

입사각을 가진 RF 마그네트론 스퍼터링법으로 증착한 AlN  
박막의 배향 특성

Orientation Characteristics of AlN Thin Film using RF Magnetron  
Sputtering with Incident Angle

박영순<sup>\*</sup>, 김덕규<sup>\*</sup>, 송민종<sup>\*\*</sup>, 박춘배<sup>§</sup>  
(Young-Soon Park<sup>\*</sup>, Deok-Kyu Kim<sup>\*</sup>, Min-Jong Song<sup>\*\*</sup>, Choon-Bae Park<sup>§</sup>)

Abstract

Reactive radio frequency (RF)magnetron sputter with incident angle has been used to deposit AlN thin film on a crystalline Si substrate. (002)Preferred orientation of AlN thin film has been obtained at low sputtering pressure. Also it has been shown that depostion rate of AlN thin film is affected by fraction Ar and N<sub>2</sub> partial pressure. But substrate temperature didn't affect depostion rate of AlN thin film . As sputtering pressure increased preferred orientation degraded. The internal stress changed from tensile stress to compressive stress as fraction of N<sub>2</sub> partial pressure increased. At low nitrogen partial pressure cermet<sup>(1)</sup> AlN thin film is obtained.

**Key Words(중요용어)** : AlN thin film(질화알루미늄 박막), fraction of nitrogen partial pressure(질소 분압비), preferred orientation(우선 배향성), tensile stress(인장응력), compressive stress(압축응력)

1. 서 론

최근 AlN, GaN, InN 등으로 대표되는 III - V 족 질화물 반도체들은 이것들이 가지는 우수한 광학적, 전기적, 압전적 특성들 때문에 주목받고 있다. 이 중에서 AlN<sup>(2, 3)</sup>는 우수한 강도, 높은 열전도도, 고온 안정성과 Si 및 GaAs와 비슷한 열팽창 계수로 인해 전자부품의 패키징 뿐만 아니라, 넓은 밴드갭(6.2eV)을 갖고 있어 전자소자의 절연막으로 사용되고 있다. 그리고 AlN 박막이 갖는 높은 표면과 속도와 적당한 전기기계결합계수로 인해서 GHz 대역의 표면

탄성과 소자의 개발을 위한 압전재료로서 활발하게 연구되어 지고 있다. 표면탄성과 소자에 이용되기 위한 우수한 압전특성을 갖는 AlN 박막은 스퍼터링에 의해 증착된 다결정의 AlN박막의 경우에<sup>(4)</sup>-축이 기판에 대하여 수직인 방향으로 배향성을 가져야 단결정 AlN박막과 유사한 특성을 얻을 수 있다. 표면탄성과 소자의 제조에 있어서 박막의 두께는 탄성과의 한파장의 길이보다 매우 작기 때문에 박막의 성장 및 소자의 제작에 있어서 기판의 결정구조 및 격자상수가 박막의 성장거동에 영향을 미치므로 기판의 선택이 좋은 배향성 및 우수한 특성을 갖는 소자의 제작에 중요한 변수이다. 본 실험에서는 AlN와 격자 정합이 우수한 사파이어 기판을 사용하는 대신에 격자 부정합은 크지만 회로소자의 집적화를 위해서 p-type Si(100)기판을 사용하였다.

본 연구에서는 입사각을 가진 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 반응성 스퍼터링법으로 p-type

\* 원광대학교 대학원 전자재료공학과  
익산시 신용동 원광대학교 전자세라믹연구소,  
Fax: 0653-850-6348  
E-mail:yspark@gaebuyok.wonkwang.ac.kr  
\*\* :광주보건대학 의공학과 교수  
§: 원광대학교 전기 전자 및 정보공학부 교수

Si(100)기판위에 AlN를 증착하였다. 증착된 박막의 압전 특성의 정도를 나타내는 c축 배향성과 내부응력의 변화를 N<sub>2</sub>가스유량을 변화시키면서 측정하였다.

## 2. 실험 방법 및 순서

반응성 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 p-type Si(100)기판 위에 AlN 박막을 증착 하였다. 박막을 증착 하기 전에 기판의 표면 세정을 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

RF Power (W)	130 -190
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 - 300
Base pressure(mTorr)	5 × 10 <sup>-6</sup>

AlN 박막을 증착하기 전에 알루미늄타겟 표면의 산화막과 불순물을 제거하기 위해서 100[W]에서 10분간 스퍼터링 하였다. 그리고 선택된 Ar, N<sub>2</sub>의 부분압 및 주어진 RF Power에서 플라즈마의 안정화를 위해서 20분간 Pre-Sputtering 하였으며, 이후에 증착 시간을 1에서 3시간까지 변화시키면서 AlN박막을 증착 하였다. 증착된 AlN 박막의 증착 변수에 따른 c축 배향성 및 결정상의 분석과 증착률의 측정을 위해서 XRD (RIGAKU,D/MAX-2500),SEM (HITACHI, S-4100)분석 하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 RF Power를 150 [W], 진공도를 3[mtorr], 증착온도를 상온으로 고정시켰을 때 질소분압비에 따른 AlN 박막의 증착율을 나타낸 것이다.

