

필터용 AlN 압전 박막의 제작

금민종 · 김영철* · 서화일** · 김경환†

†경원대학교 전기정보공학과, 한국기술교육대학교, *신소재공학과, **정보기술공학부

Preparation of AlN piezoelectric thin film for filters

Min Jong Keum, Yeong Cheol Kim*, Hwa Il Seo** and Kyung Hwan Kim†

†Dept. Electrical & Information Eng. Kyungwon University, Kyunggi, 461-701, KOREA

*Dept. Materials Engineering, **School of Information Technology, Korea University of Technology and Education, Chungnam, 330-708, KOREA

ABSTRACT

AlN thin films were prepared on amorphous glass and SiO₂(1 μm)/Si(100) substrate by the facing targets sputtering (FTS) apparatus, which can provide high density plasma, a high deposition rate at a low working gas pressure. The AlN thin films were deposited at a different nitrogen gas flow rate (1.0~0.3) and other sputtering parameters were fixed such as sputtering power of 200W, working pressures of 1mTorr and AlN thin film thickness of 800 nm, respectively. The thickness and crystallographic characteristics of AlN thin films as a function of N₂ gas flow rate [N₂/(N₂+Ar)] were measured by α-step and an X-ray diffraction (XRD) instrument. And the c-axis preferred orientations were evaluated by rocking curve. In the results, we could prepared the AlN thin film with c-axis preferred orientation of about 5° on substrate temperature R.T. at nitrogen gas flow rate 0.7.

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

1. 서 론

AlN 압전 박막은 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 응용되고 있다[1,2].

또한 AlN 압전 박막은 탄성과속도가 크고 온도안정성이 우수하며, 고주파대역에서 전파손실이 작기 때문에 GHz 대역의 필터인 SAW(Surface Acoustic Wave) Filter 및 FBAR(Film Bulk Acoustic Resonance) 소자에 응용하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다[3]. 이러한 AlN 압전박막은 CVD법과 스퍼터법을 이용하여 많이 제작되고 있지만[4, 5] CVD 법의 경우에는 AlN 박막 제작 시 고온이 필요한 단점으로 인해 현재는 낮은 온

도에서도 AlN 박막을 제작할 수 있는 반응성 마그네트론 스퍼터법이 널리 사용되고 있다.

그러나 통상의 반응성 마그네트론 스퍼터법은 타겟과 기판의 위치가 서로 마주보고 있는 상태에서 AlN 박막이 증착되는 구조이다. 이러한 기판과 타겟이 마주보고 있는 마그네트론 스퍼터 장치에서의 박막 증착은 타겟에서 발생하는 γ-전자(타겟 뒷면의 자극 중심부 영역에서 발생되어 자기력선에 구속되지 않는)나 중성의 반발 Ar 입자들이 높은 에너지를 가진 채 기판으로 이동하게 된다. 이때 발생하는 고에너지 입자들과 기판과의 충돌에 의해 AlN 박막의 손상이 발생된다.

따라서 본 연구에서는 박막 증착시 높은 에너지를 갖는 입자들의 기판 충돌을 최대한 억제할 수 있으며 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.

†E-mail : khkim@kyungwon.ac.kr

2. 실험

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

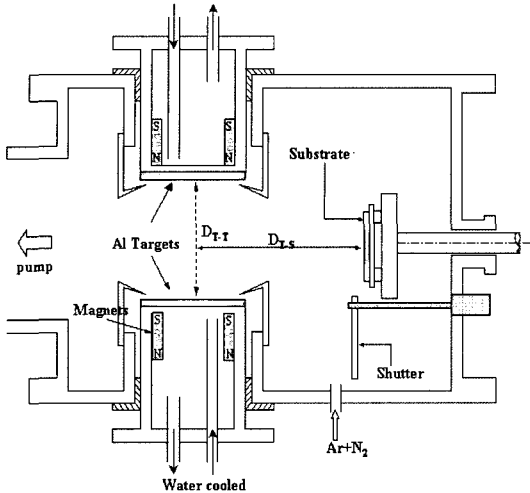


Fig. 1. Schematic diagram of Facing targets sputtering apparatus.

대향타겟식 스퍼터링 장치는 타겟을 음극, 쉴딩과 챔버는 접지 전위로 하고 타겟의 뒷면에는 영구자석을 장착하여 스퍼터링시 발생하는 2차전자를 양 타겟 사이에서 발생하는 플라즈마 내에 구속한 상태에서 박막 증착을 하는 장치이다.

기판은 plasma-free 위치인 타겟 중심축에서 이격된 곳에 있게 된다. 따라서 스퍼터링시 발생하는 γ -전자는

양 타겟 사이 전 영역에 걸쳐 형성된 자계에 의해 구속되어 기판으로 이동하는 γ -전자를 최대한 억제할 수 있어 기판의 손상을 최소화시킬 수 있으며, 동시에 구속된 γ -전자는 음전위가 인가된 양 타겟 사이를 왕복 운동하여 가스의 이온화를 촉진시켜 낮은 가스압력에서도 고속의 AlN 압전 박막의 증착이 가능한 특징을 가지고 있다.

