

투입 전류에 따른 Al이 첨가된 ZnO 박막의 전기적, 광학적 특성

조범진*, 금민중*, 손인환**, 장경욱***, 이원재****, 김경환*

*경원대학교 전기정보공학과, *신성 대학 디지털 전기계열

**경원전문대학 전자정보과, **경원전문대학 자동차과

초록

The ZnO:Al thin films were prepared on glass by Facing Target Sputtering (FTS) system. We investigated electrical, optical, and structural properties of AZO thin film with sputtering current 0.1[A]-0.6[A]. We obtained the lowest resistivity $2.3 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ at sputtering current 0.6[A] from the 4-point probe and the strong (002) peak at sputtering current 0.3[A] from the X-ray Diffractometer (XRD). The optical transmittance of AZO thin films show a very high transmittance of 80-95% in the visible range and exhibit the absorption edge of about 350 nm.

1. 서론

최근 Display 가 주목받기 시작하면서 Liquid Crystal Display(LCD), Organic Light Emitting Diode(OLED) 등의 Flat Panel Display(FPD) 소자의 투명 전도막으로 ITO, AZO, IZO 등의 투명 전도막이 연구되고 있다[1].

그 중 투명 전도막으로 비저항이 낮고 투과율이 우수한 ITO 가 가장 일반적으로 사용되고 있다 그러나 ITO는 수소 플라즈마 내에서 열화현상을 나타내고[2] 원료물질인 In의 값이 비싼 문제가 있다. 이러한 문제를 대체할 수 있는 투명 전도막으로 ZnO에 대한 관심이 높아지고 있으며, ZnO에 Al, Ga, In, Ge 등을 불순물로 첨가하여 더욱 낮은 비저항과 높은 열적안정성을 갖는 투명 전도막들이 연구되고 있다[3].

ZnO은 상온에서 넓은 밴드갭을 가진 화합물 반도체로 기판 위에 형성하는 방법은 Spray Pyrolysis[4], Chemical Vapor Deposition(CVD)[5], 진공 증착법, Sputtering 등이 있다.

본 논문에서는 투명 전도막으로 Al이 첨가된 ZnO 박막을 sputtering 전류에 따라 Facing Targets Sputtering(FTS)법[6,7]으로 제작하여 전기적 특성, 광학적 특성, 구조적 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 그림 1 과 같은 FTS 장치를 사용하였다. FTS 는 두 장의 타겟이 서로 마주보게 배치되어 있는 구조로 타겟 뒷면에 영구자석을 배치하여 수직으로 자계를 형성시킨다. 타겟 사이에 형성된 플라즈마내의 γ -전자가 수직으로 형성된 자계에 의해 구속되어 두 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다. 따라서, γ -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터링 방법보다 길며, 분위기 가스의 이온화율이 높아 고밀도 플라즈마를 형성하므로 낮은 가스 압에서도 방전이 가능하다[3,4]. 또한, 기판이 플라즈마에 직접 닿지 않기 때문에 스퍼터링이 일어날 때 발생하는 박막의 손상을 줄일 수 있다.

표 1. AZO 박막 제작 조건

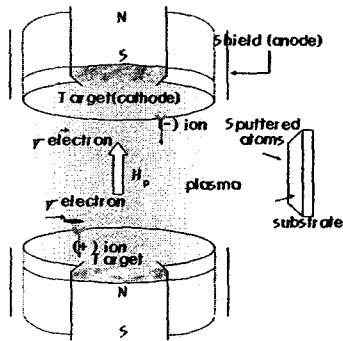


그림 1. FTS 개략도

Deposition parameter	Conditions
Targets	Zn(5N), ZnO:Al(Al_2O_3 :2wt%)
Substrate	slide glass
Base pressure	2×10^{-6} Torr
Working gas pressure	1mTorr
O_2 gas flow rate(O_2/O_2+Ar)	0.2
Substrate temperature	R.T
Sputtering current	0.1, 0.3, 0.5

AZO 박막의 제작 조건은 표 1 과 같으며 기판 세척은 DI water-IPA-Acetone-IPA 순으로 초음파세척기를 사용하였고, 질소 송풍 건조를 하였다.

AZO 박막 증착에 앞서 pre-sputtering 을 10-30 분간 진행하여 타겟의 불순물들을 제거하였다.

