

홀로그래피 리소그래피 방법을 이용한 2차원 포토닉 크리스탈 제작

구용운, 남기현, 김현구, 최 혁, 정홍배
광운대학교 전자재료공학과

Fabrication of 2-D photonic crystal with holographic lithography

Long-Yun Ju, ki-Hyun Nam, Hyun-Koo Kim, Hyuk Choi and Hong-Bay Chung
Dept. of Electronic Materials Eng. Kwangwoon Univ.

Abstract: In this paper, we fabrication of 2-D photonic crystal using holographic lithography. We used Ag doped chalcogenide As₄₀Ge₁₀Se_{50-x}S_x(x= 0, 25, 35 at.%)중 최대 가역적 광구조적 변화(reversible photostructural transformation)를 갖는 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅의 박막을 선택하였다. Ag 박막과 칼코게나이드 박막은 corning glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 각각 60nm와 2.0 μ m의 두께를 갖도록 제작하였고, 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer (NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

Key Words : Photonic crystal, He-Ne laser, holographic, 2-D

1. 서론

최근 정보통신 산업에서 가장 각광 받는 프론티어는 빛을 이용한 기술, 즉 광기술이라 할 것 이다. 빛의 발생원과 빛을 전달하는 통로인 레이저와 광성유가 개발되면서 이러한 시도들이 이루어지기 시작하였으며, 이러한 움직임은 정보반체로서 최적의 매기체가 빛이라는 것을 생각해 볼 때 당연한 귀결이라고 할 수 있다. 광신호 처리 소자로 광결정이 주목받고 있다.

광결정 (photonic crystal, photonic band gap materials)또는 광자결정은 이름에서 알 수 있듯이 빛을 제어 할 수 있는 결정구조의 물질이다. 광결정에 관한 연구는 1987년 미국의 두 이론학자 (Eli yablonovitch 와 Sajeev John)가 빛의 파장 크기 수준의 주기로 굴절률이 반복되는 결정구조를 만들면, 특정 파장 (또는 주파수, 에너지) 의 빛을 완전히 배제 또는 반사시킬 수 있다고 주장하면서 시작 되었다.

광결정의 가장 중요한 특징은 광 밴드갭을 거쳐 특정 주파수 영역에서 빛의 전파가 불가능하다는 것이다. 반도체에 존재하는 전자적 밴드갭이 있었기에 반도체가 정보 처리소자로 사용될수있다는 점을 생각한다면, 광결정의 이러한 특징은 매우 유용하다고 할수 있다. 더욱이 이러한 광밴드갭의 주파수대는 광결정 물질의 격자주기를 적절히 조절함으로써 쉽게 변화시킬수 있다는 점에서, 광결정 물질은 기존의 전자 소자보다 더 좋은 특성을 나타내는 물질이라고 할 수 있다.[1] 따라서 본 연구에서는 높은 회절효율과 안정성, 우수한 광유기 이방성을 갖는 As-Ge-Se-S계 비정질 칼코게나이드 박막[2][3]을 기본으로 holographic lithography 방법으로 1차원 광결정 및 2차원 광결정을 제작하여 광결정 형성시의 1차 빔 회절효율을 측정하여 결정형성시의 광량세기 분포와 손실을 비교, 분석 할 것 이다.

2. 실험

본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은 As₄₀Ge₁₀Se_{50-x}S_x(x= 0, 25, 35 at.%)중 최대 가역적 광구조적 변화(reversible photostructural transformation)를 갖는 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅의 박막을 선택하였다. Ag 박막과 칼코게나이드 박막은 corning glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 각각 60nm와 2.0 μ m의 두께를 갖도록 제작하였고, 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer (NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

그림 1은 홀로그래픽 격자 형성을 위한 장치도를 나타내고 있다. 실험에는 He-Ne Laser(632.8nm: 23mW) 사용하여 beam polarizer로 (P:P)편광을 만들고, +1st의 회절빔 세기를 실시간으로 측정하여 회절효율을 구하였다.[4] 두 기록빔 사이의 각은 $2\theta=20^\circ$ 로 하였고 기록빔의 세기는 $2.7\text{mW}/\text{cm}^2$ 를 유지하였다. 입사빔의 각은 2격자 형성에 의한 회절효율(diffraction efficiency: η)을 나타낸다. $\eta = I_{1\text{st-order}}/I_{\text{input}}$

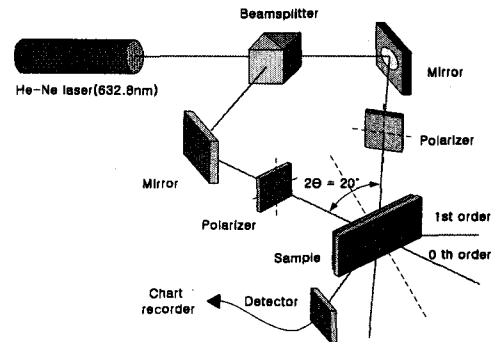


그림1 홀로그래피 장치도

3. 결과 및 고찰

그림 2는 홀로그래픽 방식에 의한 2차원 광결정 형성도이다. 그림에서 볼 수 있듯이 투과빔(0th order)를 중심으로 십자형으로 1차회절빔(1st order)이 생성된것을 알수있다. 이것은 2차원 광결정이 형성되었음을 증명한다.