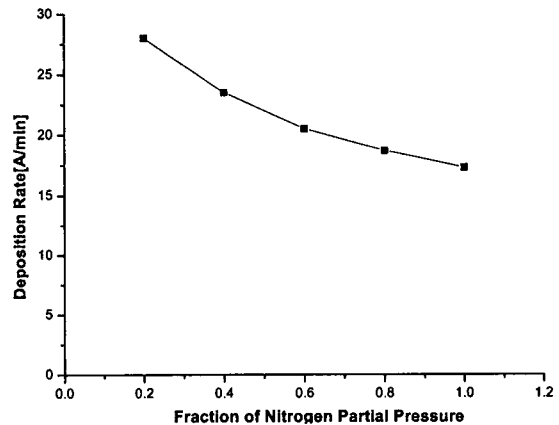


그림 1. 질소분압비에 따른 AlN 박막의 증착율 특성.

Fig 1. Deposition rate characteristics of AlN thin film at various nitrogen partial pressures.

그림에서 보는 바와 같이 질소 분압비가 증가할수록 증착율은 감소하는 특성을 나타내었다. 이것은 질소농도가 증가함에 따라 플라즈마 안에 질소 원자 및 이온들의 비율이 증가하고 아르곤의 비율이 감소함으로써 스퍼터링 수율이 낮아지기 때문이다. 또 질소분압비가 증가함에 따라 타겟표면에 화합물이 형성되면 금속의 경우보다 2차전자 방출이 증가하고 이온에 의해 전달된 에너지가 2차 전자를 생성 및 가속시키는데 사용되어 증착 속도를 떨어뜨린다. Inoue<sup>[5]</sup> 등은 RF 마그네트론 스퍼터로 박막을 제작하여 질소 분압비를 0에서 1까지 증가시키기에 따라 박막의 증착율이 감소한다고 보고하였는데 이것은 본 실험과 일치하는 결과이다.

그림2는 증착압력 3[mtorr], 질소분압비는 0.5, 기판 온도 200[°C]로 일정하게 하면서 RF Power를 증가시키면서 증착율을 측정 한 것이다. RF Power가 증가에 따라 플라즈마 내 입자들의 운동에너지가 증가하게 되므로 증착속도는 거의 직선적으로 증가하였다.

그림 3은 RF Power 150[W], 기판 온도 200[°C], 증착 압력 3.5[mtorr]로 고정시키고 질소 분압비에 따

른 XRD 측정 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 일정량 이상의 질소가 첨가된 경우에는  $2\theta$ 가 약  $35 \sim 36^\circ$ 에서 발생하는 AlN(002)피크들이 발생하였다.

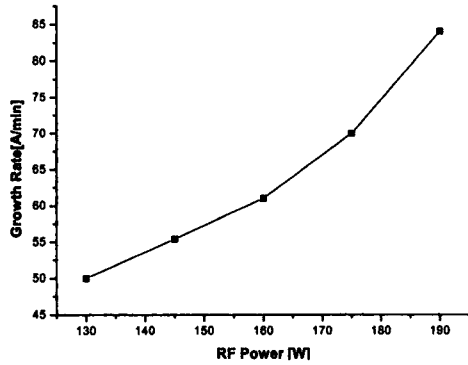


그림 2. RF Power에 따른 증착율의 변화  
Fig 2. Variation of growth rate with RF power

그리고 질소 분압비가 증가함에 따라 XRD 피크들 사이에 큰 차이는 보이지 않았으나 질소 분압비가 증가함에 따라 결정성이 향상된다는 보고가 있다.

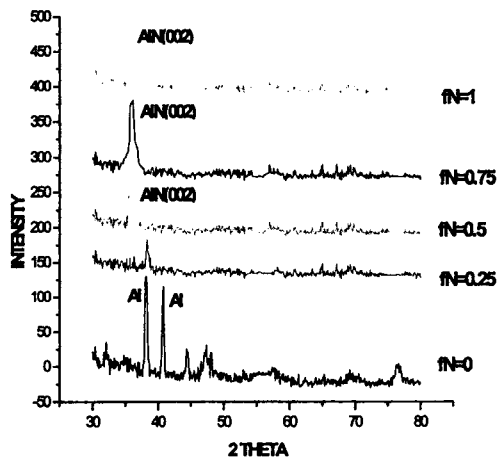


그림 3. 질소 분율에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴의 변화.

