

3C-SiC 완충층을 이용한 AlN 박막의 결정성장

이태원, 정귀상
울산대학교

Crystal growth of AlN thin films on 3C-SiC buffer layer

Tae-Won Lee, Gwi-Sang Chung
Univ. of Ulsan

Abstract : Aluminum nitride (AlN) thin films were deposited on Polycrystalline (poly) 3C-SiC buffer layers using pulsed reactive magnetron sputtering. Characteristics of AlN films were investigated experimentally by means of FE-SEM, X-ray diffraction, and FT-IR, respectively. As a result, highly (002) oriented AlN thin films with almost free residual stress were achieved using 3C-SiC buffer layers. Therefore, AlN thin films grown on 3C-SiC buffer layers can be used for various piezoelectric fields and M/NEMS applications.

Key Words : AlN (aluminum nitride), SiC (Silicon carbide), piezoelectric properties

1. 서 론

AlN (Aluminum Nitride)는 Wurtzite 결정구조를 갖는 III-V족 화합물 반도체로서 넓은 에너지 밴드갭, 높은 열전도도, 높은 전기적 저항, 높은 절연상수, 높은 항복전압, 빠른 표면 탄성파 전파속도를 가지며, 압전특성이 우수하다. 이처럼, 유용한 특성을 가진 AlN 박막은 SOI (Si on insulator) 기판과 고전력 소자에서 절연체로 쓰이며, 표면 탄성파 (SAW: Surface Acoustic Wave) 소자나 체적 탄성파 공진기 (FBAR: Film Bulk Acoustic Resonator), M/ NEMS (Micro/nano electromechanical systems)에 아주 적합하다.

그러나, Si 기판위에 AlN 박막을 증착할 경우, 두 물질간에 격자상수 (19 %)와 열팽창 계수 (17 %)의 차이가 상당히 크므로, 3C-SiC (Silicon carbide) 박막을 완충층으로 사용하였다. 3C-SiC는 AlN와의 격자 비정합 (1 %) 및 열팽창 계수 (7 %)의 차이가 상대적으로 작으면서, 넓은 에너지 밴드갭, 높은 열전도도, 열적·화학적으로 안정된 특성을 가진다. 게다가, 높은 영률을 가지므로 MEMS에서 멤브레인으로 응용되고 있다.

본 연구에서는 펄스 직류 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 AlN 박막을 다결정 3C-SiC 완충층 위에 성장하였다. 증착된 박막의 구조적 특성은 전계방사 주사전자 현미경 (FE-SEM, Field emission scanning electron microscope), X-ray 회절 그리고 FT-IR (Fourier transform infrared spectroscopy)를 이용하여 각각 분석 및 평가하였다.

2. 실험

본 연구에서는 800 nm 두께의 열산화막이 있는 Si기판을 이용하여, (111) 배향성을 가지는 다결정 3C-SiC 박막을 APCVD법으로 증착시켰다. 이때, 증착온도는 1100 °C 였고, 캐리어 가스는 아르곤과 수소가 혼합된 기체, 전구체로서는 HMDS (Hexamethyldisilane: (CH₃)₆Si₂)를 사용하였다. 그 후, 40 kHz 펄스 직류 마그네트론 반응성 스퍼터

링 장비를 이용하여 다결정 AlN 박막을 3C-SiC 완충층위에 증착하였다. 표 1은 AlN 박막 증착시에 사용된 증착조건을 요약한 것이다.

표 1. AlN 박막의 증착 조건

타겟	Aluminum (99.999 %)
기판과 타겟사이 거리	8 cm
초기진공	5×10 ⁻⁷ Torr
인가전력밀도	12.5 W/cm ²
증착압력	3.5×10 ⁻³ Torr
기판온도	Room temperature
가스유량비	Ar:N ₂ =10:1
증착률	800 ~ 850 Å/min

본 연구에서는 FE-SEM (JEOL JSM 6500F), HRXRD (Philips X'Pert Pro-MRD), FT-IR (FTS-2000 Scimitar spectrometer) 를 이용하여 3C-SiC 버퍼층위에 증착된 AlN 박막의 구조적인 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 SiC 버퍼층위에 증착된 3C-SiC 박막의 단면 FE-SEM 이미지이다. 400 nm 두께의 AlN 박막은 기판에 수직 방향으로 성장된 주상형 구조를 가지는 반면, 300 nm 두께의 3C-SiC 박막은 동그런 모양의 그레인들이 적층되어 있는 구조임을 알 수 있다.

그림 2는 AlN/SiC 구조의 XRD와 rocking curve 분석 결과를 나타낸 것이다. XRD 결과에 나타난 3개의 피크 중, 2θ=36.05°의 위상을 가지는 피크는 AlN 박막의 (002) 결정 성장면을 나타내고, 이 피크의 rocking curve를 통하여 FWHM (Full width of half maximum)이 θ=1.3°임이 측정되었다. 그 결과, 다결정 3C-SiC 박막위에 증착된 AlN 박막이

높은 정도의 (002) 배향성과 우수한 압전특성을 가짐을 알 수 있었다. 하지만, $2\theta=49.85, 66.08^\circ$ 에서 관찰된 두 개의 피크는 각각, (102), (103)면의 배향성을 보여주면서 AlN 박막 내부에 결함의 존재를 나타낸다. 그리고 AlN 박막이 높은 전기기계결합계수 (electromechanical factor, k)를 가지지 못함을 의미한다. 하지만, 이러한 결함은 AlN 박막의 두께 조절을 통하여 제거될 수 있다고 알려져있다.

