

Ag/As-Ge-Se-S 다층박막에서 편광상태에 따른 홀로그래피 격장 형성 특성

Characteristics of the Polarization-Dependent Holographic grating formation on Ag/As-Ge-Se-S Multi-Layer

나선웅*, 이정태*, 여철호*, 이영중**, 정홍배*

Sun-Woong Na*, Jung-Tae Lee*, Cheol-Ho Yeo*, Young-Jong Lee**, Hong-Bay Chung*

Abstract

We have carried out two-beam interference experiments to form holographic gratings on chalcogenide Ag/As₁₀Se₁₅S₃₅Ge₁₀ multi-layer. In this study, holographic gratings have been formed using He-Ne laser(632.8nm) under different polarization combinations(intensity polarization holography, phase polarization holography). The diffraction efficiency was obtained by +1st order intensity and formed grating structure was investigated using atomic force microscopy.

Key Words : Holographic grating, Intensity polarization holography, Phase polarization holography, Diffraction efficiency, Photoinduced anisotropy

1. 서 론

최근 광통신, 전자정보통신산업, 멀티미디어 기술의 급속한 발전이 이루어짐에 따라 다양한 욕구를 충족시키기 위한 정보저장기술, 고밀도의 정보저장재료 등의 새로운 기술이 필요하게 되었다. Van Heerden에 의해 제안된 홀로그래피 메모리 [1]-[5]는 높은 저장 밀도와 병렬 액세스(parallel access), 그리고 빠른 속도를 가지고 있어 정보 저장 기술분야에서 각광을 받고 있으며[6], 현재 사용되고 있는 CD나 DVD보다 높은 저장밀도와 고속 데이터 판독 기능이 가능하여 기존의 정보저장

방법의 한계를 해결할 것으로 생각되어지고 있다. 이러한 기록 방법은 이론적으로 1Tbit 이상의 기록이 가능할 것으로 예측되고 있다. 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.[4] 홀로그래피 메모리는 새로운 광기록 매질인 광굴절 재료의 개발을 요구하게 되었으며, 현재 결정계인 리튬니오베이트와 광폴리머의 개발로 많은 진전을 보였다. 그러나 결정계의 경우 광품질은 뛰어나나 광감도가 떨어지는 단점이 있으며, 광 폴리머의 경우는 체적변화에 따른 광품질의 저하가 문제점으로 지적되어 이들의 한계점을 위한 연구가 진행되고 있다. 따라서 이런 단점의 개선 및 새로운 재료의 개발이 시급한 과제라고 할 수 있다. 비정질 As-Ge-Se-S 박막은[7] 매질이

* 광운대학교 반도체 및 신소재공학과
(서울시 노원구 월계동 광운대학교,
Fax : 02-943-3590
E-mail : nice75@explore.gwu.ac.kr)

** 여주대학 전자공학과

빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과와 광원의 편광 방향에 따라 우수한 광학적 이방성 특성을 나타내는 물질로 보고된 후[7]-[9], 홀로그래픽 매질로서 가능성에 대해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 광감도가 우수하고, 박막화, 저장정보의 소거특성, 제작의 용이성 및 안정성이 우수하여 차세대 광기록 매질로 크게 기대되고 있다. 또한 As-Ge-Se-S 박막 위에 Ag, Cu, In 등의 금속막을 형성시킨 후 광을 조사시키면 금속 원자 또는 이온이 박막 내로 도핑, 확산되어 구조적, 광학적, 전기적 특성 변화와 이에 상응하는 물리적 화학적 변화를 일으키고 광기록 저장 능력을 향상시킨다.

본 연구에서는 홀로그래픽 기록 매질로서 연구가 진행되고 있는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막[10][11]에 Ag로 도핑된 다층박막을 제작하여 세기 및 위상 편광 홀로그래피 방법으로 다른 편광상태의 기록빔을 이용, 홀로그래피 격자를 형성하며 박막형 대용량 광 기록 저장매질로서의 응용성을 찾고자 한다.

