

대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR용 AZO(ZnO:Al) 박막의 제작

Preparation AZO(ZnO:Al) Thin Film for FBAR by FTS Method

금민종¹, 김경환^{1,a}

(M. J. Keum¹ and K. H. Kim^{1,a})

Abstract

In this study, the AZO thin films were prepared as a function of oxygen gas flow ratio at room temperature by FTS(Facing Targets Sputtering) apparatus using Zn:Al(metal)-Zn:Al(metal) or Zn(metal)-ZnO:Al(ceramic). The film thickness, crystalline and electric properties of AZO thin film was evaluated by α -step, XRD and 4-point probe. In the results, the resistivity of AZO thin film was shown the lowest value about $8 \times 10^{-2} \Omega\text{-cm}$ (Zn:Al-Zn:Al), $3 \times 10^{-1} \Omega\text{-cm}$ (Zn-ZnO:Al) at the oxygen gas flow ratio 0.3. And the AZO thin film has good crystalline at oxygen gas flow ration 0.4, using Zn:Al-Zn:Al targets.

Key Words : AZO, ZnO:Al, FTS, Piezoelectric

1. 서론

ZnO 박막은 대칭육방정계(hexagonal)구조를 가지는 II-VI족 화합물 반도체로서 광전소자나 평판 표시 소자에 대한 투명 전도성 박막, 계기용 패널에 대한 정전방지코팅, 압전 특성을 이용한 광학소자, 표면 탄성과 필터 등의 소자에 사용되고 있다 [1, 2]. 이러한 ZnO 박막은 그 성분 조성 및 제조 조건에 따라 비저항값이 변화하는 성질을 갖는데, 화학양론적인 조성을 갖는 벌크 상태의 ZnO 박막은 고저항체로서 최대 $10^{25} \Omega\text{-cm}$ 까지의 비저항값을 갖으며, 이를 박막화 시키는 과정에서 Al, In, Si, F 등과 같은 전도성 물질을 첨가하게 되면 투명 전극으로서 응용이 가능한 낮은 비저항 특성을 얻을 수 있게 된다[3]. 또한 ZnO 박막을 이용한 SAW(Surface Acoustic Wave)필터나 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator) 소자의 경우 하부 전극

으로 AZO 박막이 사용된다면, AZO 박막의 결정 구조가 ZnO 박막의 결정구조와 같기 때문에 ZnO 압전 박막의 에피택셜 성장을 유도할 수 있다. 이러한 3원소 첨가로 박막의 전기적 특성을 제어하는 제작 방법으로는 CVD법, 스퍼터링법[4] 등이 있는데 주로 스퍼터링법이 많이 연구되고 있다. 특히 스퍼터링법으로 AZO 박막을 제작하는 경우 투입전력, 기판온도, 분위기 가스 압력, 산소가스 유량 비, 타겟간 거리등의 증착 조건에 의해 결정학적·전기적 특성이 영향을 받게 된다[5]. 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링(FTS:Facing Targets Sputtering) 장치를 이용하여 AZO 박막을 증착하였으며 FBAR 소자의 전극으로 사용하기 위해 AZO 박막의 전기적·결정학적 특성 개선에 우선점을 두어 실험하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서는 FTS 장치를 이용하여 AZO 박막을 제작하였다. 그림 1은 대향타겟식 스퍼터링 장치의 방전 모식도이다. FTS 장치는 타겟 뒷면에

1. 경원대학교 전기정보공학과
(경기도 성남시 수정구 복정동 산65)

a. Corresponding Author : khkim@kyungwon.ac.kr

접수일자 : 2003. 12. 15

1차 심사 : 2004. 1. 29

심사완료 : 2004. 2. 24

영구자석이 장착되어 타겟 표면에 수직으로 자계가 분포된다. 수직으로 형성된 자계로 인해 타겟 사이에 형성되는 플라즈마내의 ν -전자를 구속하게 되며, 구속된 ν -전자는 반사전극 역할을 하는 맞은편 타겟으로 인해 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다. 따라서 ν -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터링법 보다 길며, 분위기 가스의 이온화율이 높아 고밀도의 플라즈마를 형성하므로 높은 증착율과 0.1mTorr의 낮은 가스압에서도 안정적인 방전을 유지할 수 있다[6-8].

