

칼코게나이드 박막을 이용한 편광 홀로그래피의 회절효율 측정

The Measurement on Diffraction Efficiency in Polarization Holography using Amorphous Chalcogenide Thin Films

장선주*, 여철호*, 이현용**, 정홍배*

*광운대학교 공대 전자재료공학과

**포항공대 Terahertz Photonics 연구단

Sun-Joo Jang*, Cheol-Ho Yeo*, Hyun-Yong Lee**, Hong-Bay Chung*

* Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon University

** Center for Terahertz Photonics, POSTECH

Abstract

The dependence of diffraction efficiency as a function of film thickness and incident angle has been investigated in amorphous chalcogenide thin films, which act as a polarization holographic materials. Especially a-(Se, S) based films exhibit a number of photoinduced phenomena not observed in other types of amorphous thin films. Holographic gratings in amorphous As-Ge-Se-S thin films have been formed using the mutual perpendicular polarized(linearly) He-Ne laser light. We could obtain the optimum condition to get high diffraction efficiency.

Key words(중요용어) : Photoinduced phenomena(광유기 현상), Polarization holographic grating(편광 홀로그래픽 격자), Diffraction efficiency(회절 효율)

1. 서론

오늘날 전자산업의 근간이 되어온 컴퓨터기술 및 반도체기술 등과 더불어 정보통신분야의 급격한 발달은 대용량 정보를 처리, 저장, 표시할 수 있는 기능성 재료의 개발 연구를 촉진시키고 있으며, 21세기 초고속 정보화 시대의 새로운 서비스를 이용하기 위해선 특히 저장매체의 대용량화가 필수적이다.

현재 대용량 정보 저장을 위해 수 천억 바이트의 대용량을 저장하기 위한 새로운 방식의 기록매체를 개발하기 위한 연구가 진행되어 왔으며, 그 중의 하나가 매질이 빛에 노출될 경우 굴절률이 달라지는

광굴절 효과(Photorefraction effect)를 이용하는 홀로그램 데이터 저장법이다.

일반적으로 홀로그램의 두께에 대한 간섭무늬 간격과의 비가 10 이상이면 체적형 홀로그램(Volume Hologram)이라 하며 그 이하이면 박막형 홀로그램(Surface Hologram)이라 한다. 또 기록 및 재생빔의 편광상태에 따라 크게 비편광 홀로그래피(Non-Polarization Holography)와 편광 홀로그래피(Polarization Holography)로 구분된다. 일반적으로 이용되어온 비편광 체적형 홀로그래피는 비교적 고효율과 매질의 체적 전체에 걸쳐 높은 데이터 저장 밀도를 갖고 있지만 저장매체로서 노이즈가 수반되

는 가장 큰 단점이 있다. 이에 반해 박막형 편광 홀로그래피는 편광된 입사빔을 사용하여 빔의 세기 및 편광상태에 대한 기록형식을 모두 포함하며 박막 내에서도 비편광 체적형 홀로그래피와 같은 저장밀도를 갖고 있다. 뿐만 아니라 편광 홀로그래피는 체적형 홀로그래피가 갖는 홀로그램의 중첩에 의한 노이즈 문제를 개개의 편광상태를 저장함으로써 해결할 수 있다.^{1,2)}

이러한 편광 홀로그래피 물질로 사용하기 위해서는 사용되는 광원의 편광방향에 따라 광학적 이방성(Photoinduced Anisotropy)이 형성되는 물질이 필요하다.³⁾ 그러나 현재 제시된 물질들은 약한 광유기 이방성(photoinduced anisotropy)을 나타내기 때문에 낮은 기록 효율을 나타낸다.

따라서, 본 논문에서는 우수한 광유기 이방성 현상을 나타내는 비정질 As-Ge-Se-S 박막^{4,5,6)}을 편광 홀로그램 물질로 사용하여 박막형 편광 홀로그래피 격자를 형성시키고 격자형성의 조건을 고려하여 회절효율(diffraction efficiency)을 구함으로써 그 응용성을 살펴보았다.

