

## FBAR 소자용 Si Membrane 구조제작 및 ZnO 압전 박막 증착

임석진, 김종성  
경원대학교 화학공학과

### The fabrication of membrane structure for FBAR and the deposition of ZnO piezoelectric thin film

Seok-Jin Lim and Jong Sung Kim  
Department of Chemical Engineering, Kyungwon University,

#### 서론

체적파 박막형 공진기(FBAR: Film Bulk Acoustic wave Resonator)소자는 일반적으로 동작주파수가 500MHz ~ 10GHz이며, 유전체 세라믹소자의 장점과 SAW소자의 장점을 동시에 갖고 있고, 특히 MMIC화가 가능한 차세대 고주파 수동소자로 주목받고 있다[1]. FBAR소자를 이용하면 공진기, 대역통과 필터, 듀플렉서필터, VCO(voltage Controlled Oscillator) 등의 제조가 가능하다. FBAR 소자는 전극막 사이에 압전박막을 형성하여 제조되는데, 그 구조 형태에 따라, air-gap 형, Bragg-reflector 형, membrane 형으로 구분되어진다. 압전박막으로는 ZnO 박막과 AlN박막이 주로 사용되며 sputtering, CVD, ALD 공정 등으로 제조되는데, 박막의 c축 우선 배향성을 조절하는 것이 FBAR 소자 특성을 결정하는데 매우 중요하다[2].

본 연구에서는 MEMS 공정에 의해 Membrane 구조의 FBAR(Film Bulk Acoustic wave Resonator) 소자를 구현하고자 하였다. 이를 위해 Si 기판을 Back-etching 하여 membrane 구조를 제작하였고 압전층으로 ZnO를 Sputtering 공정에 의해 증착 후, 공정 조건에 따른 우선 배향성을 관찰하였다[3]

#### 본론

##### Back Etching에 의한 Membrane 구조 제작

그림 1은 FBAR 소자를 위한 Membrane 구조 제작 공정을 보여준다. 4인치 크기의 P-type Si(100) wafer를 아세톤, 메탄올, DI water로 초음파 세척 후 상온, Ar 25sccm 분위기에서 r.f. power 1500W로 70분간 증착하여, 웨이퍼 양면에 두께 3000 Å의 SiO<sub>2</sub> 막을 형성하였다. 사진

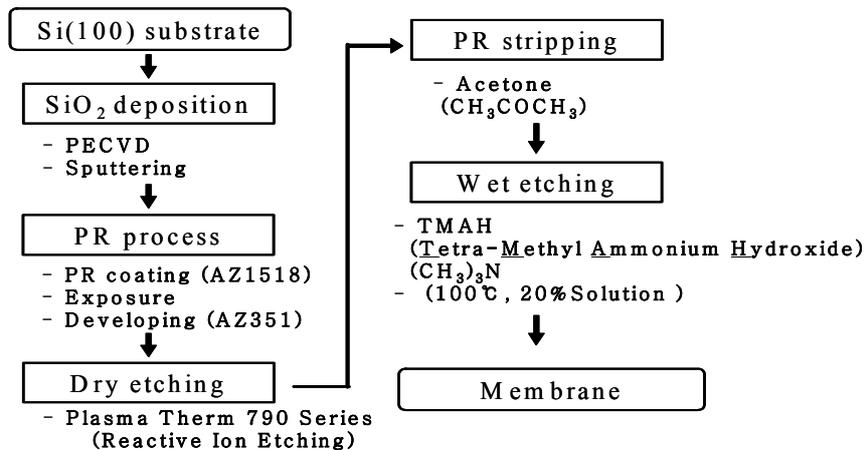


그림 1. Si(100) Membrane 제작 Flow chart

공정을 이용하여 한쪽면의 SiO<sub>2</sub>층 위에 PR 패터닝 한 후 SiO<sub>2</sub>층을 RIE( Reactive Ion Etching)로 건식식각하여 Etch mask를 제작하였다. PR (AZ1512)은 500rpm에서 5초 후 3500rpm으로 30초 동안 도포 한다음 95℃에서 soft baking을 하였고, 제작된 마스크로 노광을 한 뒤 현상 (AZ500MIF, 1분), 150℃에서 hard baking하여 패턴을 형성시켰다. 건식 식각 기체로는 HF<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>를 사용하였고 etch rate는 300Å/min, 작동압력은 7.0~6.010<sup>-5</sup>torr 였다. PR Stripping 후 RIE에 의해 식각 되지 않은 SiO<sub>2</sub>면을 마스크로 하여, 20% TMAH(Tetra Methyl Ammonium Hydroxide)용액에 넣어 Si를 식각하였다. 식각조건은 95℃-100℃ 사이에서 7시간30 동안 450μm를 에칭하여 Membrane을 제작하였다. 그림 2는 FBAR 소자 구조를 그림 3은 Etching 된 Si (100)의 단면 SEM 사진을 보여준다.

