비정질 AsGeSeS 박막의 두께에 따른 회절효율 특성

이기남, 여철호*, 김종빈**, 정홍배*
광운대학교 전자재료공학과*, 조선대학교 전자공학과**

The characteristic of diffraction efficiency depending on the thickness of amorphous AsGeSeS

Ki-Nam Lee*, Cheol-ho Yeo*, Jong-Bin Kim**, Yeong-Jong Lee*** and Hong-Bay Chung*
Department of Electronic Materials Engineering of Kwangwoon Unil*,
Division of Electronics and Information and Communication Engineering of Chosun Uni.**

Abstract

This paper investigates that how diffraction efficiency is going to change according to amorphous As-Ge-Se-S. We made films such as λ, λ/2, λ/4, λ/8 on the basis of 633nm, which is wavelength of recording laser(He-Ne). Among them, λ/4 has the highest diffraction efficiency value, while λ/8 has the lowest. The experiment shows that the highest diffraction efficiency value of λ/4 is about 0.09%, whereas diffraction efficiency of λ/8 is formed, which is merely close to 0%.

Key Words : diffraction efficiency, thickness, amorphous, wavelength

1. 서 론

현재 광 통신등 사회화의 정보화가 급속히 진전됨에 따라 발생되는 거대한 양의 정보를 저장 관리할 장치, 대용량 저장 매질, 광 수동, 능동 부품의 개발이 필요하게되었다. 또한 정보 수요자들의 욕구가 다양해지고 고급화되면서 고화질과 동영상의 HDTV, MPEG 등이 나타나게 되므로 정보 수요자들에 관련된 정보저장 용량도 ~100MB에서 2010년 이후에는 TB 이상의 정보 저장 용량이 필요할 것으로 예측되고 있다. 이와 관련된 정보 저장 장치, 기록 매질의 개발 및 이와 관련된 반도체 및 광 부품의 개발에 대한 연구가 폭 넓게 진행되고 있다. 기록 장치와 관련하여 기록밀도를 향상시키기 위한 방법으로는 수직자기기록방식, SPM, NFR, 홀로그래픽 기록방식이 있다. 이러한 기록 방법들 중에서 기록밀도와 기록, 재생 속도를 고려할 경우 홀로그래픽 기록방법이 장점을 갖고 있다.[1]-[5] 이러한 홀로그래픽 기술은 정보저장 뿐만 아니라 HOE라는 광 소자 제작 및 반도체 공정의 비접촉 마스크[6] 제작에도 이용되고 있다. 홀로그래픽 기록 매질은 낮은 노이즈, 고감도 등의 성질을 갖는 고 분해능의 새로운 홀로그래피 기록 재료의 개발이 필요하게 되었으며, 현재 무기질 silver halide emulsion와 결정계 리튬니오베이트와 광폴리머 재료들에 대해 많은 연구자들이 재료 특성 개선에 대한 연구가 진행중에 있다.

특히 비정질 As-Ge-Se-S 박막[7]은 매질이 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는 광굴절 효과와 광원의 편광방향에 따라 우수한 광학적 이방성 특성을 나타내는 물질로 보고된 후[8]-[10] 홀로그래피 매질로써 가능성에 대해 많은 연구가 진행되어 왔으며, 광감도가 우수하고, 박막화, 저장정보의 소거특성, 제작의 용이성 및 안정성이 우수하여 차세대 광기록 매질로 크게 기대되고 있다.

따라서 본 논문에서는 홀로그래픽 기록 매질로서

연구가 진행되고 있는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막의 두께에 따른 회절효율 특성을 고찰하므로 서 칼코게나이드 박막의 회절효율 증진에 도움을 주고자 한다.

2. 실 험

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 quenching방법을 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(λ=633nm)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.

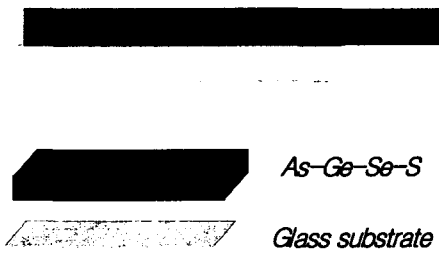

그림 1. 박막의 개략도.

