

디스플레이용 투명전도막(AZO)의 제작

김현웅, 금민중, 손인환*, 신성권**, 가출현*, 김경환
경원대학교, 신성대학*, 동해대학교**

Transparent Conductive Oxide(TCO) thin film(AZO) prepared for display application

H.W.Kim, M.J.Keum, I.H.Son*, S.K.Sin**, C.H.Ka* and K.H.Kim
KyungWong University, Shinsung College*, Donghae University**

Abstract

In this study, AZO(ZnO:Al) thin film were prepared by FTS(Facing Target Sputtering) system. The electrical, optical and crystallographic properties of AZO thin film with O₂ gas flow ratio have been investigated. The thickness, transmittance, crystal structure and resistivity of AZO thin film were measured by α -step, UV-VIS spectrometer, XRD and four-point probe, respectively. As a result, AZO thin film deposited with the transmittance over 80% and the resistivity about $10^{-1}\Omega\text{-cm}$.

Key Words : AZO(ZnO:Al), FTS, TCO, resistivity, transmittance

1. 서론

사회 기반이 정보화 시대로의 변화함에 따라 디스플레이 응용 분야는 기존의 텔레비전과 컴퓨터 모니터뿐만 아니라 이동통신 분야로까지 넓게 확산되고 있는 실정이다. 이들 디스플레이에 적용되는 기관재료의 구조는 하부(혹은 상부)에 투명 전극이 사용되고 있는 구조로서 거의 동일하다고 할 수 있다. 현재 연구되고 있는 투명 전도막으로는 IZO, AZO, ATO 등이 있다.

AZO(ZnO:Al)는 적외선 및 가시광선 영역에서의 투광성과 전기전도성이 우수하며 원료가격이 비교적 낮아서 투명저도막 재료로 많은 주목을 받고

있다. 또한 비저항이 $10^{-4}\Omega\text{cm}$ 대의 샘플 제작이 가능하며, 가시광 영역에서의 광투과율 역시 80% 이상의 높은 수치를 보여주고 있다.

이러한 AZO 박막을 제작하는 방법에는 CVD법 [1], 진공증착법[2], 스퍼터링법[3] 등이 있는데 주로 스퍼터링법이 많이 연구되고 있다. 스퍼터링법으로 AZO 박막을 제작하는 경우 투입전력, 기판온도, 분위기 가스 압력, 산소가스 유량 비, 타겟간 거리, 타겟의 종류 등의 증착 조건에 의해 결정학적·전기적 특성이 영향을 받게 된다[4]. 따라서 본 연구에서는 산소가스 유량비를 0.1에서부터 1.0까지 변화시켜가며 증착한 AZO(ZnO:Al) 박막의 광학적, 결정학적, 전기적 특성을 알아보았다

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구에서는 기판의 손상이 없고 낮은 압력에서도 안정된 방전이 가능한 대향타겟식 스퍼터링 시스템을 이용하여 AZO박막을 제작하였다. 대향타겟식 스퍼터링 시스템은 아르곤가스압력, 기판온도, 기판바이어스 전압 등의 증착조건을 넓은 범위에서 조절할 수 있어 막의 미세구조나 특성을 정확하게 제어할 수 있는 특징이 있다. 그림 1에 본 연구에서 사용한 대향타겟식 스퍼터링 시스템의 구조를 나타내었다.

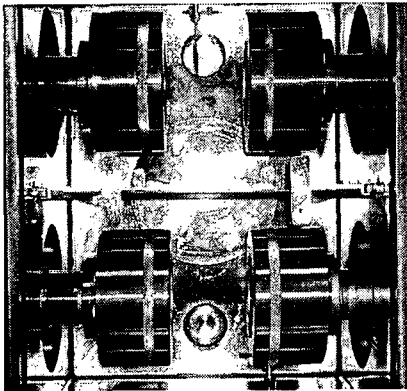


그림 1. FTS 장치

Fig 1. FTS apparatus

그림과 같이 두 장의 타겟이 서로 마주보게 배치되어 있고 음극으로서 작용한다. 양 타겟의 뒷면에 영구자석이 장착되어 타겟 표면에 수직으로 자계가 분포된다. 때문에 타겟 사이에 형성되는 플라즈마내의 γ -전자를 구속하게 되며, 구속된 γ -전자는 반사전극 역할을 하는 맞은편 타겟으로 인해 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다. 따라서 γ -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터링법 보다 길며, 분위기 가스의 이온화율이 높아 고밀도의 플라즈마를 형성하므로 높은 증착율과 0.1mTorr의 낮은 가스 압에서도 안정적인 방전을 유지할 수 있다[5~7].

