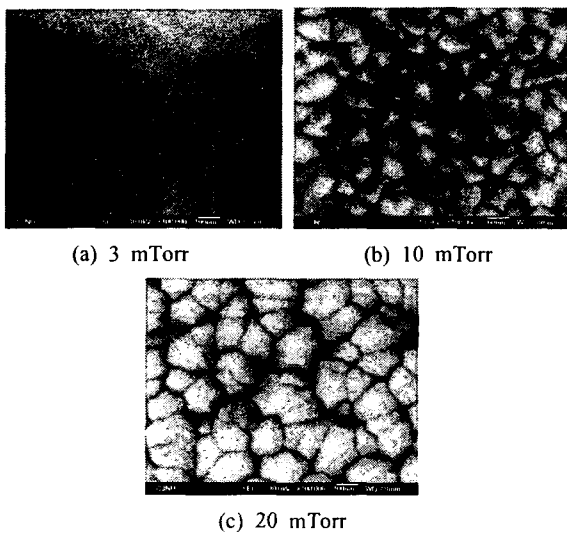


그림 3. 유리 기판 위에 증착된 CdTe 박막의 SEM 사진.

그림 3과 4는 서로 다른 스퍼터 압력에서 유리 기판 및 PI 기판 위에 증착한 CdTe 박막의 SEM 사진이다. 스퍼터 압력이 3 mTorr인 경우, 미세한 결정립이 관찰되나 압력이 증가함에 따라 입자 크기가 크게 증가하여 20 mTorr에

서 약 200 nm의 크기를 갖는다. 한편, PI 기판의 경우도 유사한 경향을 나타내었으나 유리 기판에서보다 약간 큰 결정 크기를 나타내었다.

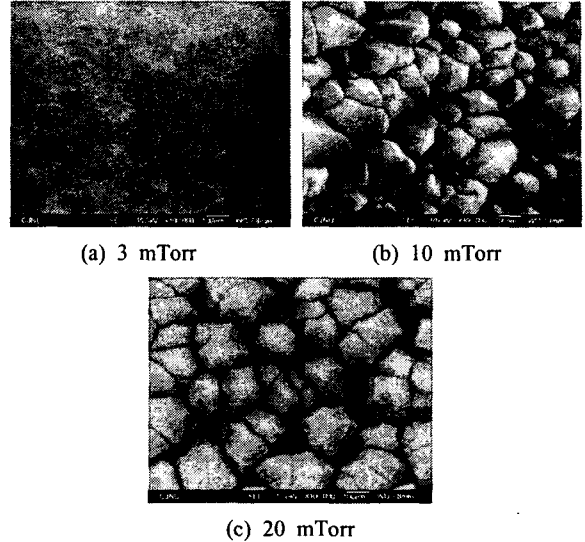


그림 4. PI 기판 위에 증착된 CdTe 박막의 SEM 사진.

4. 결론

본 연구에서는 태양전지용 CdTe 박막을 마그네트론 스퍼터법으로 증착하고 스퍼터 압력에 따른 박막의 특성을 조사하였다.

낮은 압력에서 증착된 CdTe 박막은 cubic phase의 (111)면 방향으로 우선방위를 가지고 다결정 형태로 성장하며, 스퍼터 압력이 높아짐에 따라 결정 구조에는 큰 변화 없이 (111)면으로부터의 회절 peak 세기가 증가하였다. 스퍼터 압력이 증가할수록 미세구조에는 큰 변화 없이 박막 내 입자의 크기가 증가함을 볼 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2004-B-119) 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

- [1]. T. Suntola, "CdTe Thin-Film Solar Cells", MRS BULLETIN/OCTOBER, 1993
- [2]. G. H. Bauer, Applied Surface Science, Vol. 70/71, p. 650, 1993.
- [3]. Ting L. Chu and Shirley S. Chu, Progress in photovoltaics : research and application, Vol. 1, p.31, 1993.