

논문 2006-43SD-4-1

# RF 마그네트론 스퍼터링 공정 조건에 따른 AlN 박막의 배향성, 표면 거칠기 및 압전 특성에 관한 연구

## (Orientation, Surface Roughness and Piezoelectric Characteristics of AlN Thin Films with RF Magnetron Sputtering Conditions)

방 정 호\*, 장 동 훈\*\*, 강 성 준\*\*\*, 김 동 국\*\*\*\*, 윤 영 섭\*\*

(Jung Ho Bang, Dong Hoon Chang, Seong Jun Kang, Dong Guk Kim, and Yung Sup Yoon)

### 요 약

RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 Ar/N<sub>2</sub> 가스비와 기판 온도 변화에 따른 AlN 박막의 배향성과 표면 거칠기 그리고 압전 특성의 변화를 조사하였다. 특히, Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm), 기판 온도 400°C 일 때 가장 우수한 (002) 배향성을 얻을 수 있었다. AFM 을 이용하여 표면 거칠기를 분석한 결과, 기판 온도 400°C 인 경우 Ar/N<sub>2</sub> 가스비의 변화에 대해서는 N<sub>2</sub> 의 분압비가 증가할수록 표면 거칠기 특성이 좋아지는 것으로 나타났으며 Ar/N<sub>2</sub>=0/20 (sccm) 일 때 2.1 nm 로 가장 작은 값을 나타내었다. Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm) 인 조건에서 기판 온도 변화에 대한 표면 거칠기 특성은 기판 온도가 상온에서 300°C 로 증가함에 따라 향상되는 경향을 보였으며, 300°C 에서 3.036 nm 로 최소값을 나타낸 후, 기판 온도가 300°C 이상으로 상승하면 표면 거칠기는 다시 열악해지는 것을 확인할 수 있었다. Pneumatic probe 방법을 이용하여 압전 특성을 측정한 결과, Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm), 기판 온도 400°C 일 때 piezoelectric constant ( $d_{33}$ )=6.01 pC/N 이라는 가장 우수한 값을 나타내었으며, 이는 AlN 박막이 가장 좋은 (002) 배향성을 갖는 조건과 일치하는 것이다.

### Abstract

AlN thin films have been fabricated by using RF magnetron sputtering method and their crystal orientations, microstructures and piezoelectric properties have been investigated with variation of the Ar/N<sub>2</sub> gas ratio and the substrate temperature. Particularly, when the Ar/N<sub>2</sub> gas ratio and the substrate temperature are 10/10 (sccm) and 400°C, respectively, the AlN thin film exhibits the highest (002) orientation. The result of the surface roughness measurement by using AFM shows that the surface roughness becomes better as the partial pressure of N<sub>2</sub> increases at the substrate temperature of 400°C and it becomes the smallest value of 2.1 nm when Ar/N<sub>2</sub> is 0/20 (sccm). The AFM measurement also shows that when Ar/N<sub>2</sub> is 10/10 (sccm) shows that surface roughness becomes better as the substrate temperature increases from room temperature up to 300°C and then it becomes worse as the substrate temperature goes up from 300°C. At the substrate temperature of 300°C and Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm), the surface roughness is 3.036 nm. The piezoelectric constant ( $d_{33}$ ) of AlN thin film is measured by Pneumatic probe method. The measurement shows that the AlN thin film with the highest (002) orientation, fabricated at Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm) and the substrate temperature of 400°C, has the best piezoelectric constant ( $d_{33}$ ) of 6.01 pC/N.