Fig 3. XRD patterns of AlN films as the function of nitrogen concentration

그림 4은 RF Power 150[W], 기판온도 200[ $^{\circ}$ C], 증착압력 3[mtorr]로 일정하게 유지한 후 질소 첨가량에 따른 박막내부의 유기된 응력의 변화를 측정된 XRD의 값으로부터 계산하여 나타낸 것이다. 그림에서 보여지는 것과 같이 질소의 농도가 증가함에 따라 거의 비례관계로 압축응력의 크기가 증가하고 있음을 알 수 있다. 이것은 플라즈마내의 질소 분율이

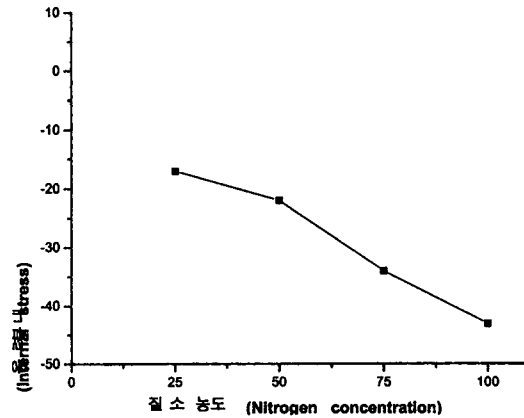


그림 4. 질소농도에 따른 내부응력의 변화  
Fig 4. Variation of internal stress with nitrogen concentration

증가함에 따라  $N_2^+$ 이온의 농도는 크게 증가하고 이 질소 이온 및 원자들은 알루미나겟에서 반사된다. 반사된 플라즈마 종들은 기판에 충돌하고 질소의 분율이 증가함에 따라 더욱더 많은 운동에너지의 전달이 이루어지기 때문에 내부 응력이 압축 응력으로 바뀌었다. 그림 5는 압력의 변화에 AlN(002)방향에서 XRD패턴의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 증착 압력이 5[mtorr]이상으로 될 때에는 (002)배향된 XRD 피크를 거의 관찰 할 수 없었다. 이것은 증착 압력이 증가함에 따라 플라즈마 종들사이의 충돌이 증가하게 되고 이로 인해서 이온들의 운동에너지가 급격히 감소하기 때문이다. 따라서 기판에 충돌하여서 첨가원자들의 이동도 증가시켜 박막의 일정한 배향성을 가지기 보다는 운동에너지의 감소에 의해서 거의 무형질(amorphous)에 가까운 박막이 증착 된다.

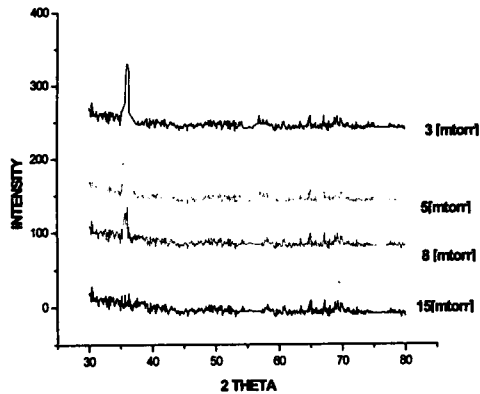


그림 5. 증착압력 변화에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴.

Fig 5. XRD patterns of AlN thin film with sputtering pressure

#### 4. 결 론

1. AlN 박막의 증착율은 질소 분압이 증가함에 따라 감소 하였으며 낮은 증착압력에서 좋은 배향성을 갖는 AlN 박막을 얻을 수 있었다.
2. AlN 박막의 증착율의 변화에 대한 기판온도의 영향은 AlN의 용점이 2400℃이상이므로 매우 높기 때문에 기판온도에 영향은 거의 없었다.
3. 본 실험에서 기울어진 입사각을 가진 sputter를 사용함으로써 기판의 측면에서 이동도의 향상 및 높은 에너지를 가진 플라즈마 중들의 충돌을 피할 수 있으므로 배향성이 좋은 박막을 얻을 수 있었다.
4. 본 실험에서 최적의 AlN 박막의 증착을 위해서는 RF Power 150[W], 증착압력 3[mtorr], 질소분율 (fN)0.5에서 배향성이 가장 우수한 박막을 증착할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1]. D. Y. Wang, Y. N, M. M and Y.H, Materi. Transc,38(1997)2
- [2]. G. D. O'Clock, Jr and M. T. Duffy, Appl. Phys. Lett, 23(1973)5
- [3]. T. Shiosako, T, Yamamoto, T.Oda and A. Kawabata, Appl. Phys. Lett, 36(1980)643.
- [4]. T. Shiosaki and A. Kawabata, Ferroelectrics,

42, 219 (1982)

- [5]. S. Inoue, H. Uchida, A.Hioki, K. Koterazawa and R. P.Howson. Thin Solid Films,271(1995),15