

FBAR용 ZnO/AZO/SiO₂/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구

Crystallography properties of ZnO/AZO/SiO₂/Si thin film for FBAR

강태영*, 금민종*, 손인환**, 김경환*

경원대학교 전기정보공학과*, 신성대학교 전기과**

Tai-Young Kang*, Min-Jong Keum*, In-Hwan Son**, Kyung-Hwan Kim*

Gyeongwon Univ., Shinsung College**

Abstract

ZnO thin films for Film Bulk Acoustic Resonator(FBAR) were prepared by FTS (Facing Target Sputtering) system. The FTS method enable to generate high density plasma, and it has a high deposition rate at 1mTorr pressure. Therefore, the ZnO thin films were deposited on AZO/SiO₂/Si substrates with oxygen gas flow rate, and the other sputtering conditions were fixed such as a sputtering current of 0.8A, a substrate temperature at room temperature. AZO bottom electrode were deposited on SiO₂/Si substrate and by Zn:Al(Al:2wt%) metal target. ZnO thin film thickness and the c-axis preferred orientation of ZnO thin film were evaluated by α -step and XRD.

Key Words : ZnO, FBAR, FTS(Facing Targets Sputtering)

1. 서 론

현재 통신 시장의 급격한 변화에 따른 핵심 부품 소자로 고주파 대역 통과 필터의 경우 유전체 필터에서 SAW 필터가 널리 사용되어 지고 있으나, 소형화와 2GHz 이상의 동작주파수에 적용되어지기 위해서는 많은 문제점이 발생하여 동작 주파수가 500MHz에서 10GHz 인 체적파를 이용한 박막형 공진기(FBAR:Film Bulk acoustic wave resonator)에 대한 연구가 활발하다.

이러한 FBAR 필터를 제작 하기 위해서는 SAW 소자와 마찬가지로 AlN, ZnO 등의 압전 재료를 사용하여 필터를 제작할수 있다. 특히 ZnO 박막은 대칭 육방정계(hexagonal), wurtzite type crystal 로써 결정구조에서의 이방성, 비화학양론적 결합구조, 높은 굴절율과 압전 결합계수, 다양한 전기적 광학적 그리고 탄성파적 특성으로 투명 전도성 박막, 계기용 패일에 대한 정전 방지 코팅, 압전특성을 이용한 음향 광학소자등에 사용되고 있다[1,2].

ZnO 박막의 경우 FBAR 소자에 응용시 높은 압전 결합계수와 비저항이 요구 되어진다. 특히 기판에 수직인 ZnO의 c-축 우선 배향성(preferred

orientation)은 압전특성을 결정짓게 되며 이러한 c-축 우선 배향성은 ZnO 박막의 제작 조건에 따라 c-축 우선 배향성은 큰 차이가 있다.

따라서, ZnO는 RF sputtering[3], ECR sputtering[4], 그리고 pulsed laser deposition[5], sol-gel methode[6] 같은 다양한 방법에 의해 제작되어지고 있으며, 본 연구에서는 FTS(Facing Target Sputtering) 장치를 이용하여 FBAR용 ZnO 박막을 제작 하였으며 산소가스 유량비에 따른 결정학적 특성에 관해 조사 하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서는 ZnO 박막을 증착하는데 박막표면의 평활도가 우수하고 2차 전자에 의한 박막의 손상을 감소 시킬수 있는 그림 1과 같은 타겟배치를 갖는 대향 타겟 스퍼터링(FTS : Facing Target Sputtering)장치[7,8]를 사용하여 ZnO박막을 제작하였다. 이 FTS장치는 타겟 뒷면에 영구자석이 장착되어 타겟 표면에 수직으로 자계가 분포한다. 따라서 타겟 사이에 형성되는 플라즈마내의

γ -전자를 구속하게 되며, 구속된 γ -전자는 반사 전극 역할을 하는 맞은 편 타겟으로 인해 타겟 사이를 왕복 운동하게 된다. 그러므로, γ -전자의 이동거리가 기존의 스퍼터법 보다도 길어 가스의 이온화율이 높으며 고밀도 플라즈마가 생성되어 고속의 증착 속도와 낮은 가스 압력에서도 안정적인 방전을 유지한 상태에서 박막을 증착 할 수가 있다. 또한 기판과 플라즈마가 이격되어 있어 높은 에너지를 갖는 입자들의 기판 충돌을 최대한 억제 할 수가 있다.

