

## MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 다층박막에서 편광상태에 따른 회절효율 특성

이정태\*, 여철호\*, 신경\*, 이기남\*, 김종빈\*\*, 정홍배\*  
광운대학교 전자재료공학과\*, 조선대학교 전자공학과\*\*

### Characteristics of the Polarization Dependence Holographic Diffraction Efficiency using the MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> Multi-Layer

Jung-Tae Lee\*, Cheol-Ho Yeo\*, Kyung Shin\*, Ki-Nam Lee\*, Hong-Bay Chung\* and Jong-Bin Kim\*\*  
Department of Electronic Materials Eng. Kwangwoon Uni.,  
Department of Electronic Eng. Chosun Uni.\*\*

#### Abstract

We have carried out two-beam interference experiment to form holographic grating on amorphous As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> single-layer, MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> multi-layer. In this study holographic grating formed using He-Ne laser(632.8nm) under different polarization state(intensity, phase polarization holography). The diffraction efficiency was obtained by first order intensity. The maximum diffraction efficiency of As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> single-layer was 0.8% and The maximum diffraction efficiency of MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> multi-layer(multi-layer I, multi-layer II) were 1.4% and 3.1%

**Key Words** : Polarization state, Diffraction efficiency, As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> single-layer,  
MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> multi-layer

#### 1. 서론

21세기는 광통신 및 정보통신이 급속히 발전됨에 따라 발생하는 거대한 양의 정보를 저장 및 관리할 장치와 대용량 저장 매질 등의 개발이 필요하게 되었다. 이와 관련된 정보저장 장치, 기록 매질의 개발 및 광부품의 연구가 폭 넓게 진행되고 있다. 이러한 저장 장치 중 상용화 가능성과 응용성으로 많은 흥미를 끌고 있는 홀로그래픽 메모리<sup>1-3)</sup>는 저장방식에 있어서 현재의 광기록 방식이나 자기기록방식보다 높은 저장밀도와 고속 데이터 판독기능이 가능하여 기존의 정보저장 방법의 한계를 해결할 것으로 기대되고 있다. 두 편광광의 간섭에 의해 형성되는 편광 홀로그래피는 서로 평

행하게 편광된 광을 이용하는 세기 홀로그래피(intensity holography)와 서로 수직하게 편광된 광을 사용하는 위상 홀로그래피(phase holography)로 구분할 수 있다<sup>4)</sup> 홀로그래피 메모리는 새로운 광기록 매질인 광굴절 재료의 개발을 요구하게 되었으며 기존의 결정계인 리튬니오베이트와 광폴리머의 개발로 많은 발전을 가져왔다. 그러나 결정계의 경우 광품질은 뛰어나나 광감도가 떨어지는 단점이 있으며, 광폴리머의 경우는 체적변화에 따른 광품질의 저하가 문제점으로 지적되어 왔다. 따라서 이러한 단점을 개선할 수 있는 새로운 재료의 개발이 시급한 과제라고 할 수 있다. 비정질 As-Ge-Se-S 박막은<sup>5)</sup> 매질이 광에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과에 광원의 편광 방향에 따라 우수한 광학적 이방성을 나타내는 물질

로 보고된 후<sup>6,7)</sup>, 홀로그래픽 매질로서 가능성에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다. As-Ge-Se-S는 광감도가 우수하고, 박막화, 저장 및 소거특성, 제작의 용이성 및 안정성이 우수하여 차세대 광기록 매질로 크게 기대되고 있다.

