

MOCVD 방법으로 증착시킨 BST 박막의 Uniformity-미세구조 관계
(Uniformity-Microstructure Relationship of BST Films Grown by MOCVD)

LG 종합기술원 : 권현자, 김현하, 정영우, 이정수

알파사이언스 : 윤학로

CTI(California Technology International) : James R. Bogert

1. 서론

반도체 기억소자가 고집적화됨에 따라 높은 유전율을 갖고 있는 (Ba, Sr)TiO₃ (BST) 박막은 차세대 giga-bit DRAM(dynamic random access memory) 용 재료로서 활발히 연구되어지고 있다. BST 고유전막의 전기적 특성은 조성에 따라 크게 변하므로 이러한 조성을 정확하고 빠르게 확인하는 것은 매우 중요하다. EDXRF(energy dispersive x-ray fluorescence spectrometer)는 wafer를 자르지 않고 조성과 두께의 uniformity를 동시에 정확하고, 비파괴적으로 신속히 측정할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 EDXRF 여러 가지 정량분석 방법 중 standard 시료가 많이 필요하지 않는 fundamental parameter program(FP)을 이용하여, 4 inch Si wafer 위에 MOCVD(metal oxide chemical vapor deposition) 방법으로 증착시킨 BST 박막의 조성과 두께의 uniformity, 상형성 등을 EDXRF, ICP-MS, XRD, TEM으로 비교분석하여 그 정확도를 증명하였다.

2. 실험방법

4 inch Si wafer 위에 BST 박막을 MOCVD 방법으로 증착시켰으며 BST(1200 Å)/SiO₂/Si의 적층구조를 이루고 있다. BST₆₂₅는 온도 625 °C, 압력 1m Torr, O₂ 분위기, flow rate 250 sccm에서 증착시켰고, BST₅₅₀는 온도 550 °C, 압력 1m Torr, N₂O+O₂ 분위기, flow rate 400 sccm에서 증착시켰다. 측정 시료의 interelement effect, sensitivity를 보정하기 위해서 mylar film 위에 증착된 BaF₂, SrF₂, Ti thin film standards를 제작하였고, spectrum의 Ba La, Sr Ka, Ti Ka 특성 X 선을 사용하여 정량분석하였다.

3. 결과

Wafer 전체를 mapping 하여 측정한 BST₆₂₅와 BST₅₅₀의 average (Ba+Sr)/Ti 비는 각각 0.81과 0.52 이었고, 증착 온도가 낮은 BST₅₅₀는 Ti이 더 rich한 것으로 관찰되었다. 이러한 현상은 증착 온도가 감소함에 따라 Sr과 Ba이 잘 분해되지 않기 때문인 것으로 판단된다. BST₆₂₅의 경우, (Ba+Sr)/Ti와 Ba/Sr의 uniformity는 각각 ± 6.0%와 ± 4.9%이고 BST₅₅₀는 각각 ± 8.1%와 ± 6.0%이다. ICP-MS로 측정한 (Ba+Sr)/Ti 비는 0.81과 0.50이었다. 장비의 실험 오차 범위를 고려하면 XRF data와 상당히 잘 일치함을 알 수 있다. XRD를 이용하여 관찰한 상형성은 BST₆₂₅의 경우, wafer 전 영역에 걸쳐 단일 BST상이 관찰되었고, BST₅₅₀는 BST상 이외에 TiO₂, (Ba, Sr)CO₃ 상들이 관찰되었다. 이 상들은 wafer 위치에 따라 상대적 양이 변하였다. 따라서 BST의 상형성, 결정성, lattice parameter는 BST의 조성 and uniformity에 크게 의존하는 것을 알 수 있다.

EDXRF에서 관찰된 BST₆₂₅의 average mass thickness는 50.9 ug/cm²이고 mass thickness uniformity는 ± 7.9%이다. BST₅₅₀는 BST₆₂₅보다 약간 더 나쁜 ± 8.7%였다. 실제 thickness로 환산하기 위해서는 mass thickness 값을 density로 나누어 주어야 한다. 박막의 밀도는 단면 TEM image로부터 직접 두께를 측정하여 환산하였다. BST₆₂₅ 두께는 wafer 중심이 1213 Å, 바깥쪽이 1135 Å이었고 BST₅₅₀는 wafer 중심이 1195 Å, 바깥쪽이 1049 Å이었다. density는 bulk value(5.627 g/cm³)의 80%인 4.5 g/cm³으로 계산되었다. TEM 사진으로 관찰해 본 결과 density는 두 시료 모두 wafer 전 영역에서 거의 동일함을 알았다. 따라서 우리는 EDXRF가 정확하고 비파괴적으로 신속히 BST 박막이 조성 and 두께의 uniformity를 실험할 수 있음을 확인하였다.