

Ag/AsGeSeS 다층 박막의 홀로그래픽 격자 형성

Holographic grating formation of Ag/AsGeSeS multi layer

나선웅*, 박종화*, 여철호*, 신 경*, 이영종**, 정홍배*

(Sun-Woong Na*, Jong-Hwa Park*, Cheol-ho Yeo*, Shin Kyoung*, Young-Jong Lee**, Hong-Bay Chung*)

Abstract

In this paper, we investigated the diffraction efficiency of polarization holography using by amorphous Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ multi-layer thin films by He-Ne laser. Multi-layer structures were formed by alternating a layer of metal(Ag) and chalcogenide(As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅). The holographic grating in these thin films has been formed using a lineally polarized He-Ne laser light (633nm). The diffraction efficiency was investigated the two sample of Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅-7 layers and Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅-15 layers. As the results, we found that the diffraction efficiency of Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅-7 layers and Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅-15 layers were 1.7% and 2.5% respectively.

Key Words : Holographic grating, Polarization, Chalcogenide, Diffraction efficiency

Polarization Holography

1. 서론

광통신을 비롯한 통신의 발달로 현재의 산업사회가 고도의 정보화 산업사회로 발전함으로서 인터넷 수요의 폭발적 증가, 입체감과 현실감이 느껴지는 3차원 TV등 정보 이용자의 양질의 정보 요구에 따라 다양한 욕구를 충족시키기 위한 정보저장기술, 고밀도의 정보저장재료 등의 새로운 개발이 필요하게 되었다.

이러한 대용량의 정보를 저장하고 데이터를 처리하는 속도에 있어서 기존의 방법으로는 한계가 있어 holographic storage라는 새로운 개념의 광 기록 방식을 도입하게 되었다.^{[1]-[5]} 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 이들의 한계점 개선을 위한 연구가 진행되고 있다.

* : 광운대학교 전자재료공학과
(서울특별시 노원구 월계동 광운대학교,
Fax: 02-943-3590
E-mail : hbchung@explore.kwangwoon.ac.kr)

** : 여주대학 전자공학과

따라서 이러한 단점의 개선 및 새로운 재료의 개발이 시급한 과제라고 할 수 있다. 비정질 As-Ge-Se-S 박막은^[6] 매질이 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과와 광원의 편광 방향에 따라 우수한 광학적 이방성 특성을 나타내는 물질로 보고된 후,^{[7]-[9]} 홀로그래픽 매질로써 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 논문에서는 홀로그래픽 기록 매질로서 연구가 진행되고 있는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막^{[10][11]}에 Ag로 도핑된 다층박막을 제작하여, He-Ne 레이저에 의한 홀로그래픽 격자 형성을 관찰함으로써 홀로그래픽 기록 매질 및 광 소자 제작의 응용성을 찾고자 한다.

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 광구조적변화(reversible photostructural transformation)를 갖는 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.^[10] As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.^[11] 칼코게나이드 박막층과 Ag층은 corning glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 AsGeSeS 층과 Ag 층을 각각 1582Å과 100 Å의 두께를 교대로 하여 7층과 15층의 다층 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 수정 발진 실시간 박막 두께 측정기로 확인하였다. 그림1은 제작된 다층 박막의 개략도를 보여준다.

2.2 홀로그래픽 격자 형성

홀로그래픽 격자 형성은 단색 광원의 간섭에 의한 간섭 무늬를 기록 매질에 기록하므로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2은 홀로그래픽 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

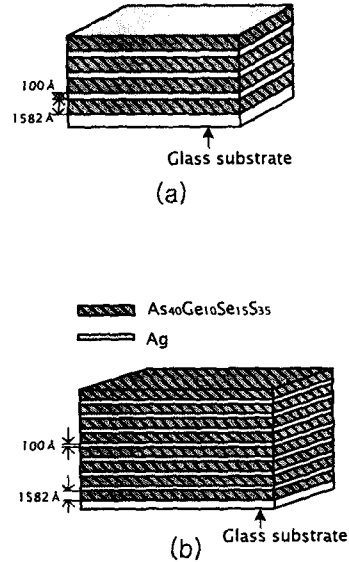


그림 1. 다층 박막 구조의 개략도.