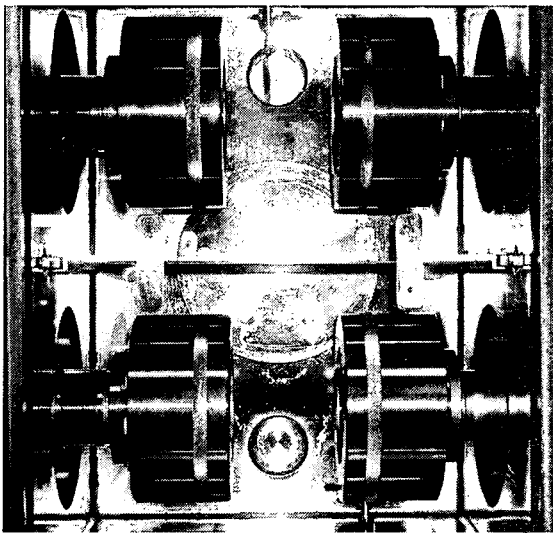


그림 1. FTS 실험 장치.

Fig. 1. Facing targets sputtering apparatus.

2.2 실험방법

본 실험에서는 200nm 두께, 비저항 $7 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$ 인 ZnO:Al 하부 전극을 α -slide glass 와 $\text{SiO}_2(1 \mu\text{m}/\text{Si}(100))$ 기판에 우선 증착하였고, Zn(4N) 금속 타겟을 사용하여 산소 가스유량비에 따른 ZnO 박막을 증착하였다. 또한 스퍼터링을 하기전 타겟표면에 형성된 불순물과 초기의 불안정한 상태의 플라즈마를 안정화 시키기 위해 20분씩 shutter 닫은 상태에서 pre-sputtering을 하였으며, 제작되어진 ZnO 박막은 Alpha-step과 XRD를 사용하여 막두께 및 결정학적 특성에 관해 조사 하였다. 표 1은 ZnO 박막의 스퍼터링 증착조건을 나타내었다.

표 1. ZnO 박막의 스퍼터링 조건.

Table 1. Sputtering condition.

Deposition Parameters	conditions
Targets	Zn(4N)
Substrate	α -slide glass, $\text{SiO}_2(1\mu\text{m})/\text{Si}(100)$
target-target distance	100 mm
target-substrate distance	100 mm
Base pressure	1.6×10^{-6} Torr
Working pressure	2 mTorr
Substrate temperature	R.T.
Sputtering Current	0.8 A
O_2 gas flow rate	1.0 ~ 0.5 [$\text{O}_2/(\text{O}_2+\text{Ar})$]
Thickness (nm)	ZnO (800 nm)
	AZO (200 nm)

3. 결과 및 고찰

3.1 ZnO 박막의 산소가스 유량비에 따른 증착률

그림 2는 산소 유량비에 따라 α -slide glass 기판에 증착되어진 ZnO 박막의 증착율을 나타낸 것이다. 아르곤 가스의 양이 많아짐에 따라 증착률 또한 같이 증가하는 모습을 보여주고 있다. 이것은 반응성 가스인 산소가 플라즈마내 양이 작아지고 아르곤에 의한 플라즈마가 유지되어 스퍼터링이 증가하여 기판에 증착되어지는 ZnO의 증착율이 증가한다.

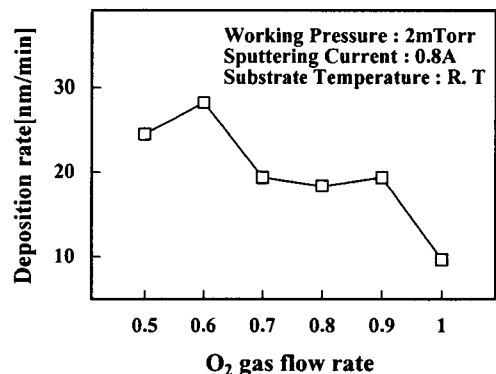


그림 2. 산소 유량비에 따른 ZnO의 증착률.

