

물성변화에 따른 압전형 마이크로스피커의 특성

정경식, 박종선, 조희찬, 이승환

국립충주대학교 기계공학과/친환경 에너지 부품소재센터

Characteristics of Piezoelectric Microspeakers according to the Material Properties

Kyong-Shik Jeong, Jong-Sun Park, Hee-Chan Cho, Seung-Hwan Yi

Department of Mechanical Engineering/Research Center for Sustainable Eco-Devices and Materials (RIC-ReSEM), Chungju National University

Abstract : This paper reports the characteristics of piezoelectric microspeakers that are audible in open air with high quality piezoelectric AlN thin film according to the materials properties. When we use a tensile-stressed silicon nitride diaphragm as a supporting layer, the Sound Pressure Level (SPL) is relatively small. However, the SPL of the fabricated microspeakers that have compressive-stressed composite diaphragm show higher output pressure than those of tensile-stressed diaphragm. It produces more than 60 dB from 100 Hz to 15 kHz and the highest SPL is about 100 dB at 9.3 kHz with 20 V_{peak-to-peak} sinusoidal input biases and at 10 mm distances from the fabricated microspeakers to the reference microphone.

Key Words : Piezoelectric Microspeaker, Sound pressure Level, Composite Residual Stress

1. 서 론

최근 MEMS (MicroElectroMechanical Systems) 기술을 이용한 음향소자의 연구개발이 가속화되어 마이크로폰의 경우, 실리콘 용량형 (silicon capacitive) 구조가 이동통신 단말기에 적용되고 있으며, MEMS 기술에 의한 마이크로스피커는 연구 단계에 있다. 압전형 MEMS 마이크로스피커는 구조가 간단할 뿐만 아니라, 구동전압이 CMOS 기술을 이용한 스피커보다 낮고 (약 20 V_{peak-to-peak} 이하), 스피커 구동을 위한 압전 박막 (ZnO, AlN, PZT 등)에 대한 그 물성이 비교적 잘 알려져 있어 차세대 박막형 스피커로서의 관심이 증가되고 있다.

MEMS 기술을 이용한 압전 음향소자 (piezoelectric acoustic devices)는 대부분 ZnO 박막을 사용하였으나, 최근에 PZT를 이용한 연구도 진행되고 있고, AlN 박막을 이용한 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator)가 제일 먼저 상용화되어 이동통신 단말기에 적용됨으로 인해 압전소자를 위한 AlN 박막 물성[1,2]과 이를 MEMS 소자로서의 응용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문에서는 고품질의 압전형 AlN 박막을 이용한 압전 마이크로스피커를 제작하고, 잔류응력에 따른 압전 마이크로스피커의 성능을 확인하고자 한다.

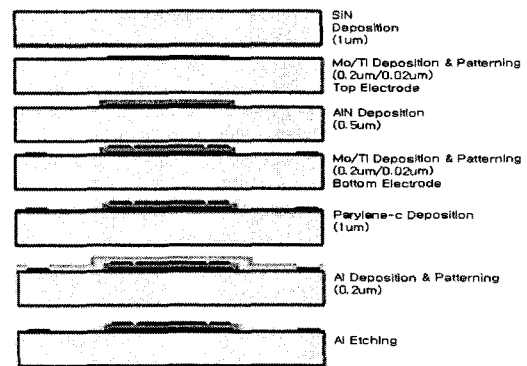
2. 실험

2.1 압전 마이크로스피커 제작 공정 및 실험방법[3]

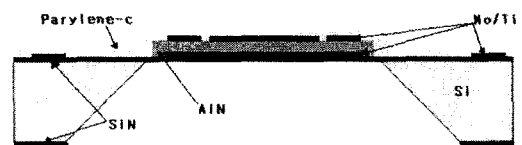
그림 1은 압전 마이크로스피커의 공정 순서도를 나타낸 것이다. 첫 번째로 양면 폴리싱 된 4 인치 (100) 실리콘 웨이퍼 세척 후, 저응력의 실리콘 질화막 (Low-stressed SiN)을 1 μm 증착하였다.

하부 및 상부의 전극물질로 Mo/Ti를 각각 2000 Å/200

Å 증착 후 전극부 이외의 Mo/Ti 이종층을 식각 하고, 그 후 AlN을 0.5 μm 증착한 다음, 패터닝 후 하부 전극의 접촉부를 노출시키기 위하여 AlN 박막을 식각하였다. 상부 전극은 하부전극의 형성과 동일한 공정을 수행한 후, 패터닝 및 식각과정을 통해 완성하였다. 그 후 웨이퍼의 전면에 약 1 μm의 Parylene-C 증착 하였고, Al 박막을 약 2,000 Å 증착한 뒤 전극부 위의 Parylene-C를 노출시킨 다음, 노출된 Parylene-C를 제거함으로써 전극부 형성을 완료하였다.



(a)



(b)

그림 1. 압전 마이크로스피커의 공정도: (a) 마이크로스피커의 공정단계도, (b) 제작된 마이크로스피커의 단면도.

Backside는 노광공정을 통하여 웨이퍼 이면의 실리콘

제거 영역을 확보 후 실리콘을 식각하고, 최종적으로 웨이퍼의 세척단계를 거침으로써 압전형 마이크로스피커의 제작 공정을 완료하였다.

