

## 셀 구조에 따른 상변화 메모리의 전기 및 발열 해석

최홍규, 장낙원, 김홍승, 이성환\*, 마석범\*\*  
 한국해양대학교, 위덕대학교\*, 용인송담대학\*\*

### Electro and thermal Analysis of phase change memory with cell structure

HongKyw Choi, Nakwon Jang, Hong Seung Kim, Seong Hwan Lee\*, Suk Bum Mah\*\*  
 Korea Maritime Univ. Uiduk Univ.\* Yong-In Songdam College\*\*

**Abstract :** In this paper, we have investigated the phase change memory device with cell structure using three-dimensional finite element analysis tool for reducing reset current. From the simulation, the reset current of PRAM with SiO<sub>2</sub> inserting layer is greatly reduced, compared with the conventional device.

**Key Words :** PRAM(Phase change access memory), SiO<sub>2</sub> inserting layer

### 1. 서론

정보기술의 급속한 발전으로 대용량 멀티미디어 정보를 고속 처리하는 물론 전원이 없는 상태에서도 PC 및 휴대용 정보기기에 데이터를 안정적으로 저장, 보관할 수 있는 저 전력 비휘발성 메모리에 대한 수요가 급증하고 있다. 이에 기록, 소거, 재생 속도, 재기록, 횡수 등을 포함한 성능에서 DRAM 급의 성능 특성을 가지며 소자구조 및 제작공정이 단순하여 정보저장 및 처리 용량대비 저가격화 달성이 용이한 상변화 메모리(PRAM)가 차세대 비휘발성 메모리로 주목 받고 있다<sup>[1],[2]</sup>. 그러나 상변화 메모리의 지우기 동작전류는 타 메모리 소자에 비해 큰 값을 나타내는 단점이 있어 상변화 메모리가 기존의 메모리 소자를 대체하기 위한 경쟁력을 갖추기 위해서는 지우기 동작 전류를 낮추어야 한다. 최근에 상변화 메모리의 지우기 동작 전류를 낮추기 위해 상변화 물질, 발열전극 물질 및 셀 구조 변화 등의 연구가 진행 중이다<sup>[3],[4]</sup>.

따라서 본 연구에서는 상변화 메모리의 지우기 동작 전류를 낮추기 위해 새로운 셀 구조를 제안하였다. 유한 요소 해석도구를 사용하여 셀 구조에 따른 상변화 메모리의 전기 및 발열을 해석하여 상변화 메모리의 지우기 전류를 분석해 보았다.

### 2. 실험

상변화 메모리는 지우기 동작 시에 강한 전류 펄스가 인가되면 상변화 물질인 Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>가 용융온도까지 올라가서 비정질화 되는 성질을 가지고 있다. 본 연구에서는 상용 유한 요소 해석도구인 MagNet, ThermNet을 사용하여 상변화 메모리의 지우기 동작을 해석하였다. 우선 상변화 메모리 셀의 3차원 유한 요소 해석 모델을 구축하고 구축된 모델의 전기 및 발열을 분석하였다. 그림1은 해석에 이용한 일반적인 구조의 상변화 메모리 셀의 단면도의 단면도이다.

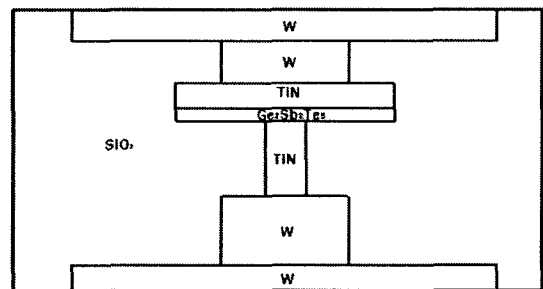


그림 1. Conventional PRAM 의 단면도

그림 2는 지우기 전류가 2[mA]일 때 상변화 메모리 셀의 3차원 유한 요소 해석도구를 통해 얻은 온도분포이다. 발열온도는 비정질화가 되는 용융온도를 넘어선 757.34 [°C]를 나타낸다.

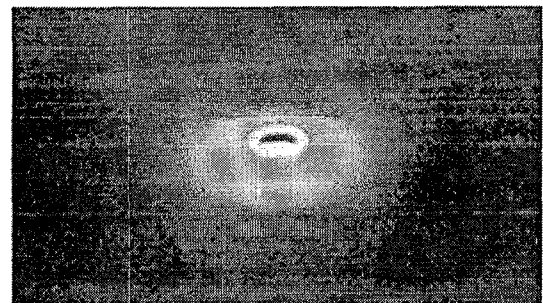


그림 2. Conventional PRAM 모델의 온도분포

### 3. 결과 및 검토

상변화 메모리의 고집적화가 되면 상변화 물질의 두께와 크기가 줄어들게 된다. 구축된 상변화 메모리 셀에서 상변화 물질의 두께가 100[nm]에서 20[nm]로 줄었을 때의 발열온도와 상전이를 위한 용융온도에 도달하기 위한 지우기 전류에 대해 알아보았다.

