

공통 소스라인을 갖는 SONOS NOR 플래시 메모리의 쓰기 특성

안호명, 한태현, 김주연*, 김병철**, 김태근, 서광열
광운대학교, 울산 과학대학*, 진주 산업대학교**

The Write Characteristics of SONOS NOR-Type Flash Memory with Common Source Line

Ho-Myoung An, Tae-Hyeon Han, Joo-Yeon Kim*, Byungcheul Kim**, Tae-Geun Kim, and Kwang-Yell Seo
Kwangwoon Univ., Ulsan Science College, Jinju National Univ.

Abstract

In this paper, the characteristics of channel hot electron (CHE) injection for the write operation in a NOR-type SONOS flash memory with common source line were investigated. The thicknesses of the tunnel oxide, the memory nitride, and the blocking oxide layers for the gate insulator of the fabricated SONOS devices were 34 Å, 73 Å, and 34 Å, respectively. The SONOS devices compared to floating gate devices have many advantages, which are a simpler cell structure, compatibility with conventional logic CMOS process and a superior scalability. For these reasons, the introduction of SONOS device has stimulated. In the conventional SONOS devices, Modified Fowler-Nordheim (MFN) tunneling and CHE injection for writing require high voltages, which are typically in the range of 9 V to 15 V. However CHE injection in our devices was achieved with the single power supply of 5 V. To demonstrate CHE injection, substrate current (I_{sub}) and one-shot programming curve were investigated. The memory window of about 3.2 V and the write speed of 100 μ s were obtained. Also, the disturbance and drain turn-on leakage during CHE injection were not affected in the SONOS array. These results show that CHE injection can be achieved with a low voltage and single power supply, and applied for the high speed program of the SONOS memory devices.

Key Words : SONOS flash memory, NOR type array, common source line(CSL), CHE injection

1. 서 론

전기적으로 쓰기와 소거가 가능한 비휘발성 메모리(nonvolatile memory)는 부유 게이트형(floating gate type)과 전하 트랩형(charge trap type)의 SONOS(polysilicon-oxide-nitride-oxide) 소자로 크게 나눌 수 있다. 부유 게이트형 소자는 연속적인 공간분포를 갖는 다결정실리콘(polysilicon) 안에 전하가 저장되고, SONOS 소자는 공간적으로 고립된 깊은 준위(deep level) 트랩에 전하가 저장된다 [1]. 최근 SONOS 플래시 메모리 소자는 0.1 μ m 이

하의 스케일 다운(scaling down)이 가능하다는 것이 검증되면서 저전압, 고집적을 위한 메모리 소자로 많은 관심을 모으고 있다[2]. SONOS 플래시 메모리 소자의 쓰기 방법은 고속특성 때문에 CHE(Channel Hot Electron) 주입을 주로 사용한다. 그러나 SONOS 소자에서 CHE 주입 기구에 관한 내용은 아직 보고된 바가 없다. 본 논문은 SONOS 소자의 CHE 주입 기구와 단일전원, 저전압, 고속 소자에 적합한 쓰기 특성을 조사한 것이다.

2. 소자 제작

공통 소스 라인을 갖는 SONOS NOR 플래시 메모리는 기존의 $0.35 \mu\text{m}$ CMOS 공정 기술을 사용하여 제작하였다. 제작된 소자의 터널링 산화막, 메모리 질화막, 블로킹 산화막 두께는 각각 34 Å, 73 Å, 34 Å 이었다. 그림 1은 제작된 어레이의 TEM 사진이다.

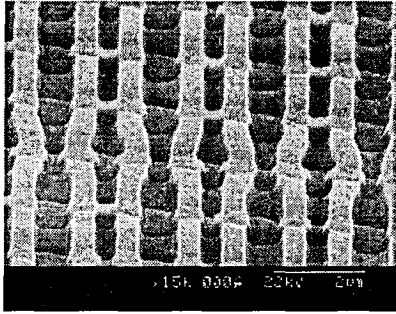


그림 1. 공통 소스라인을 갖는 SONOS NOR 어레이 TEM 사진.

