

## 대향타겟스퍼터링법에 의한 FBAR용 AZO(ZnO:Al) 전극의 제작

금민중, 신성권\*, 기출현\*\*, 추순남\*\*\*, 김경환  
경원대학교 전기정보공학과, 동해대학교 정보통신공학과\*  
신성대학교 전기과\*\*, 경원전문대 전기제어시스템과\*\*\*

### Preparation AZO(ZnO:Al) thin film for FBAR by FTS method

M.J.Keum, S.K.Shin\*, C.H.Ga\*\*, S.N.Chu\*\*\*, K.H.Kim  
Gyeongwon Univ., Donghae Univ., shinsung college\*\*, Gyeongwon College\*\*\*

#### Abstract

ZnO:Al thin film for application to FBAR's bottom electrode using ZnO piezoelectric thin film were prepared by FTS, in order to improve the crystallographic properties of ZnO thin films because the ZnO:Al thin film and ZnO thin films structure is equal each other. So we prepared the ZnO:Al thin film with oxygen gas flow rate. Thickness and c-axis preferred orientation and electric properties of ZnO:Al bottom electrode were evaluated by  $\alpha$ -step, XRD and 4-point probe..

**Key Words** : ZnO, ZnO:Al, FTS, c-axis preferred orientation

#### 1. 서 론

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]. 또한 ZnO 박막은 그 성분 조성 및 제조 조건에 따라 비저항값이 변화하는 성질을 갖는데, 화학양론적인 조성을 갖는 벌크 상태의 ZnO 박막은 본래 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 전도막으로서 응용이 가능한 낮은 비저항의 특성을 얻을 수 있게된다[2]. 특히 Al이 첨가된 ZnO:Al(AZO) 박막을 제작하는 방법에는 CVD법[3] 스퍼터링법[4] 등이 있는데 주로 스퍼터링법이 많이 연구되고 있다. 스퍼터링법으로 ZnO:Al(AZO) 박막을 제작하는 경우 투입전력, 기판온도, 분위기 가스 압력, 산소가스 유량 비, 타겟간 거리등의 증착 조건에 의해 결정학적·전기적 특성이 영향을 받게 된다[5]. 또한 SAW(Surface Acoustic Wave) 필터나 FB AR(Film Bulk Acoustic Resonator) 소자의 경우, ZnO 압전 박막으로 소자를 제작할 경우 하부 전극으로 ZnO:Al(AZO) 박막이 사용된다

면, ZnO: Al(AZO) 박막의 결정 구조가 ZnO 박막의 결정구조와 같기 때문에 ZnO 압전 박막의 에피택셜 성장을 유도할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링(FTS: Facing Targets Sputtering) 장치를 이용하여 ZnO:Al(AZO) 박막을 FBAR 소자의 상·하부 전극으로 사용하기 위해 ZnO:Al(AZO) 박막의 전기적·결정학적 특성 개선에 우선점을 두어 실험하였다.

#### 2. 실험

##### 2.1 실험장치

본 실험에서는 FTS 장치를 이용하여 ZnO:Al(AZO) 박막을 제작하였다. 그림 1은 대향타겟식 스퍼터링 장치의 방전 모식도이다. FTS 장치는 타겟 뒷면에 영구자석이 장착되어 타겟 표면에 수직으로 자계가 분포된다. 때문에 타겟 사이에 형성되는 플라즈마내의  $\gamma$ -전자를 구속하게 되며, 구속된  $\gamma$ -전자는 반사전극 역할을 하는 맞은 편 타겟으로 인해 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다. 따라서  $\gamma$ -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터링법 보다 길며, 분위기 가스의 이온화율이 높아 고밀도의 플라즈마를 형성하므로 높은 증착율과 0.1mTorr의 낮은 가스압에서도 안정적인 방전을 유지할 수 있다 [6,7].

### 3. 결과 및 고찰

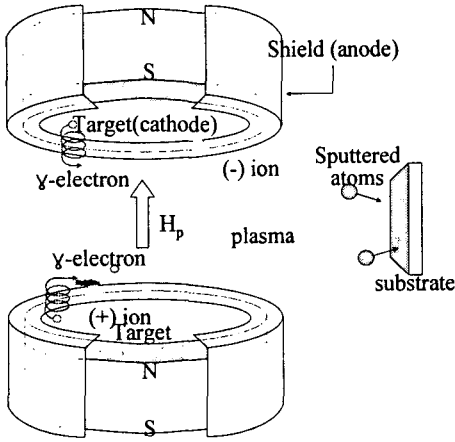


그림 1. FTS 장치의 방전 개략도.

