

## Ag/AsGeSeS 다층박막의 광유기 이방성(PA) 특성

### Characteristics of the photoinduced anisotropy(PA) in Ag/AsGeSeS multilayer thin films

박종화\*, 나선웅\*, 여철호\*, 박정일\*, 이영중\*\*, 정홍배\*

(Jong-Hwa Park\*, Sun-Woong Na\*, Cheol-Ho Yeo\*, Jeong-il Park\*, Young-Jong Lee\*\*, Hong-Bay Chung\*)

#### Abstract

The chalcogenide glasses of thin films have the superior property of photoinduced anisotropy(PA). In this study, we observed the linear dichroism(D) using the irradiation with polarized He-Ne laser light, in the Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> multi-layer. Multilayer structures formed by alternating metal(Ag) a chalcogenide(As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub>). Such multilayer structures have a greater sensitivity to illumination and larger dichroism in comparison the conventional double layer structure. Also new phenomena are discovered. These results will be show a capability of new method that suggested more improvement of photoinduced anisotropy property.

**Key Words** : Photoinduced anisotropy, Linearly dichroism, Reorientation of dichroism,  
Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> Multilayer

#### 1. 서 론

칼코게나이드 유리질은 광조사에 의해 구조적, 광학적, 전기적, 화학적 성질이 변할 수 있는 재료로서 많은 연구자들의 관심을 끌고 있다. 특히 칼코게나이드 유리질의 광유기 이방성(photoinduced anisotropy)현상은 광기록(optical data recording), 편광홀로그래피(polarized holography), 자기집광(self-focusing of light beam), binary phase gratings(Damman grating) 등의 제작에 많은 관심이 집중되고 있으며 새로운 광진자 및 광통신 등의 분야에 응용되는 매우 중요한 현상이다.[1]

특히 칼코게나이드 재료에서 관찰되는 다양한 광유기 현상 중 금속(Ag, Cu 등)의 광도핑 현상은

유리질의 물리적, 화학적 성질(광학상수, 에칭레이트)등의 큰 변화를 일으키기 때문에 회절광학소자 등을 제작하는데 유용한 효과중의 하나이다[2].

미시적 관점에서의 마이크로볼륨 즉, IVAPs(intimate valence alternation pairs)를 증가시켜 이색성의 크기를 크게 하고자 하는 목적으로 이전 실험에서 Ag와 칼코게나이드 이중층 박막에서 편광 광도핑 현상을 이용한 광유기 이방성의 증가를 확인한 바있다.[3]

따라서 본 연구에서는 지금까지 연구해온 칼코게나이드 층의 Ag이온의 광도핑 현상을 이용하여 Ag/AsGeSeS 다층박막의 광유기 이방성 현상을 고찰하였다. 이들의 광도핑 메커니즘과 다층박막을 통한 광감도 증진에 대한 정보를 제공하고자 하며, 특히 벡터 현상인 광유기 이방성 현상의 연구를 위하여 단시간과 장시간 광유기에 따른 선형 이색성(linear dichroism)과 이들의 재방향성 현상을 고찰하고자 한다.

\* : 광운대학교 전자재료공학과  
(서울시 노원구 월계동 447-1 ,  
Fax : 02-943-3590

E-mail : hschung@daisy.kwangwoon.ac.kr)

\*\* : 여주대학 전자공학과

## 2. 실험

### 2.1 Sample 제작

본 연구에 사용된 비정질 칼코게나이드 박막은  $As_{40}Ge_{10}Se_{50-x}S_x$  ( $x=0, 25, 35$  at.%) 중 최대 가역적 광구조적변화(reversible photostructural transformation)를 갖는  $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 의 박막을 선택하였다.[3] As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다. 칼코게나이드 박막층과 Ag층은 corning glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약  $2 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도에서 AsGeSeS 층과 Ag 층을 각각 1582 Å와 100 Å의 두께로 교대로 하여 7층과 15층의 다층 박막을 제작하였다. 증착된 박막의 두께는 N&K Analyzer (NKT 1200)를 사용하여 측정하였다. 그림 1은 제작된 다층 박막의 개략도를 보여준다.

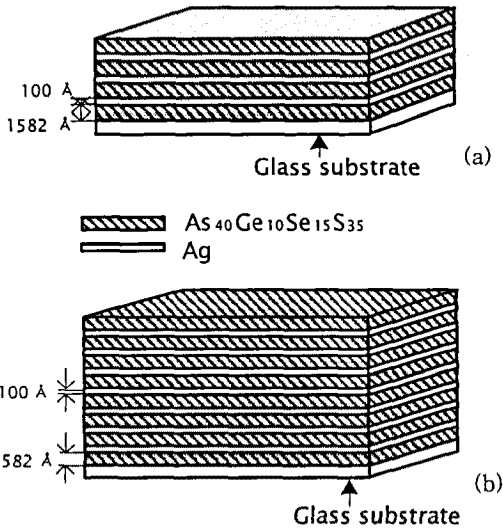


그림 1. 다층 박막 구조의 개략도.