2.1 홀로그래픽 격자 형성과 회절효율 측정

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

격자 형성은 He-Ne Laser(λ=632.8nm)를 사용하였다. 빔은 비편광 beam splitter(BS)를 지나 샘플에서 두 빔이 간섭하므로서 홀로그래픽 격자를 형성하게 된다. 격자 형성에 의하여 발생되는 회절빔의 세기는 광 검출기를 이용하여 실시간으로 측정하였으며 측정데이터는 컴퓨터에 실기간으로 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.

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

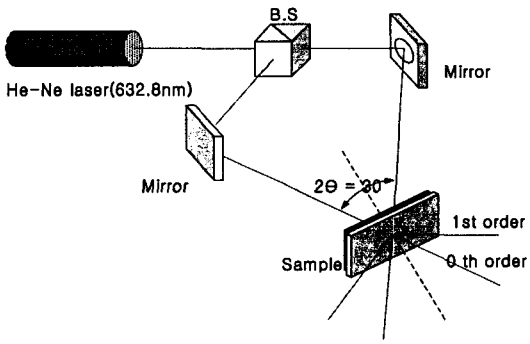

그림 2. 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도

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 7.0mW/cm^2 였다.

3. 결과 및 고찰

$As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막의 각각의 두께에 홀로그래픽 격자 형성에 따른 회절빔의 효율에 대한 데이터는 그림3,4,5,6 에 나타내었다.

그림 3은 $\lambda/8$ 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서는 회절효율값이 0값을 나타내지만 실제 실험에서는 회절격자는 형성 되었다. 이것은 회절격자 형성에 필요한 광 에너지의 과잉으로 인하여 회절격자가 형성되는 순간 박막의 모든 부분에서 새로운 격자가 형성되면서 격자들간의 중첩 효과가 일어나고 결국 작은 표면의 변화 (small surface

modulation)로 인한 격자의 소거(cancellation)때문인 것으로 생각되며 그에 따른 회절격자는 형성되나 회절효율 값이 매우 작으므로 회절효율이 0값을 나타내어지는 것으로 보인다.

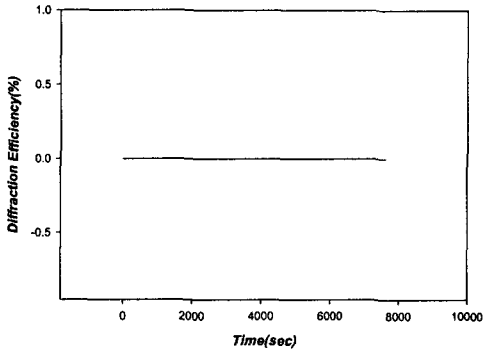

그림 3. λ/8 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프.

그림 4는 λ/4 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 약 700sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 감소하는 경향을 보이고 있다. 이때의 1st order 에서의 최대 회절효율은 약 0.09%로 이번 실험에서 가장 높은 회절효율 값을 보였다. 이는 입사빔의 파장에 대해 λ/4 두께의 박막이 가장 높은 반응을 보이는 것을 알 수 있다.

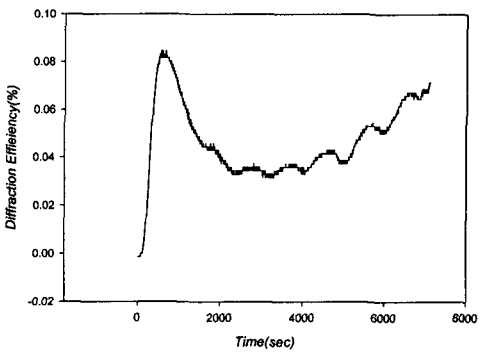

그림 4. λ/4 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프.

