

Al을 첨가한 Ge₂Sb₂Te₅ 박막의 비정질-결정질 상변화 특성

서재희^a, 송기호, 이현용¹
전남대학교

Characteristics of amorphous-to-crystalline phase transformation in the Al-added Ge₂Sb₂Te₅ films

Jae-Hee Seo^a, Ki-ho Song, and Hyun-Yong Lee¹
Chonnam National Univ

Abstract : 본 논문에서는 PRAM에서 기록매질로 이용될 수 있는 최적의 물질을 찾고자 Ge₂Sb₂Te₅ 박막에 Al을 첨가하여 비정질-결정질 전이시의 원자구조와 상변화 특성간의 관계를 연구하였다. 이 실험에 사용된 Al_x(Ge₂Sb₂Te₅)_{1-x} 조성은 5N의 금속 파우더를 용융-냉각법으로 벌크를 제작하였고 열증착 방법으로 Si (100) 및 유리(corning glass, 7059) 기판위에 200nm 두께로 박막을 증착하였다. 비정질 박막의 상변화에 따른 반사도 차이를 평가하기 위해서 658 nm의 LD가 장착된 나노-펄스 스캐너를 이용하여 power; 1~17mW, pulse duration; 10~460 ns의 범위에서 각 조성의 비정질-결정질 상변화속도를 측정, 비교 분석하였다. 또한 각각의 박막을 100℃ 에서 400℃ 까지 50℃ 간격으로 N₂ 분위기에서 1시간동안 열처리 한 후 XRD와 UV-Vis-NIR spectrophotometer를 사용하여 각 상의 구조분석 및 광학적 특성을 분석하였다. 또한 4-point probe로 면저항을 측정하였다.

Key Words : Ge₂Sb₂Te₅, PRAM, amorphous materials, phase change characteristics, optical properties

1. 서 론

GeSbTe 계의 칼코게나이드 물질은 차세대 메모리 기술의 중에 하나인 PRAM에서 상변화 재료로 가장 활발히 연구되고 있는 물질이다. 현재 비휘발성 메모리소자 형태로 제작되어 그 특성이 평가되고 있으나, 기록 신뢰성 등의 문제로 이를 대체할 새로운 상변화 재료의 탐색이 필요하다.[1]

기존의 Ge₂Sb₂Te₅ 박막의 경우에 결정화 속도 면에서는 우수한 특성을 보였으나 열적인 안정성 면에서의 특성은 다소 뒤떨어지는 경향을 보였다. 이와 같은 문제를 해결하고자 본 연구에서는 Al을 첨가한 Ge₂Sb₂Te₅ 박막을 열증착법으로 제작한 후, nano pulse-scanner의 레이저로 박막에 조사 시켰을때 동일한 power에서 Ge₂Sb₂Te₅ 박막보다 열적인 안정성을 확보하였을 뿐만 아니라 결정화 속도 또한 증가함을 확인 하였다. 그에 따른 Al의 조성을 달리하여 열처리 온도에 따른 구조적, 광학적 및 전기적 기본 특성을 평가하였다.

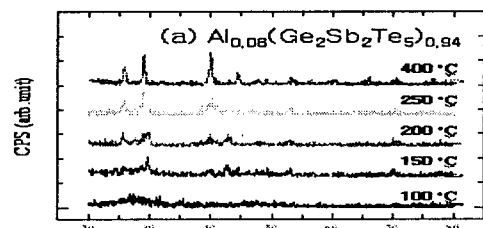
2. 실험

본 연구에서의 Al_x(Ge₂Sb₂Te₅)_{1-x} 조성은 x = 0.06, 0.1, 0.3에 각각 대응된다. 이러한 비정질 벌크시료는 5N의 순도를 갖는 원소를 각각의 원자량 조성비에 맞추어 평량하고 석영관에 진공 봉입하여 전형적인 용융-냉각법으로 제작하였다. 박막은 약 1×10⁻⁵ Torr 의 진공에서 Si(100) 및 유리(Coring glass 7059) 기판 위에 진공 열증착 방식으로 제작하였고, 두께에 따른 변수를 줄이기 위해 증착두께는 200 nm로 동일하게 수행하였다. 증착된 박막은 각 조성별로 100℃에서 400℃까지 약 50℃ 간격으로 열처리를 실시하였다. 열처리된 박막은 XRD(X'pert PRO MRD)와 UV-vis-NIR Spectrophotometer

