

투명전극용 AZO 박막의 막 두께 의존성

조범진*, 금민중*, 서화일**, 김광선***, 김경환*

*경원대학교 전기전자공학과

**한국기술교육대학교 정보기술 공학부

**한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부

초록

In this study, AZO(ZnO:Al) thin film were prepared by FTS(Facing Target Sputtering) system. The electrical, optical properties and crystalline of AZO thin film with thickness have been investigated. The thickness, transmittance, crystalline and electrical properties of AZO thin film were measured by α -step, UV-VIS spectrometer, hall effect measurement system, XRD and four-point probe, respectively. As a result, AZO thin film deposited with the transmittance over 80% and the resistivity about $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$.

1. 서론

언제, 어디서나, 누구든 정보의 혜택을 받을 수 있다는 유비쿼터스(ubiquitous) 시대의 도래를 맞이하면서, 각종 기기와 인간의 인터페이스 역할을 하는 디스플레이의 중요성이 부각되고 있다. 특히 장소에 구애를 받지 않고 정보 검색이 가능한 유비쿼터스의 실현을 위해 휴대성이 좋은 단말기들이 많이 출시되고 있다. 이들은 휴대용 단말기라는 특성상 가능한 얇고, 전력 소비가 적으며, 효율이 좋아야 한다. 따라서 이를 뒷받침하기 위한 연구가 많이 되고 있는 실정이다. 현재 주목받고 있는 디스플레이의 한 종류로서 OLED 를 손꼽을 수 있으며, 이 외에도 PDP, FED, TFT-LCD 등이 있다. 이들 디스플레이에 적용되는 기관재료의 구조는 하부(혹은 상부)에 투명전극이 사용되고 있는 구조로서 거의 동일하다고 할 수 있다. 현재 연구되고 있는 투명전도막으로는 IZO, AZO, ATO 등이 있다.

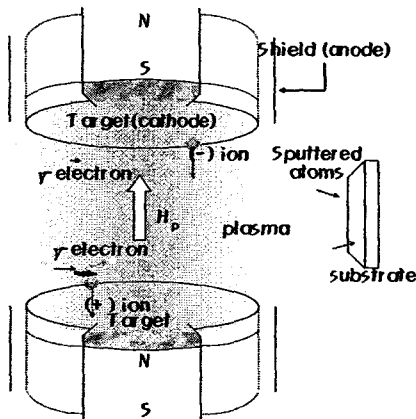
AZO(ZnO:Al)는 투광성과 전기전도성이 우수하며 원료의 가격이 비교적 낮아서 투명저도막 재료로 많은 주목을 받고 있다. 또한 비저항이 $10^{-4}\Omega\cdot\text{cm}$ 대의 샘플 제작이 가능하며, 가시광 영역에서의 광투과율 역시 80% 이상의 높은 수치를 보여주고 있다.

이러한 AZO 박막을 제작하는 방법에는 CVD 법[1], 진공증착법[2], 스퍼터링법[3] 등이 있는데 주로 스퍼터링법이 많이 연구되고 있다. 스퍼터링법으로 AZO 박막을 제작하는 경우, 증착 조건에 의해 결정학적·전기적·광학적 특성이 영향을 받게 된다[4]. 본 연구에서는 박형 디스플레이를

위한 전극의 두께에 따른 특성을 알아보기 위해, 투입 전류를 0.4A 와 0.6A 로 변화시켜가며 다양한 두께로 증착한 AZO (ZnO:Al) 박막의 광학적, 결정학적, 전기적 특성을 알아보았다.

2. 실험 방법

본 연구에서는 기판의 손상이 없고 낮은 압력에서도 안정된 방전이 가능한 대향타겟식 스퍼터링 시스템을 이용하여 AZO 박막을 제작하였다. 그림 1 은 본 연구에서 사용한 대향타겟식 스퍼터링 시스템의 그림이다.



그림과 같이 두 장의 타겟이 서로 마주보고 있으며, 양 타겟의 뒷면에 영구자석이 장착되어 타겟 표면에 수직으로 자계가 분포된다. 그리고, 양 타겟은 서로 반사전극의 역할을 하여 -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터링법 보다 길며, 분위기 가스의 이온화율이 높아 고밀도의 플라즈마를 형성하므로 높은 증착율과 0.1mTorr 의 낮은 가스 압에서도 안정적인 방전을 유지할 수 있다[5~7].

그림 1. FTS(Facing Targets Sputtering) 개략도

표 1. 스퍼터링 조건

Parameters	Conditions
Targets	Zn(5N)-ZnO:Al(Al ₂ O ₃ :2wt%)
Background pressure	2×10 ⁻³ [mTorr]
Working pressure	1 [mTorr]
O ₂ gas flow rate O ₂ /(O ₂ +Ar)	0.2
Thickness	50 ~ 750 [nm]
Substrate temperature	R.T.
Working gas	Argon, Oxygen

대향타겟식 스퍼터링 시스템을 이용하여 AZO 박막을 제작하기 위해서 Zn(5N), ZnO:Al (Al₂O₃:2wt%)의 디스크형 타겟(100 mm × 10 mm)과 slide glass 기판을 사용하였다. 유입되는 가스로는 아르곤(5N)과 산소(5N)의 혼합 가스를 사용하였다. 제작된 막의 두께는

step(Tencor), 비저항은 4-point probe (Chang-min), 박막의 결정학적 특성은 X-선 회절분석기(Rigaku), 광학적 특성은 UV-VIS spectrometer(HP), 그리고 Hall Effect Measurement system(EGK)로 Hall 특성을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2 는 투입전류 0.6A 에서 두께를 변화시켜가며 증착한 막의 XRD 패턴이다. 막 두께가 증가함에 따라서 XRD 피크의 강도 또한 높아진다는 것을 알 수 있었다. 50nm 의 경우 막이 기판 위에 island 의 형태로 존재하기 때문에 XRD 피크가 낮게 나온 것이라 사료된다.

