

## 비정질 칼코게나이드 박막에 Surface Relief 격자 형성

### The recording of surface relief grating on the chalcogenide thin film

박종화\*, 장선주\*, 박정일\*, 여철호\*, 이영종\*\*, 정홍배\*

Jong-Hwa Park\*, Sun-Joo Jang\*, Jung-Il Park\*, Cheol-Ho Yeo\*, Young-Jong Lee\*\*, Hong-Bay Chung\*

#### Abstract

In this study, we have made the large holographic surface relief gratings on amorphous chalcogenide  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  films by two beam interference using a He-Ne laser(632.8nm) light. The film thickness was about  $0.6\mu m$ , we could magnify beam size by using beam expander. We made use  $90^\circ$  holder which was made of reflection mirror and sample. Formed the surface relief structures were investigated using optical microscope. The diffraction efficiency was obtained by measuring +1st order intensity. In addition we investigated grating formation and diffraction efficiency as a function of polarization states which is linear or circular polarization. The results indicate that the grating was formed by linear polarized beam is better clear than that by circular polarized beam.

**Key Words(중요용어) :** surface relief grating(표면 릴리프형 격자), diffraction efficiency(회절효율), polarization state(편광상태)

#### 1. 서 론

Surface relief 구조는 micromolding techniques를 통한 모사의 용이성 때문에 nanotechnology의 빠른 발전에 많은 관심이 주어지고 있으며 그 잠재력이 입증되었다. 이는 zeroth-order 격자나,<sup>(1)</sup> planar optical interconnect를 위한 surface relief grating,<sup>(2)</sup> 파장이하 적외선 광학<sup>(3)</sup> 등과 같은 회절 소자의 제작으로 응용 가능하여 그 가능성이 기대되고 있고 또한 optical communication과 photonic sensor에서 channel waveguides array의 제작은 이미 실행되었다.<sup>(4)</sup>

홀로그래피 격자형성에 있어서 이러한 많은 응용

성을 가진 surface relief 구조가 He-Ne laser를 이용하여 비정질 칼코게나이드 박막에 직접적으로 기록할 수 있다는 것이 보고되고 있다.<sup>(5)</sup>

현재까지 연구되고 있는 비정질 칼코게나이드 유리질은 구조적인 유연성(Structural flexibility)과 독특한 전자배치로 인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상(photoinduced phenomena)이 나타나고 광부품 및 광기록 소자로서의 응용 가능성이 매우 크다고 알려져 왔다.<sup>(6)</sup> 특히 비정질 As-Ge-Se-S 박막은 매질이 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과와 광원의 편광방향에 따라 우수한 광학적 이방성 특성을 나타내는 물질로 알려져 있다.<sup>(7)-(9)</sup>

두 편광-광의 간섭에 의해 형성되는 편광 홀로그래피는 두 평행하게 편광된 광을 이용하는 세기 홀로그래피(intensity holography)와 서로 수직하게 편광된 광을 사용하는 위상 홀로그래피(phase holography)로 구분할 수 있다.<sup>(10)</sup> 일반적으로 편광

\* 광운대학교 전자재료공학과  
(서울시 노원구 월계동 447-1 , Fax: 02-943-3590  
E-mail : hbchung@daisy.kwangwoon.ac.kr)  
\*\* 여주대학 전자공학과

홀로그래피 물질은 입사되는 광원의 편광방향에 따라 광학적 이방성 형성이 용이해야 한다.

따라서 본 논문에서는 우수한 광유기 이방성 현상을 나타내는 비정질 As-Ge-Se-S 박막을 편광 홀로그래피 물질로 사용하여 유기광의 세기에 의존하는 세기 홀로그래피 방식과 예전과는 다른 대면적 광유기를 통해 홀로그래피 surface relief 격자를 형성시켰다. 또한 격자형성의 조건을 고려하여 회절효율을 구함으로써 그 응용성을 살펴보고 편광상태에 따른 격자형성과 회절효율에 관해 조사한다.