### ZnO 증착 및 c-축 배향성 관찰

하부전극으로 Al 또는 Pt를 사용하여 전극 위에 ZnO 막을 sputtering 공정으로 증착 후 XRD, SEM으로 c-축 배향성을 관찰하였다. Pt/Ti 막은 DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 증착하였고, Al 막은 Thermal evaporation 방법으로 각각 Si 기판에 증착하여 제작하였다. 이 기판에 Ar: O<sub>2</sub> 비율을 50:10, 25:25 sccm, R.F. power 200W로 60분간 증착하여 ZnO 박막을 제조하였다. 이 때 pre-sputtering 은 30분간 실시하였고, 4 in ZnO 타겟과 기판사이의 간격은 4cm 로 실험을 하였다. ZnO 박막의 c-축 배향성 및 crystal 구조는 scanning electron microscopy (SEM: HITACHI, S-4100)과 x-ray diffraction (XRD Rigaku, 20B diffractometer, CuKα radiation) 법으로 관찰하였다. 그림 4와 5는 각각 Pt와 Al 전극 위에 증착된 ZnO 박막의 X-ray pattern을 보여준다. ZnO (002)방향의 peak만이 관찰되는 것으로 보아, 전극막에 수직 배향된 구조로 박막이 성장한 것을 알 수 있다. 또한 O<sub>2</sub>의 비율이 높은 조건에서 Pt 전극에 증착된 ZnO 박막의 (002) peak가 Al 전극에 증착된 박막의 peak에 비해 더 강한 intensity를 보인다. 따라서 Al에 비해 Pt 전극막이 ZnO c-축 우선 배향성에 유리함을 알 수 있다. ZnO 박막의 crystal 구조 및 c-축 배향성은 전극막의 종류 및 구조, roughness 등과 sputtering 제 조건 (온도, 가스 조성, 스퍼터링 파워) 등에 밀접한 관계가 있다. 그림 6과 7은 Pt 전극과 Al 전극상에 증착된 ZnO film 의 SEM 표면사진 및 단면사진을 보여준다. Al 전극상에 증착된 ZnO 박막은 좀더 작은 grain size를 보이거나 rough 한 표면을 보인다. 이는 thermal deposition에 의한 Al 전극막이 sputtering 공정에 의해 증착된 Pt 전극막에 비해 거칠기가 더 높기 때문으로 사료된다.

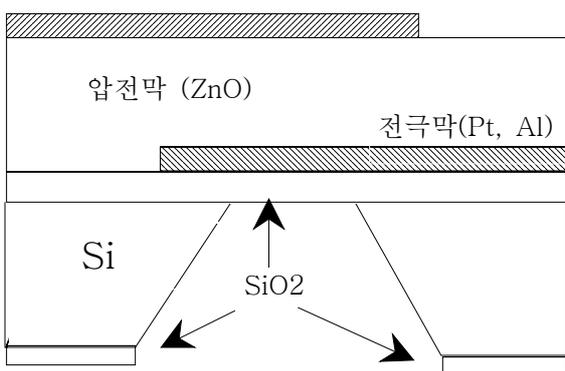


그림 2. FBAR 소자의 구조

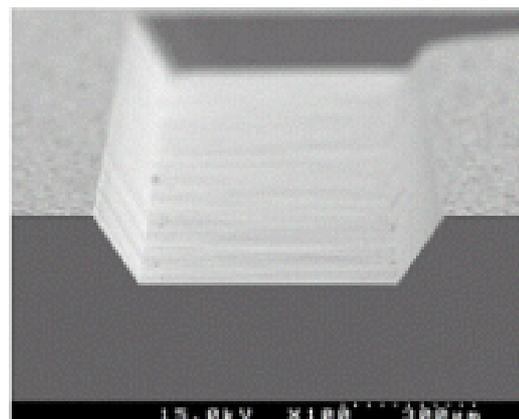


그림 3. 에칭된 Si 단면 SEM 사진

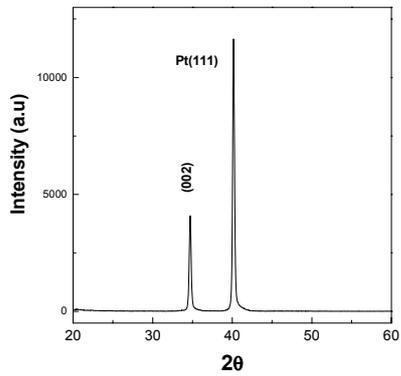


그림 4. Pt 전극막 상에 증착된 ZnO 박막의 XRD plot.