본 연구에서는 홀로그래픽 기록 매질로서 연구가 진행되고 있는 As-Ge-Se-S 비정질 칼코게나이드 박막과 MgF<sub>2</sub> 박막이 겹층으로 된 다층박막을 제작하여 세기 및 위상 편광 홀로그래피 방법으로 편광상태의 기록빔을 이용, 홀로그래픽 격자를 형성하고, 각 박막의 최대 회절효율을 구해 비교, 분석함으로써 최적의 박막구조와 기록 빔의 편광상태를 제시 하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 sample 제작

본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>50-x</sub>S<sub>x</sub>(x=0, 25, 35 at%)중 최대 가역적 광구조적 변화를 갖는 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 박막을 선택하였다.<sup>8)</sup> As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 빌크는 석영관에 진공상태로 봉입하여 전기로에서 충분히 반응시킨 후 water quenching 방법을 사용하여 제작하였다. 칼코게나이드 박막과 MgF<sub>2</sub>박막은 corning glass위에 열진공증착기를 이용하여 2×10<sup>-6</sup>Torr의 진공도에서 겹층으로 다층 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 결정감지기를 사용했으며, 박막 특성 분석기(NKT1200)를 사용하여 확인 하였다. 그림1은 다층 박막 구조의 개략도를 보여준다.

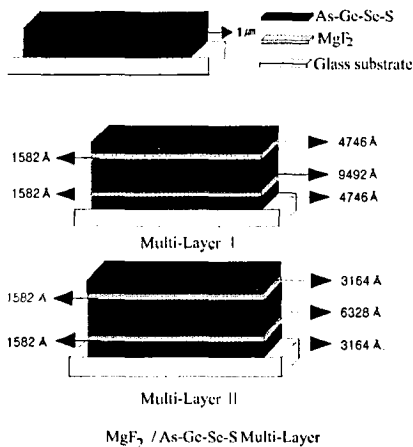


그림 1. 다층박막 구조의 개략도

Fig. 1. Schematic view of multi-layer sample

### 2.2 홀로그래픽 격자 형성 및 회절효율 측정

홀로그래픽 격자형성은 단색 광원의 간섭에 의한 간섭무늬를 기록 매질에 기록함으로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2는 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. He-Ne laser(632.8nm)를 이용하여 격자를 형성 시켰으며 (S:P)와 (P:P)의 편광상태를 만들기 위해 두개의 polarizer를 사용하였다. 격자형성에 의해 발생하는 회절빔의 세기는 광 검출기를 이용하여 실시간으로 측정하여 기록하였다. 회절빔의 세기는 +1st의 회절빔의 세기를 측정하였으며, 샘플에 입사되는 입사각은 2θ=20°로 하였다. 회절효율은 격자에 의해 초기 입사빔(I<sub>input</sub>)이 회절되어 나타나게 된다. 이중 첫 번째 회절되어 나타난 빔의 세기(I<sub>1st-order</sub>)를 측정하여  $\eta = (I_{1st-order}/I_{input}) \times 100$ 으로 나타낼 수 있으며, 편광 홀로그래피에서의 격자 형성에 의한 회절효율(diffraction efficiency:η)을 나타낸다.

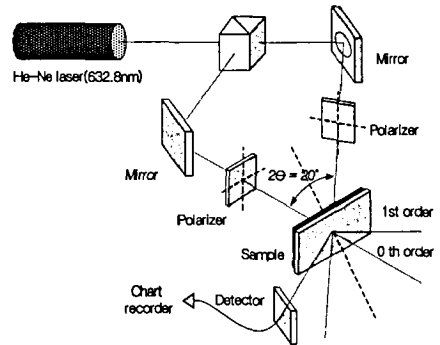


그림 2. 편광 홀로그래피 격자형성을 위한 장치도

Fig. 2. Schematic diagram of polarization holography set-up

## 3. 결과 및 고찰

홀로그래픽 격자는 세기 편광 홀로그래피 방법으로 두 기록빔의 편광상태가 (P:P)일 때와 위상 편광 홀로그래피 방법으로 편광상태가 (S:P)일 때로 형성하였다. 그림 3은 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 단일박막에서 기록빔이 (P:P)와 (S:P) 편광상태일 때 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정한 그래프이다. (S:P) 편광상태일 경우에는 시간이 경과함에 따라 2000sec 부근에서 최대로 포화값을 이룬 후 감소하는 경향을 보이고 (P:P) 편광상태일 경우에는 약 2000sec 부근에서 포화를 이룬 후 일정하게 유지

