

기판에 따른 BST 박막의 RF Power 의존성

Study on RF power dependence of BST thin film by the different substrates

최명률*, 이태일*, 박인철*, 김홍배**

(Cui ming lu, Tae-Il Lee, In-Chul Park, Hong-Bae Kim**)

Abstract

In this paper, we deposited MgO buffer layer on p-type (100)Si substrate in the condition of substrate temperature 400°C, working gas ratio Ar:O₂=80:20, RF Power 50W, working pressure 10mtorr, and the thickness of the film was about 300Å. Then we deposited Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ thin film using RF Magnetron sputtering method on the MgO/Si substrate in various RF power of 25W, 50W, 75W. The film deposited in 50W showed the best crystalline from the XRD measurement. To know the electrical properties of the film, we manufactured Al/BST/MgO(300Å)/Si/Al structure capacitor. In the result of I-V measurement, The leakage current density of the capacitor was lower than 10⁻⁷A/cm² at the range of ±150kV/cm. From C-V characteristics of the capacitor, can calculate the dielectric constant and it was 305. Finally we deposited BST thin film on bare Si substrate and (100)MgO substrate in the same deposition condition. From the compare of the properties of these samples, we found the properties of BST thin film which deposited on MgO/Si substrate were better than on bare Si substrate and similar to on MgO substrate.

Key Words : MgO buffer layer, RF power

1. 서 론¹⁾

최근 강유전체 재료를 고주파용 커패시터, 광도파관, 비 휘발성 기억소자, 적외선 센서 등 소자에 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 BST는 BaTiO₃의 높은 유전상수와 SrTiO₃의 낮은 유전

손실의 장점을 가지고 있어 DRAM, FRAM 및 고주파용 재료로 대두되고 있다.

강유전체 박막의 성장은 일반적으로 격자상수나 결정구조가 유사한 LaAlO₃나 MgO^[1] 등의 산화물 기판위에 많이 증착되었으나, 이와 같은 산화물 기판은 비교적 고가이기 때문에 소자의 단가를 낮추고 기존의 공정을 이용하기 위해서는 Si기판을 사용할 필요가 있다. 그러나 강유전체 박막을 Si 기판위에 직접 성장할 경우 높은 증착온도와 계면에서의 상호확산으로 인하여 강유전체의 물성이 저하되는 문제를 일으키게 된다.^{[2][3]}

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 Si 기판과 강유전체 박막사이에 완충층(buffer layer)을 삽입하여 상호확산을 제어하면서 우수한 물성의 강유전체

* 청주대학교 전자공학과
(충청북도 청주시 상당구 내덕동 36 청주대학교)
Fax : 043-229-8461
E-mail : cuiml@chongju.ac.kr
** 청주대학교 정보통신공학부

박막을 얻고자 하는 노력이 시도되고 있다. 완충재로서는 MgO, TiN, YSZ 등 재료가 연구되고 있는데 그중 MgO는 화학적으로 안정하고 Si 기판과 강유전체 박막 사이의 확산을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 격자상수 및 결정의 대칭성면에 있어서도 대부분의 페로브스카이트계 강유전체 박막제조를 위한 효과적인 완충층으로 사용되고 있다^{[4][5][6][7]}. 이에 본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링방법으로 (100)Si 기판위에 MgO 박막을 300Å의 두께로 제작한 후 그 위에 BST 박막을 RF 파워를 변화하면서 증착하여 bare Si 기판 및 (100)MgO 기판위에 증착된 BST 박막과 비교하여 최적의 RF 파워 세기를 확립하고 또한 MgO 박막의 완충층으로서의 효과를 조사하였다.

