

FBAR용 ZnO/SiO₂/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구

금민중*, 윤영수**, 최명규***, 추순남***, 최형욱*, 김경환*
경원대학교*, KIST**, 경원전문대***,

A Study of the Crystallographic Properties of ZnO/SiO₂/Si Thin Film for FBAR

Min-Jong Keum*, Youn-So Yun**, Myung-Gyu Choi***, Soon-Nam Chu***,
Hyung-Wook Choi*, Kyung-Hwan Kim*

Abstract

In this study, we prepared ZnO/glass and ZnO/SiO₂/Si thin film by Facing Targets Sputtering (FTS) system for Film Bulk Acoustic Resonator (FBAR). When the ZnO thin film applied to piezoelectric thin film, it requires good c-axis preferred orientation. And c-axis orientation has a remarkable difference with preparation conditions. Therefore, c-axis orientation must be significantly evaluated according to changing deposition conditions. Moreover, in order to prepare ZnO thin film with good crystallographic properties and progressive of efficiency of product process, the ZnO thin film should have to prepared as low temperature as possible. In this work, we prepared ZnO thin films on slide glass and SiO₂/Si substrate. And the crystallographic characteristics of ZnO thin films on sputtering conditions were investigated by alpha-step and X-ray diffraction.

Key Words : FBAR, FTS, c-axis orientation

1. 서론

통신 산업의 급격한 발전에 따라 이동 통신 기기의 주요 핵심 부품 역시 많은 연구와 개발이 되고 있으며 특히 현재 고주파 대역 통과 필터의 경우에는 유전체 필터에서 SAW 필터와 FBAR[1] 소자가 사용되고 있다. SAW 필터의 경우 고주파수화가 어렵고 삽입 손실이 크다. 또한 소형·경량화, MMIC화 저손실화되는 추세에 유전체 필터나 SAW 필터는 능동적으로 대처하기는 힘들다. 그러나 박막형 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator) 필터는 박막 형태의 소자를 필터로 구현한 것으로

서 삽입손실이 SAW 필터보다 작고 MMIC화가 가능하다. 이러한 FBAR 필터 역시 기본적으로는 SAW 필터와 마찬가지로 AlN, ZnO 등의 저가의 다결정 압전 재료를 사용하여 필터를 제작할 수가 있다. 특히 ZnO 박막의 경우 대칭 육방정계(hexagonal)로써 비화학양론적 결합구조, 높은 굴절율과 압전 결합계수, 그리고 탄성파적 성질 때문에 현재 여러 응용 분야에서 각광을 받고 있는 재료중의 하나이다[2-3]. 따라서 본 연구에서는 고속·저온에서도 양호한 특성을 갖는 FBAR용 ZnO 박막을 제작하기 위해 대향타겟식 스퍼터링 장치를 사용하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

그림 1은 ZnO 박막을 제작하기 위해 본 실험에서 사용된 대향 타겟식 스퍼터링 장치를(FTS : Facing Targets Sputtering System)[5] 나타낸 것이다.