(a) Ag/AsGeSeS 7층 박막

(b) Ag/AsGeSeS 15층 박막

Fig 1. Schematic view of multilayer sample

(a) Ag/AsGeSeS : 7 layers

(b) Ag/AsGeSeS : 15 layers

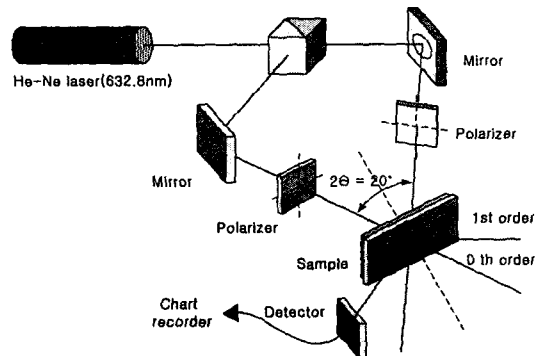


그림 2. 편광홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도

Fig 2. Schematic diagram of polarization holography setup

으로 나누어 지고, mirror로부터 반사된 후 홀로그래픽 격자 형성을 위하여 샘플에서 간섭된다. (P:P) 편광상태로 격자를 형성하기 위해 두 개의 polarizer를 사용하였다. 격자 형성에 의하여 발생되는 회절빔의 세기는 광 검출기를 이용하여 실시

간으로 측정, 기록하였다. 회절 빔의 세기는 +1st의 회절빔 세기를 측정하였다. 두 기록빔이 샘플에 입사시 이루는 각은 $2\theta=20^\circ$ 를 유지하게 하였으며, 비정질 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 홀로그래픽에서의 격자 형성에 의한 회절 효율(diffraction efficiency: η)을 나타낸다.

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

기록 빔의 세기는 $2.7\text{mW}/\text{cm}^2$ 였다.

3. 결과 및 고찰

홀로그래픽 격자 형성에 따른 회절빔의 효율에 대한 데이터는 그림3과 그림4에 나타내었다. 홀로그래픽 격자는 두 경우에 있어서 1~2분 내에 형성되는 것으로 관찰되었다.

그림3은 두 기록빔이 (P:P)편광 상태일 때 시간에 따른 회절 효율을 나타낸 그림이다. 초기 60초 동안에 회절 효율이 급격히 증가하여 최대효율 η_{max} 약 1.7%정도로 나타났다. 그 후 회절 효율이 급격히 감소하며 약 1000초 후에는 약 0.4%로 유지됨을 알 수 있었다. 그림4의 15층 박막에서의 최대효율 η_{max} 은 약 2.5%이며 1.1%에서 유지됨을 알 수 있다. 두 경우 모두 시간이 지남에 따라 유지되는 빛의 양이 많아지면서 Ag가 유기광의 광 에너지를 흡수하여 박막 내부로 도핑되며 표면의 Ag가 박막 내부에서 재배치하게 된다. Ag이온의 재배치과정에서 Ag이온과 칼코게나이드 결합이 발생하여 새로운 형태의 VAPs가 형성되어 회절효율이 점점 증가되게 되는 것으로 해석할 수 있다.

15층의 경우 7층보다 68% 이상의 큰 변화는 약 두배 더 많은 Ag층으로 인하여 도핑되는 Ag양이 많아 광감도가 증가되어 회절효율이 증가되었다고 판단된다.

