

나노-펄스 노출에 따른 비정질(InTe)_x(GeTe)_y 박막의 결정화 속도 평가

송기호, 서재희*, 이현용**

전남대학교 기능성 나노 신화학소재 사업단

An evaluation on crystallization of amorphous (InTe)_x(GeTe)_y thin films by nano-pulse illumination

Ki-Ho Song, Jae-Hee SEO* and Hyun-Yong Lee**

Center for Functional Nano Fine Chemicals in the Chonnam National Univ

Abstract : In this work, we report several experimental data capable of evaluating the phase transition characteristics of (InTe)_x(GeTe)_y (x = 0.1, 0.3, y = 1) pseudo-binary thin films. (InTe)_x(GeTe)_y phase change thin films have been prepared by thermal evaporator. The crystallization characteristics of amorphous (InTe)_x(GeTe)_y thin films were investigated by using nano-pulse scanner with 658 nm laser diode (power : 1~17 mW, pulse duration : 10~460 ns) and XRD measurement. It was found that the crystalline speed of In-Ge-Te thin films are faster than Ge₂Sb₂Te₅[1] and also the crystalline temperature is higher. Changes in the optical transmittance of as-deposited and annealed films were measured using a UV-VIS-IR spectrophotometer and four-point probe was used to measure the sheet resistance of InGeTe films annealed at different temperature.

Key Words : InGeTe, PRAM, pseudo-binary, UV-VIS-IR spectrophotometer

1. 서 론

IT 기술이 post-PC 시대로 본격 진입함에 따라 대용량의 정보를 우선으로 처리하는 휴대정보통신 시스템 및 기기의 개발에 적합한 초고속, 대용량, 저 소비 전력 특성의 차세대 메모리로 필요성이 대두되었다. 차세대 메모리 소자로서 PRAM은 비정질과 결정질 간의 상변화를 통한 저항차를 이용하는 비휘발성 메모리 소자로서 고집적도에 유리하고, 소자의 구조와 제작공정이 단순하며, 빠른 동작 속도와 높은 재 기록 횟수를 가진다.[2] PRAM에 사용되는 상변화 재료로서 Ge₂Sb₂Te₅계 합금이 대표적으로 사용된다. 이 화합물은 결정화가 되었을 때 비정질 구조와 유사한 입방정계의 결정상을 가지므로 다른 상변화 재료에 비하여 빠른 상변화 속도를 가지고 구조적인 안정성이 높아서 현재 가장 적합한 상변화 재료로서 사용되고 있다.[3] 그러나 Ge₂Sb₂Te₅계 합금의 장점에도 불구하고 광학 메모리에서 보이지 않았던 문제점이 PRAM에서 나타나게 되었다. 이 재료가 메모리 소자가 되었을 때 결정화 온도가 낮게 되며 용융상태에서 급랭되어 비정질상이 될 때 일부는 결정화 된 부분이 있게 되어 원하는 비정질상의 저항 값을 갖지 않게 된다. 본 연구에서는 Ge₂Sb₂Te₅박막의 열적 안정성을 보완할 수 있는 새로운 물질 In-Ge-Te 박막을 제작하여 비정질, 결정질 상에서의 구조적, 광학적, 전기적 기본 특성 및 상변화 속도를 평가하였다.

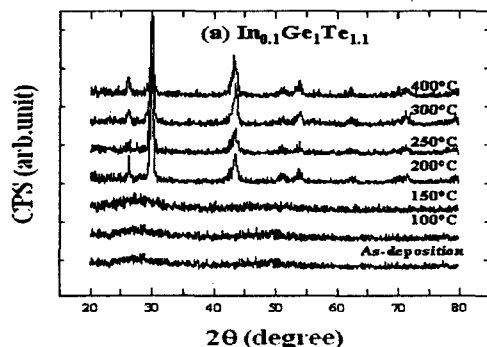
2. 실험

본 연구에서는 (InTe)_x(GeTe)_y에 대해 x=0.1, 0.3, y=1에 각각 대응하는 조성의 시료를 선택하였다. 벌크시료는 5N의 순도를 갖는 원소를 원자량 조성비에 맞게 평량하고 용융-냉각법으로 제작하였다. 박막은 Si 및 유리기판위에

진공 열증착 방식으로 제작하였다. 증착된 박막은 각 조성별로 100℃에서 400℃까지 200 sccm의 N₂ 분위기에서 열처리를 실시하였다. 열처리 전, 후 박막은 XRD측정을 통하여 각 상의 구조를 분석하였으며, 4-point probe를 이용하여 박막의 면저항을 측정하였다. 최종적으로 나노-펄스 스캐너를 사용하여 박막의 상변화에 따른 반사도 차이를 측정함으로써 각 조성 박막의 비정질-결정질 상변화 속도를 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

각 조성의 열처리 온도에 따른 XRD 측정 결과를 그림 1에서 보여준다. 증착직후와 100℃ 및 150℃ 열처리된 박막에서 비정질 패턴을 보였고, 200℃이상에서 각각의 결정화 피크가 생성되었다. 그리고 InTe의 함량이 증가 할수록 결정화 피크가 감소하는 것을 볼수있다. 너무 많은 InTe함량은 오히려 비정질에서 결정질로의 상변화에 방해가 된다. 그러나 기존 논문에서 Ge₂Sb₂Te₅박막[1]이 150℃에서 결정화 피크가 생성되는 것과 비교해보면 IGT박막이 열적 안정성이 우수하다.



