

고분자 압전필름을 이용한 BAW 공진기의 주파수 특성에 관한 연구

A Study on Frequency Properties of Bulk Acoustic Wave Resonators using PVDF

정영학, 김응권, 윤창진, 송준태*

(Young-Hak Jeong, Eung-Kwon Kim, Chang-Jin Yun, and Joon-Tae Song)

Abstract

This paper describes the development of bulk acoustic wave (BAW) resonators using a PolyVinylidene Fluoride (PVDF). The resonators have an air gap between a substrate for acoustic isolation without surface micromachining. We measured the resonance frequency and the input reflection coefficient (S_{11}) of resonators using vector network analyzer. The fundamental resonance in this experimental result was measured at 1.4 GHz with a return loss of -23.2 dB. We can confirm a possibility of resonator application as using a PVDF because it can fabricate the resonator without etching process.

Key Words : BAW resonator, PVDF, Return loss

1. 서론

최근 이동 통신 시장의 급격한 성장에 힘입어 통신 부품소재 산업은 급속한 발전을 하고 있다. 특히 800 MHz ~ 3 GHz의 통신 주파수를 사용하는 개인 휴대 통신 시스템, 무선 가입자망, 블루투스 그리고 위성 통신 등의 시스템에 대한 수요가 증가하고 있다. 이러한 통신 단말 시스템은 필연적으로 무선화, 소형화, 경량화, 고기능화, 고품질화, 저가격화, 고주파수화를 요구하게 된다[1,2].

rf 이동 통신 부품 중 필터는 핵심 부품 가운데 하나로 이는 무수히 많은 공중파 중에 이용자가 필요로 하는 주파수대를 여과시켜 주는 기능을 한다. 따라서 고품질의 이동 통신을 위해서는 필터 기술의 발전이 수반되어야 한다. 이러한 필터는 공

진기의 조합으로 이루어지므로 우선적으로 공진기에 대한 연구가 선행되어야 한다.

여러 종류의 공진기 중 체적탄성과 공진기는 실리콘 기판에 PZT, ZnO, AlN과 같은 압전 물질을 증착해 압전 특성으로 인한 음향 공진을 유발하는 박막 형태의 소자이다. 이러한 공진기는 rf 능동 소자들과의 자유로운 결합이 가능하며 초경량 및 초경박이며 반도체 공정을 이용한 대량 생산으로 단가를 줄일 수 있는 이점을 가지고 있다[2-4].

체적탄성과 공진기 특성 개선을 위한 압전 재료로 PZT, ZnO, AlN 물질이 대표적으로 연구되고 있으나 이들 압전체를 이용한 박막 공진기는 구조의 다른 문제점을 가지고 있다. 실리콘 기판의 후면을 식각하는 방식은 실리콘의 결정성에 의해 식각면이 경사를 갖기 때문에 전체 소자가 차지하는 면적이 증가한다는 점과 식각시 소자를 보호해야 한다는 단점이 있고, 또한 음향 임피던스 차이가 나는 물질을 $\lambda/4$ 두께로 적층하여 브래그 반사를 이용하는 방식은 다른 구조에 비해 제조 방법이 간편하고 견고하나 k_{eff}^2 가 30%가 낮은 것으로 알려져 있다[5-8].

* : 성균관대학교 정보통신공학부
(경기도 수원시 장안구 천천동 300,
Fax: 031-290-7159

Corresponding Author: jtsong@yurim.skku.ac.kr
2003년 8월 28일 접수, 2003년 9월 26일 1차 심사완료,
2003년 10월 8일 최종 심사완료

본 논문에서는 구조가 간단하고, 압전 특성이 우수한 β -PolyVinylidene Fluoride (PVDF)라는 고분자 압전 필름을 이용하여 샌드위치 구조로 된 체적 탄성과 공진기를 제작하여 벡터 네트워크 아날라이저를 이용하여 주파수 응답에 대한 특성을 관찰하였다. 또한, air gap이 개방된 것과 밀폐된 공진기에 대한 주파수 특성을 고찰하였다[9].

