

The characterization of AlN thin films grown on GaAs(100) substrate

GaAs(100) 기판위에 성장된 AlN 박막의 특성

Sung Hoon Chung*, Young Ho Kim, Bok Sik Song, Dong Chan Moon
Department of Electronic Materials Engineering, Kwangwoon University

정성훈*, 김영호, 송복식, 문동찬
광운대학교 전자재료공학과

Seon Tai Kim
Department of Materials Engineering, Taejon National University of Technology

김선태
대전산업대학교 재료공학과

ABSTRACT

AlN thin films were prepared using by RF sputtering method on the GaAs(100) substrate and investigated by X-ray diffractometer, IR spectroscopy, n&k system. The parameters were the substrate temperature, RF power, sputtering duration and the N₂/Ar ratio. The AlN thin films of (101) orientation were obtained under the conditions of room temperature and the nitrogen of 60 vol.%. The crystallinity of the films, which were grown respectively under the different conditions, were determined by the comparison of the band width of an E₁[TO:680cm⁻¹] phonon mode. The thicknesses of AlN films were decreased dramatically in the region of the nitrogen of 40~60 vol.% according to the increment of the N₂/Ar ratio by which the sputter yield got lower.

AlN 는 wurzite 구조를 지닌 III족 질화물 중 실온에서 6.2eV의 가장 큰 에너지 갭을 지닌 반도체로서⁽¹⁾ 소자의 절연막으로 사용할 수 있으며 전기적으로 14kV/mm의 고유전강도와 함께 6×10⁵cm/s의 높은 탄성파속을 갖고 있으므로 탄성 표면파 소자 재료로 적용되고 있다. 고온에서의 열전도성, 무독성 및 구조적 안정성 때문에 소자의 보호막으로 응용이 가능하나 화합물 반도체 소자에 적용하기 위해서는 저온에서의 제작방법이 고안되어야 한다. AlN 박막의 제작방법으로는 MPCVD⁽²⁾, MOCVD⁽³⁾, PLD⁽⁴⁾ 방법등이 있으나, 고온이 필요하고 3차원 성장에 의한 불균일한 표면층의 발생등으로 인해 요구되는 박막 제작에 어려움이 있다. 이런 점에서 상온에서 양질의 박막 제작이 가능한 스퍼터링 방법이 주목을 받고 있다.

본 실험에서는 GaAs(100) 기판위에 기판온도, 고주파 출력, 스퍼터링 시간, 질소 비율 등을 변화시켜 AlN박막을 제작한 후 결정성, 광학적 특성을 조사하여 스퍼터 방법에 의한 상온에서의 최적제작조건을 도출하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험

2-1 박막 제작

본 실험에서는 고주파 스퍼터링 장치 (ANELVA, SPF-210B)를 사용하여 AlN박막을 제작하였다. 99.99% 순도의 디스크형 Al 타겟(직경:10cm)을 사용하였고 방진가스로서 99.999%의 아르곤 및 질소가스를 사용하였다. 기판으로는 GaAs(100) 웨이퍼를 사용하였다. 기판은 박막제작전 Trichloroethylene, Acetone, Iso-propanol, 증류수로 세척하였고 증류수와 불산이 1:1 혼합된 용매로 표면을 에칭하였다. 스퍼터링을 하기 위하여 진공조 내부를 5×10^{-7} Torr 까지 배기한 후에 고순도의 아르곤 가스를 5×10^{-4} Torr 가 되도록 주입하였다. RF power를 인가하여 플라즈마 상태를 유지하면서 총 압력이 3×10^{-2} Torr가 유지되도록 배기구를 조정된 후에 스퍼터링을 행하였다. 박막 형성 전에 기판과 타겟사이에 셔터를 위치시킨 상태에서 2시간 30분동안 아르곤 가스로 Al 타겟표면을 플라즈마 에칭하여 불순물과 산화막을 제거하였다. 플라즈마에 의해 기판의 온도가 상승하므로 타겟이면과 기판 받침대 내부에 냉각수를 순환시켜 30°C이하를 유지하였다.

