

칼코게나이드 박막에서의 광유기 이방성(PA)의 전기효과 의존성

장선주, 박중하, 여철호, 박정일, 이영종*, 정홍배
 광운대학교 공과대학 전자재료공학과, 아주대학 전자공학과*

Dependence by the electric field effect in the photoinduced anisotropy(PA) of the chalcogenide thin film.

Sun-Joo Jang, Jong-Hha Park, Choel-Ho Yeo, Jung-Il Park, Young-Jong Lee*, Hong-Bay Chung
 Dept. of Electronic Materials Eng. Kwangwoon University, Dept. of Electronic Eng., YeoJoo Institute*

Abstract - In this study, we have investigated the photoinduced anisotropy (PA) phenomena by the assisted electric field effect on $As_{40}Ge_{10}Se_{15}S_{35}$ thin films. Investigation of photoinduced anisotropy on the assisted electric field effect was carried out using a He-Ne laser beams (inducing and probing beams) illuminating the same area of the thin film. To investigate the effect of electric field, various bias voltages applied. The result is shown the photoinduced anisotropy dependence on electric field. Also, we obtained the property of photoinduced anisotropy in the electric field effects by various voltages.

막에 편광된 빔을 조사하고 동시에 전계인가 방법을 시도하여 현재까지 연구되어온 단일박막에 대한 벡터현상과 비교분석을 함으로서, 칼코게나이드 박막의 해석에 대한 많은 정보를 제공하고자 한다.

2. 실험 방법

실험을 위한 박막의 제작은 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 ITO(1000Å) 기판 위에 열진공증착방법을 사용하여 1.00µm의 두께를 갖도록 박막을 제작하였다. 또한 여기에 전극으로서 Au층을 150Å의 두께로 증착하였다. 증착시킨 박막의 면적은 8mm×16mm였으며, 이때 증착 속도는 비정질상의 재현성을 위하여 각각 2Å/s로 유지하였고 두께 및 광학상수는 N&K analyzer(NKT 1200)를 사용하여 측정하였다.

박막의 구조는 전기효과에 의한 광유기 이방성 특성을 알아보기 위하여 ITO 기판 위에 그림 1과 같은 박막구조를 제작하였다. 전압인가는 금(Au)-리드선을 이용하였으며, 양쪽 전극의 접합은 접촉 저항을 최소화하기 위하여 인듐(In)을 사용하였다. 또한 광유기시 전계인가는 Au층과 ITO층에 양극(+)과 음극(-)으로 인가하였다.

1. 서 론

최근 수년간 광유기 이방성(photoinduced anisotropy : PA) 현상에 대한 연구가 많은 연구자들에 의해 보고되어왔다.[1,2] 특히 칼코게나이드 유리질에서의 광유기 복굴절과 선형 이색성에 대한 많은 연구결과가 보고되면서 더욱 관심이 집중되고 있다. 이러한 광유기 이방성의 특성은 유기광(inducing light)의 편광상태(polarization condition)와 전자천이형태에 따라 스칼라 현상과 벡터현상으로 나눌 수 있다.[3]

스칼라 현상은 일반적으로 유기광의 편광상태와 관계하지 않고, 단지 시편의 광에너지갭(E_{op}) 이상의 에너지를 갖는 광을 노출시 나타나는 현상으로 이러한 현상은 광축화 현상(photodarkening), 광굴절률 변화현상(photo-refraction change)과 금속의 광확산(photo-diffusion of metal)등이 있다. 스칼라 현상과 달리 벡터현상은 광의 편광상태에 따라 굴절률과 투과도가 이색성을 가지고 나타나는 현상으로 미시적 관점에서의 마이크로볼륨 즉, IVAPs(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.[4] 편광 광기록 및 편광 홀로그래피 등에 연구되는 이러한 벡터 현상으로는 광학적으로 등방성 이었던 시료가 광노출에 의해 이방이 되는 광유기 이방성(PA), 편광-광의 노출에 따라 금속이 도핑 되는 편광-광도핑(polarization light doping)과 회전편광-광에 의한 광유기 자이로트로피(photoinduced gyrotropy)등이 있다.[5] 또한 칼코게나이드 박막 위에 금속막을 형성시킨 후 광을 조사하면 금속 원자 또는 이온이 박막 내로 도핑, 확산되는 물리적 화학적 변화를 일으킨다. 이러한 비정질 칼코게나이드 박막에서 편광-광에 의해 나타나는 벡터적 광유기현상(vectorial photo-induced phenomena)에 대한 근원을 밝히려는 많은 노력들이 이루어져 왔다. 따라서 본 연구에서는 칼코게나이드 박

