

# He-Cd 레이저를 이용한 비정질 칼코게나이드 박막의 relief 격자 형성

이기남, 박정일, 양성준, 이영종\*, 정홍배  
광운대학교 전자재료공학과, 여주대학\*

## Amorphous chalcogenide thin films of relief grating formation by using He-Cd laser

Ki-Nam Lee, Jung-Il Park, Sung-Jun Yang, Young-Jong Lee\*, and Hong-Bay Chung  
Kwangwoon Univ, Yeju Univ.\*

### Abstract

In this thesis, we observed the optical characteristic of amorphous chalcogenide thin films by He-Cd laser. Also, grating formation by He-Ne laser and He-Cd laser. After analyze diffraction efficiency of the time on the  $Ag(200\text{\AA})/As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  thin films. The result diffraction efficiency of Maximun 0.2% reduced according to time grating formation by He-Ne laser. Diffraction efficiency of Maximun 0.1% showed stably characteristic according to time grating formation by He-Cd laser.

**Key Words** : Chalcogenide, Grating formation, He-Cd laser, He-Ne laser, Diffraction efficiency

### 1. 서 론

최근 정보통신의 급격한 발달로 인하여 광대역 데이터를 처리할 수 있는 광통신, 이동통신 기술 및 이와 관련된 광소자, 광부품의 수요와 기술 개발의 필요가 대두되고 있다.

특히 광부품 소자중에서 회절격자 소자는 일반적인 굴절(refractive), 반사(reflective) 특성을 응용한 소자로서 제작이 용이하고, 대량생산이 가능하며, 저가의 제작비를 갖는 등의 장점을 갖고 있다. 또한 가시광 영역부터 적외선 영역까지의 파장대역에 걸쳐 넓은 응용범위를 갖고 있어, 이에 대한 연구가 집중되고 있다.[1] 회절격자의 제작에는 여러 방법이 있으나 특히 홀로그래피 방법으로 제작된 소자는 기계적으로 형성된 재래식 소자에 비해 제작이 용이하고, 일정한 격자간격과 높은 분해능을 얻을 수 있는 장점이 있다[2]. 따라서 홀로그래피 방법은 기존의 재래식 광학 소자를 대체하는 방법으로 광범위하게 사용되고 있고 회절격자 뿐만 아니라 렌즈, 거울 및 광학필터 등의 제작에도 응용되고 있다.

그러나 이러한 회절격자와 같은 광학소자의 제작에 안정한 재료의 범위는 극히 제한되어 있고 따라서 이들 재료의 개발이 필요하게 되었다. 최근까지 고분해능과 relief 구조 형성 등의 용이로 유기물 포토레지스트 재료가 주로 사용되었으나[3] 재료가 용액(solution)형태로 제작되어야 하고 대부분의 이러한 재료들은 소자의 안정성 및 취급에 문제점을 나타내고 있으며 그 개선책이 시급한 실정이다. 반면 칼코게나이드 재료는 열증착방법으로 쉽게 제작이 가능하며 광통신의 파장대역에서 다양한 광유기 현상을 가지고 있다. 또한 회절 소자 제작을 위해 칼코게나이드 층에 안정적인 embedded 또는 surface relief 구조를 형성시킬 수 있으며[1], 이외에도 홀로그래피, 집적광학(integrated optics), 리소그래피 분야에서 사용되기에 적당하여 많은 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 우수한 광유기 이방성과 안정성을 갖는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막[4][5]에서의 유기광 He-Cd(325nm) laser의 광학적 특성을 조사하였으며 이를 통하여 회절격자를 형성하였다. 또한 As-Ge-Se-S계 비정질 칼

코게나이드 박막에 Ag를 증착시켜 Ag광도평을 이용한 회절효율을 측정하였다.

## 2. 실험

### 2.1 sample 제작

본 연구에 본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은  $As_{40}Ge_{10}Se_{50-x}S_x$  ( $x = 0, 25, 35$  at.%) 중 최대 가역적 광구조적 변화 (reversible photostructural transformation) 를 갖는  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.[4]

As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 진기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.[6] 칼코게나이드 단일 박막과 Ag-칼코게나이드 박막을 corning glass 위에 열진공증착기 (thermal vacuum evaporator) 방식을 이용하여 약  $2 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도에서 칼코게나이드 두께를  $2.0 \mu m$  와 Ag 두께를  $200 \text{ \AA}$ 로 고정하여 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 N&K Analyzer(NK2000) 측정기로 확인하였다. 그림 1은 제작된 박막의 개략도를 보여준다.

### 2.2 홀로그래픽 격자 형성

홀로그래픽 격자 형성은 단색 광원의 간섭에 의한 간섭 무늬를 기록 매질에 기록함으로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2는 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다.

