대향타겟식 스퍼터링법을 이용한 AlN 박막의 제작

금민종*, 추순남**, 최명규**, 이원식**, 김경환*

*경원대학교 전기정보공학과
**경원전문대학 전기제어시스템

초록

The AlN/Al thin films were prepared at various conditions, such as N_2 gas flow rate [N_2/(N_2+Ar)] from 0.6 to 0.9, a substrate temperature ranging from room temperature to 300℃ and working pressure 1mTorr. We estimated crystallographic characteristics and c-axis preferred orientations of AlN/Al thin films as function of Al electrode surface roughness. The optimal processing conditions for Al electrode were found at substrate temperature of 300℃, sputtering power of 100W and a working pressure of 2mTorr. In these conditions, we obtained the c-axis preferred orientation of AlN/Al/SiO_2/Si thin film about 4 degree.

1. 서론

AlN 은 Ⅲ-Ⅴ족 화합물의 반도체로서 화학적으로 안정되어 있으며 높은 용융점과 열전도율 때문에 최근 많은 관심을 보이고 있는 기능성 재료중의 하나이다. AlN 박막은 Wurtzite hexagonal 형태의 기본 구조를 가지고 있고 비교적 빠른 음향 속도(10400m/s), 뛰어난 열전도성(3.2 W/mK), 큰 전기 기계적 결합계수와 에너지 밴드갭 등의 이유로 음향파 필터 소자(SAW, FBAR)등의 응용에 적합하다[1,2,3].

본 실험에서는 Al 금속 전극위에 AlN 압전박막을 FTS 장치를 이용하여 증착하였다. Al 금속 하부 전극의 표면 거칠기는 AFM 을 사용하여 측정하였고, AlN 압전 물질의 질소 유량비 및 기판 온도에 따른 c-axis 우선 배향성의 변화는 XRD 를 사용하여 살펴 보았다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 그림 1 과 같은 FTS 장치를 사용하였다. 대향 타겟식 스퍼터링 장치는 타겟을 음극으로, 쉴드링과 챔버는 양극으로 하고 타겟의 뒷면에는 영구자석을 장착하여 타겟으로 부터 생성되는 2 차 전자를 플라즈마 내에 구속하며, 기판은 plasma-free 위치인 타겟간 중간에 위치시키게 된다. 따라서 스퍼터링이 일어날 때 생기는 2 차 전자에 의한 기판의 손상을 최소화

시킬 수 있으며, 2 차 전자의 왕복 운동으로 인해 가스의 이온화가 촉진되어 낮은 가스압에서도 압전막의 증착이 가능한 장점을 가지고 있다[4].

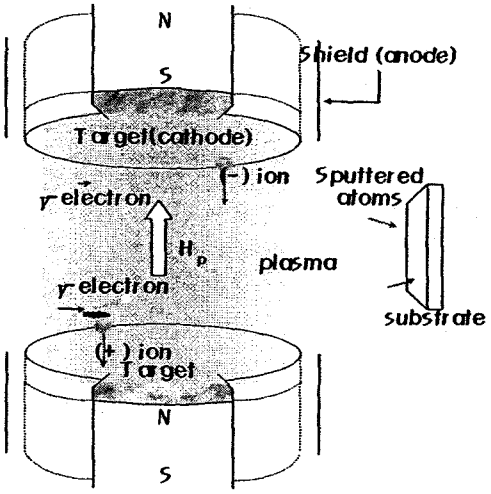

그림 1. FTS 개략도

표 1. AZO 박막 제작 조건

Deposition Parameters		Conditions
Targets		Al(99.99%)
Substrate		SiO_2(1 ㎛)/Si(100)
target-target distance		100[mm]
target-substrate distance		100[mm]
background pressure		3.0×10^{-6}mTorr
working pressure		1[mTorr]
sputtering power		100, 200[Watt]
Thickness	AlN	800[nm]
	Al	200[nm]

