

(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉)_{1-x}(Ag)_x (x = 0, 0.1, 0.2) 박막의

비정질-결정질 상변화 특성

서재희^a, 김성원, 이현용¹
전남대학교

**Amorphous-to-crystalline phase-change properties of
(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉)_{1-x}(Ag)_x (x= 0, 0.1, 0.2) thin films**

Jae-Hee Seo^a, Sung-Won Kim, and Hyun-Yong Lee¹
Chonnam National Univ

Abstract : 본 논문에서는 비정질-결정질간 가역적 상변화 기록 매질로 이용되고 있는 Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉ 합금 박막의 Ag 조성 증가에 따른 원자구조와 상변화 특성간의 상관관계를 연구하였다. 실험에 사용된 AgInSbTe 조성은 5N의 금속 파우더를 용융-냉각법으로 벌크를 제작하였고 열증착 방법으로 Si (100) 및 유리(coming glass, 7059) 기판위에 200 nm 두께로 박막을 증착하였다. 비정질 박막의 결정화속도를 평가하기 위해서 658 nm의 LD가 장착된 나노-펄스 스캐너를 이용하여 power; 1~17mW, pulse duration; 10~460 ns의 범위에서 각 조성의 상변화에 따른 반사도 차이를 측정, 비교 분석하였다. 또한 각각의 박막을 100℃ 에서 300℃ 까지 50℃ 간격으로 N₂ 분위기에서 1시간동안 열처리 한 후 XRD와 UV-Vis-NIR spectrophotometer를 사용하여 각 상의 구조분석 및 광학적 특성을 분석하였으며, 4-point probe로 면저항을 측정하였다.

Key Words : AgInSbTe, PRAM, amorphous materials, phase change, optical properties

1. 서론

정보화 시대의 도래와 함께 급격하게 증대되는 정보량에 대응하기 위해서 초고속의 정보 저장 매체에 대한 요구가 더욱 확대되고 있다. 휴대용 저장매체에 이용되는 배터리 없이도 데이터를 저장할 수 있는 초고속, 대용량, 저전력, 비휘발성의 특성을 갖는 FeRAM (ferroelectric RAM), MRAM (magnetic RAM), PRAM (phase-change RAM) 등의 새로운 메모리 소자에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다[1]. PRAM에서 상변화 재료로 가장 활발히 연구되고 있는 GeSbTe 계의 칼코게나이드 물질은 이미 비휘발성 메모리소자 형태로 제작되어 활용 단계에 있으나, 기록 신뢰성 등의 문제로 이를 대체할 새로운 상변화 재료의 탐색이 필요하다. GeSbTe와 함께 상변화 재료로 널리 쓰이고 있는 AgInSbTe는 비정질화 할 때까지의 변화에 필요한 조사시간이 매우 짧아 recordable형 DVD-RAM 기록 재료에 사용되어 왔다[2].

앞선 연구에서, 우리는 Ge₂Sb₂Te₅에 Ag를 첨가하므로 결정화 속도가 크게 향상됨을 보고 하였으며, 이를 Ag첨가에 의한 hopping의 증가에 따른 결과로 평가하였다.

따라서 본 연구에서는 Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉ 박막에 Ag를 첨가하여 열증착법을 이용하여 제작한 후, 박막의 조성 및 열처리 온도에 따른 구조적, 광학적 및 전기적 기본특성을 평가하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용된 Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉, Ag_{0.1}(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉)_{0.9} 및 Ag_{0.2}(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉)_{0.8} 조성은 Ag_x(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉)_{1-x}에 대해 x = 0, 0.1, 0.2에 각각 대응된다. 이러한 비정질 벌크시료는 5N의 순도를 갖는 원소를 각각의 원자량 조성비에 맞추어 평량하고 석영관에 진공 봉입하여 전형적인 용융-냉각 법으로 제작하였다. 박막은

약 1×10⁻³ Torr 의 진공에서 Si (100) 및 유리(Coring glass 7059) 기판 위에 진공열증착 방식으로 제작하였고, 두께에 따른 변수를 줄이기 위해 증착두께는 200 nm로 동일하게 수행하였다. 증착된 박막은 각 조성별로 100℃에서 300℃까지 약 50℃ 간격으로 질소분위기에서 열처리를 실시하였다. 열처리된 박막은 XRD (X'pert PRO MRD)와 UV-vis-NIR Spectrophotometer (Cary500Scan)를 통해 각 조성의 구조 및 광학적 특성을 분석하였다. 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-결정질간 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. 증착직후와 100℃ 열처리된 박막에서는 전형적인 비정질 패턴을 보였고, 160℃이상 열처리된 박막에서는 (111), (200), (220)등의 전형적인 fcc구조의 XRD 피크가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 300℃에서 열처리된 박막은 2θ~48°에서 보이는 HEX (222) 회절면에서 나타나는 피크로부터 hexagonal 구조를 확인할 수 있다. 또한 Ag의 첨가량이 증가하면서 HEX (222) 회절면에서 나타나는 피크의 세기가 감소하였고 Ag가 0.2 첨가된 박막의 경우 피크가 관찰되지 않았다. 이상으로부터 Ag_{5.5}In_{6.5}Sb₅₉Te₂₉ 박막에 첨가된 Ag는 fcc 상에서 hexagonal 상으로의 전이를 어렵게 하며, 전반적으로 결정화 온도를 높이는 작용을