표 1은 ZnO:Al 박막을 증착하기 위한 스퍼터링 조건을 나타낸 것이다. 타겟으로는 Zn:Al(Al 2wt%)인 타겟 또는 Zn(metal)-ZnO:Al(2wt%) 세라믹타겟을 이용하였으며, 이때 타겟간 거리는 100mm, 타겟간 중심축과 기판의 이격거리 100mm로 고정하였다. 기판 온도는 실온으로 하였으며 스퍼터링 가스로는 아르곤과 산소의 혼합 가스를 사용하였으며 산소가스 유량비( $O_2/O_2+Ar$ )를 0.2~0.5의 범위로 변화시켰다.

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

표 1. 스퍼터링 조건.

Deposition parameter	Conditions
Targets	Zn:Al-ZnAl(Al:2wt%) Zn-ZnO:Al(2wt%)
Substrate	slide glass SiO <sub>2</sub> /Si
target-target distance	100mm
target-substrate distance	100mm
Base pressure	$2 \times 10^{-4}$ mTorr
Working gas pressure	1mTorr
O <sub>2</sub> flow rate O <sub>2</sub> /(O <sub>2</sub> +Ar)	0.2~0.5
Substrate temperature	R.T.
Sputtering current	0.6A

3.1 산소가스 유량비에 따른 ZnO:Al 박막의 증착율  
그림 2는 투입전류 0.6A, 가스압력 1mTorr일 때 산소가스 유량비에 따른 ZnO:Al 박막의 증착율을 나타낸 것이다.

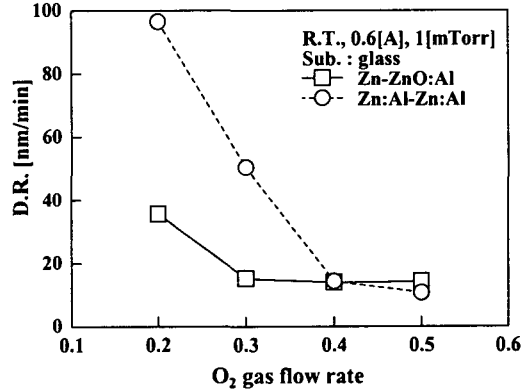


그림 2. 산소가스 유량비에 따른 ZnO:Al 박막의 증착율.

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 ZnO:Al 박막의 증착율이 감소하는 것을 알 수 있다. 특히 Zn:Al 금속 타겟을 이용한 경우 산소 가스 유량비 0.2와 0.3에서는 막 증착 속도가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다.

### 3.2 산소가스 유량비에 따른 ZnO:Al 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.

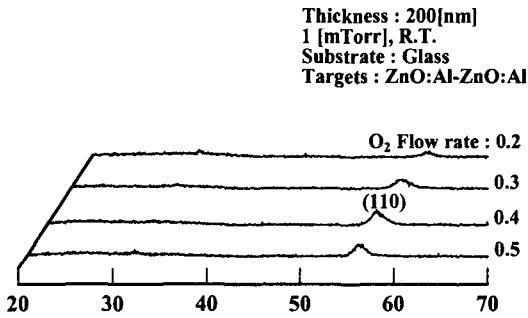


그림 3. Zn-ZnO:Al 타겟을 이용한 ZnO:Al 박막의 XRD 패턴.

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

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

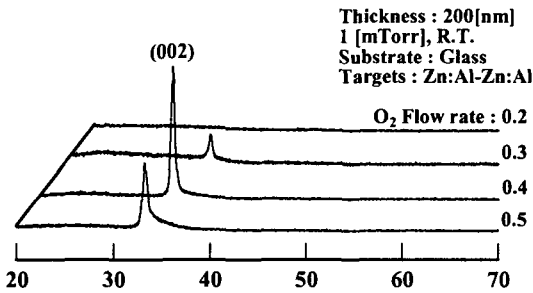


그림 4. Zn:Al-Zn:Al 타겟을 이용한 ZnO:Al 박막의 XRD 패턴.

Fig. 4. XRD patterns of ZnO:Al thin film using Zn:Al-Zn:Al target.

이는 세라믹 타겟을 이용한 경우보다 금속 타겟을 이용하여 ZnO:Al 박막을 실온에서 제작 시, ZnO 압전 박막의 에피택셜 성장을 유도하기 쉬운 결정성을 갖는 다는 것을 알 수 있다. 그림 5는 ZnO:Al 박막의 비저항을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 산소 가스 유량비 0.2와 0.3에서는 Zn:Al 금속 타겟을 사용하여 제작한 박막의 비

저항보다 낮지만 그 이상의 가스 유량비에서는 오히려 비저항이 높게 나타난 것을 알 수 있다. 이는 유입된 산소 가스와 금속 타겟의 스퍼터링 입자가 기판에 증착되는 과정에서 ZnO:Al 세라믹 타겟을 이용한 박막의 증착보다 산소 가스 의존성이 높기 때문에 사료된다. 따라서 Zn:Al 금속 타겟을 이용하여 ZnO:Al 박막을 제작할 경우 산소 가스 유량비에 대한 세밀한 제어가 필요하다는 것을 알 수 있다.

