

AlN 박막을 이용한 표면탄성과 소자의 특성

주한용, 이재빈, 김형준
서울대학교 재료공학부

1. 서 론

최근 멀티미디어와 정보통신 산업의 비약적인 발전으로 단말기의 소형화, 경량화 및 고품질화가 더욱 절실히 요구되고 있다. 이에 따라 ZnO, AlN 압전 박막을 이용한 이동통신용 고주파 표면 탄성과 필터가 각광 받고 있는데, 특히 AlN은 화학적으로 안정하고, 탄성과 속도가 5000 - 6000 m/s로 높기 때문에 GHz 대역의 필터 제조 시 전극 패터닝을 비롯한 공정상의 안정성과 재현성을 실현하기가 용이하므로 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-8]. 본 연구에서는, 반응성 RF 마그네트론 스퍼터링법에 의해, 결정화도와 배향성이 우수하고 치밀한 조직을 갖는 AlN 박막의 증착 공정을 확립하고, 이를 이용하여 고주파용 SAW 소자를 제조하였다. 그리고 증착된 박막의 결정성, 미세구조를 XRD, SEM, TEM 등의 분석을 통해 관찰하고 잔류응력의 존재, c-축 배향도, 표면 평활도, 증착속도에 미치는 증착 변수들의 영향을 해석하였다. 또한 증착된 AlN/SiO₂/Si 박막을 이용하여 시험용 소자를 제작하고 고주파 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

AlN 박막의 증착은 SiO₂/Si 기판을 이용하고 반응성 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하였다. 증착 조건은 전체압력 5 - 20 mTorr, Ar/N₂의 비율 1 - 5, RF 전력 90 - 210W의 범위였다. 박막의 결정화도와 배향성을 XRD 로킹커브를 측정하여 평가하였다. 주사전자현미경을 이용하여 박막의 표면 및 단면 형상을 관찰하고 증착 두께를 측정하였다. 자세한 성장 구조를 관찰하기 위해 투과전자현미경 분석을 행하였다. 적절한 물성을 가지는 박막을 이용하여 시험용 SAW 필터 소자를 제작하였다. 파장 31.2 μ m, IDT 50, 100, 200 쌍의 패턴이 포함된 포토마스크를 제작하고, Al 전극 증착, IDT 전극 패턴 형성, 절단, 와이어 본딩, 패키징 과정을 거친 후, network analyzer(Advantest R3765C)를 이용하여 50 Ω 하에서 주파수 응답을 측정하였다. 이때 측정전 보정과 time gating은 하지 않았다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1에서 보듯이 증착 속도는 RF 전력에 따라 선형적인 증가를 보이고 전체 압력에 따라서는 큰 차이가 없다. 로킹커브로 평가한 c축 배향성은 Ar/N₂ = 6/2 mTorr 조건이 낮은 압력인 Ar/N₂ = 4/2 mTorr에 비해 전반적으로 우수하며 180 W 조건의 박막이 가장 우수한 결과를 보였다. 이 박막에서 측정된 로킹커브 반가폭(FWHM) 2.17°의 값은 표준편차 $\sigma = 0.92^\circ$ 에 해당하는 값으로 Shiosaki등이 SAW 필터의 재료로 사용했던, 사파이어기판 위에 증착한 AlN 박막($\sigma = 1^\circ$)보다 오히려 나은 결과이다[2]. SEM으로 관찰한 박막의 표면 및 단면 형상에서도 180W 조건의 박막이 가장 치밀하고 균일한 구조를 보였다. 압력의 영향을 자세히 검토하기 위해 180 W, 질소 압력 2 mTorr 조건에서 알곤 압력을 변화시켜 보았다. 압력이 3 mTorr로 낮거나 8 mTorr로 너무 높으면 결정성과 배향성이 모두 저하하였다. 이러한 결과는 표면 이동도를 촉진시키기 위한 적당한 정도의 입자충돌은 박막의 고배향 성장과 결정화에 도움을 주지만 이 효과가 너무 낮거나 과도할 때는 부작용을 초래함을 알 수 있다.

