

Si기판상의 BST박막 제조를 위한 MgO 완충층의 제조 및 특성

최명틀* · 이태일* · 박인철* · 김홍배**

Cui minglu* · Tae-Il Lee* · In-Chul Park* · Hong-Bae Kim**

*청주대학교 전자공학과, **청주대학교 정보통신공학부

초 록

본 논문에서는 P-type (100)Si 기판위에 RF magnetron sputtering법으로 강유전체 BST 박막을 증착하기 위한 완충층(buffer layer) MgO 박막을 제작하였다. 증착 시 기판온도는 400°C, 작업 가스 Ar:O₂:=80:20, 작업진공 10m torr에서 RF 파워를 25W, 50W, 75W로 변화하면서 증착하여 최적의 RF 파워조건을 확립하였다. XRD 측정결과 RF 파워 세기에 관계없이 MgO(200)피크만 관찰되었고 RF 파워 50W에서 제작한 박막이 가장 양호한 결정성을 나타내었고 이 때 I-V측정결과 ±1.5 MV/cm²에서 10⁻⁷A/cm²이하의 양호한 누설전류특성을 나타내었고 C-V 측정결과 히스테리시스가 거의 없는 양호한 인터페이스 특성을 보여주었고 비유전율은 약 8.4였다.

1. 서론

강유전체는 그 특유의 압전성, 초전성, 고유전성 등 특성으로 인하여 고주파용 커패시터, 광도파관, 비 휘발성 기억소자, 적외선 센서 등 소자의 응용에 많이 이용되고 있다. 그 중 BST는 Ba과 Sr의 몰 비의 조성에 따라 BaTiO₃의 높은 유전상수와 SrTiO₃의 낮은 유전손실의 장점을 가지고 있어 DRAM, FRAM 및 고주파용 재료로 대두되고 있다.

기존의 BST 박막의 성장은 격자상수나 결정구조가 유사한 MgO나 LaAlO₃[1]등의 산화물 단결정 기판위에 많이 증착되었으나, 이와 같은 산화물 기판은 가격이 높아서 소자의 단가를 낮추고 기존의 공정을 이용하기 위해서는 Si기판위에 직접 증착할 필요가 있다. 그러나 강유전체 박막을 Si기판위에 직접 성장할 경우 격자상수의 차이와 계면에서의 상호확산으로 인하여 배향된 박막을 얻기가 어렵고 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 박막을 얻고자 하는 노력이 시도되고 있다. 완충층 재료로서는 MgO, TiN, YSZ등 물질이 있는데 그중 MgO는 화학적으로 안정하고 Si 기판과 강유전체 박막 사이의 확산을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 격자상수가 4.21Å으로 약 3.9Å의 격자상수를 가지고 있는 페로브스카이트계 강유전체 박막제조를 위한 효과적인 완충층으로 사용되고 있다[4,5,6,7]. 이에 본 논문에서는 RF magnetron sputtering법으로 (100)Si 기판위에 MgO박막을 RF 파워를 25W, 50W, 75W로 변화하면서 약 500Å의 두께로 제작하여 그 특성에 대한 연구를 통하여 Si 기판위에 MgO 박막 증착을 위한 최적의 RF 파워 조건을 확립하였다.

2. 실험방법

기판은 p-type (100)Si 기판을 사용하였다. Si 기판에 대하여 유기 cleaning 및 RCA cleaning 을 통하여 유기물 및 자연 산화막을 제거하였다. MgO 박막은 RF magnetron sputtering 방법으로 제조하였고 증착 조건은 Ar:O₂=80:20의 작업가스비, 작업진공 10m torr, 기판온도는 400℃에서 RF power를 25W, 50W, 75W로 변화하면서 증착시간과 스퍼터링율을 제어하여 약 500Å의 두께로 증착 하였다.

제작된 MgO 박막의 결정상을 확인하기 위하여 XRD(X-ray diffraction) 측정을 하였고 전기적 특성을 조사하기 위하여 MgO/Si 샘플위에 직경 300um인 Metal shadow mask(dot type)를 이용하여 Al 상부 전극을 증착하였고 하부전극으로는 Al을 기판 뒷면에 전체적으로 증착하여 MIS(metal-insulator-semiconductor) 구조의 커패시터를 제작하였다. HP4145B(Semiconductor parameter analyzer)를 이용하여 I-V 특성을 측정하였고 HP4192A(Semiconductor impedance analyzer)를 사용하여 C-V 특성을 조사하였다. 그림 1은 전체 공정의 순서도이다.

