

2차원 포토닉 크리스탈을 이용한 도파관 제작

한송이, 박형관, 이송희, 홍성준, 정홍배
광운대학교

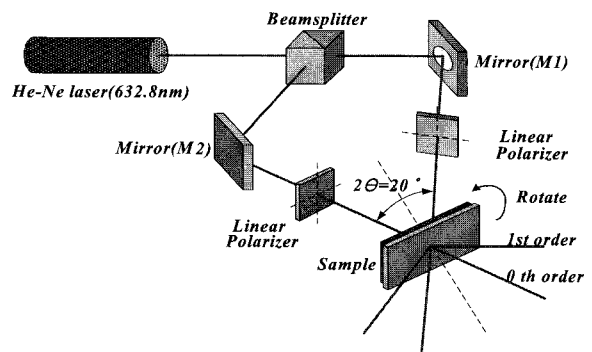
The manufacturing of waveguide using the photonic crystals

Song-Lee Han, Hyung-Kwan Park, Song-Hee Lee, Sung-Jun Hong, Sang-Mo Koo, Hong-Bay Chung
Kwangwoon Univ.

Abstract - Chalcogenide glass has been known for many photo induced phenomena and superial electron / optical specific by structure flexibility, unique electronic configuration. It is become known to the greatest specific as photonic material medium that possible to perfect controlling by continuity and photo inducing direction of amorphous chalcogenide. In our experiment, we choose the amorphous As-Ge-Se-S and coming glass as a substrate. And then we have evaporated in the $\sim 2 \times 10^{-6}$ Torr using a E-beam evaporator, completed thin film sample that have lum thickness of As-Ge-Se-S in 600Å, 10^{-5} Å/s. At first, we let the change the angle between laser and sample by holography litho method and then, expect that satisfied conclusion which 2-dimension diffraction lattice manufacture and specifics by investing a He-Ne laser for 2000 seconds.

Key words : waveguide, chalcogenide, amorphous, photo lithography

evaporator를 이용하여 $\sim 2 \times 10^{-6}$ Torr의 진공도에서 증착을 하였으며, 증착률은 약 5 Å/s로 Ag 600 Å, As-Ge-Se-S 1 μm의 두께를 갖는 박막샘플을 완성하였다. 이 샘플에 그림 1과 같은 홀로그래피 리소그래피 방법으로 $2\theta=20^\circ$ 의 각도로 레이저와 샘플이 이루는 각도를 변화시켜 2000초의 시간 동안 He-Ne 레이저를 조사하였다. 그 후, 1차원 격자가 생성된 상태에서 샘플을 90° 회전시켜 위와 같은 방법으로 레이저를 조사시켰다.



<그림 1> 투과형 홀로그래피에 의한 회절 격자 형성 장치도

사용 매질로는 As-Ge-Se-S 물질을 사용하며, 매질의 두께는 수 μm 로 홀로그래피 회절 격자가 형성 할 수 있는 여건을 마련해 준다.

준비된 Sample에 Laser를 이용하여 그림 1과 같이 투과형 홀로그래피 방법으로 회절 격자를 형성시킨다.

1. 서 론

이번 연구에서는 홀로그래피 리소그래피 방법에 용이한 비정질 칼코게나이드 계열 박막을 이용하여 완벽한 광 밴드갭을 갖는 광 결정 제작에 필요한 기반 기술과 핵심기술 확보에 중점을 두고, 이들의 물리적 특성을 제어하여 궁극적으로 광도파로를 제작하는데 있다. 특히, 칼코게나이드 유리질은 구조적인 유연성 (structure flexibility)과 독특한 전자배치(unique electronic configuration)로 인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상(photoinduced phenomena)과 우수한 전기·광학적 특성이 나타난다고 알려져 왔고, 비정질 칼코게나이드의 연속성과 광유기 방향성으로 완벽한 제어가 가능한 광 부품 매질로써 우수한 특성을 갖는 것으로 알려지고 있다.[1-2] 이러한 칼코게나이드 유리질은 박막화가 용이하며, 비교적 간단한 공정에 의해 박막 제작이 가능하고, 구성 조성에 따라 다양한 형태의 굴절률과 비교적 안정된 생산성을 갖는 장점이 있다. 또한 칼코게나이드 유리질은 홀로그래피 리소그래피 제작에 필수요소인 고 굴절률 및 높은 광 감도를 갖고 있어 매우 우수한 특성을 보여 왔다.

