

Ag 편광 광도핑에 의한 칼코게나이드 박막의 광유기 이방성(PA)

The photoinduced anisotropy(PA) by Ag polarized-photodoping in amorphous chalcogenide thin films

장선주*, 여철호*, 박정일*, 이현용**, 정홍배*
*광운대학교 공대 전자재료공학과
**포항공대 Terahertz Photonics 연구단

Sun-Joo Jang*, Cheol-Ho Yeo*, Jeong-il Park*, Hyun-Yong Lee**, Hong-Bay Chung*
* Dept. of Electronic Materials Eng., Kwangwoon University
** Center for Terahertz Photonics, POSTECH

Abstract

The chalcogenide glasses of thin films have superior property of the photoinduced anisotropy(PA). In this study, we observed the phenomenon of Ag polarized photodoping using the irradiation with polarized He-Ne laser light, in the thin film of chalcogenide $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ and the double-layer of Ag doped $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$. 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(중요용어) :Photoinduced Anisotropy(광유기 이방성:PA), Ag polarized-photodoping(Ag편광-광도핑)
Linear dichroism(선형 이색성).

1. 서 론

현재까지 칼코게나이드 유리질에서 구조적인 유연성(structural flexibility)과 독특한 전자배치로 인하여 여러 가지 형태의 광유기 현상(photoinduced phenomena:PA)이 나타난다고 알려져 왔다. 광유기 특성은 유기광(inducing light)의 편광상태(polarization condition)와 전자전이형태에 따라 스칼라 현상과 벡터현상으로 나눌 수 있다.¹⁾

스칼라 현상은 일반적으로 유기광의 편광상태와 관계하지 않고, 단지 시편의 광에너지갭(E_{op}) 이상의 에너지를 갖는 광을 노출시 나타나는 현상이다. 스칼라현상과 달리 벡터현상은 광의 편광상태에 따라

굴절률과 투과도가 이색성을 가지고 나타나는 현상으로 미시적 관점에서의 마이크로볼륨 즉, IVAPs²⁾ (intimate valence alternation pairs)가 광흡수를 달리함에 따라 광구조 변환이 국부적으로 발생하는 현상으로 이방성의 근원이 되는 IVAPs를 증가시킨다면 이색성의 크기를 크게 할 수 있으므로 벡터적 현상의 두드러진 증가를 기대할 수 있다. 이러한 비정질 칼코게나이드 박막에서 편광-광에 의해 나타나는 벡터적 광유기현상(vectorial photo-induced phenomena)에 대한 근원을 밝히려는 많은 노력이 이루어져 왔다.^{3,4)}

편광 광기록 및 편광 홀로그래피 등에 연구되는 이러한 벡터 현상으로는 광학적으로 등방성 있었던

시료가 광노출에 의해 이방이 되는 광유기 이방성 (PA), 편광-광의 노출에 따라 금속이 도핑 되는 편광-광 도핑 (polarization light doping)과 회전편광-광에 의한 광유기 자이로트로피 (photoinduced gyrotropy) 등이 있다.^{5,6,7)}

또한 칼코게나이드 박막 위에 금속막을 형성시킨 후 광을 조사하면 금속 원자 또는 이온이 박막 내로 도핑, 확산되는 물리적 화학적 변화를 일으킨다. 특히 본 연구에서 칼코게나이드 박막에 편광된 빛을 사용하여 광도핑한 벡터 현상은 이들의 광도핑 메커니즘과 칼코게나이드 박막의 해석에 대한 많은 정보를 제공할 것이다.

본 논문에서는 벡터 현상인 광유기 이방성 현상과 편광-광 도핑의 근원을 이해하는 연구의 방법으로 비정질 박막(a-As₄₀Ge₁₀Se₁₅S₃₅)에 대한 선형 이색성 (linear dichroism)과 이들의 재방향성을 고찰한다.

2. 실험방법

순도 5N의 As, Ge, Se, S를 원자량 비 40 : 10 : 15 : 35를 갖도록 평량, 직경 10mm의 석영관에 약 2×10^{-5} Torr로 진공 봉입, 전기로에서 220, 600, 870°C로 순차적으로 가열하여 벌크 시료를 제작하였다. 박막은 coming glass와 Si 기판 위에 열진공 증착방법을 사용하여 1.1 μ m의 두께를 갖도록 제작한 박막과 이들 박막 위에 Ag를 같은 방법으로 약 100 Å 두께로 증착한 2중층 박막을 제작하였다. 이때 증착 속도는 비정질상의 재현성을 위하여 각각 2Å/s와 1Å/s로 유지하였고 두께 및 광학상수는 N&K Analyzer(NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

편광-광 도핑 현상 확인은 Si 기판에 제작된 2중층 박막과 AES 측정을 통해서 확인하였고, 선형 이색성 실험은 coming glass 기판에 제작된 2중층을 사용하여 확인하였다. 그림 1은 선형 이색성 실험의

장치도이며 유기광은 선형 편광된 He-Ne Laser ($\lambda = 6328\text{Å}$)를 사용하였으며 시료표면에서의 유기광의 세기는 2.8mW/cm²이었다. 각각의 샘플에서 각 편광 방향에 대한 투과도를 측정하여 이색성의 정도를 나타내는 파라미터 D를 구하였다.⁸⁾

