

Presputtering 공정변수에 따른 AlN 박막의 c축 배향특성  
The C-Axis Preferred Orientation Characteristic of AlN Thin Film as  
Sputtering parameter of Presputtering

박영순\*, 김덕규\*\*, 소병문\*\*\*, 박춘배§  
(Young-Soon Park\*, Deok-Kyu Kim\*\*, Byung-Moon So\*\*\*, Choon-Bae Park§)

Abstract

Reactive radio frequency (RF)magnetron sputter has been used to deposit AlN thin film on a Si substrate. (002)Preferred orientation of AlN thin film has been obtained at low sputtering pressure and high N<sub>2</sub> concentration. Also it has been shown that properties of AlN thin film are affected by presputtering time. As presputtering time increased aluminum and nitride concentration of AlN thin film decreased. But oxygen concentration and grain size increased. The good preferred orientation was shown with the short presputtering time.

**Key Words(중요용어)** : AlN thin film(질화알루미늄 박막), Presputtering time(예비 스퍼터링 시간) , preferred orientation(우선 배향성), Compressive stress(압축응력)

1. 서 론

AlN<sup>[1]</sup>은 넓은 밴드갭(6.2eV), 높은 전기전도도, 그리고 열 및 화학적 안정성과 우수한 압전특성을 지닌 높은 표면과 속도 때문에 표면과 소자<sup>[2]</sup>, 자외선 스펙트럼 소자 및 다기능 박막 소자 제작에 있어서 매우 유망한 재료이다. 일반적으로 박막의 압전특성은 결정의 배향성에 의존하기 때문에 우수한 특성을 지니는 소자의 제작을 위해서 사용되는 박막 압전기판은 우수한 결정 배향특성을 나타내어야 한다. 이

러한 특성을 지닌 AlN 박막은 현재 정보통신 소자의 소형 경량화 및 사용주파수의 고주파화 경향에 부합하기 때문에 활발하게 연구가 진행되고 있다. 일반적인 AlN 박막은 CVD(Chemical Vapor Deposition)에 의하여 성장되나 이러한 성장법은 높은 온도에서 증착되어 지기 때문에 평탄한 표면의 AlN 박막을 얻기가 힘들다. 이러한 단점을 보완한 것이 보통 300℃이하의 낮은 기판온도에서 AlN 박막을 증착하는 Sputtering법이다. Sputtering법에 의하여 증착된 다결정 박막이 표면탄성과 소자에 이용되기 위해서는 증착된 AlN 박막의 C축이 기판에 대하여 수직인 방향으로 증착되어야 단결정 AlN 박막과 유사한 압전특성을 얻을 수 있다. 표면 탄성과 소자의 제작에 있어서 탄성파의 에너지가 표면으로부터 한 파장 이내에 대부분 존재하므로 기판의 특성이 AlN 박막의 배향특성에 영향을 미치기 때문에 적절한 기판의 선택은 우수한 배향특성을 가지는

\*: 원광대학교 대학원 전자재료공학과  
익산시 신용동 원광대학교 전자세라믹연구소,  
Fax: 063-850-6348  
E-mail:yspark@gaebyok.wonkwang.ac.kr  
\*\* :광전자 연구소  
\*\*\*:익산대학교 전기과 교수  
§: 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수

AlN 박막의 증착에 중요한 요소이다. 본 실험에서는 현재 회로의 집적화 경향에 부합하기 위해 p-type Si(100)기판을 사용하였다.

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 AlN 박막을 증착 하였으며, 챔버 내부의 초기잔류가스를 감소시키는 방안의 하나로서 Sputtering 공정변수 중 Presputtering 시간을 변화 시키가면서 증착된 박막의 압전 특성의 정도를 나타내는 c축 배향성과 내부응력 변화 및 내부 불순물(C, O)의 변화량을 측정하였다.

## 2.. 실험 방법 및 순서

AlN 박막은 반응성 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 p-type Si(100)기판 위에 증착 하였다. 박막을 증착 하기 전에 기판의 유기물 제거를 위해 아세톤, 에탄올, 탈이온 증류수에서 각각 20분씩 초음파 세척 한 후 건조 시켜 챔버 내부에 장착하였다. 사용된 타겟은 지름이 2[in], 순도가 99.999[%]인 Al(CERAC, USA)였으며, Al과 Si기판사이의 거리는 8cm로 고정하고 그 사이에 셔터를 장착하여 초기 스퍼터링시 기판에 박막이 증착 되는 것을 방지하였다. 본 실험을 위한 AlN박막 증착 조건의 변화는 다음의 표1과 같다.

