

비정질 칼코게나이드 As-Ge-Se-S 박막에서 편광기록 및 재생

Polarization recording and reconstruction in the chalcogenide As-Ge-Se-S thin films.

장선주*, 손철호*, 여철호*, 박정일*, 이영중**, 정홍배*
Sun-Joo Jang*, Chul-Ho Son*, Choel-ho Yeo*, Jung-Il Park*, Young-Jong Lee**, Hong-Bay Chung*

Abstract

In this study, we have investigated the holography recording and reconstruction of the polarization state in chalcogenide $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ thin films using a He-Ne laser light(633nm). The thickness of thin films is a 8677Å and 9093Å. A He-Ne laser used to probe and record of the grating. Also the polarization state of object beam modulated with a $\lambda/4$ wave plate. The polarization state of the +1st order diffracted beam generated by readout of the grating with a linearly polarized reference beam. It was the same-handed polarization state as the polarization state of the recording beam. The diffraction efficiency of circularly polarized recording represented higher than other polarization state.

Key Words(중요용어) : Polarization holography(편광 홀로그래피), Photoinduced anisotropy:PA(광유기 이방성), Diffraction efficiency(회절효율), Surface hologram(박막형 홀로그램)

1. 서 론

최근 홀로그래피에 대한 관심이 집중되면서 이를 이용한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 기존 메모리분야의 저장용량 한계에 대한 대체 분야로서 각광을 받고 있으며, 광학소자로서의 응용에도 부각되고 있다. [1,2,3]

이러한 홀로그래피 저장방식에는 크게 체적형과 박막형으로 구분할 수 있다. 일반적으로 홀로그램의 두께에 대한 간섭무늬 간격과의 비가 10이상이면 체적형 홀로그램(Volume hologram)이라 하며 그 이하이면 박막형 홀로그램(Surface hologram)이라 분류한다. 또 기록 및 재생광파의 편광상태에 따라 크게

비편광 홀로그래피(non-polarization holography)와 편광 홀로그래피(polarization holography)로 구분된다.[4] 일반적으로 이용되어온 비편광 체적형 홀로그래피는 비교적 고효율과 매질의 체적 전체에 걸쳐 높은 데이터 저장밀도를 갖고 있지만 저장매체로서 노이즈가 수반되는 가장 큰 단점이 있다. 이와 달리 박막형 편광 홀로그래피는 편광된 입사빔을 사용하여 빔의 세기 및 편광 상태에 대한 기록형식을 모두 포함하며 박막 내에서도 비편광-체적형 홀로그래피와 같은 높은 저장밀도를 가질 수 있고 편광 홀로그래피는 체적형 홀로그래피가 갖는 홀로그램의 중첩에 의한 노이즈문제를 개개의 편광상태로 저장함으로써 해결 할 수 있는 장점이 있다.[5]

홀로그래피의 저장방식은 기록광파(object beam)와 기준광파(reference beam)를 동시에 기록매질에 조사시켜 그 간섭무늬를 기록한 것을 말한다. 홀로그램의 간섭무늬는 물체의 세기 정보는 물론 세기 성질로 변환된 위상정보를 갖는다.

* 광운대학교 전자재료공학과

(서울시 노원구 월계동 447-1, Fax: 02-943-3590)

E-mail : hbchung@daisy.kwangwoon.ac.kr)

** 여주대학 전자공학과

따라서, 본 연구에서는 본 연구진이 그간 연구해 온 광학 매질 중에서 우수한 광유기 이방성(photoinduced anisotropy:PA) 현상을 나타내고 있는 비정질 As-Ge-Se-S계 칼코게나이드 박막[6,7,8]을 박막형 편광 홀로그래피 매질로 사용하여 편광형태에 따른 기록 및 재생을 분석하여 차세대 박막형 편광 홀로그래피의 응용성과 실용화 방안을 검토하고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 박막은 순도 5N의 As, Ge, Se, S를 원자량 비 40 : 10 : 15 : 35를 갖도록 평량, 직경 10mm의 석영관에 약 2×10^{-5} Torr로 진공 봉입, 전기로에서 220, 600, 870°C로 순차적으로 가열하여 벌크 시료를 제작하였다. 박막은 corning glass 위에 열진공 증착방법을 사용하여 각각 8677Å과 9093Å의 두께를 갖도록 박막을 제작하였다. 이때 증착 속도는 비정질상의 재현성을 위하여 각각 2Å/s로 유지하였고 박막의 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer(NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