되는 것을 알 수 있다. 단일 박막에서 1st-order의 세기에 의해 구해진 최대 회절효율은 각각 0.2%와 0.8%였다. 편광 홀로그래피의 경우 회절효율의 포화 후 감소원인은 초기 유기빔의 세기가 강하게 작용하는 영역에서 일정한 방향성을 갖고 격자 형성을 이루다가 시간이 지날수록 박막의 모든 부분에서 격자가 형성되면서 격자들 간의 중첩 효과가 일어나고, 결국 작은 표면의 변화로 인한 격자의 소거 때문인 것으로 사료된다.<sup>9)</sup>

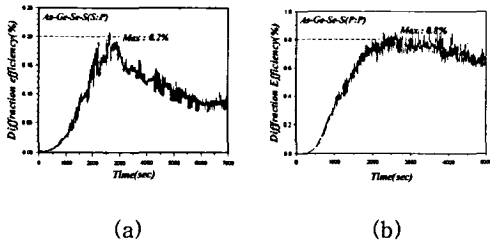


그림 3. 단일 박막에서 편광상태에 의한 시간에 따른 회절효율 변화  
 (a) (S:P) 편광 상태 (b) (P:P) 편광 상태  
 Fig. 3. Diffraction efficiency according to time in single-layer  
 (a) (S:P) polarization state  
 (b) (P:P) polarization state

sample에서의 반사를 줄여 빛의 손실을 줄이고 높은 투과율을 유지하기 위해 저굴절률인 MgF<sub>2</sub> 유전체층과 고굴절률인 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub>층을 사용하여 무반사막을 전산모의를 통해 설계, 제작하였다. 그림 4는 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub>층과 MgF<sub>2</sub>층으로 이루어진 다층박막(multi-layer I)에서 회절효율을 나타낸 그림이다. 그림 4(a)와 같이 (S:P) 편광상태일 때 약 2300sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 급격히 감소함을 관찰 할 수 있다. 이때의 회절효율은 0.4%이며 단일 박막보다 2배정도 증가 하였다. 그림 4(b)는 (P:P) 편광상태 때는 4000sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 급격히 감소하였다. 이때의 최대회절효율은 1.4%이며, 단일 박막보다 약 2배 정도 증가하였다.

그림 5는 As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub>층과 MgF<sub>2</sub>층으로 이루어진 다층박막(multi-layer II)에서 회절효율을 나타낸 그림이다. 그림 5(a)와 같이 (S:P)편광상태일 때 약 1200sec 부근에서 최대 회절효율 값을 이룬

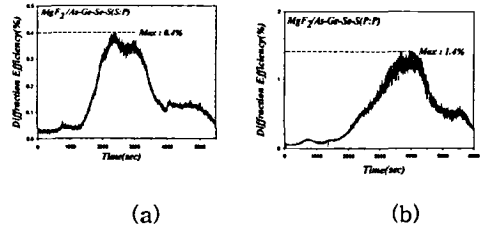


그림4. MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 다층박막(multi layer I)에서 시간에 따른 편광상태별 회절효율 변화  
 (a) (S:P) 편광 상태 (b) (P:P) 편광 상태  
 Fig 4. Diffraction efficiency according to time in MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> multi-layer(multi layer I)  
 (a) (S:P) polarization state  
 (b) (P:P) polarization state

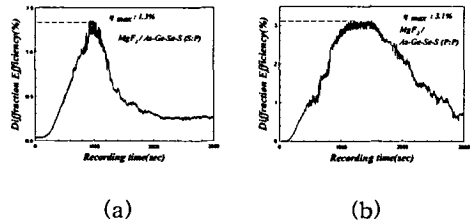


그림5. MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 다층박막(multi layer II)에서 시간에 따른 편광상태별 회절효율 변화  
 (a) (S:P) 편광 상태 (b) (P:P) 편광 상태  
 Fig5. Diffraction efficiency according to time in MgF<sub>2</sub>/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> multi-layer(multi layer II)  
 (a) (S:P) polarization state  
 (b) (P:P) polarization state