2. 실험방법

순도 5N의 As, Ge, Se, S를 원자량 비 40 : 10 : 15 : 35를 갖도록 평량, 직경 10mm의 석영관에 약 2×10^5 Torr로 진공 봉입, 전기로에서 220, 600, 870℃로 순차적으로 가열하여 벌크 시료를 제작하였다. 박막은 coming glass위에 열진공증착방법을 사용하여 약 0.848, 0.888, 1.223, 1.600 μm 의 두께를 갖도록 제작하였다. 이때 증착 속도는 비정질상의 재현성을 위하여 약 2Å/s로 유지하였고 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer(NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

편광 홀로그래피 격자 형성을 위해 선형 편광된 He-Ne Laser($\lambda = 6328\text{\AA}$)를 사용하였으며 그림 1은

편광 홀로그래피 격자 형성과 회절 효율 측정을 위한 장치도이며, 최적의 회절 효율 조건 측정을 위해 샘플의 두께와 입사각 θ 를 변화시켜 회절 효율 측정을 수행하였다.⁸⁾

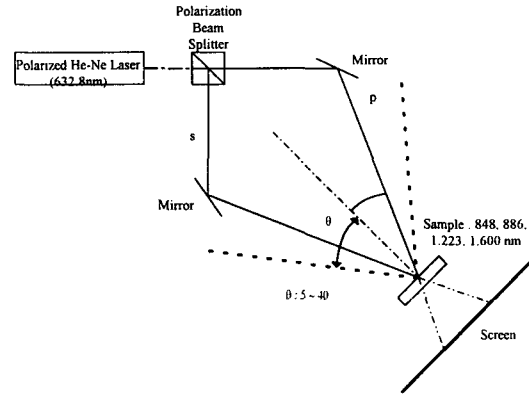


그림 1. 편광 홀로그래피 장치도.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 평면 광의 입사에 따른 홀로그래피 격자 간격(Λ)은 두 입사빔이 이루는 각도와 입사빔의 파장에 따라 다음 식으로 근사 될 수 있다.⁷⁾

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

따라서 홀로그래피 물질에서 격자가 이러한 조건을 만족하므로 회절효율에 영향을 미치는 변수는 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

1) 입사각의 변화에 의한 물질 내에서의 격자 형성과 홀로그램 물질의 분해능으로 인한 회절된 빔의 효율의 변화.

2) 두께의 변화에 의한 효율의 변화

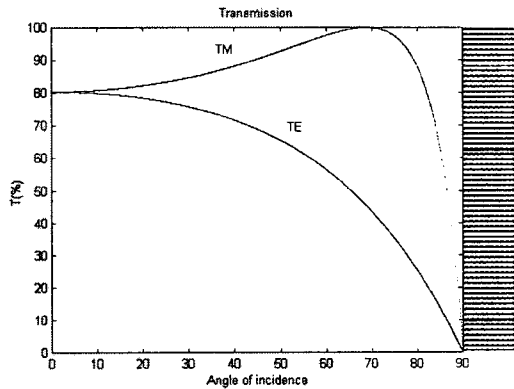


그림 2. 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막의 입사각에 따른 투과도 변화

그림2는 입사각의 변화에 따른 투과도⁷⁾의 변화를 나타낸 그래프이다. 입사각이 약 40° 이전까지 TE와 TM의 투과도가 비교적 80%로 일정함을 알 수 있다. 위상 편광 홀로그래피의 경우 두 입사각의 크기가 동일하고 위상이 서로 수직인 경우이므로 이러한 세기를 고려하여 그림3과 같이 40° 까지 입사각을 변화시켜 회절효율을 측정하였다.

