

# 포토닉 크리스탈 응용을 위한 비정질 칼코게나이드 As-Ge-Se-S 박막의 특성연구

남기현, 구용운, 최 혁, 정홍배\*  
광운대학교

## The characteristic study of amorphous chalcogenide As-Ge-Se-S thin film for photonic crystal application

Ki-Hyeon Nam, Long-Yun Ju, Hyuk Choi, Hong-Bay Chung\*  
Kwangwoon Univ.

**Abstract :** In this paper, we suppose that the 1-dimensional photonic crystal using holography lithography. We used Ag doped amorphous AsGeSeS which belongs in the chalcogenide materials have sensitive photoluminescence property. The purpose of this experiment is the process to complete 3-D photonic crystal after making 2-D photonic crystal. The lattice formation was made an observation by irradiating He-Ne laser with the AsGeSeS film leaned obliquely. Then, by measuring formed diffraction beam, the diffraction lattice was calculated.

**Key Words :** photonic crystal, optical energy gap, AsGeSeS, holography lithography

### 1. 서 론

전자를 이용한 반도체 기술의 눈부신 발전은 하루가 다르게 인간의 삶을 바꿔놓고 있지만, 머지않아 한계에 다다를 것이란 것이 지론이다. 뿐만 아니라, 발열, 정보의 소실, 간섭 등 공정의 세밀화와 선폭의 미세화로 인해 발생하는 문제점들을 해결하기 위해 source로써 사용되고 있는 전자를 대체할 매체로 광자가 새롭게 조명 받고 있다. 광자를 다루는 광결정 이론은 전자산업이 그랬던 것처럼 큰 혁명을 이룰 것으로 기대되고 있다. 광결정 이론은 1987년 미국의 Eli Yablonovitch와 Sajeew John에 의해 처음 제안된 이후 많은 연구가 진행되고 있으며[1-2], 다양한 광소자의 성능 향상과 새로운 광전자 소자 개발 및 광 집적회로 개발에 응용될 것으로 기대되고 있다.

광결정(Photonic Crystals)은 특정 파장의 빛을 반사시키거나, 차단시킬 수 있다. 굴절률이 서로 다른 유전체 물질이 주기적으로 반복된 형태로 구성되며, 전자공학에서 전자가 존재하지 않는 대역인 에너지밴드갭이 존재하는 것처럼, 특정 주파수 대역의 빛이 전달되지 못하는 광밴드갭(Optical Energy Gap)이 존재하여 빛을 제어 할 수 있는 특징을 갖고 있다.[3]

광결정은 전자산업의 차세대 매질로써 많은 기대를 받고 있지만, 광결정 형성을 위한 제조방법이 매우 까다롭다는 것이 문제가 되고 있다. 여러 가지 제조방법 중 본 연구실에서는 홀로그래피 리소그래피 방법을 이용한 1차원 광결정 형성을 시도하였으며, 매질로는 레이저 광, 전자빔 등에 뛰어난 반응 특성을 보이는 As-Ge-Se-S 칼코게나이드계 물질을 사용하였다.[4]

### 2.1 시료 제작 및 실험 방법

본 실험에서는 비정질 As-Ge-Se-S를 주재료로 선택하였다. 벌크 제조는 용융냉각 방식에 의해 제작되었다. 순도가 5N인 As, Ge, Se, S를 원자량비로 As : Ge : Se : S = 40 : 10 : 15 : 35로 하여 전자천평으로 0.1mg 까지 평량하였다. 준비된 시료는 질산과 왕수를 채워 각각 24시간 동안 세척한 다음, 아세톤, TCE., 메탄올, 초순수 순으로 5분씩 흔들며 세척한 지름 10mm 석영관에  $10^{-5}$ [Torr]로 진공봉입한 후 전기로에 240℃로 2시간, 650℃로 4시간, 1000℃로 24시간 가열한 후 냉각하였다. NaOH, 초순수, TCE, 아세톤, 메탄올의 순서로 초음파 세척 후 진공 건조 시킨 corning glass를 기판으로 사용하였고, E-beam evaporator를 이용하여  $\sim 2 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도에서 증착을 하였으며, 증착률은  $10 \sim 5 \text{ \AA/s}$ 로 Ag 600 Å, As-Ge-Se-S 1 $\mu$ m의 두께를 갖는 박막생성을 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.

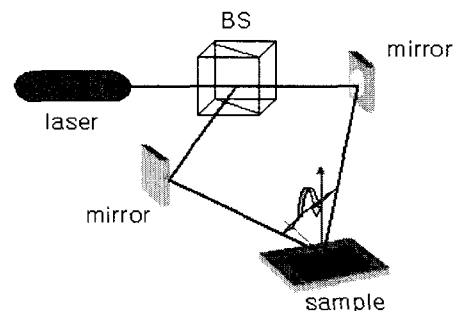


그림 1. 홀로그래피 리소그래피를 이용한 장치도

### 2. 실험

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 Ag/As-Ge-Se-S박막과 레이저 입사빔과의 각도 변화에 따른 회절격자의 형성을 나타낸 것이다. 입사빔과 박막사이의 각은 90°, 65°, 45°로 하였다.

