

Ge-Se-Te Chalcogenide 물질의 열적, 전기적 특성에 관한 연구

남기현, 박형관, 김재훈, 구상모, 정홍배
 광운대학교 전자재료공학과

A study for thermal and electrical properties of Ge-Se-Te Chalcogenide materials

Ki-Hyun Nam, Hyung-Kwan Park, Jae-Hoon Kim,, Sang-Mo Koo, Hong-Bay Chung
 Department of Electrical material engineering, Kwangwoon Univ.

Abstract : Ge₁Se₁Te₂ chalcogenide amorphous materials was prepared by the conventional melt-quenching method. Samples were prepared by e-beam evaporator system and thermal evaporator technique. The thermal properties were investigated in the temperature range 300K-400K and the electrical properties were studied in the voltage range from 0V to 3V below the corresponding glass transition temperature. The obtained results agree with the electrothermal model for Phase-Change Random Access Memory.

Key Words : chalcogenide, Ge₁Se₁Te₂, PRAM

1. 서 론

1960여년 경에 비정질 칼코게나이드 물질을 이용한 전기적 스위칭 현상이 발견 된 이후 비정질 물질에 관한 연구 비중이 점점 증가하고 있다.[1-2] 최근에는 스위칭 현상을 이용한 차세대 메모리, 박막트랜지스터 소자재료를 비롯하여 광학매질, 태양전지, 전해질 특성을 이용한 2차 전지 등 광범위한 산업 분야로 그 응용이 확대 되고 있다.

이는 비정질 칼코게나이드계 물질이 갖는 광학적, 전기적 특성이 매우 뛰어나기 때문이다.[3-4] 또한, 벌크 상태에서 박막으로 제작하기가 매우 용이하여 초소형화 된 기기에 적용이 가능하다. 특히, 칼코게나이드 물질은 차세대 메모리 중 PRAM으로 잘 알려진 상변화 메모리의 핵심 재료로 쓰이고 있고, 그에 관한 연구가 활발히 논의 중에 있어 이번 연구에서도 칼코게나이드 물질을 이용한 PRAM 소자를 제작하여 특성을 알아보았다.

이번 연구에서는 Ge-Se-Te의 세 가지 재료를 화합하여 얻어낸 비정질 칼코게나이드 물질을 이용하여, 상변화 메모리(PRAM) 소자의 열적 특성과 전기적 특성을 알아보았다. 초기 비정질 상태에서 전압을 인가하여 V_{th}를 구하고, 상온으로부터 열을 가하였을 때, 발생하는 저항의 변화를 관찰하였고, 고저항과 저저항 상태에서의 DC conductivity를 계산하였다.

2. 실험

99.999%의 순도를 갖는 Ge-Se-Te을 1:1:2의 원자량비로 0.1mg까지 평량하여 용융냉각 방식에 의해 비정질 칼코게나이드 재료를 만들었다. 샘플은 그림1과 같은 구조로 제

작하였다. SPM으로 세척한 Si 기판위에 하부전극으로 1000Å의 Al을 증착 한 후에 벌크로 제작한 비정질 Ge₁Se₁Te₂를 1000Å 증착하고, 그 위에 지름 250μm인 원형 모양의 상부전극을 증착하였다.

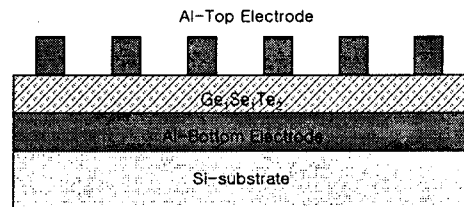


그림 1. A cross section of manufactured sample.

제작된 샘플에 semiconductor parameter analyzer 4155B를 이용하여 V_{th}를 측정하였고, 온도를 상온에서부터 서서히 가하였을 때, 변화하는 저항의 변화를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

그림2는 전압을 0V에서 3V까지 인가한 후, 다시 0V로 sweep 했을 때의 전류 흐름을 나타낸 것이다. 초기엔 전류가 거의 흐르지 않다가 2.3V에서 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 그림2에서 전류가 0.1A 이상으로 올라가지 않는 이유는 측정 장비의 측정 가능한 전류의 최대치가 0.1A이기 때문으로, 실제 2.3V 이상의 전압에서는 전류가 급격히 증가하는 기울기를 따라 증가 하고, 3V에서 다시 전압이 감소할 때는 0.5V 지점에서 형성되는 기울기와 같은 기울기를 갖는 상태로 감소한다.

4. 결론

이번 연구에서는 비정질 $\text{Ge}_1\text{Se}_1\text{Te}_2$ 물질의 PRAM으로의 적용을 위해 기초적 파라미터인 열적, 전기적 특성들을 측정하였다.