3. 결과 및 고찰

제작된 소자의 공정을 평가하고, 쓰기 동작시 인가 전압 조건을 결정하기 위하여, 그림 2에 BV_{dss} (drain to source breakdown voltage), BV_j (junction breakdown voltage)를 측정하였다.

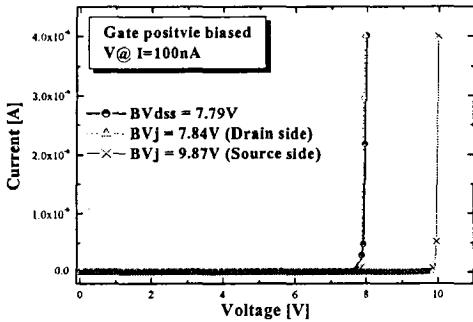


그림 2. 항복 전압(breakdown voltage) 특성.

소스와 드레인 접합의 BV_j 값이 다른 이유는 SAS(Self Aligned Source) 에칭으로 인하여 소스와 드레인의 도핑농도가 다르기 때문이며, BV_{dss} 와 드레인의 BV_j 값이 거의 같은 값을 갖는 것은 펀치 수루(punch-through) 현상은 발생하지 않기

때문이다. 또한 쓰기 동작시 드레인에 인가되는 최대 전압은 약 7.8 V 이하로 인가되어야 함을 알 수 있다.

SONOS 플래시 메모리 소자에서 CHE 주입 기구를 증명하기 위하여 기판 전류(substrate current)와 원-샷 프로그래밍(one-shot programming) 특성을 조사하였다. 그림 3은 기판 전류 특성이다.

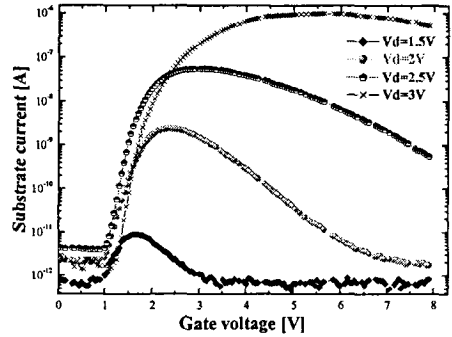


그림 3. SONOS 플래시 메모리의 기판 전류 특성.

드레인 영역에서 충돌 이온화(impact ionization)로 발생된 고온 정공(hot hole)들이 기판전류로 측정되는데[3], 그림 3에서 보는 바와 같이 드레인 전압이 커질수록 기판 전류는 증가하는 결과로부터 고온 캐리어(hot carrier)가 발생하는 것을 알 수 있었다.

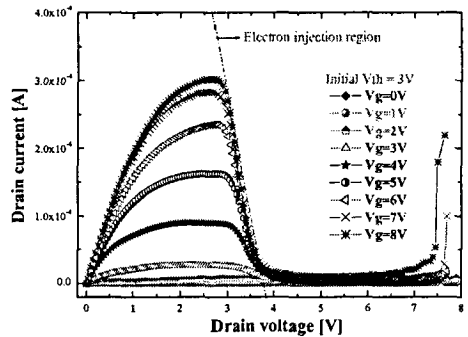
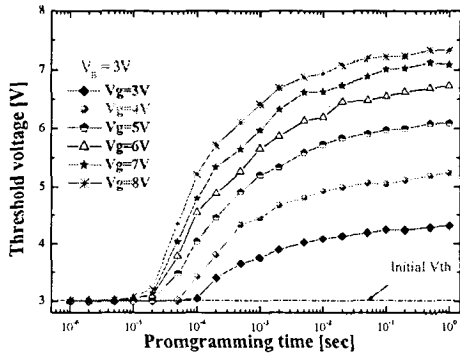


그림 4. SONOS 플래시 메모리의 원-샷 프로그래밍 곡선.