본 실험에서는 직경 100mm의 Al(4N) 금속 타겟을 사용하여, α -slide glass와 $\text{SiO}_2(1 \mu\text{m})/\text{Si}(100)$ 기판위에 각각 증착하였다. 초기 챔버 압력은 2.0×10^{-6} Torr로 배기 한 후, 반응가스로 질소와 아르곤 혼합가스를 주입하였다. 표 1에 나타난 바와 같이 질소 가스 유량비 ($[\text{N}_2/(\text{N}_2+\text{Ar})]$)에 따라 AlN 박막을 제작하였으며 박막의 두께는 800[nm]을 고정하였다.

증착된 AlN 박막의 두께는 Tencor사의 α -step을 이용하여 측정하였으며, 결정성과 c-축 배향성을 알아보기 위해 XRD(X-ray diffractometer)를 사용하여 2θ 와 rocking curve를 이용 $\Delta\theta_{50}$ 을 조사하였다. 박막의 c-축 우선 배향 정도($\Delta\theta_{50}$)는 X-Ray의 입사 각도와 goniometer의 각도를 (0002)면의 회절각으로 고정시킨 후 $0\sim 35^\circ$ 범위에서 측정하여 구하였다. 이 $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 작을수록 기판면에 특정 결정축의 수직한 정도(c-축 우선 배향성)가 우수함을 나타낸다

3. 결과 및 고찰

3.1. 질소 가스 유량비에 따른 AlN 박막의 증착율

그림 2는 질소 유량비에 따른 AlN/glass 압전박막의 증착율의 변화를 나타낸 것이다. 질소 가스 유량비 0.3

Table 1. Growth conditions of AlN thin film.

Deposition Parameters	Conditions
Targets	Al(4N)
Substrate	α -slide glass, $\text{SiO}_2(1 \mu\text{m})/\text{Si}(100)$
D_{T-T} (target-target distance)	100 mm
D_{T-S} (target-substrate distance)	100 mm
background pressure	2.0×10^{-6} Torr
working pressure	1 mTorr
N_2 gas flow rate = $\frac{\text{N}_2 \text{ sccm}}{\text{N}_2 \text{ sccm} + \text{Ar sccm}}$	1.0~0.3
sputtering power	200 W
Film thickness(AlN)	800 nm

이하부터는 플라즈마 상태에서 반응성 가스인 질소의 비율이 낮고, 증착율이 큰 아르곤의 양이 많아진다. 이 상태에서 제작된 박막의 비저항 측정 결과 $10^{-3}[\Omega \cdot \text{cm}]$ 이하의 값을 가지는 Al과 AlN의 금속성 막이 증착되었다.

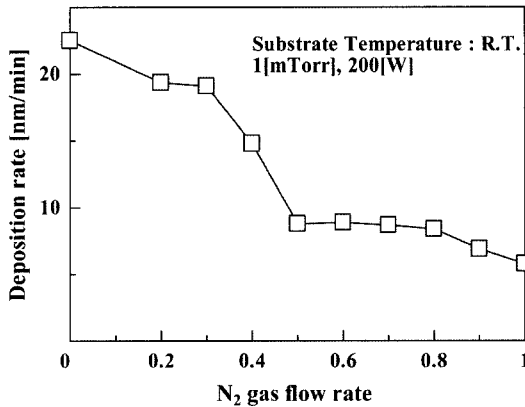


Fig. 2. Deposition rate of AlN thin film with N₂ gas flow rate.

질소 가스 유량비 0.4와 0.5 에서는 증착율이 급격히 감소를 한 후 0.6에서부터는 어느 정도 일정한 증착율을 유지하는 것을 볼 수 있다. 또한 질소 가스 유량비 0.4와 0.5에서 제작된 박막의 비저항을 조사해본 결과 각각 $10^3[\Omega \cdot \text{cm}]$ 과 $10^4[\Omega \cdot \text{cm}]$ 의 비저항을 갖는 박막이 증착되었다. 이 또한 압전 박막으로는 적합하지 않은 비저항 값이다.

