

^{60}Co γ 선 및 Am-Be중성자포임에 의한 2MB SDRAM의 bit반전특성

리철민, 김정남, 고병춘

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 과학기술분야에서 이룩한 성과에 만족하지 말고 나라의 과학기술을 새로운 높은 단계에로 발전시키기 위하여 적극 투쟁하여야 합니다.》(《김정일선집》 중보판 제11권 133페이지)

SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)소자는 집적도가 높고 동작속도가 빠르며 소비전력이 작은 특성으로 하여 컴퓨터를 비롯한 수자신호처리장치들에서 주기억기 및 고속완충기억기로 널리 이용되고있다. 그러나 SDRAM소자들은 기억정보를 CMOS 콘덴샤에 축적되는 전하량으로 보관하기때문에 고에너지방사선포임에 대한 기억정보의 유지능력이 충분히 높지 못한 부족점[1, 2]이 있다.

우리는 2MB SDRAM소자 HY57V168010D에서 ^{60}Co γ 선과 Am-Be중성자포임에 의하여 나타나는 기억정보들의 bit반전특성을 평가하고 그 변화물림새를 밝혔다.

실험 방법

SDRAM소자 HY57V168010D는 동작전압이 $(3.3 \pm 0.3)\text{V}$ 인 CMOS 1T/1C형식의 동기식동작기억소자로서 기억용량은 2MB이다. 소자의 외형은 TSOP형식이며 정상상태에서 이 소자는 기억정보에 대한 자체갱신조작을 4 096회/64ms방식으로 진행한다.

소자는 방온도에서 ^{60}Co γ 선(1.25MeV)으로 흡수선량률이 각각 $1.1 \cdot 10^{-5}$, $1.4 \cdot 10^{-3}\text{Gy/s}$ 되게, 에너지가 4.5~11MeV이고 세기가 $18.5 \cdot 10^{10}\text{Bq}$ 인 Am-Be원천에서 나오는 중성자로 방사선포임하였다. 소자에 대한 방사선포임은 전기적편의를 주고 기억기로서의 동작을 수행하는 상태에서 하였다.

매 기억세포가 1개의 MOS 3극소자와 1개의 콘덴샤로 구성된 1T/1C형SDRAM에서 1과 0은 각각 콘덴샤에 축적된 전하량이 소자안에 있는 기준콘덴샤의 전하량보다 큰 경우와 작은 경우에 대응한다. 한편 MOS 3극소자는 기억세포에서 콘덴샤의 회로분리와 읽기/쓰기를 보장한다. 콘덴샤에 축적된 전하는 정상상태에서도 콘덴샤내부p-n이음과 결합3극소자p-n이음에서의 루실 등에 의하여 소모되기때문에 SDRAM소자는 일정한 시간간격으로 기억정보에 대한 갱신조작을 진행한다.

일반적으로 SDRAM소자들의 동작믿음성은 갱신조작을 하지 않는 조건에서 기억세포들이 정보를 유지하는 시간에 의하여 평가된다. 그러므로 우리는 소자의 모든 기억세포들에 1을 쓰기한 다음 소자자체의 기억정보갱신조작을 금지시킨 조건에서 방사선포

입하면서 일정한 시간간격으로 0으로 반전된 개수를 읽는 방법으로 기억세포들의 정보유지시간을 평가하였다.

자료쓰기와 읽기는 한소편처리소자 PIC16F877A로 하였다.

SDRAM소자의 리용효과와 동작속도를 높이기 위하여 기억공간을 1MB씩 두 구역(BANK0, BANK1)으로 분리하였다. 따라서 실험에서는 소자의 정보유지시간평가를 첫 구역($1\,048\,576 \times 8\text{bit}$)에서 하였다.

표시회로부분은 방사선조임을 받지 않도록 차폐하였다.

한소편처리소자가 SDRAM소자에 대하여 진행하는 쓰기/읽기과정의 조종알고리즘은 그림 1과 같다.