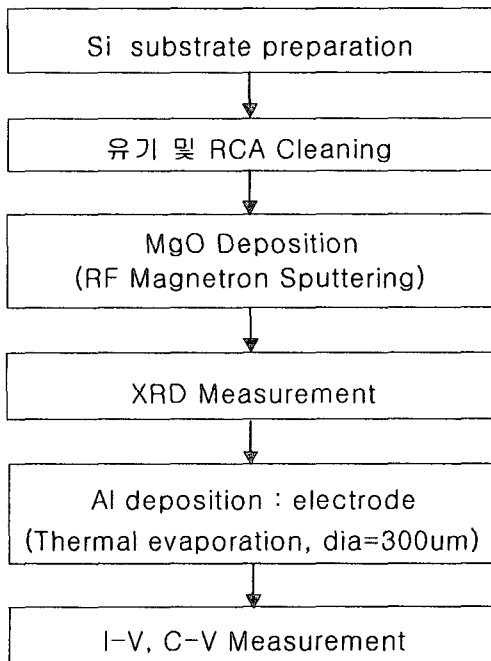


그림 1. 공정 순서도

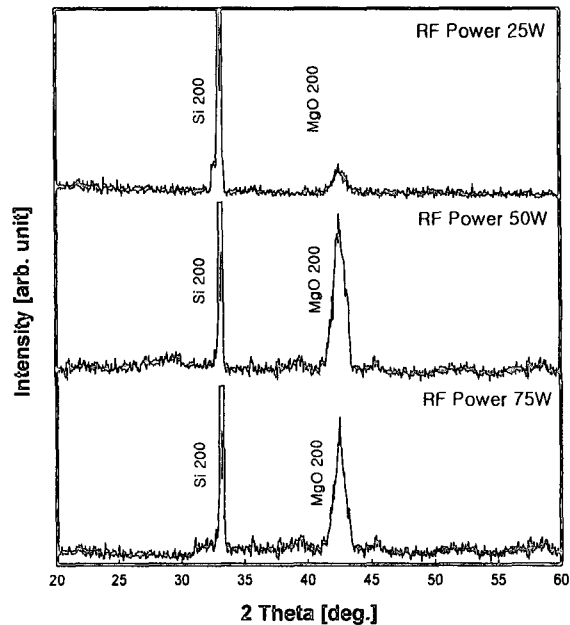


그림 2. RF Power에 따른 MgO 박막의 XRD 회절패턴

3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 RF 파워 25W, 50W, 75W에서 제작된 MgO 박막의 XRD 회절패턴이다. (200)MgO 피크만 관찰된 것으로 보아 MgO 결정의 배향성은 인가된 파워의 세기와 관계없이 기판의 결정배향성에 따라 a축 배향성을 가지고 성장되었음을 확인 할 수 있었다. 그 중 RF 파워 25W에서 제작된 박막의 결정성이 떨어짐을 볼 수 있는데 이는 비교적 낮은 RF 파워 세기로 인하여 타겟에서 떨어져 나온 분자가 기판에 도달하기에 충분한 에너지를 갖지 못하며 또한 기판에 도달한 분자도 안정한 에너지 상태로 찾아가기 어렵기 때문이다. 또한 RF 파워 75W에서 제작된 박막의 결정성이 RF 파워 50W에서 제작된 박막의 결정성보다 떨어짐을 볼 수 있는데 이는 비교적 큰 RF 파워로 인하여 resputtering 현상이 일어나 결정성에 영향을 주었을 것으로 예상된다. 이러한 결정성은 비교적 큰 누설전류가 생성되고 또한 비유전율 값도 떨어지게 된다. 이는 I-V 및 C-V 측정에서 확인 할 수 있다.

그림 3은 RF 파워에 따른 MgO 박막의 누설전류 특성이다. 모든 샘플에서 인가전계 $\pm 1.5\text{MV/cm}^2$ 에서 10^{-7}A/cm^2 이하의 양호한 누설전류특성을 나타내었고 그 중 RF 파워 50W에서 제작된 박막의 누설전류 특성이 가장 우수하게 나타나고 있는데 보다 우수한 결정성이 그 원인임을 알 수 있다.

