

다이오드 레이저 노출시간에 따른 Te-doped Ge₁₅Sb₈₅ 박막의 광학 상수 변화

The Variation in Optical Constants of Te-doped Ge₁₅Sb₈₅ Thin Films with Diode-Laser Exposing Time

김홍석⁰ 광운대학교 전자재료공학과
정진만 광운대학교 전자재료공학과
이현용 광운대학교 신기술 연구소
정홍배 광운대학교 전자재료공학과 및 신기술 연구소

Hong-Seok Kim⁰ Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ.
Jin-Man Jeong Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon Univ.
Hyun-Yong Lee Institute of New-Technology, Kwangwoon Univ.
Hong-Bay Chung Dept. of Electronic Materials Eng. and
Institute of New-Technology, Kwangwoon Univ.

Abstract

In this paper, we studied the variation in optical constants of Te-doped Ge₁₅Sb₈₅ thin films with 7800Å diode-laser exposing time and power.

The reflectances were increased with the increase of laser exposure time and the laser power in all films. Also, the refractive indices of the films after exposing were higher than those of the as-deposited films. Thus, the fast crystallization was caused by addition to the more Te content at the lower laser power.

It was observed that the surface morphologies of the exposed films are higher than those of the as-deposited films by SEM analysis.

Therefore, it is considered that the Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5} and Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5} thin films will show the high contrast ratio and high SNR and have fast erasing time due to crystallization when these films is applied to optical recording materials.

1. 서 론

현재 정보 산업의 발전에 따라 대용량의 정보를 효과적으로 저장할 수 있는 기록 매체인 광기록 매질 개발에 대한 관심이 집중되고 있다. 이러한 광기록 방법에는 그 기능에 따라 재생전용형(ROM)¹⁾, 추가 기록형(WORM)²⁾ 그리고 가역형(Rewritable)³⁾의 3가지로 분류되며, 앞으로의 연구 개발의 초점이 될 분야는 가역형 광기록 매질의 개발인데 이는 기억 매체가 구비해야 할 모든 기능을 가지고 있어 재생전용형과 추가기록형을 대체할 수 있는 동시에 기존의 자기기록매체가 결합될 수 있다. 이러한 가역형에는 광자기형(Magneto

-Optic)과 상변화형(Phase-Change)으로 분류되며 상변화형은 광자기형에 비해 광헤드의 소형화와 SNR 개선이 가능한 장점을 가지고 있다.⁴⁻⁵⁾

상변화형 광기록 매질에서 가장 요구되는 특성은 실온에서의 긴 안정도를 유지하며 빠른 결정화 속도를 필요로 한다. 이러한 상변화형 광기록 매질로는 Te계의 칼코게나이드 물질이 주로 연구되어 왔으며⁶⁻⁷⁾ 박막의 안정성이 우수한 반면에 결정화 속도가 느리고 여러번 반복하여 기록, 소거할 경우 구성층 재료에 열화가 발생하며 Te의 결정화가 먼저 일어나므로 조성의 변화가 발생하여 대비도의 점차적 감소를 나타내는 등의 단점을 가지고 있다.⁸⁾ 따라서, 현재의 경향은 결정화 시간을 줄이기

위한 Sb 합금을 포함하는 새로운 매질에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.⁹⁻¹⁰⁾

따라서, 본 연구에서는 Te의 단점을 보완하고 빠른 소거 시간을 가지는 상변화형 광기록 매질 개발을 위해 Te을 각각 0.3, 0.5, 1 at.% 첨가한 Ge₁₅Sb₈₅박막을 제조하여 다이오드 레이저 조사에 따른 반사도 및 굴절률 등의 광학상수 변화를 고찰하여 상변화형 광기록 매질로의 응용가능성을 조사하고자 한다.

2. 실험

2.1. 시료 제작

순도가 5N(99.999%)인 Te, Sb, Ge을 사용하여 Te을 각각 0.3, 0.5, 1 at.%를 첨가한 Ge₁₅Sb₈₅을 조성비에 알맞게 원자량비로 0.1mg까지 전자 천평(Alsep, MEV-198A)을 이용하여 정확히 평량하였으며, 평량한 각 시료를 내경이 10mm인 석영관에 넣어 약 1×10^{-5} Torr로 진공 봉입하였다.

진공 봉입한 석영관을 전기로에서 500°C에서 2시간, 800°C에서 2시간 그리고 1000°C에서 24시간 동안 가열하여 각 원소들의 반응을 충분히 촉진시키면서 용융상태를 유지하였다. 이 때 각 원소들의 균일한 혼합을 위해 1시간 간격으로 흔들어서 주었다. 반응이 완료된 석영관을 비정질 상을 얻기 위해 급냉시켜 벌크 시료를 제조하였다. 이렇게 제작된 벌크는 진공 열증착기를 이용하여 다단계 세척한 Corning glass 기판위에 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 ~20 Å/sec의 속도로 증착하여 박막을 제작하였다. 박막 두께는 결정감지기를 이용한 두께 측정기를 사용하여 증착과 동시에 측정한 후, 박막 특성 분석기(n&k thin film analyzer)를 이용하여 확인하였다. 이 때 제작된 박막의 두께는 250 Å으로 하였다.