**Keywords :** AlN, RF magnetron sputtering, orientation, roughness, piezoelectric constant

### I. 서 론

\* 학생회원, \*\* 정회원, 인하대학교 전자공학과

(Dept. of Electronics Engineering, Inha University)

\*\*\* 정회원, 전남대학교 정보소재공학과

(Dept. of Semiconductor Materials & Devices,  
Chonnam National University)

\*\*\*\* 정회원, 피에조랩

(Piezolab)

접수일자: 2005년9월14일, 수정완료일: 2006년3월28일

최근 정보화 사회의 급속한 도래로 멀티미디어와 휴대용 정보 통신 산업의 비약적인 발전으로 고주파에서의 동작 특성이 우수한 전자 소자 및 부품에 대한 요구가 증가하면서, 이에 적합한 재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 AlN (Aluminium

nitride)는 III-V족 화합물 반도체로서 육방정계 (Hexagonal) Wurtzite 결정 구조를 가지며 비교적 빠른 음향속도 (sound velocity) 와 열적·화학적 안정성이 높고 비교적 큰 압전 상수 및 높은 전기기계 결합계수 등의 우수한 특성을 지니고 있다. 이에 따라 AlN 박막을 표면 탄성과 (SAW, Surface Acoustic Wave) 소자나 체적 탄성과 공진기 (FBAR, Film Bulk Acoustic Resonator)에 응용하려는 연구가 주목을 받고 있다<sup>[1-2]</sup>. AlN 박막을 SAW나 FBAR 소자에 응용하기 위해서는 국부적인 속도 변화에 따른 주파수 변화를 최소화하기 위해 평탄한 표면과 큰 압전 상수 및 전기기계 결합계수를 나타내기 위해 높은 c-축 배향성이 요구된다<sup>[3-4]</sup>. 그러나, 이러한 특성들은 AlN 박막의 증착 방법에 크게 영향을 받는다.

AlN 박막의 증착방법으로는 반응성 스퍼터링 (reactive sputtering) 법<sup>[5-6]</sup>이나 화학 기상 증착 (chemical vapor deposition : CVD) 법<sup>[7-8]</sup> 등이 사용되어 왔으나, CVD 법은 결정 성장 온도가 고온이고 증착된 박막의 표면 상태가 거칠어 압전 소자로의 응용시 문제점이 있다. 이에 반하여 스퍼터링 법은 증착 속도가 느리지만 우수한 표면 상태 및 압전 특성 가진 박막 제조가 가능하다고 알려져 있다<sup>[6]</sup>. 그렇지만 스퍼터링 방법으로 AlN 박막을 제작하는 경우에도 박막의 표면 형상과 배향성은 스퍼터링 가스의 분압비, RF 파워, 기판 온도, 공정 압력, 기판-타겟 거리 등의 증착 조건에 밀접하게 연관되어 있다. 그러나, 아직까지 스퍼터링 증착 조건에 따른 c-축 배향성 및 표면 거칠기와 압전 소자 응용에 가장 중요한 압전 특성을 연관시킨 연구가 체계적으로 이루어지지 않고 있어, 압전 소자의 실용화에 커다란 장애가 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 Ar 과 N<sub>2</sub> 의 혼합 가스비와 기판 온도를 변화시키면서 AlN 박막을 제작하여 c-축 배향성 및 표면 거칠기 특성을 조사하고 이들이 압전 특성에 미치는 영향을 체계적으로 연구하여, 압전 소자의 실용화를 앞당기고자 한다.

## II. 실험방법

본 실험에서는 넓은 증착 면적과 우수한 배향성을 가진 양질의 박막을 얻을 수 있는 반응성 RF 마그네트론 스퍼터링 법을 이용하여 AlN 박막을 제작하였다. 실험에 사용된 장비의 개략적인 구조를 그림 1에 나타내었

다. 본 연구에서 사용된 기판은 Pt/TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si 을 사용하였으며, 박막 성장의 기저면으로 사용되는 기판의 오염은 AlN 박막 성장에 영향을 미칠 수 있으므로, 오염 물질을 제거하기 위해서 초음파 세척기를 이용하여 아세톤(15분)/알코올(15분)/1차 증류수(10분)/2차 증류수(15분) 의 순서로 세척하고 질소를 이용해 건조하였다. AlN 박막은 직경 2 inch 의 Al 타겟 (순도:99.999%) 을 이용하여 증착 조건을 변화 시켜가면서 기초 실험을 수행한 후, 양호한 조건인 RF 파워 200W, 공정 압력 6mTorr, 기판-타겟 거리 6cm 에서 Ar/N<sub>2</sub> 가스비, 기판 온도를 변화시켜가며 증착하였다. 증착 조건을 표 1 에 나타내었다. 증착 전 챔버내의 불순물을 최대한 제거하기 위해 챔버의 초기 진공도는 3×10<sup>-6</sup> Torr 를 유지한 후, mass flow controller (MFC) 를 이용하여 반응성 가스인 Ar/N<sub>2</sub> 혼합가스를 챔버내로 주입하였다. 타겟 표면에 형성된 불순물을 제거하고 플라즈마의 안정을 위해 셔터를 닫은 상태에서 20분간 예비 스퍼터링 (pre-sputtering) 을 실시한 후, 셔터를 열어 AlN 박막을 증착하였다.

