

## 상변화 재료의 물질상수에 따른 PRAM cell의 전자장 및 열 해석

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

### Electromagnetic and Thermal Analysis of PRAM cell with phase change material

Nakwon Jang, Hong-Seung Kim, Seong-Hwan Lee\*, Suk-Bum Mah\*\*

Korea Maritime Univ., \*Uiduk Univ., \*\*Yong-In Songdam College

**Abstract :** Phase change random access memory is one of the most promising candidates for next generation non-volatile memories. However, the high reset current is one major obstacle to develop a high density PRAM. One way of the reset current reduction is to develop the new phase change material. In this paper, to reduce the reset current for phase transition, we have investigated the effect of phase change material parameters using finite element analysis.

**Key Words :** PRAM, reset current, electrical conductivity, finite element analysis

#### 1. 서 론

상변화 메모리 PRAM (Phase change random access memory)은 기존의 전하 축적 개념의 메모리가 아닌 기록과 재생에 필요한 저항의 차이에 의해 동작하는 메모리 소자이다. 일정한 전기저항을 갖는 칼코게나이드 상변화 재료가 인가되는 전류에 따라 결정립 혹은 비정질로 변화되어 고속의 메모리 동작 특성과 나노 스케일에 의한 고집적화를 실현할 수 있는 안정된 메모리로 주목받고 있다<sup>[1]</sup>. 그러나 상변화 메모리의 지우기 동작전류(Reset current)는 타 메모리 소자에 비해 큰 값을 나타내는 단점이 있어 상변화 메모리가 기존의 메모리 소자를 대체하기 위한 경쟁력을 갖추기 위해서는 지우기 동작 전류를 낮추어야 한다. 최근 상변화 소자의 동작 전류를 낮추기 위해 상변화 메모리의 구조 변화, 상변화 재료의 개발 및 발열 전극 재료의 개발의 연구가 진행 중에 있다<sup>[2],[3]</sup>. 그 중에서도 현재 상변화 재료로 많이 쓰이는  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ (GST)를 대체할 새로운 상변화 물질을 찾고자하는 노력이 많이 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 상변화 재료의 물질상수를 변화시켜가며 물질상수가 상변화 메모리의 지우기 전류에 미치는 영향을 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 조사하여 지우기 전류를 낮추기 위해 필요한 물질상수를 알아보았다.

#### 2. 실험

상변화 재료의 물질상수에 따른 지우기 전류의 변화량을 유한요소 해석법을 이용하여 시뮬레이션하였다. 인가 전류에 따른 주열 발생 및 열전달의 해석은 상용 전자장해석도구인 MagNet, ThermNet 을 이용하여 수치적으로 계산하여 수행하였다. 그림 1은 전자장 및 열전달 해석을 수행하기 위한 상변화 메모리의 3차원 유한요소 해석모델이며, 모델의 전자장 및 발열 해석을 위한 물질 및 각 층의 재료들의 전기전도도, 열전도도, 비열 등과 같은

물질상수는 표 1 에 나타내었다. 구축된 상변화 메모리 셀 모델에 지우기 전류 2 [mA], 50 [ns]를 인가했을 경우, 상변화 재료와 발열전극 접촉면에서 발생한 열은 상변화 재료로 전달되어 발열전극위의 영역에서 용융온도보다 조금 높은 650 [°C] 까지 올라가 완전히 용융되어 비정질화가 일어났다.

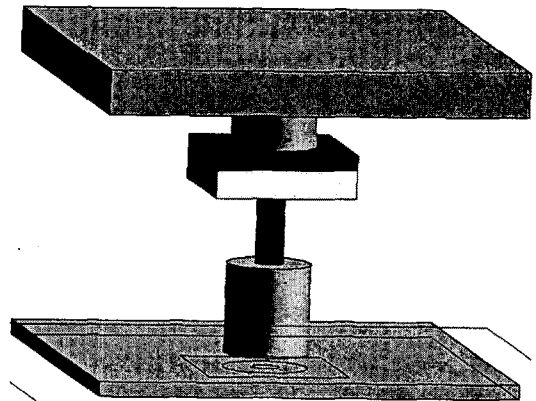


그림 1. 유한요소해석 모델

표 1. 해석에 사용된 물질의 물질 상수

물 질	전기전도도 ( $1/\Omega \cdot m$ )	열전도도 ( $J/cm \cdot K \cdot s$ )	비 열 ( $J/cm^3 \cdot K$ )	밀 도 ( $g/cm^3$ )
W	$1.75 \times 10^7$	1.78	2.58	19.3
GST	$2.4 \times 10^5$	0.018	1.2	2.698
TiN	$1.0 \times 10^6$	0.13	3.235	5.4
SiO <sub>2</sub>	$1.0 \times 10^{-14}$	0.014	3.1	2.33

### 3. 결과 및 검토

상변화 재료의 전기전도도에 따른 지우기 전류 값의 변화를 알아보기 위해 GST의 전기전도도 값인  $2.4 \times 10^5$  ( $1/\Omega \cdot m$ )의 값을 기준으로 전기전도도 값을 변화시키며 상변화 재료의 온도를  $650 [^{\circ}C]$  까지 올리는데 필요한 지우기 전류의 값을 조사하였다.