2. 실험 방법

기판은 p-type (100)Si 기판 및 (100) MgO 기판을 준비하였다. Si 기판에 대하여 유기 클리닝 및 RCA 클리닝을 통하여 유기물 및 자연 산화막을 제거하였고 MgO 기판에 대하여 유기 클리닝을 하였다. MgO 박막은 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 제조하였고 증착 조건은 Ar:O₂=80:20의 작업가스비, RF power 50W, 작업진공 10m torr, 기판온도는 400°C로 설정하였다. 박막의 두께는 스퍼터링율과 증착시간을 제어하여 300Å의 두께로 제조하였다. 제작된 MgO/Si 기판위에 RF 파워를 25W, 50W, 75W로 변화하면서 BST 박막을 증착하여 RF 파워에 따른 BST 박막의 특성을 조사하였다. 또한 동일한 조건으로 bare Si 기판과 MgO 기판위에 BST 박막을 증착하여 MgO 박막의 완충층으로서의 효과를 검증하였다.

제작된 BST/MgO/Si 샘플과 BST/Si 샘플 및 BST/MgO 샘플위에 직경 300um인 Metal shadow mask(dot type)를 이용하여 Al 상부 전극을 증착하였고 하부전극으로는 기판뒷면에 전체적으로 증착하였다. 제작된 박막의 결정상을 확인하기 위하여 XRD(X-ray diffraction) 측정을 하였고 전기적 특성의 조사는 HP 4145B(Semiconductor parameter analyzer)를 이용하여 I-V 특성을 측정하였고 HP 4192A(Semiconductor impedance analyzer)를 사용하여 C-V 특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 25W, 50W 및 75W에서 증착된 BST 박막의 XRD 회절곡선을 보여주고 있다. RF 파워 25W에서는 박막은 배향성을 보여주지 않은 비정질 형태로 성장되었음을 알 수 있는데 이는 낮은 파워로 인하여 타겟에서 떨어져 나오는 분자들이 기판에 도달하기에 충분한 에너지가 제공되지 않았고 또한 기판에 도달한 분자들도 안정된 에너지 상태로 도달하지 못하여 우수한 물성의 박막이 형성되기 어려웠음을 예상할 수 있다.

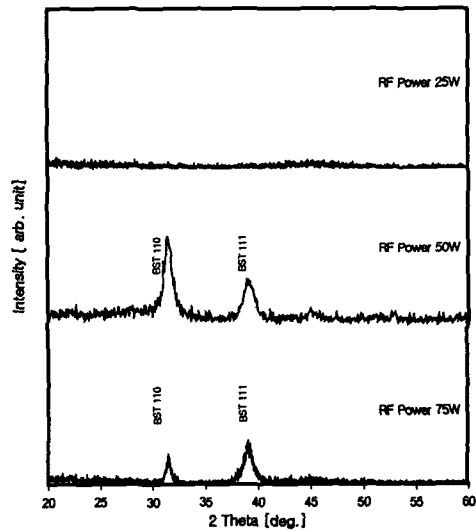


그림 1. RF power에 따른 BST 박막의 XRD패턴
Fig. 1. XRD patterns of BST thin films with various RF Powers

반면에 75W에서 증착된 박막은 타겟에서 튀어나오는 음이온과 전자들이 높은 전기장의 세기로 인하여 resputtering 효과가 증가하여 이 역시 우수한 물성의 박막을 얻기가 어렵게 됨을 알 수 있다. 따라서 50W에서 증착한 박막은 타겟에서 떨어져 나온 분자가 기판에 도달하여 안정된 에너지 상태를 찾아가기에 충분한 에너지를 공급하고 또한 상대적으로 낮은 전기장으로 인하여 심한 resputtering 현상도 방지할 수 있어서 최적의 조건으로 인정된다.

그림 2는 RF 파워에 따른 샘플의 누설전류특성이 다. 모든 샘플에서 인가전계 150kV/cm에서 10^{-7} A/cm²의 양호한 누설전류특성을 보여주고 있고 그 중 50W에서 증착된 샘플이 가장 우수한 특성을 나타내고 있는데 이는 50W에서 제작된 박막의 비교적 우수한 결정성이 그 원인임을 알 수 있다. 50W에서 제작된 샘플에 대한 C-V 측정결과 측정영역 커패시턴스는 198pF이고 이를 BST 및 MgO 박막을 두개 직렬 커패시터의 등가회로로 계산한 결과 BST 박막의 유전상수는 약 305였다.