측정된 회절효율은 두 입사각의 세기와 편광상태는 각각 0.75mW와 s파(입사면에 수직인 파)와 p파(입사면에 평행인 면)로 위상 편광 홀로그래피를 사

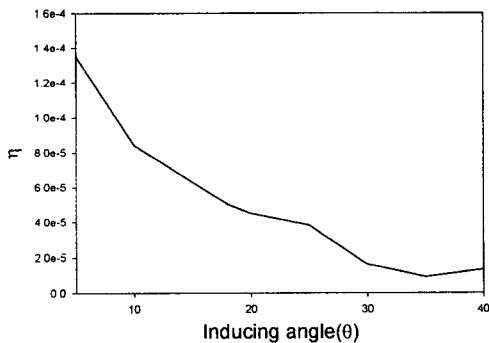


그림 3. 입사각에 따른 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막의 회절효율

용한 결과이다. 샘플은 0.888 μm 로 입사각이 증가함에 따라 회절효율이 서서히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 입사각이 증가함에 따라 격자간격이 좁아지고 결과적으로 칼코게나이드 유리질의 분해능에 제한을 받아 회절효율이 감소되는 것으로 생각된다.

그림 4는 샘플의 두께를 변화시켰을 때 나타나는 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막의 회절효율을 나타낸다. 두께의 변화에 대한 이들의 회절효율은 두께 0.848, 0.888 μm 가 각각 1.35×10^{-4} 로 1.223 μm 의 3.6×10^{-5} 와 1.600 μm 의 5.6×10^{-5} 보다 높은 효율을 나타내고 있음을 주목할 수 있다.

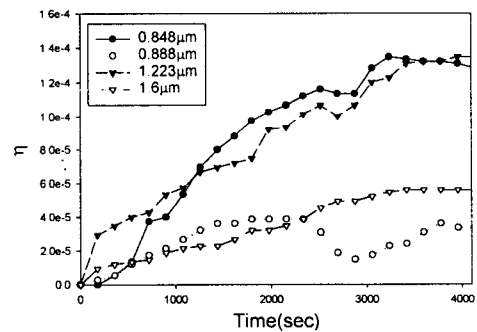


그림 4. 두께에 따른 비정질 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막의 회절효율

일반적으로 체적형 홀로그래피는 비교적 높은 회절효율을 갖고 있지만 높은 저장밀도를 위해서는 홀로그램물질의 체적이 비교적 커야했다. 이와 비교할 때 박막형 편광 홀로그래피는 박막의 체적에 의존하지 않고 1 μm 이하의 얇은 박막으로도 비교적 높은 회절효율을 나타낼 수 있으므로 체적형 홀로그래피와 같은 메모리를 박막 내에 집중할 수 있음을 확인할 수 있다.

본 실험에서는 우수한 광학적 이방성 성질을 나타내는 비정질 As-Ge-Se-S 박막의 편광 홀로그래피의 회절효율의 증가 방안에 대해 고찰하였다. 위상 편광 홀로그래피에서 높은 회절효율을 얻기 위해 입사각을 변화시킨 경우, Bragg의 격자형성 조건에 따를 때 입사각이 작을수록 이들의 회절효율이 비교적 크게 나타남을 관찰할 수 있었다. 입사각에 대한 회절효율은 물질의 분해능이 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 또 두께에 대한 회절효율은 0.848, 0.888 μm 와 같은 얇은 박막에서 보다 큰 회절효율을 나타내고 이는 다른 물질에 비해 상대적으로 상당히 큰 값으로 평가되어진다.

따라서 칼코게나이드 비정질의 특이한 광학적 성질로 인하여 박막형 편광 홀로그래피로써 그 개발 가능성이 크다고 사료된다.

참고문헌

- [1] T. Todorov, L. Nikolova, and N. Tomova, Appl. Opt., Vol. 23, No. 23, 4309, 1984
- [2] L. Nikolova et al., Appl. Opt., Vol. 23, No. 23, 3835, 1996
- [3] N. F. Borelli, J. B. Chodak, and G. B. Hares, J. Appl. Phys. Vol. 50, 5978, 1979
- [4] H. B. Chung et al., PRICM-3, Vol. 2, pp. 2,701-2,706, July 12-16, 1998
- [5] H. B. Chung et al., ICEE'98, Vol. 2, pp. 927-930, July 21-25, 1998
- [6] H. B. Chung et al. J. Appl. Phys., be in progress.
- [7] Frank L. Pedrotti, S. J, Leno S. Pedrotti., Introduction to Optics. 2nd. pp. 274. pp. 411-423.
- [8] P. Hariharan. Optical Holography. pp. 162-164.