

FBAR용 AlN/Al/SiO₂/Si 박막의 결정학적 특성에 관한 연구

김건희, 금민중, 최형욱, 김경환
 강원대학교 전기 정보 공학과

A study on the crystallographic properties of AlN/Al/SiO₂/Si thin film for FBAR

G.H.Kim, M.J.Keum, H.W.Choi, K.H.Kim
 Gyeongwon Univ.

Abstract

AlN/Al/SiO₂/Si thin films for application to FBAR(Film Bulk Acoustic Resonator) devices were prepared by FTS(Facing Targets sputtering system) apparatus which provides a stable discharge at low gas pressures and can deposit high quality thin films because of the substrate located apart from the plasma. The AlN thin films were deposited on a SiO₂(1 μ m)/Si(100) substrate using an Al bottom electrode. The process parameters were fixed such as sputtering power of 200W, working pressures of 1mTorr and AlN thin film thickness of 800nm, respectively and crystallographic characteristics of AlN thin films were investigated as a function of N₂ gas flow rate[N₂/(N₂+Ar)]. Thickness of AlN thin films were measured by α -step, the crystallographic characteristics and c-axis preferred orientation were evaluated by XRD.

Key Words : AlN, FBAR, FTS, c-axis preferred orientation

1. 서론

AlN 압전박막은 wurzite hexagonal 구조의 III-V족 질화물 반도체로서 실온에서 6.2 eV의 넓은 에너지 갭을 가지며 높은 탄성과 속도와 고온에서도 화학적으로 안정하며 열전도성 또한 뛰어나 많은 분야에서 응용되어지고 있다[1,2].

또한 AlN 압전박막은 탄성과속도가 크고 온도 안정성이 우수하며, 고주파대역에서 전파손실이 작기 때문에 GHz 대역의 필터에 응용하기 위한 연구가 활발히 진행중이다[3]. 현재 AlN 압전박막은 CVD법과 스퍼터법을 이용하여 많이 제작되어지고 있다[4]. 그러나 CVD법의 경우에는 박막의 제작시 고온이 필요한 단점으로 인해 낮은 온도에서도 AlN 박막을 제작할 수 있는 반응성 스퍼터법이 널리 사용되어지고 있다[5].

따라서 본 연구에서는 낮은 가스 압력과 실온에서도 양질의 AlN 압전박막의 제작이 가능한 대향타겟식 스퍼터링 방법을 사용하여[6,7], 질소 가스 유량비가 AlN 압전박막의 결정학적 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

2. 실험

본 실험에서는 그림 1과 같은 대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 AlN 압전박막을 제작하였다.

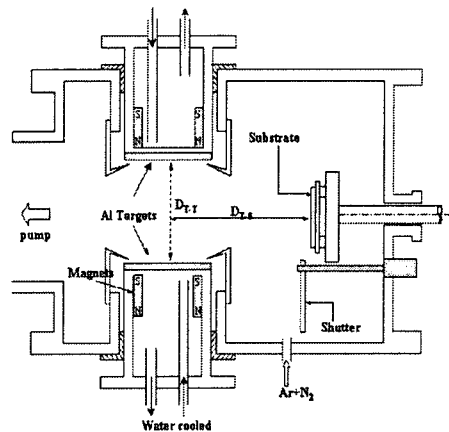


그림 1 대향타겟식 스퍼터 개략도.

Fig. 1. Schematic diagram of Facing targets

sputtering apparatus.

표 1. 스퍼터링 조건.

Table 1. Sputtering conditions.

Deposition Parameters	Conditions
Targets	Al(4N)
Substrate	α -slide glass, SiO ₂ (1 μ m)/Si(100)
target-target distance	100mm
target-substrate distance	100mm
background pressure	3.0 \times 10 ⁻⁶ Torr
working pressure	1mTorr
N ₂ gas flow rate [N ₂ /(N ₂ +Ar)]	1.0~0.3
sputtering power	200W
Film thickness(AIN)	800nm
electrode thickness(Al)	200nm