2-2 특성 분석

X선 회절법으로 AlN 박막의 결정방향

성과 결정성을 조사하였고 전자현미경으로 표면을 관찰하였으며 자외선 투과율로 에너지갭을 얻었다. n&k분석기(n&k Technology, Inc)를 사용하여 190~900nm 영역의 반사도를 연속 측정하여 박막의 굴절률, 소광계수를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

기판온도가 증가함에 따라 AlN 박막의 결정은 방향성이 없어지며 특히 200°C 이상에서는 산소오염에 의한 박막의 산화가 진행되었다. 그림 1에 기판온도에 따른 X선 회절도를 나타내었다. 80W 이상의 고주파 출력조건에서 AlN(101)의 단일 결정방향이 관찰되었으며 출력이 증가함에 따라 결정성이 향상되는 것을 알 수 있었고, 120W 이상에서는 회절선의 변화가 없었다. 그림 2에 고주파 출력에

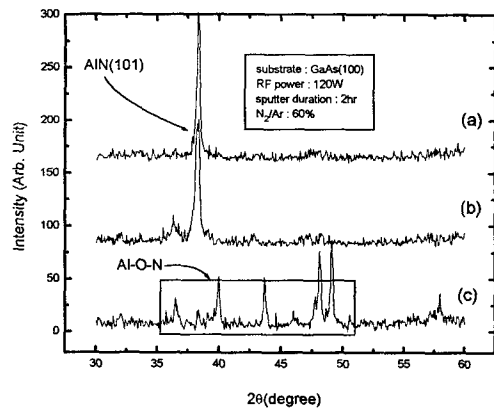


그림 1. 기판온도에 대한 X선 회절도의 변화: (a) 상온 (b) 100°C (c) 200°C

Fig. 1 Dependence of X-ray diffraction patterns on the substrate temperature : (a) room temperature (b) 100°C (c) 200°C

따른 X선 회절도의 변화를 나타내었다. 출력에 따른 증착율의 변화는 선형적인 비례경향을 보였으며 100~120W 부근에서 약간 포화되었는데 이는 이온에너지 증가에 따른 스퍼터 수율의 전형적인 포화현상에 기인하는 것으로 사료된다. 각 출력조건에서 제작된 시편의 자외선 투과율에 의해 얻어진 평균 흡수

표 1. 실험 조건

TARGET	99.99% Al
SUBSTRATE	GaAs(100)
SUBSTRATE TEMPERATURE	30 ~ 300°C
BASE PRESSURE	6×10^{-7} Torr
TOTAL PRESSURE	3×10^{-2} Torr
RF POWER	40~140W
APPLIED VOLTAGE	1.1~1.8kV
N ₂ /Ar	0% ~ 100%
TARGET ETCHING	2.5 hr
SPUTTERING DURATION	0.5 ~ 7hr

계수의 광자에너지에 대한 변화를 그림 3에 나타내었다. 곡선의 X축에 대한 외삽값 즉 에너지 갭이 출력에 비례함을 알 수 있다.

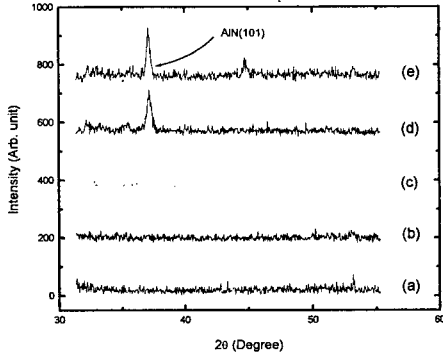


그림 2. RF power 에 대한 X선 회절도의 변화: (a) 40W (b) 60W (c) 80W (d) 100W (e) 120W

Fig. 2 Dependence of X-ray diffraction patterns on the RF power : (a) 40W (b) 60W (c) 80W (d) 100W (e) 120W

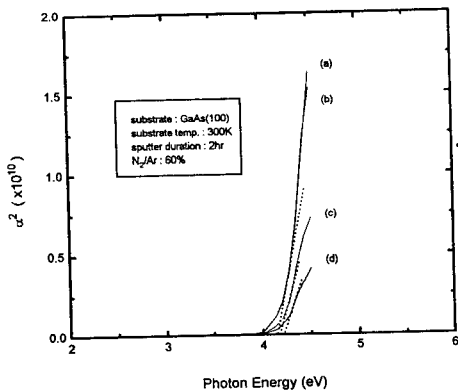


그림 3. Photon energy에 대한 흡수계수 (α^2)의 변화

Fig. 3 Dependence of the absorption coefficient(α^2) on the photon energy

사진 1에서는 스퍼터링시간의 증가에 따라 결정입도가 현저하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 스퍼터링 초기에 기판표면에 핵을 형성하며 증착이 진행됨에 따라 핵을 중심으로 크기가 증가하여 다결정막을 형성하는데 이 과정에서 그림 4(b)에서와 같이 3차원적으로 결정립이 성장하게 되어 그림 4(a)와

선형적으로 증착율이 증가하게 된다. X선 회

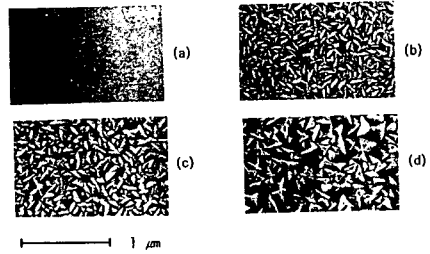


사진 1. sputtering 시간에 대한 표면의 변화(기판 : GaAs(100), 기판온도 : 상온, RF power : 120W, N₂/Ar : 60%) : (a) 0.5시간 b) 2시간 (c) 3시간 (d) 7시간
Photo. 1 Dependence of the surface morphology on the sputtering durations : (substrate : GaAs(100), substrate temperature : 300K, RF power : 100W, sputtering : 1hr) :

