

Ag/AsGeSeS 다층박막에서의 이색성 측정

Measurement of the photoinduced Dichroism in Ag/AsGeSeS multilayer thin films

신경¹, 여철호¹, 이정태¹, 박정일¹, 이영종², 정홍배¹

Kyung Shin¹, Cheol-Ho Yeo¹, Jung-Tae Lee¹, Jeong-il Park¹, Young-Jong Lee², Hong-Bay Chung¹

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/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ multi-layer. Multilayer structures formed by alternating metal(Ag) and chalcogenide(As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅). The Ag polarized photodoping result in reducing time of saturation anisotropy and increasing sensitivity of linearly anisotropy intensity, up to maximum 220%. In the thin films of chalcogenide, the Ag polarized photodoping will be show a capability of new method that suggested more improvement of photoinduced anisotropy property.

Key Words : Photoinduced anisotropy(광유기 이방성:PA), Linearly dichroism(선형 이색성)
Ag polarized-photodoping(Ag편광-광도핑),
Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ Multilayer(Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 다층 박막)

1. 서 론¹⁾

근간에 칼코게나이드 유리질은 광조사에 의해 구조적, 광학적, 전기적, 화학적 유동성 재료로써 그 연구에 많은 관심이 증대되고 있다. 그 중 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 광전자 및 광통신 등의 분야에 응용되는 매우 중요한 현상이다.[1]

현재까지는 칼코게나이드 유리질에서 구조적인 유연성(structural flexibility)과 독특한 전자배치로

인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상(photoinduced phenomena:PA)이 나타난다고 알려져 왔다. 특히 광유기 특성은 유기광(inducing light)의 편광상태(polarization condition)와 전자천이형태에 따라 스칼라 현상과 벡터현상으로 나눌 수 있다.[2]

그 중 벡터현상은 광의 편광상태에 따라 굴절률과 투과도가 이색성을 가지고 나타나는 현상으로 미시적 관점에서의 마이크로볼륨을 지칭하며 즉, IVAPs[3](intimate valence alternation pairs)가 광흡수를 달리함에 따라 광구조 변환이 국부적으로 발생하는 현상이다. 따라서 이방성의 근원이 되는 IVAPs를 증가시킨다면 이색성의 크기를 크게 할 수 있으므로 벡터적 현상의 두드러진 증가를 기대할 수 있다. 최근에는 비정질 칼코게나이드 박막에서 편광-광에 의해 나타나는 벡터적 광유기현상(vectoral photo-induced phenomena)에 대한 근원을 밝히려는 많은 노력이 이루어지고 있

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

E-mail : hbchung@daisy.kwangwoon.ac.kr

** 여주대학 전자공학과

다.[4-5]

뿐만 아니라 칼코게나이드 재료에서 관찰되는 다양한 광유기 현상 중 급속(Ag, Cu등)의 광도핑 현상은 유리질의 물리적, 화학적 성질(광학상수, 예칭레이트)등의 큰 변화를 일으키기 때문에 회절광학소자 등을 제작하는데 유용한 효과중의 하나이다[6].

본 연구에서는 지금까지 연구해온 칼코게나이드 층의 Ag이온의 광도핑 현상을 이용하여 Ag/AsGeSeS 다층박막의 광유기 이방성 현상을 고찰하였다[7-11]. 이들의 광도핑 메커니즘과 다층박막을 통한 광감도 증진에 대한 정보를 제공하고자 하며, 특히 Ag의 칼코게나이드 박막에서의 백터 현상인 광유기 이방성 현상의 영향을 연구를 위하여 Ag의 구조적 배치에 따른 광유기 선형 이색성(linear dichroism) 현상을 고찰하고자 한다.

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.[12] As-Ge-Se-S계 비정질 벌크는 진공 봉입하여 전기로에서 충분히 반응하도록 한 후 Water quenching 방법을 사용하여 제작하였다. 칼코게나이드 박막층과 Ag층은 coming glass 위에 열진공증착기(thermal vacuum evaporator)를 이용하여 약 2×10^{-6} Torr의 진공도에서 a- $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막을 $1.1\mu m$ 의 두께를 갖도록 제작한 박막과 a- $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 전체 두께를 $1.1\mu m$ 로 하고 Ag를 약 100Å 두께로 증착한 2중층 박막, 그리고 a- $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ 박막 1582Å에 Ag를 100Å으로 각각 7번 연속으로 제작한 다층 박막을 제작하였다.

