

FBAR 소자의 Bragg 반사층의 SiO₂ 박막 특성에 관한 연구

이순범, 박성현, 이능현, 신영화

경원대학교 전기전자공학과

Structure characteristics of SiO₂ thin film of the FBAR Bragg reflector

Soon-Bum Lee, Sung-Hyun Park, Neung-Heon Lee and Young-Hwa Shin

Department of Electric and Electronics Engineering in Kyungwon University

Abstract : In this study, SiO₂ thin film was deposited on variable conditions of the RF power and working pressure by RF magnetron sputtering to apply to the Bragg reflector of the SMR type FBAR device. A crystal orientation and microstructure of SiO₂ thin film was studied by using the XRD, AFM and SEM. The best condition was obtained through analyzing the structural characteristics of thin film. Finally, FBAR device was fabricated with applying the best condition of SiO₂ thin film and the resonant characteristics was investigated by network analyzer to verify application possibility as a efficient device.

Key Words : Film Bulk Acoustic Resonator, Solidly Mounted Resonator, Bragg reflector, RF magnetron sputtering, SiO₂

1. 서 론

최근 IT산업의 발전과 함께 차세대 이동통신용 소자에 대한 관심이 높아지면서 800 MHz ~ 5 GHz 대역의 필터 소자에 대해 소형화, 경량화, 고기능화, 고품질화, 저가격화가 요구되어지고 있고, 특히 단말시스템 부품의 MMIC화 기술개발이 필연적이다. 기존의 유전체필터나 SAW필터 보다 FBAR 필터 및 이를 이용한 듀플렉서는 크기가 수십 배 이상 작으며, 일반적인 반도체 IC기술을 이용하므로 대량생산이 가능하여 저가격화를 이룰 수 있다. FBAR 소자 중 SMR 구조의 FBAR 소자의 경우 membrane 이나 air-gap 형태의 소자에 비해 내충격성이 매우 뛰어나며 이에 대한 연구가 활발히 이루어 지고 있다.^[1-3]

우수한 공진특성을 가지는 소자제작을 위해서는 반사층의 두께를 음향학적 파장의 $\lambda/4$ 로 정확히 맞추어야 한다. 반사층의 두께를 정확히 조절하지 못하면 유효 음향학적 임피던스는 증가하게 되며 유효 음향학적 임피던스의 최소점을 나타내는 공진 주파수도 변화하며, 공진기의 품질계수(Q)도 감소하게 된다. 또한 다층박막의 형성 시 박막 내의 잔류응력이 문제가 되며 표면 거칠기에 의한 탄성파 산란의 발생으로 공진특성의 저하를 가져오게 된다.^[4,5]

본 연구에서는 SMR 구조의 FBAR 소자의 Bragg 반사층에 적용하기 위해 RF magnetron sputtering을 이용하여 RF 전력과 증착 압력을 변화시키며 SiO₂ 박막을 형성 각 조건별 박막의 구조적 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 4인치 크기의 순도 99.99%의 SiO₂ 타겟을 이용하여 RF magnetron sputtering법으로 SiO₂ 박막을 형성하였다. 기판으로는 p-type Si(100)을 이용하였으며 챔버의 초기 압력은 4×10^{-6} Torr, 기판온도는 RT, 타겟과 기판사이의 거리는 12.5 cm로 유지하였다. SiO₂ 박막의 증착 압력은 10~15 mTorr, RF 인가전력은 200 ~ 300 W로 변화

시켰다. 증착된 SiO₂ 박막의 미세구조 및 두께를 측정하기 위해 α -step(Tencor사), XRD(Rigaku사, D-MAX2200), SEM(Hitachi사, S-4700)과 AFM(PSIA사, XE-150)을 이용하였다.