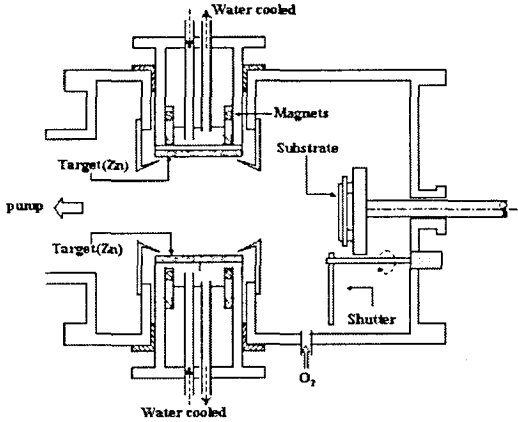


그림 1. FTS 장치 개략도

일반적으로 사용되는 스퍼터법의 경우 박막을 증착하고자 하는 기판의 위치가 플라즈마에 노출되는 공간상에서 이루어지며, 자계 발생수단이 타겟 표면을 국소적으로 가둔 공간자장을 형성하는 구조이므로 기판표면 방향으로 형성되어 있는 자력선에 구속된 높은 에너지 입자인 γ -전자가 증착 표면을 충돌하여 증착되는 박막의 손상을 입히게 된다. 또한 스퍼터링시 타겟으로부터 방출되는 음의 하전입자가 음극 강하부(타겟)에서 가속되기 때문에 타겟 인가전압에 상당하는 에너지를 얻게 되어 플라즈마로 입사하게 된다. 이러한 높은 에너지를 갖는 입자는 긴 평균자유행정을 갖기 때문에 에너지를 잃지 않은 상태로 플라즈마를 통과할 수 있고 이때 타겟과 마주보고 있는 전극에 높은 에너지를 가진 채로 충돌하게 된다. 특히 음이온은 질량이 크기 때문에 전자와 같이 자계에서 간단히 없앨 수가 없다. 또한 가스 입자와의 충돌에 의해 중성화되기 때문에 기판이 타겟과 마주보게 배치되어 있는 경우에는 이러한 음이온 등과 같은 고에너지 입자들의 기판 충돌로 인한 막 손상을 받기 쉽다. 그러나 본 연구에서 사용된 FTS 장치는 기판의 위치가 플라즈마로부터 이격되어 있어 고

에너지를 갖는 입자들의 막 충돌을 억제시킬 수가 있다. 또한 서로 마주 보고 있는 두 타겟의 cathode 전위로 인해 γ -전자는 두 타겟 사이를 왕복 운동하게 되며, 분위기 가스의 이온화율을 높이게 된다. 따라서 낮은 가스압에서도 안정적인 방전을 유지하여 고품질의 박막을 증착할 수가 있다.

2.2 실험조건

표 1은 ZnO 박막을 제작하기 위한 스퍼터링 조건을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 FBAR용 ZnO 박막의 저온 및 고속 공정을 위해 다음과 같이 실험을 하였다. 우선 비정질 slide glass상에서의 ZnO 박막의 증착 거동에 대한 해석한 후 이를 토대로하여 $1\mu\text{m}$ 두께로 열산화막 처리된 Si(100)의 wafer 상에 스퍼터링 조건을 변화시켜 가며 ZnO/SiO₂/Si 박막을 제작하였다.

표 1. 스퍼터링 조건.

	Glass	SiO ₂ /Si
Targets	Zn(4N)	
substrate	α -slide glass, SiO ₂ /Si	
Base pressure	1.2×10^{-6} [Torr]	
Working gas	Oxygen	
Confining flux	200 [G]	
Working gas pressure(P _{O2})	1, 2[mTorr]	2[mTorr]
Temperature	R.T-300[°C]	R.T.
Sputtering current	0.2-0.8[A]	0.2-0.8[A]
Thickness	500-2000[nm]	800[nm]

3. 결과 및 고찰

그림 2는 스퍼터링 전류에 따른 비정질 slide glass 기판상에 증착된 ZnO 박막의 증착율을 나타낸 것이다. 그림에서처럼 스퍼터링 전류의 증가에 따라 증착율 또한 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 그림 3에 나타난바와 같이 스퍼터링 전류 증가에 따른 막의 증착율 증가로 결정성 개선이 이루어지지 않는다는 것을 알 수 있다.

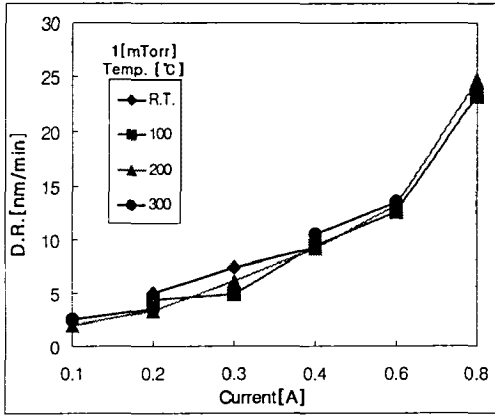


그림 2. 스퍼터링 전류에 따른 증착율

그림 3은 스퍼터링 전류에 따른 glass 기판위에 증착된 ZnO 박막의(막 두께 500[nm]) $\Delta\theta_{50}$ 을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 스퍼터링 전류가 0.4[A]까지 증가함에 따라 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 은 감소하지만 0.4[A] 이상에서부터는 오히려 증가하게 된다. 이는 스퍼터링 전류 증가에 따라 스퍼터된 입자들의 에너지도 증가하여 오히려 막의 c-축 배향성이 나빠지는 것을 알 수 있다. 또한 기판 온도의 증가시 $\Delta\theta_{50}$ 은 감소하는 것을 알 수 있다.