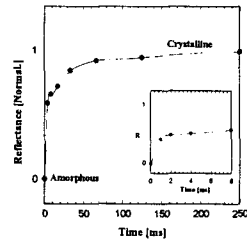
2-2. 측정

증착직후의 비정질 박막을 다이오드 레이저를 이용하여 조사시간과 출력에 따른 광학상수를 박막 특성 분석기(n&k thin film analyzer)를 사용하여 측정하였다. 그리고 레이저 조사에 따른 박막의 표면상태를 조사하고자 SEM분석을 시행하였다.

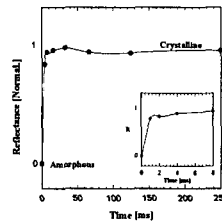
3. 결과 및 고찰

그림 1은 다이오드 레이저 세기를 8mW로 했을 때 레이저 조사 시간에 따른 각 박막의 반사도 변화를 다이오드 레이저 파장대($\lambda=780\text{nm}$)에서 규격화 시켜 나타낸 곡선이다.

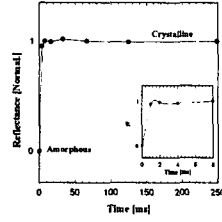
그림에서 볼 수 있듯이 Te_{0.3}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.7}, Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5} 그리고 Te₁(Ge₁₅Sb₈₅)₉₉ 각 박막에 대해 레이저 조사시간이 증가할수록 비정질 상태에서 결정질 상태로 반사도는 증가하며 Te이 많이 첨가될수록 더 빠르게 결정화가 발생한다.



(a) Te_{0.3}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.7}



(b) Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5}



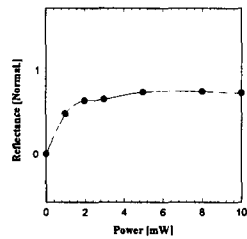
(c) Te₁(Ge₁₅Sb₈₅)₉₉

그림 1. $\lambda=780\text{nm}$ 에서 다이오드 레이저 조사 시간에 따른 각 박막의 반사도 변화

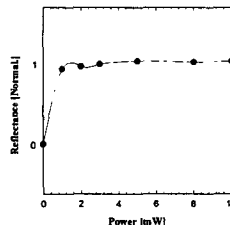
(레이저 세기 : 8mW)

(a) Te_{0.3}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.7} (b) Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5}

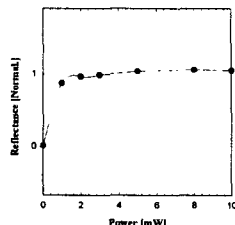
(c) Te₁(Ge₁₅Sb₈₅)₉₉



(a) Te_{0.3}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.7}



(b) Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5}



(c) Te₁(Ge₁₅Sb₈₅)₉₉

그림 2. $\lambda=780\text{nm}$ 에서 다이오드 레이저 출력에 따른 각 박막의 반사도 변화(시간 : 4ms)

(a) Te_{0.3}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.7} (b) Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5}

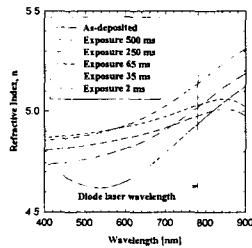
(c) Te₁(Ge₁₅Sb₈₅)₉₉

그림 2는 다이오드 레이저 조사 시간을 4ms로 했을 때 레이저 출력 변화에 따른 각 박막의 반사도 변화를 조사한 곡선이다.

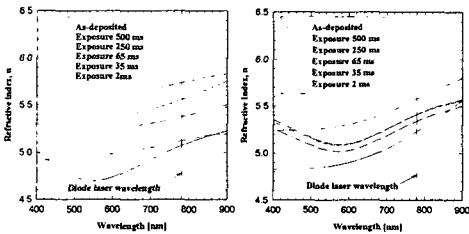
그림 2에서 보여주듯이 모든 박막에서 레이저 출력이 증가할수록 반사도는 증가하며 Te이 많이 첨가될수록 더 낮은 레이저 세기로도 결정화가 가능함을 알 수 있다.

그림 3은 레이저 세기를 8mW 그리고 레이저 조사 시간을 500, 250, 65, 35, 2ms로 변화시킬 때 파장에 따른 굴절율 변화를 나타낸 곡선이다.

전체적으로 모든 박막에서 레이저를 조사한 박막의 굴절율이 증착 직후의 박막의 굴절율보다 더 큰 값을 가지는 경향을 보여준다. 그리고 다이오드 레이저 파장인 $\lambda=780\text{nm}$ 에서 굴절율은 모든 박막에서 증착직후의 박막보다 레이저를 조사한 박막이 더 큰 값을 보여준다.