격자 형성은 He-Cd Laser( $\lambda=325nm$ , 빔의세기  $=4.8mW/cm^2$ )를 사용하였다. 빔은 선형 편광 Beamsplitter(BS)를 지나 두 개의 기록빔으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 후 홀로그래픽 격

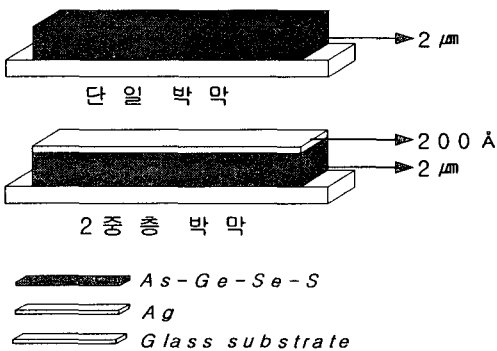


그림 1. 박막 구조의 개략도.

자 형성을 위하여 샘플에서 간섭된다. 두 기록빔이 샘플에 입사시 이루는 작은 Bragg equation 에 의해  $2\theta=26^\circ$ 를 유지하게 하였으며, 칼코게나이드 박막에 형성되는 격자 주기는 아래식에 의하여 얻을 수 있었다.

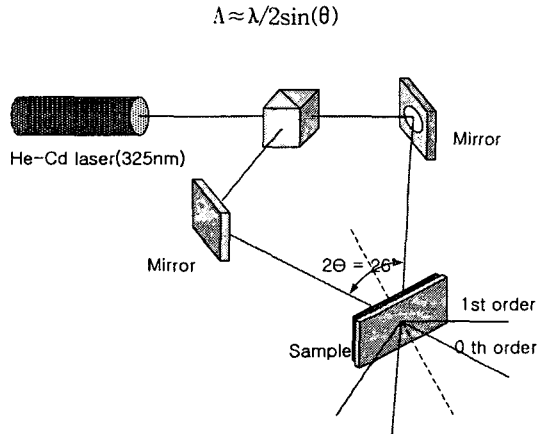


그림 2. 홀로그래피 격자형성을 위한 장치도.

### 2.3 회절효율 측정

격자 형성에 의하여 발생하는 회절빔의 세기는 그림 3과 같이 검출광은 He-Ne Laser( $\lambda=632.8nm$ )를 사용하여 실시간으로 측정하였다. 회절 빔의 세기는 +1st의 회절빔 세기를 측정하였다. 회절효율은 이와 같은 격자간격으로 형성된 격자에 의해 초기 입사빔( $I_{input}$ )이 회절 되어 나타내게 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:  $\eta$ )을 나타낸다.

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

재생 빔의 세기는  $22.8mW/cm^2$  였다.

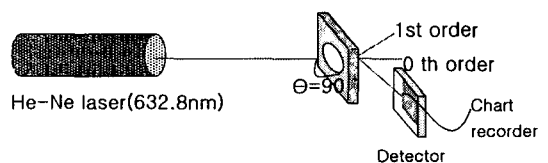


그림 3. 회절효율을 측정하기 위한 장치도.

### 3. 결과 및 고찰

입사빔 He-Cd(325nm) laser에서 칼코게나이드 박막의 광학적 특성을 확인하였다. 그림 4는 AsGeSeS 박막과 Ag/AsGeSeS 박막의 He-Cd laser에서의 투과빔의 세기를 나타낸 그래프이다.

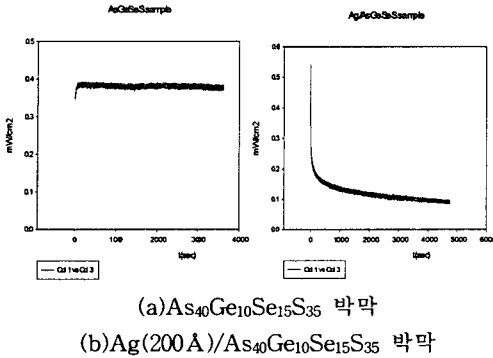


그림 4. As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막과 Ag(200 Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막의 투과빔 측정 그래프.

위 그림에서 알 수 있듯이 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막에서는 일정한 투과빔의 세기가 나타나지만 Ag를 증착시킨 Ag(200 Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막에서는 약 60sec 부근에서 투과빔의 세기가 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이것은 He-Cd(325nm) laser에 의해 Ag이온들이 광흡수를 하여 칼코게나이드 박막으로 Ag광도평되는 현상에 의하여 그 세기가 감소하는 것으로 판단된다.

이같은 결과는 He-Cd(325nm) laser를 입사빔으로 형성되는 홀로그래피 격자는 Ag-칼코게나이드 박막이 칼코게나이드 단일 박막 보다 용이한 격자형성이 가능할 것으로 사료된다.

따라서 이같은 결과에 의해 그림 5는 Ag(200 Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막에 He-Ne laser와 He-Cd laser로 격자를 형성시키고 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정한 그래프이다.