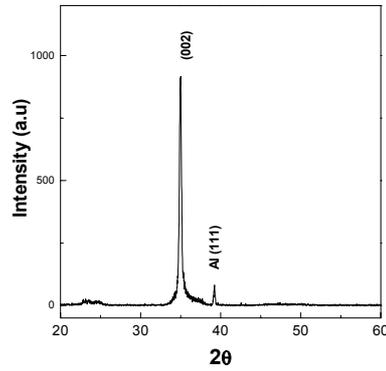


그림 5. Al 전극막 상에 증착된 ZnO 박막의 XRD plot.

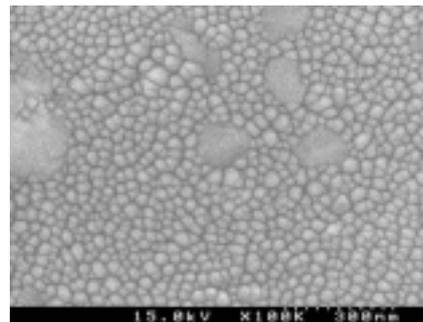
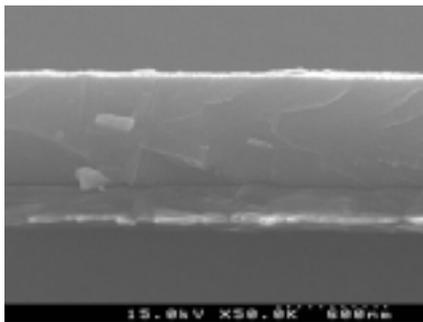


그림 6. Al 전극막 상에 증착된 ZnO 박막의 SEM 사진

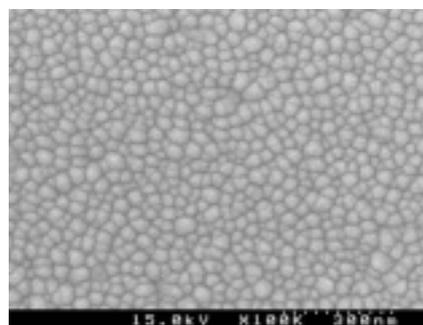
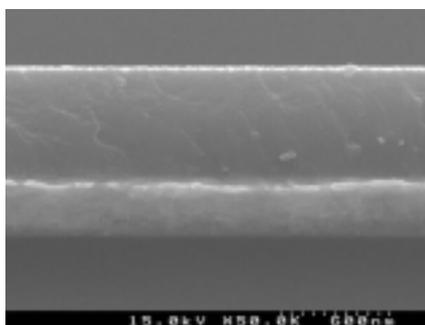


그림 7. Pt 전극막 상에 증착된 ZnO 박막의 SEM 사진

## 결론

XRD Data 와 SEM 사진에 따르면 FBAR 소자 제작시 핵심적인 압전막의 C축 배향성이 가장 이상적으로 이루어진 것은 Pt 전극을 입힌후 200W, O<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>=40:10sccm의 조건으로 ZnO를 성장시켰을 때였다. Al 전극에 산소와 질소의 비가 같을 경우 ZnO의 입자가 균일하지 못했다. Si (100) 기판에 MEMS 공정을 이용하여 FBAR 소자 제작을 위한 Membrane 구조를 형성하였다. 미세구조의 membrane 제작과 ZnO 또는 AlN 증착을 통한 FBAR 소자의 제작을 추진중에 있다.

## 감사

본 연구는 경원대학교 IT부품소재연구센터(ITRC)에서 지원받아 수행되었다.

## 참고문헌

1. Frans C.M. Van De Pol, "Thin-Film ZnO - Properties and Applications," Ceramic Bulletin, Vol. 69, No. 12, pp. 1959-1965 (1990)
2. G.L. Dybwad, "c-Axis Orientation of Sputtering ZnO Films," J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 12, pp. 5192-5194 (1971)
3. M. Takeuchi, "Effective electromechanical coupling coefficient( $Kt$ )<sup>2</sup> for fundamental mode of thickness extensional mode thin film bulk acoustic wave resonator fabricated by ZnO thin film" SurfaceEngineering, Surface Instrumentation & Vacuum Technology., Vac 2377 (2002)