시뮬레이션을 통해 구해진 지우기 전류 값을 그림 2에 나타내었다. 그림에서 보듯이 상변화 재료의 전기전도도가 줄어들수록 지우기 전류의 값은 크게 줄어들어 전기전도도가  $1.0 \times 10^4 [1/\Omega \cdot m]$ 인 경우, 지우기 전류는  $0.64 [mA]$ 로 전기전도도가  $2.4 \times 10^5 [1/\Omega \cdot m]$ 와 비교할 때 68% 줄어드는 것을 알 수 있다.

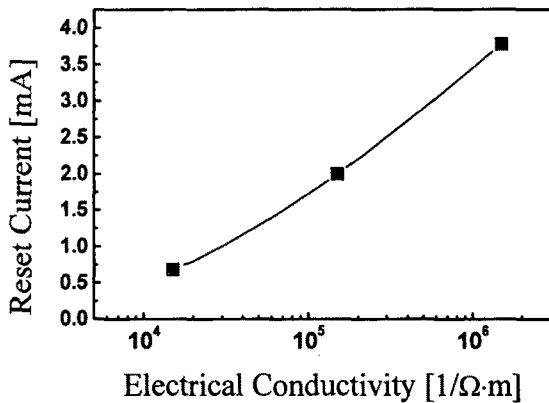


그림 2. 상변화 재료의 전기전도도에 따른 지우기 전류

상변화재료의 접촉면에서 발생된 열은 상변화 재료와 발열전극의 양방향으로 전도되는 과정을 거쳐 상변화 메모리가 동작하기 때문에 상변화 재료의 열전도도에 대한 특성을 알아보는 것 또한 중요하다고 할 수 있다.

상변화 재료의 열전도도에 따른 지우기 전류 값을 알아보기 위해 열전도도 값인  $0.018 [J/cm \cdot K \cdot s]$ 의 값을 기준으로 열전도도를 변화시키며 상변화 재료의 용융온도인  $650 [^{\circ}C]$  까지 올리는데 필요한 지우기 전류의 값을 시뮬레이션을 통해 알아보았다.

그림 3은 상변화 재료의 열전도도에 따른 지우기 전류의 변화량을 나타내었다. 그림에서 보듯이 열전도도가 줄어들수록 지우기 전류 값이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 상변화 재료의 열전도도가 작으면 상변화 재료와 발열 전극 사이에서 발생한 열이 상부전극등으로 적게 빠져 나가게 됨에 따라 상변화 재료의 온도를 좀 더 높이는 것으로 생각된다. 그러나 열전도도에 따른 지우기 전류의 변화량은 전기전도도가 지우기 전류에 미치는 영향에 비해 적은 것을 알 수 있다.

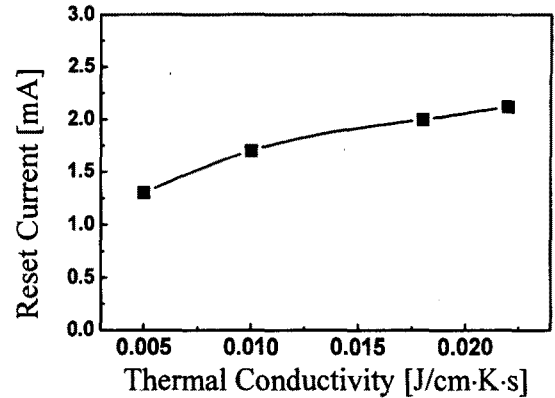


그림 3. 상변화 재료의 열전도도에 따른 지우기 전류

### 4. 결론

본 연구에서는 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 상변화재료의 물질상수를 변화시켜가며 물질상수가 상변화 메모리의 지우기 전류에 미치는 영향을 조사하였다. 상변화재료의 전기전도도가 줄어들수록 지우기 전류의 값은 크게 줄어들며, 열전도도가 줄어들수록 지우기 전류 값이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

### 감사의 글

“본 연구는 2005년 한국과학재단의 특정기초지원사업에 지원에 의하여 연구되었음.” (R01-2005-000-11167-0)

### 참고 문헌

- [1] S.H.Lee, Y.N.Hwang, S.Y.Lee, K.C.Ryoo, S.J.Ahn, H.C. Koo, W.C.Jeong, Y.T.Kim, G.H.Koh, G.T.Jeong, H.S.Jeong and Kinam Kim, IEEE Symposium on VLSI Tech. Dig., pp.20~21, 2004.
- [2] Y.H.Ha, J.H.Yi, H.Horii, J.H.Park, S.H.Joo, S.O.Park, U.I.Chung, J.T.Moon, IEEE Symposium on VLSI Tech. Dig., pp.175~176, 2003.
- [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.