Fig. 2. Deposition rate with O_2 gas flow rate.

3.2. ZnO 박막의 산소 가스 유량비에 따른 결정학적 특성

그림 3은 α -slide glass에 산소 유량비에 따라 800nm의 두께로 증착 되어진 ZnO 박막의 XRD

패턴이다. 산소가스유량비가 1.0에서 0.5 까지 감소함에 따라 (002) 면의 피크치가 증가 하고 있음을 보여 주고 있다.

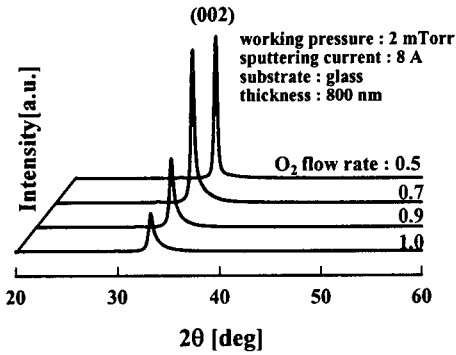


그림 3. 산소가스 유량비에 따른 ZnO/glass 박막의 XRD 패턴.

Fig 3. XRD patterns of ZnO/glass thin film with O₂ gas flow rate.

그림 4와 그림 5는 각각 glass와 SiO₂/Si 기판 위에 AZO(ZnO:Al)를 200nm의 두께로 우선 성장후 증착되어진 ZnO 박막의 XRD 패턴을 보여주고 있다. ZnO/AZO/SiO₂/Si 박막의 (002)면 2θ 회절 피크치도 그림 3에서와 마찬가지로 산소량의 감소에 따라 피크치의 증가를 보였으며, 산소가스 유량비가 0.5일 때 강한 (002)면의 2θ 피크치를 보였다. ZnO/AZO/SiO₂/Si의 2θ 피크치는 산소가스 유량비에 따른 변화가 거의 없었다.

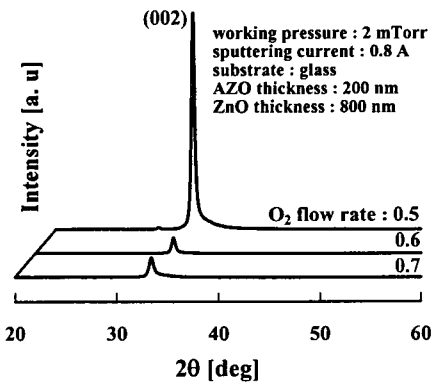


그림 4. 산소가스 유량비에 따른 ZnO/AZO/glass 박막의 XRD 패턴.

Fig4. XRD patterns of ZnO/AZO/glass thin film with O₂ gas flow rate.

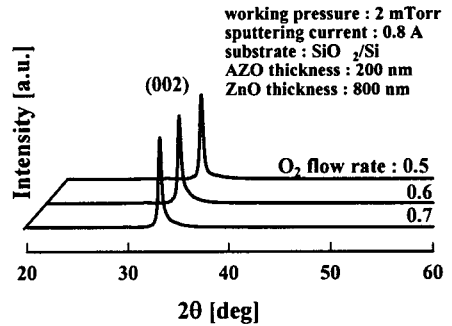


그림 5. 산소가스 유량비에 따른 ZnO/AZO/SiO₂/Si 박막의 XRD 패턴.

Fig 5. XRD patterns of ZnO/AZO/SiO₂/Si thin film with O₂ gas flow rate.

3.3. 산소 가스 유량비에 따른 ZnO 박막의 c-축 배향성 및 결정 입径의 변화

그림 6과 7은 산소가스 유량비에 따라 변화는 $\Delta\theta_{50}$ 과 Grain Size를 나타낸 것이다.

그림 6에서 나타난 바와 같이 glass 기판에 증착되어진 ZnO/AZO 박막은 산소가스 유량비의 증가에 따라 $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 증가하는 것을 알수 있다. 그러나 SiO₂(1 μ m)/Si(100) 기판에서 증착된 ZnO/AZO/SiO₂/Si 박막은 오히려 산소가스 유량비가 증가함에 따라 $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 감소하는 것을 알수 있다.