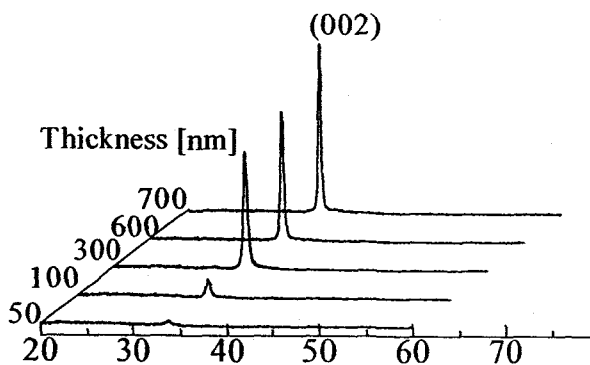


그림 2 투입전류 0.6A 에서 증착한 AZO 박막의 XRD 패턴

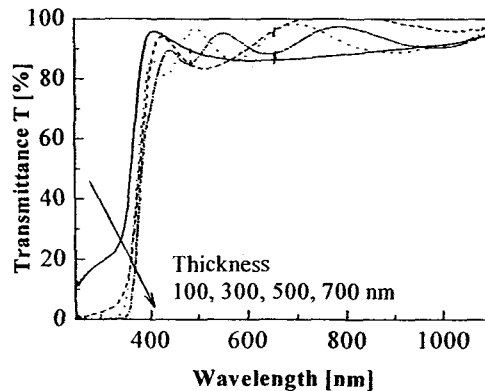


그림 3 투입전류 0.6A 에서 증착한 AZO 박막의 투과율

표 2,3 은 각각 0.6A 에서 증착한 AZO 막의 비저항과 이동도 및 캐리어 농도를 나타낸 것이다. 그림에서도 나타난 것과 같이 AZO 막의 비저항은 막의 두께보다는 캐리어 농도와 이동도에 더욱 의존적이었다.

Thickness[nm]	50	100	300	500	600	700
Resistivity	0.0797	0.018	0.00276	0.000237	0.001019	0.004505

표 2 투입전류 0.6A 에서 증착한 AZO 박막의 XRD 패턴

Thickness[nm]	100	300	500	600	700
Mobility	2.226	21.75	23.76	27.12	9.515
Carrier concentration	3.253e+20	1.039e+20	1.108e+21	2.258e+20	1.456e+20

표 3 투입전류 0.6A 에서 증착한 AZO 박막의 캐리어 농도와 이동도

광투과율의 경우 투입 전류와는 상관없이 가시광 영역에서 전반적으로 80%이상이었다. 이것은 AZO 막의 투과율이 투입 전류에는 독립적이라는 것을 보여준다. 두께가 200nm 이하인 막의 경우

350nm 이하의 자외선 영역을 확실하게 차단하지 못했다. 그러나, 가시광 영역에서는 두께에 상관 없이 모두 80% 이상의 높은 투과율을 보여주었다.

4. 결론

FTS 장치를 사용하여 투입전류와 증착된 막의 두께를 변화시켜가며 AZO 박막을 제작하였다. 전체적으로 80% 이상의 광투과율을 보여주는 우수한 막이 제작되었다. 막의 투과율은 투입전류에 독립적이었다. 두께에 따라서 적외선 영역을 차단 정도는 차이를 보이고 있었으나, 가시광 영역에서는 우수한 특성을 보이고 있다. 0.6A 에서 제작된 막의 비저항이 $10^{-4}\Omega\text{-cm}$ 대로 우수한 막이 나왔다. 막의 두께에 대한 비저항의 의존도는 낮게 보였으며, 캐리어 농도와 이동도에 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 'Thin films of high-resistivity zinc oxide produced by a modified CVD method', M. LabWeau, P. Rey, J. L. Deschanvres. J.C. Joubert and G. Delabouglise, Thin Solid Films. Vol.213, p. 94-98, 1992
- [2] 'Growth of ZnO films by the plasma-enhanced metalorganic chemical vapor deposition technique', Masaru Shimizu, Yoojiro Matsueda, Tadashi Shiosaki and Akira kawabata, J. of Crystal Growth, 71 209, 1991
- [3] 'Transparent and conducting ZnO(:Al) films deposited by simultaneous RF- and DC-excitation of a magnetron', K. Ellmer, R. Cebulla and R. Wendt. Thin Solid Films, Vol.317, p. 413-416, 1998
- [4] 'Influence of oxygen partial pressure on transparency and conductivity of RF sputtered Al-doped ZnO thin films', Takashi Tsuji, Mitsuji Hirohashi, Applied Surface Science 157, p. 47-51, 2000
- [5] 'Thin film properties by facing targets sputtering system ', K.H.Kim, M.J.Keum, Applied Surface Science 169-170, p. 410-414, 2001
- [6] '대향타겟스퍼터링에 의한 Co-Cr 박막의 제작 ', 김경환, 손인환, 금민중, 전기전자재료학회 논문지, 11, 5, p. 418-422, 1998
- [7] '대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR 용 AZO(AnO:Al) 박막의 제작' , 금민중, 김경환, 전기전자재료학회 논문지, 17, 4, p. 422, 2004