

비정질 As-Ge-Se-S 박막에서의 Ag 도핑에 따른 회절효율 특성 연구

이기남, 여철호, 신 경, 정홍배*
광운대학교 전자재료공학과*

The characteristic of diffraction efficiency depending on Ag doping on film of amorphous AsGeSeS

Ki-Nam Lee, Cheol-ho Yeo, Shin Kyung and Hong-Bay Chung*
Department of Electronic Materials Engineering of Kwangwoon Univ*,

Abstract

This paper shows the characteristic of diffraction efficiency on film of amorphous AsGeSeS according to Ag doping. We compare amorphous AsGeSeS with the characteristics of AsGeSeS/Ag (10nm) and AsGeSeS/Ag (20nm). We made film such as λ , $\lambda/2$, $\lambda/4$, $\lambda/8$ on the basis of 633nm, which is wavelength of recording laser(He-Ne). The highest diffraction efficiency on AsGeSeS film is $\lambda/4$, followed by $\lambda/2$, λ , $\lambda/8$. In the case of Ag 10nm, it is followed by $\lambda/4$, $\lambda/2$, λ , $\lambda/8$. On the occasion of Ag 20nm, it seems that the highest is $\lambda/2$, followed by λ , $\lambda/4$, $\lambda/8$. In other words, it appears that the highest point on AsGeSeS(158nm) single layer is 0.09%, the one of AsGeSeS(158nm)/Ag(10nm) is 1.6%, and the point of AsGeSeS(316nm)/Ag(20nm) is 3.2%. Comparing the highest point in each case, we conclude that there is a distinctive increase in diffraction efficiency according the effect on Ag doping.

Key Words : diffraction efficiency, Ag, doping, amorphous

1. 서 론

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 정보저장 장치의 개발이 필수적이게 되었다. 이러한 저장 장치 중 상용화 가능성과 응용성으로 많은 흥미를 끌고 있는 후보 중의 하나가 홀로그래픽 정보저장(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 매질은 낮은 노이즈, 고감도 등의 성질을 갖는 고 분해능의 성질이 필요하며, 현재 무기질

silver halide emulsion와 결정계 리튬시오베이트와 광폴리머 재료들에 대해 많은 연구자들이 재료 특성 개선에 대한 연구가 진행중에 있다. 특히 비정질 칼코게나이드 물질은 열증착 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 embeded 또는 surface relief 구조를 형성시킬 수 있다.[8]

따라서 본 논문에서는 따라서 본 논문에서는 홀로그래픽 기록 매질로서 연구가 진행되고 있는

As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막[9][10]에 Ag를 도핑 하여 Ag 도핑 효과에 의한 회절효율의 변화와 박막의 두께에 따른 Ag 도핑 적정량을 알아보고자 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.[11]

As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 진기로서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다.[12] 칼코게나이드 단일 박막을 corning glass 위에 열진공증착기 (thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 칼코게나이드 두께를 입사빔의 파장($\lambda = 633\text{nm}$)을 기준으로 하여 λ , $\lambda/2$, $\lambda/4$, $\lambda/8$ 두께로 박막을 제작하였다. 박막의 두께는 α -step 으로 측정하였다.

그림 1은 제작된 박막의 개략도를 보여준다.

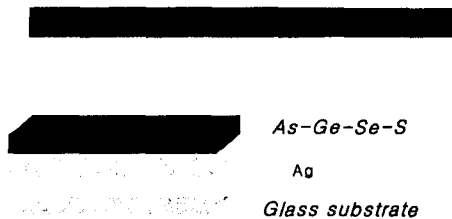


그림 1. 박막의 개략도.

2.1 홀로그래픽 격자 형성과 회절효율 측정

홀로그래픽 격자 형성은 단색광원의 간섭에 의한 간섭 무늬를 기록매질에 기록함으로써 격자를 형성하는 방법이다. 그림 2는 홀로그래픽 격자형성과 실시간으로 회절효율을 측정하는 장치도를 나타내고 있다.

격자 형성은 He-Ne Laser($\lambda = 632.8\text{nm}$)를 사용하였다. 빔은 비편광 beam splitter(BS)를 지나 샘플에서 두 빔이 간섭하므로써 홀로그래픽 격자를 형성하게 된다. 격자 형성에 의하여 발생되는 회절빔의 세기는 광 검출기를 이용하여 실시간으로 측정

하였으며 측정데이터는 컴퓨터에 실시간으로 기록하였다. 회절 빔의 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.

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

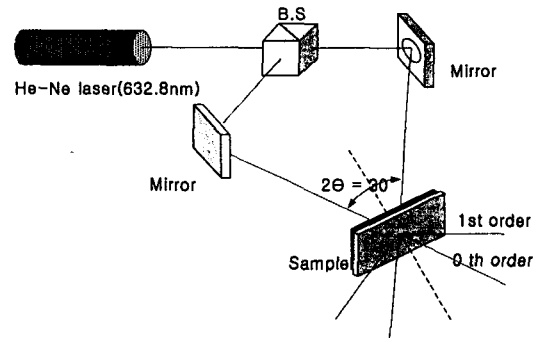


그림 2. 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도

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 $7.0\text{mW}/\text{cm}^2$ 였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 다양한 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 단일 박막에서의 홀로그래픽 격자의 회절효율 특성을 나타낸 것이다. 79nm 의 박막에서는 회절효율값이 10^{-4} 으로 매우 낮은 값을 나타냈으며 158nm 의 박막에서 0.08% 로 가장 높은 회절효율 값을 보이며 박막의 두께가 증가할수록 회절효율 값은 감소하는 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 박막의 두께가 증가할수록 회절효율의 감소 특성은 두 빔의 간섭 효과에 의해 형성 되는 투과형 홀로그래픽 격자가 633nm 이하의 박막에서 기록빔 ($\lambda = 633\text{nm}$) 파장의 1주기내에서 형성됨으로 박막의 두께가 증

가할수록 1 st order의 투과빔의 광량이 박막 두께 내에서 감소하기 때문에 사료된다.

