

상부전극에 따른 상변화 메모리의 발열 특성

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

Thermal characteristic of PRAM with top electrode

Hong-Kyw Choi, Nakwon Jang, Hong-Seung Kim, Seong-Hwan Lee*, and Suk Bum Mah**
 Korea Maritime Univ. , Uiduk Univ.*, Youn-In Songdam College**

Abstract : In this paper, we analyzed the reset current variation of PRAM device with top electrode using the 3-D finite element analysis tool. As thickness of phase change material thin film decreased, reset current caused by phase transition highly increased. Joule's heat which was generated at the contact surface of phase change material and bottom electrode of PRAM was given off through top electrode to which was transferred phase change material. As thermal conductivity of top electrode decreased, heating temperate was increased.

Key Words : PRAM(Phase change random access memory), Reset current, Thin film, Thermal conductivity, Top electrode

1. 서 론

IT시대의 도래와 함께 초고속, 대용량, 저전력 비휘발성 메모리에 대한 요구가 증가되어 감에 따라 기존의 전하 축적 개념의 메모리가 아닌 기록과 재생에 필요한 저항의 차이에 의해 동작하는 메모리 소자로 제조공정이 단순하여 저가격화 달성이 용이하고, 나노 스케일에 의한 고집적화를 실현할 수 있는 안정된 메모리로 상변화 메모리 PRAM (Phase change random access memory)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

그러나 상변화 메모리는 반도체 메모리 소자의 응용에 대한 연구는 그 기간이 얼마 되지 않아 소자의 구조 변화에 따른 전기적 성질 변화, 집적공정 진행에 따른 열화의 원인 등에 대한 연구는 아주 미미한 실정이다. 특히, 상변화 메모리가 고집적화 될수록 상변화 재료의 크기와 두께가 작아지게 되어 상변화 재료의 발열 특성과 주변 물질로의 열전달이 특성이 소자에 미치는 영향에 대한 연구가 절대적으로 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 상변화 재료의 두께가 얇아졌을 때, 상부전극의 두께와 열전도도의 변화에 따른 발열특성과 지우기 전류의 변화량을 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 해석함으로써 고집적화와 안정된 메모리가 되기 위한 조건들을 알아보았다.

2. 실험

본 연구에서는 Maxwell 방정식으로부터 유도되는 Laplace방정식과 경계 조건을 수치해석적인 방법을 이용하여 3D 구조로 모델을 구성하여 상변화 메모리 소자의 시뮬레이션 수행하였다. 상변화 메모리의 해석 모델을 구성하기 위해 상용 전자장 해석 도구인 Magnet, Thermnet를 이용하여 3차원 유한요소 모델을 구축하였다. 그림 1

은 상변화 메모리 소자의 전자장 및 열전달 해석을 위해 구성된 해석모델이다. 구축된 상변화 메모리 모델의 발열 전극과 상변화 물질은 현재 많이 연구되고 있는 TiN 과 Ge₂Sb₂Te₅를 사용하였으며, 시뮬레이션에 있어서 중요한 변수인 각 층의 크기 및 두께는 표 1에 나타내었다

상변화 메모리는 지우기 동작 시에는 강한 전류 펄스가 인가되어 상변화 재료의 국부적인 부분을 순간적으로 용융온도 이상으로 용융/급랭 시킴으로써 비정질상이 된다. 본 연구에 이용한 상변화 재료 Ge₂Sb₂Te₅의 용융온도는 750[°C]로 제작된 상변화 메모리가 지우기 동작 시에 이 용융온도까지 올라가 비정질화 된다.

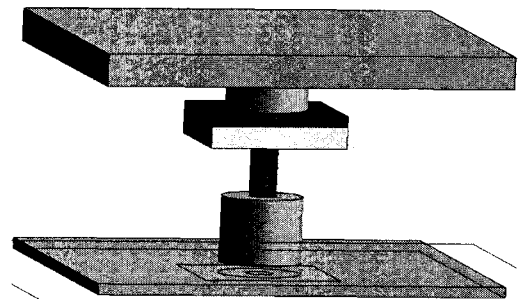


그림 1. 상변화 메모리 소자의 유한 요소 해석 모델

표 1. 상변화 메모리 소자의 각 층의 물질 및 크기

Layer	재 료	크기[μm]	두께[Å]
M1	W	1.5 X 1.5	1500
TEC	W	[지름] 0.30	2000
TE	TiN	0.5 X 0.5	500
GST	Ge ₂ Sb ₂ Te ₅	0.5 X 0.5	1000
Heater	TiN	[지름] 0.10	2500
BL	W	[지름] 0.30	3000

3. 결과 및 고찰

상변화 메모리가 고집적화 될수록 상변화 재료의 크기는 작아지고 두께는 얇아지게 되면 열전달에 의해 동작이 결정되는 특성에 따라 동작 특성이 달라질 수 있다. 제작된 모델의 상부전극(TE)이 TiN 500[Å]일 때, 상변화 재료의 두께에 따른 지우기 전류 값의 변화를 알아보기 위해 GST 박막의 두께를 3000[Å] ~ 200[Å]으로 변화시키며 상변화 재료의 온도를 750 [°C] 까지 올리는데 필요한 지우기 전류의 값을 조사하였다.