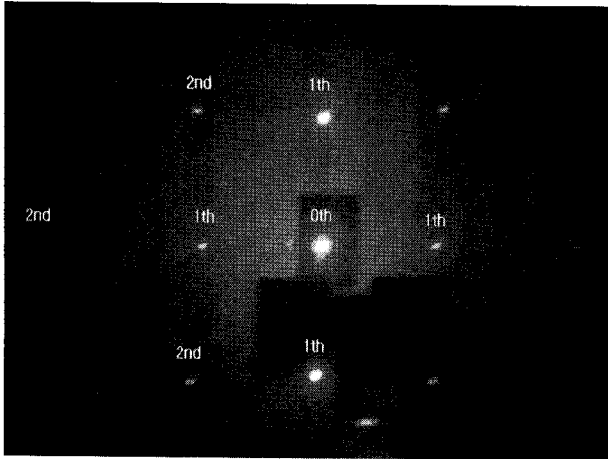


그림2 2-D 광결정 형성도

그림 3은 홀로그래피 방법으로 1-D 광결정 형성시 1st order에 의한 회절효율을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 1-D 광결정 형성 시 회절효율은 3800s부근에서 1.62%를 나타냈다.

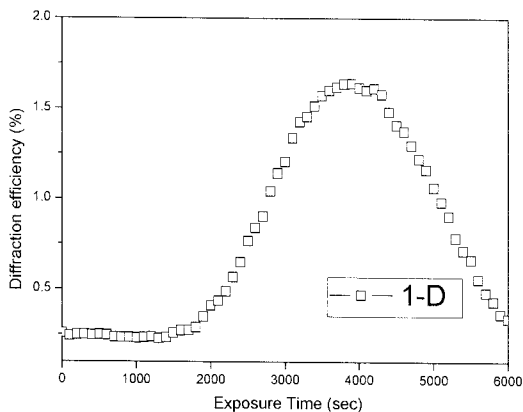


그림 3 1-D광결정 형성시 회절효율

그림 4는 1-D 광결정을 형성한후 샘플을 90°회전 한 후 1차원 광결정 형성시와 똑 같은 방법으로 laser를 입사하여 2-D 광결정을 만들었다(그림2). 그래프에서 볼 수 있듯이 최고 회절효율은 2200s 부근에서 최대회절효율 0.17%를 나타냈다.

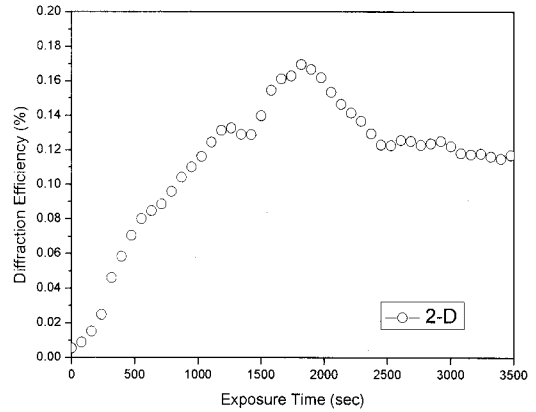


그림 4 2-D 광결정 형성 시 회절효율

4. 결론

본 논문에서는 홀로그래픽 리소그래피 방법으로 3-D 광결정 제작을 위한 2-D 광결정을 제작하였다. 1차원 광결정 형성시에는 1.62%의 회절 효율을 나타냈으며 2차원 광결정 형성시에는 0.17%의 회절효율을 나타냈다. 회절효율이 2차원 광결정에서 감소한 것은 1차원 광결정 형성 시 생긴 회절 빔(2nd,3rd...) 때문에(총 광량의 세기가 변하지 않으므로) 2차원 광결정 형성 시 효율이 감소된 것으로 여기 된다.

감사의 글

This research was supported by the MIC (Ministry of Information and Communication), Korea, under the ITRC (Information Technology Research Center) Support program supervised by the IITA (Institute of Information Technology Advancement)(IITA-2007-0701-0018)

참고 문헌

- [1] Y. Ohmachi and T. Igo, "Laser-Induced Refractive-Index Change in As-S-Se glasses", Appl. Phys. Lett., Vol.20, No.12, pp.506, 1972.
- [2] H.Y. Lee, H.B. Chung, "Amorphous Se₇₅Ge₂₅ Resist Profile Simulation of Focused-Ion-Beam Lithography", Jpn.J.Appl.Phys.,Part1,36(4A),pp.2409-2414, April. (1997)
- [3] S.J. Jang, C.H. Yeo, J.I. Park, H.Y. Lee, H.B. Chung, " Polarization Dependence of photoinduced birefringence in Chalcogenide Thin Film", MNC(Microprocesses and Nanotechnology 2000), july.pp196-197 (2000)
- [4] 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