

연성기판 위에 증착한 투명전도막의 제작

조범진*, 금민중*, 김경환*
*경원대학교

Preparation of thtransparent conductive film using flexible substrates

Bum-jin Cho*, Min-jong Keum*, Kyung-hwan Kim*
*Kwangwoon University

Abstract : We prepared ZnO:Al (AZO) thin films on polycarbonate (PC) and polyethersulfon (PES). Because the polymer substrate has weak thermal resistance. The AZO thin films were deposited at room temperature by facing targets sputtering (FTS) method. In the work, AZO thin films were deposited with different thickness in 1mTorr and O₂ gas flow rate 0.05. The electrical, optical and crystallographic properties were measured. From the results, the resistivity of $7.3 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ and transmittance of over 80% in visible range were obtained.

Key Words : AZO, PC, PES, sputtering, thin film

1. 서론

디스플레이에 대한 관심이 증가하면서 투명전도막(TCO)막에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 투명전도막에는 ITO, AZO, IZO 등이 있으며, 현재 ITO가 가장 널리 사용되고 있으나 ITO는 고가의 In을 원료 물질로 사용한다는 점과 수소 플라즈마 분위기에서 환원되어 특성이 저하된다[1] 이에 대한 대체 물질로 AZO 박막이 연구되고 있다. AZO는 ZnO박막에 3%의 Al을 도핑하여 캐리어 농도를 증가시켜 낮은 비저항을 얻은 박막이다.

또한, 최근 flexible한 장치들에 대한 관심이 증가하면서, flexible 기판위에 증착한 AZO 박막의 특성 연구가 진행되고 있다[2]. AZO박막을 제조하는 방법으로는 졸겔법[3], 화학기상증착법[4], 스퍼터링법, 펄스레이저 증착법[5] 등이 있으며, flexible 기판이 열에 약하기 때문에 실온에서 제작하여 좋은 특성을 갖는 제작 방법이 필요하다.

본 연구에서는 대향 타겟 스퍼터링 (FTS)방법[6]을 이용하여 polycarbonate (PC) 와 polyethersulfon (PES) 기판에 AZO 박막을 증착하였다. AZO박막은 1mTorr, 산소가스유량비 0.05, 실온에서 제작하여, AZO 박막의 구조적, 전기적, 광학적 특성을 조사하였다.

2. 실험

AZO박막의 제작 조건은 표1과 같으며 기판은 PC, PES, 두께 200um를 사용하였다. 기판 세척은 증류수와 IPA에서 각각 10분씩 초음파 세척을 한 후, 오븐에서 30분간 건조하였다.

AZO박막은 그림1과 같은 대향 타겟 스퍼터링 방법으로 실온에서 증착시간에 따라 증착하였으며, 제작된 박막의 구조적, 광학적, 전기적 특성을 각각 XRD thin film attachment(Rigaku), UV-VIS spectrometer(HP), Hall effect measurement system(ECOPIA)을 이용하여 알아보았다. 또한, SEM (Hitachi)을 이용하여 AZO박막의 표면을 살펴보았다.

표1. AZO 박막의 제작 조건

Deposition parameter	Conditions
Targets	Zn(5N) ZnO:Al(Al ₂ O ₃ :2wt%)
Substrate	Polycarbonate(PC) Polyethersulfon(PES)
Target-target distance	100mm
Target-substrate distance	100mm
Base pressure	8×10^{-7} Torr
Working gas pressure	1mTorr
O ₂ gas flow rate(O ₂ /O ₂ +Ar)	0.05
Deposition time	10-30min
Sputtering power	100 W

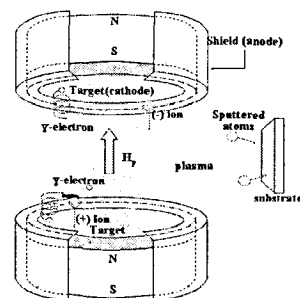


그림 1. 대향 타겟 스퍼터링 장치의 구조

3. 결과 및 검토

그림2는 AZO박막의 XRD 패턴을 나타낸 그림이다. PC 와 PES 기판에서 (002) 방향의 회절 피크가 관찰되었으며, 두께가 100nm에서 200nm로 증가함에 따라 회절 피크의 크기로 증가하였다. 이것으로 볼 때, AZO 박막은 c축으로 우선 성장한 것을 알 수 있다. 또한, PC기판의 경우 두께에 상관없이 매우 약한 (102)방향의 회절 피크가 관찰되었다.