2.2 광유기 이방성 측정

Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 다층박막의 광유기 이방성과 광도핑에 의한 현상 확인을 위해 7중과 15중 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 세기

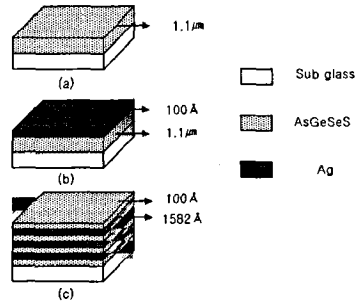


그림 1. 다층 박막 구조의 개략도. (a) Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 단일 박막 (b) Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 2중층 박막 (c) Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 7중층 박막
Fig. 1. Schematic view of multilayer sample structure. Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ (a), Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅- double layer (b), Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅- 7layer (c)

는 2.5mW/cm²이었다. 각각의 샘플에서 각 편광 방향에 대한 투과도를 측정하여 이색성의 정도를 나타내는 파라미터 D를 구하였다.[3]

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

여기서, I_∥과 I_⊥은 각각 샘플을 투과한 광이 유기광의 편광방향에 대해 수평 및 수직하게 투과된 빛의 세기를 나타낸다.

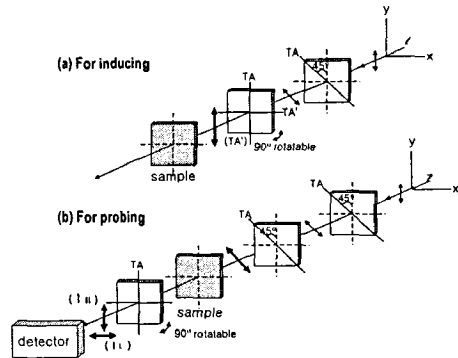


그림 2. 선형이색성과 투과도 측정을 위한 실험 장치도.
Fig. 2. The schematic arrangement to estimate linearly dichroism and transmittance intensity.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 2중층 박막과 7층 박막의 투과도 변화를 나타내는 그림이다. 2중 박막은 유기광에 의해 투과도 변화량이 각각 16%와 40%로 크게 나타나고 있다. 이는 일반적인 칼코게나이드 박막에서의 값보다 매우 큰 값이다[3]. 이러한 큰 변화는 시간이 지남에 따라 유기되는 빛의 양이 많아지면서 Ag가 유기광의 광 에너지를 흡수하여 박막 내부로 도핑되고 박막은 doped-Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 박막으로 변화됨을 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.

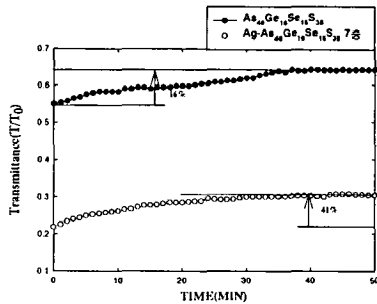
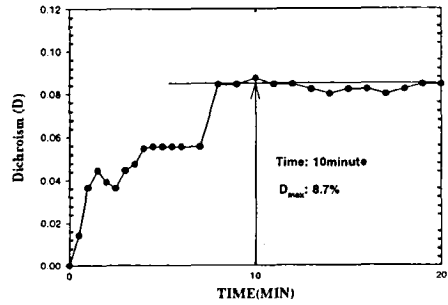


그림 3. Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 2층(●)과 7층 박막(○)의 투과도

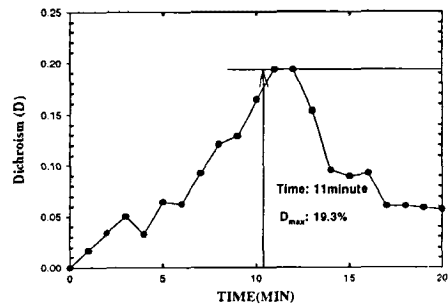
Fig. 3. The transmittance of Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ double layer(●) and 7-layer(○) sample

그림 4는 박막별 각각의 광유기 선형 이색성(linear-dichroism) D를 측정된 결과이다. 칼코게나이드의 특이한 특성으로 편광된 유기빔을 조사하면 이들은 유기광을 흡수하고 내부적으로 편광방향에 대해 유기광의 변화를 보여주고 있다.

