
Ladder 형과 SCF 형의 구조를 가지는 FBAR 필터의 제작

임문혁* · 김동현* · Mai Linh* · 윤기완*

*한국정보통신대학원대학교

Fabrication of Film Bulk Acoustic Wave Filters with Ladder and Stacked Crystal Filter Types

Munhyuk Yim*, Dong-Hyun Kim*, Mai Linh*, and Giwan Yoon*

*Information & Communications University

E-mail : gwyoon@icu.ac.kr, Tel: 042-866-6301

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음 (KRF-2002-003-D00229)

요 약

본 논문에서는 Ladder 형과 SCF 형의 구조를 가지는 FBAR 필터의 제작에 대해 발표한다. 단위공진기의 구조는 W/SiO₂ 반사층을 갖는 SMR (Solidly Mounted Resonator) 구조를 가지며, 21,200 μm^2 의 공진 면적을 갖는 단위공진기의 K^2_{eff} , Q_s 그리고 Q_p 는 각각 3.24%, 6,363 그리고 6,749의 값을 보였다. 이와같은 성능을 갖는 단위공진기를 기본으로 제작된 필터의 크기는 Ladder 형이 800×2000(μm^2)의 크기를 갖고 SCF 형이 600×500(μm^2)을 가진다. 먼저 필터의 기본이 되는 박막형 공진기를 최적화시키고, 이를 바탕으로 Ladder 형과 SCF 형의 구조를 가지는 FBAR 필터를 제작하여 성능을 비교하였다.

ABSTRACT

In this paper, we present the fabrication and performance of FBAR filters with ladder and stacked crystal filter (SCF) types. The structure of the unit resonator in our work is the solidly mounted resonator (SMR) with W/SiO₂ multi-layer reflectors, the return loss of which show ~24dB at resonant frequency of ~2.0GHz. The K^2_{eff} , Q_s and Q_p , indicating the performance of resonator were 3.24%, 6,363 and 6,749 and were calculated for the resonator with the resonance area of 21200 μm^2 . Based on this unit resonator, FBAR filters with ladder and SCF types were fabricated and compared. The sizes of filters were 800×2000(μm^2) for the ladder type and 600×500(μm^2) for the SCF type.

키워드

FBAR Filter, SCF, Ladder, SMR, Return loss, Insertion loss, Bandwidth, Center frequency

1. 서 론

최근 RF용 FBAR(film bulk acoustic wave resonator)필터가 차세대 RF 필터로 급부상하고 있다. 이는 무엇보다도 상용화되어 쓰이고 있는 기존 필터와 달리 FBAR 필터는 실리콘웨이퍼 위에서 반도체 박막기술을 이용함으로써 초소형화 및 MM-IC(microwave monolithic integrated circuits)화가

가능하여 다른 휴대용 단말기 부품들과 함께 집적화가 가능하기 때문이다 [1,2]. 현재 상업용으로 많이 쓰이는 RF 필터로는 유전체 필터와 SAW (Surface Acoustic Wave) 필터가 있다. 둘다 MMIC화는 불가능하다. 따라서 단일 칩 단말기가 실현되려면 집적형 RF 필터 기술이 사용되어야 한다. 따라서 차세대 RF/Microwave 무선이동통신용 필터로서 반도체기술을 응용할 수 있는 박막형 RF

필터 기술이 RF one-chip/MMIC 화를 위한 가장 근접된 기술이라 하겠다[3].

따라서 본 연구에서는 필터의 기본이 되는 박막형 공진기를 최적화시키고, 이를 바탕으로 Ladder 형과 SCF 형의 구조를 가지는 FBAR 필터를 제작하여 성능을 비교하였다.