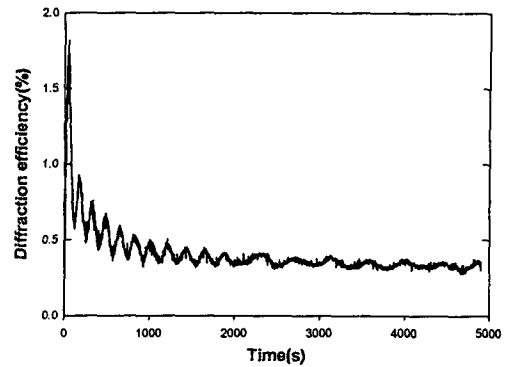


그림3. Ag/AsGeSeS 7층 박막의 (P:P) 편광상태의 기록빔에 의한 시간에 따른 회절효율

Fig3. Diffraction efficiency according to time in the (P:P) polarization holography of chalcogenide Ag/AsGeSeS-7layer thin films.

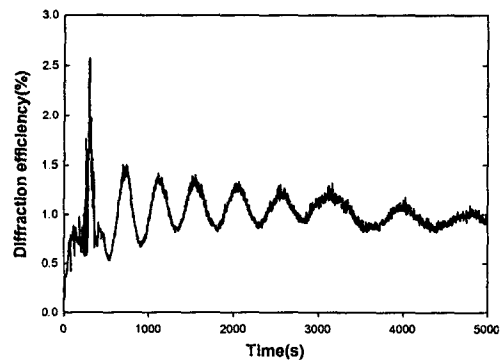
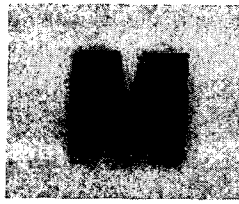


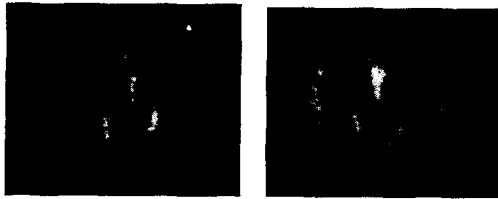
그림4. Ag/AsGeSeS 15층 박막의 (P:P) 편광상태의 기록빔에 의한 시간에 따른 회절효율

Fig 3. Diffraction efficiency according to time in the (P:P) polarization holography of chalcogenide Ag/AsGeSeS-7layer thin films.

그림 5는 마스크를 사용하여 Ag/AsGeSeS-7층박막과 Ag/AsGeSeS-15층박막에 영상을 기록한 사진이다. 사진에서 알 수 있듯이 7층박막에서보다 15층박막에서의 회절영상이 더 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다



(a) 마스크



(b) 7층 박막 회절영상 (c) 15층 박막 회절영상

그림 5. 영상기록에 의한 박막의 회절영상

Fig 5. Diffraction pattern according to formation of (P:P) polarization holographic grating.

4. 결 론

지금까지의 비정질 AsGeSeS 물질을 이용한 편광 홀로그래피 격자 형성은 매질 자체가 갖는 우수한 광유기 이방성 현상에도 불구하고 1% 미만의 낮은 회절효율을 보여왔다. 보다 높은 회절 효율을 얻기 위해 Ag와 같은 금속을 도핑함으로써 광유기 이방성 현상의 원인이 되는 VAPs를 증가시켜 이로 인해 높은 회절효율을 얻을 수 있었다.

Ag/AsGeSeS 7층 박막에서 최대 회절효율 1.3%, Ag/AsGeSeS 15층 박막은 2.5%의 최대회절효율이 나타났다. 따라서 편광빔에 의한 Ag 도핑 효과를 이용하여 광 메모리 밀도의 향상과 대용량 저장 매질 및 광소자로서 응용이 가능할 것이라 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2001년도 대학기초연구지원사업의 지원에 의하여 연구되었음.(과제번호 2001-027-3)

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] H. Fritzsche, J. Non-Cryst. Solids, pp.164-166, 1169, 1993
- [7] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, pp. 701-702, 706, July 12-16, 1988
- [8] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, pp. 927-930, July 21-25, 1988[1]
- [9] N.F. Borelli, J. B. Chodak, and G. B. Hares, J. Appl. Phys. Vol. 50, pp.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, pp.749-751, 1998
- [11] 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, pp.1192-1197, 1999