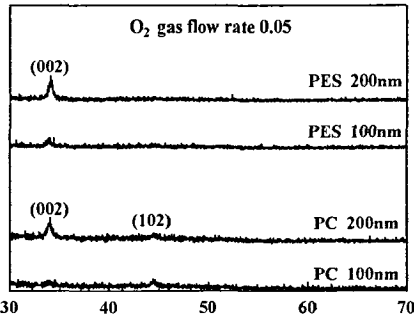


그림 2. AZO박막의 XRD 패턴

표2는 AZO박막의 비저항과 캐리어 농도, 이동도를 나타낸 표이다. 가장 낮은 비저항은 PES기판, 200nm의 AZO 박막에서 $8.88 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 였다. PC기판의 경우 두께가 100nm에서 200nm로 증가할 때 비저항은 증가, 캐리어 농도와 이동도는 감소하였으며, PES기판의 경우 비저항은 감소, 캐리어 농도와 이동도는 증가하였다.

표2. AZO 박막의 비저항, 캐리어농도, 이동도

	Thickness [nm]	Resistivity [Ωcm]	Carrier concentration [cm^{-3}]	Mobility [cm^2/Vsec]
PC	100	1.53×10^{-3}	3.149×10^{20}	12.94
	200	2.58×10^{-3}	2.654×10^{20}	9.1
PES	100	1.62×10^{-3}	2.542×10^{20}	15.08
	200	8.88×10^{-4}	3.171×10^{20}	22.15

그림3은 AZO박막의 투과율을 나타낸 그림이다. 모든 박막이 가시광 영역에서 80%이상의 투과율을 보여주었다.

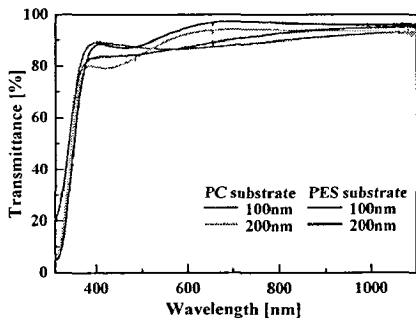


그림 3. AZO박막의 투과율

그림4는 투과율부터 구한 흡수율 대 포톤에너지 그래프이다. 모든 박막이 3.6eV 근처의 밴드갭을 가짐을 알 수 있다. 이들 밴드갭은 캐리어 농도에 영향을 받는데 표2에서 알 수 있듯이 캐리어 농도의 변화가 크지 않기 때문에 밴드갭의 확연한 변화는 보이지 않았다.

그림5는 AZO박막의 표면을 SEM을 이용하여 본 것이다. (a)와 (b)는 PC기판을 이용한 각각100nm, 200nm의 AZO박막이고, (c)와 (d)는 PES기판을 이용한 각각100nm, 200nm의 AZO박막의 표면 사진이다. 각각의 기판에서 박

막의 두께가 증가했을 때 표면의 입자들의 크기가 증가한 것을 확인할 수 있다.

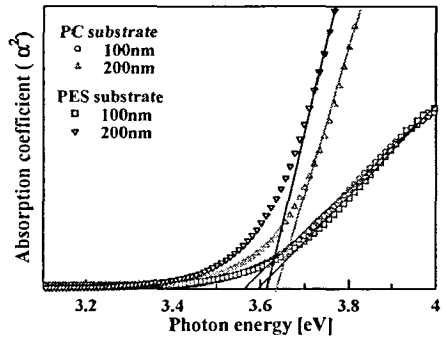


그림 4. AZO박막의 밴드갭

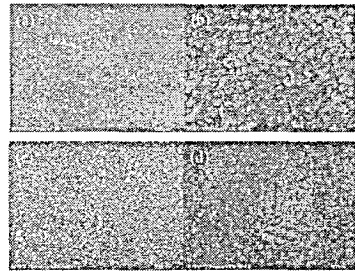


그림 5. AZO박막의 SEM 사진

4. 결론

대향타겟 스퍼터링 방법으로 PC, PES기판에 기판의 손상 없이 실온에서 AZO박막을 제작하였다. 두 기판 모두 (002)방향의 회절 피크가 관찰되었으며, 두께가 증가할 때 결정성이 향상되었다. 비저항은 PES기판, 박막 두께 200nm일 때 가장 낮은 값인 $8.88 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 를 얻을 수 있었다. 투과율은 모든 조건에서 80%이상을 나타내었으며, 제작된 박막이 3.6eV 근처의 밴드갭을 가짐을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] R. Banerjee, S. Ray, N. Basu, A. K. Batabyal and A. K. Barua, J. App. Phys. Vol. 62, p. 912, 1987
- [2] Z.L. Pei, X.B. Zhang, G.P. Zhang, J. Gong, C. Sun, R.F. Huang, L.S. Wen, Thin Solid Films. Vol. 497, p. 20, 2006
- [3] J.H. Lee, B.O. Park, Thin Solid Films. Vol. 426, p. 94, 2003
- [4] J. Hu, and R.G. Gordon, J. Appl. Phys. Vol. 71, p. 880, 1992
- [5] F.K. Shan, Y.S. Yu, Thin Solid Films. Vol. 435, p. 174, 2003
- [6] K.H. Kim, M.J. Keum, Appl. Surf. Sci. Vol. 169-170, p. 410, 2001