

DC 마그네트론 스퍼터링에 의한 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 증착

송영수, 변요한, 김혜인, 정지원
인하대학교 화학공학부

Deposition of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films by DC magnetron sputtering

Young Soo Song, Yo Han Byun, Hye In Kim and Chee Won Chung
School of Chemical Engineering, Inha University

서론

멀티미디어 응용분야 중 DVD-RW나 CD-R 같은 재생 가능한 정보 저장 매체는 산업 사회에 많은 기여를 하고 있다. 특히 상전이 물질(Phase-change material)을 이용한 정보 기록 저장은 미래의 유망한 기술로서 현재 지속적인 관심 아래 연구가 진행되고 있다[1,2]. 대표적인 상전이 물질로서 Ge-Sb-Te 또는 In-Sb-Te와 같은 합금이 많이 알려져 있으며, 이 물질들의 구조적 성질에 따른 metastable amorphous phase와 crystalline phase간의 가역적인 변화가 DVD-RW 같은 rewritable data storage 개발에 기반이 되고 있다.

일반적인 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 제조는 sputtering, evaporation, ion plating 등의 physical vapor deposition(PVD) 방법이 주로 사용되어져 왔다[3]. 이러한 여러가지 증착 방법 중에서 DC 마그네트론 스퍼터링에 의한 박막 증착은 진공장비 안에서 금속 합금 타겟을 사용하여 빠른 증착 속도를 얻을 수 있으며, 낮은 기판 온도를 유지할 수 있는 장점이 있다 [4-6].

본 연구에서는 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막이 DC 마그네트론 스퍼터링 방법에 의하여 제조되었고 주요 변수로는 DC power 변화가 선택되었다. 실험결과로서는 증착된 박막의 annealing temperature의 변화에 따른 상전이가 관찰되었고, reflectance(ΔR)의 변화가 조사되었다.

실험

$\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막은 DC 마그네트론 스퍼터 장비를 사용하여 Ar 가스를 주입하고 $\text{SiO}_2(4000\text{\AA})/\text{Si}$ 기판 위에 상온에서 증착 되었다. DC 마그네트론 스퍼터의 시스템은 process chamber와 loadlock chamber로 구성되어 있으며, 장치의 개략적인 구조를 그림 1에 나타내었다.

타겟은 직경 2 inch이며 상전이 물질 중 가장 좋은 특성을 보이는 것으로 알려진 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 의 조성을 갖는 합금을 사용하였다. 장치의 process chamber와 loadlock chamber는 mechanical pump와 turbo molecular pump가 장착되어 증착 실험 전의 초기 진공은 $1\sim 2 \times 10^{-7}$ torr로 유지 되었다. 증착 압력은 6 mtorr로 유지되었고, 기판과 타겟과의 거리는 5 cm로 고정하였으며 타겟을 회전시켜 균일한 박막을 얻도록 하였다.

Dektak surface profilometer를 사용하여 박막의 증착 속도가 측정되었으며 증착된 박막에 대하여 $150\sim 400^\circ\text{C}$ 의 범위에서 50°C 간격으로 annealing 온도를 변화시켰다. 결정화된 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 결정 구조 및 상변화가 Cu-K α radiation이 사용된 x-ray diffraction(XRD)을 이용하여 thin film 모드에서 분석되었다. 그리고 field emission scanning electron microscopy(FESEM)에 의해서 상변화가 확인 되었다. 결정화 온도에 따라서 광학적인 성질이 변하는 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 reflectance(ΔR)는 spectroscopic ellipsometer를 이용하여 얻어졌다.

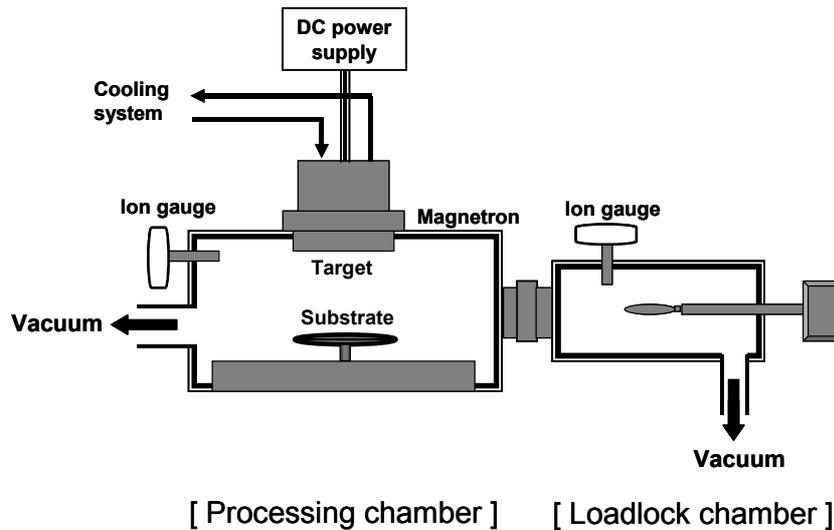


그림 1. Schematic diagram of the DC magnetron sputtering system.