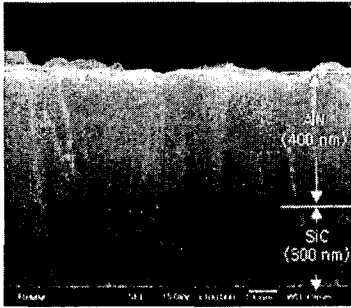


그림 1. 3C-SiC 버퍼층위에 성장된 AlN 박막의 단면 FE-SEM 이미지.

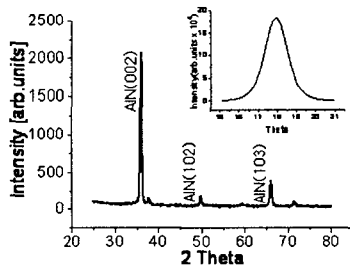


그림 2. AlN/SiC 구조의 XRD 결과와 (002) 면의 rocking curve.

AlN/SiC의 XRD 결과에서 3C-SiC에 관한 피크가 전혀 나타나지 않았다. JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards)에 따르면, AlN 박막에서 (002) 면의 피크와 3C-SiC 박막에서 (111) 면의 피크사이의 위상차는 $2\theta=0.6^\circ$ 에 불과하기 때문이라고 사료된다. 그러나 그림 3의 AlN/SiC 구조에 대한 FT-IR 결과에서 Si와 C의 결합 모드가 810.1 cm^{-1} 에서 보이므로 SiC층의 존재를 확인할 수 있었고, SiO₂층과 관련된 피크가 1095.6 cm^{-1} 에서 나타났다. 이외에 남아있는 두 개의 피크가 $613.4, 671.2\text{ cm}^{-1}$ 에서 관찰되는데 이는 Al과 N의 결합에 의한 Al(TO)와 E1(TO) 모드를 의미한다. Al(TO) 모드는 XRD 결과에서 나타난 AlN 박막내의 결함과 관련이 있다. 그리고 E1(TO) 피크는 (002)면의 결정성을 나타낸다. 이러한 FT-IR 결과는 XRD 분석결과와 일치하였다. 또한, AlN 박막의 FT-IR 분석결과로서 생기는 두 피크의 위치를 이용한 박막 내의 잔류응력 분석결과, 다결정 3C-SiC 박막위에 증착된 AlN 박막의 스트레스가 거의 없는 상태인 양호한 AlN 박막이 증착됨을 확인하였다.

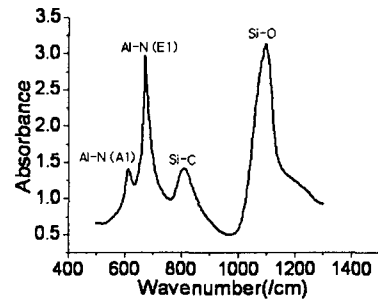


그림 3. AlN/SiC 구조의 FT-IR 분석결과.

4. 결론

본 연구에서는 3C-SiC 버퍼층을 이용하여 M/NEMS용 다결정 AlN 박막을 펄스 직류 반응성 마그네트론 스퍼터링 방식으로 Si 기판위에 증착하였다. 주상형 구조를 가진 AlN 박막이 FE-SEM 이미지를 통하여 관찰되었다. XRD와 FT-IR 분석결과로 부터 3C-SiC 버퍼층을 이용하여 증착된 AlN 박막은 우수한 (002) 배향성을 갖는 반면에, 결함 또한 존재함을 확인하였다. 그러나 두께 조절으로 이러한 문제점은 해결될 것으로 기대된다. 또한, FT-IR 분석으로 스트레스가 거의 없는 AlN 박막이 3C-SiC 버퍼층위에 성장되었음을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 다결정 3C-SiC 버퍼층을 이용하여 Si 기판위에 증착된 다결정 AlN 박막은 압전특성을 이용한 M/NEMS 분야에 유용하게 응용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본연구는 울산대학교 NARC에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] H. P. Loebl, M. Klee, C. Metzmacher, W. Brand, R. Milsom, and P. Lok, Mater. Chem. Phys. vol. 79, pp. 143-146, 2003.
- [2] K. Tonisch, V. Cimalla, Ch. Foerster, H. Romanus, O. Ambacher, and D. Dontsov, Sensors & Actuators A vol. 132, pp. 658-663, 2006.
- [3] 정귀상, 김강산, 정준호, 센서학회지 제 16권, 제 2호, pp. 85-90, 2007.
- [4] F. Martin, P. Murali, M. A. Dubois, and A. Pezous, J. Vac. Sci. Technol. A vol. 22, no. 2, pp. 361-365, 2004.
- [5] E. Iborra, J. Olivares, M. Clement, L. Vergara, A. Sanz-Hervas, J. Sangrador, Sensors & Actuators A vol 115, pp. 501-507, 2004.
- [6] A. Sanz-Hervas, E. Iborra, M. Clement, J. Sangrador, and M. Aguilar, Diamond Relat. Mater. vol. 12, pp. 1186-1189, 2003.