(Cary500Scan)를 통해 각 조성의 구조 및 광학적 특성 분석을 실시하였다. 열처리 온도에 따른 전기적 특성을 파악하기 위하여 4-point probe(CNT-series)를 이용하여 박막의 면저항을 측정하였다. 최종적으로 658 nm의 레이저 다이오드가 장착된 나노-펄스 스캐너(nano-pulse scanner)를 사용하여 박막의 상변화에 따른 반사도 차이를 측정함으로써 각 조성 박막의 비정질-결정질 상변화 속도를 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

열증착으로 형성된 각 조성의 박막을 열처리 온도에 따라 결정 구조와 상의 변화를 확인하기 위해 XRD를 측정하여 그림 1에 나타내었다. 그림1에서 보는 바와 같이 150 ℃이상 열처리된 박막에서부터 (1 1 1), (2 0 0) 전형적인 fcc구조의 XRD 피크가 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 Ge₂Sb₂Te₅ 박막에서 보였던 Hexagonal 구조의 전이는 확인 되질 않았다. 이것은 Ge₂Sb₂Te₅ 박막에 첨가된 Al은 fcc 상에서 hexagonal 상으로의 전이를 어렵게 하며, 결정화 온도를 높이는 작용을 하는 것으로 생각 할 수 있다. [2]



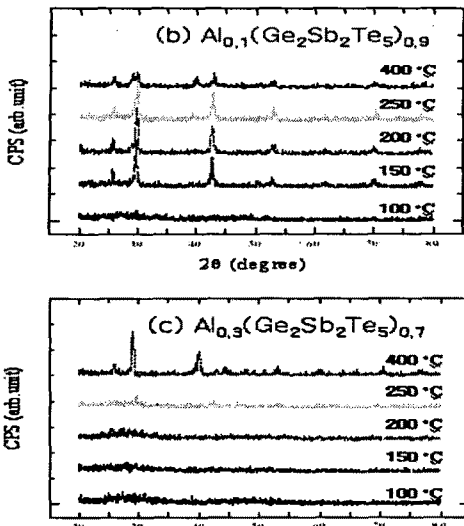


그림 1. (a) $Al_{0.06}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.94}$ (b) $Al_{0.1}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.9}$ 및 (c) $Al_{0.3}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.7}$ 박막의 XRD 패턴

그림 2는 각 구성에 대한 박막의 열처리 온도에 따른 면저항의 변화를 보여준다. 결정질 상에서 Al의 함량이 증가할수록 면저항 값이 증가하며 이러한 열전도도의 감소는 광 흡수 전류에 의해 발생하는 열의 효율을 높일 수 있으며 메모리 소자로 구동하는 경우 필요한 소비전력을 낮출 수 있다.

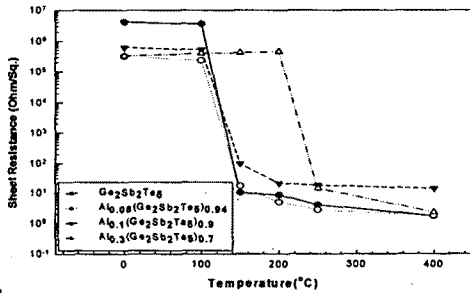


그림 2. $Al_x(Ge_2Sb_2Te_5)_{1-x}$ 박막의 열처리 온도에 따른 면저항 변화.