(a) Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  7층 박막

(b) Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  15층 박막

Fig. 1. Schematic view of multilayer sample structure. Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ - 7layer (a), Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ - 15layer (b)

### 2.2 광유기 이방성 측정

Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  다층박막의 광유기 이방성과 광도핑에 의한 현상 확인을 위해 7층과 15층 박막에서의 선형 이색성(linear Dichroism)과 이색성의

재방향성(reorientation of dichroism)을 측정 비교 분석하였다. 그림 2는 선형 이색성 실험의 장치도이며 유기광은 선형 편광된 He-Ne Laser( $\lambda=6328$  Å)를 사용하였고, 샘플표면에서의 유기광의 세기는  $2.5mW/cm^2$ 이었다. 각각의 샘플에서 각 편광 방향에 대한 투과도를 측정하여 이색성의 정도를 나타내는 파라미터  $D$ 를 구하였다.[3]

$$D = 2 \frac{(I_{\parallel} - I_{\perp})}{(I_{\parallel} + I_{\perp})} \quad (1)$$

여기서,  $I_{\parallel}$ 과  $I_{\perp}$ 은 각각 샘플을 투과한 광이 유기광의 편광방향에 대해 수평 및 수직하게 투과된 빛의 세기를 나타낸다.

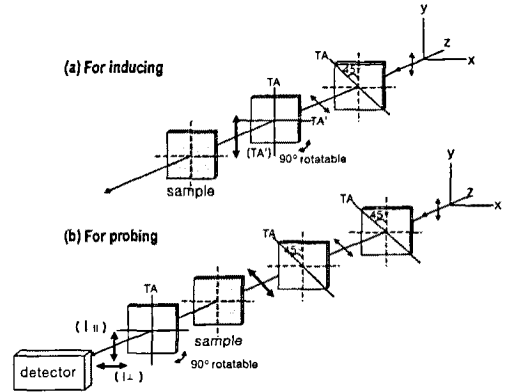


그림 2. 선형이색성과 투과도 측정을 위한 실험 장치도.

Fig. 2. The schematic arrangement to estimate linearly dichroism and transmittance intensity.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3은 Ag/Ag/ $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$  7층 박막과 15층 박막의 투과도 변화를 나타내는 그림이다. 7층 박막은 유기광에 의해 투과도 변화량이 38.63%로 크게 나타나고 있다. 이는 일반적인 칼코게나이드 박막이나, Ag/ $AsGeSeS$  이중층 박막에서의 값보다 매우 큰 값이며[3], 15층 박막의 투과도 변화는 383%로 더욱 큰 것을 확인할 수 있다. 이러한 큰 변화는 시간이 지남에 따라 유기되는 빛의 양이 많아지면서 Ag가 유기광의 광 에너지를 흡수하여 박막 내부로 도핑되는 현상으로 설명할 수 있다. 즉, 표면의 Ag가 광도핑되어 박막내부에서 재배치하게 되고, Ag이온의 재배치 과정에서 Ag이온과 칼코게나이드 결합이 발생하여 새로운 형태의 VAPs가 형성되며 투과도가 점점 증가되는 것으로

해석할 수 있다. 15층 박막의 경우 7층 박막보다 10배 이상의 큰 투과도 변화는 두 배 더 많은 Ag 층으로 인하여 도핑되는 Ag이온의 양이 많기 때문인 것으로 판단된다. 또한 초기 7층 보다 15층 박막의 작은 투과도는 박막의 두께의 차이와 He-Ne laser에 대한 Ag층에서의 산란, 낮은 투과도를 갖는 Ag층의 수와 관련있다.

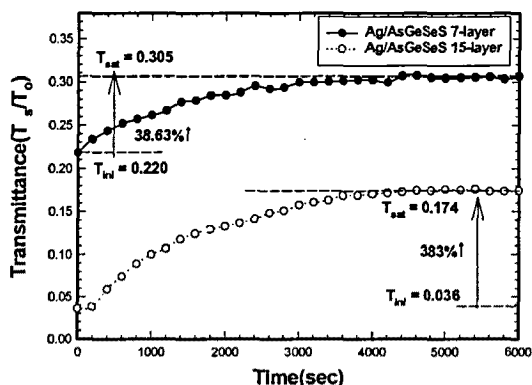


그림 3. Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7층(●)과 15층 박막(○)의 투과도  
 Fig. 3. The transmittance of Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7-(●) and 15-layer(○) sample