시뮬레이션을 통해 구해진 지우기 전류 값은 상변화 재료의 두께가 3000[Å]에서 1000[Å]까지는 지우기 전류가 큰 변화 없으나 두께가 500[Å]일 때는 지우기 전류가 2.3[mA], 두께가 200[Å]일 때는 지우기 전류가 3.9[mA] 로 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

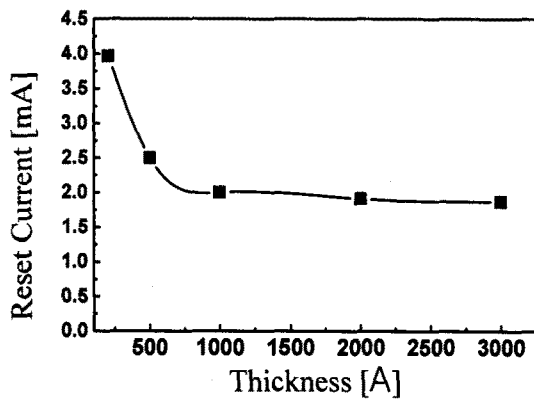


그림 2. 상변화 재료 두께에 따른 지우기 전류

상변화 재료의 두께가 얇아짐에 따라 발열 온도가 감소하고 지우기 전류가 증가하는 이유를 알아보기 위해 상변화 메모리의 상부전극의 열전도도를 변화시켜가며 열전도도 변화에 따른 발열온도를 조사하였다.

상변화 재료 GST 박막의 두께를 200[Å]으로 고정하고 상부전극의 열전도도를 변화시키며 상변화 재료와 발열전극 접촉면에서 발생하는 발열온도를 조사하였다. 이때, 상변화 메모리 셀에는 지우기 전류 2 [mA], 50 [ns]를 인가하였으며, 상부전극의 열전도도는 TiN의 열전도도 값인 0.13 [J/cm·K·s]의 값을 기준으로 변화시켰다.

그림 3은 상부전극의 열전도도에 따른 발열 온도 변화량을 나타내었다. 그림에서 보듯이 상부전극의 열전도도가 줄어들수록 발열 온도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 상변화 재료의 두께가 얇을 경우, 상변화 재료와 발열전극 사이에서 발생한 열이 상변화 재료의 온도를 충분히 올리기 전에 상부전극을 통해 외부로 빠져나가는 것을 나타내는 것이다. 따라서 상변화 메모리가 고집적화 될수록 상부전극은 열전도도가 낮은 재료를 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

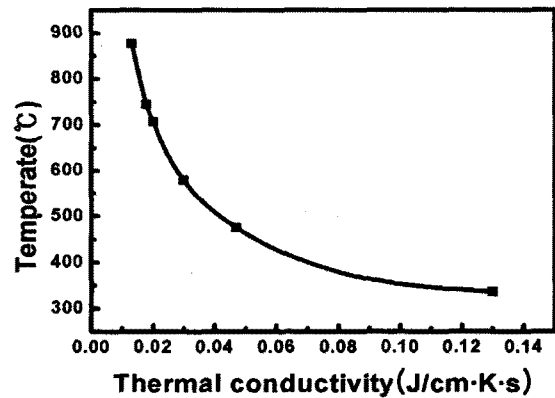


그림 3. 상부전극의 열전도도에 따른 발열온도

4. 결론

본 연구에서는 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 상변화 메모리의 상부 전극의 열전도도를 변화시켜가며 상변화 재료의 발열 온도를 조사하였다. 상변화 재료의 두께가 얇을 경우, 상변화 재료와 발열 전극 사이에서 발생한 열은 상부전극을 통해 외부로 쉽게 빠져나간다. 따라서 상변화 메모리의 상부전극은 열전도도가 낮은 재료를 사용하는 것이 고집적화와 안정된 메모리가 되기 위한 조건임을 알 수 있었다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] S.Lai, T.Lowrey, "OUM - A 180 nm nonvolatile memory cell element technology for stand alone and embedded applications", IEEE IEDM Tech. Dig., pp803, 2001.
- [2] N.Yamada, E.Ohno, K.Nishiuchi, N.Akahira, M.Takao, "Rapid-Phase Transitions of GeTe-Sb2Te3 Pseudobinary Amorphous Thin Films for an Optical Disk Memory", J. Appl. Phys., Vol.69(5), pp.2849, 1991.
- [3] 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, "Full Integration and Cell Characteristics for 64Mb non-volatile PRAM", IEEE Symposium on VLSI Tech. Dig., pp.20, 2004.