

IBS법으로 제조된 SBN60박막의 배향도 및 강유전특성

정성원, 이희영, 김정주*, 조상희*
 영남대학교, 경북대학교*

Orientation and Ferroelectric Properties of SBN60 Thin Films Prepared by Ion Beam Sputtering

Seong-Won Jeong, Hee Young LEE, Jeong-Joo Kim and Sang-Hee CHO*
 Yeungnam University, Kyungpook National University*

Abstract : SBN25박막을 씨앗층으로 사용하여 이온빔으로 증착한 SBN60/SBN25 다층박막에 대하여 결정화 및 배향 특성을 고찰하였다. 기판은 Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si(100) 웨이퍼(Pt 두께 200nm)를 사용하였으며, 약 3000 Å로 증착한후 650~750°C에서 후열처리를 하였다. 제작된 박막의 증착조건 및 열처리 조건에 따른 결정화특성 변화에 대하여 연구하였으며, SBN박막을 MFM구조의 박막커패시터로 제조하여 강유전특성을 측정하였다.

Key Words : SBN, ion beam sputtering, tetragonal tungsten bronze, ferroelectric

1. 서론

강유전체물질인 Sr_xBa_{1-x}Nb₂O₆(0.25 ≤ x ≤ 0.75)(이하 SBN)은 tetragonal 형 tungstenbronze(이하 TTB) 형 구조를 가지고 있으며 아울러 다양한 소자로 사용이 가능하다.^{(주1), (주2)} TTB는 산소팔면체를 기본단위로 해서 이것이 다양한 형태로 결합한다. 그림 1에서 보면 두 개의 A1, 네 개의 A2, 네 개의 C, 두 개의 B1, 여덟 개의 B2 site 그리고 30개의 산소로 이루어져 있으며 그 식은 (A1)₂(A2)₄(C)₄(B1)₂(b2)₈O₃₀으로 나타낼 수 있다. A1, A2, C, B1, B2 site는 서로 다른 양이온으로 부분적으로 또는 완전히 채워질 수 있다. Niobate 나 tantalate의 경우 B1과 B2 site는 Nb⁵⁺나 Ta⁵⁺를 채워지고, A1, A2, C site들은 알칼리토금속이나 알칼리 금속으로 채워진다. 또한, A1, A2, C site가 양이온으로 채워지는 양에 따라 Ba_{5x}Sr_{5(1-x)}Nb₁₀O₃₀(SBN)이나 Pb_xBa_(1-x)Nb₂O₆(PBN)와 같

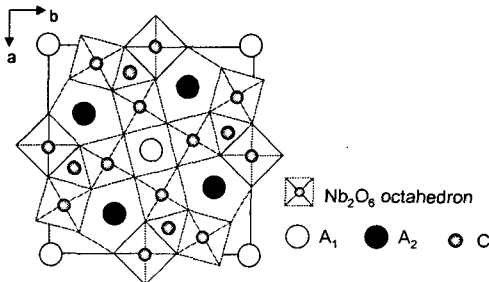


Fig. 1. Atomic arrangement in a unit cell of a tungsten-bronze type structure projected along the c-axis. (by P. B. Jamieson et al)

이 6개의 A site 중 5개만 채워져 있는 것과 Ba₄Na₂Nb₁₀O₃₀과 같이 모든 A1 site와 A2 site는 채워져 있지만 C site는 채워져 있지 않은 것, 마지막으로 K₆Li₄Nb₁₀O₃₀과 같이 A1, A2, C site가 모두 채워져 있는 것으로 구분할 수 있다.^(주3)

본 연구에서는 이온빔스퍼터링(Ion Beam Sputtering

Deposition; IBSD)법^(주4)을 이용하여 SBN 박막을 제조하여 working pressure, 열처리 온도 변화에 대하여 방위 배향성, 전기 특성에 대하여 논하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험장치

본 연구에서는 이온빔스퍼터를 사용하여 산화성 분위기에서 SBN60 박막을 증착하였으며, 사용한 이온소스는 Cold Hollow Cathode type source를 사용하였다.