그림 4는 제작된 박막의 C-V특성 곡선이다. 측정결과 히스테리시스가 없고 비교적 양호한 인터페이스특성이 나타남을 확인 할 수 있었다. 식 1을 이용하여 축적영역 커패시턴스로부터 계산한 MgO 박막의 비유전율은 25W에서 약 7이고 50W에서 8.4, 75W에서 7.5였다. 50W에서 제작된 박막의 비유전율이 가장 높은 것은 비교적 우수한 결정성이 그 원인임을 알 수 있다. 그러나 벌크상태 MgO의 비유전율 9.0에 비하여 낮은 것은 박막상태라는 점과 MgO 박막과 Si 기판계면사이의 자연산화막과 Si 기판 뒷면의 자연산화막이 그 원인이라고 사료된다.

$$\epsilon_r = \frac{d \times C}{A \times \epsilon_0} \quad (1)$$

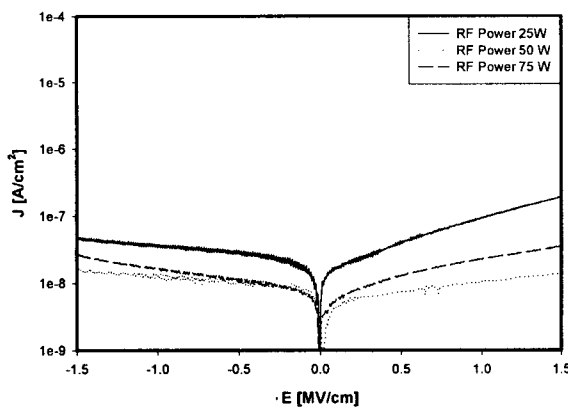


그림 3. MIS 커패시터의 누설전류 특성

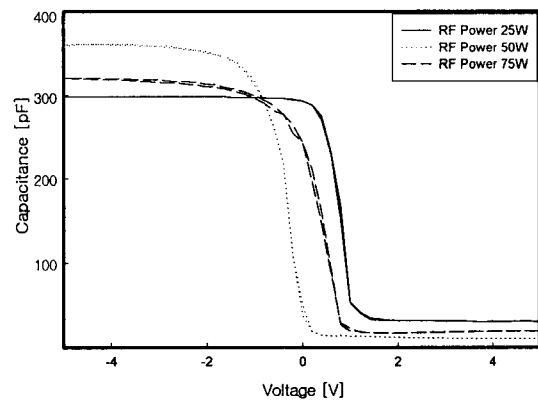


그림 4. MIS 커패시터의 C-V 특성

4. 결론

Si 기판위에 강유전체 박막을 증착하기 위한 완충층용 MgO 박막을 RF 파워를 변화하면서 증착하여 MgO 박막증착을 위한 최적의 RF 파워 조건을 확립하였다.

XRD 측정결과 MgO 박막은 인가된 파워 세기에 관계없이 a축 배향성을 가진 (200)MgO 단결정으로 성장되었고 그 중 RF 파워 50W에서 제작된 박막의 결정성이 가장 우수함을 확인 할 수 있었다. I-V 측정결과 인가전계 $\pm 1.5\text{MV/cm}^2$ 에서 10^{-7}A/cm^2 이하의 양호한 누설전류특성을 나타내었고 C-V 측정결과 역시 RF 파워 50W에서 제작된 박막의 특성이 가장 우수하였고 축적영역 커패시턴스로부터 계산된 MgO 박막의 비유전율은 약 8.4였다.

박막의 결정성, 전기적 특성 평가 결과 Si 기판위에 MgO 박막을 증착하기 위한 최적의 RF 파워 조건은 50W임을 알 수 있다.

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, "Epitaxial Growth 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. Sei. Lett. 10. 1023-1025 (1991)
- [5] B.S. Kwak, E. P. Boyd, K. Zhang, A. Erbil and B. J. Wilkens, "Metalorganic 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," Appl. Phys. Lett. 61(12) 1450-1452 (1992)
- [7] R. Pinto, J.P. Pothra, 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. Tech