FBAR 소자의 제작은 RF magnetron sputtering법으로 SiO₂(7000 Å)와 W(7000 Å)을 5층 구조의 형태로 증착하여 반사층을 형성하였고, Al(1850 Å)을 증착하여 상하부 전극을 형성하였으며, ZnO(14000 Å)을 증착하여 압전박막을 형성하였다. 최종적으로 network analyzer(Agilent사, E8364A)를 이용하여 소자의 공진특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 RF 인가전력에 따른 SiO₂ 박막 특성

그림 1에는 증착압력이 12 mTorr일 때, RF 인가전력에 따른 SiO₂ 박막의 증착율과 표면 거칠기를 그래프로 나타내었고, 그림 2에는 표면 AFM 사진을 나타내었으며, 그림 3에는 표면 SEM 사진을 나타내었다. RF 인가전력이 증가함에 따라 증착율도 비례적으로 증가하였지만 증착율의 변화에 비해 거칠기는 커다란 차이를 보이지 않았다. 또한 미세 전자현미경 사진에서도 인가전력에 따른 박막의 큰 변화를 관찰할 수 없었다. 다만 인가전력이 230 W일 때, 다른 조건에 비해 좋은 거칠기와 높은 입자분포를 나타내었다.

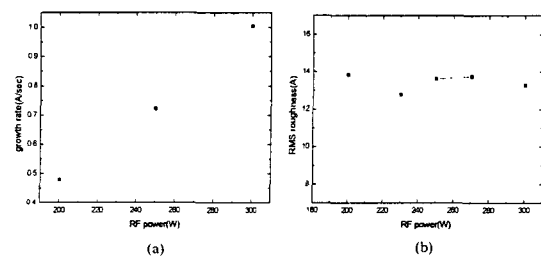


그림 1. RF 인가전력에 따른 SiO₂ 박막의 증착율과 거칠기.

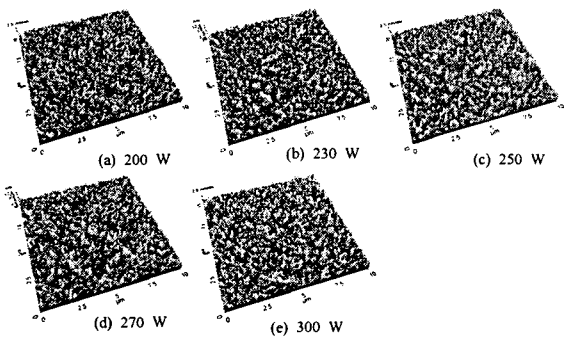


그림 2. RF power에 따른 SiO₂ 박막 표면 AFM 사진.

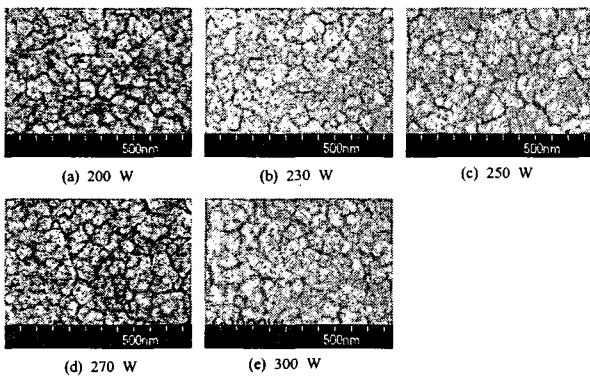


그림 3. RF power에 따른 SiO₂ 박막 표면 SEM 사진.

3.2 증착압력에 따른 SiO₂ 박막 특성

그림 4에는 RF 인가전력이 250 W일 때, 증착압력에 따른 SiO₂ 박막의 증착율과 표면 거칠기를 그래프로 나타내었고, 그림 5에는 표면 AFM 사진을 나타내었으며, 그림 6에는 표면 SEM 사진을 나타내었다. 증착압력이 증가함에 따라 증착율은 감소하였으나, 박막의 표면 거칠기는 좋아졌으며, 고른 입자분포를 나타내었다.

