

타겟 종류에 따른 AZO(ZnO:Al) 박막 특성에 관한 연구

김현웅, 금민중, 손인환*, 김경환

경원대학교 전기정보공학과, 신성대학 디지털전기계열*

A study on the properties of AZO(ZnO:Al) thin film with a variety of targets

Hyun-Woong Kim, Min-Jong Keum, In-Hwan Son* and Kyung-Hwan Kim

KyungWon Uni., Shinsung college*

Abstract

AZO(ZnO:Al) thin film were prepared by FTS(Facing Target Sputtering) system. Change the sputtering conditions, AZO thin film deposited the lower resistivity(<10-4Ωcm) so it can use to be a display application electrode. In this study, the electrical and crystallographic effects of target type have been investigated. The crystal structure was studied by XRD and the resistivity of AZO thin film was obtained by the four-point probe.

Key Words : AZO(ZnO:Al), FTS, sputtering, crystalline, resistivity

1. 서 론

ZnO(Zinc Oxide)는 대칭육방정계(hexagonal)의 wurzite 결정구조를 가지는 II-VI족 화합물 n-type 반도체로서 결정구조에서의 이방성, 비화학양론적 결합구조, 높은 굴절율과 압전 결합계수, 다양한 전기적, 광학적 그리고 탄성파적 성질 때문에 현재 여러 응용분야에서 각광받고 있는 재료중의 하나이다[1]. 이러한 특성을 이용해 표면 탄성파소자, 디스플레이용 투명 전도성 박막, 태양전지용 투명 전극, IR 반사코팅 등 넓은 분야에서 응용되고 있다. 또한 Zn이 풍부하기 때문에 상대적으로 고가의 indium을 사용하는 ITO 박막보다 ZnO 박막의

제조단가가 상대적으로 저렴한 특징도 가지고 있다[2]. Al이 첨가된 ZnO:Al 박막을 제작하는 방법에는 CVD법[3], 진공증착법[4], 스퍼터링법[5] 등이 있는데 주로 스퍼터링법이 많이 연구되고 있다. 스퍼터링법으로 ZnO:Al 박막을 제작하는 경우 투입 전력, 기판온도, 분위기 가스 압력, 산소가스 유량비, 타겟간 거리, 타겟의 종류 등의 증착 조건에 의해 결정학적·전기적 특성이 영향을 받게 된다.[6] 따라서 본 연구에서는 타겟의 종류를 Zn:Al(Al:2wt%), ZnO:Al(Al₂O₃:2wt%), ZnO:Al(Al₂O₃:4wt%)으로 변화시켜가며 AZO(ZnO:Al) 박막의 결정학적, 전기적특성을 알아보았다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서는 FTS 장치를 이용하여 AZO(ZnO:Al) 박막을 제작하였다. 그림 1은 대향 타겟식 스퍼터링 장치의 방전 모식도이다. FTS 장치는 타겟 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 스퍼터링법보다 길며, 분위기 가스의 이온화율이 높아 고밀도의 플라즈마를 형성하므로 높은 증착율과 0.1mTorr의 낮은 가스 압에서도 안정적인 방전을 유지할 수 있다[7,8].

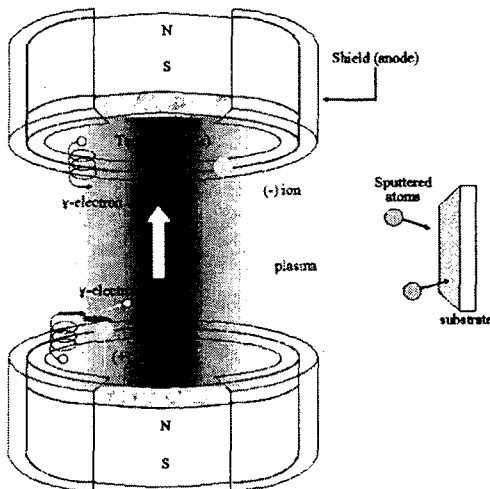


그림 1. FTS 장치의 방전 개략도.

2.2 실험조건

표 1은 AZO 박막을 증착하기 위한 스퍼터링 조건을 나타낸 것이다. 타겟으로는 Zn:Al(Al₂O₃:2wt%) 인 타겟 또는 ZnO:Al(Al₂O₃:4wt%) 세라믹 타겟을 이용하였으며, 이때 타겟간 거리는 100mm, 타겟간 중심축과 기판의 이격거리 100mm로 고정하였다. 기판 온도는 실온으로 하였으며 스퍼터링 가스로는 Ar과 O₂의 혼합 가스를 사용하였으며 산소가스 유량비

(O₂/O₂+Ar)를 0~1.0의 범위로 변화시켰다.

각 증착조건에서 제작된 ZnO:Al 박막의 두께는 α -step(Tencor), 비저항은 4-point probe (Changmin), 박막의 결정학적 특성은 X-ray Diffractometer(Rigaku)로 분석하였다.

