

Ag/AsGeSeS 박막의 홀로그래픽 데이터 격자 형성

Holographic Data Grating formation of Ag/AsGeSeS thin films

여철호*, 이기남*, 신 경*, 이영종**, 정홍배*

Cheol-ho Yeo*, Ki-Nam Lee*, Shin Kyoung*, Young-Jong Lee**, Hong-Bay Chung*

Abstract

The silver photodoping effect in amorphous AsGeSeS chalcogenide thin films for holographic recording has been investigated using a HeNe laser ($\lambda=632.8$ nm). The chalcogenide films prepared in this work were thinner in comparison with the penetration depth of recording light ($d_p=1.66$ mm). The variation of the diffraction efficiency (η) in amorphous chalcogenide films exhibits a tendency, independently of the Ag photodoping. That is, η increases relatively rapidly at the beginning of the recording process, reaches the maximum (η_{max}) and slowly decreases. In addition, the value of η_{max} depends strongly on chalcogenide film thickness(d) and its peak among the films with $d = 40, 80, 150, 300,$ and 633 nm is observed at $d = 150$ nm (approximately $1/2n$), where n is refractive index of the chalcogenide ($n=2.0$). The η is largely enhanced by Ag photodoping into the chalcogenides. In particular, the value of η_{max} in a bilayer of 10-nm-thick Ag/150-nm-thick AsGeSeS film is about 1.6%, which corresponds to ~ 20 times in comparison with that of the AsGeSeS film (without Ag).

1. 서론

광통신을 비롯한 통신의 발달로 현재의 산업사회가 고도의 정보화 산업사회로 발전함으로써 인터넷 수요의 폭발적 증가, 입체감과 현실감이 느껴지는 3차원 TV 등 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@kw.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 데이터 기록 매질로서 연구가 진행되고 있는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막^{[10][11]}에 Ag로 도핑된 다양한 두께의 박막을 제작하여, He-Ne 레이저에 의한 홀로그래픽 격자 형성을 관찰함으로써 홀로그래픽 기록 매질 및 광소자 제작의 응용성을 찾고자 한다.

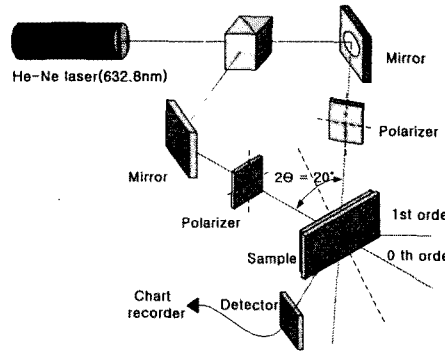
2. 실험

2.1 Sample 제작

본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은 $As_{40}Ge_{10}Se_{30-x}S_x$ ($x = 0, 25, 35$ at.%) 중 최대 가역적 광구조적 변화(reversible photostructural transformation)를 갖는 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.^[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 칼코게나이드 박막과 입사빔의 침투깊이($dp=1.66\mu m$)를 고려하여 각각 $d = 40, 80, 150, 300,$ and 633 nm 과 100\AA 의 두께로 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 수정 발전 실시간 박막 두께 측정기로 확인하였다.

2.2 홀로그래픽 격자 형성

홀로그래픽 격자 형성은 단색 광원의 간섭에 의한 간섭 무늬를 기록 매질에 기록하므로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 1은 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 기록 빔

그림 1. 편광홀로그래피 격자 형성을 위한 장치도
Fig 1. Schematic diagram of polarization holography setup

으로 나누어지고, mirror로부터 반사된 후 홀로그래픽 격자 형성을 위하여 샘플에서 간섭된다. (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 작은 $2\theta=20^\circ$ 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 $2.5mW/cm^2$ 였다.

3. 결과 및 고찰

홀로그래픽 격자 형성에 따른 회절효율의 효율에 대한 데이터는 그림2에 나타내었다. 홀로그래픽 격자는 두 경우에 있어서 10 여분 내에 형성되는 것으로 관찰되었다.

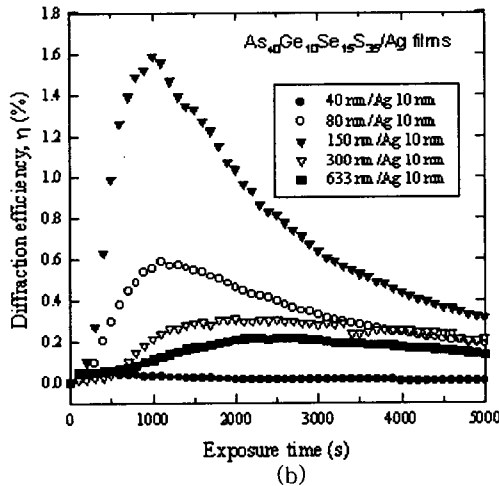
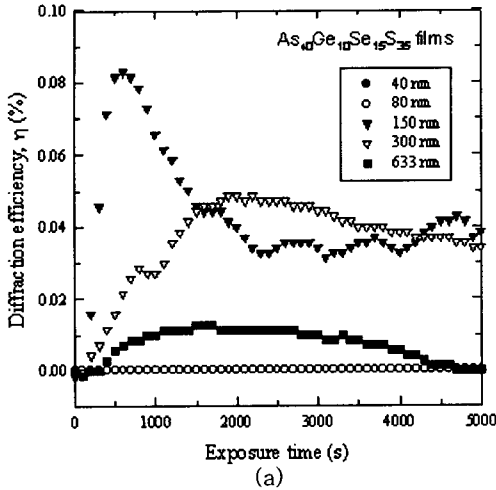


그림 2. 홀로그래픽 격자 형성에 따른 회절효율
(a) 칼코게나이드 AsGeSeS 단일 박막의 두께 별 효율(d=40 nm, 80 nm, 150 nm, 300 nm, and 633 nm)
(b) 동일 칼코게나이드 AsGeSeS 박막과 Ag 10nm 두께 박막의 회절효율.

