

하부전극 구조 개선에 의한 상변화 메모리의 전기적 특성

김현구, 최혁, 조원주, 정홍배
 광운대학교 전자정보공과대학 전자재료공학과

Electrical characteristic of Phase-change Random Access Memory with improved bottom electrode structure

Hyun-Koo Kim, Hyuk Choi, Won-Ju Cho, Hong-Bay Chung
 Dept. of Electronic Materials Eng.

Abstract : A detailed investigation of cell structure and electrical characteristic in chalcogenide-based phase-change random access memory (PRAM) devices is presented. We used compound of Ge-Sb-Te material for phase-change cell. A novel bottom electrode structure and manufacture are described. We used heat radiator structure for improved reset characteristic. A resistance change measurement is performed on the test chip. From the resistance change, we could observe faster reset characteristic.

Key Words : Chalcogenide, Phase-change random access memory, PRAM, reset characteristic, bottom electrode

1. 서론

1960년대 말에 보고되어 지속적으로 연구된 칼코게나이드 합금 물질은 근래에 가장 각광받는 차세대 메모리 소자 중 하나이다. 이 화합물질에서 나타나는 스위칭 현상은 그 활용도가 높으며 rewritable DVD나 CD 등 광기록 소자나 컴퓨터 메모리 어레이 등으로 이용 할 수 있다.

최근 플래시 메모리 소자의 다양한 활용과 그 한계로 인하여 급속도로 발달된 다양한 멀티미디어 기기에 차세대 소자가 요구되고 있다. 칼코게나이드를 이용한 비휘발성 메모리로서의 비정질 반도체는 문턱전압, 메모리 스위칭을 포함한 전기적 광학적 특성으로 위에 언급한 요구를 충족시키기에 충분한 매력이 있었다.

특히 $Ge_2Sb_2Te_5$ 물질을 이용한 상변화 메모리 (Phase-change Random Access Memory, PRAM)는 현재 양산 단계에 이를 만큼 그 가능성과 우수한 특성으로 인하여 고도의 성장을 이끌어냈다. 하지만 아직 정확한 물리적 해석이 힘들고 다른 차세대 메모리보다 우위를 점유하기 위해서는 더 빠른 set/reset time과 더 낮은 전력 소모가 관건이다. 따라서 근래에는 구조적 개선과 다른 칼코게나이드 조성을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 구조적 변경을 통하여 reset 특성을 개선하기 위한 실험을 하였다. 하부전극으로 사용된 Aluminum을 방열판 (Heat radiator)으로 사용할 수 있도록 요철구조로 제작하여 reset 특성을 측정하였다. 이는 일반적인 전극소재보다 열전도도가 우수한 Al을 사용하여 더 빠른 amorphization이 가능하도록 하였다.

2. 실험

실험에 사용한 상변화 물질로는 Ge-Sb-Te계 물질을 선택하였다. Ge-Sb-Te의 조성비는 기존 연구를 통하여

전기적 특성이 우수한 $Ge_2Sb_2Te_5$ 로 하였다. 벌크 제작을 위해 전자 천평(Asep, MEV-198A)을 이용하여 각 원소를 평량하고, 약 2×10^{-5} Torr의 진공도에서 세척, 건조공정을 거친 석영관에 봉입, 봉입된 석영관은 전기로 (RTF-1000)에서 충분한 시간동안 가열과 rocking과정을 수행 후 water quenching을 통해 비정질 벌크를 제작하였다.

샘플 제작은 Corning glass를 기판으로하여, 하부전극으로 Al을 약 2×10^{-6} Torr 진공도에서 열 증착기(Thermal vacuum evaporator)를 사용하여 200nm 두께로 증착하였다. RIE(Reactive ion etching)를 사용하여 하부전극을 요철 형태의 방열판 구조와 plate한 구조를 만들었다. 그 위에 상변화 물질인 $Ge_2Sb_2Te_5$ 를 200nm 두께로 증착하였다. 상부전극으로 Al을 150nm 두께로 증착하였다. 그림 1은 제작된 소자의 구조도를 나타내었다.

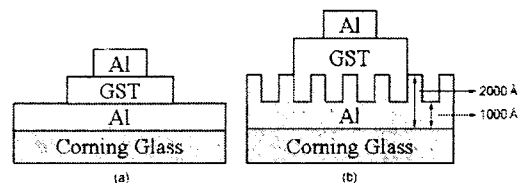


그림 1. 제작된 샘플의 구조도 (a)비방열판 구조 (b)방열판 구조

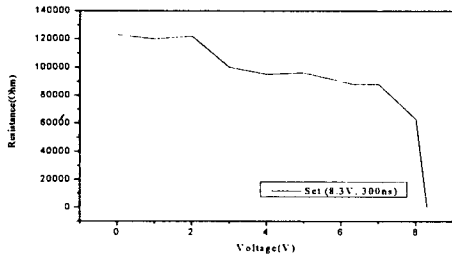
3. 결과 및 고찰

그림 2는 하부전극이 비방열판 구조인 샘플의 전기적 펄스 인가에 따른 상변화 소자의 결정화와 비정질화 특성을 나타내고 있으며, 그림 3은 하부전극이 방열판구조인 샘플의 전기적 펄스 인가에 의한 상변화 소자의 결정화와 비정질화 특성을 나타내고 있다.