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

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

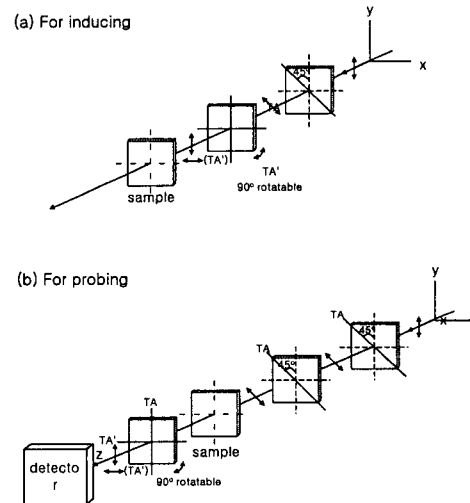


그림 1.(a) 광유기 이방성 형성, (b) 광유기 이방성의 선형 이색성 측정을 위한 편광기 배치도

3. 결과 및 고찰

비정질 칼코게나이드 박막 2중층에서 일반적으로 편광-광 도핑 현상은 편광된 유기광을 조사함으로써 Ag이온 또는 중성원자가 칼코게나이드 박막 내부의 도핑영역과 도핑 되지 않은 영역의 경계면에서 확산에 의한 유입으로 설명하고 있다.⁹⁾ 그림 2는 편광된 He-Ne 레이저가 조사된 2중층 박막의 AES 분석 결과를 나타내고 있다. 편광된 He-Ne 레이저의 조사시간을 각각 1분으로 하였으며 짧은 시간

동안 유기된 광에 의해 Ag가 Si기판의 경계까지 빠르게 도핑됨을 확인 할 수 있었다. 또 유기된 광에 의해 칼코게나이드와 Si의 경계면에서 다량의 Ag가 확인되고 있다. 이와 같은 Ag의 편광-광도핑으로 인하여 비정질 박막의 구조적 변화를 유발하며 칼코게나이드 박막에서의 이방성의 근원이 되는 VAPs의 인위적 증가를 일으킨다.

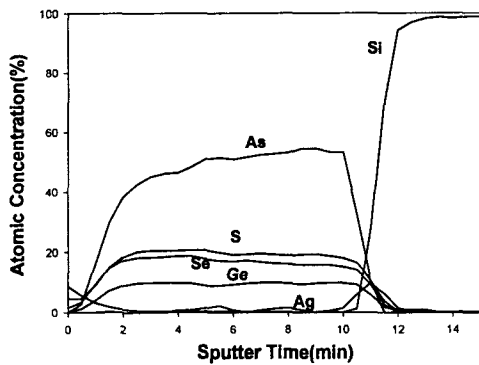


그림 2. He-Ne 레이저 조사에 의한 Ag도핑된 박막의 AES 분석결과

그림 3은 칼코게나이드와 Ag 2중층 박막의 편광-광유기의 시간에 따른 투과도를 나타내고 있다. 단일막은 유기광에서 이들의 투과도 변화량이 매우 적지만 2중층 박막의 경우는 유기광에 의해 이들의 투과도가 크게 변하는 것을 확인 할 수 있다.

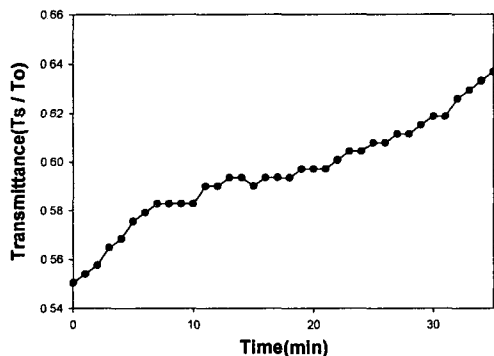


그림 3. 2중층 박막의 편광-광유기의 시간에 따른 투과도

초기 Ag층의 빛의 산란 효과에 의해 투과도가 낮으나 유기되는 빛의 양이 많아지면서 2중층 박막의 Ag가 유기광의 광 에너지를 흡수하여 박막 내부로 도핑하고 Ag이온과 칼코게나이드와 결합이 새로운 형태의 VAPs가 형성되어 투과도가 점점 증가되게 된다.

그림 4는 칼코게나이드 단일막과 2중층막을 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. 단일막의 경우 포화 이색성의 값(Dsat)이 약 8.7%를 유지하였다. 또한 2중층 박막의 경우는 포화 이색성의 값(Dsat)이 약 19.3%로 약 2배 이상의 증가하였다. 또 조사시간 12분 이후의 이색성의 감소 원인의 규명은 계속 진행 중에 있다.

