

## ZnO 박막의 기판종류에 따른 구조적, 광학적 특성

이동진\*, 이재형\*, 주정훈\*, 송준태\*\*, 이규일\*\*, 양계준\*\*\*, 임동건\*\*\*  
 군산대학교\*, 성균관대학교\*\*, 충주대학교\*\*\*

### Dependence of Substrate Type on the Properties of ZnO Films deposited by r.f. magnetron sputtering

Dong-Jin Lee\*, Jae-Hyeong Lee\*, Jung-Hun Ju\*, Jun-Tae Song\*\*, Kyu-Il Lee\*\*, Kea-Joon Yang\*\*\*, Dong-gun Lim\*\*\*  
 Kunsan Nat. Univ., Sungkyunkwan Univ\*\*, Chungju Nat. Univ\*\*\*.

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

**Key Words :** ZnO, TCO, RF Sputtering, PC substrate, PET substrate electrical property, optical property

#### 1. 서론

ZnO 박막은 큰 밴드 갭 및 가시광 영역에서 높은 광투과성을 가지며, 제조조건에 따라서 비저항의 범위가 폭넓게 변화하므로 태양전지, 평판 디스플레이의 투명 전극뿐만 아니라, acoustic wave device, varister 등에 응용되고 있다[1]. 투명 전도성 박막 재료로는 ZnO 이외에도 SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ITO, CdSnO<sub>4</sub> 등이 있으나, ZnO의 경우 풍부한 자원으로 훨씬 경제적이고, 플라즈마 환경 하에서 다른 재료보다 뛰어난 안정성을 나타내기 때문에 향후 ITO를 대체할 물질로 널리 연구되고 있다[1]. 한편, 대부분의 응용 분야에서 유리기판의 경우, 파손의 우려, 유연성, 기판 두께 등 여러 가지 조건의 제한이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 근래에는 poly carbonate(PC), polyethylene terephthalate(PET), polypropylene(PP), acryl 등과 같은 폴리머 기판 위에 ZnO 박막을 증착하는 기술이 연구되어 터치패널(touch panel), electrochromic device, 열선차단용 필름, 위치센서, 등에 이용되고 있으나[2]. 국내의 경우는 이러한 필름을 전량 수입에 의존하고 있어 연구 개발이 절실히 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 플라스틱 기판 상에 Al 도핑된 ZnO(ZnO:Al) 박막을 RF magnetron sputtering법에 의해 제조하고, PC 및 PET 기판을 이용하여 증착시켜 이에 따른 전기적, 물질적 특성을 조사하였다.

#### 2. 실험

ZnO:Al 박막 제조를 위해 본 연구에서는 고주파 마그네트론 스퍼터(RF magnetron sputter) 장비를 사용하였다. 증착 물질로는 ZnO에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 2.5 wt% 혼합된 세라믹 타겟(Super Conductor Materials Inc., USA, 99.999%)을 사용하였다. ZnO:Al 박막을 증착할 기판으로 PC와 PET, 그리고 비교를 위해 Corning 7059 glass를 사용하였다. 유리 기판은 아세톤, 메탄올 순으로 20분간 초음파 세척하고, D. I. water로 rinse한 후, 질소 가스로 물기를 제거하여 사용하

였다. PC 및 PET 기판의 경우, 세척액과의 화학적 반응을 방지하기 위해 메탄올만을 이용하여 20분간 초음파 세척하였다.

시편 제조를 위해 먼저 챔버(chamber) 안을 mechanical pump와 oil diffusion pump를 이용하여 10<sup>-6</sup> Torr 이하로 배기한 후, MFC(Mass Flow Controller) 로, 아르곤 가스를 주입하여 원하는 압력을 유지시켜 RF전원을 인가하여 플라즈마를 생성시켜 시편을 제조하였다. 본 실험에서는 전력을 50~125Watt로 변화시켰고 이때 압력은 2~20 mTorr, 기판온도는 Room~500℃이며, PC 및 PET 필름을 기판으로 사용할 경우, 변형을 방지하기 위해 기판은 가열하지 않았다.

#### 3. 결과 및 검토

기판 종류에 따른 ZnO:Al 박막의 결정구조를 알아보기 위하여 각 기판에 따른 X-선 회절검사를 하여 그 결과를 그림 1에 나타내었다. 기판 종류에 관계없이 2θ=34°와 72° 부근에서 peak이 관찰되는데, 이는 각각 hexagonal phase의 (002) 및(004)면에 대응하는 peak이다. 또한 (002)면에 해당하는 매우 큰 세기의 peak이 존재하는 것으로부터 증착된 ZnO:Al 박막이 이 면 방향으로 우선 방위를 가지며 성장하였음을 알 수 있다. 그림으로부터 관찰되는 peak은 ZnO 단결정의 peak 위치와 거의 일치하며, ZnO 이외에 다른 peak이 존재하지 않는 것으로부터 첨가된 Al이 Zn의 격자 위치에 완전히 치환되었음을 알 수 있다.