2. 실험방법

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.[11] As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.[1] 칼코게나이드 박막과 Ag 박막은 corning glass 위에 열진공증착기 (thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 각각 총 두께를 $1.0\mu m$ 와 100\AA 의 두께로 고정하여 겹층으로 5개의 다층 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 수정 발진 실시간 박막 두께 측정기로 확인하였다. 그림 1은 제작된 다층 박막의 개략도를 보여준다.

2.2 홀로그래피 격자 형성

홀로그래피 격자 형성은 단색 광원의 간섭에 의한 간섭 무늬를 기록 매질에 기록함으로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2은 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. 격자 형성은 He-Ne Laser ($\lambda=632.8nm$)를 사용하였다. 빔은 선형 편광 Beamsplitter(BS)를 지나 두 개의 기록빔

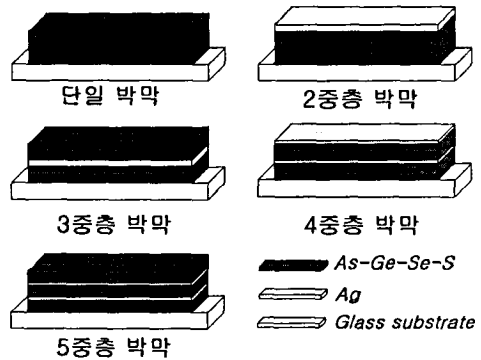


그림 1. 다층 박막 구조의 개략도.

Fig. 1. Schematic view of multilayer sample

으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 후 홀로그래피 격자 형성을 위하여 샘플에서 간섭된다. (S:P) 및 (P:P) 편광상태로 격자를 형성하기 위해 두 개의 polarizer를 사용하였다. 격자 형성에 의하여 발생하는 회절빔의 세기는 광 검출기를 이용하여 실시간으로 측정, 기록하였다. 회절 빔의 세기는 +1st의 회절빔 세기를 측정하였다. 두 기록빔이 샘플에 입사시 이루는 각은 $2\theta=20^\circ$ 를 유지하게 하였으며, 칼코게나이드 박막에 형성되는 격자 주기는 아래식에 의하여 얻을 수 있었다.

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

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, 편광 홀로그래피에서의 격자 형성에 의한 회절 효율(diffraction efficiency: η)을 나타낸다.

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

기록 빔의 세기는 $2.7mW/cm^2$ 였다.

3. 결과 및 고찰

홀로그래피 격자는 세기 편광 홀로그래피 방법으로 두 기록빔의 편광상태가 (P:P)일 때와 위상 홀로그래피 방법으로 편광상태가 (S:P)일 때 형성하였다. 그림 3은 비정질 칼코게나이드 단일 박막에서 기록빔이 (P:P) 와 (S:P) 편광상태일 때

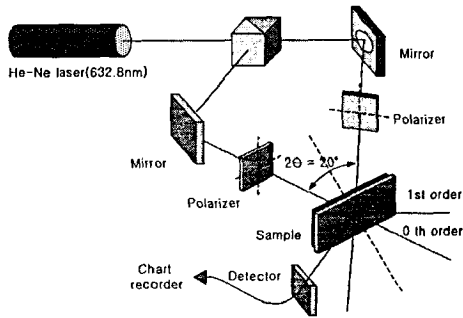
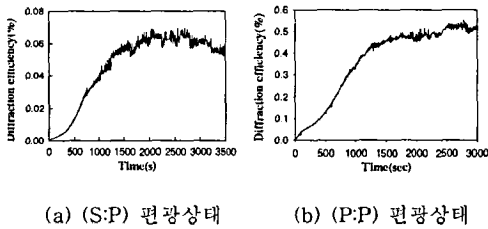


그림 2. 편광 홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도
Fig 2. Schematic diagram of polarization holography Setup

