

## 칼코게나이드 박막에서의 파장에 따른 회절효율 특성

이기남, 여철호, 신경, 정홍배

광운대학교 전자재료공학과

### chalcogenide thin films of diffraction efficiency characteristic according to the wavelength

Ki-Nam Lee<sup>\*</sup>, Chul-ho Yeo<sup>\*</sup>, kyung Sin<sup>\*</sup>, and Hong-Bay Chung<sup>\*</sup>

Kwangwoon uni<sup>\*</sup>

#### Abstract

In this thesis, We observed the characteristic of the diffraction efficiency according to the wavelength of the chalcogenide thin films. The used an Ag(200Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> thin film. We made grating formation by each wave length 325nm, 442nm, 632.8nm. After measure diffraction efficiency of the time. We expressed the maxium saturation value at fast time as were the short wavelength and stable characteristic. On the other hand we appeared to the by a maxium diffraction efficiency the 1.7% in 325nm, 0.8% in 442nm, 0.27% in 632.8nm. The maximum diffraction efficiency expressed high value as were the long wavelength.

**Key Words** : chalcogenide, wavelength, diffraction efficiency

#### 1. 서 론

광통신을 비롯한 통신의 발달로 현재의 산업사회가 고도의 정보화 산업사회로 발전함으로써 광대한 데이터를 처리할 수 있는 정보저장기술 및 고밀도의 정보저장재료 등의 새로운 개발이 필요하게 되었다. 따라서 이와 관련된 정보 저장 장치, 기록 매질의 개발 및 광 부품의 개발에 대한 연구가 폭 넓게 진행되고 있다. 이러한 대용량의 정보를 저장하고 데이터를 처리하는 속도에 있어서 기존의 방법으로는 한계가 있어 holographic storage라는 새로운 개념의 광기록 방식을 도입하게 되었다.<sup>[1]-[5]</sup> 이러한 기록방법은 이론적으로 1Tbit 이상의 기록이 가능할 것으로 예측되고 있다. 이러한 기록 방법은 새로운 광기록 매질인 광굴절 재료의 개발을 요구하게 되었으며, 현재 결정계인 리튬니오베이트와 광폴리머의 개발로 많은 진전을 보았다. 그러나 결정계의 경우 광품질은 뛰어나나 광감도가 떨어지는 단점이 있으며, 광폴리머의 경우는

체적 변화에 따른 광품질의 저하가 문제점으로 지적되어 리한 단점의 개선 및 새로운 재료의 개발이 시급한 과제라고 할 수 있다. 비정질 칼코게나이드 물질은 열증착방법으로 쉽게 제작이 가능하며 광유기 이방성(photoinduced anisotropy)이 뛰어나며 구조적 유연성(structural flexibility)과 독특한 전자배치(unique electronic configuration)로 인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상이 나타난다. 또한 회절소자 제작을 위해 칼코게나이드 층에 안정적인 embedded 또는 surface relief 구조를 형성시킬수 있다.<sup>[6]</sup> 이러한 회절격자 소자는 광부품 소자의 하나로서 일반적인 굴절(refractive), 반사(reflection) 특성을 응용한 소자로서 제작이 용이하고, 대량생산이 가능하며, 저가의 제작비를 갖는 등의 장점을 가지고 있다. 또한 가시광 영역부터 적외선 영역까지의 파장대역에 걸쳐 넓은 응용범위를 갖고 있어 이에 대한 연구가 집중되고 있다.<sup>[6]</sup>

따라서 본 연구에서는 우수한 광유기 이방성과 안정성을 갖는 As-Ge-Se-S 계 비정질 칼코게나

이드 박막<sup>[7][8]</sup> 에 각각의 파장(325nm, 442nm, 632.8nm)에 따른 회절격자를 형성하여 그에 따른 회절효율을 측정하였다. 또한 비정질 칼코게나이드 박막에 Ag를 증착시켜 Ag 광도핑을 이용한 회절 효율을 측정하였다.

## 2. 실험

### 2.1 Sample 제작

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.<sup>[7]</sup>

As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 붓입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.<sup>[9]</sup> 칼코게나이드 단일 박막과 Ag-칼코게나이드 박막을 coming glass 위에 열진공증착기 (thermal vacuum evaporator) 방식을 이용하여 약  $2 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도에서 칼코게나이드 두께를 2.0  $\mu m$  와 Ag 두께를 200Å으로 고정하여 박막을 제작하였다. 박막의 두께는  $\alpha$ -step 으로 측정하였다. 그림 1은 제작된 박막의 개략도를 보여준다.

### 2.2 홀로그래픽 격자 형성과 회절효율 측정

홀로그래픽 격자 형성은 단색광원의 간섭에 의한 간섭 무늬를 기록매질에 기록함으로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2는 각각의 파장에 따른 홀로그래픽 격자형성과 실시간으로 회절효율을 측정하는 장치도를 나타내고 있다.