(a) 0.5hr (b) 2hr (c) 3hr (d) 7hr

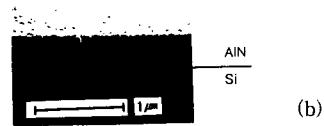
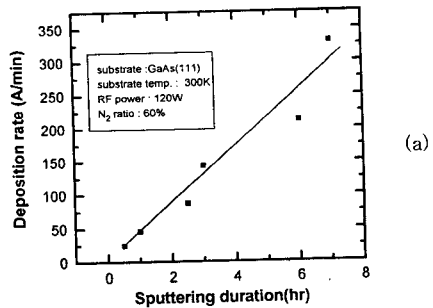


그림 4. sputtering 시간에 대한 증착율의 변화

Fig. 4 Dependence of the deposition rate on the sputtering durations

결을 통해 결정립의 방향은 모두 일치하나 시간증가에 따라 방향성이 향상됨을 알 수 있었다. 측정된 반사도는 시간에 반비례하는

경향을 보이므로 반사도와 유전상수 및 에너지갭의 관계⁽⁶⁾에 의해 에너지갭이 감소함을 알 수 있었다. 이는 두께 증가에 따라 스퍼터링법에 의해 제작된 전형적인 AlN 박막의 에너지갭 5.5~5.8eV⁽¹⁾와 차이가 커지는 경향을 나타내는 것으로 결정질의 저하를 의미한다. 이는 적외선 분광의 밴드폭이 증가하는 것으로도 확인할 수 있다.

그림 5에서는 질소비율에 따라 두께는 감소하는 경향을 보인다. 특히 40~60%의 영역에서 급속한 감소를 보인다. AlN 박막은 타겟표면에 AlN 층을 형성된 후, 기판에 형성되기 때문에 질소비율이 낮은 경우(<40%), 타겟에 질화막이 형성되기 전에 높은 수율을

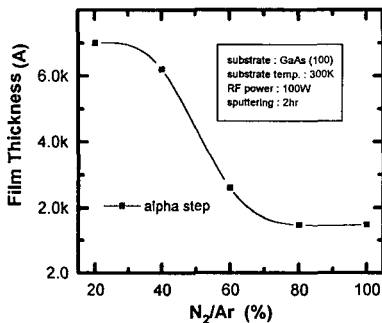


그림 5. 질소비율에 대한 박막두께의 변화

Fig. 5 Dependence of the film thickness on the N₂/Ar ratios

지닌 Ar 이온에 의해 Al이 스퍼터되므로 기판에 형성되는 막의 두께값은 상대적으로 커지게 되며, 40~60%영역에서는 질소 질화막의 형성속도가 비율에 따라 크게 변화하다가 그 이상에서는 일정하게 안정되는 경향을 보이게 되므로 박막두께와 증착율이 동일 값을 갖게 된다. 그러므로 이 영역(60~100%)에서 화학양론적으로 안정한 AlN 박막을 얻을 수 있다.

4. 결론

· 고주파 스퍼터링 방법에 의해 AlN(101)/GaAs(100)의 박막을 제작하였다

· 결정성은 기판온도와 스퍼터링 시간에 반비례하였으며 증착율은 RF power, sputtering 시간에 비례하였다.

· 질소비율 40~60% 이상에서 AlN 박막이 형성되었다.

· 박막의 에너지갭은 RF power, 질소비율에 비례하였으며 제작된 박막의 굴절율은 1.8~2.2 이었다.

· 상온에서의 최적제작조건은 RF power 120W, 질소비율 60%, 증착시간 2hr 이었다

· 상온에서 제작된 AlN 박막은 GaAs 소자의 passivation film에 적용이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol. B, Vol. 10(4), pp. 1237 Jul/Aug (1992)
- [2] Yoshihiro SOMONO, Makoto SASAKI and Toshio HIRAI, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 30, No4, pp. 790 (1991)
- [3] J.Chaudhuri and R.Thokala, J.H.Edgar, B.S.Sywe, J. Appl. Phys. Vol. 77(12), pp. 6263 (1995)
- [4] R.D.Vispute, J.Narayan, Hong Wu, and K.Jagannadham, J. Appl. Phys. Vol. 77(9), pp.4724 (1995)
- [5] J.Szczrybowski, Thin Solid Films, Vol. 130, pp.57 (1985)