

하부전극에 따른 상변화 메모리 셀의 전기 및 발열 특성

장낙원, 김홍승, 이준기*, 김도형*, 마석범**
 한국해양대학교, 전남대학교*, 용인송담대학**

The Electrical and Thermal Properties of Phase Change Memory Cell with Bottom Electrode

Nakwon Jang, Hong Seung Kim, June Key Lee*, Do-Heyoung Kim* and Suk Bum Mah**
 KOREA Maritime Univ. (Chonnam Univ.), Yong-In Songdam College

Abstract : Abstract PRAM (Phase change Random Access Memory) is one of the most promising candidates for next generation Non-volatile Memories. The Phase change material has been researched in the field of optical data storage media. However, the characteristics required in solid state memory are quite different from optical ones. In this study, the reset current and temperature profile of PRAM cells with bottom electrode were calculated by the numerical method.

Key Words : Phase Change Memory, Bottom electrode, Non-volatile Memory, Numerical method, Reset current

1. 서 론

최근 IT시대의 도래와 함께 PDA, 휴대전화, MP3, 디지털 카메라 등 휴대형 제품(매체) 시장의 급속한 발전으로 초고속, 대용량, 저전력 비휘발성 메모리에 대한 요구의 증가로 인해 FRAM, MRAM, PRAM 및 iRRAM 등의 새로운 메모리소자에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그중에서 상변화 메모리 PRAM은 저항 변화에 따라 정보를 저장하는 비휘발성 메모리로, 제조공정에 단순하여 저가격화 달성이 용이하고, 셀 크기를 기존의 메모리에 비해 크게 줄일 수 있는 장점이 있어 최근 연구가 활발히 이루어지고 있다 [1-5]. 그러나 현재 상변화재료의 전기적 성질에 따른 발열 현상, 상변화 소자의 구조에 따른 발열 특성 및 후속 집적공정 진행에 따른 열화의 원인에 대한 전반적인 이해가 부족한 실정이다. 또한 PRAM 소자의 단점으로 알려져 있는 큰 Reset 전류를 감소시키기 위해 적절할 하부 전극막에 대한 연구와 하부 막질에 따른 GST 박막의 특성을 연구하는 것이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 PRAM의 하부전극에 따른 주열 발생 및 열전달 현상을 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 해석함으로써 하부전극에 따른 상변화 메모리의 특성 변화를 조사하였다.

2. PRAM Cell의 전자장해석 모델

본 연구에서는 하부전극에 따른 상변화 cell의 주열 발생 및 열전달을 해석하기 위해, 그림 1의 단면도와 같은 PRAM Cell를 제작하였다. Maxwell 방정식으로부터 유도되는 Laplace방정식과 경계 조건을 수치해석적인 방법을 이용하여 3D 구조로 시뮬레이션 수행하였다. 이때 사용한 유한 요소 해석 도구는 Magnet, Thermnet 이며, 시뮬레이션에 이용한 각 물질의 물질상수를 표 1에 나타내었다. 시뮬레이션에 있어 중요한 변수인 각 layer의 크기는 3.0x3.0 [um]으로 하였으며, 두께는 다음과 같다. GST 상변화 물질의 두께는 3000 [Å]이며, GST Hole의

크기와 두께는 지름 0.5 [um], 1000 [Å]이다. 발열에 있어 중요한 역할을 하는 하부전극 TiN의 두께는 500 [Å], TiW의 두께는 500 [Å], 전류가 공급되는 상부전극 W의 두께는 1000 [Å]로 하였다.

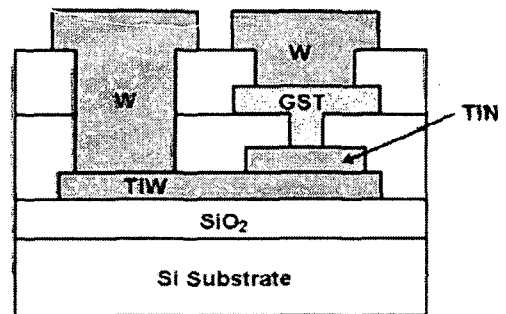


그림 1 상변화 소자의 단면도

표 1 물질 상수 (Material parameters)

Material	Electrical Conductivity (1/Ω.m)	Thermal Conductivity (J/cm.K.s)	Specific Heat (J/kg.K)	Density (g/cm ³)
W	1.75x 10 ⁷	1.78	133.67	19.3
GST	2.4x 10 ⁵	0.018	193.55	2.698
TiW	1.43x10 ⁶	0.6	146.76	14.3
TiN	1.0x 10 ⁶	0.13	601.85	5.4
SiGe	5.0x 10 ⁴	0.085	601.04	3.08

3. 결과 및 고찰

PRAM Cell의 reset 전류를 낮추기 위한 연구 방향의 하나로 발열에 있어 중요한 역할을 하는 하부전극 재료의 개발이 있다. 본 연구에서는 PRAM의 하부전극의 재료를 TiN/TiW와 SiGe/TiW로 바꾸어 가며 하부전극이 발열량에 미치는 영향을 알아보기 전류량 및 발열량에 대한 시

물레이션을 수행하였다. 그림 2는 해석모델의 단면도 및 전자장 및 열전달 해석을 위해 Magnet-3D의 전처리기인 modeler를 사용하여 구성한 해석모델도이다.

