

포토닉 크리스탈을 이용한 도파관 제작

이승희, 박형관, 한송이, 홍성준, 구상모, 정홍배
광운대학교

The manufacturing of waveguide using the photonic crystals

Song-Hee Lee, Hyung-Kwan Park, Song-Lee Han, Sung-Jun Hong, 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

1. 서론

이번 연구에서는 홀로그래픽 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 굴절율과 비교적 안정된 생산성을 갖는 장점이 있다. 또한 칼코게나이드 유리질은 홀로그래픽 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 홀로그래픽 리소그래피 법을 이용한 광 결정 형성과 형성된 광 결정의 광 도파관으로의 응용성을 확인해 보고자 한다.

2. 실험

본 실험에서는 비정질 As-Ge-Se-S를 주재료로 선택하

였다. 벌크 제조는 용융냉각 방식에 의해 제작되었다. 순도가 5 N인 As, Ge, Se, S를 원자량비로 As : Ge : Se : S = 40 : 10 : 15 : 35로 하여 전자천평으로 0.1 mg 까지 평량하였다. 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 corning glass를 기판으로 사용하였고, E-beam evaporator를 이용하여 $\sim 2 \times 10^{-6}$ Torr의 진공도에서 증착을 하였으며, 증착률은 10~5 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 5000초의 시간 동안 He-Ne 레이저를 조사하였다.

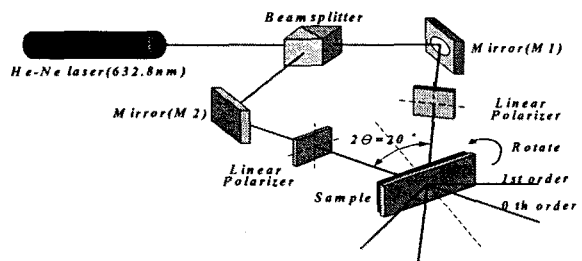


그림 1. 투과형 홀로그래피에 의한 회절 격자 형성 장치도

3. 결과 및 토의

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 AFM을 이용하여 박막 표면을 측정된 결과이다. 짙은 색을 띠고 있는 부분과 옅은 색을 띠고 있는 부분이 주기적으로 나타나 있음을 확인 할 수 있다.

칼코게나이드 박막은 광 노출된 영역과 노출되지 않은 영역사이의 알칼리 용액 내에서 에칭 속도의 차이가 발생하게 된다. 따라서 박막내부에 생성된 격자들을 보다 수월하게 확인하기 위하여 0.26 N의 NaOH를 이용하여 에칭을 한 후에 AFM 이미지를 측정하였다.

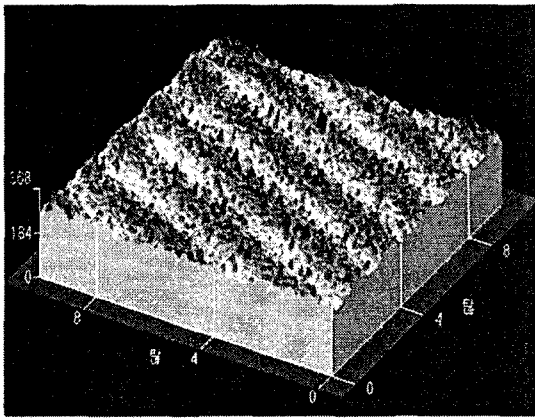


그림 2. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}/Ag$ 박막에 형성된 1차원 홀로그래픽 격자의 AFM 이미지

이처럼 그림 상에서 확연히 나타나는 짙은 부분과 옅은 부분의 차이는 레이저가 서로 다른 두 방향에서 한 점으로 조사되었을 때 발생하는 간섭에 의한 에너지의 차등 전달 때문이라 할 수 있다. 보강간섭이 발생한 부분은 상쇄간섭이 발생한 부분보다 상대적으로 큰 에너지의 크기를 갖고, 이는 회절격자의 형성에 있어 격자가 형성되는 부위를 결정짓는 중요한 외적 요소가 된다. 그림 2의 AFM 이미지에서 NaOH에 의해 덜 에칭된 부분이 레이저의 보강간섭에 의해 회절격자가 형성된 부분이고, 옅은 색의 골 지역은 상쇄간섭이 일어나 에너지의 분산이 이루어진 지역으로써 격자의 형성이 일어나지 않는 부분이다.

그림 2 처럼 회절격자가 형성된 부분과 형성되지 않은 부분은 각각 다른 광학적 특성을 갖게 된다. 이때, 유전을 또한 다른 수치값을 갖게 되는데, 서로 다른 유전율이 주기적으로 반복되는 모습을 보이고 있고, 이와 같은 내용은 광결정 정의 내릴 수 있는 내용이 된다.

그림 3은 $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}/Ag$ 박막에서 회절효율을 측정하였을 때, 회절효율을 측정한 그래프이다. 홀로그래픽 격자는 (P:P) 편광상태의 빔을 이용하여 투과형 홀로그래피 방식으로 형성하였다. 약 1.8 %의 최대 회절효율 값을 얻을 수 있었으며, 최대 회절효율이 나타나는 시간대인 2200 sec 부근이 적절한 광 조사시간이라 할 수 있겠다.

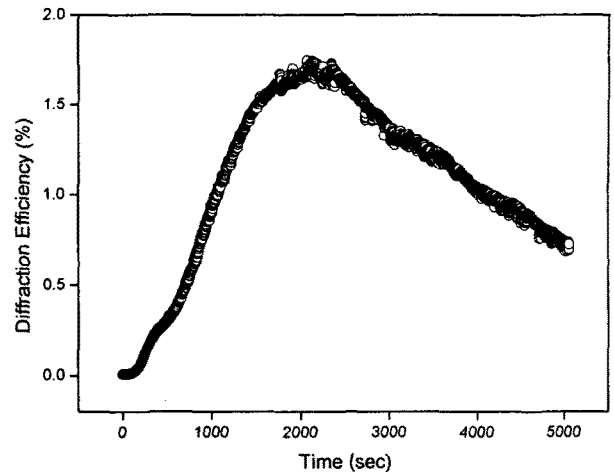


그림 3. $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}/Ag$ 박막의 회절 효율

4. 결론

서로 다른 유전율을 가진 물질이 주기적으로 반복될 때 특정파장대의 빛을 차단시키고, 완벽한 제어를 하게 되는데, 이러한 매질을 광결정이라 한다. 이번 연구에서 비정질 칼코게나이드 박막에 He-Ne laser를 이용한 홀로그래피 리소그래피 법으로 회절격자를 형성시켰고, 서로 다른 유전율을 갖는 두 구간을 주기적으로 만들어냄으로써, 일종의 1차원 광결정을 제작하였다. 이처럼 광결정 매질의 기본적 특성을 갖춘 매질을 제작함으로써 광도파관으로의 응용 가능성을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

This research was supported by the MKE (Ministry of Knowledge Economy), Korea under the ITRC (Information Technology Research Center) Support program supervised by the IITA(Institute of Information Technology Advancement) (IITA-2008-C1090-0801-0018).

참고 문헌

- [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