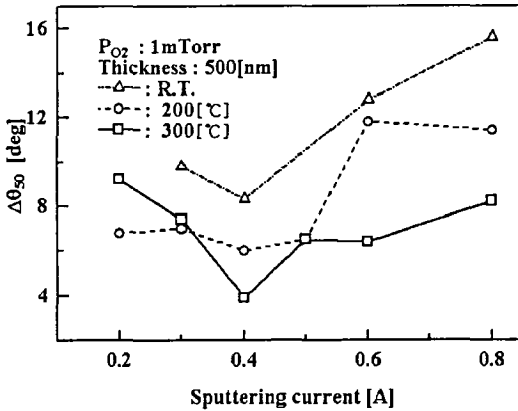


그림 3. 스퍼터링 전류에 따른 c-축 배향성

그림 4는 스퍼터링 전류 0.4[A]에서 증착된 ZnO 박막의 두께 증가에 따른 c-축 배향성을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 두께 증가에 따라 막의 $\Delta\theta_{50}$ 은 감소하지만 1-2[μ m]이상 증가시 $\Delta\theta_{50}$ 은 다시 증가하게 된다. 이는 막이 증착 될수

록 스퍼터된 입자들의 기판 충돌에 의한 에너지가 지속적으로 축적되어 막 두께 증가로 인한 입자간 응력에 의한 막질의 향상보다 충돌에너지의 축적에 의한 막 손상이 나타났기 때문으로 사료된다. 따라서 일정 두께 이상 증착시 그에 따른 막 증착에 관련된 스퍼터 입자 에너지의 조절이 필요하다는 것을 알 수 있다.

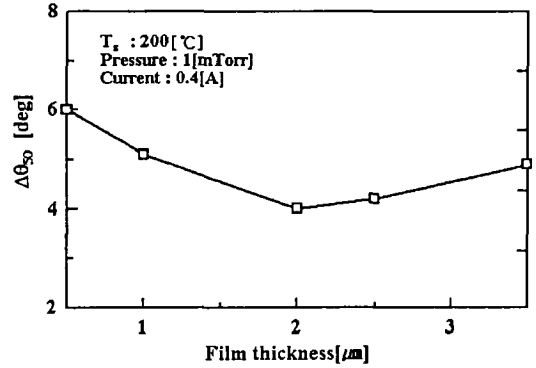


그림 4. 박막 두께에 따른 c-축 배향성

그림 5는 가스 압력변화에 따른 ZnO 박막의 c-축 배향성을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 막 두께 3.5[μ m]에서 가스압력이 1[mTorr]로 증가할수록 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 은 감소하지만 가스 압력이 그 이상 증가 할 경우 $\Delta\theta_{50}$ 은 스퍼터링 전류를 감소시킨 경우에 감소됨을 알 수 있다. 이는 그림 4에 나타난 결과와 비교해 볼 때 같은 맥락으로 해석될 수 있다. 즉 막 두께 증가 시(1-2[μ m]이상) 지속적으로 축적되는 충돌 에너지로 인해 막의 $\Delta\theta_{50}$ 은 증가하게 되며, 스퍼터링 전류의 감소나 가스압력의 증가를 통해 $\Delta\theta_{50}$ 을 감소시킬 수 있다.

