

열처리에 따른 BST 박막의 특성에 관한 연구

최명률, 박인철, 권학용, 손재구, 김홍배*

청주대학교 대학원 전자공학과, 청주대학교 이공대학 전자정보공학부*

Study on Post Annealing Dependence of BST Thin Films

CUI MING LU, Park in-chul, Kwon hak-yong, Son jae-goo, Kim hong-bae*

Dept. Electronic Engineering, Chongju University

Division of Information Engineering and Telecommunication, Chongju University*

Abstract : 본 논문에서는 p-type (100)Si, (100)MgO 그리고 MgO/Si 기판 위에 RF Magnetron sputtering 법으로 Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃(BST)박막을 증착 후 600℃의 질소분위에서 RTA(Rapid Thermal Annealing)를 이용한 1분간의 고온 급속열처리를 하였다. XRD 측정결과 모든 기판에서 (110) Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃의 주피크가 관찰되어졌고, 열처리 후 피크 세기가 증가함을 확인할 수 있었다. C-V 특성에서 각각의 기판에서 측정된 커패시턴스 값으로 계산된 유전율은 120(bare Si), 305(MgO/Si) 그리고 310(MgO)이었다. 누설 전류 특성에서는 150KV/cm이내의 인가전계에서 0.1uA/cm²이하의 안정된 누설전류값을 보여주었다. 결론적으로 MgO 버퍼층을 이용한 기판이 BST 박막의 증착을 위한 기판으로써 효과적임을 알 수 있었다.

Key Words : BST, RTA, MgO Buffer layer

1. 서 론

최근 정보통신의 비약적인 발전에 따라 강유전체 재료를 tunable microwave device에 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1] 강유전체 물질 중 BST는 BaTiO₃의 높은 유전상수와 SrTiO₃의 낮은 유전손실의 장점을 가지고 있어 DRAM, FRAM 및 고주파용 재료로 대두되고 있다.

강유전체 BST 박막의 성장은 일반적으로 격자상수나 결정구조가 유사한 LaAlO₃나 MgO 등 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]

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 Si 기판과 강유전체 박막사이에 MgO, TiN, LAO 등 완충층(buffer layer)을 삽입하여 상호확산을 제어하면서 우수한 물성의 강유전체 박막을 얻고자 하는 노력이 시도되고 있다. 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.^[3] 이에 본 연구에서는 Si 기판위에 단일 완충층(MgO)을 사용하여 제작된 BST 박막의 열처리 전·후의 결정성, 누설전류특성 및 비유전율 등을 산화물 단결정 기판을 사용한 BST 박막 및 bare Si 기판을 사용하여 제작한 BST 박막과 비교, 분석하여 MgO/Si 기판의 실용가능성을 검증하였다.

2. 실험

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 target은 순도가 99.99%이고 두께가 0.25 inch인 세라믹 target을 사용하였고 BST target은 순도가 99.9%이고 두께가 0.25inch인 세라믹 target를 사용하였다. MgO 및 BST박막 증착은 RF magnetron sputtering system을 사용하였고 증착 조건은 Ar:O₂=80:20의 작업가스비, RF power 3W/cm², 작업진공 10mtorr, 기판온도는 400℃로 설정하였다. MgO 박막의 두께는 스퍼터링율과 증착시간을 제어하여 300Å의 두께로 증착하였다. 제작된 MgO/Si 기판위에 BST 박막을 약 2000Å의 두께로 증착하였다. 또한 동일한 조건으로 bare Si 기판과 MgO 기판위에 BST 박막을 증착하였다. 600℃의 질소분위에서 1분간 고온급속열처리를 한 후 특성을 비교하여 Si 기판의 실용 가능성을 검증하였다.

제작된 박막의 결정상을 확인하기 위하여 XRD 측정을 하였고 전기적 특성평가를 하기 위하여 제작된 BST/MgO/Si 샘플과 BST/Si 샘플 및 BST/MgO 샘플위에 직경 300um인 Metal shadow mask(dot type)를 이용하여 이상부 전극을 증착하였고 하부전극으로는 Si를 기판뒷면에 전체적으로 증착하였다. HP4145B(Semiconductor parameter analyzer)를 이용하여 I-V 특성을 측정하였고 HP4192A(Semiconductor impedance analyzer)를 사용하여 C-V 특성을 조사하여 BST 박막의 유전율을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에서는 각각의 기판에 증착되어진 BST 박막의 열처리 전·후의 XRD 패턴을 보여주고 있다. 측정 결과 모든 샘플에서 (110)Ba_{0.5}Sr_{0.5}TiO₃ 피크가 관찰되었고 제2상의 피크는 (111)BST만이 관찰되었다. 그리고 열처리 후의 피크 세기가 증가 하였는데, 이는 열처리 과정에서 박막 내 원자의 이동(migration)이 결정화에 기인한 것으로 보여진다.