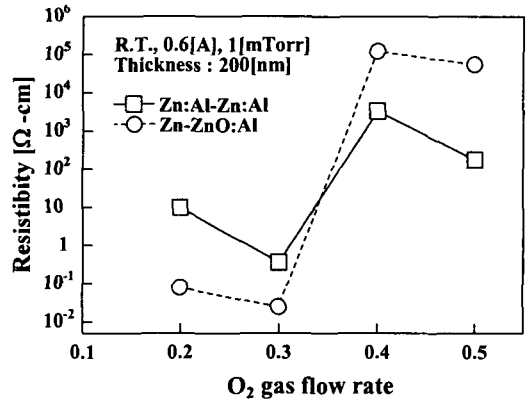


그림 5. 산소가스 유량비에 따른 박막의 비저항.

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

그림 6은 SiO<sub>2</sub>(1μm)/Si(100) 기판상에 Zn:Al 타겟을 이용하여 증착된 ZnO:Al 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 0.3, 0.2의 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 같다. 그러나 0.2, 0.3의 가스 유량비에서는 보다더 낮은 값을 나타내었으며 0.4 이상의 가스유량비 부터는 보다 높은 비저항을 나타내었으며, ZnO:Al 세라믹 타겟을 사용한 경우의 비저항과 유사한 값이다. 이는 SiO<sub>2</sub>/Si 기판 상에 증착된 ZnO:Al 박막이 slide glass 기판상에 증착된 경우보다 양호한 결정성을 갖기 때문에 사료된다.

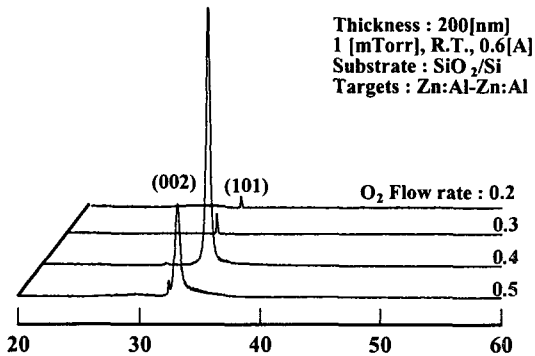


그림 6. Zn:Al-Zn:Al 타겟을 이용한 ZnO:Al/SiO<sub>2</sub>/Si 박막의 XRD 패턴.

Fig. 6. XRD patterns of ZnO:Al/SiO<sub>2</sub>/Si thin film using Zn:Al-Zn:Al target.

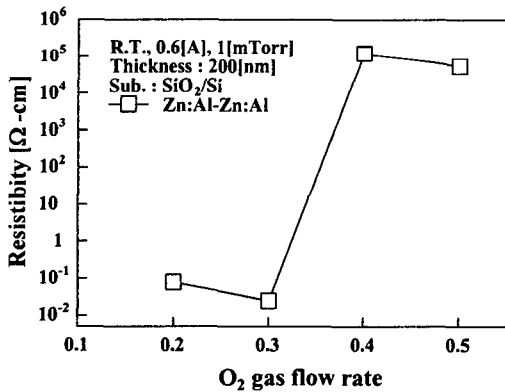


그림 7. 산소가스 유량비에 따른 박막의 비저항.

Fig. 7. Resistivity of ZnO:Al/SiO<sub>2</sub>/Si thin film with oxygen gas flow rate.

#### 4. 결 론

FTS 장치를 이용하여 ZnO:Al 박막을 제작하였으며, Zn:Al-Zn:Al, Zn-ZnO:Al 타겟과 slide glass 및 SiO<sub>2</sub>/Si 기판을 사용하여 산소 가스유량비에 따른 ZnO:Al 박막의 결정학적 특성 및 전기적 특성을 조사하였다.

그 결과 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 0.3과 0.4에서 10<sup>-2</sup> order의 값을 나타내었다.

#### 감사의 글

본 연구는 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구 결과로 수행되었음

#### 참고 문헌

- [1] F. S. Hickernell, J. Appl. Phys., 44, 1061, 1973
- [2] M. D. Ambersley and, J. Appl. Phys., 44, 1061, 1981
- [3] M. Labeau. P. Rey. J. L. Deschanvres. J.C. Joubert and G. Delabouglise, Thin Solid Films, Vol.213, pp.94-98, 1992
- [4] Takashi Tsuji, Mitsuji Hirohashi, Applied Surface Science 157, pp.47-51, 2000
- [5] Takashi Tsuji, Mitsuji Hirohashi, Applied Surface Science 157, pp.47-51, 2000
- [6] K.H.Kim, M.J.Keum, Applied Surface Science 169-170, pp410-414, 2001
- [7] 김경환, 손인환, 금민중, 전기전자재료학회 논문지, 11, 5, pp.418-422