그림 5.(a)에서와 같이 He-Ne laser로 격자를 형성시킨 경우는 시간 변화에 대하여 회절효율이 감소하는 것을 확인 할 수 있다. 이같은 결과는 약 3000sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 바로 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 이때의 1st order에서의 최대 회절 효율은 약 0.2%에서 0.1%

로 약 반이상 감소하였다. 반면에 그림 5.(b)와 같이 He-Cd laser로 격자를 형성 시키고 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정 한 경우에는 시간 변화에 대하여 일정한 회절효율의 값을 보여준다. 또 이때 최대 회절효율은 약 0.1% 였다.

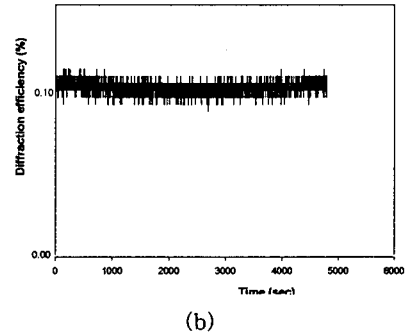
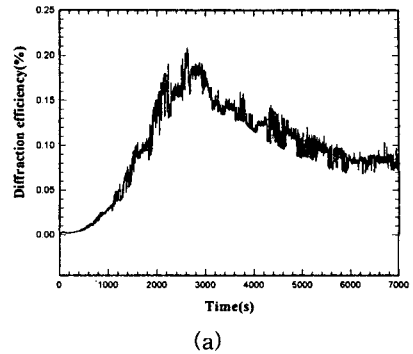


그림 5. Ag(200 Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막에 He-Ne laser(a)와 He-Cd laser(b)로 격자를 형성시킨 sample의 회절효율 변화 측정 그래프.

이같은 결과 그림 5.(a)와 같이 He-Ne laser로 형성된 격자는 비교적 높은 회절효율값을 갖으나 이 경우는 시간에 대해 그 결과값이 일정하지 못하여 안정적인 소자 특성을 유지하기 힘든 것으로 판단된다. 반면 그림 5.(b)와 같이 He-Cd laser로 형성된 격자는 최대 회절효율의 값은 (a)보다 낮으나 시간에 대한 변화가 없이 일정하게 유지됨으로 보다 안정된 특성이 나타나고 있음을 보여준다.

### 4. 결론

본 연구에서는 비정질 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막에서의 유기광 He-Cd(325nm)

laser의 광학적 특성을 조사하였으며 He-Ne (632.8nm)laser 로 격자를 형성하였을 때의 회절 효율과 이보다 파장이 짧은 He-Cd(325nm) laser 로 격자를 형성 하였을 때의 회절효율을 비교 분석 하였다. He-Cd laser 의 투과도는 Ag를 증착 시켰을 때 Ag 광도핑에 의해 급격히 감소함을 볼 수 있었다. 이는 매질에서의 광감도가 우수한 것을 나타내며, 또한 그동안 He-Ne laser 로 격자를 형성 시켰을 때의 회절효율이 최대치를 기록한 후 감소하는 현상을 보여 기록 매질로서의 신뢰성에 단점을 보였으나 He-Cd laser 로 격자를 형성시킨 경우에는 일정한 회절 효율을 나타내어 앞으로의 기록 매질로서의 신뢰성 확보에 기여할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2002-000-00480-0)지원으로 수행되었음.

### 참고 문헌

[1] M. Vlcek, P.J.S. Ewen, T. Wagner, "High efficiency diffraction gratings in As-S layers", J. of Non-Cryst. Solids, V. 227-230, pp. 743-747, 1998

[2] R. R. Gerke, T. G. Dubrovina, P. A. Dmitrikov, M. D. Mikhailov, "Obtaining holographic diffraction gratings on light sensitive layers of chalcogenide glasses by dry etching", J. Opt. Technol, V. 64, N. 11, pp.1008-1012, 1997

[3] T. V. Galstyan, J. F. Viens, A. Villeneuve, K.Richardson, M. A. Duguay, "Photoinduced self-developing relief gratings in thin film chalcogenide  $As_2S_3$  glasses", J. of Lightwave Technol, V. 15, N. 8, pp.1343-1347, 1997

[4] J. Y. Chun, S. H. Park, H. Y. Lee and H. B. Chung, "Estimation of the anisotropy magnitude in amorphous  $As_{40}Ge_{10}S_{35}Se_{15}$  thin films by an interference method", J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 11,N.9, pp.749-751, 1998

[5] S. H. Park, J. Y. Chun, H. Y. Lee, H. B. Chung, "The relaxation and elimination characteristics of polarization-photoinduced dichroism in obliquely deposited amorphous chalcogenide thin films", J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 11, N. 10, pp.891-896, 1998

[6] 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