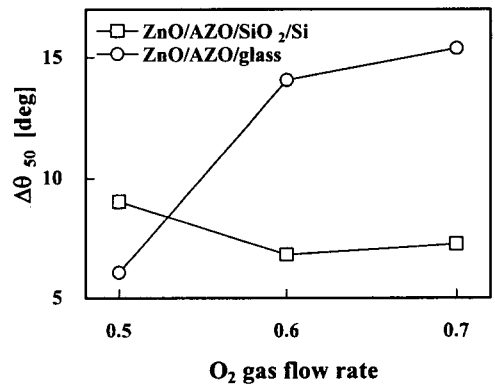


그림 6. 산소가스 유량비에 따른 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 변화.

Fig 6. Variation of the $\Delta\theta_{50}$ of ZnO thin film with O₂ gas flow rate.

그림 7에서는 산소가스 유량비의 감소에 따라 Grain Size가 감소됨을 보여 주고 있는데, 이러한 것들은 산소량의 증가로 인해서 박막의 결정성 저하 및 우선 배향성변화에 큰영향을 미치고 있음을 보여주고 있으며, 특히 SiO₂/Si 기판에 증착되어진 ZnO박막이 α -slide glass 에서 증착되어진 박막보다 산소가스 유량비가 0.7 일 때 더 좋은 결정성과 c-축 우선배향성을 나타내고 있었다. 이는 α -slide glass 기판보다 SiO₂/Si에 증착되어진 AZO의 결정성이 더 양호하기 때문에 이후 증착 되어진 ZnO의 압전막에 영향을 미친 것으로 사료되어진다.

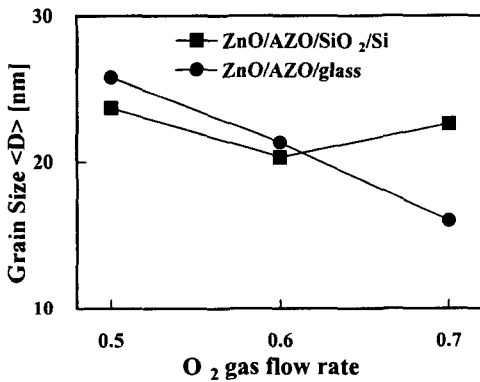


그림 7. 산소가스 유량비에 따른 ZnO 박막의 Grain Size의 변화.

Fig 7. variation grain size of ZnO thin films with O₂ gas flow rate.

4. 결론

본 연구에서 FBAR용 ZnO 박막 제작을 위해 대향 타겟식 스퍼터링 장치를 사용, 실온에서 ZnO박막을 AZO 하부 전극상에 증착하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. SiO₂/Si 기판상에 증착된 ZnO 막의 경우 산소가스 유량비가 0.6일 때 약 6°의 $\Delta\theta_{50}$ 으로 c-축 우선 배향성의 향상을 얻을 수 있었다. 그러나 α -slide glass 기판의 경우에도 오히려 산소가스 유량비가 0.5일 때 가장 우수한 c-축 우선 배향성을 가졌다. 따라서 기판의 종류보다 하부전극의 결정성 및 산소가스 유량비에 따라 ZnO 박막의 결정학적 특성이 크게 의존된다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 과제는 경원대학교 IT 부품 소재 연구 센터의 지원을 받아 수행되었음

참고 문헌

- [1] W.HG.Horsthuis, Thin Solid Films, 137,185, 1986.
- [2] Y.Igasaki and H.Saito, J.Appl.Phys., 70,3613, 1991.
- [3] D.L Raimondi, E.J Kay, Vac. Sci. Tech 7,66,1969.
- [4] M.Kadota, T.Kasanami, and M.Minakata, J.Appl.Phys., 32,2341,1993.
- [5] S.Hayamizu, H.Tabata, and T.Kawai, J.Appl.Phys., 80,787,1996.
- [6] S.Fujihara, J.Kusakado, T.Kimura, and J. Mater. Sci.Lett., 17,781,1998.
- [7] K.H.Kim, M.J.Keum, Applied Surface Science 169-170, pp410-414, 2001
- [8] 김정환, 손인환, 금민중, 전기전자재료학회 논문지, 11, 5, pp.418-422