대향타겟식 스퍼터링장치는 타겟을 음극, 쉘드링과 챔버는 접지 전위로하고 타겟의 뒷면에는 영구자석을 장착하여 스퍼터링시 발생하는 2차전자를 플라즈마 내에 구속한 상태에서 박막 증착을 하는 장치이다. 기판은 plasma-free 위치인 타겟간 중간에 위치시키게 된다. 따라서 스퍼터링시 발생하는 2차 전자에 의한 기판의 손상을 최소화시킬 수 있으며, 또한 2차 전자의 왕복운동으로 인해 가스의 이온화가 촉진되어 낮은 가스압에서도 압전막의 증착이 가능한 장점을 가지고 있다. 본 실험에서는 직경 100mm의 Al(4N) 금속 타겟을 사용하여, α -slide glass와 SiO₂(1 μ m)/Si(100) 기판위에 각각 증착하였다. background pressure는 3.0 \times 10⁻⁶Torr로 배기한 후, 반응가스로 질소와 아르곤 혼합가스를 주입하였다. 표 1에 나타난 증착 조건으로, Al 전극 200nm, AIN 압전막 800nm을 증착하였으며, 그에 따른 질소 가스유량비([N₂/(N₂+Ar)])에 따른 결정학적 특성에 대하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 질소가스 유량비에 따른 AIN 박막의 증착율

그림 2는 질소 유량비에 따른 AIN/glass 압전막의 증착율의 변화를 나타낸 것이다. 질소 가스

유량비 0.3 이하부터는 플라즈마 상태에서 반응성 가스인 질소의 비율이 낮고, 증착율이 큰 아르곤의 양이 많아진다. 이 상태에서 제작된 박막의 비저항 측정 결과 10⁻³[$\Omega \cdot$ cm] 이하의 값을 가지는 Al과 AIN의 금속성 막이 증착 되었다. 질소 가스 유량비 0.4와 0.5에서는 증착율이 급격한 감소를 한 후 0.6에서부터는 어느 정도 일정한 증착율을 유지하는 것을 볼 수 있다.

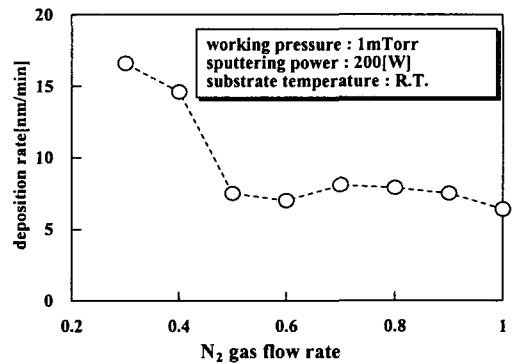


그림 2. 질소 유량비에 따른 AIN의 증착율의 변화.

Fig 2. Variation of the deposition rate on N₂ gas flow rate.

또한 질소 가스 유량비 0.4와 0.5에서 제작되어진 박막의 비저항을 조사해본 결과 각각 10³[$\Omega \cdot$ cm]과 10⁴[$\Omega \cdot$ cm]의 비저항을 갖는 박막이 증착되었다. 이 또한 압전박막으로는 적합하지 않은 비저항 값이다.

3.2 질소가스 유량비에 따른 AIN 박막의 결정학적 특성

그림 3, 4는 α -slide glass와 SiO₂/Si의 기판상에 AIN 박막의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. SiO₂/Si의 기판을 사용한 경우에는 기판 peak를 제외하였다. 그림 3에 나타난 바와 같이 질소 가스 유량비 0.7과 0.8에서 제작된 AIN/glass 박막의 2 θ peak가 가장 높게 나타났다. 그러나 SiO₂/Si의 기판을 사용한 경우에는 질소 가스 유량비 0.6과 0.7에서 가장 높았으며 가스 유량비 0.8에서는 glass 기판에 비해 작은 피크를 보이고 있다.

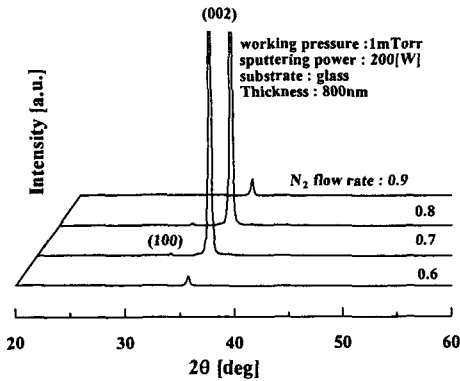


그림 3. 질소 유량비에 따른 AlN/glass 압전박막의 XRD 패턴.
 Fig. 3. XRD patterns of AlN/glass thin film with N₂ gas flow rate.