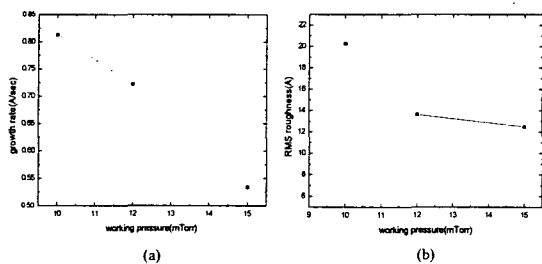


그림 4. 증착압력에 따른 SiO₂ 박막의 증착율과 거칠기.

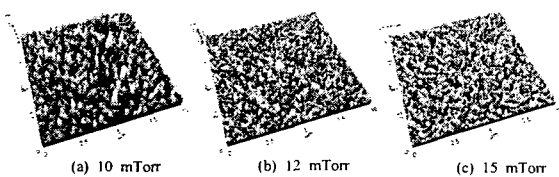


그림 5. 증착압력에 따른 SiO₂ 박막 표면 AFM 사진.

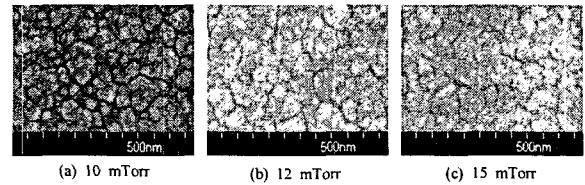


그림 6. 증착압력에 따른 SiO₂ 박막 표면 SEM 사진.

3.3 FBAR 소자의 공진특성

그림 7의 (a)에는 RF magnetron sputtering에 의해 제작된 SMR 소자의 SEM 단면 사진을 나타내었으며, (b)에는 완성된 FBAR 소자의 network analyzer를 통한 공진특성 측정 결과를 나타내었다. 중심공진주파수 1.93 GHz에서 반사손실(S₁₁)은 -17.35 dB, 전기기계결합계수(k²_{eff})는 2.38%, 품질계수(Q)는 580을 보였다.

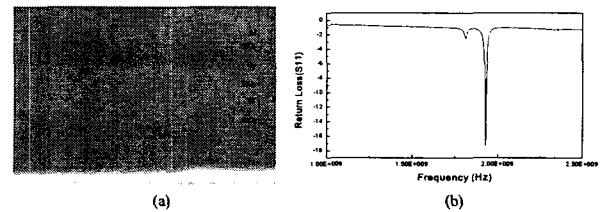


그림 7. (a) 5층 구조의 SMR과 하부전극 SEM 단면, (b) 완성된 FBAR 소자의 공진특성.

4. 결론

본 연구에서는 SMR 구조의 FBAR 소자의 반사층에 적용하기 위해 SiO₂를 RF magnetron sputtering 법으로 RF 인가전력과 증착압력을 변화하여 증착하였다. RF 인가전력 230 W, 증착압력 12 mTorr에서 증착한 박막이 우수한 구조적 특성을 보였으며, 또한 FBAR에 소자에 적용한 결과, 중심주파수 1.93 GHz에서 반사손실(S₁₁)은 -17.35 dB, 전기기계결합계수(k²_{eff})는 2.38%, 품질계수(Q)는 580을 나타내어 우수한 특성을 보였다.

참고 문헌

- [1] 신영화, 권상직, 김형준, "FBAR 소자제작을 위한 ZnO 박막증착 및 특성", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 18, No. 2, p159, 2005.
- [2] 신영화, 권상직, 윤영수, "ALD와 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 FBAR 소자의 ZnO 박막증착 및 특성", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 18, No. 2, p164, 2005.
- [3] S. G. Kim, S. B. Jung, J. H. Oh, H. J. Kim, and Y. H. Shin, "Characteristics of ZnO Thin Film by Atomic Layer Deposition for Film Bulk Acoustic Resonator", Materials Science Forum Vols. 449-452, p977-980, 2004
- [4] J. F. Rosenbaum, "Bulk acoustic wave theory and device", Artech House, 1988.
- [5] 이재빈, "압전박막을 이용한 박막형 공진기소자의 제조", 서울대학교 박사학위논문, 2001.