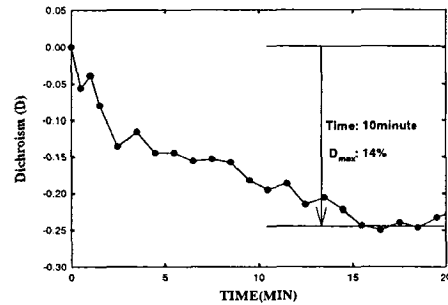
각각의 포화 이색성은 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 단일층, Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅, Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 7층이 각각 8.7%, 19.3%, 14%로 확인되었으며, 이는 칼코게나이드 박막 자체의 광유기 이방성에 Ag가 도핑되어 보다 큰 이방성현상이 나타나고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 2중층의 경우는 시간이 증가함에 따라 이색성의 정도가 점차 감소하는 경향을 갖고 있지만 Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 7층은 그 포화값이 계속 유지됨을 확인할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 칼코게나이드 As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 박막(a), Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 2중 박막(b), 7층 박막(c)의 선형 이색성

Fig. 4. The linear dichroism of As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ (a), Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ double-layer(b) and 7-layer(c)

또한 7층 박막의 경우는 선형 이색성 D가 음(-)값을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 Ag층의 증가는 유기빔의 편광방향과 수평한 빔을 더 많이 흡수함으로써 수직한 방향의 빔의 부과를 증가시키는 것과 칼코게나이드 층을 사이에 두고 Ag층을 겹층으로 쌓아놓은 형태의 박막구조를 고려해 볼 때, 유기빔이 Ag층의 계속적인 반사와 산란으로 인해 박막을 투과했을 시 위상이 변조되는 것으로 사료된다.

그림 5는 각각의 박막별 시간에 따른 선형이색성의 포화비율을 측정된 결과이다. 이는 단일박막과 7층 박막의 경우는 시간에 따른 포화이색성의 증가 비율이 거의 일치하고 그 값이 일정시간 유지됨을 알 수 있었다. 반면 2층 구조는 앞서 두 박막에 비해 빠르게 포화값에 도달하지만 이 값이 유지되지 않고 서서히 감소되는 결과를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과에서 Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 박막은 7층구조와 같은 다층구조에서 Ag이온과 칼코게나이드의 도핑현상에 의해 보다 안정된 VAPs를 형성하는 것으로 사료된다.

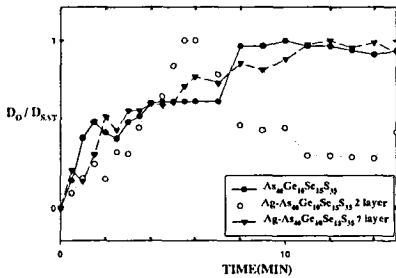


그림 5. 박막별 선형 이색성의 시간별 증가비 (D₀/D_{SAT})

Fig. 5. The linear dichroism by D₀/D_{SAT}

4. 결론

이상의 결과에서 칼코게나이드와 Ag의 단일 및 Ag/As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅ 다층층 박막에서 Ag이온의 광도핑을 이용하여 이들의 광감도와 이방성 현상을 증진시킬 수 있음을 확인하였다. 이러한 선형 이색성의 경우는 Ag의 박막구조 및 도핑 분포에 따라 Ag/AsGeSeS 2층 박막의 경우 19.3%의 최대 이색성 값을 나타내었으며, 7층 박막의 경우 14%의 이색성 값을 나타내었다. Ag 층의 구조에 따라 광

에 대하여 칼코게나이드 박막내 구조적인 변화를 일으키는데 큰 역할을 하며, 본 연구에서의 새로운 결과는 이전의 광도핑 메커니즘 해석에 대해 다양한 연구 방향을 제시할 것이라 생각한다.

감사의 글

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

본 논문은 2001년도 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원 사업으로 수행되었음.

(2001-027-3)

참고 문헌

- [1] P. Rochon, J. Gosselin, Appl. Phys. Lett., Vol. 60(1), pp. 4-5, 1992
- [2]. H. Fritzsche, J. Non-Cryst. Solids 164 166 1169 (1993)
- [3]. Mark Kastner et al. Physical Review Letters 37(22) 1504 (1976)
- [4] V. Lyubin, and M. Klebanov, Physical Review B, 53, 18, pp. 11924-11926, 1996
- [5] V. K. Tikhomirov, and S. R. Elliott, J. Non-Cryst. Solids, 198-200, pp. 669- 674, 1996
- [6] T. Wagner, E. Marquez, J. Fernandez, J. M. Gonzalez-Leal, Philos. Mag. B, 79, pp. 223, 1999
- [7] H. Fritzsche, Physical Review B, 52, 22, pp. 15854-15859, 1996
- [8] H. Y. Lee, S. H. Park, J. Y. Chun, and H. B. Chung, Proceeding of the Autumn Symposium of KIEEME, pp. 34-38, 1997
- [9] A. V. Kolobov, V. Lyubin, and V. K. Tikhomirov, Philosophical Magazine Letters, 65, 1, pp. 67-69, 1992
- [10] H. Y. Lee, J. Y. Chun, and H. B. Chung., KIEE'98 pp. 1252-1254 July, 1998
- [11] A. V. Kolobov, S. R. Elliott, Philosophical Magazine B, 1990, Vol. 61, No. 5, 859-865
- [12] 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