표 1. 스퍼터링 조건.

Deposition parameter	Conditions
Targets	Zn:Al-Zn:Al(Al ₂ O ₃ :2wt%) Zn-ZnO:Al(Al ₂ O ₃ :2wt%) Zn-ZnO:Al(Al ₂ O ₃ :4wt%)
substrate	slide glass
target-target distance	100mm
target-substrate distance	100mm
Base pressure	2×10 ⁻³ mTorr
Working gas pressure	1mTorr
O ₂ flow rate O ₂ /(O ₂ +Ar)	0~1.0
Substrate temperature	R.T
Sputtering current	0.6A

3. 결과 및 고찰

3.1 산소가스 유량비에 따른 AZO 박막의 증착율

그림 2는 기판온도 R.T., sputtering current 0.6[A]에서 Zn:Al-Zn:Al, Zn-ZnO:Al 타겟을 사용하여 제작한 AZO박막의 증착율을 보여준다.

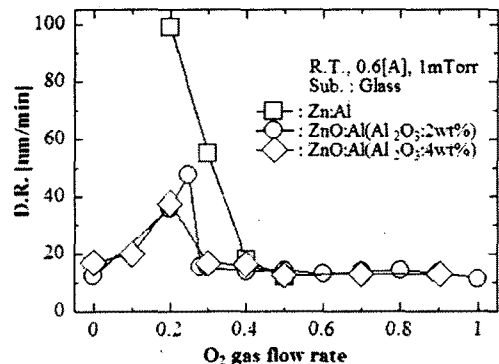


그림 2. 산소가스 유량비에 따른 AZO박막의 증착율.

증착된 막의 두께는 아르곤 가스의 영향보다도 산소 가스의 비율에 따라 일정 영역(0.2~0.3)에서 크게 영향을 받는 부분이 존재함을 보였다. 그러나 산소 가스 유량비 0.4이상에서는 큰 변화가 나타나지 않았으며, 그 값도 낮았다. 이는 산소가스 유량비의 증가에 따라 산소가 더욱 많이 이온화되고 플라즈마의 임피던스가 감소하여 이에 따라 스퍼터된 입자와의 결합이 많아져 증착물이 증가하는 것으로 보인다[9]. 반면 가스 유량비 0.3 이상의 구간에서는 상대적으로 스퍼터링율이 높은 아르곤 가스 유량비가 낮아지게 되어 증착물이 감소하는 경향이 나타났다.

3.2 산소가스 유량비에 따른 AZO 박막의 결정성

그림 3, 4, 5는 기판온도 R.T., sputtering current 0.6[A]에서 Zn:Al-Zn:Al, Zn-ZnO:Al(2wt%), Zn-ZnO:Al(4wt%) 타겟을 사용하여 제작한 ZnO:Al박막의 XRD 패턴이다.

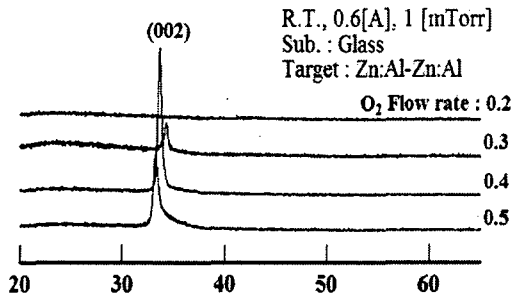


그림 3. Zn:Al-Zn:Al 타겟을 이용한 ZnO:Al 박막의 XRD 패턴

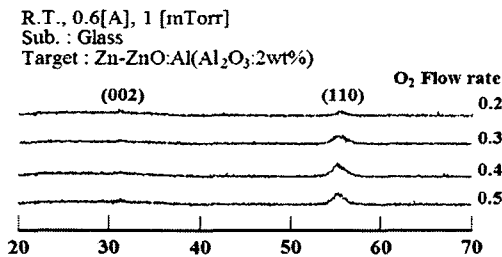


그림 4. Zn-ZnO:Al(2wt%) 타겟을 이용한 ZnO:Al 박막의 XRD 패턴

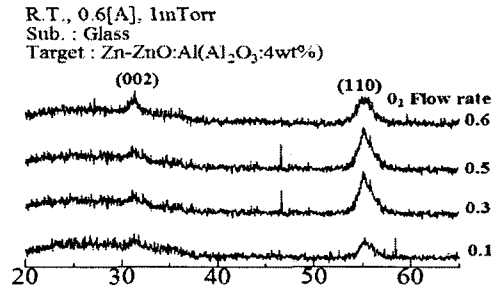


그림 5. Zn-ZnO:Al(4wt%) 타겟을 이용한 ZnO:Al 박막의 XRD 패턴

Zn-ZnO:Al타겟을 사용한 경우에는 (002)면의 회절 패턴은 거의 관찰되지 않고, 오히려 (110)면의 회절 피크가 관찰되었다.