표1. AlN박막의 증착 조건

Table 1. Deposition Condition of AlN thin

|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| RF Power (W)                  | 150 -210               |
| sputtering pressure(mTorr)    | 3 - 5                  |
| Ar(sccm)                      | 0 - 12                 |
| N <sub>2</sub> (sccm)         | 0 - 12                 |
| substrate-target distance(cm) | 8                      |
| substrate temperature         | Room temperature - 250 |
| Base pressure(mTorr)          | 5×10 <sup>-6</sup>     |
| Presputtering time (min)      | 10 - 180               |

AlN 박막을 증착하기 전에 알루미늄타겟 표면의

산화막과 불순물을 제거하기 위해서 100[W]에서 10분간 Presputtering 하였다. 그리고 선택된 Ar, N<sub>2</sub>의 부분압 및 주어진 RF Power에서 플라즈마의 안정화를 위해서 20분간 일정하게 유지시킨 후에 셔터를 열고 30분간 증착 하였다. 최적의 증착 조건이 확립된 후 Presputtering 시간을 10, 40, 80, 120, 180분으로 변화시켜 후 위와 같은 조건에서 2시간 동안 증착 하였다. 증착된 AlN 박막의 Presputtering 시간에 따른 C축배향성, 우선배향성의 변화 및 표면형상의 관찰을 위해서 XRD(RIGAKU, D/MAX-2500), SEM(HITACHI, S-4100)측정을 행하였다. 또한 Presputtering 시간에 따른 박막내부의 화학종의 정량적 변화는 EPMA(CAMECA SX-50)분석을 통해 이루어 졌다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 1 은 질소분압 60 %, 기판온도 250 °C, 증착압력 3.5 mTorr로 일정하게 유지시킨 후 RF Power를 150 - 210[W]로 변화 시켰을 때 각각의 RF Power에 대한 증착율을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 Power의 증가에 따른 Sputtering 수율의 증대로 증착율은 거의 선형적으로 증가되고 있는 것을 보여준다.

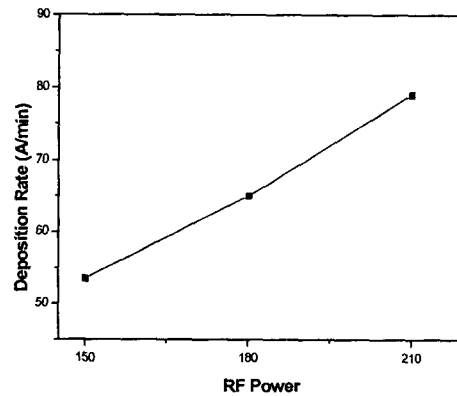


그림 1. RF Power에 따른 증착율의 변화

Fig1. Variation of Deposition Rate with RF Power

그림 2 는 RF Power 180 [W], 기판온도 250°C, 질소분압 60%에서 각각의 압력에 따른 XRD 패턴을 나타낸 것이다. 우선 배향성을 가지는 AlN 박막은

보통 낮은 증착 압력에서 증착 된다.. 본 실험에서는 증착 압력이 낮아질수록 XRD 패턴의 강도가 강해지며 FWHM의 폭이 작아 지는 경향을 나타내었으며

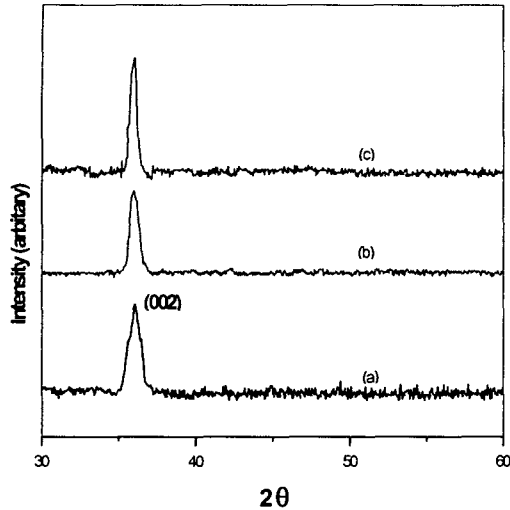


그림 2. 압력에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴  
Fig 2. XRD pattern of AlN thin film as a function of sputtering pressure(mTorr). (a) 5 (b) 3.5 (c) 3.2mtorr