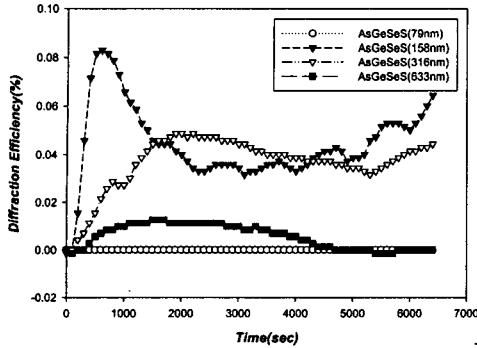


그림 3. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ (79~633nm) 단일 박막에서의 회절효율

그림 4는 Ag층을 10nm의 두께로 증착한 후 다양한 두께의 칼코게나이드 층을 제작한 후의 홀로그래픽 격자의 회절효율의 변화를 나타내고 있다.

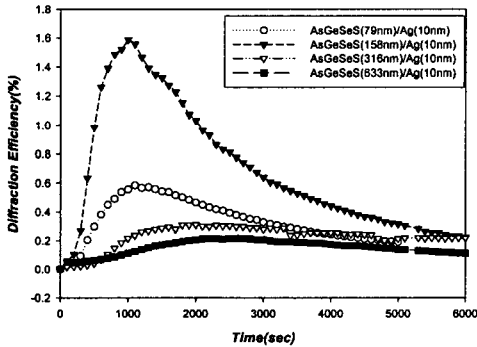


그림 4. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ (79~633nm) 단일 박막에서의 회절효율

이 경우 앞서 그림 3에서 보였던 단일박막에서의 회절효율 보다 크게 증가된 회절효율 값을 보여주고 있다. 특히 79nm의 박막에서의 회절효율 증가는 매우 큰 폭의 변화를 보였으며 그림 2에서 최대값을 가지는 158nm의 박막에서는 회절효율이 약 20배정도 증가한 1.6%의 회절효율 값을 보였다. 이와 같이 회절효율이 큰 폭으로 증가하는 것은 Ag 광도핑 현상에 의해 박막 내부에서 광 에너지를 받아 생성된 이동성 Ag 이온이 비정질 박막으로의 침투에 의해 격자 형성에 참여하므로 회절효율의 증가가 이루어진 것으로 판단된다. 또

한 Ag층이 10nm일 때 158nm의 박막에서 Ag 도핑량이 가장 적절하게 이루어져 가장 높은 회절효율 값을 나타내었고 이하 박막에서는 Ag 과잉, 이상의 박막에서는 Ag 결핍현상에 의해 Ag 도핑 효과가 제대로 이루어 지지 않은 것으로 사료된다.

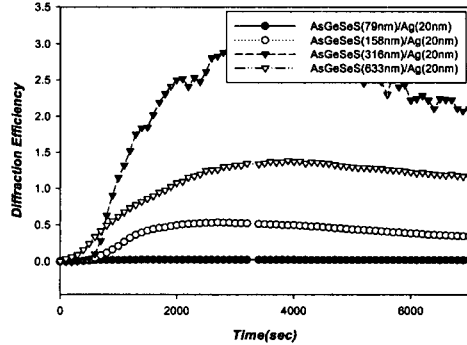


그림 5. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ (79~633nm) 단일 박막에서의 회절효율

그림 5는 Ag층을 20nm의 두께로 증착한 후 다양한 두께의 칼코게나이드 층을 제작한 후의 홀로그래픽 격자의 회절효율의 변화를 나타내고 있다.

이 경우 앞서 그림 3과 4에서 보였던 회절효율에 비해 가장 높은 회절효율 값을 보여주고 있다. 318nm의 박막에서 약 3.2%의 가장 높은 회절효율 값을 보여주고 있으며 79nm의 박막에서는 약 0.025%의 회절효율 값을 나타내었다. 이러한 현상은 Ag 층이 20nm로 증가하면서 그에 따른 Ag 도핑 적정량의 이동에 의한 것으로 생각되며 633nm 이하 박막에서는 Ag 도핑량이 많아질수록 회절효율의 증가가 이루어진다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 실험에서는 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막의 Ag 도핑현상에 의한 회절효율 특성을 살펴보았다. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막의 두께는 입사빔의 파장($\lambda=633nm$)을 기준으로 하여 λ , $\lambda/2$, $\lambda/4$, $\lambda/8$ 두께로 제작을 하였으며 Ag 도핑현상을 관찰하기 위하여 Ag 층은 10, 20nm 로 제작하였다.

가장 높은 회절효율을 보이는 박막은 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}(\lambda/2=318nm)/Ag(20nm)$ 로 3.2%의 회절효율 값을 나타내었다. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}(\lambda/4=158nm)$ 단일박막에서의 회절효율은 0.08%였으

며 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}(\lambda/4=158nm)/Ag(10nm)$ 에서는 1.6%의 회절효율을 보여 Ag 도핑에 의한 회절효율의 증가를 알 수 있었다. 또한 회절효율의 최대치값이 Ag(10nm)에서 158nm, Ag(20nm)에서 318nm로 이동함에 따라 Ag 도핑 적정량을 추정하는데 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. Vlcek, 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] 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

[10] 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

[11] 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

[12] 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