3.2. 질소 가스 유량비 및 기판 종류에 따른 AlN 박막의 결정학적 특성

그림 3, 4는 α -slide glass와 SiO₂/Si의 기판상에 AlN 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 AlN/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 5는 질소 가스 유량비에 따른 AlN 박막의 c-축 우선배향성을 나타낸 그림이다. 그림 3과 4에 나타난 XRD 패턴에서 나타난 바와 같이 질소 가스 유량비 0.7에서 가장 낮은 c-축 우선배향성($\Delta\theta_{50}$)을 나타내었으며 전반적으로 glass 기판보다 SiO₂/Si 기판을 사용한 경우, 낮은 $\Delta\theta_{50}$ 값을 나타내었다. 따라서 SiO₂/Si의

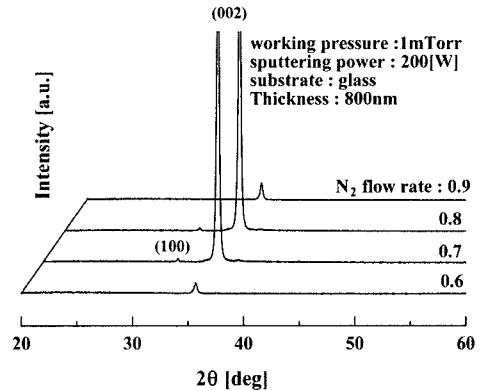


Fig. 3. XRD patterns of AlN/glass thin film with N₂ gas flow rate.

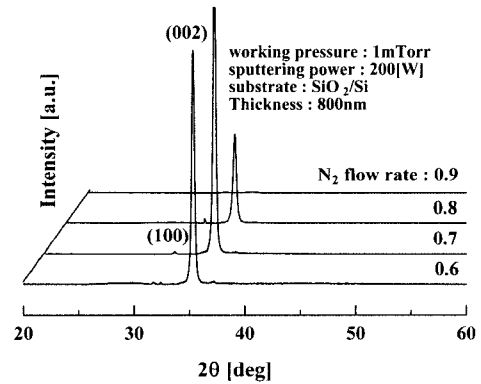


Fig. 4. XRD patterns of AlN/ SiO₂/Si thin film with N₂ gas flow rate.

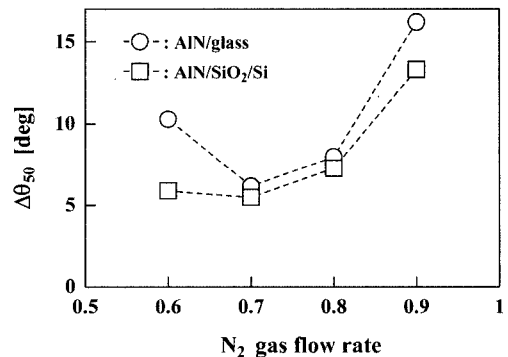


Fig. 5. Variation of the $\Delta\theta_{50}$ of AlN thin film on glass, SiO₂/Si substrate with N₂ gas flow rate.

기판이 AlN 박막의 결정 성장을 보다 양호하게 한다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 질소 가스 유량비에 따른 AlN 박막을 실온에서 증착 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 질소 가스 유량비에 따른 AlN 박막의 증착율은 유입되는 질소 가스량이 증가 할수록 감소하였으며, 0-0.4의 질소 가스 유량비에서는 AlN 박막의 저항이 압전 박막으로써 사용하기에는 매우 낮은 값인 $10^{-3}[\Omega \cdot \text{cm}]$ 이하의 값을 나타내었다. 이는 AlN 박막 내의 Al 원자의 수가 질소 원자보다 상대적으로 많기 때문으로 생각된다. 그러나 0.5 이상의 가스 유량비에서는 수 $[M\Omega \cdot \text{cm}]$ 이상의 저항 값을 나타내었으며 증착율은 각각의 가스 유량비에서 유사한 값을 나타내었다. 또한 결정성의 경우에는 질소 가스 유량비 0.7에서 가장 우수한 특성을 나타내었으며 c-축 우선 배향성 역시 질소 가스 유량비 0.7에서 가장 우수한 값을 갖는 AlN 박막을 제작할 수 있었다. 특히 SiO_2/Si 기판을 사용하여 제작된 AlN 박막의 c-축 우선 배향성은 약 5° 를 나타내었다. 따라서 대향타겟식 스퍼터링법은 AlN 박막의 실온 제작에 매우 적합한 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Strite, S. and Morkoc, H., "GaN, AlN and InN A Review". J. Vac. Sci. Technol. B. Vol. 10, No. 4, p1237, 1992.
2. Chung, S. H., Kim, Y. H., Moon, D. C., and Kim, S. T., "Preparation and Characterization of AlN thin films by RF sputtering method", KIEEME. Vol. 10, No. 7, pp.706-712, 1997.
3. Loel, H. P., Klee, M., Metzmacher, C., Brand, W., Milson, R., and Lok, P., "Piezoelectric thin AlN films for bulk acoustic wave resonators" Materials chemistry and Physics 79, pp.143-146, 2003.
4. Wang, X. D., Jiang, W., Norton, M. G. and Hipps, K. W., "Morphology and orientation of nanocrystalline AlN thin films", Thin solid Films, Vol. 251, pp.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. p.7018, 1986.
6. 김경환, 금민중, 손인환, 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 11, No. 5, pp.418-422, 1998.
7. 김경환, 금민중, 손인환, 한국전기전자재료학회논문지, Vol. 13, No. 5, pp.444-450, 2000.