그림 5는 λ/2 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 약 2000sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 감소하는 경향을 보이고 있다. 이때의 1st order 에서의 최대 회절효율 값은 약 0.05%였다. 앞의 λ/4두께의 박막보다 반응시간도 늦으며

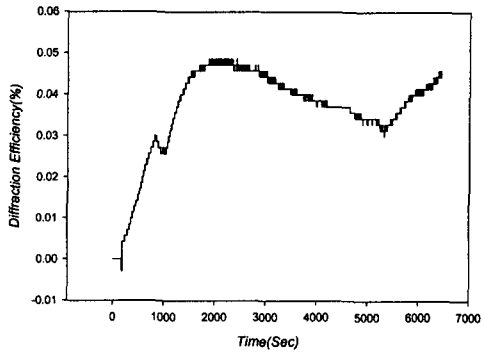

그림 5. λ/2 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프.

회절효율 값도 낮은 것을 알 수 있는데 이것은 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 두께가 두꺼워 지면서 회절격자의 형성에 필요한 광 에너지가 더 많이 요구되므로 최대포화 값까지의 도달에 많은 시간이 걸리며 그에 따른 회절효율 값도 λ/4두께의 박막보다 낮은 값을 나타내는 것으로 사료된다.

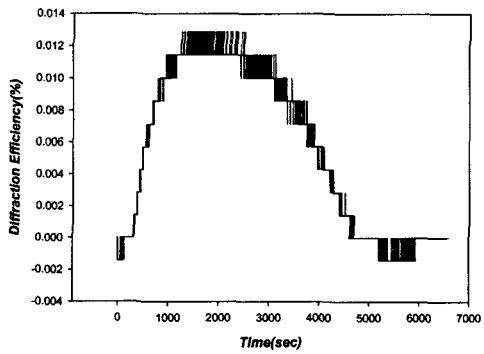

그림 6. λ 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프.

그림 6은 λ 두께의 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막에서의 회절효율 그래프를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 약 2000sec 부근에서 최대 포화값을 이룬 후 감소한 후 거의 초기값에 이르는 것을 볼 수 있다. 이때의 1st order 에서의 최대 회절효율 값은 약 0.013%로 매우 낮은 회절효율 값을 보였

다. 이는 박막의 두께가 회절격자 형성에 필요한 광 에너지의 크기보다 매우 높아 회절격자의 형성이 제대로 이루어지지 않아 매우 낮은 회절효율 값을 나타낸 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 실험에서는 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 4원계 박막의 두께 효과에 의한 회절효율 특성을 살펴보았다. 박막의 두께는 입사빔의 파장(λ=633nm)을 기준으로 하여 λ, $\lambda/2$, $\lambda/4$, $\lambda/8$ 두께에서의 회절효율 특성을 알아보았다.

$\lambda/4$ 두께의 박막에서 약0.09%로 가장 높은 최대 회절효율 값이 나타났으며 $\lambda/2$(약 0.05%), λ(약 0.013%), $\lambda/8$(0) 순으로 나타났다. 이는 박막의 두께가 증가할수록 회절격자의 형성에 필요한 광 에너지의 양이 더욱 더 많아지므로 그에 따른 회절격자의 형성에 영향을 준 것으로 사료되며 $\lambda/8$두께의 박막에서는 광 에너지의 과잉 현상으로 인하여 회절격자의 형성이 제대로 이루어지지 않은 것으로 사료된다.

감사의 글

"본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01200200000480020003)지원으로 수행되었음"

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, pp.1192-1197, 1999

[2] T.Todorov, L. Nikolova and N. Tomova, Appl. Opt. V. 23(23), pp. 4309-4312, 1984

[3] T. Todorov, N. Tomova and L. Nikolova, Opt. Commun, V. 47, pp.123-127, 1983

[4] L. Nikolova, T. Todorov, M. Ivanov, F. Andruzzi, S. Hvilsted and P. S. Ramanujam, Appl. Opt., V. 35, N. 20, pp. 3835-3840, 1996

[5] P. Hariharan, "Optical Holography". Cambridge Univ. Press, pp. 162-164, 1984

[6] Francis Clube, Simon Gray, Optical Engineering Vol. 34(9), pp. 2724-2730, 1995

[7] H. Fritzsche, J. Non-Cryst. Solids, pp164-166, 1169, 1993

[8] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, pp, 701-702, 706, July 12-16, 1988

[9] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, pp. 927-930, July 21-25, 1988

[10] N.F. Borelli, J. B. Chodak, and G. B. Hares, J. Appl. Phys. Vol. 50, pp.5978, 1979

[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