2.2 실험조건

대향타겟식 스퍼터링 시스템을 이용하여 AZO 박막을 제작하기 위해서 두께 10[mm]의 Zn(4N),

ZnO:Al(Al_2O_3 :2wt%)의 디스크형 타겟과 기판으로 slide glass를 사용하였다. 유입되는 가스로는 아르곤(5N)과 산소(5N)가스를 사용하여 산소가스유량비와 기판온도에 따른 AZO박막의 증착율, 결정성, 비저항, 투과율 등을 살펴보았다. 제작된 막의 두께는 α -step(Tencor), 비저항은 4-point probe (Chang-min), 박막의 결정학적 특성은 X-선 회절 분석기(Rigaku), 광학적 특성은 UV-VIS spectrometer(HP)로 분석하였다.

표 1. 스퍼터링 조건

Table 1. Sputtering Conditions

Deposition parameter	Conditions
Targets	Zn(4N) ZnO:Al(Al_2O_3 :2wt%)
substrate	slide glass
target-target distance	100mm
target-substrate distance	100mm
Base pressure	2×10^{-3} mTorr
Working gas pressure	1mTorr
O ₂ gas flow rate	0.1~1.0
O ₂ /(O ₂ +Ar) thickness	300 nm
Substrate temperature	R.T, 200°C
Sputtering current	0.1A

3. 결과 및 고찰

3.1 산소가스 유량비에 따른 AZO박막의 증착율

그림 2는 기판온도와 산소가스 유량비에 따른 증착율의 변화를 그린 것이다. 전반적으로 산소 가스 유량비 0.2~0.3에서 높은 증착율을 보이고있다. 이는 산소 가스 유량비의 증가에 따라 산소가 더욱 많이 이온화되고 플라즈마의 임피던스가 감소하여 이에 따라 스퍼터된 입자와의 결합이 많아져 증착률이 증가하는 것으로 사료된다[8]. 반면 가스 유량비 0.3 이상의 구간에서는 증착율의 감소를 보이는데, 이는 상대적으로 스퍼터링율이 높은 아르곤 가스 유량비가 낮아지게 되어 나타나는 현상으로 사료된다.

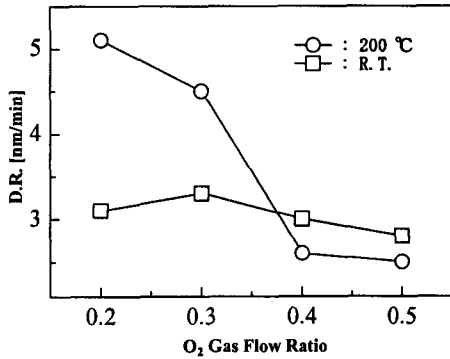


그림 2. 기판온도와 유량비에 따른 증착율
 Fig 2. Deposition Rate of AZO thin film as a function of oxygen gas flow ratio and substrate temperature

3.2 산소가스 유량비에 따른 AZO박막의 결정성

그림 3, 4는 산소가스 유량비와 기판온도를 변화시켜가며 Zn-ZnO:Al(2wt%)타겟을 사용하여 증착한 박막의 XRD 패턴이다.

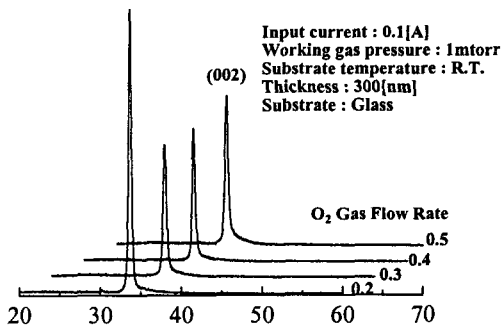


그림 3. 기판온도 실온에서 증착한 AZO 박막의 XRD 패턴
 Fig 3. XRD patterns of ZnO:Al thin film at R.T.

그림 3, 4 모두 강한 (002)피크를 보여주었다. 이는 차후에 기능성 박막을 제작하는데 있어서 유리한 조건을 가질 수 있는 가능성을 보여주는 결과라 할 수 있다. 기판온도에 상관없이 산소가스 유량비 0.2에서 가장 강한 피크값을 얻을 수 있었다.

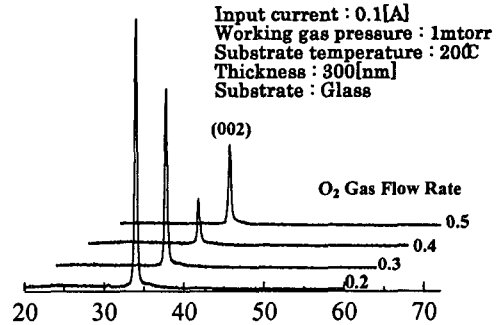


그림 4. 기판온도 200°C에서 증착한 AZO 박막의 XRD 패턴
 Fig 4. XRD patterns of ZnO:Al thin film at 200°C

3.3 산소가스 유량비에 따른 AZO박막의 비저항 및 광투과율

0.1[A]에서 증착한 막의 비저항은 기판온도를 실온으로 한 경우와 200°C로 한 경우 모두 좋은 결과를 얻지는 못했다. 다만 그 추세를 보면 산소가스 유량비 0.2~0.4 사이에서 $10^0 \Omega\text{-cm}$ 이하의 값을 가졌으며 산소가스 유량비 0.4 이상에서는 높은 저항값을 가졌다. 그림 5에는 기판온도 200°C에서 증착한 AZO박막의 비저항을 나타낸 것이다.