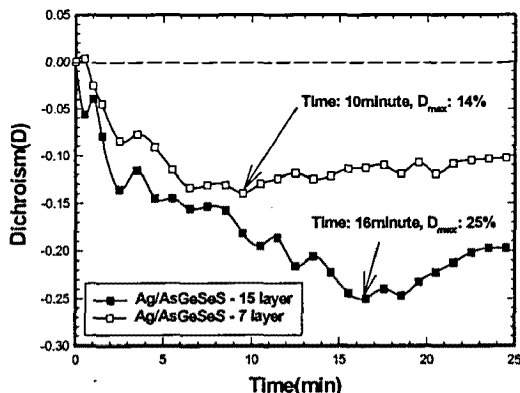


그림 4. Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7층 박막과(□) 15층 박막(■)의 선형 이색성(단시간 유기)  
 Fig. 4. The linear dichroism of Ag/AsGeSeS 7-layer(□) and 15-layer(■)

그림 4는 Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7층 박막과 15층 박막을 사용하여 선형 이색성(linear-dichroism) D를 측정 한 결과이다. 칼코게나이드의 특이한 특성으로 편광된 유기빔을 조사하면 이들은 유기광을

흡수하고 내부적으로 편광방향에 대해 유기광의 투과를 달리하게 된다.

7층 박막의 경우 최대 포화 이색성의 값(D<sub>max</sub>)은 약 14%였으며, 15층 박막의 경우는 약 25%로 2배 정도 증가하였다. 이는 Ag의 도핑으로 인하여 칼코게나이드 박막에서 Ag이온에 의해 형성된 새로운 VAPs가 편광방향에 따른 유기광의 투과도 차를 변화시킨 결과이다. 그러나 두경우에 일반적인 칼코게나이드 박막이나 Ag/AsGeSeS 이중층 박막의 이색성 결과와는 다른 현상을 보이고 있다. 일반적으로 유기빔의 편광방향에 수평한 빔의 투과도를 증가시키는 방향으로 구조적인 재배열과 변화를 일으키는 것으로 알려져 있으나 이와는 반대로 본 연구에서의 결과는 음(-)의 이색성을 값을 나타내었다. 이는 다음의 몇가지로 추측해 볼 수 있다.

첫째, Ag층의 증가는 유기빔의 편광방향과 수평한 빔을 더 많이 흡수함으로써 수직인 방향의 빔의 투과를 증가시키는 것으로 볼 수 있다.

둘째, 칼코게나이드 층을 사이에 두고 Ag층을 겹층으로 쌓아놓은 형태의 박막구조를 고려해 볼 때, 유기빔이 Ag층의 계속적인 반사와 산란으로 인해 박막을 투과했을 시 위상이 변조되는 것으로 생각해 볼 수 있다. 이에 대한 분석은 다른 층수의 다층박막과 여러 가지 분석을 통하여 계속 연구중에 있다.

이색성의 값은 7층의 경우 유기 시간 10분에서 최대값을 보였으며, 15층 박막의 경우 16분에서 최대 이색성 값을 보였다. 그 후 유기 시간이 증가할 수록 이색성의 값은 감소하는 경향을 보였다.

이색성 감소의 경향을 알아보기 위하여 약 10시간 정도의 장시간 유기를 통해 이색성의 변화를 측정하였다. 그림 5는 장시간 유기시 이색성의 변화를 보여주고 있다. 20분내의 짧은 유기 시간동안 이색성의 최대값을 이룬 뒤 감소하는 경향을 보인 후 7층의 경우 1시간, 15층의 경우 1시간 30분후 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다. 이는 Ag이온이 칼코게나이드 층으로의 빠른 편광광도핑에 의해 이색성을 나타낸 후 빔의 전파방향으로 도핑되던 Ag이온이 장시간 유기에 의해 에너지를 받아 전파방향의 수직방향, 즉 AsGeSeS 박막의 표면으로 이동하여 이색성을 감소시키는 것으로 사료된다. 장시간 유기동안에 유지되는 이색성의 값은 7층 박막에서 2.6%와 15층 박막에서 3.8%였으며, Ag이온이 빠져 나간 AsGeSeS박막의 이색성 값으로 판단된다.