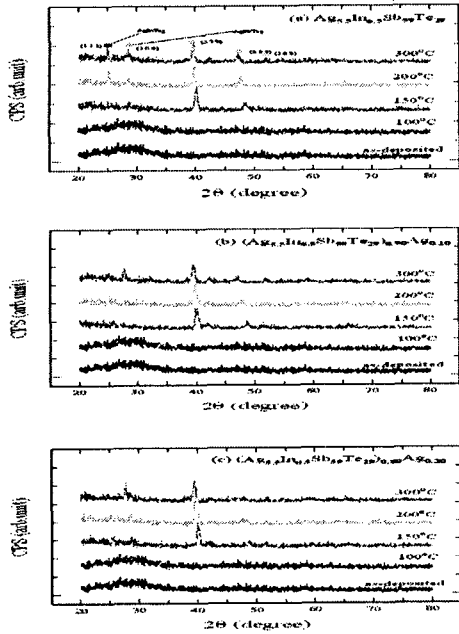


그림 1. (a) $Ag_{0.1}(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{0.9}$ 및 (b) $Ag_{0.1}(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{0.9}$ 및 (c) $Ag_{0.2}(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{0.8}$ 박막의 XRD 패턴

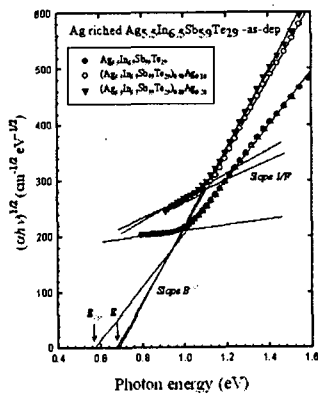


그림 2. $Ag_x(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{1-x}$ 박막의 결정구조에 대한 $(ahv)^{1/2}$ vs hv 의 그래프

하는 것으로 생각 할 수 있다.

각 조성의 비정질 상에서의 흡수특성을 그림 2에 보여 주었다. Ag의 첨가량이 증가할수록 E_{op} 가 증가하고 기울기 B와 1/F는 감소하였다. 이는 Ag의 첨가가 조성의 무질서도를 증가시킨다. 이러한 갭 내 상태는 전기전도도 및 열

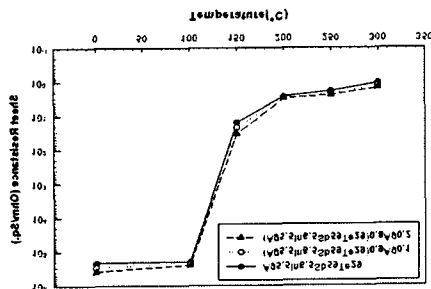
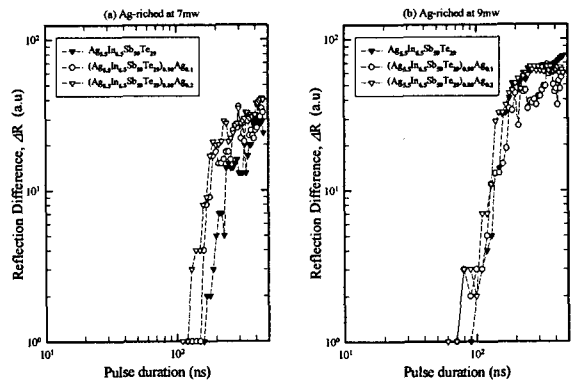


그림 3. $Ag_x(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{1-x}$ 박막의 열처리 온도에 따른 면저항 변화.

전도도에 영향을 미친다.

그림 3에서 Ag의 함량이 증가할수록 면저항 값이 증가하며 비정질 상에서의 높은 저항은 갭 내 상태를 가지는 흡수 스펙트럼에서 나타나는 결과와 잘 일치한다. 높은 무질서도에 의한 갭 내 상태는 비정질의 저항을 높이고 열전도도를 낮춘다. 이러한 열전도도의 감소는 상대적 전자 호핑 (hopping)의 증가를 동반하여 광 흡은 전류에 의해 발생하는 열의 효율을 높일 수 있어 메모리 소자로 구동하는 경우 필요한 소비전력을 낮출 수 있다. 그림 4는 Ag의 첨가량이 증가하면서 결정화 속도는 증가하였고 이러한 결과는 비록 거시적인 열-노출에서는 결정화 온도를 증가시켰지만 미소구간의 laser에 의한 결정화 속도는 더



빠르다는 것을 의미한다.

그림 4. (a) 7 mW 및 (b) 9 mW 에서 측정된 $Ag_x(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{1-x}$ 박막의 반사도 변화

4. 결론

본 연구에서는 Ag를 첨가한 $Ag_x(Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29})_{1-x}$ 박막의 열처리 온도에 따른 구조적, 광학적, 전기적인 특성을 평가하였다. 나노-펄스 스캐너 결과를 통해 $Ag_{5.5}In_{6.5}Sb_{59}Te_{29}$ 박막에 Ag를 도핑한 경우 Ag at%가 증가할수록 결정화 속도 향상 및 면저항이 증가되었음을 알 수 있었다. 또한 각 조성의 비정질 상에서의 흡수특성 분석 결과 Ag를 첨가함에 따라 E_{op} 가 커지고 광학적으로 야기되는 상변화 메모리의 경우 소자의 noise를 줄일 수 있을 것으로 평가된다.

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.Lai, T.Lowery, "OUM - A 180 nm nonvolatile memory cell element technology for stand alone and embedded applications", IEEE IEDM Tech. Dig., pp803, 2001.