

AsGeSeS(10,20,40,80nm) 박막에서의 홀로그래픽 격자 형성

이기남, 여철호, 김종빈, 이영중, 정홍배

광운대학교 전자재료공학과, 조선대학교 전자공학과, 여주대학교 전자공학과

Holographic grating formation in AsGeSeS(10,20,40,80nm) thin films

Ki-Nam Lee, Chul-ho Yeo, Jong-Bin Kim, and Hong-Bay Chung

Department of Electronic Materials Engineering of Kwangwoon Univ.,

Division of Electronics and Information and Communication Engineering of Chosun Uni.,

Department of Electronic Eng. Yeooju Uni.

Abstract

This paper discovers that we form holographic grating in AsGeSeS thin film. Holographic grating is not developed in the length of 10,20,40nm, while it is formed in the thin film of 80nm though it shows very low diffraction efficiency. On the contrary, holographic grating is established in every thin film of Ag(10nm)/AsGeSeS(10,20,40,80nm). Lattice in 10,20 nm thin film builds up, and immediately disappears. In the case of 40nm thin film, even if holographic grating is made up, it seems to have a low diffraction efficiency. Apart from 10,20,40nm, it shows the highest diffraction efficiency in the thin film of 80nm.

Key Words : Holographic grating, AsGeSeS, Ag. Diffraction efficiency, Thin film

1. 서론

현재 멀티미디어 기술은 반도체 기술과 자기(magnetic) 또는 자기-광학 저장 시스템(magneto-optic storage system)에 중점을 두고 있다.[1] 그러나 최근 전자정보 통신 산업, 멀티미디어, 나노테크놀로지 기술의 급속한 발전이 이루어지고 있고 막대한 양의 정보를 효과적으로 기록, 저장, 재생하기 위한 새로운 초고밀도, 초고속 정보 저장 장치의 개발이 필수적이게 되었다. 이러한 저장 장치 중 상용화 가능성과 응용성으로 많은 흥미를 끌고 있는 후보 중의 하나가 홀로그래픽 정보 저장(holographic storage) 기술이다.[2]-[6] 또한 이러한 홀로그래픽 기술은 정보저장 뿐만 아니라 HOE라는 광소자 제작 및 반도체 공정의 비접촉 마스크 [1] 제작에도 이용되고 있다. 홀로그래픽 기록 매질

은 낮은 노이즈, 고감도 등의 성질을 갖는 고분해능의 성질이 필요하며, 현재 무기질 silver halide emulsion과 결정계 리튬니오베이트와 광폴리머 재료들에 대해 많은 연구자들이 재료 특성 개선에 대한 연구가 진행중에 있다. 특히 비정질 칼코게나이드 물질은 열중화 방법으로 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 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.[7] 또한 회절소자

제작을 위해 칼코게나이드 층에 안정적인 embedded 또는 surface relief 구조를 형성시킬 수 있다.[8] 그러나 50nm이하의 박막에서는 광흑화(Photo-darking)현상이 일어나지 않아[9] 회절격자의 형성이 힘들 것이라 생각되었다.

따라서 본 논문에서는 홀로그래픽 기록 매질로서 연구가 진행되고 있는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막[10][11]에 Ag를 도핑하여 50nm 이하의 박막에서도 홀로그래픽 격자를 형성하는 방법을 제시하고자 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 광구조적 변화(reversible photostructural transformation)를 갖는 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.[12]

As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.[13] 칼코게나이드 단일 박막과 Ag-칼코게나이드 박막을 coming glass 위에 열진공증착기 (thermal vacuum evaporator) 방식을 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 칼코게나이드 두께를 10, 20, 40, 80nm와 Ag 두께를 10nm로 고정하여 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 α -step 으로 측정하였다.

그림 1은 제작된 박막의 개략도를 보여준다.

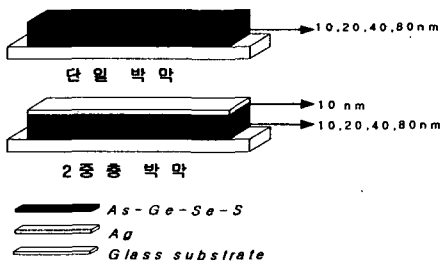


그림 1. 박막 구조의 개략도.