2. 제작

본 논문은 체적탄성과 공진기에 신호를 인가하여 공진주파수 및 입력반사계수 (S_{11})의 변화를 관찰하고자 하였다. 공진기의 제작을 위한 기판은 지름 5 mm, 높이 5 mm로 구멍이 뚫린 유리를 기판을 제작하여 체적탄성과 발생을 위한 air gap을 형성하였고, 제작된 기판 위에 고분자 압전 필름을 부착시켜 체적탄성과 공진기를 제작하였다. 고분자 압전 필름은 Measurement Specialities사의 P31752 제품으로 상 하부 전극이 도포되어 있는 필름을 사용하였다. 또한 air gap이 개방된 것과 밀폐된 공진기 변화를 측정하기 위해 air gap이 지름 5 mm, 높이 3 mm으로 밀폐된 기판을 제작하여 개방형과의 주파수 특성을 비교하였다. 그림 1은 제작한 체적탄성과 공진기의 구조를 나타내었다. 또한, 체적 탄성과 공진기 재료의 특성 값을 표 1에 나타내었다.

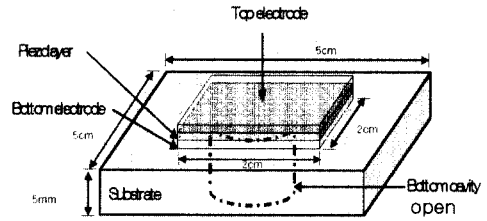
표 1. 체적 탄성과 공진기의 재료 특성값.

Table 1. Material property of Bulk acoustic wave resonator.

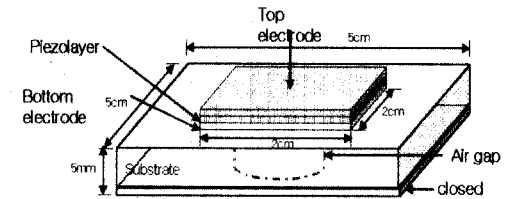
압전(PVDF)		전극 (Ag)	
두께	110×10^{-6}	두께	250×10^{-9}
밀도	1.78×10^3	밀도	$10.49(\text{kg}/\text{m}^3) \times 10^3$
c_{33}	$(2 \sim 4) \times 10^9$	c_m	10.002783×10^4
β_{33}	$1/(106 \sim 113) \times 10^{12}$	A(면적)	$1 \times 10^{-4}(\text{m}^2)$
h_{33}	$-(660 \sim 1320) \times 10^6$		

3. 결과 및 고찰

제작된 체적탄성과 공진기의 주파수 응답 특성을 측정하기 위해 HP 8722D 벡터 네트워크 아날라이저를 이용하였다. 측정시 공진기의 하부 전극을 접지시킨 1-port 시스템으로 공진주파수 및 입



(a) 개방형



(b) 밀폐형

그림 1. 체적탄성과 공진기의 구조.

Fig. 1. Structure of a BAW resonator.

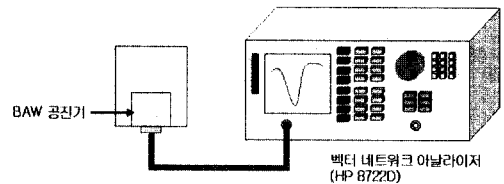


그림 2. 공진기 측정 시스템.

Fig. 2. Resonator measurement system.

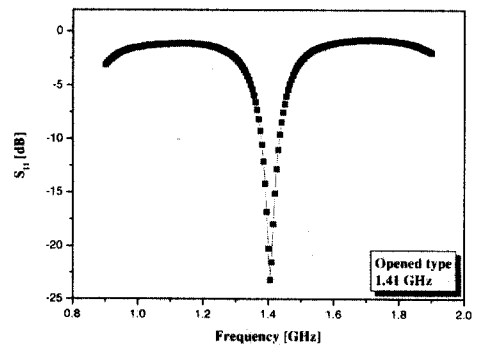


그림 3. 개방형 공진기의 주파수 응답 특성.

Fig. 3. Frequency response property of a fabricated opened type BAW resonator.

력반사계수 (S_{11})를 측정하였다. 측정을 위한 전체 시스템을 그림 2에 나타내었다. 제작한 체적탄성과 공진기의 측정 결과 개방형 공진기는 1.4 GHz에서 공진이 발생하였고 반사손실은 -23.2 dB로 측정되었고 그 결과를 그림 3에 나타내었다. 또한 밀폐형 공진기는 공진주파수 1.4 GHz, 반사손실 -23.9 dB로 측정되었고 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 이 결과로부터 개방형 공진기와 밀폐형 공진기는 작은 반사 손실 차이만 있을 뿐 공진주파수에는 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있었다.