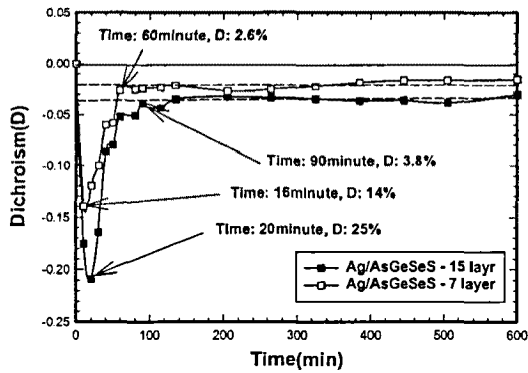
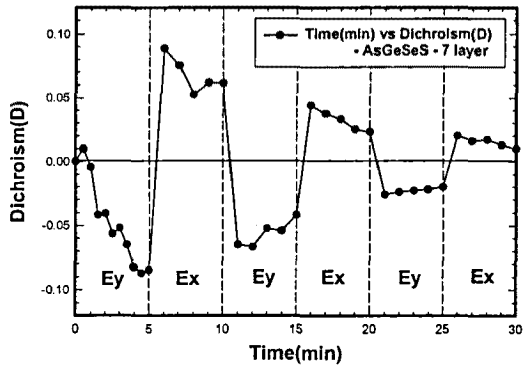
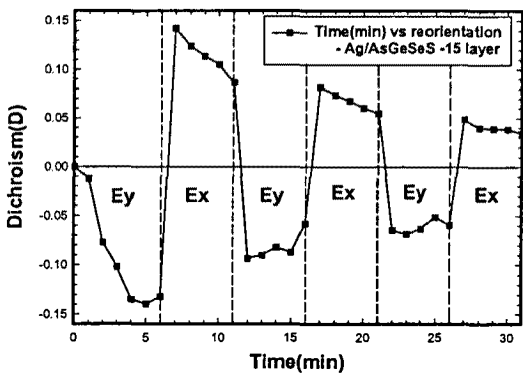


그림 5. Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7층 박막과 (□) 15층 박막 (■)의 선형 이색성(장시간 유기)

Fig. 5. The linear dichroism of Ag/AsGeSeS 7-layer (□) and 15-layer (■) (long time induced).



(a)



(b)

그림 6. Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7층 박막(a)과 15층 박막(b)의 선형 이색성의 재방향성

Fig. 6. Reorientation of linear dichroism. Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7-(a) and 15-layer(b)

그림 6은 Ag/As<sub>40</sub>Ge<sub>10</sub>Se<sub>15</sub>S<sub>35</sub> 7층 박막과 15층 박막의 선형 이색성(linear-dichroism) D의 재방향성을 측정된 결과이다. 이색성의 재방향성은 칼코게나이드에서 벡터 현상을 규명하는 현상으로 각각의 유기광을 수평과 수직 편광으로 유기 하였을 때 이들의 이색성의 크기는 변하지 않고 그 방향성을 변화하는 특성이다. 그림에서 볼 수 있듯이 이색성은 초기에 빠르게 생성되어 증가하며, 재방향성 특성을 나타낸다. 그러나 유기빔의 편광방향을 변화할수록 그 크기는 감소함을 알 수 있다. 이것은 초기 Ag의 편광-광도평으로 영향으로 유기광이 증가함에 따라 도핑된 박막내부의 Ag이온이 유기된 편광빔에 따라 쉽게 방향성 변화를 시도하지만, 장시간 유기에 이색성 감소 현상에서 보았던 것처럼 지속적인 편광방향의 변화는 이색성의 감소를 일으킨다. 이러한 모든 특성은 이전의 광도평 현상과는 다른 것으로 판단되며, Ag 도핑 메커니즘 해석에 중요한 현상으로 여겨진다.

#### 4. 결론

이상의 결과에서 칼코게나이드와 Ag의 다중층 박막에서 Ag이온의 광도평을 이용하여 이들의 광감도와 이방성 현상을 증진시킬 수 있음을 확인하였다. Ag/AsGeSeS 7층 박막의 경우 14%의 최대 이색성 값을 나타내었으며, 15층 박막의 경우 25%의 이색성 값을 나타내었다. Ag 층의 증가는 광에 대하여 칼코게나이드 박막내 구조적인 변화를 일으키는데 큰 역할을 하며, 본 연구에서의 새로운 결과는 이전의 광도평 메커니즘 해석에 대해 다양한 연구 방향을 제시할 것이라 생각한다.

#### 감사의 글

이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음. (KRF-2000-041-E00162)

#### 참고 문헌

- [1] P. Rochon, J. Gosselin, Appl. Phys. Lett., Vol. 60(1), pp. 4-5, 1992
- [2] T. Wagner, E. Marquez, J. Fernandez, J. M. Gonzalez-Leal, Philos. Mag. B.79, pp. 223,1999
- [3] S. J. Jang, C. H. Yeo, J. I. Park, H. Y. Lee, H. B. Chung, J. of KIEEME, Vol. 13, No. 6, pp. 533-537, 2000