II. 박막 공진기의 구조 및 제작

박막 공진기는 크게 air-gap type, back etched type 그리고 solidly mounted type이 있다. 본 연구에서 제작한 공진기는 solidly mounted type으로써 acoustic impedance가 낮은 물질로 SiO₂를, acoustic impedance가 높은 물질로 W으로 이루어진 반사층을 갖는다. 박막 공진기는 상부 및 하부 전극 사이에 압전체가 삽입되어 있는 공진부와 SiO₂/W이 여러층으로 적층되어 있는 반사층부분 크게 두 부분으로 구성되어 있다. 먼저 세정된 Si(100) 웨이퍼 위에 SiO₂와 W박막의 최적 증착조건으로 5층의 Reflector를 제작하였다[4]. 그 다음 하부전극을 0.15 μ m 두께로 스퍼터링 장비로 증착하였으며 1.55 μ m 두께를 갖는 ZnO 층은 RF power, 증착압력 그리고 O₂ 농도에 대한 조건을 각각 320W, 10mTorr 및 25%로 하여 얻었다. 마지막으로 상부전극의 패터닝은 AZ5214E PR과 패터닝 마스크를 이용하여 Lift-off 방법에 따라 형성되었다. 그림 1은 제작된 박막공진기의 단면 (a), 상부 전극의 패터닝형태 (b), 그리고 S11 특성과 스미스 차트 (c)를 보여주고 있다. 박막형 공진기의 공진주파수는 $f=v/2d$ 에 의해 정해진다. v 는 acoustic wave velocity (6330m/sec)이며 d 는 ZnO의 두께 (1.55 μ m)를 나타낸다. 따라서 이론적인 값(2.04GHz)과 실제 측정값이 거의 일치함을 알 수 있다. 21,200 μ m²의 공진 면적을 갖는 단위공진기의 K²eff, Q_s 그리고 Q_p는 각각 3.24%, 6,363 그리고 6,749의 값을 보였다.

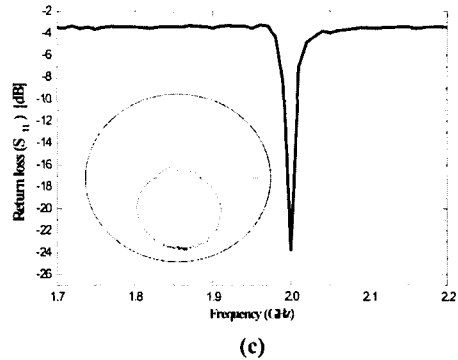
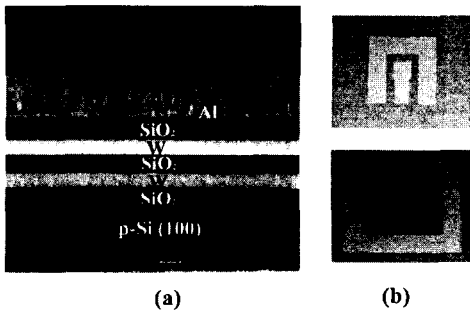


그림 1. (a) 제작된 박막 공진기의 단면, (b) 상부 전극의 패터닝형태, 그리고 (c) Return loss (S11) 특성과 스미스 차트.

III. 박막형 필터 제작

1. SCF형의 구조를 갖는 필터

SCF형 필터는 중간전극을 Ground시키기 위해 ZnO의 Etch 공정이 필요하다. Etchant는 CH₃COOH:H₃PO₄:H₂O (1:1:50)을 사용하여 32.4 A/sec의 etch rate를 보였다. 상부전극의 패터닝은 etchant를 사용하면 ZnO의 막질에 영향을 줄 수 있으므로 lift-off 방법을 사용하였다. 이렇게 제작한 SCF형 필터에 대한 측정치를 그림 2에서 보여준다. 그림 2(a)는 50MHz에서 4.5GHz까지의 주파수 특성을 (b)는 50MHz에서 10GHz까지의 주파수 특성을 나타낸다. 이때 중심주파수 (f_c)는 784MHz, Bandwidth-3dB (BW)는 280MHz, Insertion loss (IL)는 11.58dB, 그리고 Return loss (RL)는 33.3dB이며, 소자 크기는 대략 600×500(μ m²)을 갖는다.