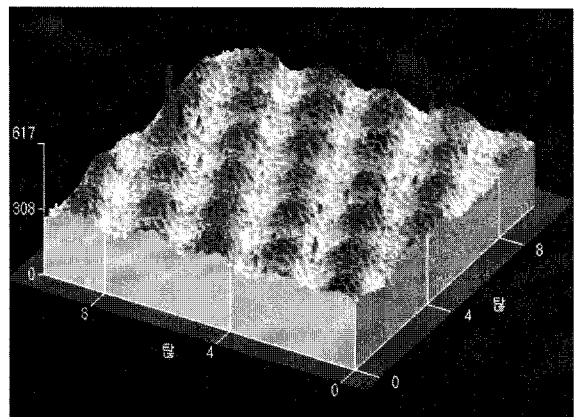
이를 토대로, 본 연구에서는 광 도파관을 형성시키기 위하여 As-Ge-Se-S를 기본 재료로 하여[3-4], 1차원 광 결정을 직접 제작해 홀로그래피 리소그래피 법을 이용한 광 결정 형성과 형성된 광 결정의 광 도파관으로의 응용성을 확인해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험

본 실험에서는 비정질 As-Ge-Se-S를 주재료로 선택하였다. 벌크 제조는 용융냉각 방식에 의해 제작되었다. 순도가 5 N인 As, Ge, Se, S를 원자량비로 As : Ge : Se : S = 40 : 10 : 15 : 35로 하여 전자전평으로 0.1 mg 까지 평량 하였다. 준비된 시료는 질산과 왕수를 채워 각각 24시간 동안 세척한 다음, 아세톤, TCE., 메탄올, 초순수 순으로 5분씩 흔들어 세척한 지름 10 mm 석영관에 10^{-5} [Torr]로 진공봉입한 후 전기로에 240 °C로 2시간, 650 °C로 4시간, 1000 °C로 24시간 가열한 후 냉각하였다. NaOH, 초순수, TCE, 아세톤, 메탄올의 순서로 초음파 세척 후 진공건조 시킨 coming glass를 기판으로 사용하였고, E-beam

2.2 결과 및 검토

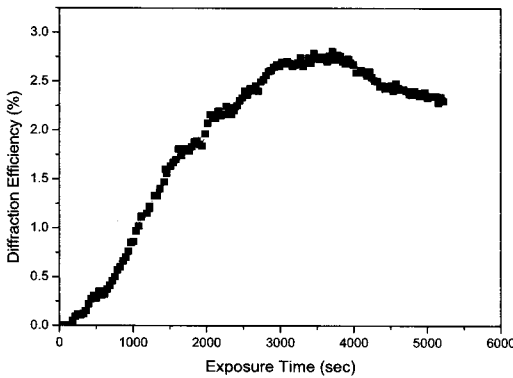


<그림 2> As40Ge10Se15S35/Ag 박막에서 에칭후의 2차원 홀로그래피 격자의 AFM 이미지

회절 효율과 생성되는 회절격자 모양의 상관관계를 확인하기 위하여 1차원 홀로그래피 격자를 형성 시킨 뒤 샘플을 90°로 회전시킨 후 다시 레이저를 조사해 2차원 격자를 형성하여 AFM(Atomic Force Microscope)를 이용하여 박막의 표면을 측정 하였다.

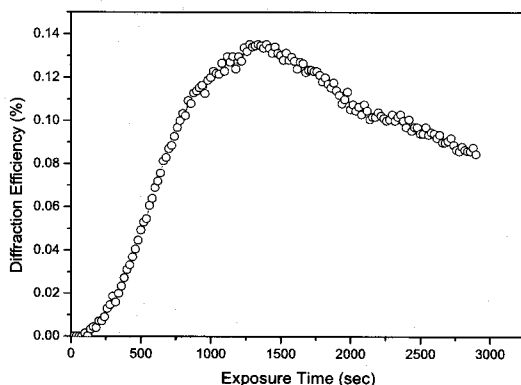
굴절율이 서로 다른 두 부분에 대한 에칭 속도의 차이로 인해 굴곡을 보이는 2차원 회절격자를 확인 하였다. 칼코게나이드 박막은 광 노출된 영역과 노출되지 않은 영역사이의 알칼리 용액 내에서 현저한 현상 속도 차이가 발생하게 된다. 따라서 박막내부에 생성된 격자들을 확인하기 위하여 0.26 N의 NaOH를 이용하여 에칭을 하였다.