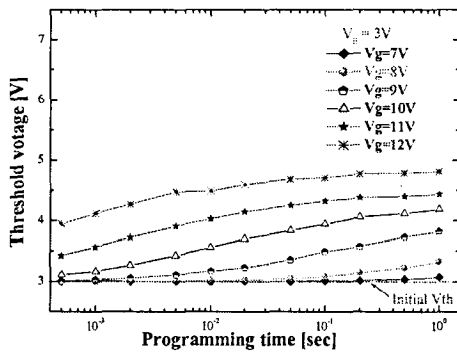
발생된 고온 전자(hot electron)들이 메모리 트랩에 주입되는지를 알아보기 위한, 원-샷 프로그래밍 특성을 측정된 결과는 그림 4와 같다. 드레인 전압

이 약 3.5 V 에서 고온 전자들이 메모리 트랩에 주입되는 것을 알 수 있다.

그림 5의 (a)는 CHE 주입, (b)는 MFN 터널링 방식을 사용하여 쓰기 특성을 조사한 결과이다.



(a)



(b)

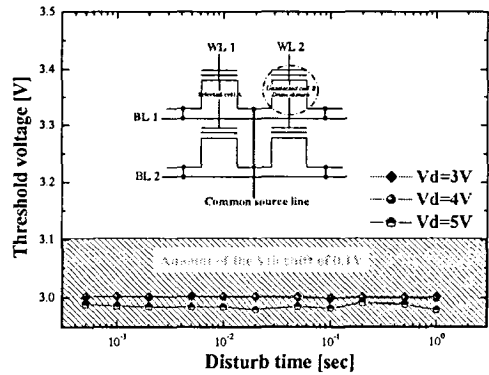
그림 5. SONOS 플래시 메모리의 쓰기 특성.

(a) CHE 주입. (b) MFN 터널링.

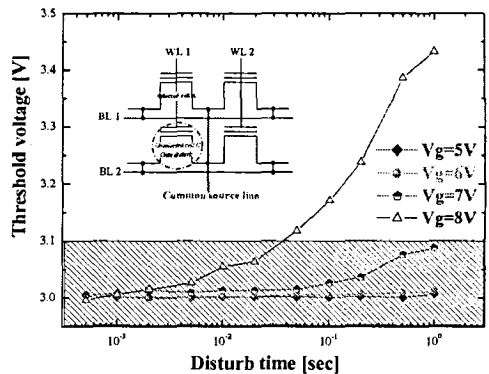
그림 5 (a)는 5 V 단일 전압을 위해서 드레인 전압은 5 V로 고정하고, 게이트 전압을 3 V~8 V 까지 인가하면서 시간에 따른 문턱전압의 이동을 측정된 결과이다. 게이트 전압이 5 V의 저전압에서 최대 3.2 V의 메모리 창을 얻을 수 있으며, 100 μ s의 쓰기 속도로 1 V의 메모리 창이 가능하다. 반면에 MFN 터널링 방식으로 쓰기 특성을 조사한 그림 5 (b)의 결과는 그림에서 알 수 있는 바와 같이 터널링 산화막의 두께가 34 Å인 본소자의 경우는 높은 전압과 쓰기 시간이 많이 걸리는

것을 알 수 있다. 따라서 단일 전압, 저전압, 고속의 쓰기 특성을 만족하기 위해서는 CHE 주입이 적합함을 알 수 있다.

그림 6은 NOR형 어레이에서 CHE 주입 쓰기 동작시 선택되지 않은 셀의 디스터브(disturb) 특성을 조사하였다. 디스터브가 일어나는 조건은 문턱전압의 이동이 0.1 V 이상일 때로 정하였다.



(a)



(b)

그림 6. CHE 주입의 쓰기 동작시 디스터브 특성.

(a) 드레인 디스터브. (b) 게이트 디스터브.

그림 6 (a)는 선택된 셀과 비트 라인(bit line)을 공유하는 선택되지 않은 셀의 드레인 디스터브 특성을 나타낸 결과로서 디스터브 현상이 일어나지 않음을 알 수 있다. 그림 6 (b)는 선택된 셀과 워드 라인(word line)을 공유하는 선택되지 않은 셀에서 발생하는 게이트 디스터브 특성을 나타낸 결

과이다. 게이트 전압이 8 V 에서 게이트 디스터브 현상이 발생되는데, 이는 8 V 전압 이상에서 MFN 터널링이 주도적으로 발생하기 때문이다. 따라서 게이트 전압 조건은 8 V 미만으로 결정하여야 한다.

