

DPSS laser에 의한 비정질 칼코게나이드 박막의 홀로그래픽 격자형성

구용운, 남기현, 정홍배
 광운대학교 전자재료공학과

Holographic Grating Formation of Chalcogenid Thin Films By the DPSS laser

Yong-Woon Koo, Ki-Hyun Nam, Hong-Bay Chung*

Dept. of Electronic Materials Eng. Kwangwoon Univ. 139-701, Seoul, Korea

Abstract - In this paper, we investigated the diffraction grating efficiency on AsSeS and Ag-doped amorphous chalcogenide Ag/AsSeS thin film for used to volume hologram. The Chalcogenide film thickness was 0.5um and Ag thin film was varied from 10nm and 20nm . Diffraction efficiency was obtained from (P:P) polarized Diode Pumped Solid State laser(DPSS, 532.0nm: 200mW) beam on AsSeS and Ag/AsSeS thin films. As a results, diffraction grating was not formed at AsSeS thin film but at Ag-doped AsSeS thin film, diffraction grating was formed well compare with the former.

1. 서 론

최근 전자정보 통신 산업, 멀티미디어, 나노테크놀로지 기술의 급속한 발전이 이루어져 막대한 양의 정보를 효과적으로 기록, 저장, 재생하기 위한 새로운 초고밀도, 초고속 정보저장 장치의 개발이 필요하게 되었다. 이러한 정보저장 장치 중 상용화 가능성과 응용성으로 많은 흥미를 끌고 있는 기술중의 하나가 홀로그래픽 정보저장(holographic information storage) 기술이다. 이러한 홀로그래픽 방법은 광 저장뿐만 아니라 3D 디스플레이 분야에서의 응용으로도 각광을 받고 있는 방법이며, van Heerden 에 의해 제안된 홀로그래픽 메모리는 몇 세기 동안 많은 관심이 집중되었다. 이는 높은 저장 밀도와 병렬 액세스(parallel access), 그리고 빠른 속도를 가지고 있어 정보저장기술 분야에서 매력적이며[1] 현재 사용되고 있는 CD나 DVD보다 높은 저장 밀도와 고속 데이터 판독 기능이 가능하여 기존의 정보저장 방법의 한계를 해결할 것으로 생각되어 새로운 홀로그래픽 기록 재료의 개발이 필요하게 되었다.

1972년 Ohmachi[2] 등이 As-S-Se 계 비정질 칼코게나이드 재료를 이용하여 굴절률 변화를 이용한 고용량 정보 저장 매질로의 이용가능성을 보고한 후, Toyoshima[3] 등은 As-Se-Ge 계 박막에서 광학적 성질의 가역 변화를 연구하여 소거 가능한 광기록 매질로의 응용 가능성을 제시하였다. 또한 Zembutsu, Nagai [4-5]등은 (Se, S)를 기본으로 As-Se-Ge-S 물질에서 광조사에 의한 비정질-비정질상 변화 내에서 가역적 굴절률 변화를 이용한 홀로그래픽 기록 등의 응용 가능성을 보고하였다. 최근에는 칼코게나이드 박막이 홀로그래픽 데이터 시스템에 직접 응용되기 위해 필요한 높은 회절효율(high diffraction efficiency), 높은 광감도(high photo-sensitivity), 우수한 광품질(high photo-resolution)에 대한 연구에 대해 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 칼코게나이드 박막은 laser의 파장과 빔의 세기에 따라 서로 다른 회절효율특성을 나타낸다[6]. J. Teteris,[7]의 실험에서 볼 수 있듯이 Ar+ laser는 He-Ne laser 보다 우수한 광 회절효율과 빠른 격자형성 시간을 갖는다.

회절격자의 제작에는 여러 방법이 있으나 특히 홀로그래픽 방법으로 제작된 소자는 기계적으로 형성된 캐패시 소자에 비해 제작이 용이하고, 일정한 격자간격과 높은 분해능을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 회절격자와 같은 광학소자의 제작에 안정한 재료의 범위는 극히 제한되어 있고 따라서 이들 재료의 개발이 필요하게 되었다. 최근까지 고 분해능과 relief 구조 형성 등의 용이함에 따라 유기물 포토레지스트 재료가 주로 사용되었으나 재료가 용액(solution)형태로 제작되어야 하고 대부분의 이러한 재료들은 소자의 안정성 및 취급에 문제점을 나타내고 있다.[6]

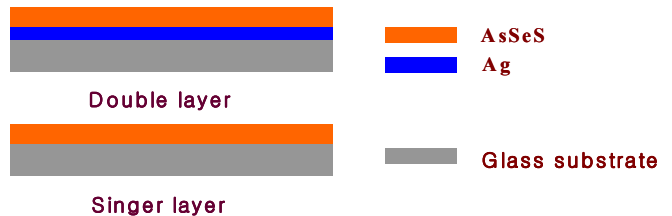
비정질 칼코게나이드 AsGeSeS계 물질은 매질이 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과와 광원의 편광방향에 따라 우수한 광학적 이방성 특성을 나타내는 물질로 보고된 후 홀로그래피 매질로써 가능성에 대해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 광감도가 우수하고, 박막화, 저장정보의 소거특성, 제작의 용이성 및 안정성이 우수하여 차세대 광기록 매질로 크게 기대되고 있다.