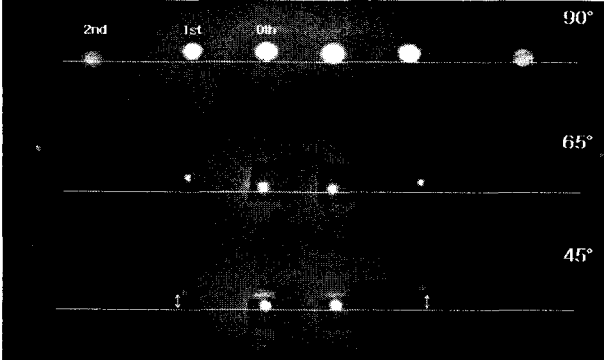


그림 2. 각도에 따른 회절빔의 형성

그림 2에서 볼 수 있듯이 표면입사각이 변함에 따라 회절 되어 나오는 1차 회절 빔(1st)의 위치가 서로 다르게 나타난 것을 알 수 있다. 박막 표면과 수직으로 즉, 90°로 입사 하였을 때 1st order는 투과 빔(0th order)과 거의 수평으로 형성 되어있다. 하지만 박막과 입사빔 사이의 각도가 작아질수록 1st order 가 많이 비틀어짐을 알 수 있다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 65°일 때 보다 45°일 때, 그 비틀림이 더욱 큰 것을 알 수 있다. 이것은 빔과 박막 사이 각도의 변화에 따라 회절격자가 각각 다른 형태로 형성 되고, 회절빔 또한 회절격자의 형태에 따라 다른 위치에 형성된다는 것으로 설명 될 수 있다. 그 위치는 박막과 입사빔 사이의 각에 비례한다는 것을 알 수 있다.

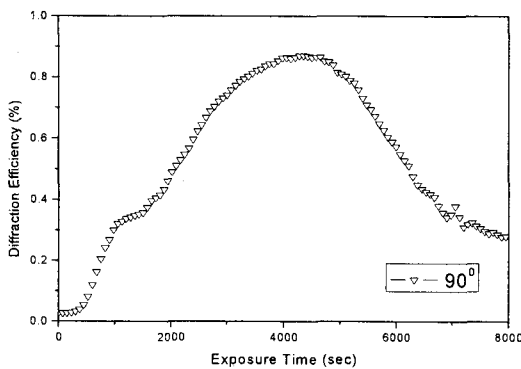


그림 3. Ag/AsGeSeS 박막에서의 회절효율(90°)

그림 3은 90°로 입사된 Ag/AsGeSeS 박막에서의 회절 효율을 나타낸 것이다. 박막에 수직으로 입사하였을 때, 4000s부근에서 최대회절효율은 0.89%로 나타났다.

그림 4는 65°와 45°로 박막에 입사된 Ag/AsGeSeS 박막에서의 회절효율을 나타낸 것이다. 65°로 입사 시 2300s 부근에서 0.23%의 최대 회절효율을 보였으며, 45°로 입

사 시 1300s부근에서 0.1%의 최대 회절효율을 보였다.

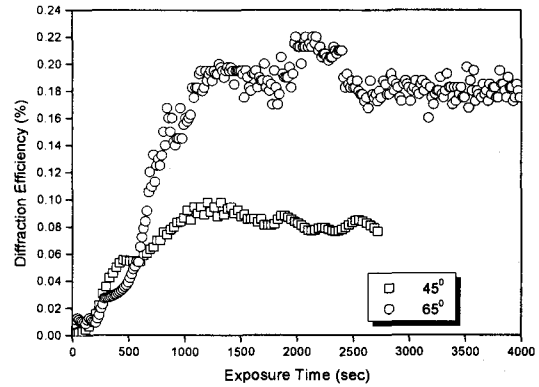


그림 4. Ag/AsGeSeS 박막에서의 회절효율(65° & 45°)

### 4. 결론

본 논문에서는 입사빔과 박막표면사이의 각도에 따른 홀로그래피 회절격자의 위치와 효율을 비교하였다.

회절빔이 맞힌 위치로 샘플과 레이저 간의 각도를 조정해도 격자가 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 박막과 입사빔 사이의 각이 90°일 때, 가장 높은 회절효율을 나타냈으며, 90°에서 65°, 45° 순으로 각도를 조정함으로써 회절효율이 감소되는 경향이 나타났다. 이것은 빛이 수직에서 비스듬하게 입사될 때, 박막에 미치는 레이저의 상이 원형에서 타원형으로 형태가 변하는데, 이때 focusing에 문제가 있었기 때문으로 생각되어진다.

이번 실험으로 필름 내부에 기울어진 형태를 갖는 1차원 광결정을 형성 할 수 있는 토대를 마련하였다.

### 감사의 글

" 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음." (IITA-2007-0701-0018)

### 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] E. Yablonovitch, T. J. Gmitter, and K. M. Leung, "Photonic band structure: The face-centered-cubic case employing nonspherical atoms", Phys. Rev. Lett. Vol. 67, p.2295, 1991
- [4] Jung-Tae Lee, "2-Dimensional Holographic Grating Formation in Chalcogenide Thin Films", TEEM, Vol. 5, No. 1, p.34, 2004