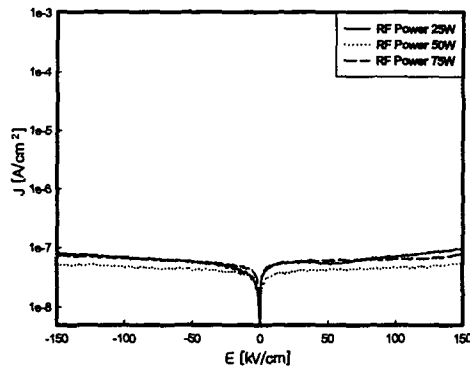


그림 2. RF 파워에 따른 BST/MgO/Si 커패시터의 누설전류특성
Fig. 2. Leakage current characteristics of BST/MgO/Si capacitors with various RF powers

그림 3은 기판에 따른 BST 박막의 XRD 회절패턴이다. (100)MgO 단결정 기판위에 성장시켰을 경우 (111)BST가 주요 결정방위이고 (100)BST 및 (110)BST 결정성이 공존하는 다결정으로 성장되었음을 알 수 있다. 그러나 Bare Si 기판위에 증착된 BST 박막은 선명한 우선 배향성을 나타내지 않고 있으며 (100)BST 피크는 나타나지 않고 (110)BST와 (111)BST 결정방위만 성장되었고 피크 강도 또한 약한 것으로 보아 충분히 결정화 되지 않았음을 알 수 있다. MgO 완충층을 사용하였을 경우 (100)BST 피크는 여전히 나타나지 않았지만 (110)BST와 (111)BST 피크 세기가 크게 증가한 것으로 보아 MgO 완충층이 BST 박막의 결정화에 크게 기여함을

확인 할 수가 있다.

그림 4는 기판에 따른 BST 박막의 누설전류특성이다. 인가전계 100kV/cm에서 MgO 단결정 기판위에 제작한 BST는 10^{-7} A/cm²이하의 우수한 누설전류특성을 보여주고 있는 반면 bare Si 기판위에 제작한 BST 박막은 비교적 큰 누설전류를 나타내고 있다. 그러나 Si 기판위에 MgO 완충층을 사용하였을 경우 제작된 BST 박막은 MgO 단결정 기판위에 제작된 BST 박막과 거의 유사한 누설전류특성을 나타내고 있는데 이는 그들의 유사한 결정화의 정도가 그 원인임을 알 수 있다.

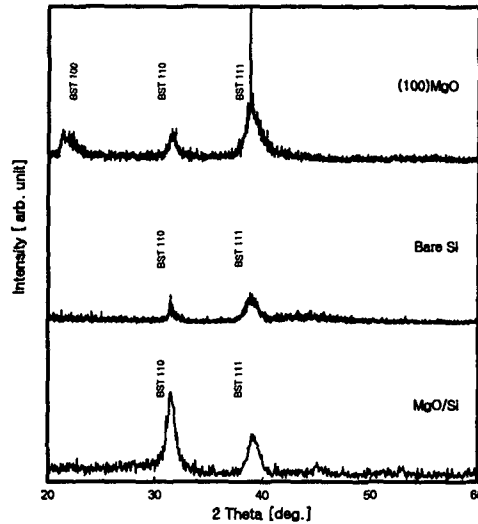


그림 3. 기판에 따른 BST 박막의 XRD 회절패턴
Fig. 3. XRD patterns of BST thin film with various substrates

C-V 측정을 하여 측정영역의 커패시턴스로부터 BST 박막의 유전상수 계산결과 Si 기판위에 MgO 완충층을 삽입하였을 경우 BST 박막의 유전율은 Bare Si 기판위에 제작된 BST 박막의 유전을 120에서 305로 급상승 하였으며 (100)MgO 단결정기판위에 제작된 BST 박막의 유전을 310에 비하여 큰 차이를 보이지 않고 있다.

