

PFM을 이용한 AlN 박막의 압전특성 분석에 관한 연구

이종택, 김세영, 신현창, 송준태
성균관대학교 정보통신공학부

A study for piezoelectric properties analysis of the AlN thin film by using PFM

Jong-taek Lee, Se-young Kim, Hyeon-chang Shin, Jun-tae Song
Sungkyunkwan Univ.

Abstract : Aluminium nitride thin film was deposited on Au electrode and Si substrate by radio frequency sputtering system. X-ray diffraction (XRD) was utilized to identify the AlN phase, and Atomic Force Microscope (AFM) was used to obtain the images of surface morphology and roughness value of AlN thin film. The result of XRD and AFM measurement showed that the AlN thin film has strong c-axis orientation and smooth surface. In order to investigate piezoelectric response and polarization properties along to the direction of electric field, PFM (Piezoresponse Force Microscope) system was used, and the images of piezoelectric response due to switching of polarization was observed by PFM

Key Words : AlN, Piezoelectric response, Polarization, PFM

1. 서론

최근 휴대용 정보 통신 산업의 비약적인 발전으로 기가 (Giga)급 주파수대역에서의 동작 특성이 우수한 전자 부품에 대한 요구가 증가하면서 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 III-V족 화합물반도체로서 육방정계 (Hexagonal) Wurtzite 결정 구조를 가지는 AlN (Aluminium nitride)는 높은 열전도성과 전기 절연성, 낮은 유전상수 및 유전손실, 양호한 압전 특성, 실리콘과 비슷한 열팽창계수 등과 같은 특성을 가지고 있어 이를 이용한 SAW (Surface Acoustic Wave) 필터나, FBAR (Film Bulk Acoustic Wave Resonator) 장치와 같은 전자부품으로의 수요증대가 크게 기대되고 있다[1-3]. 이 같은 장점을 이용하여 특성이 좋은 소자를 제작하기 위해서는 AlN 박막의 증착방법의 개선을 위한 연구 뿐 아니라 제작된 박막에 대한 특성분석 또한 중요한 요소이다. 특히 SPM (Scanning Probe Microscope) 장비를 기본으로 구성된 PFM (Piezoresponse Force Microscope) 장비를 이용한 박막의 압전특성 분석이 점차 확대되고 있다. PFM은 압전분극 특성을 이미지로 구현할 수 있는 장비로서, PFM 탐침을 상부전극으로 사용할 경우, 나노미터 크기의 영역에 대한 도메인 스위칭 현상을 이미지로 표현할 수 있다. 하지만 대부분의 연구가 압전박막의 대표격인 PZT 박막의 분석에 집중되어 있어 PFM을 이용한 AlN의 압전 특성분석이 필요한 실정이다[4]. 따라서 본 연구에서는 최근 통신소자용으로 급부상하고 있는 AlN 박막을 RF-스퍼터를 이용하여 제작하였고, PFM 장비를 이용하여 분극 동작을 이미지화하여 압전현상을 연구하였다.

2. 실험

본 연구에 사용된 AlN 박막은 RF-스퍼터 장비를 사용하여 실리콘 기판 위에 하부전극으로서 Au를 사용하여 AlN/Au(111)/Si₃N₄(100)/Si의 구조로 제작하였다. AlN박막의 상세한 제작 조건을 표 1에 나타내었다.

표 1. AlN 박막 제작 조건

Parameter	Condition
Sputtering Method	RF Sputtering
Target	Al
Power	300W
Substrate Temperature	300 ℃
Ar : N ₂ Ratio	1 : 1
Substrate Structure	Au(111)/Si ₃ N ₄ (100)/ Si(100) wafer
Working Pressure	3.0x10 ⁻³ torr

제작된 AlN 박막의 증착 정도와 C축 방향으로의 결정성을 확인하기 위해 X선 회절분석기 (XRD, Bruker Discover D8, 40kV, 40mA)를 사용하여 측정하였다. 그리고 SPM을 기본으로 한 AFM (Atomic Force Microscope, SII Inc. SPA-300HV)장비를 사용하여 AlN 박막의 표면 거칠기와 입자상태를 확인하였고, Lock-in-Ampilfier(Stanford Research System SR830)와 PFM (SII Inc. SPA-300HV)을 이용하여 AlN 박막의 압전분극 특성을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 Si 기판위에 증착한 AlN 박막의 X선 회절 패턴을 나타낸다. 하부전극인 Au(111)는 2θ 각도가 38.253°

에서 높게 나타났고, AlN peak은 36.014° 에서만 나타나 다른 방향 Peak이 없이 C축 (002) 방향으로 양호하게 성장되었다는 것을 알 수 있다. 특히 C축 방향에 대한 결정 성장 정도에 따라 Z축 방향으로의 압전 분극의 크기에 영향을 미치므로 본 연구에서 중요한 인자로 볼 수 있다.