2.2 홀로그래픽 격자 형성

홀로그래픽 격자 형성은 단색 광원의 간섭에 의

한 간섭무늬를 기록 매질에 기록 하므로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2는 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. 격자 형성은 He-Ne Laser($\lambda=632.8nm$)를 사용하였다. 빔은 비편광 beam splitter(BS)를 지나 샘플에서 두 빔이 간섭하므로써 홀로그래픽 격자를 형성하게 된다. 격자 형성에 의하여 발생하는 회절빔의 세기는 광검출기를 이용하여 실시간으로 측정하였으며 측정 데이터는 컴퓨터에 실시간으로 기록하였다. 회절빔의 세기는 +1st의 회절빔 세기를 측정하였다. 두 기록빔이 샘플에 입사시 이루는 각은 $2\theta=30^\circ$ 를 유지하게 하였으며, 비정질 박막에 형성되는 격자 주기는 아래식에 의하여 얻을 수 있었다.

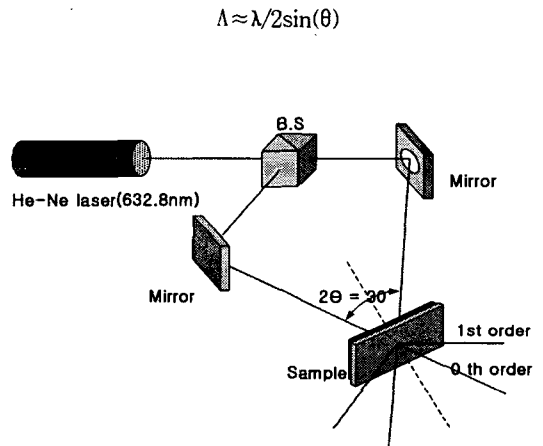


그림 2. 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도

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 회절효율 (diffraction efficiency: η)을 나타낸다.

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

기록 빔의 세기는 $7.0mW/cm^2$ 였다.

3. 결과 및 고찰

As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 4원계 박막의 각각의 두께에 홀로그래픽 격자 형성에 따른 회절효율의 효율에 대한 데이터는 그림3 에 비교하여 나타내었다. 10,20,40 nm 두께에서는 홀로그래픽 격자 형성이 이루어지지 않아 회절효율이 0값을 나타내었으며 80nm의 박막에서는 홀로그래픽 격자 형성은 이루어졌으나 최대 회절효율값이 0.014%를 넘지 않는 아주 낮은 회절효율을 나타내었다. 이것은 50nm 이하의 박막에서는 광유기(Photo-inducing) 현상의 하나인 광흑화 현상이 일어나지 않아[9] 홀로그래픽 격자의 형성이 이루어지지 않은 것으로 사료되며 50nm이상인 80nm의 박막에서는 회절효율은 극히 낮지만 격자의 형성이 이루어진다는 것을 확인할 수 있었다.

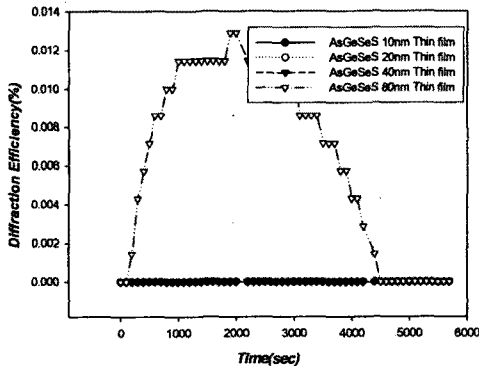


그림 3. As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(10,20,40,80nm) 박막에서의 회절효율