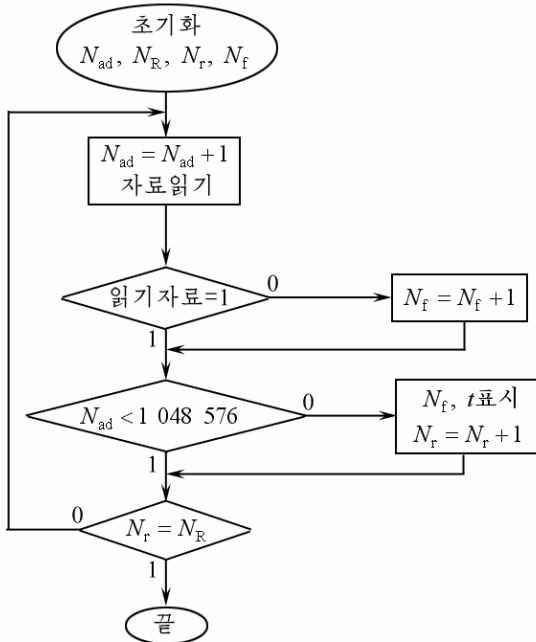


그림 1. 한소편처리소자의 조종알고리즘

고 시간에 따르는 bit반전수를 측정한 결과는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 갱신조작을 하지 않는 조건에서 SDRAM소자에서는 방사선조임하지 않을 때에도 일정한 시간동안 많은 양이 반전되며 시간이 길어짐에 따라 반전속도가 점차 낮아진다는 것을 알수 있다. 또한 방사선조임하면 소자에서 기억세포의 반전수가 더 많아지며 조임선량의 세기가 셀수록 반전수가 더 많아진다는것을 알수 있다.

SDRAM소자에서 이온화방사선조임에 의한 bit 반전은 기억세포안에서의 반전과 정보전달통로에서의 반전으로 갈라볼수 있다. 기억세포안에서의 반전은 콘덴사내부p-n이음과 결합3극소자에서의 전하 루실로 일어나며 정보전달통로에서의 반전은 결합콘덴사의 출구와 신호감증폭기사이의 이

초기화단계에서는 SDRAM소자에서 기억 자료의 입출력형식과 갱신조작의 금지상태를 설정하고 모든 기억세포들에 0 혹은 1을 쓰고 측정회수 N_R , 기억세포들의 전체 주소수 N_{ad} , 읽기변수 N_r , bit반전수 N_f 의 초기값들을 설정하였다.

측정단계에서는 알고리즘에 따라 방사선 조임시간과 그 시간에서의 bit반전수를 측정하였다.

실험결과 및 해석

기억세포에 0을 쓰고 갱신조작을 금지시킨 조건에서 γ 선조임에 따르는 bit반전수를 측정하였는데 그 어떤 bit반전도 나타나지 않았다.

SDRAM소자의 모든 기억세포에 1을 쓰

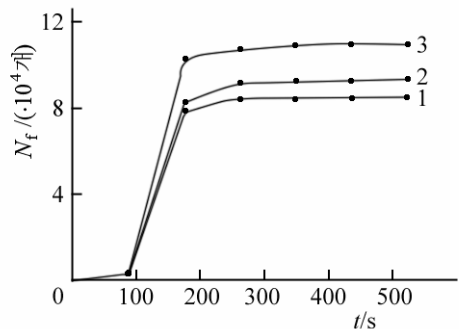


그림 2. 시간에 따르는 bit반전수변화
1-3은 흡수선량률이 각각 0 , $1.1 \cdot 10^{-5}$, $1.4 \cdot 10^{-3} \text{Gy/s}$ 인 경우

음통로에서 방사선쪼임의 이온화효과에 의하여 일어나는데 이때에는 0에서 1로의 반전도 일어난다.[3]

측정에서 시간에 따르는 bit반전수가 계속 증가하므로 SDRAM소자의 기억정보반전은 기억세포안에서의 반전으로 일어난다고 볼수 있다.

규소에서 전자-구멍쌍 1개의 형성에너지가 약 3.6eV이므로 1.25MeV ^{60}Co γ 선쪼임에 의하여 p-n이음속에 형성되는 전자-구멍쌍의 수는 소자밀봉재료에서의 약화를 무시하면 $3.47 \cdot 10^5$ 개이다. 이 전자-구멍쌍들이 MOS콘덴샤의 p-n이음에 전도성통로를 형성하여 두극판을 순간적으로 단락시켜 1을 0으로 반전시킨다.

