

Analysis of Ferroelectric RAM Device by Transmission Electron Microscopy : its Tasks and Analytical Difficulties

백현석, 박경수, 송세안, 이준기*, Robert Sinclair+

Analytical Engineering Center

*Material & Device Laboratory

Samsung Advanced Institute of Technology, P.O. Box 111, Suwon 440-600, Korea

+Department of Materials Science and Engineering, Stanford University, Stanford, CA 94305, U.S.A.

강유전체 메모리(FeRAM)는 비휘발성 메모리로 DRAM(Dynamic Random Access Memory)수준의 고속입력/재생이 가능하고 저소비전력등을 보유한 뛰어난 특징을 가지는 이상적인 메모리다. 이같은 장점에도 불구하고 강유전체 메모리가 특정한 반도체메이커를 제외하고 본격적으로 양산·제조되지 못한 이유는 강유전체 메모리가 실용 전자디바이스로서 완전히 인지되기 위하여는 해결해야할 많은 문제들이 있기 때문이다. 즉 강유전체 재료인 PZT(Pb(Zrx, Ti1-x)O3), SBT(SrBi2Ta2O9)등을 안정적으로 성막하는 문제, 강유전체의 전극으로 일반적으로 이용되는 Pt나 Ir같은 귀금속물질들의 고정밀도형상가공의 어려움, Device공정에서의 Sidewall의 식각 damage 문제 그리고 Bottom Contact failure 등이다.

Transmission Electron Microscopy는 그의 탁월한 분해능덕택으로 계면의 원자배열과 같은 초 미세영역의 영상화, 화학분석 수행능력을 보유하고 있어 강유전체 Device 개발에서 특별히 문제가되는 다층박막간의 계면, Sidewall의 식각 damage 그리고 Bottom Contact failure 등에서 문제의 핵심이 되는 미세영역에서의 바라지 않는 생성물들을 규명하는 일에 critical한 technique으로 그 능력과 잠재성이 매우 높은 분석기술이다.

본 논문에서는 FeRAM Device 개발과정에서 발생한 Initial Fail 또는 Random Fail등으로 불리는 불량원인을 규명하기 위하여 수행한 Bottom Contact Barrier의 TEM 분석의 결과를 기술하였다.

우선 Cell Mapping을 수행하여 불량이 발생한 Cell 과 정상 작동한 Cell 을 구분하였으며 FIB(Focussed Ion Beam)을 이용하여 원하는 Cell 의 단면가공을 실시 하였다. 이 과정은 수십만개의 Cell중 원하는 특정한 Cell(약 1.2 um)만을 가공하여야 하기 때문에 기존의 Ion Milling 으로는 단면시료의 제작이 거의 불가능하여 FIB의 사용이 필수적이였다.

TEM 관찰은 정상작동을 하는 Cell과 불량 Cell에 대하여 각각 수행하였다. 관찰의 결과로는, 불량 Cell의 경우 Bottom Contact Barrier 로 사용한 CoSi와 하부전극으로 사용한 Ti/Ir 사이에 형성된 TiSiO 화합물이 Contact의 전 부분에 균일하게 형성되었고 정상작동 시료의 경우 이러한 층들이 부분적으로 형성된 것으로 관찰되었다 (Figure 1, 2). 결국 Contact의 전부분에 절연층이 형성되어 전기적 통로를 완전차단당하여 불량이 발생한 것으로 나타났다. 절연층이 생성된 원인으로는 PZT 막으로부터 기인한 O가 확산되어 IrO₂/Ir 층을 통과하여 p-Si plug의 Si과 함께 고온(650도)에서 화합물을 이룬 것으로 결론되어 하부의 Si 상승의 원천이었던 p-Si 플러그 중앙에 형성된 개폐된 구멍을 밀폐시킴으로써 불량이 현저히 감소되는 효과를 보았다.