제작된 샘플에서의 V_{th} 는 2.3V로 측정되었다. 측정장비의 한계로 완벽한 그래프를 나타내지는 못했으나, 전형적인 메모리 스위칭 특성 곡선의 우측 모양을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 온도를 가한 후, 샘플의 전기적 특성 변화를 측정하여 대략 90°C에서 고저항 상태에서 저저항 상태로 바뀌는 현상을 관찰 할 수 있었다. 이 초기 비정질 상태에서 가해진 열에너지에 의해 원자의 재배열이 일어나 결정질로의 상변화가 일어났음을 유추 해 낼 수 있다. 이때, 상변화에 의한 저항의 on-off 비율이 평균 10^6 이상 되는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 90°C 이하에서는 입력된 정보의 상태가 변하지 않음을 확인하였다.

우리는 이번 연구에서 $\text{Ge}_1\text{Se}_1\text{Te}_2$ 를 이용한 PRAM 소자의 V_{th} 와 열에 의한 저항의 변화를 측정함으로써 메모리 소자로서의 응용 가능성을 확인하였다.

감사의 글

This research was supported by the MKE (Ministry of Knowledge Economy), Korea under the ITRC (Information Technology Research Center) Support program supervised by the IITA (Institute of Information Technology Advancement) (IITA-2008-C1090-0801-0018)

참고 문헌

- [1] A. Madan and M. P. Shaw, "The physics and Applications of Amorphous Semiconductors", Academic Press, p.382-408, 1988.
- [2] Mott and Davis, "Electronic processes in Non-crystalline Materials", Oxford University Press, p.507-512, 1979[1] Hong-Bay Chung, et al., "Phase-change characteristics of chalcogenide $\text{Ge}_1\text{Se}_1\text{Te}_2$ thin films for use in nonvolatile memories", J. Vac. Sci. Technol. A 25(1), p.48, 2007.
- [3] Jae-Min Lee, et al., "Electrical Switching Studies of Amorphous $\text{Ge}_1\text{Se}_1\text{Te}_2$ thin film for a High-Performance Nonvolatile Phase-Change Memory", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 45, No. 5B, p.5467, 2006.
- [4] Agostinelli, G.; Dunlop, E.D.; Batzner, D.L.; Tiwari, A.N.; Nollet, P.; Burgelman, M.; Kontges, M., "Light dependent current transport mechanisms in chalcogenide solar cells", Photovoltaic Energy Conversion, Vol. 1, p. 356, 2003.

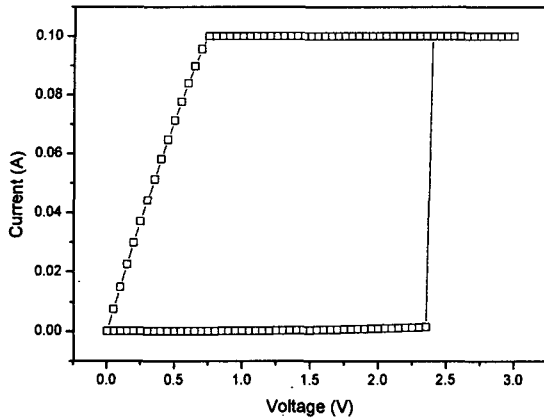


그림 2. Static I-V characteristic curve for $\text{Ge}_1\text{Se}_1\text{Te}_2$

그림 3은 온도의 변화에 따른 전류와 저항의 변화를 나타낸 그래프이다. 상온에서는 저항이 매우 높게 형성되어 미세한 전류가 흐르지만, 363K에서 저항이 급격히 줄어들어 전류가 순간적으로 증가하게 되고, 363K 이상의 고온에서 저저항 상태가 유지되어 전류가 많이 흐르고 있음을 알 수 있다.

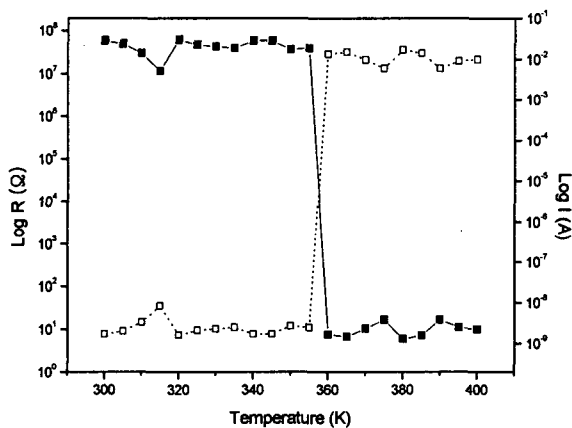


그림 3. Current characteristic curve for temperature changes.

그림 3의 측정 데이터로 상대적으로 저항이 높은 고저항 상태와 저항이 낮은 저저항 상태의 평균 DC conductivity를 계산한 결과가 표 1에 나타나 있다.

표 1. The mean value of DC conductivity.

	DC conductivity ($\Omega^{-1}\text{m}^{-1}$)
High Rest.	291.026×10^{-9}
Low Rest.	424.413×10^{-3}