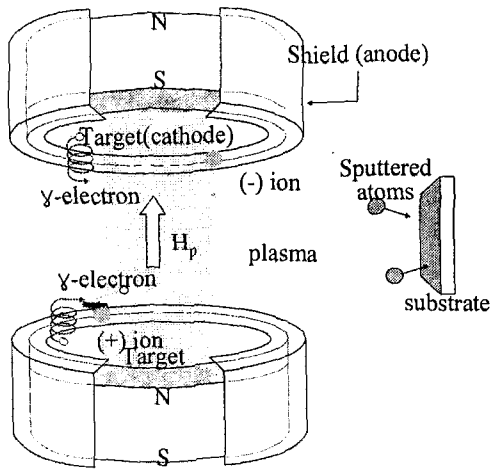


그림 1. FTS 장치의 방전 개략도.
Fig. 2. Discharge Schematic Diagram of FTS apparatus.

표 1은 ZnO:Al 박막을 증착하기 위한 스퍼터링 조건을 나타낸 것이다. 타겟으로는 metal(상)-metal(하) 타겟을 이용한 경우와 metal(상)-ceramic(하) 타겟을 이용한 경우의 조건으로 실험하였다. metal-metal의 경우에는 Zn:Al(Al:2wt%)-Zn:Al(Al 2wt%)이며, metal-ceramic의 경우에는 Zn-ZnO:Al (Al₂O₃:2wt%)을 이용하여 ZnO:Al 박막을 제작하였다.

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

표 1. 스퍼터링 조건.
Table 1. Sputtering Conditions.

Deposition parameter	Conditions
Targets	Zn:Al-ZnAl Zn-ZnO:Al
Substrate	slide glass SiO ₂ /Si
target-target distance	100 mm
target-substrate distance	100 mm
Base pressure	2×10^{-3} mTorr
Working gas pressure	1 mTorr
O ₂ gas flow rate O ₂ /(O ₂ +Ar)	0.2~0.5
Substrate temperature	R.T.
Sputtering current	0.6 A

3. 결과 및 고찰

3.1 산소가스 유량비에 따른 AZO 박막의 증착율

그림 2는 투입전류 0.6 A, 가스압력 1 mTorr일 때 산소가스 유량비에 따른 AZO 박막의 증착률을 나타낸 것이다.

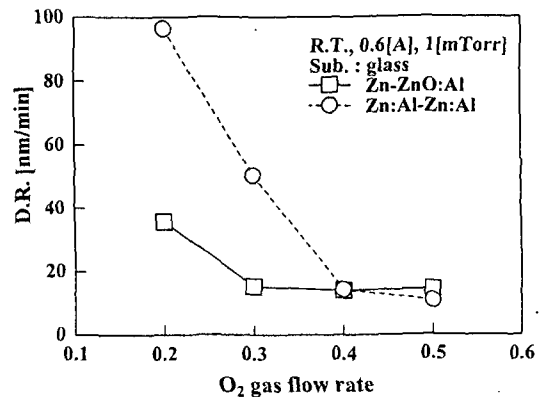


그림 2. 산소가스 유량비에 따른 ZnO:Al 박막의 증착율.

Fig. 2. Deposition Rate of ZnO:Al thin film as a function of oxygen gas flow rate.

그림에 나타난 바와 같이 산소 가스 유량비의 증가에 따라 AZO 박막의 증착율이 감소하는 것을 알 수 있다. 특히 Zn:Al 금속 타겟을 이용한 경우 산소 가스 유량비 0.2와 0.3에서는 막 증착 속도가 아주 큼을 볼 수 있다.

3.2 산소가스 유량비에 따른 AZO 박막의 결정성

그림 3과 4는 기판온도 R.T., sputtering current 0.6 A, Zn-ZnO:Al, Zn:Al-Zn:Al 타겟을 사용하여 제작한 ZnO:Al 박막의 XRD패턴이다.

Zn-ZnO:Al 타겟을 사용한 경우에는 (002)면의 회절 패턴을 관찰 할 수가 없었으며, 오히려 (110)면의 회절 피크가 관찰되었다.