각 증착 조건에서 제작된 AlN 박막의 결정성 및 우

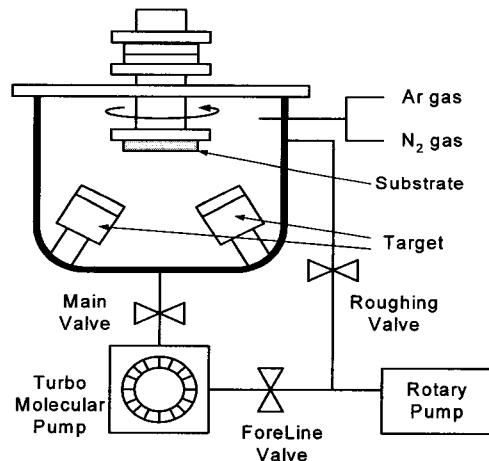


그림 1. RF 마그네트론 스퍼터링 시스템  
Fig. 1. Schematic diagram of RF magnetron sputtering system.

표 1. AlN 박막 증착 조건.

Table 1. Sputtering conditions of AlN thin films.

Deposition parameter	Condition
RF power	200 W
Distance (target to substrate)	6 cm
Working pressure	6×10 <sup>-3</sup> Torr
Base pressure	3×10 <sup>-6</sup> Torr
Ar/N <sub>2</sub> flow ratio (sccm)	15/5, 10/10, 5/15, 0/20
Substrate temperature(°C)	RT, 200, 300, 400, 500

선 배향성을 조사하기 위해 X-ray diffractometer (PHILIPS PW 3020, Cuka)를 이용하였고, 표면 거칠기는 AFM (SPA 400, SEIKO) 을 이용하여 조사하였다. AlN 박막의 압전 상수는 Pneumatic probe 법 (PIEZOVIEW SERIES, PIEZOLAB) 을 이용하여 측정하였다.

### III. 결과 및 논의

그림 2는 Ar/N<sub>2</sub> 가스비에 따른 AlN 박막의 배향성을 알아보기 위해서, RF 파워 200 W, 공정 압력 6 mTorr, 기판 온도 400°C, 기판과 타겟 거리 6 cm 조건에서 2시간 동안 증착된 AlN 박막의 XRD 측정 결과를 나타낸 것이다.

AlN 박막의 (002) 피크는 2θ=35°~36° 부근에서 관찰되며, 2θ=40° 피크는 기판에 의한 것이다. Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm) 인 조건에서 가장 우수한 (002) 배향성을 얻을 수 있었으며, N<sub>2</sub> 분압비가 증가할수록 (002) 배향성이 저하되는 것을 알 수 있었다. N<sub>2</sub> 가스가 미미한 조건의 경우 N<sub>2</sub> 가 스퍼터링된 Al 타겟의 분자들과 결합하지 못하거나 반응성 스퍼터링의 정도가 미미하여 AlN 박막의 형성이 잘 안된 것으로 사료된다. 일반적으로 반응성 스퍼터링 방법으로 AlN 박막을 제작할 경우, Ar 가스와 반응성 가스인 N<sub>2</sub> 가스의 비가 1:1이 가장 적절하다고 보고되고 있다<sup>[9]</sup>.

