

## 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 메모리 분야의 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 해결할 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  $2 \times 10^{-5}$  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.

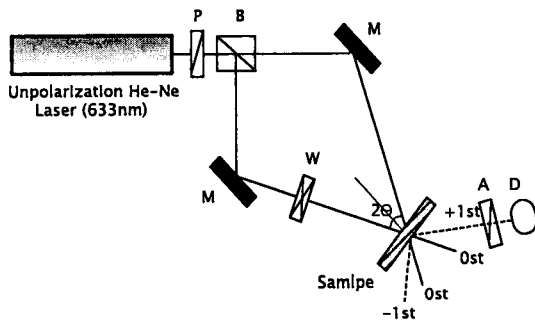


그림 1. 편광형태별 기록 및 재생을 위한 실험 장치도( P:polarizer, B:beam splitter, M:mirrors, W:quarter-wave plate, A:analyzer, D:detector.)

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 Order를 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  $2\theta$ 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.  $[I = I_0 \cos^2(\theta)].[8]$

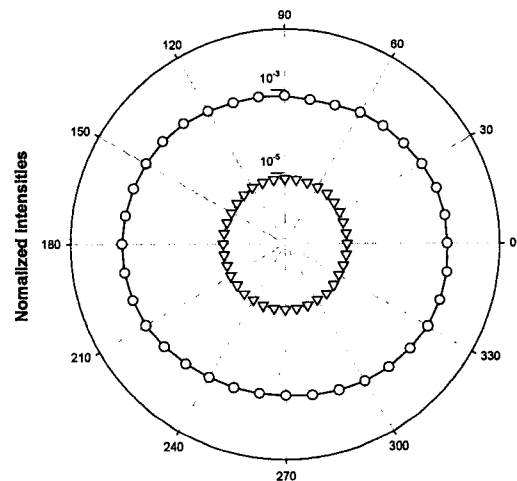


그림 2. 원형편광을 기록광파로 하는 노출전 기록광파의 편광상태(○)와 재생광파에 의한 편광상태(▽).

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 증첩에 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

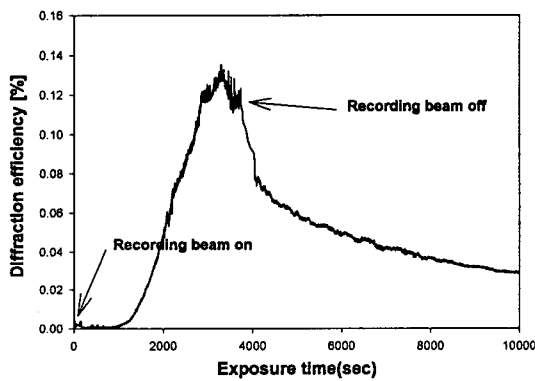


그림 3. 기록광파의 on-off시 원형편광(RCP)을 기록광파로 한 회절효율 변화.

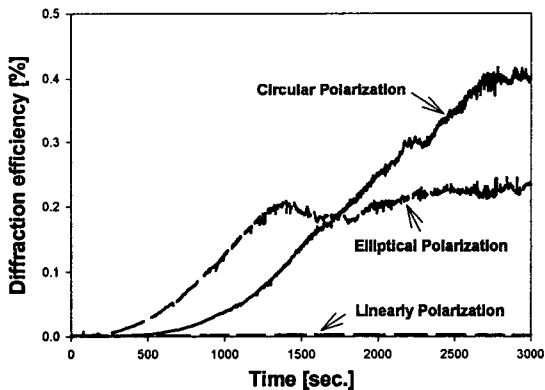


그림 4. 원형, 타원, 선형편광형태별 광유기 시간에 대한 회절효율.

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 보여주었다. 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  $\Lambda \approx 1.8 \mu m$ 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 낮은 값을 나타내었다.

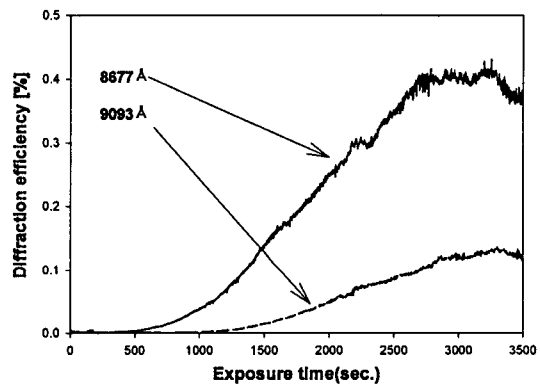


그림 5. As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막의 두께 8677 Å과 9093 Å에 따른 광유기 시간에 대한 회절효율.

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

회절효율을 측정할 결과이다. 박막의 두께가  $m\lambda = 2d\sin(90 - \theta)$ 인 Bragg조건에 근사적으로 만족하는 8677Å의 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 10000Å 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