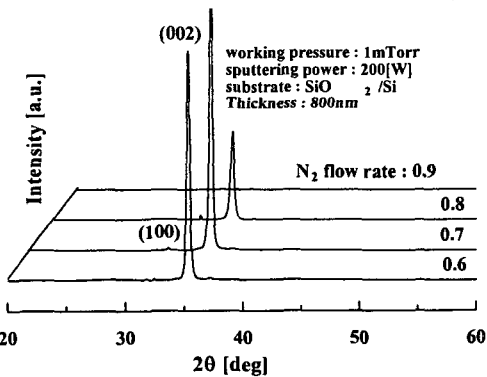


그림 4. 질소 유량비에 따른 AlN/SiO₂/Si 압전박막의 XRD 패턴.
 Fig. 4. XRD patterns of AlN/SiO₂/Si thin film with N₂ gas flow rate.

그림 5는 질소 가스 유량비에 따른 AlN 박막의 c-축 우선배향성을 나타낸 그림이다. 2θ peak와 마찬가지로 기판 종류와 상관없이 가스 유량비 0.7에서 가장 낮은 c-축 우선배향성($\Delta\theta_{50}$)을 나타내었으며 전반적으로 SiO₂/Si의 기판을 사용한 경우 c-축 우선배향성이($\Delta\theta_{50}$) 낮은 값을 나타내었다. 따라서 SiO₂/Si의 기판이 AlN 박막의 결정 성장을 보다 양호하게 한다는 것을 알 수 있었다.

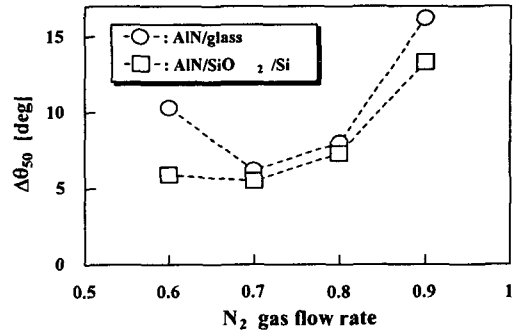


그림 5. 질소 유량비에 따른 $\Delta\theta_{50}$ 의 변화.
 Fig. 5. Variation of the $\Delta\theta_{50}$ of AlN thin film on glass, SiO₂/Si substrate with N₂ gas flow rate.

상기의 결과들은 AlN 압전막을 제작함에 있어 기판의 영향보다, 가스 유량비의 영향이 보다 더 우세함을 나타낸 것이다. 그러나 질소 유량비 0.8과 0.7에서는 가장 큰 2θ peak 관찰되어지며, (100)면 회절 peak 또한 관찰되어진다. 이 (100)면 회절 peak는 질소 유량비 0.6일 때 (100)면으로의 성장을 다소 억제시킬 수 있었다. 따라서 FBAR의 응용을 위해서는 질소 유량비 0.7과 0.6중에서 전기기계적 결합계수가 우수한 박막을 선택하여야겠으며, 이를 위해 좀더 연구가 필요로 하겠다.

그림 6과 7은 각각 α-slide glass와 SiO₂/Si 기판 상에 Al 전극 200nm를 증착한 후 질소 가스 유량비에 따라 X-ray 회절패턴을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 Al 전극 상에 AlN 압전박막을 증착함으로써, XRD 패턴은 0.7에서 가장 강한 회절이 일어나는 것은 AlN/substrate의 경우와 동일하지만 peak의 상대적인 크기는 크게 감소하였다. 또한 AlN/glass 일 때, 질소 가스 유량비 0.8과 0.7에서 볼 수 있었던 (100)면은 나타나지 않고 (101)면의 회절 peak가 나타났으며, SiO₂/Si 기판의 경우에는 (100)면의 회절 peak가 관찰되었다. 그러나 그림 6과 7에 나타난 회절 peak는 하부 전극 Al을 사용하지 않은 경우 보다 크게 감소함을 알 수 있다. 이는 Al-layer에 의해 AlN 압전 박막의 결정 성장이 영향을 받았기 때문으로 사료된다.