본 연구에서는 Ge이 불 포함된 AsSeS물질의 비정질 칼코게나이드 박막[7-10]을 기본으로 Ge의 박막에서의 작용과 Ag의 박막 내에서의 작용을 확인하기 위하여 Ag의 두께에 따른 칼코게나이드 물질의 Diode Pumped Solid State(DPSS, 532.0nm) laser 에 의한 회절효율을 비교해보았다

2. 본 론

2.1 Sample 제작

본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은 As₄₀Se₃₅S₂₅의 박막을 선택하였다. AsSeS계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching방법을 사용하여 제작하였다. 칼코게나이드 박막은 corning glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 1×10⁻³Torr의 진공도에서 0.5μm의 두께를 갖도록 제작하였고, Ag는 e-beam vacuum evaporator를 이용하여 각각 10nm 와 20nm로 제작하였다. 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer (NKT 120 0)를 사용하여 측정하였다.



〈그림 1〉 샘플 구조도

2.2 홀로그래픽 격자 형성

그림 2은 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. 실험에는 기록빔으로 Diode Pumped Solid State laser(DPSS, 532.0nm: 200mW)를 사용하였다. 빔은 Beam splitter(BS)를 지나 두 개의 기록빔으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 두 개의 빔은 각각의 beam polarizer를 사용하여 (P:P)편광을 만들고, +1st의 회절빔 세기를 실시간으로 측정하여 회절효율을 구하였다. 회절효율은 이와 같은 격자간격으로 형성된 격자에 의해 초기 입사빔(I_{input})이 회절 되어 나타나게 된다. 이중 첫 번째 회절 되어 나타난 빔의 세기(I_{1st-order})를 측정하여 아래와 같이 나타낼 수 있으며, 홀로그래픽에서의 격자 형성에 의한 회절효율(diffraction efficiency:η)을 나타낸다.

$$\eta = \frac{I_{1st-order}}{I_{input}} \times 100\%$$

두 기록빔 사이의 각 2θ는 20°로 하였다. 기록빔의 세기는 1mW/cm²를 유지하였다.

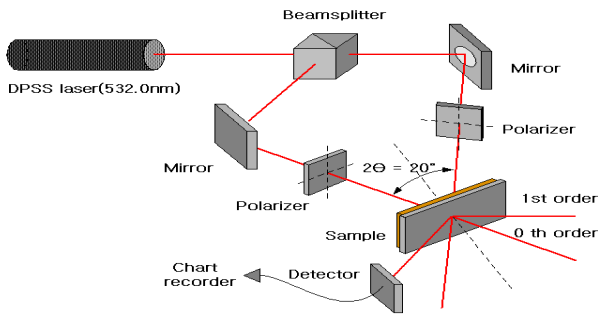
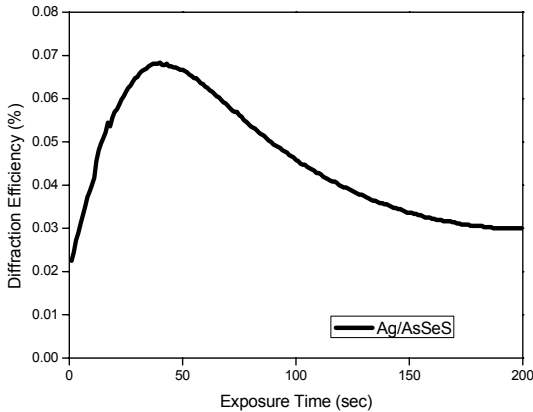


그림 2. 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도

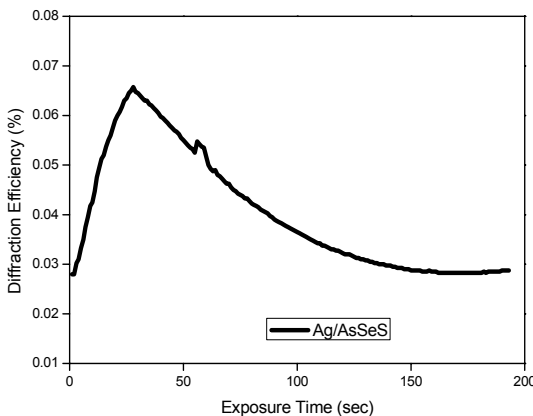
3 결과 및 고찰

세기 편광 홀로그래피 방법을 이용하여 Diode Pumped Solid State(DPSS, 532.0nm: 200mW)를 이용하여 두 기록빔이 (P:P) 편광 상태일 때 시간에 따른 $As_{40}Se_{35}S_{25}$ 단일박막과 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막의 회절 효율을 측정하였다.

