

## FBAR용 ZnO 박막의 결정학적 특성에 관한 연구

### A study on the crystallographic properties of ZnO thin films for FBAR.

금민중, 박원효, 윤영수, 최형욱, 신영화, 최동진, 김경환  
(M. J. Keum, W. H. Park, Y. S. Yoon, Y. H. Shin, K. H. Kim)

#### Abstract

Piezoelectric thin film such as ZnO and AlN can be applicable to FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) device of thin film type and FBAR can be applicable to MMIC. The characteristic of FBAR device is variable according to the deposition conditions of piezoelectric thin film when preparation of thin film by sputtering method. In this study, we prepared ZnO thin film for FBAR using Facing Targets Sputtering apparatus which can be deposited fine quality thin film because temperature increase of substrate due to the bombardment of high-energy particles can be restrained. And crystalline and c-axis preferred orientation of ZnO thin film with deposition conditions was investigated by XRD

**Key Words :** FBAR, MMIC, ZnO, c-axis, FTS

#### 1. 서 론

통신 산업의 급격한 발전에 따라 이동 통신 기기의 주요 핵심 부품 역시 많은 연구와 개발이 되고 있다. 특히 현재 고주파 대역 통과 필터의 경우에는 유전체 필터에서 표면 탄성파(SAW : Surface Acoustic Wave) 필터가 사용되고 있다. 그러나 소용화 및 다양화된 성능을 갖는 차세대 이동 통신 시스템에 적용하기 위해서는 기존의 필터들이 갖는 공정 및 성능상의 개선이 이루어져야 한다. SAW 필터의 경우 고주파수화가 어렵고 삽입 손실이 크다. 또한 소형·경량화, MMIC화 저 손실화되는 추세에 유전체 필터나 SAW 필터는 능동적으로 대처하기는 힘들다. 그러나 박막형 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator) 필터는 박

막 형태의 소자를 필터로 구현한 것으로서 삽입 손실이 SAW 필터보다 작고 MMIC화가 가능하다. 이러한 FBAR 필터 역시 기본적으로는 SAW 필터와 마찬가지로 압전 재료를 사용한다. SAW 필터의 경우에는 LiNbO<sub>3</sub> 등의 고가의 압전재료를 사용하여 연구 개발 및 제작을 하는 경우가 많지만 FBAR 필터의 경우에는 AlN, ZnO 등의 저가의 다결정 압전 재료를 사용하여 필터를 제작 할 수가 있다.

특히 ZnO 박막은 대칭 육방정계(hexagonal)로써 비화학양론적 결합구조, 높은 굴절율과 압전 결합계수, 그리고 탄성파적 성질 때문에 현재 여러 응용 분야에서 각광을 받고 있는 재료중의 하나이다 [1-3]. 이러한 ZnO 박막은 기판에 수직인 결정학적 c-축으로 우선 방위 현상(preferred orientation)을 나타내며 압전 특성을 이용하여 응용을 할 경우 높은 압전 결합계수와 비저항이 요구된다. 그러나 이 c-축 배향성은 ZnO 막의 형성 조건에 의해 큰 차이가 있다. 특히 스퍼터법을 이용해 ZnO 막을 형성하는 경우 기판온도, 막 축적 속도, 기판의

경원대학교 전기정보공학과  
(성남시 수정구 복정동 산65번지)  
Fax: 031-750-5491  
E-mail : mjkeum@web.kyungwon.ac.kr

배치 및 스퍼터 가스압 등의 스퍼터 조건이 c-축 배향에 영향을 미친다고 보고되고 있다[4-6].

## 2. 실험

### 2.1 실험장치

본 연구에서는 그림 1에 나타난 FTS[7] 장치를 사용하여 FBAR용 ZnO 박막을 제작하였다. 일반적으로 사용되는 스퍼터법의 경우 박막을 증착하고자 하는 기판의 위치가 플라즈마에 노출되는 공간상에서 이루어지기 때문에 플라즈마내 고에너지 입자들의 기판 충돌로 인한 막 손상이 불가피하게 발생되어 고품위 박막 제작에는 한계가 있다. 또한 자계 발생수단이 타겟 표면을 국소적으로 가둔 공간자장을 형성하는 구조이므로 기판표면 방향으로 형성되어 있는 자력선에 구속된 높은 에너지 입자인  $\gamma$ -전자가 증착 표면을 충돌하는 것에 변함이 없다. 또한 스퍼터시 타겟으로부터 방출되는 음의 하전입자가 음극 강하부에서 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 고에너지를 갖는 입자들의 막 충돌을 억제시킬 수가 있다. 또한 서로 마주 보고 있는 두 타겟의 cathode 전위로 인해  $\gamma$ -전자는 두 타겟 사이를 왕복 운동하게 되며, 분위기 가스의 이온화율을 높게 된다. 따라서 낮은 가스압에서도 안정적인 방전을 유지하여 고품질의 박막을 증착할 수가 있다.

