

CdS 박막의 구조적, 광학적 특성에 미치는 스퍼터 전력 효과

이재형, 최성현, 정학기, 이종인, 임동건*, 양계준*
 군산대학교, *충주대학교

Effects of Sputter Power on the Structural and Optical Properties of CdS Thin Films

Jae-hyeong Lee, Sung-hun Choi, Hak-kee Jung, Jong-in Lee, Dong-gun Lim*, Kea-joon Yang*
 Kunsan National Univ. *Chungju National Univ.

Abstract : Cadmium sulphide (CdS) films have been prepared on polycarbonate (PC), polyethylene terephthalate (PET), and Corning 7059 substrates by r.f. magnetron sputtering technique at room temperature. A comparison of the properties of the films deposited on polymer and glass substrates was performed. In addition, the influence of the sputter power on the structural and optical properties of these films was evaluated.

Key Words : Cadmium sulphide, Sputtering, Solar cells, Polymer, Optical properties, Structural properties

1. 서 론

CdS는 CdTe계 및 Cu(In,Ga)Se₂계 박막 태양전지의 창층으로 널리 사용되고 있는 물질이다. CdS 박막을 제조하는 여러 방법 중 CBD(chemical bath deposition)법은 간단하면서도 넓은 면적에 재현성 있게 박막 제조가 가능하므로 태양전지 제작에 널리 사용되고 있다. 현재 이 방법을 이용하여 CdTe계 태양전지의 경우 약 16%, Cu(In,Ga)Se₂계 태양전지의 경우 약 19%의 변환 효율을 보이고 있다. 그러나 CBD법은 박막 제조에 오랜 시간이 걸리며, 많은 부산물이 생기기 때문에 상업화에는 적합하지 않다. 한편, 마그네트론 스퍼터법의 경우, 박막 제작 속도가 빠르기 때문에 양산화에 적합하고, 증착 온도를 낮출 수 있으며, 성장 중 도핑 제어가 용이한 장점을 갖고 있다. 특히, polycarbonate(PC) 또는 polyethylene terephthalate(PET) 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 PC 및 PET, 유리 기판 위에 스퍼터법으로 CdS 박막을 증착하고, 스퍼터 전력에 따른 박막의 구조적, 광학적 물성을 조사하였다.

2. 실험

CdS 박막 제조를 위해 RF magnetron sputtering system을 사용하였다. 원료 물질로는 3인치 크기의 CdS 타겟(Super Conductor Materials Inc., USA, 99.999%)을 사용하였다. CdS를 증착할 기판으로는 PC와 PET, Corning 7059 glass를 사용하였다. 세척 및 건조를 통하여 준비된 기판을 holder에 장착한 후 챔버(chamber) 내의 초기 진공도를 mechanical pump와 oil diffusion pump를 이용하여 5×10⁻⁶ 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 서터를 달은 상태로 약 10분간 pre-sputtering 하였다. 본 실험에서는 스퍼터 전력을 50~125 Watt로 변화시켜 CdS 박막을 제작하고, 스퍼터 전력에 따른 박막 특성을 조사하였다. 이때, 스퍼터 압력은 8 mTorr, 기판온도는 실온으로 고정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 유리 기판에 증착된 CdS 박막의 스퍼터 전력에 따른 X-ray 회절 결과를 나타낸 것이다. CdS는 hexagonal(wurizite) 및 cubic (zincblende) 결정구조를 가질 수 있는데, 25~900 °C의 온도 범위에서 hexagonal 형태가 더욱 안정하다고 알려져 있으며, hexagonal 형태의 결정구조를 갖는 박막의 경우 CdS/CdTe 이종접합의 창층으로써 사용될 수 있다. 스퍼터 전력이 50 Watt인 경우, 2θ=38°, 44°, 64°, 78° 부근에서 회절 peak을 관찰할 수 있는데, 이들은 각각 hexagonal phase의 (102)면, hexagonal phase의 (110)면 또는 cubic phase의 (220)면, cubic phase의 (400)면, hexagonal phase의 (204)면에 대응하는 peak이다. 이러한 결과로부터 낮은 스퍼터 전력에서 증착된 CdS 박막은 hexagonal 및 cubic phase가 혼재되어 있는 결정 구조를 가짐을 알 수 있다. 전력이 75 Watt로 증가함에 따라 50 Watt에서는 관찰되지 않았던 매우 큰 세기의 hexagonal phase의 (002) 또는 cubic phase의 (111)면 peak과 아주 약한 hexagonal phase (004) 또는 cubic (222) peak이 나타난다. 이는 75 Watt의 스퍼터 전력에서 증착된 CdS 박막의 경우 H(002)면 또는 C(111)면 방향으로 우선 방위를 가지고 성장했음을 알 수 있다. 매우 높은 스퍼터 전력에서는 H(002) 또는 C(111)면 peak의 세기가 더욱 증가하며, 이전에 관찰되었던 cubic phase의 (400)면에 해당하는 peak은

나타나지 않는다. 이것은 그림에서 관찰되는 모든 peak들이 hexagonal phase에 해당함을 의미한다. 따라서 스퍼터 전력이 높아짐에 따라 CdS는 hexagonal과 cubic phase가 혼재되어 있는 결정구조에서 순수한 hexagonal 구조로 변화됨을 알 수 있다. 기판이 PC 및 PET인 경우도 유사한 결과를 나타내었다.

