

## 칼코게나이드 박막을 이용한 일차원 photonic crystal의 반사 특성

이정태\*, 신경\*, 여철호\*, 구대성\*\*, 김종빈\*\*, 정홍배\*  
광운대학교 전자재료공학과\*, 조선대학교 정보통신공학부\*\*

### The reflection characteristic of one-dimensional photonic crystal using by chalcogenide thin films

Jung-Tae Lee\*, Kyung-Shin\*, Cheol-Ho Yeo\*, Dae-Sung Ku\*\*, Jong-Bin Kim\*\* Hong-Bay Chung\*  
Department of Electronic Materials Engineering of Kwangwoon Univ.,  
Division of Electronics and Information and Communication Engineering of Chosun Uni.\*\*

#### Abstract

In this study it had an excellent optical characteristic, it followed in the creation rate and the refractive index regulation to the ease. Chalcogenide produced the  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  thin film and the  $MgF_2$  thin film. It measured thin film plan simulation, and the thin film has a 1-dimensional photonic band gap. The chalcogenide  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  thin film was measured with the fact that it has a high refractive index (2.6~2.9). The  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  and  $MgF_2$  thin film, have a high refractive index and a low refractive index, it used a simulation and planed period 5-pairs structure, the result was from 500nm to 800nm. It will be able to confirm the characteristic which most of the incidence light reflects, the He-Ne (632.8nm) laser was irradiated in the thin film which stabilized the thin film. The  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  (high refractive index layer: H) and  $MgF_2$  (low refractive index layer: L) results which plans the thin film with glass/LHLHLHLHL/air structure, 632.8nm against transmittance, increased a lot. An application possibility with the filter against a specific wave length was confirmed

**Key Words** : 1-Dimensional, photonic band gap,  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$ ,  $MgF_2$ , refractive index

#### 1. 서 론

광결정의 개발은 20세기 전자 에너지 밴드갭 반도체기술의 발전이 전자공학 및 전자 산업에 일대 혁명을 가져온 것처럼, 21세기에는 광 밴드갭 분야가 광전자(optoelectronics) 및 광 응용 분야의 혁명을 일으킬 것으로 기대되고 있다. 특히 광결정을 이용한 광 밴드갭 구조 물질은 특히 cavities, microlaser, filter, 고효율 LED, 초고속 광 switch, detector, 반도체 레이저, 태양전지, 안테나, 반사거울, 도파관(waveguides) 등 다양한 광전자 소자(optoelectronic devices) 개발 및 성능 향상과 새로운 형태의 광집적회로 개발에 필수적인 신기술로

매우 큰 관심이 집중되고 있다.[1-2]

결정구조를 갖는 물질들은 구성물질의 원자나 분자들의 규칙적인 배열로 인하여 주기적인 포텐셜(potential)이 생겨 전자들의 움직임에 영향을 미친다. 주기적인 포텐셜로 인하여 밴드갭이 형성되고 이러한 포텐셜 에너지가 충분히 크면 모든 종류의 에너지를 가진 전자들의 진행을 완전히 막을 수도 있다. 이러한 예가 반도체에서 전도대(conduction band)와 가전자대(valence band) 사이에 존재하는 완전한 밴드갭(completely band gap)이다. 빛에 대하여 포텐셜로 작용하는 것이 유전체이므로 이를 주기적으로 배열하면 광자 띠간격(photonic band

gap)이 생겨 물질에서 빛의 흡수를 최소화 하고, 계면에서 빛을 산란시켜서 전자에서 원자들의 포텐셜과 같이 광자에서도 같은 현상이 일어난다.[3]

칼코게나이드 유리질은 구조적인 유연성 (structure flexibility)과 독특한 전자배치로 인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상과 우수한 전기·광학적 특성이 나타난다고 알려져 왔고, 비정질 칼코게나이드의 연속성과 광유기 방향성으로 완벽한 제어가 가능한 광부품 매질로써 우수한 특성을 갖는 것으로 알려져 있다[4-5]. 특히 이러한 칼코게나이드 유리질은 박막화가 용이하며, 특히 비교적 간단한 공정에 의해 박막 제작이 가능하며, 구성 조성에 따라 다양한 형태의 굴절율이 생성된다.

따라서 본 실험에서는 칼코게나이드 박막을 제작 후 굴절률을 조사하고 이를 바탕으로 시뮬레이션 결과를 통해 1차원 포토닉 밴드갭을 갖는 박막을 설계하였으며, 특정 파장 영역에 대한 필터로서의 응용 가능성을 확인 하였다..