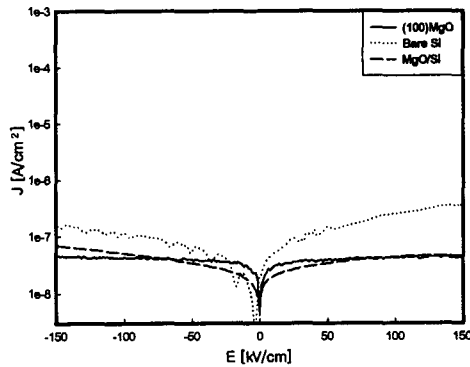


그림 4. 기판에 따른 BST박막의 누설전류특성
Fig. 4. Leakage current characteristics of BST thin film with various substrates

4. 결론

Si 기판위에 MgO 버퍼층을 300Å 증착하고 제작된 MgO/Si 기판위에 RF 파워를 변화하면서 BST박막을 증착하여 RF 파워에 따른 BST 박막의 특성을 조사하였다. 또한 그 최적의 RF 파워 조건에서 증착된 BST 박막과 동일한 조건에서 bare Si 기판 및 (100)MgO 기판위에 증착된 BST 박막과의 특성을 비교하였다.

XRD 측정결과 BST 박막은 (110)BST 및 (111)BST 결정이 공존하는 다결정으로 성장되었고 RF 파워 50W에서 가장 우수한 결정성을 보여주었고 $\pm 150\text{kV/cm}$ 의 인가전계에서 $0.1\mu\text{A/cm}^2$ 이하의 양호한 누설전류 특성을 나타내었으며 이때 유전상수는 305였다.

50W에서 MgO/Si 기판위에 증착한 BST 박막과 bare Si 기판 및 (100)MgO 기판위에 증착된 BST 박막과의 특성을 비교한 결과 bare Si 기판위에 제작된 BST 박막보다 결정성, 누설전류특성, 유전상수 등 방면에서 훨씬 우수함을 보여주었고 (100)MgO 기판위에 제작한 BST 박막과는 유사한 특성을 나타내고 있다.

결정의 배향성, 전기적 특성, 유전특성 등을 조사한 결과 MgO는 BST 박막을 제조하기 위한 효과적인

인 완충층임을 확인할 수 있었고 BST 박막 증착 시 RF 파워는 50W가 적합하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] C.S. Chen, J. Zhao, L. Luo, P. Lu, Y.Q. Li, P. Norris, B. Keat, F. Consandey, C.J. Maggiore, B. Gallois and B.J. Wilkens, "Epit-axial Grwth of BaTiO₃ Thin Films by Plasma-Enhanced Metalorganic Chemical Vapor Deposition" *Appl. Phys. Lett.* 69(2) 1144-1146 (1992)
- [2] M.H. Yeh, Y.C. Liu, K.S. Liu, I.N. Lin, J. M. Y. Lee and H.F. Cheng, "Electrical Characteristics of Barium Titanate Films Prepared by Laser Ablation," *J. Appl. Phys.* 74(3) 2143-2145 (1993)
- [3] B.S. Kwak, K. Zhang, E.P. Boyd, A. Erbil and B.J. Wilkens, "Metalorganic Chemical Vapor Deposition of BaTiO₃ Thin Films," *J. appl. Phys.* 69(2) 767-772(1991)
- [4] H. Z. Durusoy, "Growth Structures of MgO Films on Si(100) and Si(111) surfaces." *J. Mat. Sci. Lett.* 10. 1023-1025 (1991)
- [5] B.S. Kwak, E. P. Boyd, K. Zhang, A. Erbil and B. J. Wilkens, "Metalirganic Chemical Vapor Deposition of [100] textured MgO Thin Films." *Appl. Phys. Lett.* 54(25) 2542-2544
- [6] R. Huang and A. H. Kitai, "Temperature dependence of the Growth Orientated Atomic Layer Growth MgO," *apol. Phys. Lett.* 61(12) 1450-1452 (1992)
- [7] R. pinto, J.P. Poothra, S.C. Puradare, S.P. Pai, C.P.D Souza, D. Kumar and M, Sharon, "Growth and Microstructure Study of Radio Frequency Magnetron Sputtered MgO Film on Silicon," *J. Vac. Sei. Thch*