표 1은 ZnO 박막을 제작하기 위해 회생층을 도입한 경우와 그렇지 않은 경우의 증착 조건을 나타낸 것이다. 스퍼터법을 이용한 박막 증착시 박막 성장시 발생하는 초기 성장층은 random한 배향성을 나타내기 때문에 가급적 초기 성장층을 억제할 필요가 있다. 본 연구에서는 박막 성장시 발생하는 초기 성장층을 감소시키기 위해 회생층을

도입하지 않은 경우와 회생층을 도입하였을 경우의 2가지 형태를 갖는 ZnO 박막을 실온에서 제작하여 회생층 제작 조건에 따른 ZnO 박막의 c-축 배향성을 조사하였다.

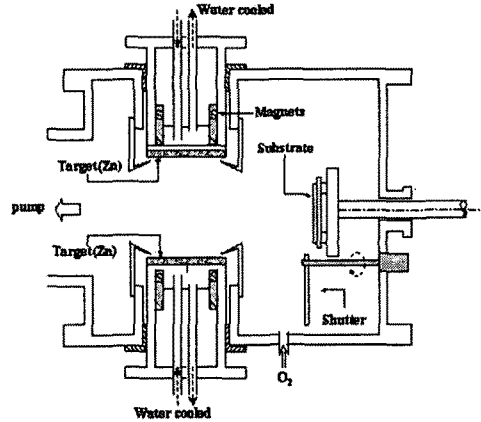


그림 1. FTS 장치 개략도

Fig. 1. Schematic diagram of FTS apparatus

표 1. 스퍼터링 조건.

Table 1. Sputtering conditions.

	Non step	2-step	
		1 step	2 step
Targets	Zn(4N)		
substrate	slide glass		
Base pressure	$1.8 \times 10^{-6}$ [Torr]		
Working gas	Oxygen		
Confining flux	200 [G]		
Working gas pressure(Po <sub>2</sub> )	2[mTorr]	0.5-2 [mTorr]	2[mTorr]
Temperature	R.T.	R.T.	R.T.
Sputtering current	0.8[A]	0.4[A]	0.8[A]
Thickness	1000[nm]	10[nm]	1000[nm]

## 3. 결과 및 고찰

표 2는 회생층을 도입한 경우, 회생층의 두께에 따른 ZnO 박막의 FWHM,  $\langle D \rangle$  및  $\Delta\theta_{50}$ 을 나타

낸 것이다. 표 2에 나타난 바와 같이 회생층의 두께가 10, 20[nm]에서 ZnO 박막의  $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 가장 낮게 나타난 것을 알 수가 있다.

그림 2는 회생층을 사용하지 않은 경우와 회생층을 도입한 경우, 회생층 도입시 회생층의 가스 압력에 따른 ZnO 박막의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. 회생층의 두께는 표 2에 나타난 결과를 토대로 하여 10[nm]의 회생층 두께를 고정시킨 상태에서 회생층의 가스압력을 변화 시킨 경우의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 XRD 패턴은 회생층을 도입하지 않은 경우보다 회생층 도입시, 특히 1[mTorr]의 가스압력하에서 회생층을 제작한 경우의 XRD 패턴이 가장 높은 peak를 나타내었다.

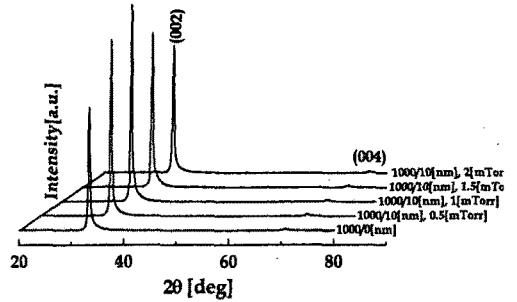


그림 2. 회생층 가스압력에 따른 ZnO 박막의 X-선 회절 패턴

Fig. 2. X-ray diffraction pattern of ZnO Thin Film with seed layers gas pressure.