그림 3은 Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm), 공정 압력 6 mTorr, RF 파워 200 W로 고정하고, 기판 온도 변화에 따른 AlN 박막의 XRD 를 측정한 결과를 나타낸 것이다. 기판 온도가 증가함에 따라 기판에 증착된 입자의 이동도

는 증가하고, 우선 배향성과 그레인 크기 등 구조적 특징들도 변한다. 그림 3에서 보듯이, 상온 (room temperature) 과 200°C에서 증착된 박막은 상대적으로 낮은 (002) 피크와 (101) 피크들이 관찰되었지만, 기판 온도가 증가함에 따라 박막의 (002) 우선 배향성이 향상되는 것으로 나타났으며, 500°C에서는 다시 (002) 배향성이 저하되었다. 기판 온도의 상승은 스퍼터링된 입자들의 표면 이동도를 향상시켜 (002) 결정면이 성장하도록 유도하며, 공공 (vacancy) 의 형성을 막아주고, 입자들과 기판의 접착력을 향상시켜 우선 배향성을 증가시킨다. 그러나 과도한 기판 온도의 상승은 스퍼터링되어 기판에 부착된 입자들의 증발을 유발하여 결정성을 저해시키며, AlN 박막과 기판의 열팽창 계수 차이로 인해 기판의 냉각 중 표면에 평행한 방향의 압력과 기판에 수직인 방향으로 발생하는 팽창력에 기인한 기계적 응력의 영향으로 c-축 우선 배향성이 감소되는 것으로 생각된다.

그림 4와 그림 5는 RF 파워 200 W, 기판 온도 400°C, 공정 압력 6 mTorr 인 조건에서 Ar/N<sub>2</sub> 가스비에 따른 AlN 박막의 표면 형상 및 표면 거칠기 특성을 AFM 으로 분석한 결과를 나타낸 것이다. Ar/N<sub>2</sub> 가스비가 15/5 에서 0/20 으로 변화함에 따라, AlN 박막의 표면 거칠기는 약 3.7 nm에서 2.1 nm로 향상되는 것을 확인 할 수 있었다. 이와 같이 N<sub>2</sub> 분압비가 증가하면서 표면 거칠기가 향상되는 원인은 다른 2원 금속 화합물 스퍼터링의 경우에서처럼, Ar 의 분압비가 클수록 금속 성분이 과다 포함된 박막이 형성되어 표면 거칠기가 열악해지고, 그 후 반응성 가스가 유입되면서 표면 거칠기가 좋아지기 때문인 것으로 생각되며, 이는 Aita

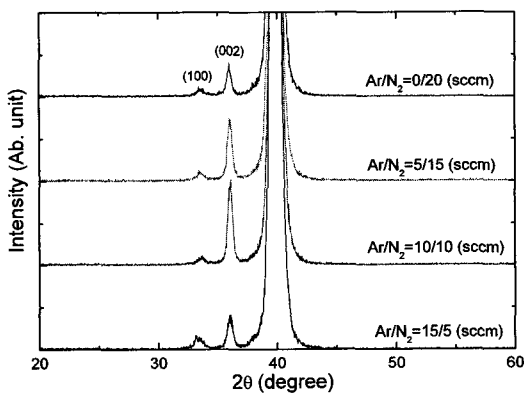


그림 2. Ar/N<sub>2</sub> 가스비에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴  
Fig. 2. XRD patterns of AlN films as a function of Ar/N<sub>2</sub> gas ratio.

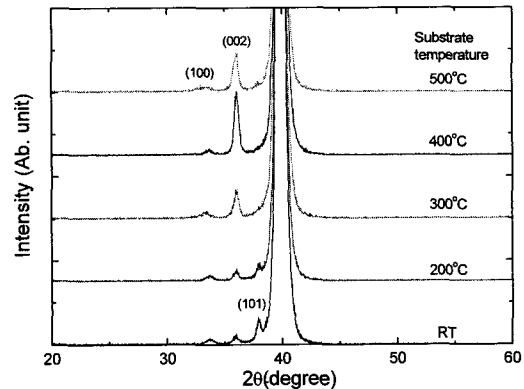


그림 3. 기판 온도에 따른 AlN 박막의 XRD 패턴  
Fig. 3. XRD patterns of AlN films as a function of substrate temperature.