그림 2는 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}/Ag(600 \text{ \AA})$ 박막을(P:P) 편광 상태에서 2차원 홀로그래피 격자를 형성 시킨 뒤, 0.26N NaOH를 이용하여 60초 동안 에칭 시킨 후, AFM을 이용하여 박막 표면을 측정 한 결과이다. 짙은 색을 띠고 있는 부분과 옅은 색을 띠고 있는 부분이 주기적으로 나타나 있음을 확인 할 수 있다.



〈그림 3〉 Ag/AsGeSeS 박막의 회절효율

그림 3은 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}/Ag$ 박막에서 회절효율을 측정 한 그래프이다. 홀로그래피 회절 격자 (P:P) 편광상태의 빔을 이용하여 투과형 홀로그래피 방식으로 형성하였다. 그림 3은 Ag의 두께가 각각 600 Å일 때, 두 기록빔이 (P:P) 편광 상태일 때 샘플에 입사되는 레이저가 샘플과 이루는 각도가 90°가 되도록 하여 회절효율을 측정 한 그래프이다. 레이저 조사시간이 4000 sec 부근까지 지속 되면서 회절효율이 상승하다가 레이저가 그 이상 조사 되었을 때 회절효율이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 입사빔이 조사되는 영역에 격자가 형성되다가 부근의 격자들이 생성됨에 따라 격자의 소거가 일어나서 회절효율이 감소하며, 다시 새로운 격자들이 생성됨에 따라 회절효율의 하락폭이 감소 되는 것으로 생각되어 진다.



〈그림 4〉 90° 회전시킨 Ag/AsGeSeS 박막의 회절효율

그림 4는 앞선 과정의 실험에서 쓰였던 샘플을 90°로 회전시킨 후에 2차원적인 회절격자를 형성시켰을 때의 회절효율을 측정 한 그래프이다. 레이저 조사시간이 약 1300 sec 일 때, 0.138 % 정도의 최대회절효율을 나타내었다. 샘플을 90°회전시킨 후의 회절효율은 회전시키기 전의 효율보다 낮다. 이는 샘플에 형성되는 회절빔의 상이 샘플을 90°회전 시킨 후에는 그 전보다 늘어나면서 광이 분산되어 빛의 광량이 감소하기 때문에 회절효율이 감소하는 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 광유기 특성이 매우 뛰어난 Ag-doped 칼코게나이드 물질에 홀로그래피 리소그래피 법을 적용해 회절격자를 생성시켰다. 생성된 회절격자는 서로 다른 유전상수를 가짐과 동시에 주기성을 갖는 두 매질로 나뉘어지게 되는데, 이런 특성은 광학적 에너지밴드갭을 형성하는데 적합하다 할 수 있다.

시간별 회절효율을 측정하여 회절격자의 상대적 생성강도와 적당한 레이저 조사시간을 유추해 낼 수 있었다. 처음 행해졌던 실험으로 1차원 형태의 격자구조가 형성되는데, 이때의 회절효율은 최대 2.8 % 정도를 나타내었고, 4000 sec 정도의 레이저 조사시간이 필요함을 알 수 있었다. 동일한 샘플을 90° 회전시킨 후, 회절격자가 이미 형성된 지점에 같은 방식으로 레이저를 조사하여 2차원으로 격자구조를 만들어 보았다. 최대회절효율은 1300 sec 이상에서 약 0.138 % 정도로 첫 번째 실험보다 매우 작게 나타났다. 그 이유는 회절격자가 2차원적으로 형성되어 앞선 실험보다 형성된 회절빔의 개수가 많아 광량이 분산되고, 이미 형성되어 있던 회절격자로 인해 빛의 보강 상쇄 간섭에 의한 격자형성이 원활히 이뤄지지 않았기 때문이라 생각된다.

이번 연구에서 비정질 칼코게나이드 박막에 He-Ne laser를 이용한 홀로그래피 리소그래피 법으로 회절격자를 형성시켰고, 서로 다른 유전특성을 갖는 두 구간을 주기적으로 만들어 넣으로써, 일종의 2차원 적인 광결정을 제작하였다. 이처럼 광결정 매질의 기본적 특성을 갖춘 매질을 제작함으로써 광도파관으로의 응용 가능성을 확인 할 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] E. Yablonovitch, "Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics", Phys. Rev. Lett. Vol. 58, p. 2059, 1987
- [2] S. John, "Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices", Phys. Rev. Lett. Vol. 58, Issue 23, p. 2486, 1987
- [3] 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
- [4] 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