표 2. seed layer 가스압력에 따른 ZnO 박막의 FWHM, <D> 및  $\Delta\theta_{50}$

Table 2. FWHM, <D> and  $\Delta\theta_{50}$  of ZnO Thin Film with seed layers gas pressure.

seed layer thickness	FWHM	<D> [nm]	$\Delta\theta_{50}$
0[nm]	0.354	24.5	7.2
5[nm]	0.368	23.6	7.4
10[nm]	0.349	24.8	6.7
20[nm]	0.412	21	6.6
30[nm]	0.337	25.7	7.6
40[nm]	0.374	23.2	7.2

그림 3은 회생층 제작시 가스압력에 따른 ZnO 박막의  $\Delta\theta_{50}$ 을 나타낸 것이다. 가스 압력이 1[mTorr]일 경우 ZnO 박막의  $\Delta\theta_{50}$ 이 6.3° 로써 가장 낮은 값을 나타내었다. 그러나 이  $\Delta\theta_{50}$  값은 압전 재료로 사용할 수 있을 정도의 양호한 값은 아니며 회생층의 도입 및 회생층 제작 조건에 따라 ZnO 박막의 성장이 영향을 받는다는 것을 생각할 수는 있다.

표 3은 회생층 제작시 가스 압력에 따른 ZnO 박막의 FWHM, <D> 및  $\Delta\theta_{50}$ 을 나타낸 것이다. 회생층 가스 압력이 1[mTorr]일 경우 ZnO 박막의  $\Delta\theta_{50}$ 이 가장 낮은 값을 나타내었다.

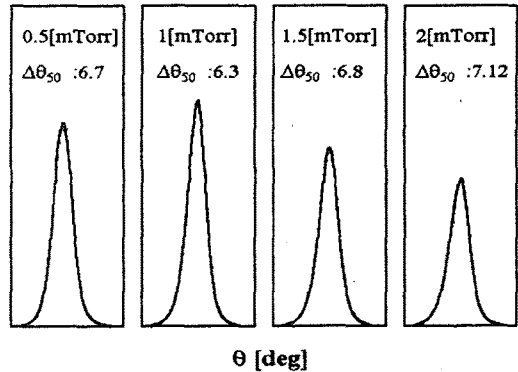


그림 3. 회생층 가스압력에 따른 ZnO 박막의  $\Delta\theta_{50}$

Fig. 3.  $\Delta\theta_{50}$  of ZnO Thin Film with seed layers gas pressure.

표 3. seed layer 가스압력에 따른 ZnO 박막의 FWHM, <D> 및  $\Delta\theta_{50}$

Table 3. FWHM, <D> and  $\Delta\theta_{50}$  of ZnO Thin Film with seed layers gas pressure.

seed layer gas pressure	FWHM	<D> [nm]	$\Delta\theta_{50}$
0.5[mTorr]	0.349	24.8	6.7
1[mTorr]	0.338	25.6	6.3
1.5[mTorr]	0.358	24.2	6.8
2[mTorr]	0.353	24.5	7.12

#### 4. 결 론

본 연구에서 회생층을 도입한 ZnO 박막을 실온에서 제작하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

회생층을 도입하여 실온에서 제작된 ZnO 박막의 c-축 우선 배향성은 회생층 막 두께 10, 20[nm], 가스 압력 1[mTorr]에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 회생층의 도입과 회생층의 제작 조건에 따라 ZnO 박막의 초기 성장층이 영향을 받았기 때문으로 사료된다. 따라서 압전 재료로 적용하기 위한 ZnO 박막을 실온에서 제작할 경우 회생층을 도입할 경우 보다 나은 결정성 및 c-축 배향성을 갖는 ZnO 박막을 제작할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 과제는 IT 부품 소재 연구 센터의 지원을 받아 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] Y.Igasaki and H.Saito, J.Appl.Phys.,70,3613, 1991.
- [2] F.S.Hickernell, J.Appl.Phys.,44,1061,1973.
- [3] W.H.G.Horsthuis, Thin Solid Films, 137,185, 1986.
- [4] S. M. and A. Z., J. Appl. Phys., 49, 1978.
- [5] T. Minami, Jpn, J. Appl. Phys., 23, 1984.
- [6] Kikuo Tominaga, Ichiro Mori, Thin Solid Films,253, 1994.
- [7] K.H.Kim, S.H.Kong, M.J.Keum, I.H.Son, M.Naoe, S.Nakagawa, "Thin Film Properties by Facing Targets Sputtering System", Applied Surface Science, Vol. 169, No. 170, pp. 409-413, 2001.