그림 2는 Ag를 20nm 증착한 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 박막에서의 홀로그래피 특성을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 Ag를 20nm 증착한 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막의 경우 초반부터 회절 효율이 급격하게 증하여 약 40초 부근에서 최대 회절 효율 0.07%가 나타났다.



<그림 2> Ag를 20nm 증착한 박막의 홀로그래피 특성



<그림 3> Ag를 10nm 증착한 박막의 홀로그래피 특성

그림 3은 Ag를 10nm 증착한 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 박막에서의 홀로그래피 특성을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 Ag를 10nm 증착한 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막의 경우 25s 부근에서 약 0.065%의 회절 효율을 보여주었다.

4. 결 론

본 실험에서는 파장이 서로 다른 DPSS Laser 를 사용하여

$As_{40}Se_{35}S_{25}$ 단일박막과 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중박막에서의 회절 효율 특성과 Ag의 두께에 따른 홀로그래피 특성을 살펴보았다. $As_{40}Se_{35}S_{25}$ 단일박막인 경우 DPSS laser로 홀로그래피 회절격자 형성 시 격자형성이 되지 않았다. 즉 홀로그래피 특성을 나타내지 않았다. 하지만 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막인 경우 홀로그래피 특성을 나타냈으며 Ag를 20nm 증착한 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막은 45s 부근에서 약 0.07%의 회절 효율을 나타냈으며 Ag를 10nm 증착한 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막일 경우 25s 부근에서 약 0.065%의 회절 효율을 보여주었다. Ag의 첨가로 인하여 $As_{40}Se_{35}S_{25}$ 박막이 홀로그래피 특성을 나타낼 수 있는 것은 기존의 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이박막이 결합이 없는 안정한 구조를 가짐으로 하여 홀로그래피 특성을 나타내지 못하지만 Ag의 첨가로 인하여 박막내부에 결합이 생성 되었기에 $Ag/As_{40}Se_{35}S_{25}$ 이중층 박막이 홀로그래피 특성을 나타낸 것으로 사료된다. 이로부터 우리는 Ag가 칼코게나이드 물질과 반응하면 결합이 생성된다는 것을 확인할 수 있다.

감사의 글

This research was supported by the MKE (Ministry of Knowledge Economy), Korea under the ITRC (Information Technology Research Center) Support program supervised by the IITA(Institute of Information Technology Advancement) (IITA-2008-C1090-0801-0018)

[참 고 문 헌]

- [1] S. J. Zilker, T. Bieringer, D. Haarer, R. S. Stein, J. W. van Egmond, and S. G. Kostromine, "Holographic Data Storage in Amorphous Polymers" Adv. Mater, V.10, N. 11, pp. 855-859, 1998
- [2] Y. Ohmachi and T. Igo, 'Laser-Induced Refractive-Index Change in As-S-Se glasses', Appl. Phys. Lett., Vol.20, No.12, pp.506, 1972.
- [3] T. Igo and Y. Toyoshima, "A reversible optical change in the As-Se-Geglasses", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.11, pp.117, 1972.
- [4] Y. Utsugi and S. Zembutsu, "Diffraction efficiency of relief-type gratings in amorphous chalcogenide films", Optics Communications, Vol.17(1), pp.28-31, 1976
- [5] Tigran V. Galstyan, M. A. Duguay, 'Photoinduced self-developing relief grating in thin film chalcogenide As_2S_3 glasses' ~Journal of Lightwave Technology, Vol.15, No.8, pp.1343-1347, 1997
- [6] J. Teteris, M. Reinfeldt "holographic recording in amorphous chalcogenide semiconductor thin films" Journal of None-crystalline Solids 326&327 (2003) 494-499
- [7] H. Y. Lee, J. Y. Chun, H. B. Chung, 'Photoinduced dichroism and its low temperature characteristics in obliquely deposited amorphous As-Ge-Se-S', Journal of Vacuum Science Technology A, Vol.18, No.2, pp.485-491, 2000.
- [8] A. V. Rode, A. Zakery, M. Samoc, R. B. Charters, E. G. Gamaly, B.luther-Davies "Laser-deposited As_2S_3 chalcogenide films for Waveguide applications" Applied Surface Science 197-198 (2002) 481-485
- [9] C. H. Yeo, S. J. Jang, J. I. Park, H. Y. Lee, H. B. Chung, "The measurement on diffraction efficiency in polarization holography using amorphous chalcogenide thin films" J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 12, N. 12, pp.1192-1197, 1999
- [10] Jong-Hwa Park, Jeong-II Park, Eun-Soo Kim, and Hong-bay Chung "Holographic grating formation by wet etching of amorphous $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ thin film" Jpn. J. Appl. Phys. Vol.41 (2002) pp.4271-4274