그림 2는 유리 및 PET, PC 기판 상에 증착된 ZnO:Al 박막의 SEM 측정 결과를 나타낸 것이다. 유리 기판의 경우 125 Watt에서 약 30 nm 정도의 입자 크기를 가짐을 알 수 있다. PET 및 PC 기판의 경우 표면 구조는 유리 기판에서보다 상대적으로 큰 결정 크기를 가짐을 볼 수 있다.

그림 3은 각각 유리 기판과 PC 기판 위에 증착된 ZnO:Al 박막의 광투과율을 스퍼터 전력에 따라 나타낸 것

이다. 기판 종류에 관계없이 ZnO:Al 박막은 낮은 전력에서는 흡수단 이상의 파장 영역에서 80% 이상의 광투과율을 나타내었으나, 전력이 증가함에 따라 가시광 영역에서의 투과율은 감소하였다.

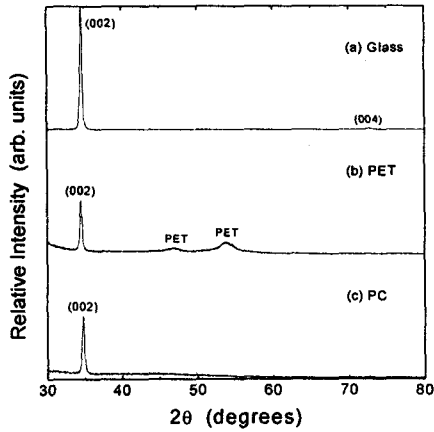


그림 1. ZnO:Al 박막의 기판 종류에 따른 XRD pattern

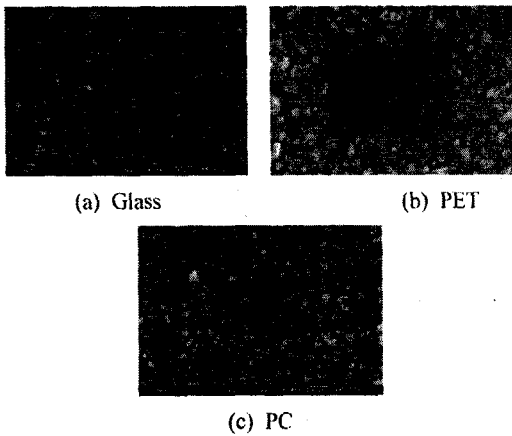
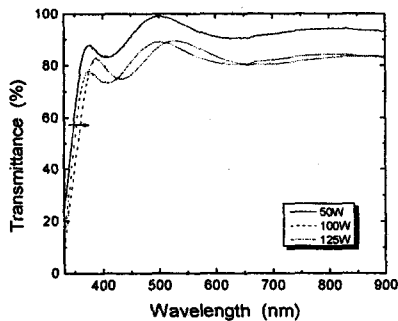
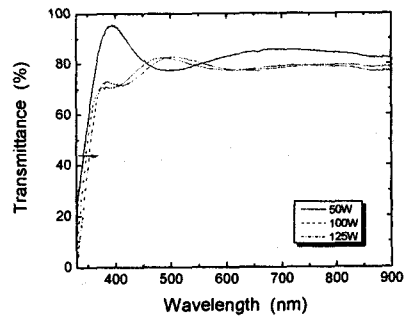


그림 2. 기판종류에 따른 ZnO:Al 박막의 SEM 사진



(a) Glass substrate



(b) PC substrate

그림 3. 기판종류에 따른 ZnO:Al 박막의 광투과율

그림 3에서 관찰되는 투과율의 감소는 캐리어 농도 및 이동도의 증가 때문으로 생각된다. 한편, 흡수단이 단파장 쪽으로 이동함을 관찰할 수 있는데, 이러한 흡수단의 이동은 밴드 갭의 변화를 의미한다.

#### 4. 결론

ZnO:Al 박막은 기판 종류에 관계없이 hexagonal phase의 (002)면 방향으로 우선 방위를 가지며 성장하였으며, XRD에 나타난, peak는 ZnO 단결정의 peak 위치와 거의 일치한다.

PC 및 PET 기판 위에 증착된 ZnO:Al 박막의 입자 크기는 동일한 조건인 경우, 유리 기판에 증착된 ZnO:Al 박막이 PC나 PET 기판에 비해 상대적으로 작은 입자 크기를 갖는다.

ZnO:Al 박막의 광 투과율은 스퍼터 전력이 증가함에 따라 유리와 PC 기판 모두 감소하였으며, ZnO:Al 박막은 기판 종류에 관계없이 흡수단 이상의 파장영역에서 90% 이상의 광 투과율을 나타냈다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-147) 주관으로 수행된 과제임.

#### 참고 문헌

- [1] W.S. Lan, S.J. Fonash, J. Electron. Mater. 141 (1987) 16.
- [2] T. W. Choi and S. C. Yoo, "Electrical and mechanical properties of ceramics", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 15, No. 1, p. 10, 2001.