^{60}Co γ 선쪼임과 Am-Be중성자쪼임에 의한 SDRAM소자의 시간에 따르는 bit반전수변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 Am-Be중성자쪼임의 경우 bit반전수가 γ 선쪼임보다 훨씬 더 많다는것을 알수 있다.

중성자는 전기적으로 중성이므로 γ 선쪼임과는 달리 기억세포안의 콘덴샤에서 p-n이음을 통한 전도성통로를 형성할수 없으며 따라서 기억세포밖의 정보전달통로에서 일어나는 bit반전에도 영향을 줄수 없다. 따라서 중성자쪼임에 의한 bit반전은 결합3극소자의 특성변화에 의하여 일어난다고 볼수 있다. 즉 SDRAM 소자에 중성자쪼임할 때 MOS 3극소자의 조종극밑에 형성된 산화물속에 변위형살창결합이 형성되어 전하를 띠게 되므로 조종극의 유효력전압을 변화시키게 된다. 결과 원천극과 배출극사이에 추가적인 전도성통로가 형성되면서 전하들이 루실되게 된다.

한편 γ 선쪼임의 경우 쪼임후 소자의 기억정보유지특성은 쪼임하지 않았을 때와 같았다. 이것은 γ 선쪼임에 의한 bit반전은 일시적인 효과로서 쓰기 혹은 갱신조작을 하면 쪼임영향이 완전히 없어진다는것을 의미한다.

그러나 중성자쪼임후 쪼임하지 않은 경우보다 훨씬 더 많은 기억정보들이 반전되며 그 유지시간도 더욱 짧아졌다. 이것은 MOS 3극소자의 조종극밑에서 중성자쪼임에 의하여 형성된 변위형살창결합들이 쉽게 회복되지 않고 남아있으며 따라서 3극소자의 조종극력전압의 변화도 그대로 유지되기때문이다.

실험결과 SDRAM소자에 γ 선쪼임할 때 나타나는 bit반전은 일시적효과이지만 중성자쪼임에 의한 bit반전은 영구적손상이며 따라서 두 경우 bit반전을 줄이는 방법을 서로 다르게 하여야 한다는것을 알수 있다.

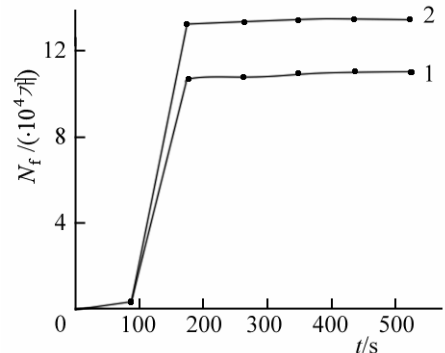


그림 3. 시간에 따르는 bit반전수변화
1- ^{60}Co γ 선쪼임, 2-Am-Be중성자쪼임

맺 는 말

한소편처리소자 PIC16F877A로 SDRAM소자에 대한 자료의 읽기 및 쓰기를 실현하였다. SDRAM소자에 γ 선쪼임할 때 나타나는 bit반전은 일시적효과이지만 중성자쪼임에 의한 bit반전은 영구적손상이다.

참 고 문 헌

- [1] V. Athina; Shielding Geometry Effect on SEE Prediction using the New OMERE, TRAD ESTEC, 10~15, 2013.
- [2] A. Makihara et al.; IEEE Trans. Nucl. Sci., **47**, 2400, 2000.
- [3] D. C. Shaw et al.; IEEE Trans. Nucl. Sci., **42**, 1674, 1995.

주체105(2016)년 8월 5일 원고접수

**Bit Inversion Characteristics of 2MB SDRAM by ^{60}Co γ -Ray
and Am-Be Neutron Irradiation**

Ri Chol Min, Kil Jong Nam and Ko Pyong Chun

We established the reading or writing method of data of SDRAM device by PIC16F877A. The bit inversion of SDRAM device by γ -ray irradiation is transient, but by neutron irradiation is permanent.

Key words: SDRAM, γ -ray irradiation, neutron irradiation