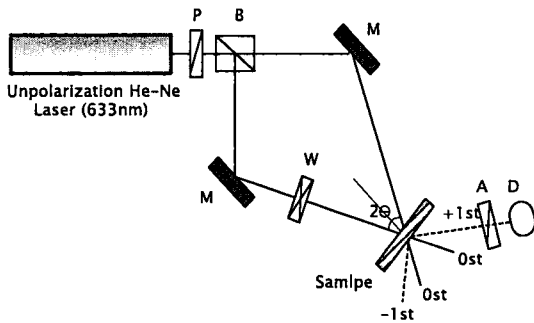


그림 1. 편광형태별 기록 및 재생을 위한 실험 장치도(P:polarizer, B:beam splitter, M:mirrors, W:quarter-wave plate, A:analyzer, D:detector.)

그림 1은 편광형태별 기록 및 재생을 위한 실험 장치도이다. 기록과 재생은 비편광된 He-Ne Laser ($\lambda=6328\text{Å}$:23mW)를 사용하였으며 Beam splitter를 사용하여 입사면에 대해 수직인 s파와 평행인 p파로 분리하였다. 이때 두 광파의 강도비는 1:1이었으며, 편광형태별 샘플표면에서의 유기광의 세기는 각각 $3.13\text{mW}/\text{cm}^2$ (원형, 타원편광), $3.26\text{mW}/\text{cm}^2$ (선형편광) 유지하였다. 기록 및 재생시 회절효율은 +1st Order을 실시간으로 측정하였다. 여기서 재생광파는 입사면

에 수평인 p파를 이용하였으며, 기록광파는 입사면에 수직인 s파를 이용하였다. 원형과 타원의 편광형태의 변화는 $\lambda/4$ wave plate을 사용하여 만들었고, 선형편광은 polarizer를 사용하였다. 또한 기록광파와 기준광파의 입사각 2θ 는 20도를 유지하였다. 재생광파의 편광상태 확인은 검광자(analyzer)를 이용하여 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

기록광파를 오른쪽으로 회전하는 원형편광(right circularly polarization:RCP)으로 하는 편광형태의 기록 및 재생결과는 그림 2와 같다. 그림 2는 RCP의 기록 전 기록광파의 편광상태와 기록 후 p파인 재생광파에 의해 재생된 +1st order의 편광상태를 검광자로 투과한 세기를 각도별로 측정된 것이다. 즉, 검출기(detector)에 측정된 빛의 세기 I 는 검광자의 각도에 따른 편광된 초기 측정 빛의 세기인 I_0 에 의존하며, 이것은 Malus의 법칙을 따른다. $[I = I_0 \cos^2(\theta)].[8]$

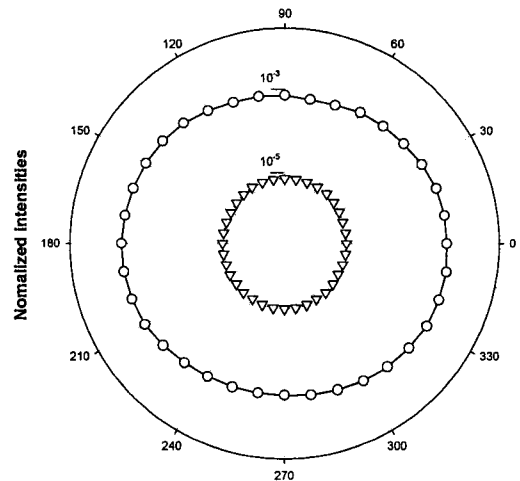


그림 2. 원형편광을 기록광파로 하는 노출전 기록광파의 편광상태(○)와 재생광파에 의한 편광상태(▽).