Fig. 2. Diffraction efficiencies of holographic gratings in (a) an amorphous AsGeSeS with several types of thickness (40 nm, 80 nm, 150 nm, 300 nm, and 633 nm)

and

(b) in bilayer consisting of 10-nm-thick Ag and the AsGeSeS films as functions of exposure time.

그림2에서 두 기록빔이 (P:P)편광 상태일 때 시간에 따른 회절 효율은 두께에 따라 다양한 형태로 나타나고 있다. 그림 2 (a)에서 칼코게나이드 단일 박막의 경우 두께가 150nm일때 최대 회절효율 0.083%였으며 다른 박막에서 격자형성이 용이하게 형성 되었다. 또 그림 2 (b)에서 Ag 두께를 10nm로 하였을 시 이때 회절효율은 (a)의 칼코게나이드 단일 박막보다 우수한 회절효율을 보임을 확인 할 수 있었다. 이때 150nm의 칼코게나이드 /Ag 박막의 경우 최대 회절효율이 약 1.6%로 동 두께의 칼코게나이드 단일 박막에 비하여 그 효율이 20가량 증가함을 확인할 수 있었다.

두 경우 모두 시간이 지남에 따라 유기되는 빛의 양이 많아지면서 Ag가 유기광의 광 에너지를 흡수하여 박막 내부로 도핑되며 표면의 Ag가 박막내부에서 재배치하게 된다. Ag이온의 재배치과정에서 Ag이온과 칼코게나이드 결합이 발생하여 새로운 형태의 VAPs가 형성되어 회절효율이 점점 증가되게 되는 것으로 해석할 수 있다.

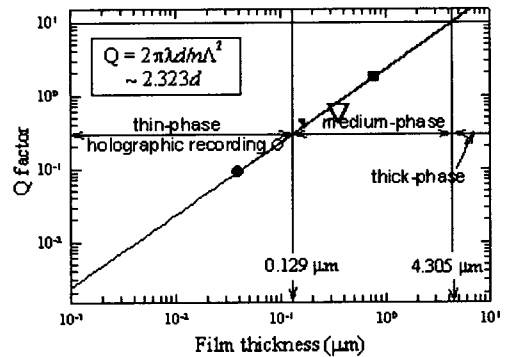


그림 3. 칼코게나이드 박막의 두께에 따른 Q팩터와 3가지 홀로그램 두께의 관계도.

Fig. 3. Three types of holographic recordings divided by Q factor - $Q < 0.3$ thin-phase holographic recording, $0.3 < Q < 10$ medium-phase holographic recording, and $Q > 10$ thick-phase holographic recording.

그림 3은 칼코게나이드 박막의 두께에 따른 홀

로그램과 Q팩터와 관계를 나타낸다. 일반적으로 $Q > 10$ 이면 thick-phase 홀로그램이라 하며, $Q < 0.3$ 이면 thin-phase 홀로그램이라 하고, 또 $0.3 < Q < 10$ 이면 medium-phase 홀로그램이라 한다. 본 실험의 경우 $d=40, 80\text{nm}$ 의 경우 thin-phase 홀로그램 특성이 나타났으며 $d=150, 300, 622$ 의 경우 medium-phase 홀로그램 특성이 나타났다.

그림 4는 마스크와 SLM을 사용하여 Ag/AsGeSeS 박막에 데이터 이미지를 기록한 사진이다.

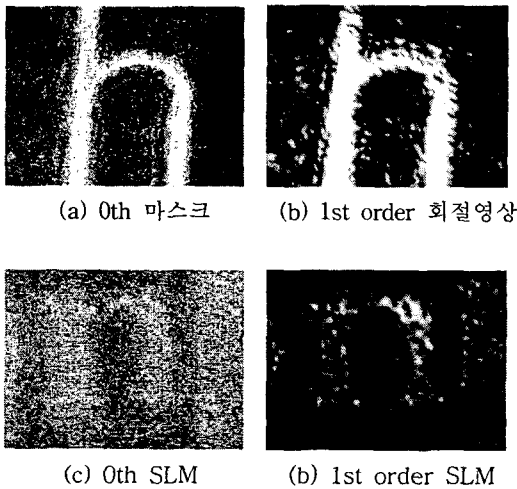


그림 4. 영상기록에 의한 박막의 회절영상
Fig. 4. Diffraction pattern according to formation of (P:P) polarization holographic grating (Mask pattern and SLM).

4. 결론

지금까지의 비정질 AsGeSeS물질을 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.

AsGeSeS 단일 박막($d=150\text{nm}$)에서 최대 회절 효율 0.083%. Ag/AsGeSeS 박막($d=150\text{nm}$, Ag=10nm)는 1.6%의 최대회절효율이 나타났다. 따라서 편광법에 의한 Ag 도핑 효과를 이용하여

광 메모리 밀도의 향상과 대용량 저장 매질 및 광 소자로서 응용이 가능할 것이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 학국과학재단 특정기초연구(R0120020000048002004)지원으로 수행되었음.

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, pp164-166, 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