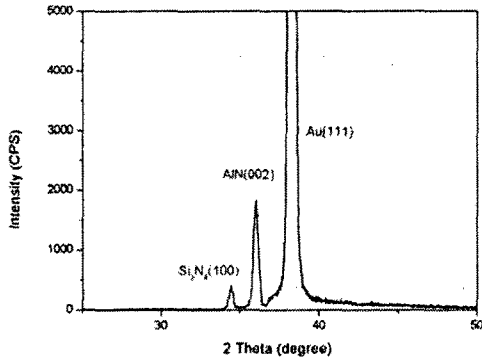


그림 1. AlN 박막의 X 선 회절 패턴

그림 2는 AFM를 사용하여 AlN 박막의 표면을 측정된 결과이다. 가로 및 세로방향의 5 μm x 5 μm 크기의 영역에서 분석한 결과 거칠기가 0.64 nm로 비교적 평탄한 값이 측정되었다.

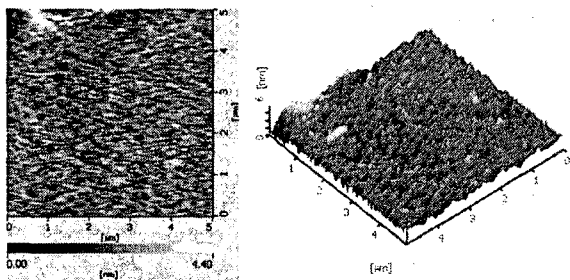


그림 2. AFM으로 측정된 AlN 박막의 표면 이미지

그림 3은 PFM을 이용하여 전체 5 μm x 5 μm 크기의 영역에 대해, 탐침과 하부 Au 전극사이에 +10 V의 DC 바이어스를 가한 후 중앙의 2 μm x 2 μm 영역에 대해 반대 전압인 DC -10 V의 전압을 가한 후의 분극 이미지를 나타내고 있다. 특히 역바이어스를 가한 영역은 그림과 같이 중앙의 밝은 부분으로 나타났는데, 이것은 이 영역이 역바이어스 전압으로 반전된 AlN 박막의 분극의 방향과 크기를 나타내고 있다.

그림 4는 그림 3과는 반대로 PFM을 이용하여 전체 영역에 대해 탐침과 하부 Au 전극 사이에 -10 V의 DC 바이어스를 가한 후 중앙의 2 μm x 2 μm 영역에 대해 반대 전압인 DC +10 V의 전압을 가한 후의 분극 이미지를 나타내고 있다. 본 그림처럼 그림 3과는 반대로 어두운 영역을 나타내었는데, 이 결과로서 본 AlN 박막이 상하부 전극에 가한 전계의 방향에 따라 압전분극의 방향과 크기가 제어될 수 있다는 것을 나타내고 있다.

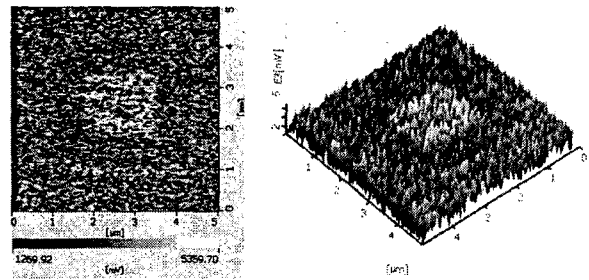


그림 3. PFM으로 측정된 AlN 박막의 압전응답 이미지 (+10 V의 DC 바이어스 -> -10 V DC 바이어스)

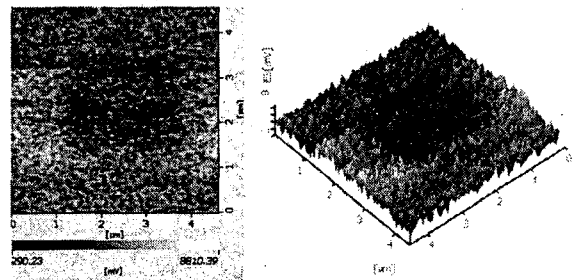


그림 4. PFM으로 측정된 AlN 박막의 압전응답 이미지 (-10 V의 DC 바이어스 -> +10 V DC 바이어스)

4. 결론

RF-스퍼터를 사용하여 Si 기판위에 증착된 AlN 박막에 대해 XRD를 이용하여 C축 방향으로 양호하게 성장되었다는 것을 확인하였고, AFM을 통해 표면입자의 상태와 거칠기를 계산한 결과, 비교적 평탄한 표면을 나타내었다. 또한 PFM을 이용하여 AlN 박막을 중심으로 탐침과 하부 전극 사이에 DC 바이어스 전압을 가하고 전압의 방향을 변화시킨 결과, 가한 전계(Electric field)의 방향에 따른 AlN 박막의 압전분극의 상태 변화를 이미지로 관찰할 수 있었다.

감사의 글

이 논문 또는 저서는 2008년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2008-313-D00328)

참고 문헌

- [1] M.Benetti, D.Cannata, F. Di Pierantonio, E. Verona, A. Generosi, B. Paci, V. Rossi Albertint, Thin Solid Film Vol. 497, pp.304-308, 2006.
- [2] C. Cibert, M. Chatras, C. Champeaux, D. Cros, A. Catherinot Applied Surface Science, Vol. 253, pp. 8151-8154, 2007.
- [3] Xiao-Hong Xu, Hai-Shun Wu, Cong-Jie Zhang, Zhi-Hao Jin, Thin Solid Films 388, pp.62-67, 2001.