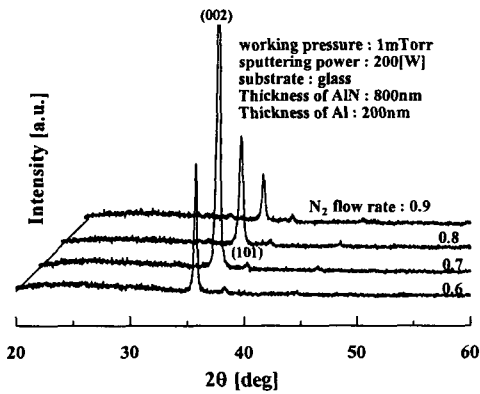


그림 6. 질소 가스 유량비에 따른 AlN/Al/glass 박막의 XRD 패턴.

Fig. 6.. XRD patterns of AlN/Al/glass with N₂ gas flow rate.

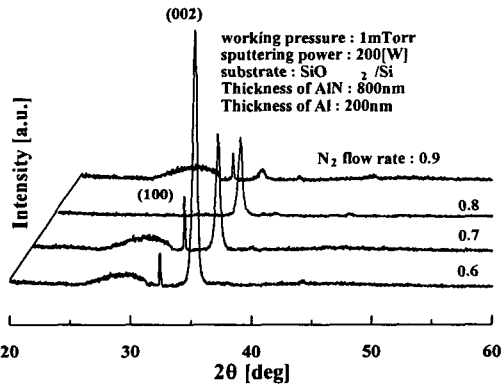


그림 7. 질소 가스 유량비에 따른 AlN/Al/SiO₂/Si 박막의 XRD 패턴.

Fig. 7. XRD patterns of AlN/Al/SiO₂/Si thin film with N₂ gas flow rate.

4. 결론

본 연구에서는 FBAR 적용을 위한 AlN 박막을 질소 유량비에 따라 실온에서 제작하였다. 질소 유량비를 조정함으로써 5° 정도의 c-축 우선 배향성을 갖는 AlN 압전박막의 제작이 가능하였다. 그러나 Al 전극 상에 압전막을 증착하였을 때에는 하부 layer에 (Al 전극) 의해 AlN 압전 박막의 결정 성장이 영향을 받아 결정성이 오히려 나빠지는 것을 확인하였다. 따라서 AlN 압전 박막의 하부 전

극으로 사용되는 Al 전극 의존성에 대한 연구가 좀더 필요로 한 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구 결과로 수행되었음

참고 문헌

- [1] S. Strite and H Morkoc. "GaN, AlN and InN A Review". J. Vac. Sci. Technol. B. Vol. 10(4), pp1237, Jul/Aug 1992
- [2] S.H. Chung, Y.H. Kim, D.C. Moon and S.T. Kim. "Preparation and Characterization of AlN thin films by RF sputtering method" KIEEME. Vol. 10 No. 7. pp706-712. 1997.8
- [3] H.P. Loel, M. Klee, C. Metzmacher, W. Brand, R. Milson, P.Lok "Piezoelectric thin AlN films for bulk acoustic wave resonators" Materials chemistry and Physics 79 (2003) 143-146
- [4] X.-D. Wang, W. Jiang, M.G. Norton and K.W. Hipps. "Morphology and orientation of nanocrystalline AlN thin films" Thin solid Films, Vol 251, 121-126 (1994)
- [5] Hiroshi Okano, Naoki Tanaka, Y.Hirao, Y. Kobayashi, K. Sshibata and S. Nakano "Preparation of c-axis oriented AlN thin films by low temperature reactive sputtering". Jpn. Appl. Phys, Vol. 33. pp7018, 1986
- [6] 김경환, 금민중, 손인환, 전기전자재료학회 논문지 Vol. 11, No. 5, pp.418~422
- [7] 김경환, 금민중, 손인환, 전기전자재료학회 논문지 Vol. 13, No. 5, p444~450