본 실험에서의 AlN/Al 박막의 증착조건은 다음 표 1 에 나타내었으며 기판 세척은 DI water-IPA-Acetone-IPA 순으로 초음파세척기를 사용하였고, 질소 송풍 건조를 하였다. AlN 박막 증착에 앞서 pre-sputtering 을 10-30 분간 진행하여 타겟의 불순물들을 제거하였다. 제작된 박막의 두께는 α-step (Tencor)을, 구조적 특성은 XRD (Rigaku) thin film attachment 를 사용하여 알아보았다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 2 는 AlN/SiO_2/Si 압전막의 X-ray 회절 패턴을 나타내었다. 질소 가스 유량비 0.7 과 0.6 에서 (002) 방향으로 회절 피크가 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 질소 가스 유량비가 감소함에 따라 증가하는 Ar 가스의 증가로 스퍼터 되는 입자의 에너지가 증가하여 나타나는 현상으로 이해 할 수 있다. 질소가스 유량비 0.5 이하에서는 압전막으로서는 적합치 않은 비저항 10^5Ω·㎝의 값이 나왔다. 그림 3 은 기판온도, 작업 압력, 전력등을 변화 시켜 증착 된 Al 금속 하부 전극의 표면 거칠기의 변화를 나타낸 것이다.

그림 3 에서 알 수 있듯이 가장 부드러운 표면 거칠기를 나타낸 Al 하부 전극의 증착 조건은 기판 온도 100℃, 투입 전력 100W, 작업 압력 2mTorr 에서 제작된 것이다. 그림 4 는 기판온도 300℃에서 몇 가지 조건하에서 제작한 Al 금속 전극 위에 질소가스 유량비 0.6 으로 증착한 AlN 압전막의 X-ray 회절 패턴을 나타내었다. 그림에 나타난 바와 같이 Al 하부 전극 제작 조건에

따라 상부 AlN 박막의 회절 피크가 변하는 것은 Al 박막 제작 조건 변화에 따라 Al 박막의 표면 형상이나 결정성이 변화되어 상부 AlN 박막의 결정성에 영향을 미치기 때문으로 생각된다. 그림 5 에서 보듯이 2mTorr, 100W 에서 제작된 Al 금속 전극위에 증착한 AlN 의 회절 피크가 가장 강하게 나오는 것을 알 수 있다. 이는 Al 금속전극의 표면 거칠기가 상부 AlN 압전막의 우선 배향성에 영향을 미치는 것을 알 수 있게 해준다.