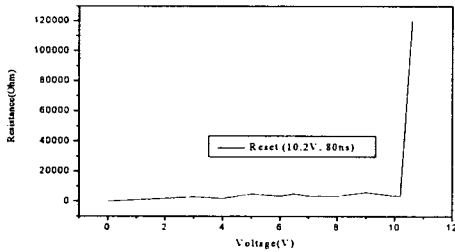
그림 2와 그림 3.에서 알 수 있듯이 각 (a)그림에서는

소자가 고 저항 상태를 유지하다가 8V이상의 전압이 인가된 후 각각 8.3V(300ns), 8.8V(700ns)에서 저 저항 상태로 결정화되는 Set 특성 확인 할 수 있었다.

이와 마찬가지로 각 (b)그림에서는 초기 저 저항상태에서 각각 10.2V(80ns), 10.3V(30ns)조건에서 고 저항상태로 비정질화 되는 Reset 특성을 확인할 수 있었다.

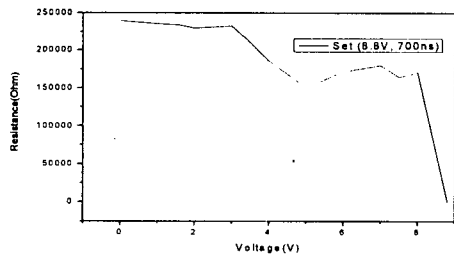


(a)

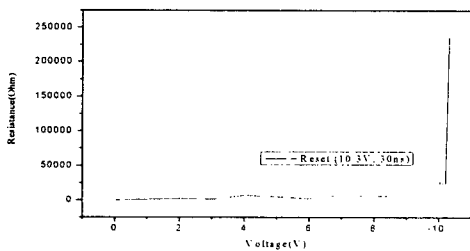


(b)

그림 2. 방열판이 없는 (a)Ge₂Sb₂Te₃ 샘플의 결정화 전압과 펄스 곡선, (b)Ge₂Sb₂Te₃ 샘플의 비정질화 전압과 펄스 곡선



(a)



(b)

그림 3. 방열판 하부전극 구조의 (a)Ge₂Sb₂Te₃ 샘플의 결정화 전압과 펄스 곡선, (b)Ge₂Sb₂Te₃ 샘플의 비정질화 전압과 펄스 곡선

위의 그래프들에서 주목할 점은 그림 2.와 그림 3.의 각 (b)그래프에서 펄스의 폭이다. 하부전극의 방열판 구조를 갖고 있는 샘플이 그렇지 않은 샘플에 비해 펄스의 폭이 약 50ns의 차이를 보이고 있다.

상변화 소자에서 비정질화 하는데 관건이 되는 냉각속도가 하부전극과 상변화 매질간의 표면적 상승으로 인하여 열이 보다 효율적으로 방출되었음을 알 수 있다. 하지만 Set에서의 임계 전압이 방열판 구조가 없는 하부전극 구조의 샘플보다 상승되었음을 나타내는데, 이는 열 보호층 구조를 갖고 있는 샘플과 적절한 보상 선을 찾는다면 해결이 가능할 것으로 보인다. 또한 그림 2.(b)의 Set 펄스 폭 증가와 그림 2.보다 그림 3.에서의 높은 저항은 더 연구가 필요한 부분이다.

4. 결론

본 연구에서는 하부전극의 구조적 변화를 통하여 상변화 소자의 Reset 특성을 개선하였다.

하부전극이 요철 형태를 하여 상변화 매질과의 표면적이 증가하면서 열의 방출이 쉽게 일어나 Amorphization이 보다 작은 펄스의 폭에서도 가능함을 나타내었다.

하지만 표면적의 증가가 Set 특성에서도 영향을 미쳐서 Crystallization에 약 2배 이상의 펄스 폭 증가 현상을 보였다. 따라서 MnO₂, SiO₂ 등을 이용하여 GST 물질 상부에 열 보호 층 구조와의 적절한 혼용이 필요하다고 사료된다.

감사의 글

This research was supported by the MIC(Ministry of Information and Communication), Korea, under the ITRC(Information Technology Research Center) support program supervised by the IITA(Institute of Information Technology Assessment) (IITA-2005-C1090-0502-0038)

참고 문헌

- [1] S. R. Ovshinsky, "Reversible electrical switching phenomena in disordered structures," Phys. Rev. Lett., vol. 21, no. 20, pp. 1450-1453, 1968.
- [2] M. Chen, K. Rubin, and R. Barton, "Compound materials for reversible, phase-change optical data storage," Appl. Phys. Lett., vol. 49, no. 9, pp. 502-504, 1986.
- [3] S. Tyson, G. Wicher, T. Lowrey, S. Hudgens, and K. Hunt, "Nonvolatile, high density, high performance phase-change memory," in Proc. Aero Space Conf., vol. 5, 2000, pp. 385-390.
- [4] A. Huijser, B. Jacob, L. Vriens, J. Markvoort, A. Spruijt, and P. Vromas, SPIE Proc. 382, 270 (1983)