특히 산소가스 유량비 0.4 이상에서는 그 값이 급격히 상승하는데, 이것은 과잉 산소가 박막내의 산소 공극들과 치환됨으로 해서 비저항값이 증가한 것으로 사료된다.

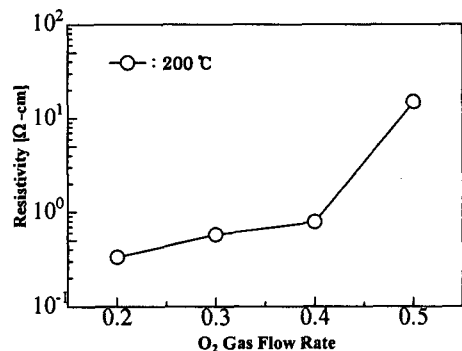


그림 5. 기판온도 200°C에서 증착한 AZO 박막의 비저항
 Fig 5. Resistivity of thin film at 200°C

기판온도와 산소가스 유량비에 따른 광투과율은 그림 6, 7에 나타나 있다. 기판온도가 높아졌을 경우 광투과율이 약간 증가하는 추세를 보이고 있다. 350nm 부근에서 cut-off가 있었으며, 산소가스 유량비의 변화에 따른 B-M shift 또한 관찰되었다[9].

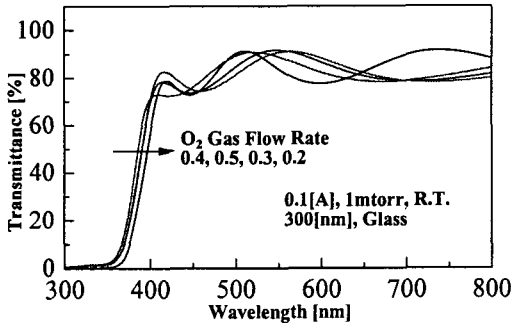


그림 6. 실온에서 증착한 AZO 박막의 광투과율
Fig 6. Transmittance of thin film at R.T.

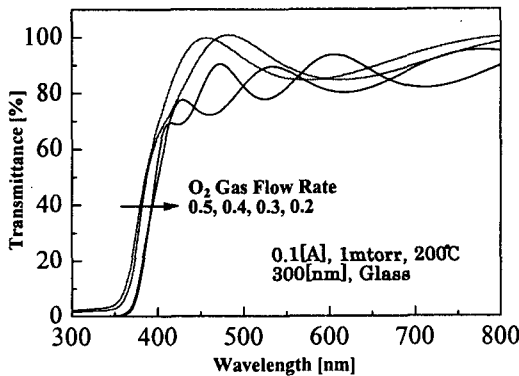


그림 7. 200°C에서 증착한 AZO 박막의 광투과율
Fig 7. Transmittance of thin film at 200°C

4. 결 론

FTS장치를 사용하여 투입전류와 산소가스 유량비를 변화시켜가며 AZO박막을 제작하였다. 가스압 1mTorr, 투입전류 0.1[A], 산소가스 유량비 0.1~1.0, 막 두께 300nm, 기판온도 R.T.와 200°C의 조건으로 박막을 제작하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. 막의 증착율은 전반적으로 산소가스 유량비 0.2 부근에서 높은 증착율을 보였다. 또한 기판

온도와는 상관없는 광투과율을 가졌으며 막의 결정성 역시 기판온도에 독립적이었다. 박막의 비저항은 온도와 밀접한 관계가 있었으며 기판온도 200°C에서 증착한 막이 실온에서 증착한 막 보다 좋은 비저항 특성을 가졌다.

참고 문헌

- [1] M. Labeau, P. Rey, J. L. Deschanvres. J.C. Joubert and G. Delabouglise, Thin Solid Films. Vol.213, p. 94-98, 1992
- [2] Masaru Shimizu, Yoojiro Matsueda, Tadashi Shiosaki and Akira kawabata, J. of Crystal Growth, 71. 209, 1991
- [3] K. Ellmer, R. Cebulla and R. Wendt. Thin Solid Films, Vol.317, p. 413-416, 1998
- [4] Takashi Tsuji, Mitsuji Hirohashi, Applied Surface Science 157, p. 47-51, 2000
- [5] K.H.Kim, M.J.Keum, Applied Surface Science 169-170, p. 410-414, 2001
- [6] 김경환, 손인환, 금민중, 전기전자재료학회 논문지, 11, 5, p. 418-422, 1998
- [7] 금민중, 김경환, 전기전자재료학회 논문지, 17, 4, p. 422, 2004
- [8] E. Ellmer et al., Thin Solid Films, 247, 15, 1994
- [9] Z.C. Zin, I. Hamberg, C.G. Granqvist, J. Appl. Phys. 64, p. 5117, 1988