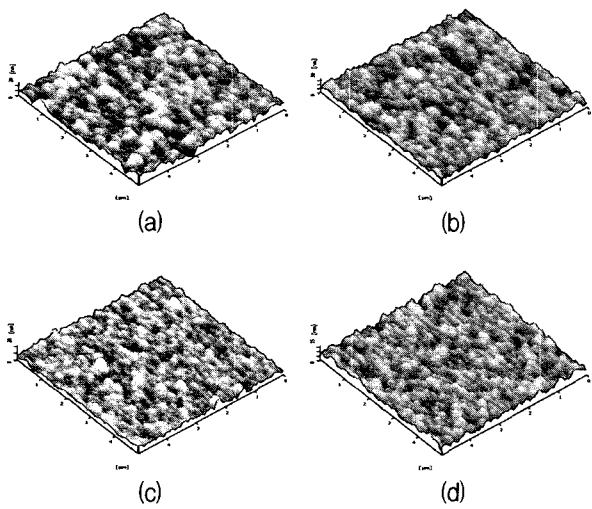


그림 4. Ar/N<sub>2</sub> (sccm) 가스비에 따른 AlN 박막의 AFM 형상 : (a) 15/5, (b) 10/10, (c) 5/15, (d) 0/20

Fig. 4. AFM images of AlN films as a function of Ar/N<sub>2</sub> flow ratio (sccm) : (a) 15/5, (b) 10/10, (c) 5/15, (d) 0/20.

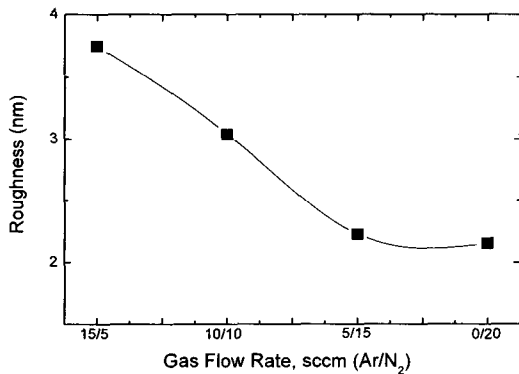


그림 5. Ar/N<sub>2</sub> 가스비에 따른 AlN 박막의 표면 거칠기  
Fig. 5. Roughness of AlN films as a function of Ar/N<sub>2</sub> gas ratio.

등의 실험 결과와도 일치하는 것이다<sup>[10]</sup>.

그림 6과 7은 RF 파워 200 W, 공정 압력 6 mTorr, 가스비 Ar/N<sub>2</sub>=10/10 (sccm) 으로 고정하고 기판 온도에 따른 AlN 박막의 AFM 형상과 표면 거칠기를 나타낸 것이다. 기판 온도가 상온에서 300°C까지 증가함에 따라 표면 거칠기는 4 nm에서 3.036 nm 로 감소하는 경향을 보이며 기판 온도 400°C 일 때 표면 거칠기는 기판 온도 300°C 와 비슷한 약 3.039 nm 의 값을 보였다. 기판 온도가 500°C 로 상승하자 표면 거칠기는 약 4.2 nm 로 다시 증가하였다. 기판 온도가 300°C 이상으로 증가할 때 표면 거칠기가 열악해지는 것을 볼 수 있는데 이는 기판에서의 높은 열에너지로 인해 adatom

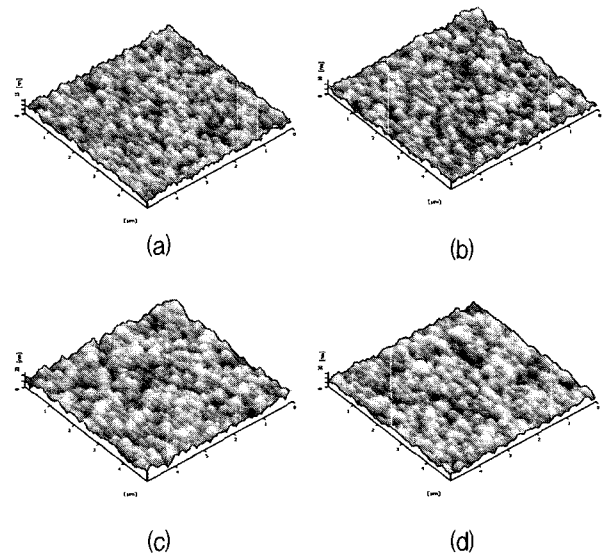


그림 6. 기판 온도에 따른 AlN 박막의 AFM 형상: (a) RT, (b) 200°C, (c) 300°C, (d) 400°C, (e) 500°C