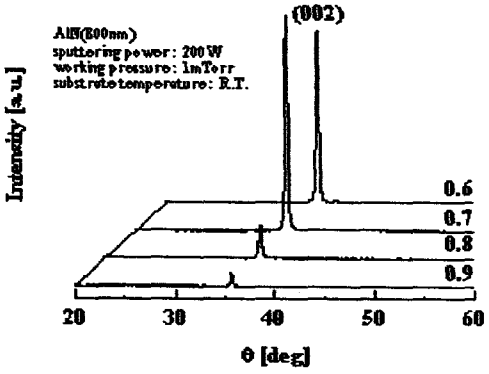

그림 2. SiO_2/Si 기판위에 증착되어진 AlN 의 X-ray 회절 패턴

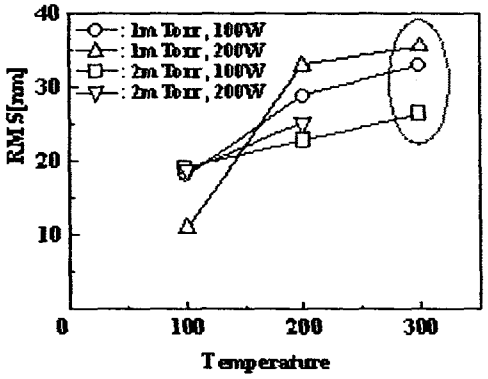

그림 3. Al 하부전극의 표면 거칠기의 변화

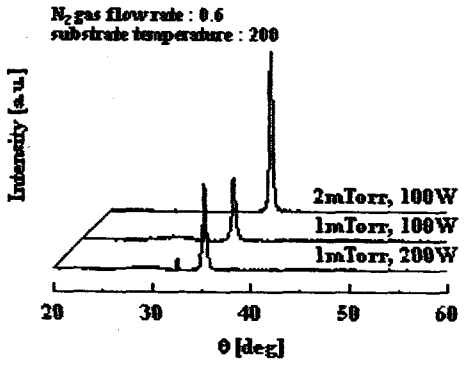

그림 4. Al 금속전극의 제작 조건에 따른 X-ray 회절 패턴

그림 5 와 6 은 기판온도 300℃, 2mTorr, 100W 의 조건에서 제작된 Al 금속 전극위에 AlN 증착시 질소가스 유량비와 기판온도에 따른 X-ray 회절 패턴을 나타내고 있다. 그림 5 와 6 에서 알 수 있듯이 강한 (002)면으로의 우선 배향성을 가진 AlN/Al 박막은 각각 질소 가스 유량비 0.6, 기판온도 200℃에서 제작할 수 있었으며 그 값은 약 4° 의 값을 가졌다. 우리는 AlN 압전박막의 결정성에 기판의 온도보다는 질소 가스 유량비의 의존성이 더욱 크며, 또한 하부전극의 표면 거칠기에 결정적인 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 이는 타겟으로 부터 스퍼터 된 원자들의

에너지와 하부층의 표면 거칠기가 AlN 압전박막의 c-axis 우선 배향성에 결정적 역할을 한다는 것을 보다 명확하게 해준다.

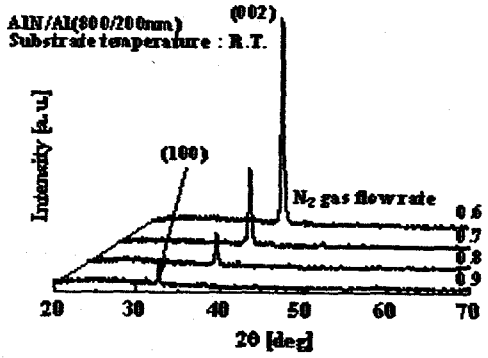

그림 5. 기판온도 실온에서의 질소가스 유량비에 따른 AlN/Al 막의 XRD 패턴

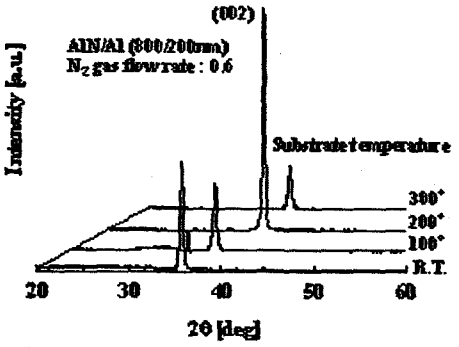

그림 6. 질소 가스 유량비 0.6 에서 기판온도에 따른 AlN/Al 막의 XRD 패턴

4. 결론

DC 전원을 사용한 FTS 장치가 AlN/Al/SiO2/Si 박막의 증착에 적합하다는 것을 알 수 있었다. 질소 가스 유량비, 기판온도, 하부 전극의 표면 거칠기가 막의 c-axis 우선 배향성에 기여한는 것을 알아보았으며, AlN 압전막의 품질을 개선하였다. 가장 이상적인 증착 조건으로는 기판온도 300℃, 작업압력 2mTorr, 투입전력 100Watt 에서 제작된 Al 하부 전극위에 질소 가스 유량비 0.6, 기판온도 200℃에서 제작된 AlN 압전막의 c-axis 우선 배향성이 약 4° 의 값으로 가장 우수한 값을 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] Krishnaswamy. S.V., Film bulk acoustic wave resonator technology, Ultrasonic Symposium, p.529, 1990

[2] Ruby. R., Micromachined cellular filters IEEE MTT-S International, p.1149, (1996).

[3] S. Strite and H. Morkoc. Gan, AlN and InN A Review. J. Vac. Sci. Techol. B. Vol.10 10(4) pp1237, Jul/Aug 1992.

[4] K.H. Kim Thin film properties by facing targets sputtering system Applied Surface Science 169-170 (2001) 410-414.