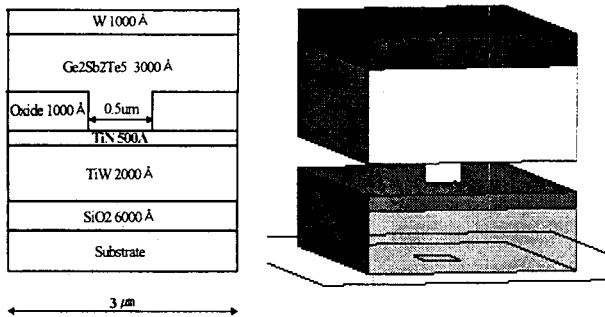
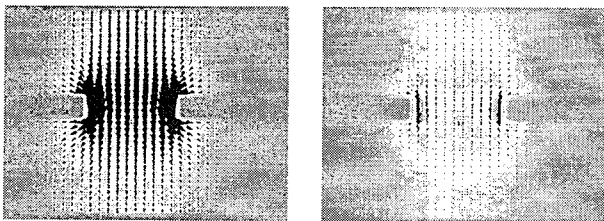


그림 2 상변화 소자의 해석 모델

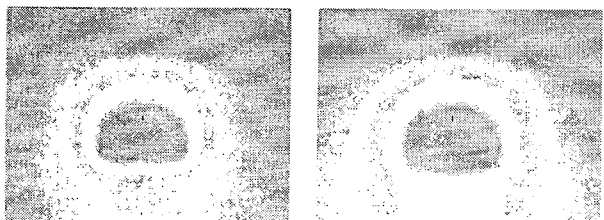
그림 3은 Heater 재료를 각각 TiN/TiW 및 SeGe/TiW 사용하였을 때 750(°C)의 발열온도를 얻기 위해 필요한 reset 전류량을 표현한 벡터 그림이다. 2가지 하부전극 모두 GST Hole의 edge 쪽으로 전류가 집중적으로 흐르는 것을 알 수 있다. 또한 TiN/TiW를 하부전극으로 사용했을 때보다 SeGe/TiW를 사용하였을 때 전류량이 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 4는 하부전극에 따른 발열 온도 분포도를 나타내었다.



(a) TiN/TiW

(b) SiGe/TiW

그림 3 하부전극에 따른 전류량



(a) TiN/TiW

(b) SiGe/TiW

그림 4 하부전극에 따른 발열 온도 분포도

표 2는 시뮬레이션을 통해 얻은 GST 상변화 박막이 750(°C)의 동일한 온도를 얻기 위한 필요한 reset 전류량을 비교한 표이다. 표에서 보듯이 하부전극을 TiN/TiW로 사용하였을 경우 인가전류가 14.71(mA)가 필요한 것에 비해 SeGe/TiW 전극을 사용했을 때는 인가전류가

11.46(mA)으로 약 22% 정도 감소함을 알 수 있다. SiGe/TiW의 하부전극의 SiGe과 TiN/TiW의 TiN을 비교해 볼 때, SiGe의 전기전도도가 작아 상대적으로 주울 열이 많이 발생하며, 열전도율도 작아 Hole에서 발생된 열이 하부전극을 통해 외부로 쉽게 빠져나가지 못함으로써 GST 박막의 온도를 올리는데 필요한 전류값이 상대적으로 줄어드는 것으로 생각된다.

표 2 하부전극에 따른 전류량

하부전극	전류량 (mA)	%
TiN / TiW	14.71	
SiGe / TiW	11.46	- 22.0 %

4. 결론

본 연구에서는 3차원 유한 요소 해석 도구를 이용하여 하부전극에 따른 상변화 메모리 PRAM의 전기 및 발열 특성 변화를 조사하였다. 상변화 메모리 PRAM 용 하부전극을 TiN/TiW와 SiGe/TiW로 변화 시킨 결과, 전기전도도와 열전도율도 작은 SiGe을 사용할 경우 Reset 전류량이 11.46(mA)으로, TiN을 사용했을 때 14.71(mA)보다 약 22% 정도 감소함을 알 수 있었다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] S.Ovshinsky, "Reversible Electrical Switching Phenomena in Disordered Structures", Phys. Rev. Lett., Vol.21(20), pp.1450, 1968
- [2] 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.
- [3] N. Akahira, N. Yamada, K. Kimura, M. Takao, "Recent Advances in Erasable Phase-Change Optical Disks", SPIE Vol.899 Optical Storage Technology and Applications, pp.188, 1988.
- [4] 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.
- [5] 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.