표 1. 이온빔 스퍼터링 증착 조건

Target	Sr _{0.25} Ba _{0.75} Nb ₂ O ₆ (SBN25) Sr _{0.6} Ba _{0.4} Nb ₂ O ₆ (SBN60)
Substrate	Pt(111)/Ti/SiO ₂ /Si(100)
Base pressure	1.0 × 10 ⁻⁶ torr
Working pressure	4.3 × 10 ⁻⁴ torr
Discharge power	400V, 0.4A
Beam power	1kV, 25mA
Accelerator power	0.1kV, 2A
Deposition Temperature	400°C
P _{O₂} / P _{Xe}	3.3

증착용 타겟은 세라믹 분말을 이용하여 일반적인 세라믹 공정법을 통해 산화물 타겟을 제조하였다. 증착물 박막의 조성과 동일한 Sr_{0.25}Ba_{0.75}Nb₂O₆, Sr_{0.6}Ba_{0.4}Nb₂O₆ (이하 SBN30, SBN60) 산화산화물 타겟을 사용하였으며, 기판으로는 Pt(111)/TiO₂/SiO₂/Si(100) 웨이퍼(Pt 두께 200nm)를 사용하였다. 본 실험에서는 Xe ion beam을 이용하여 Table 1. 과 같은 조건으로 SBN박막을 증착하였으며 0.3 μm 두께의 박막을 얻을 수 있었다.

ion beam으로 박막 증착시 열처리 온도 변화에 따라서 배향성과 전기적 특성에 어떤 영향을 미치는지 알아보았다. 증착 시 기판을 400°C로 가열하였으며, 증착 후 Direct Insert법을 이용하여 650°C ~ 700°C 까지 30분간 열처리를

실시하였다

제조된 박막의 결정성, 두께 및 미세구조는 XRD(Model: D/MAX-2500, Rigaku Corp., Cu K α radiation)와 FE-SEM(Model: S-4200, Hitachi Ltd.)을 사용하여 관찰하였다. P-E hysteresis 특성 값은 Sawyer-Tower회로(Model: RT66A, Radiant)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 결정성 및 미세구조 분석

그림 2에서 400 $^{\circ}$ C에서 SBN25을 Pt(111)/Ti/SiO $_2$ /Si(100)

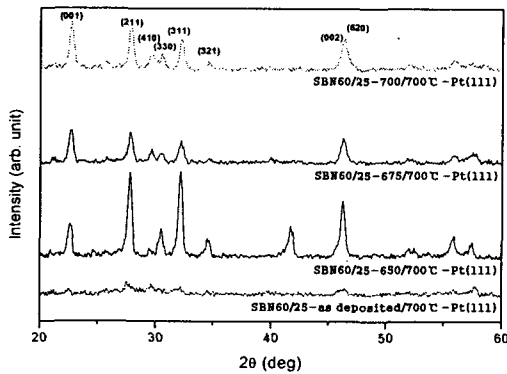


그림 2. working pressure 4.3×10^{-4} 일 때 각 온도별로 열처리한 SBN60/25 박막의 XRD 회절패턴

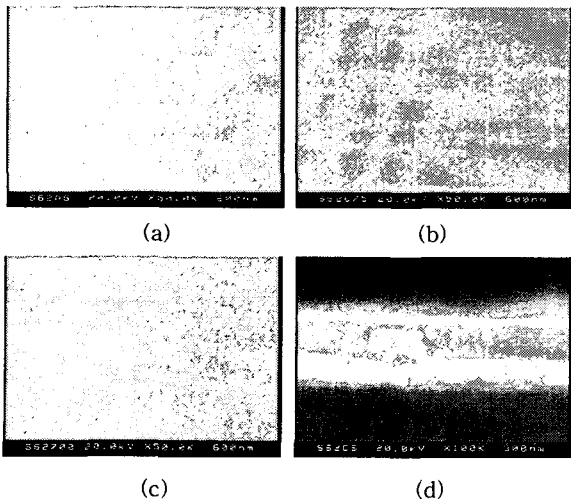


그림 3. SBN60/25 박막의 미세구조 사진

working pressure 4.3×10^{-4} 일 때 열처리 온도

(a) 650 $^{\circ}$ C (b) 675 $^{\circ}$ C (c) 700 $^{\circ}$ C (d) (c)의 단면 wafer에 증착하여 700 $^{\circ}$ C에서 30분간 열처리 한후 SBN60을 증착하여 650 $^{\circ}$ C ~ 700 $^{\circ}$ C 열처리한 과정을 거친 다층 SBN박막의 XRD 회절패턴을 나타내었다. Working pressure가 4.3×10^{-4} torr 일 때 열처리 온도 변화 시 (001)배향이 점점 증가 하는 것을 관찰 할 수 있었다.