2. Ladder형의 구조를 갖는 필터

Ladder형 필터는 SCF형 필터와 달리 ZnO를 패터닝할 필요없이 하부전극과 상부전극만을 Lift-off 방법으로 형성하여 소자를 제작하였다. 이렇게 제작한 Ladder형 필터에 대한 측정치를 그림 3에서 보여준다. 이때 중심주파수는 2.15GHz, Bandwidth는 125MHz, Insertion loss (IL)는 31dB이며, 소자 크기는 대략 800×2000(μ m²)의 크기를 갖는다.

참고 문헌

- [1] R. Ruby, and P. Merchant, "Micromachined Thin Film Bulk Acoustic Resonators", 1994 IEEE International Frequency Control Symposium, pp. 135-138, 1994.
- [2] Qing-Xin Su, Paul Kirby, Eiju Komuro, Masaaki Imura, Qi Zhang, and Roger Whatmore, "Thin-Film Bulk Acoustic Resonators and Filters Using ZnO and Lead-Zirconium-Titanate Thin Films", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 49, No. 4, pp. 769-778, 2001.
- [3] S. - H. Park, B. - C. Seo, H.-D. Park and G. Yoon, "Film Bulk Acoustic Resonator Fabrication for Radio Frequency Filter Applications," Jpn. J. Appl. Phys. vol. 39, pp. 4115-4119, 2000.
- [4] 임문혁, Mai Linh, 채동규, 윤기완, "RF/DC Magnetron Sputtering을 이용한 Acoustic Bragg Reflector 최적증착조건에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회, vol. 6, no. 2, pp. 143-147,2002.

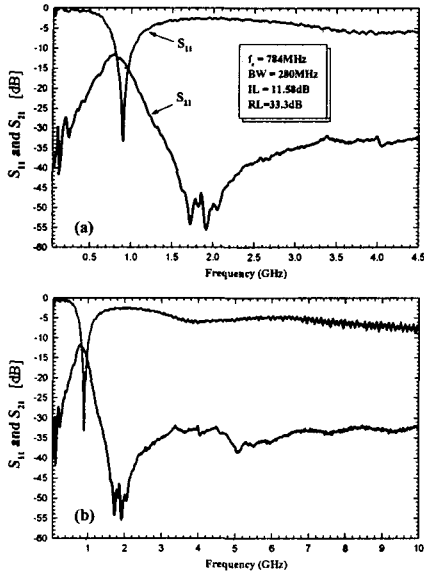


그림 2. 제작된 SCF형 필터에 대한 Return loss (S11)과 Insertion loss (S21);
 (a) 50MHz에서 4.5GHz까지의 주파수 특성
 (b) 50MHz에서 10GHz까지의 주파수 특성

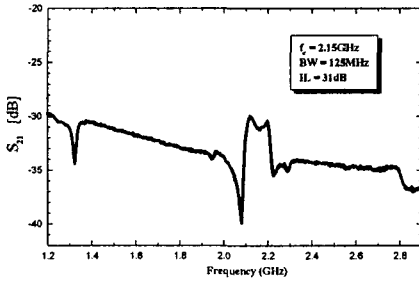


그림 3. 제작된 Ladder형 필터에 대한 Insertion loss (S21);

IV. 결론

본 논문에서는 필터의 기본이 되는 박막형 공진기를 최적화시키고, 이를 바탕으로 Ladder 형과 SCF 형의 구조를 가지는 FBAR 필터의 제작에 대해 발표한다. 단위 공진기의 K_{eff}^2 , Q_s 그리고 Q_p 는 각각 3.24%, 6,363 그리고 6,749의 값을 보였다. 이와같은 성능을 갖는 단위공진기를 기본으로 제작된 필터의 성능은 SCF형이 11.58dB IL값 33.3dB RL값, 280MHz BW값 그리고 소자 크기는 대략 $600 \times 500(\mu m^2)$ 이며, Ladder형이 31dB의 IL값, 125MHz BW값, 그리고 소자크기는 대략 $800 \times 2000(\mu m^2)$ 의 크기이다.