그림 2와 같이 RCP 기록광파의 편광상태에 따라 재생광파도 같은 RCP 편광상태로 나타났으며, 타원편광과 선형편광을 기록광파로 하였을 때도 역시 같은 편광상태를 확인할 수 있었다. 박막은 8677Å의 두께를 갖는 박막을 사용하였으며, 이것은 앞서 설

명한 것과 같이, 박막형 편광 홀로그래피에서 편광된 입사빔을 사용하여 빔의 세기 및 편광 상태에 대한 기록형식을 모두 포함하여 박막 내에서도 비편광-체적형 홀로그래피와 같은 높은 저장밀도를 가질 수 있고 체적형 홀로그래피가 갖는 홀로그램의 중첩에 의한 노이즈문제를 개개의 편광상태로 저장함으로써 해결 할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

또한 기록광파와 재생광파에 의해 생성된 +1st Order의 회절효율은 두 입사파의 간섭에 의해 증가한다 기록광파를 제거한 후 재생광파에 의해서만 +1st Order를 측정한 결과 급격하게 감소하여 안정화되는 것을 확인할 수 있었다. 그림 3은 기록광파를 원형편광(RCP)으로 하였을 때 기록광파의 on-off시 회절효율 변화를 나타낸 것이다. 이와 같은 현상은 +1st Order의 세기가 기록광파에 크게 의존함을

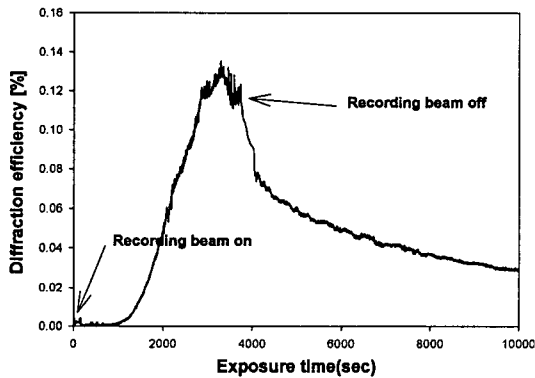


그림 3. 기록광파의 on-off시 원형편광(RCP)을 기록광파로 한 회절효율 변화.

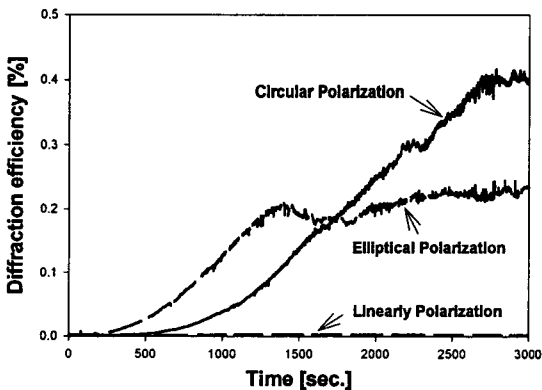


그림 4. 원형, 타원, 선형편광형태별 광유기 시간에 대한 회절효율.

알 수 있다. [9]

p파와 기록광원의 편광형태 변화에 따른 회절효율은 그림 4에 나타나 있다. 그림 4는 각각 기록광원의 편광형태가 오른쪽으로 회전하는 원형, 타원편광과 s파인 선형편광에 따른 +1st Order의 회절효율 변화를 나타낸다. 기록광파가 원형편광일 때 가장 높은 회절효율을 보였다. 또한 기록광파가 선형편광인 즉 s파에 의한 회절효율은 매우 낮은 회절효율을 보였다. 이때 회절효율 최대값은 0.003%였다.

원형편광에 의한 회절효율 최대값은 0.4%로 높은 회절효율로 이전의 p파와 s파에 의한 위상편광 홀로그래피에 의한 회절효율에 대해 두 광파의 간섭 현상이 가장 큰 비교적 우수한 회절효율을 보여주고 있다. 반면에 타원편광에 의한 기록보다는 회절효율이 늦게 포화되는 것을 알 수 있다. 타원편광의 경우 회절효율 최대값은 0.2%이며, 빠른 포화곡선을 보이며 유지되는 것을 알 수 있다. 추가적으로 격자의 간격은 두 입사빔이 이루는 각도와 입사빔의 파장에 의해 식 $\Lambda \approx \lambda / 2 \sin \theta$ 에 의해 $\Lambda \approx 1.8 \mu\text{m}$ 으로 근사 될 수 있다.[10]

또한 RCP에 대해 왼쪽으로 회전하는 원형편광(left-circularly polarization:LCP)에 의한 기록시 회절효율 최대값은 0.002%의 매우 낮은값을 나타내었다.