(a) $\text{Te}_{0.3}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.7}$



(b) $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$ (c) $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$

그림 3. 파장에 따른 각 박막의 굴절율 변화

(레이저 조사시간 : 500, 250, 65, 35, 2ms)

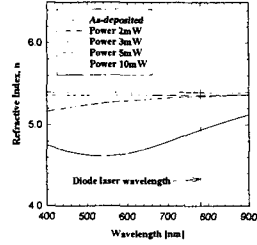
(a) $\text{Te}_{0.3}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.7}$ (b) $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$

(c) $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$

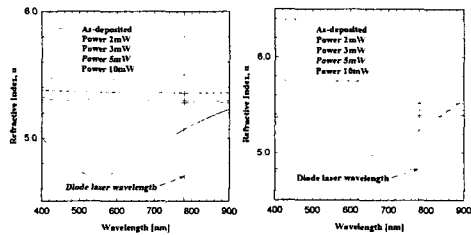
그림 4는 레이저 조사 시간을 4ms 그리고 레이저 세기를 각각 2, 3, 5, 10mW로 변화시킬 때 파장에 따른 굴절율 변화를 나타낸 곡선이다.

모든 박막에서 레이저를 조사한 박막의 굴절율이 증착 직후의 박막의 굴절율보다 더 큰 값을 가지며, 낮은 레이저 세기로도 굴절율의 변화가 가능함을 보여준다.

따라서 $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$ 와 $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$ 박막의 경우 실제 광기록에 응용시 낮은 레이저 세기를 이용하여 짧은 소거시간을 가질것으로 기대된다.



(a) $\text{Te}_{0.3}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.7}$



(b) $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$ (c) $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$

그림 4. 레이저 세기를 변화시킬 때 파장에 따른 각 박막의 굴절율 변화

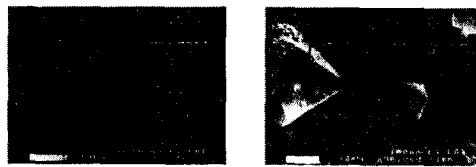
(레이저 세기 : 2, 3, 5, 10mW)

(a) $\text{Te}_{0.3}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.7}$ (b) $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$

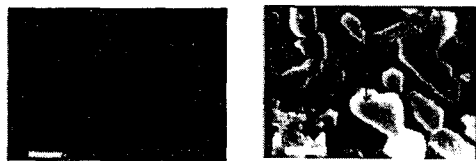
(c) $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$

As-deposited

Exposed



(a) $\text{Te}_{0.3}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.7}$



(b) $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$



(c) $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$

사진 1. 각 박막의 SEM 표면 사진

(a) $\text{Te}_{0.3}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.7}$ (b) $\text{Te}_{0.5}(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99.5}$

(c) $\text{Te}_1(\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{85})_{99}$

SEM을 이용하여 증착 직후 박막과 레이저 조사에 의한 각 박막의 표면상태를 사진 1에 나타내

었다. 증착 직후의 박막들은 모두 평탄한 표면을 보여주었으며 레이저 조사에 의한 박막들의 경우는 약 200nm~1 μ m의 크기를 가지는 crystallite들이 생성되었으며 Te의 도핑량이 증가할수록 그 크기는 감소하는 경향을 보여주었다. 또한 이런 crystallite들은 주로 Sb-rich crystallite로 판명되었다.

4. 결 론

780nm 파장의 다이오드 레이저 조사에 따른 Te-doped Ge₁₅Sb₈₅ 박막의 광학상수 변화를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

모든 박막에서 레이저 조사시간과 레이저 출력에 따라 비정질 상태에서 결정질 상태로의 반사도는 더 증가하며 레이저를 조사한 박막의 굴절율이 증착 직후의 박막의 굴절율 보다 더 큰 값을 가지는 경향을 보여주었다.

또한 Te이 더 많이 첨가될수록 더 낮은 레이저 세기로도 결정화가 가능함을 알 수 있었다.

증착직후의 박막과 레이저 조사에 의한 박막의 표면상태를 SEM으로 분석한 결과 약 200nm~1 μ m의 Sb-rich crystallite들이 생성되었으며 Te의 도핑량이 증가할수록 그 크기는 점점 감소하였다.

따라서, Te_{0.5}(Ge₁₅Sb₈₅)_{99.5}와 Te₁(Ge₁₅Sb₈₅)₉₉ 박막을 실제 광기록에 응용시 낮은 레이저 세기를 이용하여 짧은 소거 시간을 가질것으로 기대된다

참고문헌

1. R.J.Gambino, MRS BULLETIN, p.20, 1990
2. M.Matsubara, et. al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol.32, Part1, No.11B, p.5234, 1993
3. M.Ojima et. al., Proc. SPIE 899, p.154, 1988
4. R.Bartan, et. al., Appl. Phys. Lett., Vol.48, p.1255, 1985
5. E.Ohno, et. al., Jpn. J. Appl. Phys., Vol.28, p.1235, 1989
6. H.B.Chung, et. al., 대한전기학회, 38권, 2호, p.106, 1989
7. C.N.Afonso, et. al., Appl. Phys., A62, p.559, 1996
8. T. Ohta, et. al., Proc. SPIE., 1078, p.27, 1989
9. C.N.Afonso et. al., Appl. Phys. Lett., 60(2), p.3123, 1992
10. D.J. Gravesteijn, Appl. Opt., 27, p.736, 1988