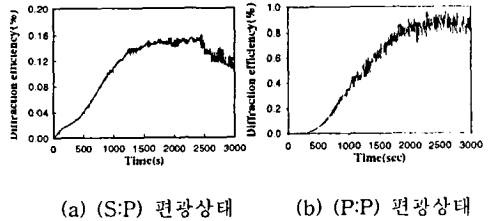
시간에 따른 회절효율의 변화를 측정한 그래프이다. (S:P) 편광상태일 경우에는 시간이 경과함에 따라 2000sec부근에서 최대로 포화값을 이룬 후 감소하는 경향을 보이고 (P:P) 편광상태일 경우는 약 2000sec부근에서 포화를 이룬 후 일정히 유지되는 것을 알 수 있다. 단일 박막에서 1st order의 세기에 의해 구해진 최대 회절효율은 각각 약 0.07% 와 0.55%였다.



(a) (S:P) 편광상태 (b) (P:P) 편광상태
그림 3. 단일 박막에서 편광상태 의한 시간에 따른 회절효율 변화
Fig 3. Diffraction efficiency according to time in single layer

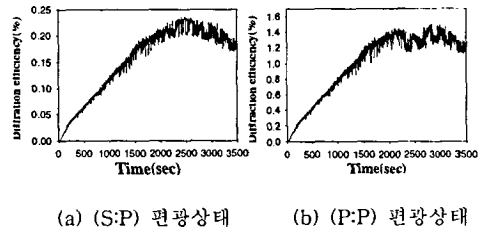
그림 4은 비정질 칼코게나이드 박막위에 Ag도핑된 이중층 박막에서 기록법이 (P:P) 와 (S:P) 편광상태일 때 시간에 따른 회절효율의 변화를 측정한 그래프이다. (S:P) 와 (P:P) 편광 상태 모두 약 2000sec 부근에서 포화를 이루었으며 이때의 최대효율은 약 0.16%와 0.94%로 단일박막일 때보다 약 2배 증가하였다. 이는 유기광의 광 에너지를 흡수한 표면의 Ag가 박막 내부로 도핑되면서 재배치되

며, 재배치과정에서 Ag이온과 칼코게나이드 결합이 발생하여 새로운 형태의 VAPs가 형성되어 회절효율이 점점 증가되게 되는 것으로 해석할 수 있다.



(a) (S:P) 편광상태 (b) (P:P) 편광상태
그림 4. 이중층 박막에서 편광상태 의한 시간에 따른 회절효율 변화
Fig 4. Diffraction efficiency according to time in 2-layer

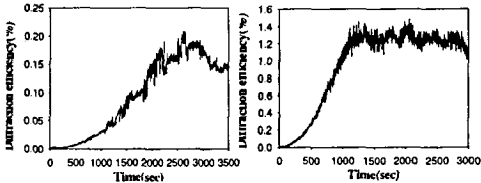
그림 5는 칼코게나이드 박막(5000Å) 내부에 Ag(100Å)가 도핑된 3중층 박막에서의 (S:P) 와 (P:P) 편광상태일 때의 회절효율의 변화를 측정한 그래프이다. (S:P) 와 (P:P) 편광 상태 모두 2000sec부근에서 포화를 이루었으며 (S:P) 편광 상태는 포화 후 서서히 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 이때의 최대회절효율은 각각 0.23% 와 1.5%이며 2중층 구조된 박막보다 약 1.5배 정도 증가하였다.



(a) (S:P) 편광상태 (b) (P:P) 편광상태
그림 5. 3중층 박막에서 편광상태 의한 시간에 따른 회절효율 변화
Fig 5. Diffraction efficiency according to time in 3-layer

그림 6은 칼코게나이드 박막(5000Å)과 Ag박막(50Å)를 교대로 하여 제작된 4중층 박막에서의 (S:P) 와 (P:P) 편광상태일 때의 회절효율의 변화를 측정한 그래프이다. (S:P) 와 (P:P) 편광상태일 때의 최대회절효율은 각각 0.21%와 1.35%로 3중층

박막과 유사하지만 포화시간은 약 1600sec 정도로 2중층이나 3중층 구조보다 빠르게 일어나는 것을 알 수 있다.