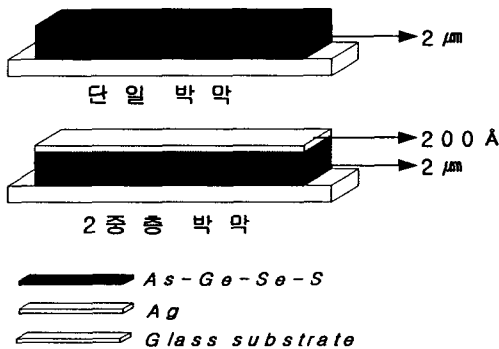


그림 1. 박막 구조의 개략도.

격자형성은 He-Cd Laser ( $\lambda=325nm, 442nm$ , 빔의 세기 =  $4.8mW/cm^2, 36mW/cm^2$ )와 He-Ne Laser ( $\lambda=632.8nm$ , 빔의 세기 =  $22.8mW/cm^2$ )를 사용 하였다. 빔은 선형 편광 Beamsplitter (BS)를 지나 두 개의 기록빔으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 후 홀로그래픽 격자 형성을 위하여 샘플에서 간섭된다. 격자 형성에 의하여 발생하는 회절빔의 세기는 광 검출기를 이용하여 실시간으로 측정, 기록하였다. 두 기록빔이 샘플에 입사시 이루는 작은 Bragg equation 에 의해 각 파장에 따라  $2\theta=26^\circ, 2\theta=24^\circ, 2\theta=20^\circ$ 를 유지하게 하였으며, 칼코게나이드 박막에 형성되는 격자 주기는 아래 식에 의하여 얻을 수 있었다.

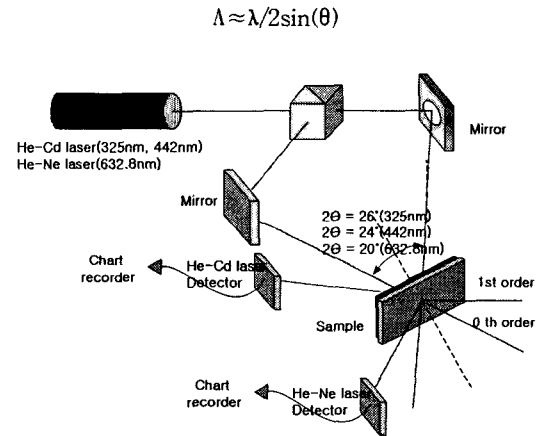


그림 2. 홀로그래픽 격자형성과 회절효율 측정을 위한 장치도.

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 회절 효율(diffraction efficiency:  $\eta$ )을 나타낸다.

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

## 3. 결과 및 고찰

입사빔의 각각의 파장에 따른 홀로그래픽 격자형성에 따른 회절효율을 측정하였다. 그림 3은 Ag/AsGeSeS 박막에서 325nm 파장에 의한 격자

형성의 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정 한 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 약 2000초 부근에서 최대 포화값을 이룬후 거의 일정하게 유지되는 경향을 보이고 있다. 이때의 1st order 에서의 최대 회절효율은 약 0.27%였다.

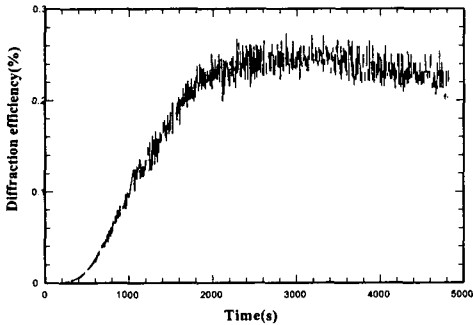


그림 3. Ag(200Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막의 325nm 파장의 기록법에 의한 시간에 따른 회절효율

그림 4는 Ag/AsGeSeS 박막에서 442nm 파장에 의한 격자형성의 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정 한 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 약 2300초 부근에서 최대 포화값을 이룬후 서서히 감소하는 경향을 보이고 있다. 이때의 최대 회절효율은 약 0.8%였다.

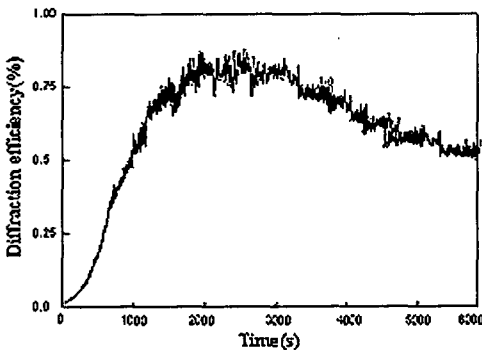


그림 4. Ag(200Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막의 442nm 파장의 기록법에 의한 시간에 따른 회절효율

그림 5는 Ag/AsGeSeS 박막에서 632.8nm 파장에 의한 격자형성의 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정 한 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 약

2500초 부근에서 최대 포화값을 이룬후 감소하는 경향을 보이고 있다. 이때의 최대 회절효율은 약 1.7%였다.