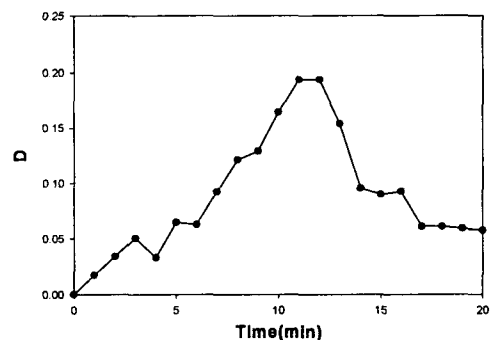
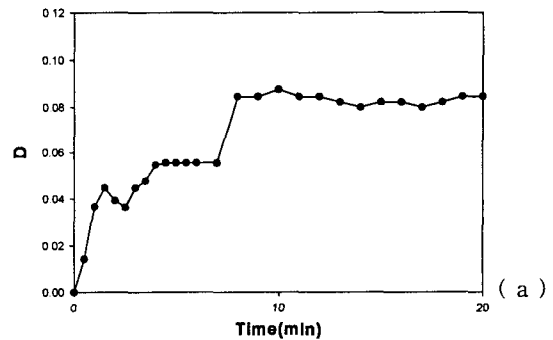


그림 4.(a)칼코게나이드 단일막, (b)칼코게나이드와 Ag의 2중층 박막의 선형 이색성

그림 5는 칼코게나이드 단일막과 2중층 박막을 사용하여 선형 이색성(linear-dichroism) D의 재방향을 측정한 결과이다. 재방향성은 칼코게나이드에서 벡터 현상을 규명하는 현상으로 각각의 유기광을 수평과 수직 편광으로 유기 하였을 때 이들의 이색성의 크기는 변하지 않고 그 방향성을 변화하는 특성이 있다. 그림에서 Ag를 포함한 2중층 박막이 재방향성 특성을 갖는 것으로 볼 때 Ag 편광-광도핑 현상이 이전의 광도핑 현상과는 다른 것으로 Ag가 편광빔에 의존하여 도핑되며 Ag 도핑 메커니즘 해석에 중요한 현상으로 여겨진다.

이상의 결과는 우수한 광유기 이방성 특성을 갖는 칼코게나이드 박막에서 Ag의 편광-광도핑에 의해 이들의 이방성 현상을 극대화할 수 있음을 확인하였다. Ag가 포함된 2중층 박막의 경우 기존의 박막보다 이색성이 최대 220%까지 증가되었으며 이러한 Ag 편광-광도핑 현상은 이전의 광도핑 메커니즘 해석에 대한 새로운 연구 방향을 제시할 수 있었다.

참고문헌

- [1]. H. Fritzsche, J. Non-Cryst. Solids 164-166 1169 (1993)
- [2]. Mark Kastner et al. Physical Review Letters 37(22) 1504 (1976)
- [3]. V. Lyubin, and M. Klebanov, Physical Review B, 53, 18, pp. 11924-11926, 1996
- [4]. V. K. Tikhomirov, and S. R. Elliott, J. Non-Cryst. Solids, 198-200, pp. 669- 674, 1996
- [5]. H. Fritzsche, Physical Review B, 52, 22, pp. 15854-15859, 1996
- [6]. H. Y. Lee, S. H. Park, J. Y. Chun, and H. B. Chung, Proceeding of the Autumn Symposium of KIEEME, pp. 34-38, 1997
- [7]. A. V. Kolobov, V. Lyubin, and V. K. Tikhomirov, Philosophical Magazine Letters, 65, 1, pp. 67-69, 1992
- [8]. H. Y. Lee, J. Y. Chun, and H. B. Chung., KIEE'98 pp. 1252-1254 July, 1998
- [9]. A. V. Kolobov, S. R. Elliott, Philosophical Magazine B, 1990, Vol. 61, No. 5, 859-865

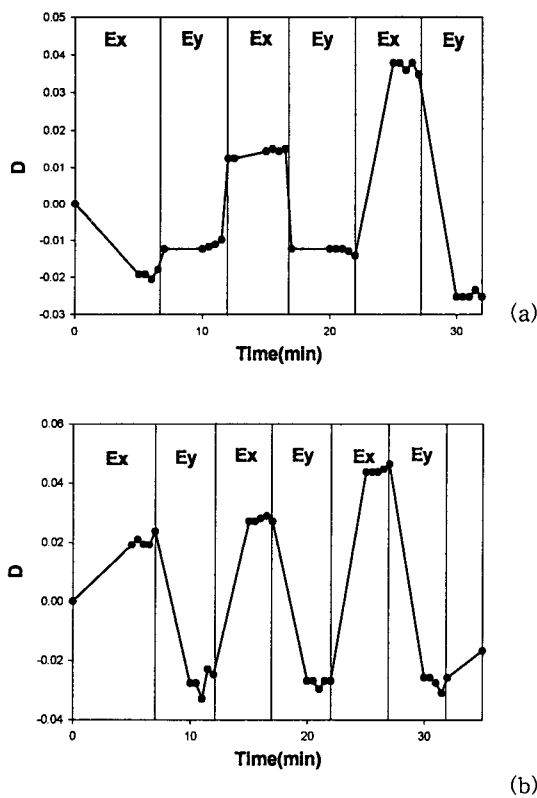


그림 5. 칼코게나이드 (a)단일막과 (b)2중층막의 선형 이색성(D)의 재방향성

4. 결 론