본 논문의 의의로 생각해볼 수 있는 몇 가지 점들을 요약하면, 먼저 FeRAM Device에서 나타나는 Initial Fail과 같은 불량 원인으로 Bottom Contact 에서의 절연층 형성이 매우 critical 한 문제이며 이와같은 경우처럼 특정 Cell의 시편제작이 불가피 할 경우 FIB를 이용한 시료제작이 매우 유용하다는 점이다. 하지만 FIB 로 제작된 TEM의 시료들은 TEM 시편으로써는 아직 두꺼운(40 nm) 한계가 있으며 특히 milling rate가 현저히 다른 FeRAM의 다층박막에서는 Si과 같은 경원소 박막은 잘 관찰되지만 Pt, PZT, Ir의 경우 HR 형상의 관찰이 불가능한 한계가 나타났다. 또한 IrO₂ 막의 하부에 형성된 검은 contrast의 Ir rich 막의 경우처럼 FIB milling 시에만 나타나는 현상의 설명은 앞으로 연구하여야 할 중요한 과제이다.

참고문헌

[1] H.H KIM et al. Pro. Intergrated Ferroelectrics, in press(2001)

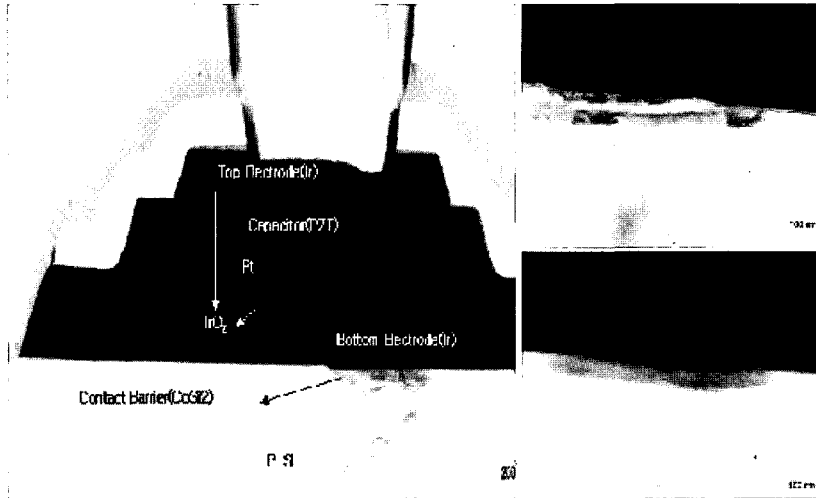


Figure 1. FeRAM 의 TEM 형상

좌 : FIB(Target Thickness : 40 nm) 로 준비된 FeRAM의 단면형상: 증 원소 (Ir, Pt)는 아직도 HR-TEM 관찰에 대하여 충분히 얇지 않음
 우상 : normal- operating cell, Bottomright : Initial Failure Cell

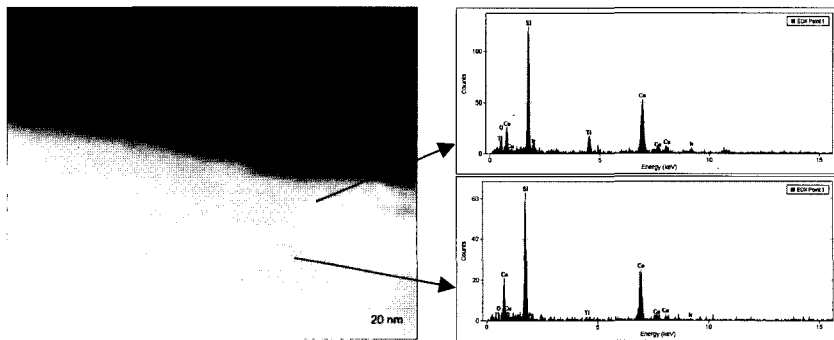


Figure 2 : Failuer Cell의 Bottom Contact 에서 얻은 HR-TEM의 형상 과 EDS Spectru (계면에서 Si, Ti, O 가 검출됨)