그러나 그림 3에 나타난 바와 같이 Zn:Al 타겟을 이용한 경우에는 (002)면의 회절피크만 검출되었으며 (001)면의 피크는 보이지 않았다. 이는 세라믹 타겟을 이용한 경우보다 금속 타겟을 이용하여 AZO 박막을 실온에서 제작할 경우, ZnO 압전 박막의 에피택셜 성장을 유도하기 쉬운 결정성을 갖는 다는 것을 알 수 있다.

3.3 산소가스 유량비에 따른 AZO 박막의 비저항

그림 6은 AZO 박막의 비저항을 나타낸 것이다. 산소 가스 유량비 0.1~0.2에서는 $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하의 값을 보여줬다. 그러나 0.3 이상의 유량비에서는 그 값이 급격히 상승하는 것을 볼 수 있다. 이것은 과잉산소가 박막내의 산소 void들과 치환됨에 따라 비저항값이 증가한 것으로 사료된다.

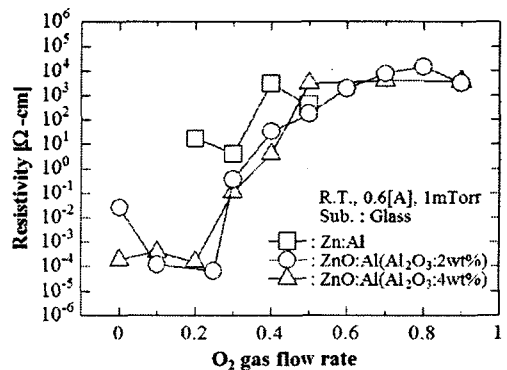


그림 6. 산소가스 유량비에 따른 박막의 비저항

금속 타겟으로 증착을 한 경우에는 전반적으로 비저항이 $10^{-2}\Omega\text{cm}$ 이상의 높은 값을 가졌다. 이것은 Zn:Al 금속 타겟을 이용하여 ZnO:Al 박막을 제작할 경우 산소 가스 유량비에 대한 세밀한 제어가 이루어지지 못하였기 때문이라 판단된다.

4. 결론

FTS장치를 사용하여 타겟을 Zn:Al(2wt%, metal), ZnO:Al(2wt%, ceramic), ZnO:Al(4wt%, ceramic)으로 변화시켜가며 ZnO박막을 제작하였다. 가스압 1mTorr, 투입전류 0.6[A], 산소가스 유량비 0~1.0, 기판온도 R.T.의 조건으로 박막을 제작하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다. 막의 증착율은 금속 타겟이 세라믹 타겟보다 월등히 높았으며, 전반적으로 산소가스 유량비 0.2 부근에서 높은 증착율을 보였다. 또한 ZnO:Al박막을 금속타겟으로 증착하였을 경우 결정학적 특성은 좋게 나왔으나, 막의 투명성이나 비저항에서 제어하기 힘들었다. 반면 세라믹 타겟의 경우 금속타겟보다 산소 제어가 용이한 이유로 비저항이 매우 좋게 나왔으며, 산소가스 유량비 0.1 일 때 $1 \times 10^{-4}\Omega\text{cm}$ 이 얻어졌다. 이는 전도성 박막으로의 조건에 부합되는 양질의 ZnO:Al박막을 제작할 수 있음을 확인해주는 결과라 할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Y. Igasaki and H. Saito, J. Apply. Phys., 70.3613, 1991
- [2] T. Minami, H. Nanto and S. Takata. "Highly Conductive and Transparent ZnO Thin Films Prepared by R.F Magnetron Sputtering in an Applied External D.C Magnetic Films", Thin Solid films. 124, pp.43-47, 1985
- [3] M. Labeau, P. Rey, J. L. Deschanvres. J.C. Joubert and G. Delabouglice, "Thin films of high-resistivity zinc oxide produced by a modified CVD mdthod", Thin Solid Films. Vol.213, pp.94-98, 1992
- [4] Masaru Shimizu, Yoojiro Matsueda, Tadashi Shiosaki and Akira kawabata, "Growth of ZnO Films by the Plasma Enhanced Metalorganic Chemical Vapor Deposition Techniques", J. of Crystal Growth, 71. 209, 1991
- [5] K. Ellmer, R. Cebulla and R. Wendt. "Transparent and conducting ZnO:Al films deposited by simultaneous RF- and DC-excitaion of a magnetron", Thin Solid Films, Vol.317, pp.413-416, 1998
- [6] Takashi Tsuji, Mitsuji Hirohashi, Applied Surface Science 157, pp.47-51, 2000
- [7] K.H.Kim, M.J.Keum, Applied Surface Science 169-170, pp.410-414, 2001
- [8] 김경환, 손인환, 금민중, 전기전자재료학회 논문지, 11, 5, pp.418-422
- [9] E. Ellmer et al., Thin Solid Films, 247, 15, 1994