

마이크로머시닝 기술을 이용한 압전형 마이크로스피커

서경원, 이승환, 유금표*, 민남기*
국립충주대학교, 고려대학교*

Piezoelectric Microspeaker by Using Micromachining Technique

Kyong-Won Suh, Seung-Hwan Yi, Kum-Pyo Ryu*, Nam-Ki Min*
Chungju National University, Korea University*

Abstract : The piezoelectric ZnO thin films were deposited onto Al/Si substrate in order to figure out the crystalline and the residual stress of deposited films. As the Ar/O₂ gas ratio is increased, c-axis orientation of deposited films is significantly enhanced and also the residual stresses of ZnO films are all compressive. They are decreased from -1.2 GPa to -950 MPa as the Ar/O₂ gas ratio is increased. A diaphragm-based piezoelectric microspeaker fabricated on ONO films shows about 14 mPa output pressure at 1 kHz with 8 V_{peak-to-peak}.

Key Words : Micromachining, Piezoelectric microspeaker, ZnO film, Compressive diaphragm, Output sound pressure

1. 서 론

MEMS (MicroElectroMechanical Systems) 기술은 실리콘 기판위에 마이크로폰과 마이크로 스피커의 제작을 위하여 사용되어 왔다. 음향소자를 제작하기 위한 이 기술은 기존의 Electro-dynamic 형의 스피커 제작과 비교하여 1) 반도체 공정 기술을 이용함으로써 대량 생산이 용이하고, 2) 단위 칩 상에 음향소자와 신호처리 회로를 동시 제작 가능할 뿐만 아니라, 3) 초소형 음향소자의 제작이 가능한 장점을 지닌다.

비록 압전 MEMS 음향 소자가 상술한 바와 같은 장점을 지니고 있으나, 음향소자의 다이어프램으로 사용하는 박막의 잔류응력으로 인하여 마이크로스피커의 경우 출력 음압(Output Sound Pressure)이 작다는 단점을 지니고 있었다. 출력 음압을 향상시키기 위한 방편으로 압축 잔류응력을 지닌 질화막 (Si_xN_y) 을 다이어프램으로 사용한 연구 결과가 발표되었다.

본 연구에서는 압전 ZnO 박막의 증착 조건에 따른 기계·구조적 특성을 살펴보고, 다이어프램으로 산화막/질화막/산화막(LTO/Nitride/Oxide) 구조를 이용한 마이크로스피커의 특성에 대해 연구하였다.

2. 시편 제작 및 특성 시험

2.1 시편 제작

압전 박막의 증착조건에 따른 기계·구조적 특성 분석으로서, RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 알루미늄 박막 (약 0.5 μ m) 위에 ZnO 박막을 공정조건 변화·기판온도와 Ar/O₂ 유량비-에 따라 증착한 후 잔류응력, SEM 촬영 및 XRD 분석을 통하여 결정성을 살펴보았다.

또한 6" 실리콘 웨이퍼를 이용하여 마이크로스피커를 제작하였는데, 첫 번째로 6" 웨이퍼의 세척 공정을 진행한 후, 박막의 두께를 조절하여 LTO/질화막/산화막의 박막을 성장 및 증착 과정을 통하여 형성하였다. 두 번째로 하부 전극의 형성을 위해 알루미늄 박막을 약 0.5 μ m 증착한 후 패터닝 하였으며, 세 번째 공정으로 ZnO 박막을 R.F. 마그네트론 스퍼터링법에 의하여 약 0.5 μ m 증착하였다. 하부 전극과 전극의 접촉을 위하여 다이어프램 영역을 제외하고 ZnO 박막을 습식 식각하여 제거 한 다음, 상부 전극으로서 알루미늄을 증착한 후 세 번째 마스크를 이용하여 패터닝함으로써 전면의 공정을 완료하였다. 마지막으로 다이어프램 영역을 확보하기 위하여 웨이퍼 이면을 패터닝 후 ONO 박막을 제거한 다음 KOH 용액내에서 실리콘을 식각하였으며, 6" 웨이퍼에 제작한 마이크로스피커를 제시하면 그림 1과 같다.

2.2 특성 시험

제작된 마이크로스피커는 자체 제작한 음향 챔버 내에서 인가 전압의 변화에 따른 출력 음압을 측정함으로써 그 특성을 평가하였다. 전압의 인가는 임의파형 발생기 (AFG3012, Tektronix)를 사용하였으며, 마이크로스피커의 출력 음압을 평가하기 위하여 기준 마이크로폰 (B&K 4135)과 Spectrum Analyzer (HP 4195)를 통하여 측정·평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 25 $^{\circ}$ C로 기판온도를 유지시킨 상태에서 챔버 압력 16 mtorr, R.F. 전력을 1500 W 인가 시 Ar/O₂ 유량비의 변화에 따른 XRD 분석결과를 나타낸 것이다. 측정 결과에서 알 수 있듯이 Ar 분압이 증가함에 따라 ZnO 박