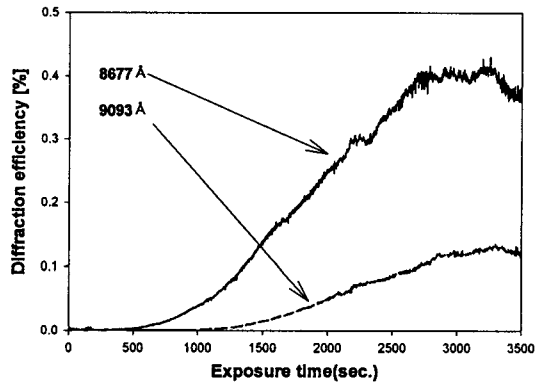


그림 5. $\text{As}_{40}\text{Ge}_{10}\text{Se}_{15}\text{S}_{35}$ 박막의 두께 8677 Å 과 9093 Å에 따른 광유기 시간에 대한 회절효율.

또한 각각의 기록광파의 편광상태에서 가장 높은 회절효율 최대값을 보이는 RCP에서 박막의 두께 변화에 따른 회절효율을 조사하였다. 그림 5는 박막의 두께를 각각 8677 Å 과 9093 Å으로 제작하여 기록광파의 편광상태를 RCP로하여 기록시 +1st Order의

회절효율을 측정할 결과이다. 박막의 두께가 $m\lambda = 2d\sin(90 - \theta)$ 인 Bragg조건에 근사적으로 만족하는 8677 Å의 박막두께에서 보다 높은 회절효율이 나타남을 알 수 있으며, 박막두께 또한 회절효율 변화에 크게 의존함을 알 수 있다.[11]

4. 결 론

본 연구에서는 우수한 광유기 이방성 성질을 나타내는 비정질 칼코게나이드 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막에서 기록광파의 편광형태별 기록과 재생에 따른 편광 홀로그래피 특성을 고찰하였다.

기록광파가 원형편광일 때 회절효율 최대값이 0.4%로 가장 크며, 타원편광일 경우는 이보다 낮은 0.2%를 유지하였지만 박막 내 격자형성이 보다 빠르게 형성되어 포화되었다. 또한 선형편광의 경우는 매우 낮은 0.003%의 회절효율을 보였다.

이상의 결과 박막형 편광 홀로그래피에서 박막의 두께를 Bragg조건을 만족하는 범위 내에서 10000 Å 이하의 얇은 박막으로도 비교적 높은 0.4%의 회절효율을 얻을 수 있으며, 위상편광 홀로그래피형태로 정보를 박막형태의 매질에 입사광의 세기나 위상을 변화시키면서 저장시킬 수 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 대용량 저장 밀도를 갖는 저장매질 및 광소자로서 응용이 가능하고 다른 편광 홀로그래피 물질보다 비교적 우수한 회절효율을 보유하고 있음을 확인하였다.

참고 문헌

- [1]. T. Tsujioka, M. Irie. J. Opt. Soc. Am. B 15(3), pp.1140-1146, 1998
- [2]. D. Psallis, f. Mok. Sci. Am. (Int. Ed) 273, 70, 1995
- [3]. V. Markov et. al., Opt. Lett, Vol.24, No.4, pp.265-267. 1999
- [4]. L. Nikolova et al. Appl. Opt., Vol 23, No 23, 3835, 1996
- [5]. T. Todorov, L. Nikolva, N. Tomova, Appl. Opt, 23, pp.4309-4312, 1984
- [6]. H. B. Chung, H. Y. Lee, J. Appl. Phys., 1825, 1998
- [7]. C. H. Yeo, S. J. Jang, et al., J. KIEEME. Vol.12, No.12, pp.1192-1197. 1999
- [8]. Y. Lsbi, S. Sternklar. et al. J. Opt. Comm. 171, pp.219-223, 1999
- [9]. F. Lagugne Labaethet and P. Rochon, Appl. Phy. Letters. Vol. 75, No. 10, 1377-1379, 1999
- [10]. R. Birabassov, T. V. Galstyan, et al., J. Opt. Lett. Vol.24, No.10, pp649-651, 1999
- [11]. F. L. Pedrotti, S. J. Lend S. Pedrotti., "Introduction to Optics". Prentice Hall, 2nd, p.274 & pp.411-423, 1984