## 2. 실험방법

### 2.1 sample제작

실험에 사용되는 sample의 제작은 크게 2단계로 수행하였다. 먼저 벌크시료는 순도 5N(99.999%)의 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 제작하였다. 다음으로 corning glass-2948 위에 열진공 증착방법을 사용하여 0.6 $\mu$ m의 두께를 갖도록 박막을 제작하였다. 이때 증착 속도는 비정질상의 재현성 향상을 위하여 각각 2Å/s로 유지하였다. 두께 및 광학상수의 측정은 N&K Analyzer(NKT 1200)를 사용하여 분석하였다.

### 2.2 Surface relief 격자 형성

대면적 홀로그래피 surface relief 격자 형성을 위해 비편광 He-Ne Laser( $\lambda=6328\text{\AA}$  : 23mW)를 사용하였고 보다 넓은 면적의 노출을 위하여 beam expander를 사용하여 beam 직경을 1cm로 확대하였다. 그림 1은 이 surface relief 격자 형성을 위한 장치의 개략도이다. 편광상태는 편광기와  $\lambda/4$  waveplate를 이용하여 선형편광(입사면에 수직을 기준으로 하여 0°, 45°, 90°)과 원형편광으로 변화하여 수행하였다. beam expander로부터 나온 빛은 직각 형태의 mirror와 sample로 이루어진 지지대로 향하고 같은 세기의 mirror로부터 반사된 빛과 sample로 직접 향하는 빛의 간섭으로 홀로그래피 격자를 형성시켰다. 이때 sample 표면에서의 입사빔의 세기는 2.3~2.4mW/cm<sup>2</sup>, 입사각  $\theta$ 는 약 10°~14°로 유지하였다. 격자 형성 확인은 광학현미경(Optical microscope)을 이용하여 그 형태를 확인하였다. 또한 surface relief 격자 형성에 의한 +1st order의 회절빔의 세기를 측정하여 최대 회절효율을 구함으로써 그 응용가능성을 조사하였다.

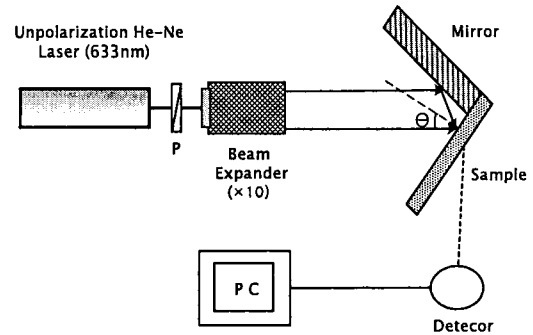


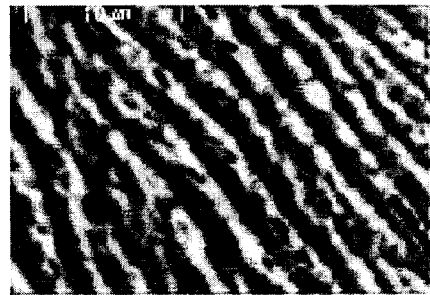
그림 1. Surface relief 격자 형성을 위한 실험적 장치도, P: polarizer or  $\lambda/4$  waveplate

## 3. 결과 및 고찰

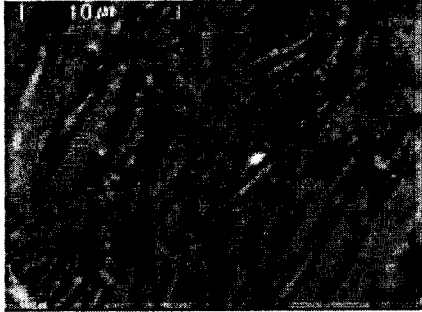
그림 2는 선형편광된 빔의 간섭에 의해 형성된 As<sub>40</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub>Ge<sub>10</sub> 박막에서 surface relief 격자의 미세 사진을 나타내고 있다. 광학현미경의 배율은 1000배로 조율하였다. 그림 2에서 (a), (b), (c)는 각각 입사면에 대해 수직을 기준으로 이와 이루는 편광의 각도를 0°, 45°, 90°로 유지하여 선형편광된 빔을 조사하였을 때 형성된 격자의 사진을 보여주고 있다.