적절한 조건에서 증착된 AlN 박막의 SAW 소자 특성을 평가하기 위해 시험용 SAW 필터를 제작하였다. 주파수 특성을 측정한 결과, 중심 주파수는 158 - 160 MHz, 상속도(phase velocity)는 4920 - 4960 m/s 범위의 값을 보였다. 일부 소자의 주파수 응답 특성을 Fig. 2에 나타내었다. 쌍의 수가 많고 180 W에서 증착된 박막이 삽입손실이 작고 통과 대역 특성이 우수하였다. 이 값은 AlN 박막에서 Rayleigh wave의 이론치인 5607 m/s에 미치지 못하는 값이지만, 사파이어가 아닌 실리콘 기판을 사용했고, 보고되고 있는 값들이 3500 - 5700 m/s임을 감안한다면 AlN 박막에 의한 SAW 특성이 측정되었음을 확인할 수 있다. 설계와 공정의 개선을 통해 높은 중심주파수에서 높은 상속도를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

5. 결 론

증착 조건 실험을 통하여 c-축 배향 AlN 박막을 증착하기 위한 조건 실험을 통하여 배향성과 잔류응력의 변화를 관찰하고, 이를 바탕으로 가스 분압과 RF 전력의 조절을 통해 로킹커브 FWHM이 2.2° ($\sigma = 0.93^\circ$) 이하의 c-축 배향성이 매우 우수한 박막을 증착하는데 성공하였다.

시험 제작된 SAW 필터의 특성 분석으로 중심주파수 158 - 160 MHz, 상속도 4925 - 4960 m/s의 결과를 얻었다. 따라서 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 적절히 제어된 증착 조건에서 제조된 AlN/SiO₂/Si 구조의 재료는 고주파용 SAW 필터의 재료로 충분히 응용할 수 있다.

참고문헌

1. J. K. Liu, K. M. Lakin and K. L. Wang, J. Appl. Phys., **46**(9) (1975) pp. 3703-3706.
2. T. Shiosaki, T. Yamamoto, T. Oda, and A. Kawabata, Appl. Phys. Lett. **36**(8) (1980) pp. 643-645.
3. L. G. Pearce, R. L. Gunshor and R. F. Pierret, Appl. Phys. Lett., **39**(11) (1981) pp. 878-879.
4. K. Tsubouchi and N. Mikoshiba, IEEE Trans. Sonics Ultrason., **SU-32**(5) (1985) pp. 634-644.
5. C. Caliendo, G. Saggio, P. Verardi, and E. Verona, Proc. 1993 IEEE Ultrason. Symp., (1993) pp. 249-252.
6. H. Okano, N. Tanaka, Y. Takahashi, T. Tanaka, K. Shibata, and S. Nakano, Appl. Phys. Lett. **64**(2) (1994) pp. 166-168.
7. J. W. Soh, W. J. Lee, J. H. Park, and S. W. Lee, Proc. 1996 IEEE Ultrason. Symp. (1996) pp. 299-302.
8. Y. J. Yong and J. Y. Lee, J. Vac. Sci. Technol. A **15**(12) (1997) pp. 390-393.

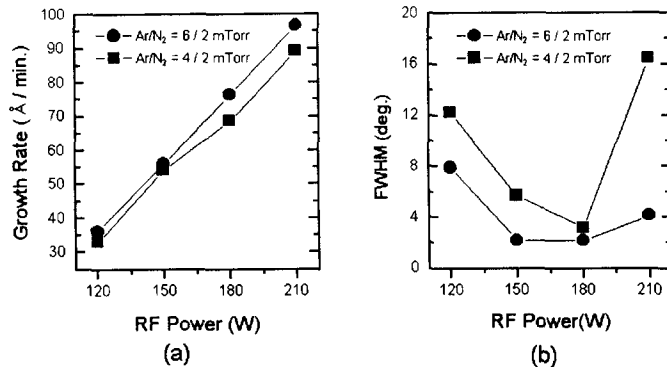


Fig. 1. RF power dependence of (a) growth rate and (b) FWHM of (002) rocking curve of AlN thin films

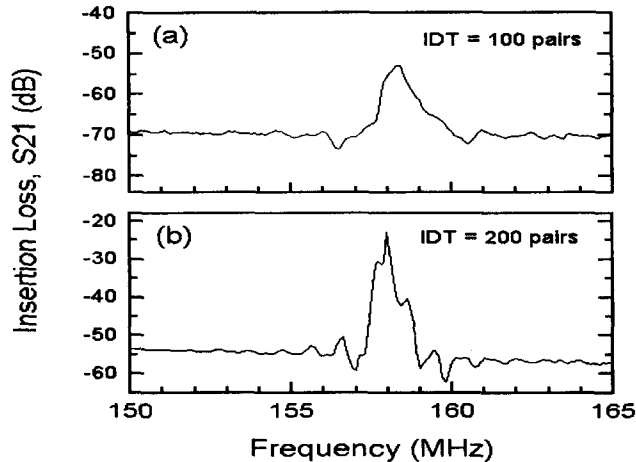


Fig. 2. Frequency responses of SAW filters ($\lambda = 31.2 \mu\text{m}$, beam aperture = $312 \mu\text{m}$). AlN films were deposited at Ar/N₂ = 6/2 mTorr for 240 min., (a) 150 W, and (b) 180 W.