Fig. 6. AFM images of AlN film as a function of substrate temperature: (a) RT, (b) 200°C, (c) 300°C, (d) 400°C, (e) 500°C.

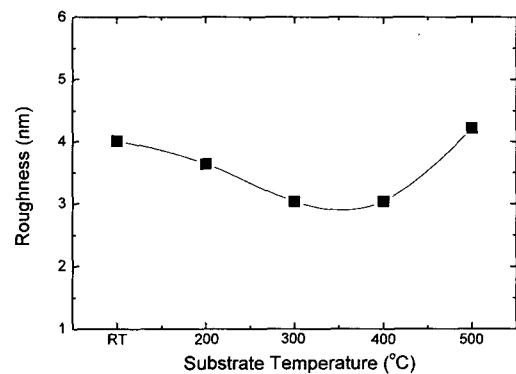


그림 7. 기판 온도에 따른 AlN 박막의 표면 거칠기  
Fig. 7. Roughness of AlN films as a function of substrate temperature.

들의 이동도가 높아져 이들이 열역학적으로 안정한 자리를 찾아갈 가능성이 커지므로 핵생성은 억제되는 반면에 입자 성장이 촉진되기 때문인 것으로 사료된다.

그림 8 과 9 는 Pneumatic probe 법<sup>[11]</sup>을 이용하여

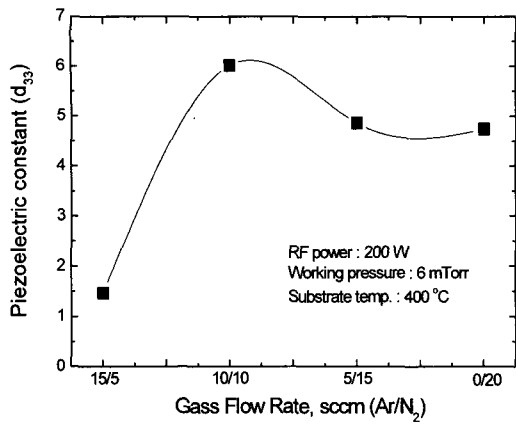


그림 8. Ar/N<sub>2</sub> 가스비에 따른 압전 특성  
 Fig. 8. piezoelectric constant as a function of gas ratio.

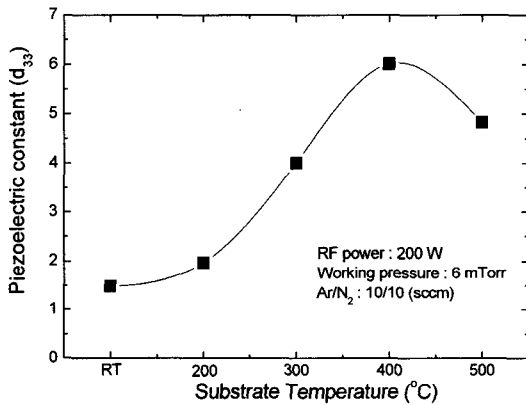


그림 9. 기판 온도에 따른 압전 특성  
 Fig. 9. Piezoelectric constant as a function of substrate temperature.