이러한 것은 박막의 우선 배향성이 증대되었다는 것을 의미한다. 낮은 압력에서는 스퍼터 된 원자들은 기판에 도달하기 전에 보다 적은 충돌을 하기 때문에 기판에 도달한 원자들은 충분한 운동에너지를 가지고 있어서 에너지 적으로 안정한 (002) 면으로 이동할 수 있기 때문에 결정의 배향성이 향상된다. 그림 3 은 질소 분압에 따른 박막 내부의 (002) 면간의 거리를 나타낸 것이다. 그림에서 2.490Å은 AlN 파우더의 (002) 면간의 기준거리이다. 그림에서 보여지는 것처럼 질소분압이 증가됨에 (002) 면간의 거리가 증가되는 것을 알 수 있다. 이것은 AlN 박막내부의 응력이 압축응력으로 변화하고 있다는 것을 의미한다. 다른 스퍼터 공정변수는 일정하고 단지 질소분압 만 바뀐 경우 이러한 결과가 나타난 이유는 OES<sup>[3]</sup>(Optical Emission Spectroscopy)분석을 통해서 명확하게 설명되어진다. 질소분압이 증가하는 경우에 플라즈마 내에서 변화하는 화학종은 주로  $N^{2+}$  이다. 즉 질소분압이 증가함에 따라  $N^{2+}$  이온의 양이 증가하게 되고 증가된  $N^{2+}$  이온들 중에 많은 이온들이 기판에 도달하여 박막 내부의 응력을 압축 응력으로 변이 시킨다. 그림 4는 Presputtering 시간 변

화에 따른 AlN 박막의 표면을 SEM으로 관찰한 것을 나타낸 것이다. Presputtering<sup>[4]</sup> 시간이 증가됨에 따라 입자의 크기가 증가되는 것을 관찰 할 수 있다.

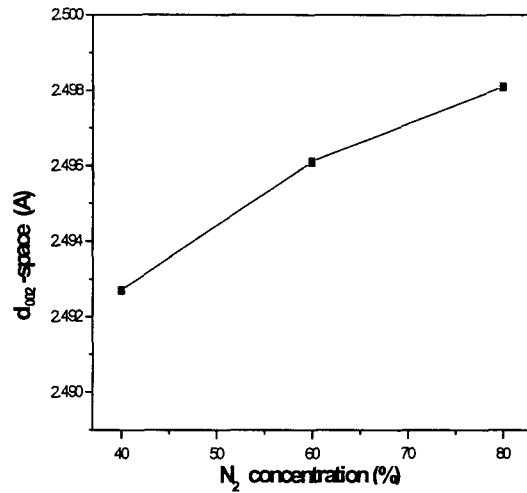
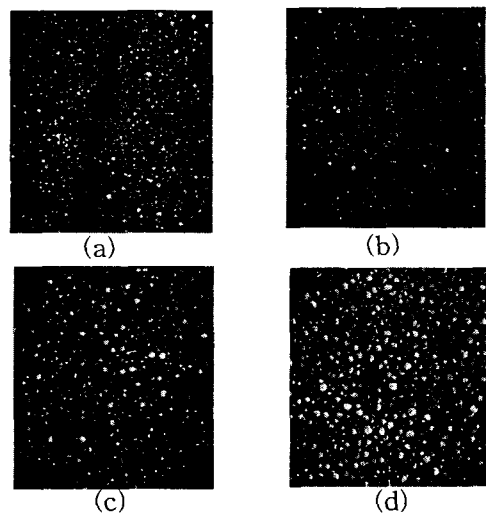
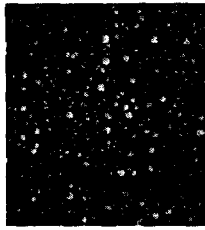


그림 3. 질소분압에 따른 (002) 면간의 거리  
Fig 3. Variation of interplanar space for (002) plane with different N<sub>2</sub> concentration

높은 스퍼터링 압력에서는 핵생성 밀도가 커져서 입자의 크기가 커지는 경향이 있으나 본 실험에서 압력이 일정하기 때문에 그러한 원인으로는 생각할 수 없다. 따라서 Presputtering 시간이 증가됨에 입자의 크기가 커지는 것은 과량의 스퍼터된 Al 원자의 영향이라고 사료된다.





