

Analytical Transmission Electron Microscopy(ATEM) Application for Failure Analysis of Random Bit-Fail on ULSI DRAM Device

김중현, 최진태, 최근영, 권태석*, 박주철, 이순영
 (주) HYNIX반도체 메모리연구소 분석개발팀, *공정BC팀

1. 서론

반도체시편의 ULSI(Ultra-Large-Scale Integration)화에 따른 Pattern 크기의 감소는 각 Unit cell간 Short에 의한 불량발생율도 증가 시키고 있다. Cell간 Short성 불량(일반적으로 Bit-Fail이라고 함)은 소자의 신뢰성에 영향을 줄뿐만 아니라, 궁극적으로 생산수율을 감소시키게 된다. 따라서 생산수율을 높이기 위해서는 이러한 Short성 불량을 최소화 시켜야 하며, 불량발생원인을 명확히 분석하여 소자/공정으로 Feedback 시킴으로써 가능하게 할 수 있다.

본 논문에서는 ULSI화에 따라 반도체소자에 발생할 수 있는 불량 중 Cell 구성 회로간 Short에 기인되는 Bit-fail에 대해 투과전자현미경(Transmission Electron Microscopy)과 EDX(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) 및 EELS(Electron Energy Loss Spectroscopy)를 이용하여 불량의 원인을 분석한 결과를 보고하고자 한다(1-3).

2. 실험방법

반도체소자 내에 발생된 Random Bit-fail cell은 전기적인 측정(Bit Map Wafer ;BMW)을 이용해 찾아낼 수 있었으며, FIB-TEM 시편제작이 용이하게 Storage node까지 화공약품을 이용한 Deprocessing을 실시하였다. 이렇게 제작된 시편은 FIB로 불량이 발생된 Cell을 Marking하고, Dicing saw를 이용해 FIB 가공이 용이하도록 Cutting 한 후 최종적으로 시편두께가 0.1 μ m 정도가 될 때까지 FIB로 Milling하여 FIB-TEM 시편을 제작하였다(Fig 1)(4). 고 배율 영상관찰과 성분분석은 각각 TEM과 EDX, EELS를 이용해 분석을 실시하였다. 분석은 Philips사의 CM200FEG-TEM, EDAX사의 EDX 및 Gatan사의 GIF2000 장비를 이용해 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

불량시편에 대한 TEM 평면을 정상 Cell과 비교관찰 한 결과, 정상 Cell(Fig.2a)과는 다르게 불량이 발생된 Cell에서 BL(Bit Line)과 SNC(Storage Node Contact)간의 Space margin이 적은 것으로 관찰되었다. 이는 불량시편의 TEM 단면영상관찰 시, BL과 SNC

사이의 BL spacer Nitride에 이상성장 된 이물을 관찰함으로써 재확인 할 수 있었다 (Fig.2b). 이물의 성분분석을 EDX를 이용해 진행한 결과, Ti와 미량의 O가 정상 Cell과는 다르게 검출되었으나, 이물에 대한 명확한 조성을 추정하기는 난해하였다. 따라서, 추가적인 EELS 및 GIF를 이용한 성분/Ti 원소분포분석으로 이물이 Ti와 O로 결합되어 있다는 것을 확인하였다. 따라서, 분석된 결과를 토대로 이물은 TiO_x 계열의 이상성장으로 발생되었으며, 이로 인해 BL과 SNC 회로가 전기적으로 Short되어지는 Bit fail을 유발시키게 된 것으로 분석되어졌다(5). 추가적으로 회로간 Short를 유발한 TiO_x 계열의 정확한 생성 Mechanism에 대해서는 향 후 지속적인 연구를 통해 규명해야 할 과제이다.

4. 결론

DRAM의 특정 Cell에서의 Random single Bit fail의 원인을 TEM, EDX, EELS 및 GIF elements mapping을 이용하여 분석한 결과, BL 측벽에서 이상성장 된 전도성 이물이 BL과 SNC 회로간 전기적인 Short를 유발해 발생된 것을 확인할 수 있었다. 향 후 분석 투과전자현미경(ATEM)의 응용을 통한 불량분석적용의 확대적용은 갈수록 ULSI화 되는 반도체소자 내의 미소불량에 필수적인 분석수단이 될 것으로 판단되어진다.

Reference)

1. R.P.Leapman and J.A.Hunt, Microscopy : The key Research tool, Mar.(1992), pp39
2. J.I.Goldstein, et al. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis, Plenum press, NewYork (81)
3. D.C.Joy, A.D.Roming Jr and J.I.Goldstein, Principles of analytical electron microscopy, Plenum press, New York (80)
4. K.Doong, J. -M.Fu, Y. -C.Huang, ISTFA 97(23rd), p237-242
5. Graves, D.Pletcher, R.L.Clarke, and, F.C.Waish, J.Applied Electrochem. 21.848(1991).

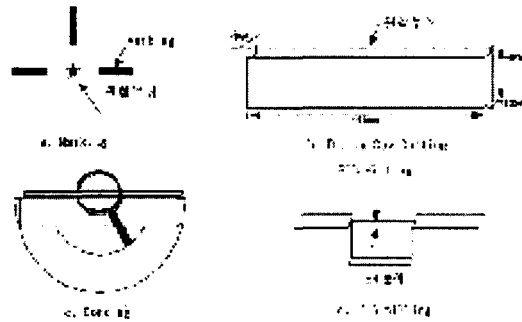


Fig 1. X-sectional TEM sample preparation process by FIB

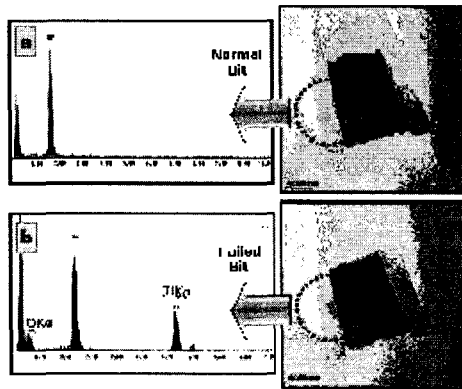


Fig 2. Compared normal bit with defective bit of X-sectional TEM image
a) Normal Bit, b) Defective Bit (Ti, O detection)

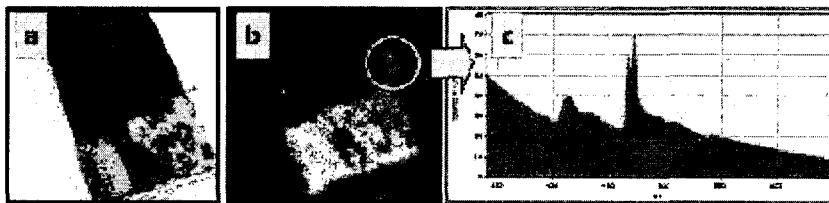


Fig 3. Titanium elements mapping for defective area using GATAN Image Filter (GIF) with EELS a) Unfiltered TEM image, b) Energy filtered image of Ti, c) EELS spectrum