Ar/N<sub>2</sub> 가스비와 기판 온도의 변화에 따라 측정된 AlN 박막의 압전 특성을 나타낸 것이다. Pneumatic probe 방법을 이용하여 압전 상수를 측정하는 경우, 압전 박막이 O-ring에 의해 고정되어 O-ring에 의한 효과<sup>[12]</sup>와 압력이 가해지는 면적이 전극의 면적보다 크기 때문에 약간 큰 d<sub>33</sub> 값이 측정되는 것으로 보고되고 있다<sup>[13]</sup>. 그림 8 에서 보듯이, Ar/N<sub>2</sub> 가스비가 15/5 서 10/10으로 변화함에 따라, 압전 상수 d<sub>33</sub> 는 1.46 pC/N에서 6.01 pC/N 으로 증가하였으며, 이후 N<sub>2</sub> 분압비가 증가하면서 압전 상수 값은 감소하는 추세를 나타내었다.

그림 9는 기판 온도에 따른 압전 특성을 나타낸 것으로 기판 온도가 상온에서 400°C로 증가함에 따라, 압전 상수는 1.48 pC/N에서 6.01 pC/N으로 증가하다가, 500°C에서의 압전 상수는 4.82 pC/N으로 다시 감소하는

경향을 나타내었다. 가스비와 기판 온도의 변화에 따른 압전 특성 결과를 XRD 측정 결과와 비교하였을 때, 박막이 우수한 (002) 배향성을 가질 때 가장 큰 압전 상수를 나타내는 것을 확인할 수 있었으며 이는 Naik 등이 보고한 결과와도 일치하는 것이다<sup>[14]</sup>.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 Ar/N<sub>2</sub> 가스비와 기판 온도에 따른 AlN 박막의 결정화 특성과 표면 거칠기 그리고 압전 특성의 변화를 조사하였다. XRD 측정 결과로부터, Ar/N<sub>2</sub>=10/10, 기판 온도 400°C일 때 가장 우수한 (002) 배향성을 얻을 수 있었다. AFM 을 이용하여 표면 거칠기를 분석한 결과, Ar/N<sub>2</sub> 가스비에 대해서는 N<sub>2</sub> 의 분압비가 증가할수록 표면 거칠기 특성이 좋아지는 것으로 나타났으며 Ar/N<sub>2</sub>=0/20일 때 표면 거칠기는 2.1 nm 로 가장 우수한 값을 나타내었다. 기판 온도에 대한 표면 거칠기 특성은 기판 온도가 상온에서 300°C로 증가함에 따라 향상되는 경향을 나타내었지만, 기판 온도가 300°C 이상으로 상승하면 표면 거칠기는 다시 열악해지는 것을 확인할 수 있었다. Pneumatic probe 방법을 이용하여 압전 특성을 측정한 결과, Ar/N<sub>2</sub>=10/10, 기판 온도 400°C 일 때 d<sub>33</sub>=6.01 pC/N 이라는 가장 우수한 값을 나타내었으며, 이는 AlN 박막이 가장 좋은 (002) 배향성을 가질 때와 일치하는 것으로서, 압전 특성은 박막의 배향성에 큰 영향을 받는 것으로 볼 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] A. Fathimulla, Amir A. Lakhani, "Reactively rf magnetron sputtered AlN films as a gate dielectric", *J. Appl. Phys.*, Vol. 54, No. 8, August 1983.
- [2] H. P. Lobi, M. Klee, R. Milsom, R. Dekker, C. Metzmacher, W. Brand, P. Lok, "Materials for bulk acoustic wave (BAW) resonator and filters", *J. Europ. Ceram Soc.*, Vol. 21, pp. 2633~2640, 2001.
- [3] D. Y. Wang, Y. Nagahata, M. Masuda and Y. Hayashi, "Effect of nonstoichiometry upon optical properties of radio frequency sputtered Al-N thin films formed at various sputtering pressures", *J. Vac. Sci. Technol. A*, Vol. 14, No. 6, pp.3092~3099, 1996.