먼저 (c)에서는 가장 뚜렷한 relief 타입의 격자를 확인할 수 있었다. 격자 간격은 약 2 $\mu$ m임을 확인하였다. (a), (b)에서는 (c)보다는 비교적 불분명한 격자 형성을 확인할 수 있었고, 이때 격자 간격은 각각 2 $\mu$ m와 2.5 $\mu$ m를 나타내었다.

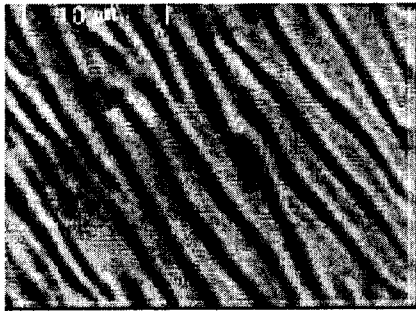
그림 3은 원형편광된 빔을 조사하였을 때의 형성된 격자의 미세 사진을 나타내고 있다. 선형 편광 입사빔에 비해 원형 편광빔에 의한 격자형성은 불분명하게 확인되었다. 이때 입사빔의 세기는 2.3mW/cm<sup>2</sup>였고 입사각의 크기는 10°로 유지하였다. 또한 이때 형성된 격자 간격은 약 2 $\mu$ m임을 알 수 있었다.



(a) 0° 편광

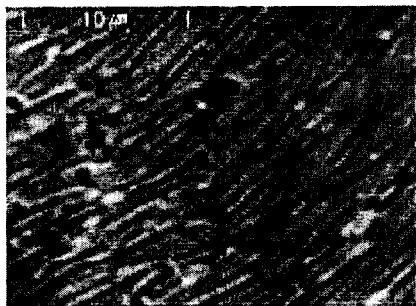


(b) 45° 편광



(c) 90° 편광

그림 2. 선형편광 빔에 의해 형성된  $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$  박막에서 surface relief 격자의 미세사진 (광학현미경  $\times 1000$ )  
(a) 0° 편광 (b) 45° 편광 (c) 90° 편광



원형편광

그림 3. 원형편광 빔에 의해 형성된  $As_{40}Se_{15}S_{35}Ge_{10}$  박막에서 surface relief 격자의 미세사진 (광학현미경  $\times 1000$ )

홀로그래피 격자 간격은 두 빔 사이의 각  $\theta$ 와 입사빔의 파장에 따라 다음 식으로 근사될 수 있다.

$$\Lambda \approx \lambda / 2\sin \theta \quad (1)$$

본 실험에서 확인된 격자간격은 약  $2\mu m \sim 2.5\mu m$ 였다. 이는 입사각도를  $10^\circ \sim 14^\circ$ 로 조절하여 실험하였을 때 위의 식으로 계산한 값과 약간의 오차가 생성되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 장치도 내의 오차와 sample면에서의 내부 간섭 현상에 의한 불일치로 판단된다.

Surface relief 홀로그래피 방법으로 선형 편광빔 ( $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ )과 원형 편광빔을 이용하여 형성된 격자의 최대 회절효율의 측정은 식 (2)의 방법으로 구할 수 있다. 식 (2)에서  $I_0$ 는 입사빔의 세기,  $I_{diff}$ 는 +1st order의 세기를 나타낸다.

$$\eta = (I_{diff}/I_0) \times 100 [\%] \quad (2)$$

식 (2)를 이용하여 구한 각각의 최대 회절효율은 표 1에 나타내었다.