제작된 박막의 전기적 특성은 4-point probe (Changmin)장비를 사용하였으며 박막의 두께는 α -step (Tencor)을, 광투과율은 UV-VIS spectrometer (HP)를 사용하여 측정하였다. 구조적 특성은 XRD (Rigaku) thin film attachment 를 사용하여 알아보았다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2 는 산소 가스 유량비 0.2, 압력 1mTorr 에서 스퍼터링 전류에 따라 실온에서 제작한 AZO 박막의 XRD 패턴이다.

모든 AZO 박막이 (002)에서 피크가 나타났다. 스퍼터링 전류가 0.3[A]에서 XRD 피크가 가장 크게 측정되었으며, 0.4[A]-0.6[A] 경우는 비슷한 크기의 피크가 측정되었다.

이는 스퍼터링 전류가 0.3[A]에서 가장 결정성이 큼을 나타내며, 0.1[A], 0.2[A] 보다는 0.4[A]~0.6[A]에서 결정성이 우수함을 나타낸다.

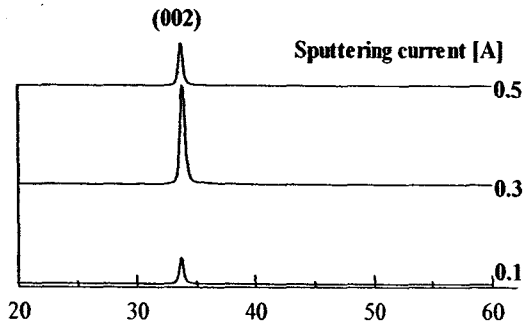


그림 2. 산소 가스 유량비 0.2, 1mTorr 에서 증착한 AZO 박막의 스퍼터링 전류에 따른 XRD 회절 피크

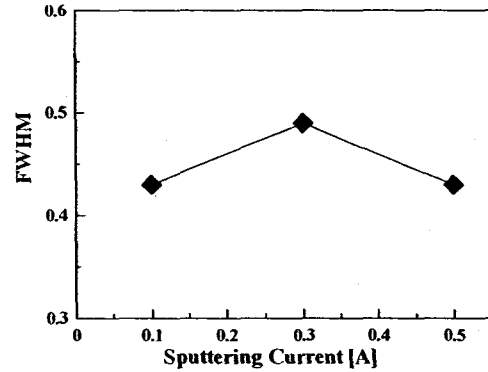


그림 3. 산소 가스 유량비 0.2, 1mTorr 에서 증착한 AZO 박막의 스퍼터링 전류에 따른 FWHM

그림 3 은 XRD 패턴을 이용해 계산한 Full width at half maximum(FWHM)을 나타낸 그림이다. 스퍼터링 전류가 0.2[A]에서 가장 큰 값을 나타내었다. 이때 가장 작은 입자 크기를 가졌으며 그 값은 15[nm]이다. 스퍼터링 전류 0.2[A]이상에서는 전류 증가에 따라 FWHM 는 감소하였으며, 이때 입자 크기는 점차 증가 하여 스퍼터링 전류 0.6[A]에서 입자 크기는 23.6[nm]이다. 또한, 스퍼터링 전류 0.6[A]에서 결정성장이 잘 일어난 것을 알 수 있으며, 이때의 비저항 값이 $2.3 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 로 가장 작은 값을 보여주었다.

Input current	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6
Resistivity	2.89E+00	2.83E+00	2.45E-02	5.40E-04	2.30E-04