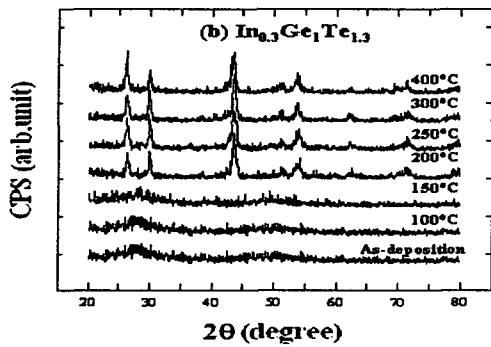


그림. 1. (a) $\text{In}_{0.1}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.1}$, (b) $\text{In}_{0.3}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.3}$ 박막의 XRD 패턴

그림 2는 각 조성의 레이저 파워와 펄스 지속시간의 ΔR 대 R 대한 3D-mesh plot이다. $(\text{InTe})_x(\text{GeTe})_y$ ($x=0.1, 0.3$) 박막의 ΔR 값은 기존 논문의 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막[1]과 비교하여 상대적으로 큰 반사도 값을 가지는데, 이는 결정화 속도가 더 빠르다는 것을 나타내주고 있다. InGe량이 0.1인 박막의 반사도는 상대적으로 InGe량이 0.3인 박막보다 높게 나타났다. 이는 InTe이 더 함유 되었을때 오히려 결정화 속도가 늘어지는 것을 확인하였다.

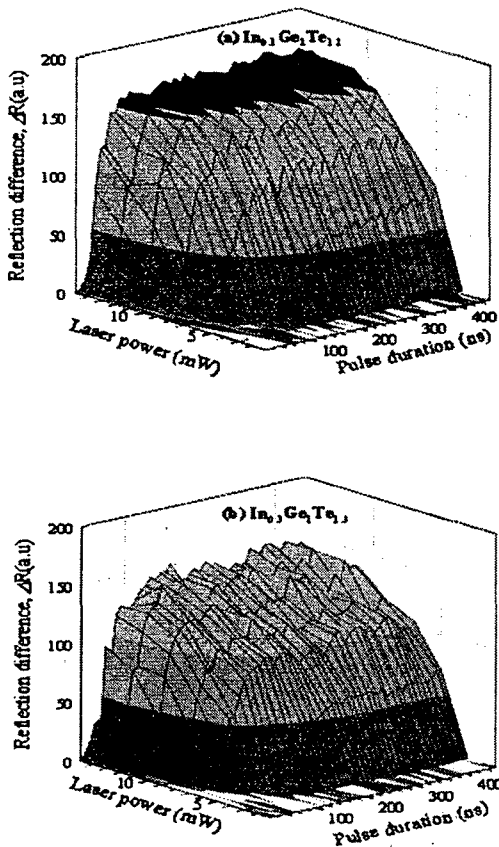


그림. 2. (a) $\text{In}_{0.1}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.1}$, (b) $\text{In}_{0.3}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.3}$ 박막의 결정화 형성에 따른 반사도 변화에 대한 3D-mesh plot.

그림 3는 각 조성에 대한 면저항 값을 보여준다. InGe의 함량이 증가함에 따라 전체적으로 면저항 값이 감소하며, $\text{In}_{0.1}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.1}$ 박막의 경우는 $\text{In}_{0.3}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.3}$ 박막에 비하여 상대적으로 비정질과 결정질상에서의 높은 저항값을 갖는다. 결정질에서 높은 저항은 메모리 소자로 구동하는 경우 RESET 전류를 줄여줄 수 있다는 장점이 있다.

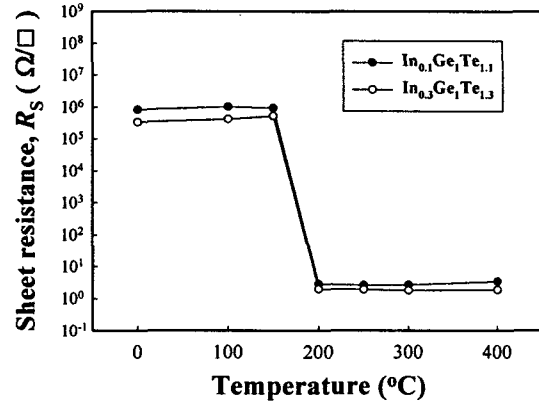


그림. 3. (a) $\text{In}_{0.1}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.1}$, (b) $\text{In}_{0.3}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.3}$ 박막의 열처리 온도에 따른 면저항 변화

4. 결론

본 연구에서는 $(\text{InTe})_x(\text{GeTe})_y$ 박막의 구조적, 전기적 기본 특성 및 비정질-결정질 간의 상변화 속도를 연구하였다. XRD 결과를 통해 $(\text{InTe})_x(\text{GeTe})_y$ 박막은 기존 논문의 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막[1]보다 전체적으로 우수한 열적 안정성을 가지고 있으며 나노-펄스 스캐너에 의한 결정화 속도도 빠르게 나타났다. 특히 $\text{In}_{0.1}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.1}$ 조성의 박막은 $\text{In}_{0.3}\text{Ge}_1\text{Te}_{1.3}$ 박막보다 결정화 온도가 높고 결정화 속도도 빨라 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막을 대체할 수 있는 물질로 평가된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 차세대 성장 동력 반도체 사업단 삼성전자와 교육인적자원부 BK21의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 한전자, "PRAM을 위한 $(\text{GeTe})_x(\text{Sb}_2\text{Te}_3)$ 박막의 물성 및 상변환 특성 연구", 전기전자재료학회논문지, 21권, 7호, p. 585, 2008.
- [2] R. Neelson, D. Neelson, Gordon Moore, "Nonvolatile and reprogrammable, the read-mostly memory is here", Electronics, p. 56 (1970)
- [3] S. Ovshinsky, "Amorphous materials-The key to New Devices", IEEE proc. of CAS, Vol. 1, p. 33, (1998)