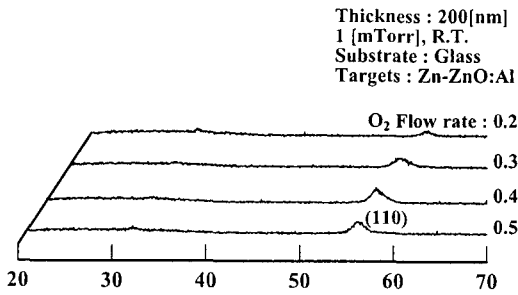


그림 3. Zn-ZnO:Al 타겟을 이용한 AZO 박막의 XRD 패턴.

Fig. 3. XRD patterns of AZO thin film using Zn-ZnO:Al targets.

그러나 그림 4에 나타난 바와 같이 Zn:Al 타겟을 이용한 경우에는 (002)면의 회절 피크만이 검출된 것을 알 수 있다.

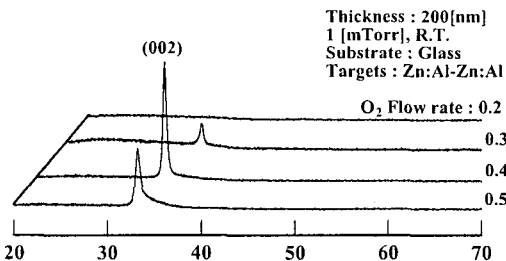


그림 4. Zn:Al-Zn:Al 타겟을 이용한 ZnO:Al 박막의 XRD 패턴.

Fig. 4. XRD patterns of AZO thin film using Zn:Al-Zn:Al targets.

이는 세라믹 타겟을 이용한 경우보다 금속 타겟을 이용하여 AZO 박막을 실온에서 제작 시, ZnO 압전 박막의 에피택셜 성장을 유도하기 쉬운 결정성을 갖는다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 AZO 박막의 비저항을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 산소 가스 유량비 0.2와 0.3에서는 Zn:Al-Zn:Al 금속 타겟을 사용하여 제작한 박막의 비저항이 낮지만 그 이상의 가스 유량비에서는 오히려 비저항이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 유입된 산소 가스와 금속 타겟의 스퍼터링 입자가 기판에 증착되는 과정에서 Zn-ZnO:Al 타겟을 이용한 박막의 증착보다 산소 가스 의존성이 높기 때문으로 사료된다. 따라서 Zn:Al 금속 타겟을 이용하여 ZnO:Al 박막을 제작할 경우 산소 가스유량비에 대한 세밀한 제어가 필요하다는 것을 알 수 있다.

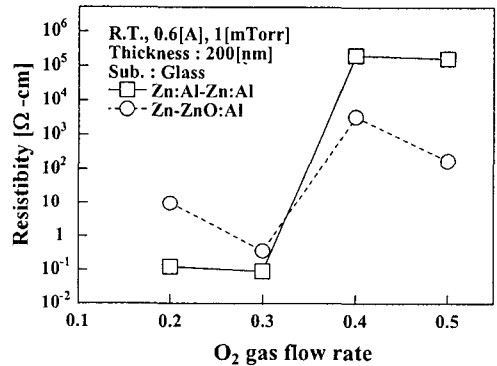


그림 5. 산소가스 유량비에 따른 박막의 비저항.

Fig. 5. Resistivity of ZnO:Al thin film with oxygen gas flow rate.

그림 6은 SiO₂(1μm)/Si(100) 기판상에 Zn:Al 타겟을 이용하여 증착된 AZO 박막의 XRD 회절 패턴을 나타낸 것이다. 그림에서 기판 peak는 제외하고 ZnO:Al 박막의 peak만 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 산소 가스 유량비 0.4, 0.5에서 ZnO:Al 박막의 (002)면 회절 peak가 그림 4에 나타난 glass 기판상에 제작된 경우보다 크다는 것을 알 수 있다. 그러나 0.2, 0.3의 산소가스 유량비일 경우에는 (002) peak가 아닌 (101) peak가 나타났다. 또한 이 경우 박막의 비저항을 그림 7에 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 전반적인 비저항의 감소 및 증가 추세는 glass 기판상에서와 유사함을

알 수 있다. 그러나 그림 6과 7에 나타난 바와 같이 결정성의 증가와 함께 비저항의 감소가 동일 조건에서 발생되지 않았다는 것을 알 수 있다.

