

중이온에 의한 SDRAM 컴포넌트의 리텐션 시간 측정 연구

*임철승, 박근용, 박경배, 백상현
한양대학교 전자통신공학과

e-mail : ics85@hanyang.ac.kr, bau@hanyang.ac.kr

Retention Time Test on Heavy Ion-Induced SDRAM Devices

*Chulseung Lim, Geunyoung Bak, Kyungbae Park, Sanghyeon Baeg
School of Electronics and Communication Engineering
Hanyang University

Abstract

A single particle generates a Single Event Upset (SEU) as well as dose effects in silicon devices. The dose effects affect the threshold voltage decreasing, consequently, the data in DRAM bit cell could be corrupted within the 64 ms refresh interval. The experiments were performed by using heavy ion with SDRAM devices. The number of word failure was increased after beam irradiated.

I. 서론

반도체 공정의 미세화가 진행됨에 따라 메모리 및 로직 상에서의 방사선에 의한 오류는 크게 증가하였다. 하지만 Synchronous Dynamic Random Access Memory(SDRAM)의 경우, 메모리의 구조 상 데이터가 저장되는 캐패시턴스(capacitance)의 크기는 공정의 미세화와 크게 상관없이 상대적으로 일정한 양을 갖고 있으므로 Single Event Effect(SEE)에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 하지만 일정 주기 간격으로 리프레시를 해야 하는 DRAM의 경우, 에너지를 갖고 있는 입자에 의해 DRAM bit cell 상의 access transistor의 누설 전류(leakage current)가 증가하며, 이는 리프레시 커맨드 이전에 bit cell에 저장되어 있

는 데이터의 값을 손실시킬 수 있는 문제점이 발생할 수 있다[1]. 이러한 현상은 방사선에 의해 실리콘 내부에 생성된 전자-정공 쌍 중, 정공이 산화규소(silicon oxide)에 붙잡혀 문턱전압(threshold voltage)를 감소시키거나, 또는 실리콘 격자 내의 실리콘 원자의 이동(displacement damage effect) 때문에 발생하게 된다. 이와 같은 현상을 포괄적으로 Dose Effect라고 하며, 이와 관련한 연구가 꾸준히 진행되고 있다[2][3].

이에 본 논문에서는 중이온(Heavy Ion)을 이용하여 SDRAM 상에서 발생할 수 있는 선량효과에 관련한 실험과 그에 대한 결과에 초점을 맞추어서 기술한다.

II. 본론

테스트에 진행된 컴포넌트는 4 Gbit SDRAM을 이용하였으며, 15 MeV의 에너지를 갖는 중이온을 이용하여 테스트가 진행되었다. 중이온 조사(irradiation) 시에 해당 메모리에서 SEE에 의한 오류가 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 오류는 DRAM bit cell 및 주변 회로에 중이온에 의해 발생한 전자-정공 쌍에 의해 발생한 것으로, 읽기 명령 수행 시에 최초 저장된 값과 다른 값이 읽혔을 경우 오류로 판단하였다.

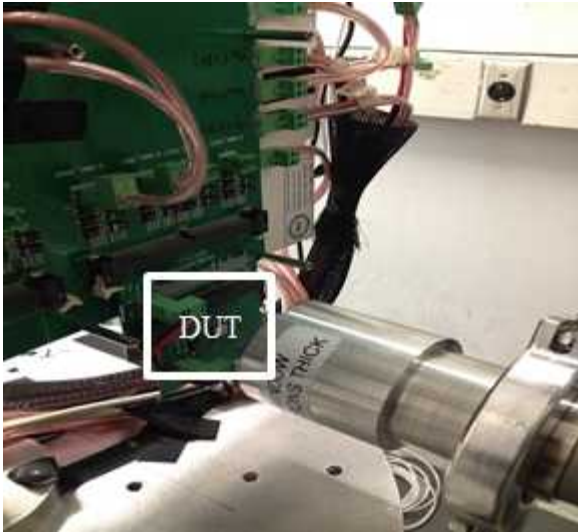


그림 1. 중이온 조사 실험

중이온 조사 테스트 종료 후, DRAM 셀 상에서의 문턱전압 상승에 의한 누설 전류를 확인하기 위해 리프레시 명령(refresh command)이 없는 상태에서의 retention test가 진행되었다[4]. Retention 테스트는 10 초간 진행되었으며, 그에 대한 결과는 그림 2와 같다.

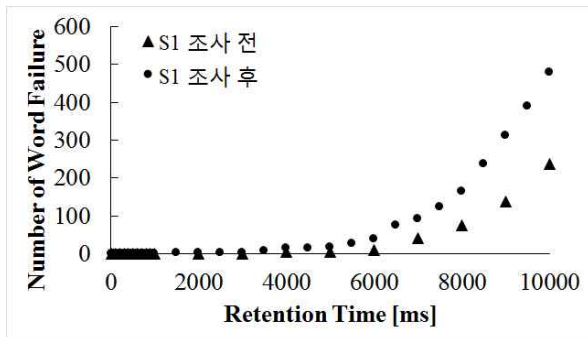


그림 2. 중이온 조사 전과 후에 대한 Retention 테스트 결과

그림 2에서 Y축은 해당 X축 시간 동안의 retention 진행 후 발생한 워드(word) 오류 개수이며, 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 중이온 조사 후의 결과가 조사 전의 결과에 비해 오류의 개수가 증가한 것을 확인할 수 있다. 이는 dose effect에 의해 DRAM cell의 문턱전압 감소로 인한 누설 전류가 증가하였음을 보여주는 것이며, 이러한 현상이 심각할 경우, JEDEC에서 제시하는 리프레시 시간(refresh time)인 64 ms 이전에 오류가 발생할 수 있음을 알 수 있다[1][5].

III. 결론 및 향후 연구 방향

SDRAM 컴포넌트 상에서 발생하는 dose effects에 대한 영향을 중이온 조사 및 retention 시간 측정을 통하여 테스트 하였다. 이러한 dose effect에 의한 문턱전압 감소 및 누설 전류의 증가는 DRAM cell 내의 저장된 데이터 값을 표준 리프레시 시간 내에 변질시킬 수 있으며, 이는 데이터의 오류로 이어지게 된다. Retention 테스트를 통해 확인된 오류는 중이온에 의한 microdose effect 또는 displacement damage effect에 의해 발생할 수 있으며, 이에 대해 추가적인 분석이 필요하다.

IV. 감사의 글

본 연구는 지방자치단체 경기도청의 경기도지역협력 연구센터사업(GRRC)의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

- [1] Chulseung Lim, Hyun Soo Jeong, Geunyoung Bak, Sanghyeon Baeg, Shi-Jie Wen, Richard Wong, "Stuck Bits Study in DDR3 SDRAMs Using 45-MeV Proton Beam," IEEE Trans. on Nucl. Sci., vol. 62, no. 2, pp. 520-526, Apr. 2015
- [2] A. M. Chugg, J. McIntosh, A. J. Burnell, P. H. Duncan, and J. Ward, "Probing the nature of intermittently stuck bits in dynamic RAM cells," IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 57, no. 6, pp. 3190-3198, Dec. 2010
- [3] H. J. Barnaby, "Total-ionizing-dose effects in modern CMOS Technologies," IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 53, no. 6, pp. 3103-3121, Dec. 2006
- [4] L. D. Edmonds and L. Z. Scheick, "Physical mechanisms of ion-induced stuck bits in the hyundai 16M x 4 SDRAM," IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 55, no. 6, pp. 3265-3271, Dec. 2008
- [5] DDR3 SDRAM Specification, JEDEC standard JESD79-3F, Jul. 2012