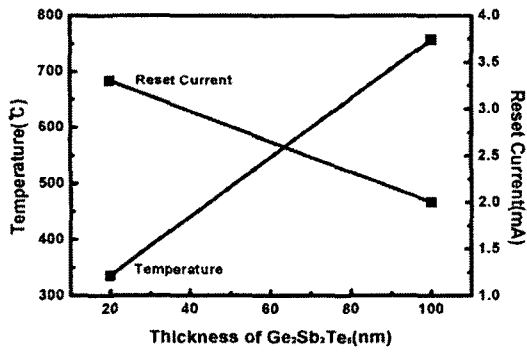


그림 3. Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> 두께에 따른 온도분포와 지우기 전류

그림 3은 상변화 물질의 두께가 100[nm]에서 20[nm]로 줄어들 때에 따른 온도분포와 지우기 전류를 나타낸 것이다. 상변화 물질의 두께가 20[nm]일 때의 발열온도는 상변화 물질의 용융 온도보다 크게 떨어진 336.14[°C]를 나타내었다. 또한 상전이를 위한 용융온도에 도달하기 위한 지우기 전류의 값은 기존 모델의 지우기 전류 값인 2[mA]에 비해 크게 올라간 3.3[mA]를 나타내었다. 이는 상변화 물질과 발열전극의 접촉면에서 발생하는 열이 상부전극을 통해 쉽게 빠져나가기 때문이다.

따라서 상부전극을 통해 빠져나가는 열을 차단하기 위해 상변화 물질의 상부에 절연층 SiO<sub>2</sub>를 증착한 새로운 셀 구조의 모델을 제시하였다. 그림 4는 절연층을 삽입한 새로운 셀 구조의 단면도이다. 새로운 셀 구조는 상변화 물질의 상부에 절연층 SiO<sub>2</sub>를 증착하고 가장자리는 TiN으로 둘러싼 구조로 구축하였다.

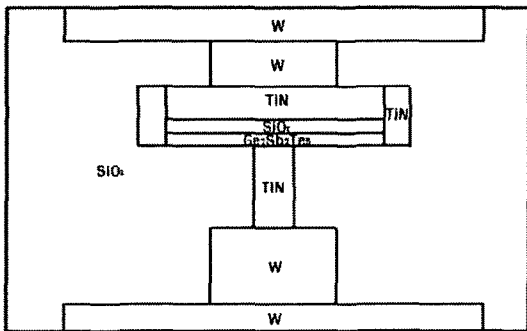


그림 4. 새로운 셀 구조의 상변화 메모리 단면도

그림 5는 제안된 구조 모델에서 상변화 물질의 두께가 20[nm]인 온도분포를 나타낸 것이다. 시뮬레이션 한 결과, 2[mA]의 전류를 인가할 때 절연층이 증착되지 않은 상변화 물질의 두께가 20[nm]인 모델에서 발열온도가 336.14 [°C]에 비해 제안된 구조의 발열온도는 1002.02[°C]로 큰 증가를 보였다. 또한 상전이를 위한 지우기 전류 값은 3.3[mA]에서 1.7[mA]로 감소함을 알 수 있었다. 이는 상변화 물질의 상부에 삽입된 절연층이 상부전극을 통해 외부로 빠져나가는 열을 차단하기 때문이다.

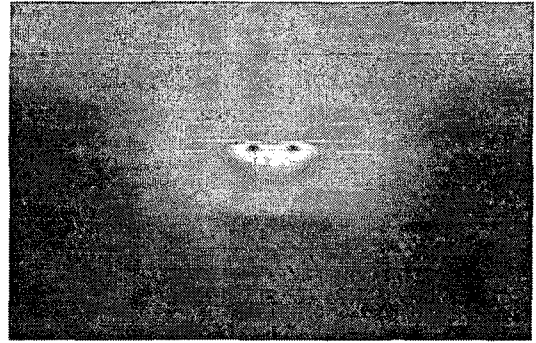


그림 5. 새로운 상변화 셀 구조의 온도 분포

#### 4. 결론

본 연구에서는 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 상변화 메모리 셀 구조에 따른 전기 및 발열특성을 해석하였다. 상변화 물질의 두께가 얇은 경우 상부전극을 통해 열이 쉽게 빠져나가 지우기 전류가 증가한다. 이를 해소하기 위해 상변화 물질의 상부에 절연층 SiO<sub>2</sub>를 삽입한 새로운 구조에서는 발열온도가 증가하였고 지우기 전류는 크게 감소하였다. 상변화 물질 상부에 절연층을 삽입한 상변화 메모리 셀 구조가 고집적용으로 적합하다고 할 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원의 지원에 의하여 기초전력연구원 (R-2005-7-068) 주관으로 수행된 과제임.

#### 참고 문헌

- [1] S.Lai, and T.Lowrey, IEEE IEDM Tech. Dig., 803, 2001
- [2] S.H.Lee, Y.N.Hwang, S.Y.Lee, K.C.Ryoo, S.J.Ahn, H.C.Koo, W.C.Jeong, T.Kim, G.H. Koh, G.T.Jeong, H.S.Jeong and Kinam Kim, IEEE Symposium on VLSI Tech. Dig., pp.20~21, (2004).
- [3] S.Y. Lee, K.j. Choi, S.O. Ryu, S.M. Yoon, N.Y. Lee, Y.S. Park, S.H. Lee and B.G. Yu, Applied physic letter, Vol.89, pp.053517-1~3, (2006).
- [4] Y.N.Hwang, S.H.Lee, S.J.Ahn, S.Y.Lee, K.C. Ryoo, H.S. Hong, H.C. Koo, F. Yeung, J.H. Oh, H.J. Kim, W.C.Jeong, J.H Park, H. Horii, Y.H. Ha, J.H. Yi, G.H. Koh, G.T.Jeong, H.S. Jeong and Kinam Kim, IEDM 03, pp.893~896, (2003).