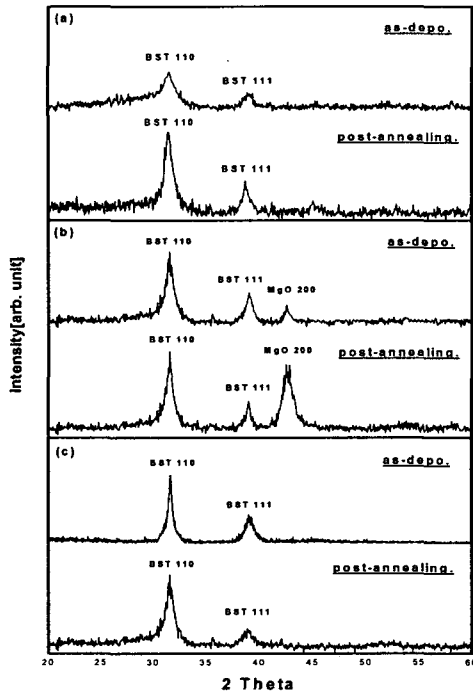


그림 1. 열처리 전·후의 각 기판에 따른 XRD 회절 패턴
(a) BST/Si (b) BST/MgO (c) BST/MgO/Si

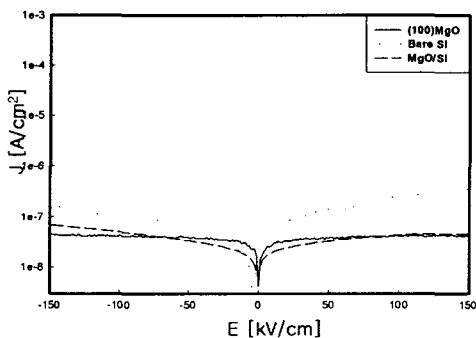


그림 2. 기판에 따른 BST 박막의 누설전류 특성.

그림 2는 열처리 후 기판에 따른 BST 박막의 누설전류 특성이다. 인가전계 ±150kV/cm에서 MgO 단결정 기판 위에 제작한 BST는 10⁻⁷A/cm²이하의 우수한 누설전류특성을 보여주고 있는 반면 bare Si 기판위에 제작한 BST 박막은 비교적 큰 누설전류를 나타내고 있다. 그러나 Si

기판과 BST 박막 사이에 MgO 완충층을 삽입하였을 경우, 제작된 BST박막은 MgO 단결정 기판위에 제작된 BST 박막과 거의 유사한 누설전류특성을 나타내고 있는데 이는 그들의 유사한 결정화의 정도가 그 원인임을 알 수 있다.

그림 3은 열처리 후 BST 박막의 유전율이다. MgO/Si 기판위에 제작된 BST 박막의 유전율은 Bare Si 기판위에 제작된 BST 박막의 유전율 120에서 305로 급상승 하였으며 (100)MgO 단결정 기판위에 제작된 BST 박막의 유전율 310과 근사한 수치를 보이고 있다.

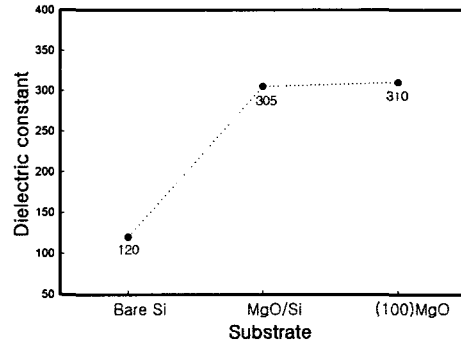


그림 3. 기판에 따른 BST 박막의 비유전율.

4. 결론

본 논문에서는 기판에 따른 열처리 전·후의 BST 박막의 특성을 조사하였다. 열처리 후 결정성 증가를 확인할 수 있었고 누설전류 특성 역시 양호하였다. 열처리 후 BST 박막의 비유전율 측정결과 MgO 완충층을 삽입한 BST 박막은 bare Si 기판위에 제작된 BST 박막에 비하여 결정성, 누설전류특성, 비유전율 등 특성이 크게 개선되었고 단결정 MgO 기판위에 제작된 BST 박막과 유사한 특성을 나타내고 있어 기존의 단결정 산화물 기판을 대체하여 강유전체 BST 박막을 제조할 수 있는 기판으로의 충분한 가능성을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부·한국과학기술연구원 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1]. Ferroelectrics at Microwaves, ed. by O. G, Vendik (Soviet Radio, Moscow, in Russian)
- [2]. 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)
- [3]. H. Z. Durusoy, "Growth Structures of MgO Films on Si(100) and Si(111) surfaces. "J. Mat. Sei. Lett. 10. 1023-1025 (1991)