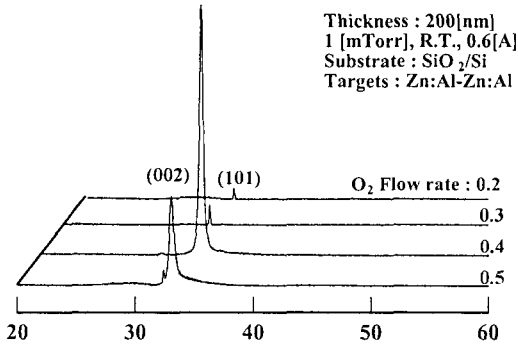


그림 6. Zn:Al-Zn:Al 타겟을 이용한 ZnO:Al/SiO₂/Si 박막의 XRD 패턴.

Fig. 6. XRD patterns of ZnO:Al/SiO₂/Si thin film using Zn:Al-Zn:Al target.

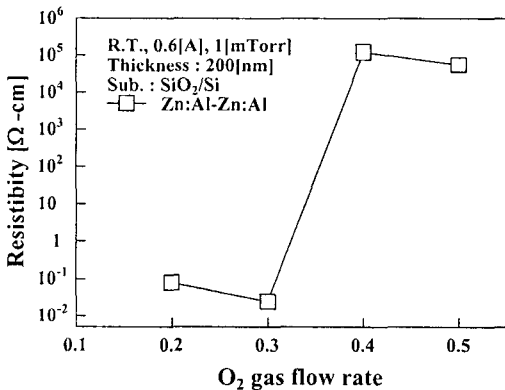


그림 7. 산소가스 유량비에 따른 박막의 비저항.

Fig. 7. Resistivity of ZnO:Al/SiO₂/Si thin film with oxygen gas flow rate.

4. 결론

FTS 장치를 이용하여 AZO 박막을 제작하였으며, Zn:Al-Zn:Al, Zn-ZnO:Al 타겟과 slide glass 및 SiO₂/Si 기판을 사용하여 산소 가스유량비에 따른 ZnO:Al 박막의 결정학적 특성 및 전기적 특성을 조사하였다.

그 결과 Zn:Al-Zn:Al 금속 타겟을 이용한 경우 기판에 종류와 상관없이 산소가스 유량비 0.4에서 ZnO:Al 박막의 XRD 회절 peak가 가장 높게 나타났다. 또한 박막의 비저항은 산소 가스 유량비 0.3에서 10⁻² order의 값을 나타내었다. Zn-ZnO:Al 타겟을 이용한 경우에는 (002)면의 회절 피크는 검출되지 않았으며 산소 가스 유량비 0.3에서 10⁻¹ order의 값을 나타내었다.

참고 문헌

- [1] Takashi Tsuji and Mitsuji Hirohashi, "Influence of oxygen partial pressure on transparency and conductivity of RF sputtered Al-doped ZnO thin film", Appl. Phys., Vol. 157, p. 47, 2000.
- [2] T. Siosaki, S. Ohnishi, and A. Kawabata, "Optical properties of single-crystalline ZnO smoothly chemical vapor deposited on immediately sputtered thin ZnO film on sapphire", Appl. Phys., Vol. 50, p. 3113, 1979.
- [3] M. D. Ambersley, "Piezoelectric ZnO transducers produced by r.f. magnetron sputtering", J. Appl. Phys., Vol. 80, p. 183, 1981.
- [4] M. Labeau, P. Rey, J. L. Deschanvres, J. C. Joubert and G. Delabouglise, "Thin film of high-resistivity zinc oxide produced by a modified CVD method", Thin Solid Films, Vol. 213, p. 94, 1992.
- [5] Takashi Tsuji and Mitsuji Hirohashi, "Influence of oxygen partial pressure on transparency and conductivity of RF sputtered Al-doped ZnO thin film", Appl. Phys., Vol. 157, p. 47, 2000.
- [6] 금민종, 손인환, 최명규, 추순남, 최형욱, 신영화, 김경환, "FBAR용 ZnO/SiO₂/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구", 전기전자재료학회 논문지, 16권, 8호, p. 711, 2003.
- [7] K. H. Kim and M. J. Keum, "Thin Film Properties by Facing Targets Sputtering System", Applied Surface Science, Vol. 169-170, p. 410, 2001.
- [8] 김경환, 손인환, 금민종, "대향타겟식 스퍼터링에 의한 Co-Cr 박막의 제작", 전기전자재료학회 논문지, 11권, 5호, p. 418, 1998.