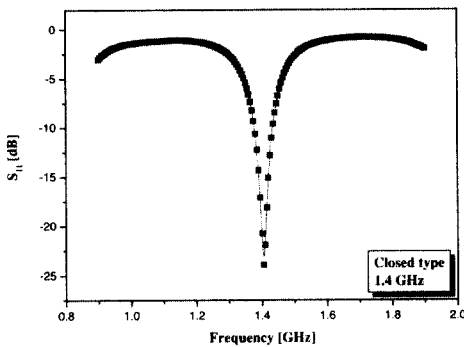


그림 4. 밀폐형 공진기의 주파수 응답 특성.
 Fig. 4. Frequency response property of a fabricated closed type BAW resonator.

4. 결 론

본 논문은 기존의 실리콘 기판을 식각하는 표면 마이크로머시닝 기술을 이용하지 않고 체적탄성과 발생을 위한 air gap을 형성하여 GHz 대역 공진주파수를 갖는 두께 진동모드 체적 탄성과 공진기를 제작하여 그 주파수 응답 특성을 조사하였다. 제작된 체적탄성과 공진기는 1.4 GHz 대에서 공진이 발생하였고 반사 손실의 크기는 -23.2 dB, -23.9 dB로 비교적 우수한 값으로 측정되었다.

본 논문은 복잡한 제작 공정인 표면 마이크로머시닝 기술을 이용하지 않고 간단한 공정으로써 공진기를 제작할 수 있으며 측정 결과로 이동 통신의 적용이 가능하다는 것을 보여주고 있다. 향후 임피던스 정합과 하부 전극과 기판 사이의 접촉면간의 저항 값을 개선한다면 더욱 우수한 주파수 특성을 얻을 수 있을 것으로 기대되며 보다 정확한 이론적 해석을 통해 rf 필터 및 듀플렉스 제작에도 널리 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 산업자원부가 주관하는 전력기술기초 연구의 연구비 지원에 의한 것이며 이에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] K. M. Lakin, G. R. Kline, and K. T. McCarron, "Development of miniature filters for Wireless Applications", IEEE Trans. Microwave Theory & Techniques, Vol. 43, No. 12, p. 2933, 1995.
- [2] 김인태, 박윤권, 이시형, 이윤희, 이전국, 김남수, 주병권 "SOI 웨이퍼를 이용한 압전박막공진기 제작", 전기전자재료학회논문지, 15권, 12호, p. 1039, 2002.
- [3] 박재환 "마이크로파 유전체의 내부 기공과 마이크로파 품질계수의 상관관계에 대한 컴퓨터 시뮬레이션", 전기전자재료학회논문지, 16권, 4호, p. 311, 2003.
- [4] 박창엽, 강종윤, 최지원, 윤석진, 김현재, "초전도 자성체/유한요소법에 의한 1.9 GHz 대 유전체 일체형 필터의 설계", 전기전자재료학회논문지, 12권, 10호, p. 983, 1999.
- [5] T. L. Ren and Y. X. Liu, "PZT based Bulk Acoustic Wave rf Filters", IEEE Trans., Vol. 1, p. 726, 2001.
- [6] K. M. Lakin, "Thin film resonators and filters", IEEE Ultrasonics Symp. Proc. p. 895, 1999.
- [7] K. M. Lakin, J. R. Belsick, J. P. McDonald, K. T. McCarron, and C.W. Andrus, "Bulk Acoustic Wave Resonators and Filters For Applications Above 2 GHz", Microwave Symposium Digest, IEEE, Vol. 3, p. 147, 2002.
- [8] 윤창진, 정영학, 김용권, 송준태, "FBAR의 주파수 특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 2003춘계학술대회논문집, p. 57, 2003.
- [9] P. E. Bloomfield, W. J. Lo, and P. A. Lewin, "Experimental study of the acoustical properties of polymers utilized to construct PVDF ultrasonic transducers and the acousto-electric properties of PVDF and P(VDF/TrFE) films", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, Vol. 47, No. 6, p. 1397, 2000.