본론

본 실험에서는 증착의 주요 변수로 DC power가 선택되었고, 증착된 상전이 물질인 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 결정화를 확인하기 위해서 XRD와 FESEM이 사용되었으며 reflectance의 광학적인 성질도 조사되었다.

그림 2는 DC power의 변화에 따라서 증착된 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 증착 속도를 보여준다. 증착 속도는 30 W에서 약 $480 \text{ \AA}/\text{min}$ 을 나타내고 있으며, DC power의 증가에 따라서 증착 속도가 선형적으로 증가되는 것이 관찰 되었다.

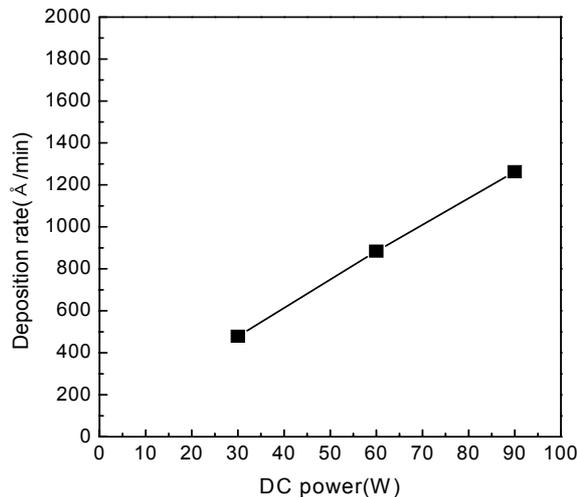


그림 2. Deposition rate of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films deposited as a function of DC power; deposition pressure: 6 mTorr; target-to-substrate distance: 5 cm.

그림 3은 30 W의 DC power에서 증착된 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막에 대하여 annealing 온도를 변화시켜서 얻어진 XRD 패턴을 보여준다. Amorphous 상태의 박막은 $150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 에서 rock salt type의 fcc 구조로 상전이가 일어나고, $300^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ 에서 fcc의 구조가 hexagonal의 구조로 상전이가 다시 일어나는 것을 알 수 있다. 그리고 FESEM micrograph에서도 상전이

가 확인 되었다. 30 W, 60 W 그리고 90 W 모두 비슷한 온도에서 상전이가 일어나는 것으로 관찰되었는데, 이러한 사실로부터 DC power의 변화가 결정화 온도에는 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 이 논문에서는 30 W의 DC power에서의 XRD만 제시하였다.

$\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막이 결정화 온도에 따라서 상전이가 되었을 때 reflectance의 큰 변화가 보이고 이러한 광학적인 특성이 DVD-RW에 이용된다. DC power의 변화에 따라서 증착된 박막이 다양한 온도에서 annealing되었을 때의 reflectance 변화가 그림 4에서 보여진다.

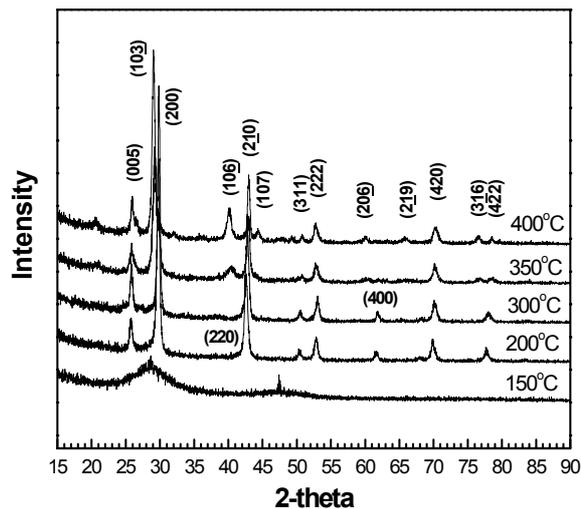


그림 3. XRD patterns of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films as a function of annealing temperature.