막의 c-축 배향성이 향상되고 있음을 알 수 있다. 한편 Ar/O₂ 유량비가 증가함에 따라 ZnO 박막의 잔류응력은 약 -1200 MPa에서 -950 MPa 로 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

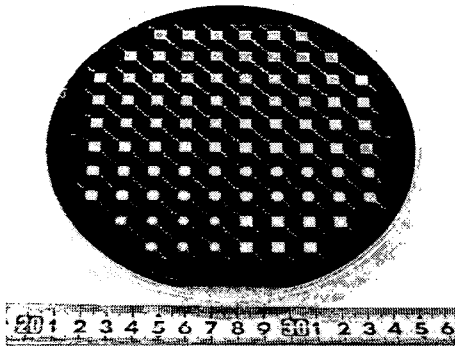


그림 1. 6" 실리콘 웨이퍼 상에 제작된 마이크로스피커.

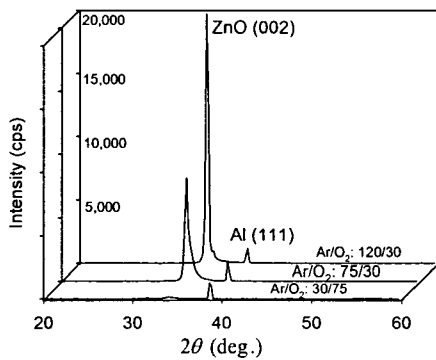


그림 2. Ar/O₂ 유량비 변화에 따른 X 선 회절 패턴.

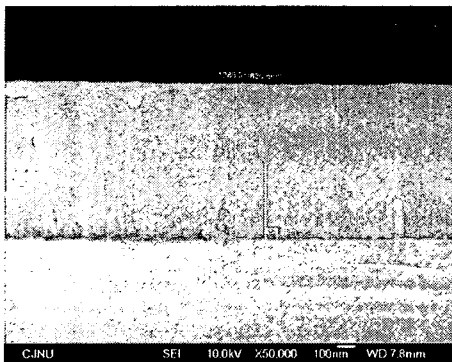


그림 3. Al/Si 기판위에 증착 한 ZnO 박막의 단면 SEM 사진 (Ar/O₂=120/30, 상온, 16 mtorr, 1500 W).

그림 3은 Ar/O₂ 유량비가 120/30인 ZnO 박막의 단면 SEM 사진을 나타낸 것으로 알루미늄 기판에 수직인 주상 구조로 발달되어 있음을 확인할 수 있다.

그림 4는 최적의 조건에서 제작한 마이크로스피커를 1 kHz에서 인가전압에 따른 출력 음압 특성을 나타낸 것이

다. 마이크로스피커의 출력음압은 인가전압에 따라 선형적으로 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 진폭 8 V에서 약 14 mPa의 음압 출력을 나타내었다.

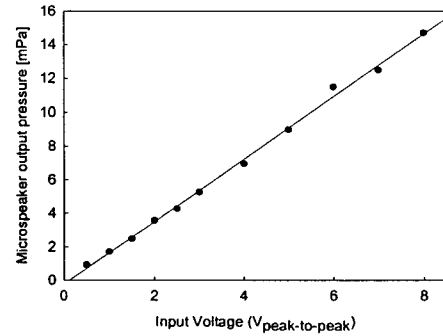


그림 4. 인가전압에 따른 스피커 출력 음압 (@ 1 kHz).

4. 결론

MEMS 기술에 의한 마이크로스피커의 구현을 위해 기능성 ZnO 박막을 증착조건에 따라 특성을 살펴본다. Ar/O₂ 유량비가 증가함에 따라 c-축 배향성의 향상과 함께 잔류응력은 인장방향으로 작아짐을 확인하였다. 제작된 마이크로스피커의 출력 음압은 약 14 mPa 임을 확인할 수 있었는데, 이는 기존의 결과보다는 미약한 특성을 나타내었다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2004-042-D00082)

참고 문헌

- [1] E.S. Kim and R.S. Muller, "IC-Processed Piezoelectric Microphone", IEEE Electron Device Letters, Vol. EDL-8, No.10, p.467, 1987.
- [2] R.P. Ried, E.S. Kim, D.M. Hong and R.S. Muller, "Piezoelectric Microphone with on-chip CMOS Circuits", IEEE/ASME J. Microelectromechanical Systems, Vol. 2, p. 111, 1993.
- [3] M. Niu and E.S. Kim, "Residual stress effect on performance of Diaphragm-based MEMS Pressure Transducers", Proc. 2000 Conf. IMECE, MEMS-Vol. 2, p. 269, 2000.
- [4] S.H. Yi and E.S. Kim, "Piezoelectric Microspeaker with Compressive Nitride Diaphragm", Proc. 2002. IEEE MEMS, p.260, 2002.