그림 2는 스퍼터 전력에 따른 CdS 박막의 라만 스펙트럼을 나타낸 것이다. 라만 스펙트럼은 박막의 결정성에 대한 유용한 정보를 제공하는데, 여기서는 스펙트럼 분석을 위해 Lorentzian 피팅을 하여 peak 위치 및 FWHM(Full Width Half Maximum) 값을 구하였다. 스퍼터 전력에 관계없이 299 cm^{-1} 및 599 cm^{-1} 부근에 두 개의 peak가 관찰되는데, 이들은 각각 1LO(longitudinal optical) phonon 및 2LO phonon peak이다. 스퍼터 전력이 증가함에 따라 peak 위치는 크게 변하지 않지만 peak의 FWHM은 감소하는데, 이러한 결과로부터 스퍼터 전력이 증가함에 따라 박막의 결정성이 향상됨을 알 수 있다.

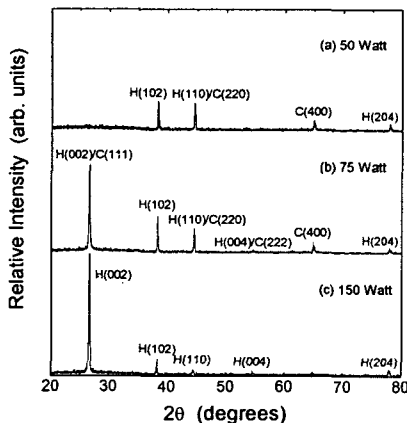


그림 1. 스퍼터 전력에 따른 CdS 박막의 XRD pattern.

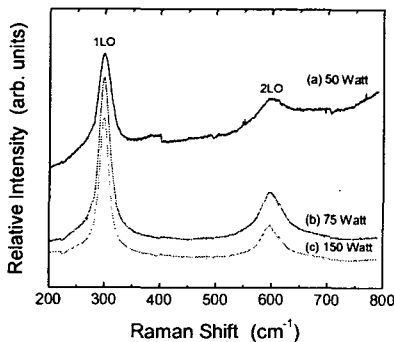


그림 2. 스퍼터 전력에 따른 CdS 박막의 라만 스펙트럼

스퍼터된 CdS 박막의 광학적 특성을 알아보기 위해 가시광 영역에서 광투과율을 측정하여 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보듯이 500nm 부근에서 absorption edge를 관찰할 수 있으며, 500 nm 이상의 파장영역에서는 박막 두

께에 의한 간섭현상으로 인해 파형의 거동을 보이고 있다. 스퍼터 전력이 높아짐에 따라 흡수단 부근에서의 투과율이 감소하며, 흡수단 또한 장파장 쪽으로 이동함을 볼 수 있다. 이러한 흡수단의 이동은 밴드 갭의 감소를 의미하는데, $(\alpha \text{ hv})^2 \text{-hv}$ plot으로부터 계산된 밴드 갭은 50 Watt의 경우 2.47 eV에서 150 Watt의 2.40 eV로 감소한다.

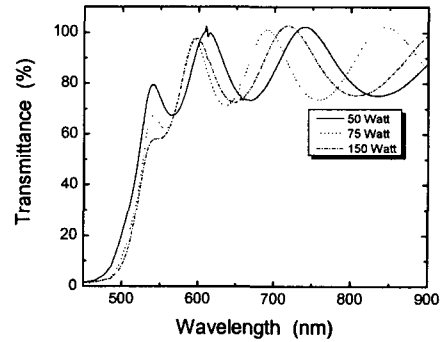


그림 3. 스퍼터 전력에 따른 CdS 박막의 광투과율.

4. 결론

낮은 스퍼터 전력에서 증착된 CdS 박막은 hexagonal 및 cubic phase가 혼재되어 있는 결정 구조를 가지나, 스퍼터 전력이 높아짐에 따라 순수한 hexagonal 구조로 변화됨을 알 수 있었다. 또한 스퍼터 전력이 증가함에 따라 Raman peak 위치는 크게 변하지 않지만 peak의 FWHM은 감소하는데, 이러한 결과로부터 스퍼터 전력이 증가함에 따라 박막의 결정성이 향상됨을 알 수 있다.

스퍼터 전력이 높아짐에 따라 흡수단 부근에서의 투과율이 저하되며, 밴드 갭 또한 감소하였다. 한편, 유리 기판의 경우, 스퍼터 전력이 증가함에 따라 반사율은 감소하는 경향을 나타내었으나 PET 기판에서는 오히려 크게 증가하였다. 또한 전체 스퍼터 전력 범위에서 유리 기판이 상대적으로 PC 및 PET 기판에 비해 높은 반사율을 나타내었다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] X. Wu, J. C. Keane, R. G. Dhere, C. DeHart, D. S. Albin, A. Duda, T. A. Gessert, S. Asher, D. H. Levi, and P. Sheldon, Proceedings of the 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2001, p.995.
- [2] K. Ramanathan, M. Contreras, C. Perkins, S. Asher, F. Hasoon, J. Keane, D. Young, M. Romero, W. Metzger, R. Noufi, J. Ward and A. Duda, Prog. Photovolt., Res. Appl. 11 (2003) 225.