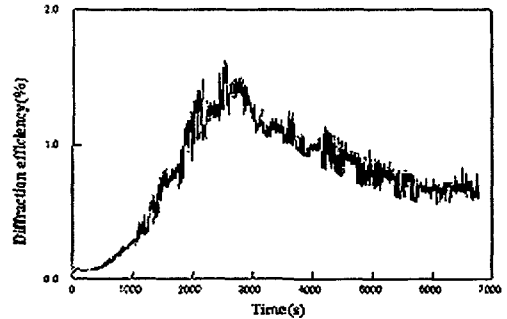


그림 5. Ag(200Å)/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막의 632.8nm 파장의 기록법에 의한 시간에 따른 회절효율

이같은 결과 짧은 파장으로 인해 형성되는 격자는 비교적 빠른 시간에 최대 회절효율값에 도달하며 긴 파장에 의해 형성된 격자보다 안정된 특성을 나타냄을 볼 수 있었다. 이는 단파장일 때 비정질 칼코게나이드 박막에서 스칼라적인 효과<sup>[10]</sup>에 의해 빠른 반응이 일어난 것으로 판단되며, 장파장일수록 벡터적인 효과<sup>[11]</sup>에 의해 격자의 광채적 변화가 일어난 것으로 사료된다. 짧은 파장에 의해 형성된 격자는 보다 긴 파장에 의해 형성된 격자보다 회절효율의 값이 더 낮게 나타남을 알 수 있는데 이는 장파장으로 갈수록 격자간격이 넓어지며 이는 식  $\Lambda \approx \lambda / 2 \sin(\theta)$ 에 의해 구해진 격자간격 ( $\Lambda = 0.37\mu\text{m}, 0.54\mu\text{m}, 0.92\mu\text{m}$ ) 사이에 일어나는 분해능의 영향에 의한 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 비정질 칼코게나이드 박막에서의 파장(325nm, 442nm, 632.8nm)에 따른 격자를 형성하고 그에 따른 회절효율의 특성을 비교하였다. 짧은 파장에서 격자를 형성 시켰을 때 빠른 시간에 최대 회절효율값을 보이는 것을 볼 수 있었다. 이는 단파장이 장파장보다 스칼라적인 효과로 인해 빠른 반응을 일으킨 것으로 판단된다. 그러나 각각의 파장에 의해 형성된 격자의 최대회절효율은 약 0.27%, 0.8% 1.7%로 짧은 파장에 의해 형성된 격자의 회절효율은 긴 파장에 의해 형성된 격자의

회절효율보다 낮은 회절효율값을 나타내어 긴 파장이 격자를 형성시키는 것이 회절효율을 높이는 데 있어서 효율적임을 알 수 있다. 이는 간섭영역에서의 빔의 파장에 따른 격자주기의 조밀성이 회절효율에 영향을 준 것으로 판단된다. 또한 파장이 짧을 수록 일정한 회절효율값을 나타내는 것으로 보아 짧은 파장으로 격자를 형성 시킬수록 기록 매질로서의 신뢰성 확보에 도움을 줄 것으로 판단된다. 이와 같이 각 파장에 따른 회절효율의 변화를 측정함으로써 대용량 저장매질 및 광 소자로서의 응용이 가능할 것이라 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 2003년 광운대학교 산학연공동기술개발 컨소시엄 사업(2003-04)의 일환으로 진행되었습니다. 연구를 지원해준 중소기업청 서울시 및 참여 기업 (주)누리셀에 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

[1] 장선주, 여철호, 이현용, 정홍배, "칼코게나이드 박막을 이용한 편광 홀로그래피 회절효율 측정", 한국전기전자재료학회 춘계학술대회 논문집, pp 87-90, 1999.

[2] T. Todorov, L. Nikolova and N. Tomova, "A new high-efficiency organic material with reversible photoinduced birefringence", Appl. Opt., Vol. 23(23), pp. 4309-4312, 1984

[3] T. Todorov, N. Tomova and L. Nikolova, "High sensitivity material with reversible photoinduced anisotropy", Opt. Commun, Vol. 47, pp. 123-127, 1983

[4] 여철호, 장선주, 박정일, 이현용, 정홍배, "비정질 칼코게나이드 박막에서의 편광 홀로그래피의 회절효율 특성", 한국전기전자재료학회 논문집, 12(12), pp.1192-1197, 12월, 1999

[5] L. Nikolova, T. Todorov, M. Ivanov, F. Andruzzi, S. Hvilsted, and P. S. Ramanujam, "Polarization holographic gratings in side-chain azobenzene polyesters with linear and circular photoanisotropy", Appl. Opt., Vol. 35(20), pp. 3835-3840, 1996

[6] 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

[7] 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

[8] 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

[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] A. E. Owen, A. P Firth and P. J. S. Ewen, "Photoinduced structural and physico-chemical change in amorphous chalcogenide semiconductor", Philo Mag. B. Vol. 52, No. 3, pp.347-362, 1985

[11] A. V. Kolobov, S. R. Elliott, "On the mechanism of photodoping in vitreous chalcogenides" Philosophical Magazine B, Vol. 61, No. 5, 859-865, 1990