그림 7은 쓰기 동작시 발생하는 드레인 턴-온 (drain turn-on) 현상을 측정한 결과이다.

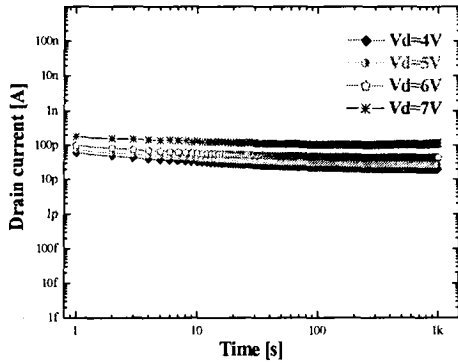


그림 7. 쓰기 동작시 드레인 턴-온 현상.

쓰기 시간을 100 μ s로 하였을 경우, 10^7 의 쓰기 시간에 해당하는 1000초 동안 드레인 전압을 인가 하여도 드레인 턴-온 현상은 발생하지 않음을 알 수 있다. 이것은 SONOS 소자의 메모리 트랩층은 유전막이기 때문에 드레인과의 커플링(coupling) 현상은 발생되지 않기 때문이다[4].

기억유지특성을 그림 8에 나타내었다. 85 $^{\circ}$ C 온도에서 쓰기, 소거 상태가 모두 10년 후에도 1 V 이상의 메모리 창을 유지하는 것으로 조사되었다.

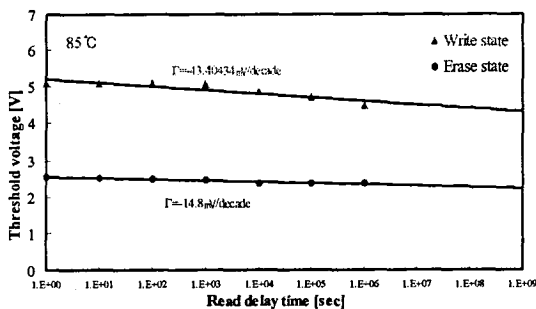


그림 8. 기억유지특성.

4. 결론

고집적 플래시 메모리를 위하여 공통소스 라인을 갖는 SONOS NOR 플래시 메모리를 제작하고, 특성을 조사하였다. 제작된 소자의 BV_{dss} 와 소스, 드레인 BV_j 값이 각각 7.79 V, 7.84 V, 9.87 V로 측정되었다. 소스와 드레인의 구조가 비대칭이고, 쓰기 동작시 드레인의 인가 전압은 7.8 V 이하로 해야함을 알 수 있었다. 85 $^{\circ}$ C 온도에서 쓰기, 소거 상태 모두 10년의 기억유지 특성을 보였다. 쓰기 동작시 기판 전류와 원-샷 프로그래밍 특성을 조사하여 드레인 전압이 3.5 V 이상에서부터 CHE 주입이 발생하는 것을 증명하였으며, CHE 주입과 MFN 터널링으로 쓰기 동작을 비교한 결과 CHE 주입 방식이 5 V 단일 전원, 저전압, 고속 쓰기 특성에 적합함을 알 수 있었다. NOR형 어레이에서 발생될 수 있는 디스터브, 드레인 턴-온 현상은 발생되지 않았다.

참고 문헌

- [1] J. Bu, M. H. White, "Retention reliability enhanced SONOS NVSM with scaled programming voltage", IEEE Aerospace Conference Proceedings, Vol. 5, p. 2383, 2002.
- [2] I. Fujiwara, H. Aozasa, A. Nakamura, Y. Hayashi, and T. Kobayashi, "MONOS memory cell scalable to 0.1 μ m and beyond," IEEE Non-Volatile Semiconductor Memory Workshop, p.117, 2000.
- [3] S. Wolf, "Silicon processing for the VLSI era", Lattice, Vol. 3, p. 563. 1995.
- [4] M. K. Cho, D. M. Kim, "High performance SONOS memory cells free of drain turn-on over-erase: compatibility issue with current flash technology", IEEE electron device letters. p. 399, 2000.