그림 3에서는 Pt(111)/TiO $_2$ /SiO $_2$ /Si wafer를 기판으로 사용해 SBN60/25 다층박막을 증착하여 각 온도별로 열처리한 대표적인 시편들에 대한 SEM 분석결과를 나타내었다.

사진에서 온도가 증가할수록 결정립 성장이 잘 일어나는 경향을 관찰할 수 있는데, 이는 열처리 온도에 따라 결정의 성장 속도가 핵생성 속도에 비해 빨라지기 때문인 것으로 보여진다.

3.2 강유전 특성

Fig 4에 Pt/SBN/Pt(100)/Ti/SiO $_2$ /Si(100) 박막 커패시터였을 때, SBN30 700 $^{\circ}$ C, SBN60 700 $^{\circ}$ C에서 열처리한 시편의 잔류분극(2P $_r$)은 7 μ C/cm 2 정도이고, 항전계(E $_c$) 값은 약 80kV/cm을 얻을수 있었다.

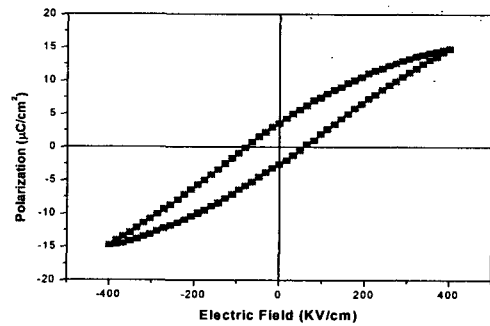


그림 4. SBN60/25 박막의 강유전 특성 곡선

4. 결론

Ion beam sputtering 법으로 다층 Sr $_{0.25}$ Ba $_{0.75}$ Nb $_2$ O $_6$, Sr $_{0.6}$ Ba $_{0.4}$ Nb $_2$ O $_6$ 박막을 Pt(111)/TiO $_2$ /SiO $_2$ /Si(100) wafer에 400 $^{\circ}$ C에서 증착하였다. 두께가 3000 Å인 SBN60/SBN25 박막의 열처리 온도에 따른 변화를 알아보기 위해서 SBN25를 증착하여 700 $^{\circ}$ C의 온도에서 열처리한 후 SBN60을 증착하여 0 $^{\circ}$ C ~ 700 $^{\circ}$ C까지 열처리 하였다. XRD 측정된 시편의 경우 SBN60의 열처리 온도를 변화 시켰을 경우 열처리 온도가 증가할수록 (001)배향이 더 일어난 것을 알 수 있었다.

측정된 P-E 이력곡선으로부터 SBN25 700 $^{\circ}$ C에서 열처리한 SBN60 750 $^{\circ}$ C에서 열처리한 시편의 잔류분극(2P $_r$) 값은 12 μ C/cm 2 정도이고, 항전계(E $_c$) 값은 약 80kV/cm 로 관찰 되었다.

참고 문헌

- [1] C.H. Luk, C.L. Mak, K.H. Wong, "Characterization of SBN films prepared by sol-gel process using 2-me", Thin Solid Films, 298, 57-61 (1997).
- [2] Keishi Nishio, Nobuhiro Seki, Jirawat Thongrueng, "Preparation and Properties of Highly Oriented Sr $_{0.3}$ Ba $_{0.7}$ Nb $_2$ O $_6$ Thin Films by a Sol-Gel Process" J. Sol-Gel Sci. and Tech., 16, 37-45 (1999).
- [3] Wataru Sakamoto, Toshinobu Yogo, "Synthesis of SBN Thin Films through Metal Alkoxide", J. Am. Ceram.Soc., 79(9) 2283-88 (1996).