실험 방법은 사인파형의 20 V_{peak-to-peak}를 압전 마이크로스피커에 인가하고, 기준 마이크로폰 (B&K Type 2669 & 4192L)은 약 10 mm 간격으로 위치시켜, 입력주파수 100 Hz에서 15 kHz까지의 주파수에 따른 음압 변화를 측정하였다. 본 측정에서 사용된 마이크로폰의 감도는 1 V/Pa (음압대비 증폭된 전압)를 갖고 있으며, 측정 변환된 음압 신호는 실효값으로 환산한 다음 이를 이용하여 음압으로 계산하였다.

2.2 결과 및 고찰

그림 3은 정현파 입력신호에 대해 제작된 마이크로스피커의 음압을 나타낸다. 그림 3 a)에서 보는 것과 같이 마이크로스피커의 성능은 잔류응력이 서로 다른 샘플에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다. 실리콘 질화막의 잔류응력이 인장응력을 나타낼 때, 음압은 실험 주파수 대역 (100 Hz ~ 15 kHz)에서 매우 낮게 나타났다. 그러나 잔류응력이 압축응력을 나타낼 때는 마이크로스피커의 음압이 전체적으로 더 높은 출력을 얻을 수 있었다. 다이어프램이 압축응력을 지닌 경우(그림 2, #12 Sample) 인장응력을 갖는 마이크로스피커와 비교했을 때 1.5배 가까운 음압이 측정되었다. 그림 3 a)를 살펴보면 다이어프램의 복합 잔류응력은 높은 음압의 압전 마이크로스피커를 제작하기 위해 매우 중요한 요소임을 알 수 있으며, 그림 3. b)는 서로 다른 잔류응력의 복합 다이어프램을 가지는 마이크로스피커를 제작 실험한 결과를 보여준다.

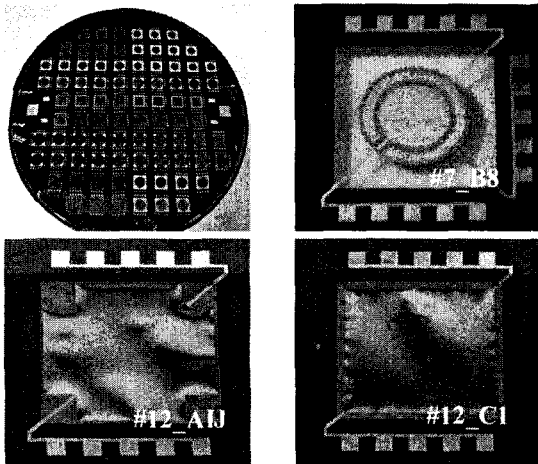
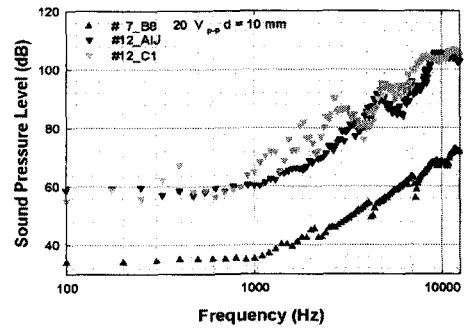
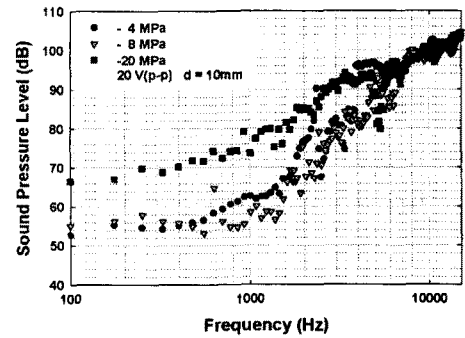


그림 2. AlN박막으로 만들어진 압전 마이크로스피커: a) 4 인치 실리콘 웨이퍼, b) #7_B8, c) #12_AIJ, d) #12_C1.

그림 3 b)를 통해 복합 다이어프램의 잔류응력이 압축성으로 그 값이 커질수록 음압의 출력이 더 커지고, 음압은 입력전압이 20 V_{peak-to-peak} 일때 100 Hz에서 66 dB, 1 kHz에서 72 dB까지 증가하였으며, 9.3 kHz에서 100 dB 까지 출력이 발생함을 볼 수 있었다.



(a)



(b)

그림 3. 제작된 마이크로스피커의 음압: a) 구조와 잔류응력의 상호관계, b) 사각형 전극 마이크로스피커의 복합 잔류응력에 따른 상호관계.

3. 결론

본 연구를 통해 제작된 압전 마이크로스피커의 음압수준(SPL)은 복합 다이어프램의 잔류응력이 압축성을 나타낼 때 우수한 특성을 나타내고, 그 크기가 증가함에 따라 음압이 향상되는 특징을 나타내었다. 따라서 음압을 향상시키기 위해 복합 잔류응력을 압축성으로 확보해야 하는 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신센터사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] C.H. Chou, Y.C. Lin, J.H. Huang, N.H. Tai, and I.N. Lin, "Growth of high quality AlN thin films on diamond using TiN/Ti buffer layer", J. Diamond and Related Materials, vol.15, pp440, 2006.
- [2] M.Benetti, D.C. Cannata, F. Di Pietrantonio, and E. Verona, A. Generosi, B.Paci and V.Paci Albertini, "Growth and Characterization of piezoelectric AlN thin films for diamond-based surface acoustic wave devices", Thin Solid Films, vol.497, pp.590, 2005.
- [3] 이승환, 정경식, 김동기, 신광재, "고품질 AlN 박막으로 제작한 압전 마이크로스피커", 대한전기학회 논문지, 제56권, 제8호, pp.1455, 2008.