## 2. 실험

### 2.1 실험 소자의 제작

본 실험에서는 칼코게나이드와 MgF2의 굴절률을 조사하기 위하여 단일 박막을 제작하였다. 순도 5N의 As, Ge, Se, S, Te 원소를 사용하였으며,  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$ ,  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ ,  $Se_{75}Ge_{25}$ 을 조성비에 알맞게 평량한 후 비정질 상을 갖는 벌크를 제작하였다. 각각의 칼코게나이드 박막과 MgF2 박막을 5000Å 두께로 제작하여 굴절률을 측정하였다. 높은 굴절률을 갖는 박막과 낮은 굴절률을 갖는 박막을 주기적으로 그림1처럼 5-pairs 구조로 증착하였다.  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  과 MgF2의 두께는 1528Å의 두께로 제작하였다.

### 2.2 실험 소자의 측정

제작된 박막의 굴절률은 박막특성 분석기(N&K thin film analyzer)를 이용하여 측정하였으며 조사한 굴절률을 바탕으로 박막 설계 시뮬레이션을 이용하여 높은 굴절률을 갖는  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$ 과 낮은 굴절률을 갖는 MgF2를 주기적인 5-pairs 구조로 설계하여 파장에 따른 반사도를 측정하였으며, He-Ne(632.8nm)laser를 5-pairs 구조로 제작된 박막에 유기하였다

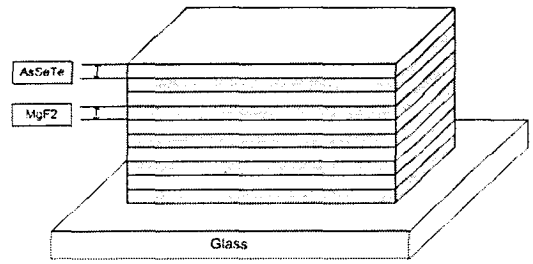


그림 1.  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  과 MgF2 박막의 주기적인 8-pairs 구조

Fig 1. The eight-pairs structure of  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  and MgF2 thin films

## 3. 결과 및 고찰

칼코게나이드 유리질은 구조적인 유연성 (structure flexibility)과 독특한 전자배치(unique electronic configuration)로 인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상(photoinduced phenomena)과 우수한 광학적 특성이 나타난다고 알려져 있다. 이에 따라 칼코게나이드 박막을 제작 후 각 박막들의 굴절률을 조사하였다. 표1은 광학적 특성이 우수한 조성의 칼코게나이드 박막과 MgF2 박막의 파장에 따른 굴절률을 나타내고 있다.

표 1. 칼코게나이드와 MgF2 박막의 굴절률  
Table 1. The refractive index of chalcogenide ang MgF2 thin films

	190nm	300nm	600nm	900nm
$As_{45}Se_{45}Te_{10}$	2.2	2.75	2.93	2.75
$As_{45}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$	2.41	2.9	2.68	2.44
$Se_{75}Ge_{25}$	2.58	2.73	2.75	2.61
MgF2	1.37	1.45	1.44	1.43

실험 결과와 같이 칼코게나이드 박막은 비교적 높은 굴절률을 갖고 있으며, MgF2 박막은 상대적으로 낮은 굴절률을 갖고 있다. 높은 굴절률을 갖는  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  박막과 낮은 굴절률을 갖는 MgF2 박막의 굴절률을 박막 설계 시뮬레이션에 입력 후  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$ 박막과 MgF2 박막을 주기적으로 5-pairs를 설계하였다.  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$ 과 MgF2의 각

각의 두께는 632.8nm의  $\lambda/4$ 인 1528Å으로 하였다.

그림2는 시뮬레이션을 이용하여 측정한 파장에 따른 반사도를 나타낸 그림이다. 이때의 입사되는 빛의 각도는 0°이다.

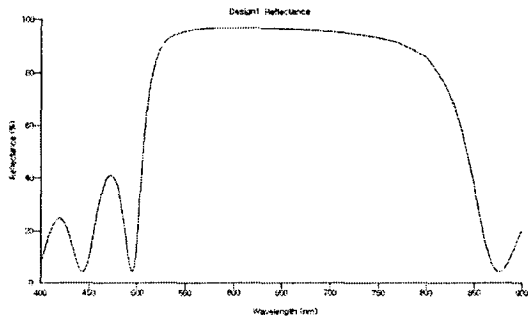


그림 2. 설계된 박막의 파장에 따른 반사도.  
Fig 2. The reflectance of designed thin film according to wavelength.