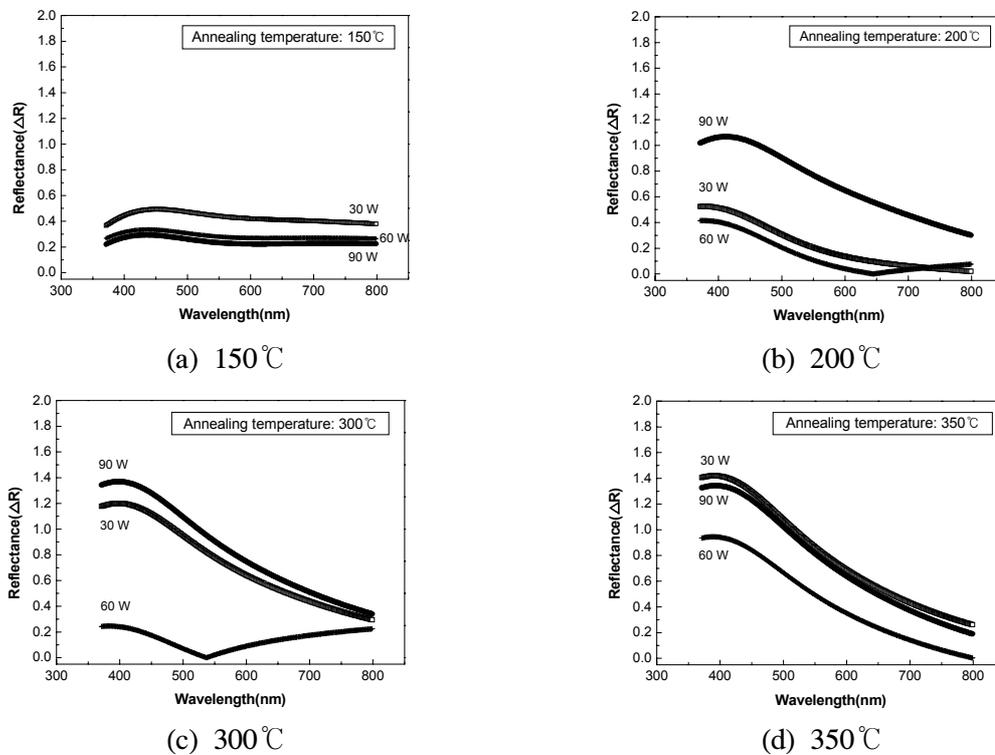


그림 4. Reflectance(ΔR) of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films as a function of annealing temperature.

그림 3의 XRD 패턴에서 보여준 것과 동일하게 그림 4에서도 상전이가 일어나는 온도인 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 와 $300^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 에서 reflectance 값이 변화되는 것을 관찰할 수 있다. 일반적으로 DVD-RW는 writing, erasing, reading이 가능해야 한다. 그러나 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막은 annealing 온도에 따라서 결정화가 이루어지는데, 두 부분의 특정한 온도에서 서로 다른 결정 상을 보이므로 이것이 응용면에 있어서 단점으로 지적되고 있다[7]. 즉, $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 범위에서 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막이 갖는 fcc 구조는 crystalline에서 쉽게 reamorphization(erasing)이 가능한 특성이 보이는 반면, $300^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 범위에서 나타내는 hexagonal 구조는 reamorphization이 잘 안되는 문제를 가지고 있다. 따라서 이러한 두가지 상을 갖는 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 결정상에 대한 제어가 DVD-RW의 응용에 있어서 중요한 문제이다. 이러한 부분에 대해서는 지금도 많은 연구가 이루어지고 있으며, 이 논문에서는 DC power가 주요 변수로 선택되어 박막이 증착되고 각각의 DC power에서 증착된 박막이 다양한 온도에서 annealing 되었다. 그리고 가장 좋은 특성을 보이는 fcc 구조의 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막을 증착시킬 수 있는 DC power를 찾는 데 본 실험의 목적이 있다. 따라서 그림 4로부터 DC power가 90 W일 때 증착된 박막의 reflectance가 가장 큰 변화값을 가지는 것으로 알 수 있다.

결론

DVD-RW에 많이 쓰이는 대표적인 상전이 물질인 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막은 박막의 microstructure에 따라서 그 특성이 크게 변하는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 DC power의 변화가 주요 변수로 선택되어 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막이 증착되었고 증착된 박막들의 annealing 온도 변화를 통하여 결정 구조와 reflectance 등이 분석되었다.

증착 속도는 DC power의 증가에 따라서 선형적으로 증가하였다. 증착된 박막에 대하여 annealing하였을 때 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막이 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 의 annealing 온도에서 fcc 구조를, $300^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 에서 hexagonal 구조를 갖는 것이 XRD와 FESEM으로부터 확인되었다. 그리고 spectroscopic ellipsometer를 사용하여 결정화된 박막의 reflectance가 측정되었는데, 90 W의 DC power에서 증착된 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막이 $150^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 reflectance의 변화가 가장 큰 것으로 관찰되었다.

본 실험의 결과로부터, 상전이 물질인 $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ 박막의 DVD-RW에의 응용을 위해서는 높은 DC power에서 증착되어야 하는 것이 발견되었다.

감사

이 논문은 인하대학교 청정기반기술연구소의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Rubin, K. A., *Master. Res. Soc. Symp. Proc.*, **230**, 239(1992).
2. Jacobs, B. A. J. and Duchateau, J. P. W. B., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **part 1 36**, 491(1997).
3. Knotek, O. and Leyendecker, T., *J. Solid State Chem.*, **70**, 318(1987).
4. Shew Bor-Yuan and Huang Jow-Lay, *Surf. Coat. Technol.*, **71**, 30(1995).
5. Cheng, Y. H., Tay, B. K., Lau, S. P. and Shi, X., *J. Appl. Phys.*, **89**, 6192(2001).
6. Musil, J. and Hruby, H., *Thin Solid Films*, **365**, 104(2000).
7. Weidenhof, V., Friedrich, I., Ziegler, S. and Wuttig, M., *J. Appl. Phys.*, **86**, 5879(1999).