(e)

그림 4. Presputtering 시간 변화에 따른 SEM 사진 (a) 10 (b)40 (c)80 (d)120 (e)180(min)  
Fig 4. SEM micrographs as a function of Presputtering time (a) 10 (b)40 (c)80 (d)120 (e)180(min)

그림 5는 Presputtering 시간의 변화에 따른 AlN 박막내부의 각각의 원소의 변화량을 나타내 것이다. 그림에서 보여지는 것과 같이 Al원소의 양은 변이는 적지만 N원소의 원소는 크게 변화하고 있으며 이러한 변화에 의해서 불순물의 양이 증가되는 경향이 보여지며 이것은 위에 관찰한 SEM 이미지와 어느

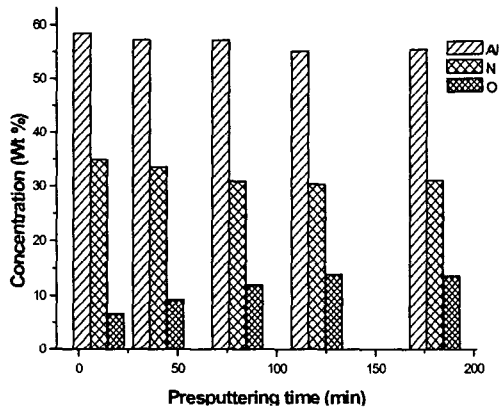


그림 5. Presputtering 시간 변화에 따른 AlN 박막내부의 원소의 변화량  
Fig 5. The Variation of Elements in the AlN thin films as a function of Presputtering time

정도 일치하는 결과이다. 그러나 Presputtering 시간의 증가에 따른 질소 및 산소 양의 증가에 관한 현상은 조금 더 연구되어야 할 것 같다. 그림 6은 AlN 박막내부의 존재하는 불순물이 주로 산소이므로 이러한 모든 불순물을 산소로 취급하여 Presputtering 시간의 변화에 따른 산소의 정량적 변

화를 관찰하였다. 그림에서 보여지는 바와 같이 Presputtering 시간이 40분 이하인 경우에는 우수한 SAW 특성을 나타내며 산소가 적게 포함된 AlN 박막 증착되는 것이 관찰되었다. 그러나 Presputtering 시간이 증가함에 따라 산소의 함유량이 증가되었다가 180분에서는 약간 감소되는 것이 관찰되었다. 이러한 현상은 과도한 Presputtering 시간은 챔버의 잔류 산소를 제거하기보다는 오히려 AlN 박막의 특성을 저하시키는 효과를 일으키는 것으로 사료된다.

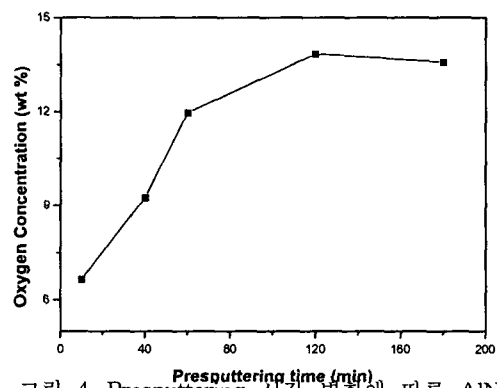


그림 4. Presputtering 시간 변화에 따른 AlN 박막내부의 산소농도의 변화량

Fig 4. The Variation of Oxygen Concentration in the AlN thin films as a function of Presputtering

#### 4. 결론

1. AlN 박막의 질소 분압이 증가하고 증착압력이 낮아짐에 따라 우수한 배향성을 나타내는 AlN 박막을 증착 할 수 있었다.
2. AlN 박막의 질소분압의 크기가 증가함에 따라 압축 응력의 크기가 증가되었는데, 이것은  $N^{2+}$ 이온 때문임을 알 수 있었다.
3. Presputtering 시간 변화에 대한 AlN 박막내부 각각의 원소 변화량을 관찰함으로써 Presputtering 시간변화가 AlN 박막의 특성 변화에 미치는 영향을 정량적 및 정성적으로 관찰 할 수 있었다.
4. Presputtering 시간 10 [min], RF Power 180[W], 증착압력 3.5[mtorr], 질소분율 70%에서 불순물의 함유량이 가장 적고 배향성이 가장 우수한 AlN 박막을 증착 할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1]. S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci. Technol. 10, 1249-1251, 1992.
- [2]. Colin K. Campbell, Proceeding of the IEEE, 77, 1453-1483, 1989.
- [3]. J. C. Loretz, B. Depax, P. Marti, A. Mazel, Thin Solid Films, 265, 15-21, 1995.
- [4]. K. Tominaga, S. Iwamura, Y. Shintani and O. Tada. Jpn. J. Appl. Phys., 22,418-422, 1983.