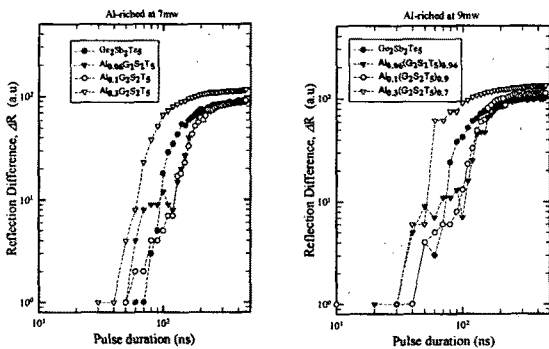


그림 3. (a) 7 mW 및 (b) 9 mW 에서 측정된 $Al_x(Ge_2Sb_2Te_5)_{1-x}$ 박막의 반사도 변화

나노-펄스 스캐너 측정을 통하여 광조사 전 후의 반사도

차이를 바탕으로 상변화 재료들의 결정화 속도 및 결정화 정도를 비교하여 그림 3에 나타내었다. Al의 첨가량이 증가하면서 결정화 속도는 증가하였고 이러한 결과는 XRD 결과와는 상반되는 결과로 비록 거시적인 열-노출에서는 결정화 온도를 증가시켰지만 미소구간의 laser에 의한 결정화 속도는 더 빠르다는 것을 의미한다.

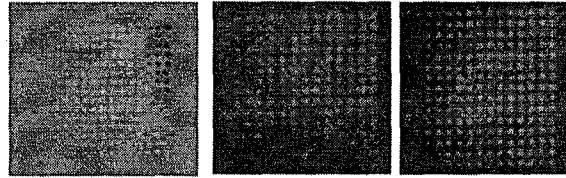


그림 4. (a) $Ge_2Sb_2Te_5$ (b) $Al_{0.1}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.9}$ 및 (c) $Al_{0.3}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.7}$ 박막의 결정화 이미지

그림 4는 각각의 박막에 nano-pulse scanner의 레이저를 이용하여 조사 시킨 후 광학현미경으로 결정화 상태를 관찰하였다. 그 결과 $Al_{0.3}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.7}$ 박막이 미소구간에서 가장 빠른 결정화 속도를 보였으며, 동일한 power 27mW~31mW 부근에서 $Ge_2Sb_2Te_5$ 박막보다 Al을 첨가한 $Ge_2Sb_2Te_5$ 박막이 더 우수한 열적 안정성을 가짐을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 Al을 첨가한 $Ge_2Sb_2Te_5$ 박막의 열처리 온도에 따른 구조적, 광학적, 전기적인 특성을 평가하였다. 나노-펄스 스캐너 결과를 통해 미소범위에서는 $Al_{0.3}(Ge_2Sb_2Te_5)_{0.7}$ 박막이 $Ge_2Sb_2Te_5$ 박막에 비해 결정화 속도나 열적 안정성 면에서 현저히 우수하였지만, 상대적으로 거시적인 측면인 XRD 결과 값에서는 높은 결정화 온도를 보였다. 또한 $Ge_2Sb_2Te_5$ 박막에 Al을 도핑한 경우 결정질 상태에서의 면저항이 증가되어 메모리 소자를 구동하는 데 필요한 소비전력을 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 차세대 성장 동력 반도체 사업단 삼성전자 지원의 연구비에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] S.Ovshinsky, "Reversible Electrical Switching Phenomena in Disordered Structures", Phys. Rev. Lett., Vol.21(20), pp.1450, 1968
- [2] S. Wei, J. Li, X Wu, P. Zhou, S. Wang, Y. Zheng, L. Chen, F. Gan, X. Zhang, G. Li, "Phase change characteristics of aluminum doped $Ge_2Sb_2Te_5$ films prepared by magnetron sputtering" Opt. Soc. 15, 17-10584 (2007)