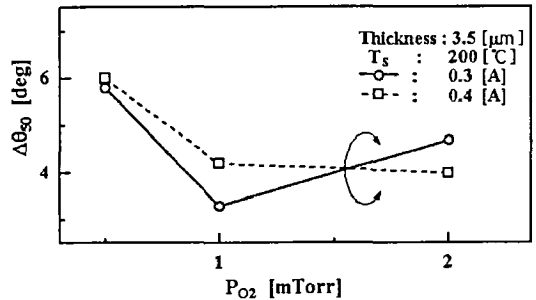


그림 5. 가스압에 따른 c-축 배향성

상기의 결과들을 통해 ZnO 박막의 c-축 배향성은 기판 온도를 증가시키지 않았을 경우 박막의 c-축 배향성은 모든 조건에서 8° 이상의 값들을 나타내었으며, 기판 온도를 증가시키거나 스퍼터링 전류 및 가스압을 변화시켜 개선되는 것을 알 수 있었다. 따라서 하기의 실험들은 저온, 고속 공정을 위해 FBAR용 ZnO 박막을 실온에서 제작하였다. 또한 2[GHz] 및 그 이상의 고주파 대역에서 사용되는 FBAR 소자의 크기와 패키징을 고려할 때 ZnO 압전 박막은 1[μ m] 미만의 두께가 요구된다. 따라서 1[μ m] 미만의 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 의 값을 개선시키기 위해 가스압력을 증가시켰으며, 스퍼터링 전류에 따른 ZnO 박막의 c-축 배향성을 알아보았다.

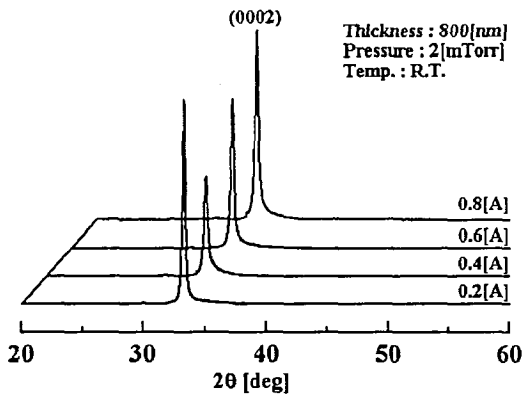


그림 6. 스퍼터링 전류에 따른 ZnO/SiO₂/Si 박막의 XRD 패턴

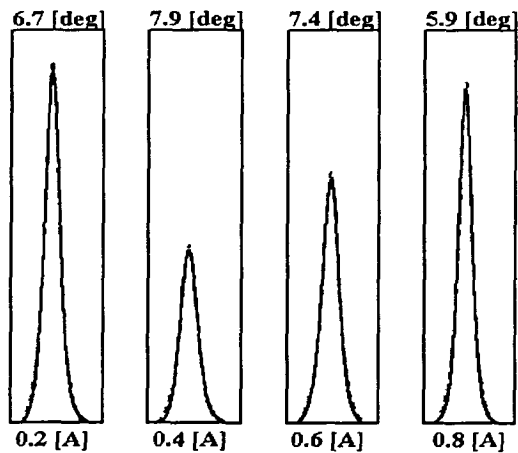


그림 7. 스퍼터링 전류에 따른 ZnO/SiO₂/Si 박막의 $\Delta\theta_{50}$

그림 6은 가스압력 2[mTorr], 막 두께 800[nm]인 ZnO 박막의 스퍼터링 전류에 따른 XRD 패턴을 나타낸 것이며, 그림 7은 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 막 두께 1[μ m] 미만인 경우 가스압력 2[mTorr]으로 증가시 스퍼터링 전류 0.8[A]에서 가장 낮은 $\Delta\theta_{50}$ 을 나타내었다.

4. 결론

본 연구에서 대향타겟식 스퍼터링 장치를 사용, ZnO 박막을 증착하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 막 두께 1, 2[μ m] 전후에서 증착 조건에 따른 c-축 배향성의 특성이 변화되는 것을 볼 수 있었다. 즉 1[μ m] 미만의 박막을 저온·고속 제작하기 위해선 스퍼터링 전류 및 가스압력을 증가시켜야 하며 막 두께가 증가할 경우 가스 압력을 보다 증가시킴으로서 ZnO 박막의 $\Delta\theta_{50}$ 을 감소시킬 수가 있다.

감사의 글

본 과정은 경원대학교 IT 부품 소재 연구 센터의 지원을 받아 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Y.Yoshino, T.Makino, Y.Katayama, and T.Hata, Vacuum, Vo. 59, No. 538, 2000.
- [2] Y.Igasaki and H.Saito, J.Appl.Phys.,70,3613, 1991.
- [3] W.H.G.Horsthuis, Thin Solid Films, 137,185, 1986.
- [4] K.H.Kim, S.H.Kong, M.J.Keum, I.H.Son, M.Naoe, S.Nakagawa, Applied Surface Science, Vol. 169, No. 170, pp. 409-413, 2001.