후 급격히 감소함을 관찰할 수 있었다. 이러한 감소의 원인은 칼코게나이드 단일박막과 같은 격자의 소거 때문인 것으로 사료되며<sup>9)</sup> 이 때의 최대회절효율 값은 약 1.3%이며 칼코게나이드 단일 박막보다 약 6배 증가하였다. 그림 5(b)와 같이 (P:P) 편광상태일 때는 (S:P) 편광 상태와 같이 약 1200sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 급격히 감소하였다. 이때의 최대 회절효율은 약 3.1%였으며 단일 박막보다 약 4배 증가하였다. 이와 같은 회절효율의 증가는 박막에서의 반사도를 줄이고 투과도를 높여 유기되는 빛의 양이 증가하기 때문으로 판단된다.<sup>10)</sup>

4. 결 론

현재 까지 칼코게나이드 박막은 우수한 광유기 이방성 현상을 나타내었음에도 불구하고 1% 미만의 낮은 회절효율을 보여왔다. 따라서 본 연구에서는 보다 높은 회절효율을 얻기 위하여 무반사막인  $MgF_2$  유전체 막과  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  박막을 다층박막으로 제작하였다.  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  단일 박막과  $MgF_2/As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  다층 박막에서의 홀로그래피 회절효율특성에 대하여 관찰하고자 (S:P) 및 (P:P) 편광법에 의해 격자를 형성하고 회절효율을 측정하였다. 유전체 층인  $MgF_2$ 를 이용한 다층박막 중 multi layer I 은 단일 박막보다 (S:P) 및 (P:P) 각각 2배 증가하였으며 multi layer II는 단일박막보다 각각 6배, 4배 증가된 회절효율을 보였다. multi layer II가 multi layer I 보다 회절효율이 (S:P) 및 (P:P) 편광상태 모두 약 3배정도 높았다. 최대 포화를 이룬 후 급격히 감소하는 경향을 보였으며 이는 격자의 소거(cancellation)때문으로 사료되며, 각 박막에서 세기 홀로그래피 방법(P:P)은 위상 홀로그래피 방법(S:P)보다 높은 회절 효율 증가를 보였다. 이와 같이  $MgF_2$ 와  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  다층박막을 이용한 최적의 박막 구조와 편광상태를 얻음으로서 대용량 저장매질 및 광소자로의 응용이 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

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

참고 문헌

[1] C. H. Yeo, S. J. Jang, J. I. Park, H. Y. Lee and H. B. Chung, "The measurement on diffraction efficiency in polarization holography using amorphous chalcogenide thin film", J. of KIEEME(in Korean) Vol. 12, p.1192-1197, 1999  
 [2] T. Todorov, L. Nikolova and N. Tomova, Appl. Opt. V. 23(23), p. 4309-4312, 1984  
 [3] T. Todorov, N. Tomova and L. Nikolova,

Opt. Commun, V. 47, p.123-127, 1983  
 [4] L. Nikolova, T. Todorov, M. Ivanov, F. Andruzzi, S. Hvilsted and P. S. Ramanujam, Appl. Opt., V. 35, N. 20, p. 3835-3840, 1996  
 [5] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, p. 701-702, 706, July 12-16, 1988  
 [6] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, p. 927-930, July 21-25, 1988  
 [7] N.F. Borelli, J. B. Chodak, and G. B. Hares, J. Appl. Phys. Vol. 50, p.5978, 1979  
 [8] S. H. Park, J. Y. Chun, H. Y. Lee, H. B. Chung, J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., Vol. 11, No. 10, p.891-896, 1998  
 [9] H. B. Chung, H. Y. Lee, J. Y. Chun and C. H. Yeo, "Photoinduced dichroism and its low-temperature characteristics in obliquely deposited amorphous As-Ge-Se-S thin films" J. of Vac. Sci. Tech. A, Vol. 18, No. 2, p.485, 2000.  
 [10] Frank L. Pedrotti, S.J. & Leno S. Pedrotti, "Introduction to Optics", Prentice Hall, p.398, 1993.