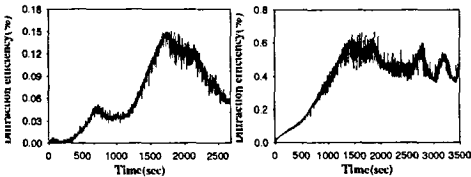


(a) (S:P) 편광상태 (b) (P:P) 편광상태

그림 6. 4중층 박막에서 편광상태 의한 시간에 따른 회절효율 변화

Fig 6. Diffraction efficiency according to time in 4-layer

그림 7은 칼코게나이드층(3333Å)과 Ag층(50Å)를 교대로 하여 제작된 5중층 박막에서의 (S:P)와 (P:P) 편광상태일 때의 회절효율의 변화물 측정된 그래프이다. (S:P)와 (P:P) 편광 상태 모두 4중층과 마찬가지로 1600sec부근에서 빠르게 포화를 이루었으며 (S:P) 편광 상태는 포화 후 빠르게 감소하는 것을 관찰할 수 있었다. 이때의 최대 회절효율은 각각 0.17%와 0.64%로 4중층 박막보다 감소하였다. 이는 일정한 칼코게나이드 두께(1.0 μ m)에 비해 층의 수가 증가하므로써 칼코게나이드 박막과 Ag 박막 사이에서의 내부반사와 산란의 영향으로 판단된다.



(a) (S:P) 편광상태 (b) (P:P) 편광상태

그림 7. 5중층 박막에서 편광상태 의한 시간에 따른 회절효율 변화

Fig 7. Diffraction efficiency according to time in 7-layer

4. 결론

우수한 광유기 이방성 현상에도 불구하고 비정질 칼코게나이드 물질은 1% 미만의 낮은 회절효율을 보여왔다. 보다 더 높은 회절효율을 얻기 위해 Ag와 같은 금속을 도핑함으로써 광유기 이방성 현상의 원인이 되는 VAPs를 증가시켜 이로 인해

높은 회절효율을 얻을 수 있었다. 그림 3, 그림 4와 같이 Ag도핑된 박막은 단일 박막보다 (S:P), (P:P) 편광 상태 모두 약 2배의 회절효율 증가를 보였다. 또한 각 층에서 세기 홀로그래피 방법 (P:P)은 위상 홀로그래피 방법(S:P)보다 약 78배 높은 회절효율 증가를 보였다. 또한 Ag박막이 칼코게나이드 박막 내부에 도핑된 3중층 박막에서 (S:P), (P:P) 편광 상태 모두 최대 회절효율 0.2%와 1.5%를 나타냈다. 이와 같이 Ag가 도핑된 최적의 박막 구조를 얻음으로서 대용량 저장매질 및 광소자의 응용이 가능할 것이라 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행되었음.(2001-027-3)

참고 문헌

- [1] C. H. Yeo, S. J. Jang, J. I. Park, H. Y. Lee, H. B. Chung, J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 12, N. 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] P. Hariharan, "Optical Holography", Cambridge Univ. Press, p. 162-164, 1984
- [6] P. Van. Heerden, Appl. Opt 2, V. 156, 1963 호, p. 10, 2001.
- [7] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, p. 701-702, 706, July 12-16, 1988
- [8] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, p. 927-930, July 21-25, 1988[1]
- [9] N.F. Borelli, J. B. Chodak, and G. B. Hares, J. Appl. Phys. Vol. 50, p.5978, 1979
- [10] J. Y. Chun, S. H. Park, H. Y. Lee and H. B. Chung, J. of the Kor. Inst. Electrical & Material Eng., V. 11, N.9, p.749-751, 1998
- [11] 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