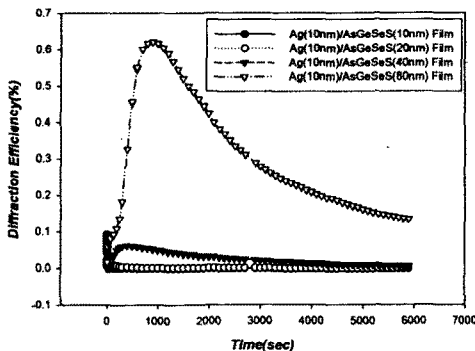


그림 4. Ag(10nm)/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(10,20,40,80nm) 박막에서의 회절효율

그림 4는 Ag(10nm)/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(10,20,40,80 nm) 박막에 홀로그래픽 격자를 형성시키고 그에 따른 회절효율 데이터를 비교하여 나타낸 그래프이다.

위 그림에서 보듯이 모든 두께의 박막에서 회절격자가 형성되었다. 이것은 Ag 이온이 홀로그래픽 격자 형성에 도움을 준 것으로 판단된다. 즉 비정질 박막에 증착된 Ag 박막에서 Ag 이온의 비정질 박막으로의 침투에 의한 격자 형성에 참여함으로써 발생하는 것으로 사료된다.

Ag(10nm)/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(10,20nm) 박막에서는 회절격자가 형성된 후 빠른 시간에 회절격자의 붕괴가 이루어지고 최대회절 효율은 약 0.06, 0.07%로 아주 낮은 회절효율을 보였다.

Ag(10nm)/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(40nm) 박막에서도 회절격자의 형성이 이루어졌으며 최대회절효율은 약 0.08%로 낮은 회절효율을 보였으나 10, 20nm의 박막과 같이 격자가 바로 사라지는 않았다. 반면 Ag(10nm)/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(80nm) 박막에서는 최대회절효율이 약 0.65%로 Ag가 도핑 되지 않은 박막과 비교해 볼 때 아주 높은 회절효율을 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 비정질 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 50nm 이하의 박막에서 홀로그래픽 격자 형성에 대하여 관찰하고자 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(10,20,40,80nm)의 박막을 제작하여 홀로그래픽 격자를 형성시켰다. As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅(10,20,40nm) 박막에서는 홀로그래픽 격자가 형성되지 않았으며 80nm의 박막에서는 격자의 형성은 이루어졌으나 낮은 회절효율을 나타내었다. 반면 Ag이온이 도핑된 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅박막에서는 Ag 이온의 비정질 박막으로의 침투에 의해 격자 형성에 참여함으로써 50nm이하의 박막에서도 홀로그래픽 격자가 형성되었으며 80nm의 박막에서는 회절효율이 큰 폭으로 증가하였다. 이상의 결과로 볼 때 아주 얇은 박막에서도 홀로그래픽 격자를 형성함으로써 다양한 박막형 홀로그래픽을 제작하는데 도움을 줄 것으로 판단된다.

감사의 글

“본 연구는 정보통신부 대학 IT연구센터 육성 지원사업의 연구결과로 수행되었습니다“

참고 문헌

- [1] S. J. Zilker, T. Bieringer, D. Haarer, R. S. Stein, J. W. van Egmond, and S. G. Kostromine, *Adv. Mater*, V.10, N. 11, pp. 855-859, 1998
- [2] 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
- [3] T.Todorov, L. Nikolova and N. Tomova, *Appl. Opt.* V. 23(23), pp. 4309-4312, 1984
- [4] T. Todorov, N. Tomova and L. Nikolova, *Opt. Commun*, V. 47, pp.123-127, 1983
- [5] L. Nikolova, T. Todorov, M. Ivanov, F. Andruzzi, S. Hvilsted and P. S. Ramanujam, *Appl. Opt.*, V. 35, N. 20, pp. 3835-3840, 1996
- [6] P. Hariharan, "Optical Holography". Cambridge Univ. Press, pp. 162-164, 1984
- [7] Tomas Wagner, Miloslav Frumar *J. of Non-Cryst. Solids* 128, pp. 197-207, 1991
- [8] M. Vlcec, 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
- [9] Tanaka K, Kyohya Sh, Odajima A. *Thin Solid Films* 1984; 111: 195
- [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
- [12] 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
- [13] 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