- [4] T. Hsiosaki, K. Harada and A. Kawabata, "Low-Temperature Growth of Piezoelectric AlN Film and its Optical and Acoustical Properties", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 21, pp. 69~71, 1982.
- [5] V. I. Dimitrova, D. I. Munova, and D. A. Dechev, "Study of reactive DC magnetron sputtering deposition of AlN thin films", *Vacuum*, Vol. 49, No. 3, p 193, 1998.
- [6] B. N. Hwang, C. S. Chen, H. Y. Lu, and T. C. Hsu, "Growth mechanism of reactively sputtered aluminium nitride thin films", *Mater. Sci. & Eng.*, Vol. A325, p. 380, 2002.
- [7] R. G. Gordon and U. Riaz, "Chemical vapor deposition of aluminium nitride thin films", *J. Mater. Res.*, Vol. 7, No. 7, p. 1679, 1992.
- [8] F. hasegowa, T. Takahashi, K. Kubo, and Y. Nannichi, "Plasma CVD of amorphous AlN from metalorganic Al source and properties of the deposited films", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 26, No. 9, p. 1555, 1987.
- [9] X. H. Xu, H. S. Wu, C. J. Zhang, Z. H. Jin, "Morphological properties of AlN piezoelectric thin films deposited by DC reactive magnetron sputtering", *Thin Solid Films*, Vol. 388, pp. 62-67, 2001.
- [10] C. R. Aita, R. J. Lad, and T. C. Tisone, "The effect of RF power on sputtered zinc oxide", *J. Appl. Phys.*, Vol. 51, No. 12, p 5405, 1980.
- [11] D. G. Kim, "Piezoelectric properties of lead zirconate titanate thin films characterized by the pneumatic loading method", *Integrated Ferroelectrics*, Vol. 24, pp. 107, 1999.
- [12] Landolt-Bornstein, "*Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology*", Group III, Vol. 11. Springer-Verlag, Berlin, 1979.
- [13] G. T. Park, J. J. Choi, J. Ryu, H. Fan, H. E. Kim "Measurement of piezoelectric coefficients of lead zirconate titanate thin film by strain-monitoring pneumatic loading method", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 80. pp. 4606-4608. 2002..
- [14] R. S. Naik, R. Rief, J. J. Lutsky, C. G. Sodini, *J. Electro-Chem. Soc.*, Vol. 146, p. 691, 1999.

저 자 소 개

방 정 호(학생회원)

2004년 인하대학교 전자재료공학과 학사졸업.  
2004년~현재 인하대학교 전자공학과 석사 과정.  
<주관심분야 : 광소자, 반도체>



장 동 훈(정회원)

1995년 수원대학교  
전자재료공학과 학사졸업.  
1997년 인하대학교  
전자재료공학과 석사졸업.  
2003년 인하대학교  
전자재료공학과 박사졸업.  
<주관심분야 : 디스플레이 응용을 위한 강유전체  
박막, Pyroelectric 센서>



강 성 준(정회원)

1989년 인하대학교  
응용물리학과 학사 졸업.  
1994년 인하대학교  
전자재료공학과 석사졸업.  
1999년 인하대학교  
전자재료공학과 박사졸업.

1999년~2000년 인하대학교 전자재료공학과  
연구원 (Post Doc.)  
2000년~현재 국립전남대학교 정보소재공학과  
<주관심분야 : 강유전체 박막을 이용한 메모리  
소자, 압전박막, 광소자>



김 동 국(정회원)

1990년 고려대학교  
재료공학과 학사 졸업.  
1992년 한국과학기술원  
재료공학과 석사 졸업.  
2001년 한국과학기술원  
재료공학과 박사 졸업.

1992년~2001년 (주)대우전자 중앙연구소  
선임연구원  
2000년~현재 (주)피에조랩 대표이사  
<주관심분야 : MEMS, 압전소재 및 압전부품, 압  
전특성평가시스템 >



윤 영 섭(정회원)

1975년 서울대학교  
금속공학과 학사 졸업.  
1977년 한국과학원  
재료공학과 석사 졸업.  
1988년 Univ. Southern California  
전자공학과 박사 졸업.

1987년~1988년 Oklahoma State University  
대우교수  
1988년~1989년 UCLA Device Research Lab.  
연구원  
1989년~1992년 삼성전자 기흥반도체연구소  
수석연구원  
1992년~현재 인하대학교 전자공학과 교수  
<주관심분야 : ULSI DRAM 을 위한 신물질 개  
발, 강유전성 박막, Pyroelectric 센서, SAW  
device>