그림 2에서 500nm 와 800nm사이의 파장 영역에서 포토닉 밴드갭(photonic bandgap)이 형성되었다. 칼코게나이드 물질은 광학적 특성이 좋은 반면, 박막으로 제작시 구조적 결함으로 인해 박막이 들떠 박막이 불안정한 경우가 생겨 박막의 안정화를 위해 주로 열처리나 광을 조사한다. 이 실험에서도 박막의 안정화를 위해 He-Ne(632.8nm)laser를 유기하여 박막을 안정화 시켰다. 그림3은 As<sub>45</sub>Se<sub>45</sub>Te<sub>10</sub>과 MgF<sub>2</sub>를 5-pairs 구조로 증착 후 He-Ne laser를 이용해 투과도를 측정한 것이다

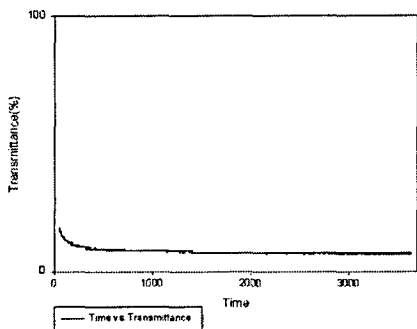


그림 3. 8-pairs 구조 박막의 시간에 따른 투과도  
Fig 3. The transmittance of eight-pairs structure according to time

그림3에서 투과도가 점점 감소하여 일정 시간 후에 포화되어 박막이 안정화 되는 것을 알 수 있다.

구성물질의 조성에 따라 굴절률 조정이 용이한 칼코게나이드 박막을 이용해 특정 파장영역의 필터를 제작하기 위하여 As<sub>45</sub>Se<sub>45</sub>Te<sub>10</sub>(high refractive index layer :H)과 MgF<sub>2</sub>(low refractive index layer : L)를 glass/LHLHLLHLHL/air 구조로 박막을 설계하였다.

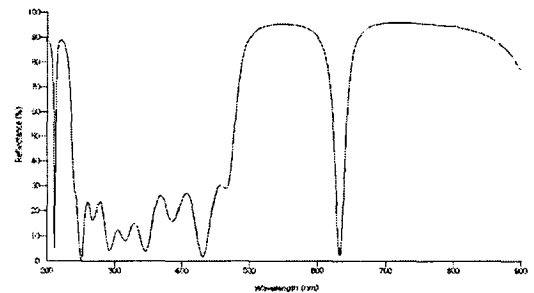


그림 4. glass / LHLHLLHLHL / air 구조로 설계된 박막의 반사도  
Fig 4. The reflectance of glass / LHLHLLHLHL / air structure

그림4에서의 결과와 같이 632.8nm 파장에 대해 투과도가 크게 증가하여 특정 파장에 대한 필터로의 응용이 가능하다. 또한 칼코게나이드를 이용하여 박막으로 제작시 조성에 따라 다양한 굴절률을 얻을 수 있으며, 박막에 Ag 도핑을 이용하면, 보다 높은 굴절률을 갖는 매질을 제작 할 수 있어 기존의 매질 선택의 제한성을 극복 할 수 있을 것이라 사료된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 광학적 특성이 우수하고, 구성 원소의 조성에 따라 굴절률 조정이 용이로운 칼코게나이드 As<sub>45</sub>Se<sub>45</sub>Te<sub>10</sub> 박막을 제작 후 파장에 따른 굴절률을 조사하였으며, 이를 기반으로 하여 시뮬레이션을 이용해 As<sub>45</sub>Se<sub>45</sub>Te<sub>10</sub> 박막과 MgF<sub>2</sub> 박막을 1528Å의 두께로 주기적으로 5-pairs 구조로 박막을 설계 한 결과 500~800nm 파장영역에서, 입사되는 빛의 대부분이 반사되는 특성을 볼 수 있었다. 칼코게나이드 박막의 안정화를 위해

He-Ne laser를 제작된 박막에 유기하여 투과도를 측정하였다. 투과도가 서서히 감소하여 일정시간 후에 포화되어 박막이 안정화 되는 경향을 확인할 수 있었다.  $As_{45}Se_{45}Te_{10}$  과  $MgF_2$ 를 glass/LHLHLLHLHL/air 구조로 시뮬레이션 한 결과 632.8nm에서 투과도가 크게 증가하여 필터로의 응용 가능성을 확인 하였다.

### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2002-000-00480-0)지원으로 수행되었음.

### 참고 문헌

- [1] E. Yablonovitch, Phys. Rev. Lett. 58, 2059 (1987)
- [2] S. John, Phys. Rev. Lett. 58, 2486 (1987).
- [3] J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Winn, Photonic Crystals. pp2-4.(2001)
- [4] H. B. Chung, H. Y. Lee, S. H. Park, J. Y. Chun., J. Appl. Phys., 83(10), pp. 5381 - 5383, May, (1998)
- [5] H. B. Chung, H. Y. Lee, S. H. Park, Proceedings of the 3rd Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, (PRICM-3), Vol. 2, pp. 2701-2706, July 12-16, (1998)