표 1. 선형편광과 원형편광에 따른 최대 회절효율

Recording condition		최대 회절효율( $\eta$ ) [%]
선형 편광	0°	$2.2 \times 10^{-2}$
	45°	$1.63 \times 10^{-2}$
	90°	$3.4 \times 10^{-2}$
원형편광		$0.7 \times 10^{-2}$

표 1에서 선형 편광 입사빔 중 90° 편광상태일 때  $3.4 \times 10^{-2}\%$ 로 가장 높은 회절 효율을 나타내었으며 45°와 0° 편광상태일 때의  $1.63 \times 10^{-2}\%$ ,  $2.2 \times 10^{-2}\%$  값보다 높은 효율을 나타내고 있음을 주목할 수 있다. 또한 입사빔이 원형편광상태일 때는 선형편광상태일 때보다 낮은  $0.7 \times 10^{-2}\%$ 의 효율을 나타내었다. 이는 우수한 이방성을 갖는 비정질 As-Ge-Se-S 박막이 선형 편광된 빔에서 가장 민감하게 반응하는 이전의 결과와 같은 특성을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.<sup>(11)</sup>

#### 4. 결 론

본 연구에서는 우수한 광유기 현상을 나타내는

As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막에 He-Ne laser를 이용하여 두 빔의 간섭에 의해 surface relief 격자를 형성하고 입사빔이 선형편광상태와 원형편광상태일 때의 격자형성과 회절효율을 조사하였다. 선형편광된 빔에 의한 격자의 형성이 원형편광된 빔에 의한 격자보다 더 뚜렷하게 나타났고, 선형편광빔 중에서도 입사면에 대해 수직을 기준으로 하여 편광의 각도를 90°로 유지한 빔을 입사하였을 때 간격이 2 $\mu$ m인 가장 뚜렷한 relief 타입의 격자를 얻을 수 있었다. 또한 각 편광상태에 대한 최대회절효율을 측정해 본 결과 원형편광일때보다 선형편광빔 중 90° 편광상태일 때  $3.4 \times 10^{-2}\%$ 의 효율을 얻을 수 있었고 노출면적을 크게 함으로써 높은 회절효율을 얻었다. 이러한 결과로부터 As-Ge-Se-S 박막이 선형 편광빔에 가장 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있다.

이상의 결과는 입사빔의 편광상태를 고려하여 격자를 형성하고 회절효율을 높임으로써 광소자 및 부품등에서의 여러 응용성이 있음을 말해주고 있다.

#### 참고 문헌

- [1] J. M. dos Santos and L. M. Bernardo, Appl. Opt. 36, 8935, 1997
- [2] J. M. Miller, N. deBeaucourdrey, P. Chavef, J. Turunen, and E. Cambrill, Appl. Opt. 36, 5717 1997
- [3] J. R. Wendt, G. A. Vawter, R E. Smith, and M. E. Warren, J.vac.Sci.Technol, B15, 2946, 1997
- [4] E. Kim, G. M. Whuteesides, L. K. Lee, S. P. Smith, and M. Prentiss, Adv. Magn. Reson. 8, 139, 1996
- [5] Tigran V. Galstyan, J. F. Viens, A.Villeneuve, K. Richardson, and M. A. Duguay, J. Lightwave. Technol, 1997
- [6] H. Fritzsche, J. Non-Cryst. Solids, pp164-166, 1169, 1993
- [7] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, pp2, 701-702, 706, July 12-16, 1988
- [8] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, pp927-930, July 21-25, 1988[1]
- [9]. N.F. Borelli, J. B. Chodak, and G. B. Hares, J. Appl. Phys. Vol. 50, 5978, 1979
- [10] L. Nikolova et al., Appl. Opt., Vol. 23, No. 23, 3835, 1996
- [11] J. Y. Chun, J. K. Kim, S. H. Park, H. Y. Lee, H. B. Chung, KIEE Summer Annual Conference '98, pp7-10, 1998.