표 2. 산소 가스 유량비 0.2, 1mTorr 에서 증착한 AZO 박막의 스퍼터링 전류에 따른 비저항

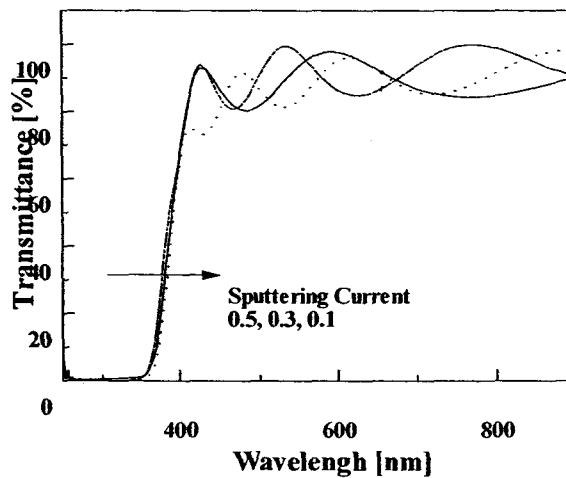


그림 4. 산소 가스 유량비 0.2, 1mTorr 에서 증착한 AZO 박막의 스퍼터링 전류에 따른 투과도

표 2 는 산소 가스 유량비 0.2, 압력 1mTorr 에서 스퍼터링 전류에 따라 실온에서 제작한 AZO 박막의 비저항을 나타낸 그림이다. 비저항은 스퍼터링 전류가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 0.6[A]에서 가장 낮은 비저항 값을 보였다. 입자의 크기가 증가하면 입자 경계가 감소하여 이동도가 증가한다. 이로 인해 비저항이 낮아지는 경향을 보인다. 본 실험에서는 스퍼터링 전류가 0.2[A]이상에서 그와 같은 경향을 보였다.

그림 4 는 산소 가스 유량비 0.2, 압력 1mTorr 에서 스퍼터링 전류에 따라 실온에서 제작한 AZO 박막의 광투과율을 나타낸 그림이다. 제작된 모든 AZO 박막이 가시광 영역에서 80[%]이상의 투과율을 보였으며, 350[nm]파장 근처에서 뚜렷한 광흡수단을 보여주었다. 스퍼터링 전류 증가에 따라 광흡수단이 이동하는 것은 Burstein-Moss 효과[7]에 의한 것으로 볼 수 있으며, 이는 캐리어 농도의 증감에 의한 것으로서 비저항이 스퍼터링 전류 0.6[A]에서 가장 낮게 나타나는 원인으로 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 FTS 장치를 이용하여 스퍼터링 전류 0.1[A]-0.6[A]에서 AZO 박막을 실온 증착하였다. 증착된 AZO 박막 모두 강한 (002) XRD 피크를 보였으며, 특히 스퍼터링 전류가 0.3[A]일 때 강한 피크를 나타내었다. XRD 패턴에서 FWHM 을 계산한 결과 스퍼터링 전류가 0.6[A]에서 0.37 로 가장 작은 값을 보였으며, 이때의 입자 크기가 23.6[nm]로 가장 컸다. 비저항은 스퍼터링 전류가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보여, 스퍼터링 전류가 0.6[A]에서 $2.3 \times 10^{-4} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 로 가장 낮은 값을 나타내었다. 광투율은 스퍼터링 전류에 상관없이 모두 80[%]이상의 값을 보였으며, 캐리어 증감에 따른 광흡수단이 이동하는 B-M shift 를 관찰할 수 있었다.

참고문헌

- [1] H.J,Park "Study for chatacteristics of IZO/ITO and IZTO/ITO thin film for the Advanced Next FPD, 대구가톨릭대학교 [2003]
- [2] O. Kuboi, "Degradation of ITO Film in Glow-Discharge Plasma," Jpn. J. Appl. Phys., 20, L783-786 (1981).
- [3] T. Minami, S. Suzuki, T. Miyata, " Transparent conducting impurity-co-doped ZnO:Al thin films prepared by magnetron sputtering" , Thin Solid Films 398- 99 (2001) 53.
- [4] P. Nunes, E. Fortunato, P. Tonello, F. Braz Fernandes, P. Vilarinho, R. Martins, " Effect of different dopant elements on the properties of ZnO thin films" , Vacuum 64 (2002) 281.

- [5] A. Martín, J.P. Espino, A. Justo, J.P. Holgado, F. Yubero, A.R. González-Elipé,
“ Preparation of transparent and conductive Al-doped ZnO thin films by ECR plasma enhanced
CVD” , Surf. Coat. Technol. 151- 52 (2002) 289.
- [6] K.H.Kim, M.J.Keum, “ Thin Film Properties by Facing Targets Sputtering System” , Applied
Surface Science 169-170, p. 410-414, 2001
- [7] 금민중, 김경환, “ 대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR 용 AZO(ZnO:Al) 박막의 제작” , 전기전자재료학회
논문지, 17, 4, p. 422, 2004
- [8] Byeong-Yun Oh, Min-Chang Jeong, Doo-Soo Kim, Woong Lee and Jae-Min Myoung, “ Post-annealing of
Al-doped ZnO films in hydrogen atmosphere” , Journal of Crystal Growth, x (2005) xxx - xxx