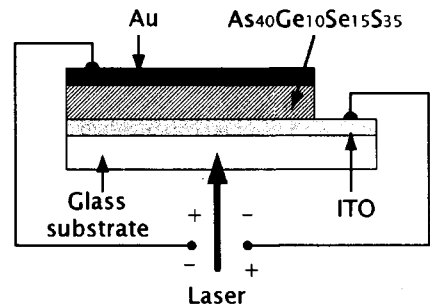


그림 1. 전기효과에 의한 광유기 이방성 측정을 위한 박막의 단면 구조

그림 2는 실험의 장치도이며 유기광은 입사면에 대해 수직(s파)인 선형 편광된 He-Ne 레이저($\lambda=6328 \text{ \AA}$; 13mW)를 유기 하였으며 샘플표면에서의 유기광의 세기는 5.90 mW/cm^2 , 측정광의 세기는 0.09 mW/cm^2 이었다. 이색성의 정도는 각각의 샘플에서 유기광의 편광 방향에 대한 I_{\parallel} 과 I_{\perp} 의 투과도 세기를 측정하였으며, I_{\parallel} 과 I_{\perp} 은 각각 샘플을 투과한 광이 유기광의 편광방향에 대해 수평 및 수직하게 투과된 빛의 세기를 나타낸다.

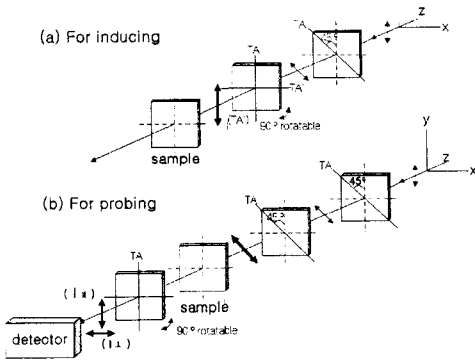


그림 2. 광유기 이방성 연구를 위한 편광기 배치도.

3. 결과 및 고찰

광유기 이방성 특성을 갖는 칼코게나이드 박막에서 전계효과에 의한 광유기 이방성을 확인하기 위하여 전계인가의 방향을 Au층을 기준으로 하여 양극(+)과 음극(-)을 인가하며, Au층이 양극(+)인 경우를 순방향 바이어스, 음극(-)인 경우 역방향 바이어스로 하였으며, 유기광의 노출시 지속적인 변화를 관찰하였다. 전계인가의 변화는 1V-5V까지 하였으며, 5V 이상에서는 박막의 파괴현상이 나타났다.

다층구조의 박막에서 보다 안정된 결과를 얻기 위하여 유리기판 방향으로 광유기를 하였다. 또한 유기광만에 의한 광유기시 수직 및 수평의 세기변화를 확인할 수 있었다. [6] 그림 3은 증착직후 박막(0V)과 1V에서 4V까지의 전계인가시 광유기시간에 대한 I_{\perp} 의 세기변화를 나타낸 것이다. 2V에서 증착직후(0V)박막에서 보다 세기가 증가하였으며, 1V와 3V에서는 I_{\perp} 의 투과도 세기가 전계의 영향에 의해 감소하는 것으로 나타났다.

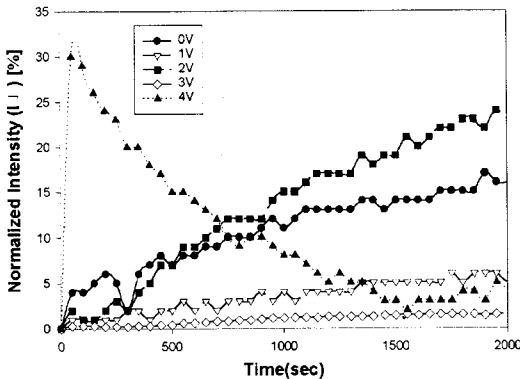


그림 3. 광유기 시간에 대한 증착직후 박막(0V)와 1V-4V 전계인가에 의한 수직 투과도 세기(I_{\perp}) 변화.

또한 4V에서는 초기에 강한 전계의 영향으로 급격한 증가 후 광유기 시간이 지속됨에 따라 감소하는 경향으로 나타났다. 이러한 현상은 광유기에 의해 생성된 결합인 VAPs ($C_3^+ + C_1^-$)가 양극성(dipole)을 갖는 성분으로 볼 수 있을 때 칼코게나이드 박막 내에서 전계의 영향으로 벡터적 변화를 유발하기 때문으로 볼 수 있다. [7] 특히 3V에서는 투과도 세기를 대폭 감소시키는

영향으로 칼코게나이드 박막의 구성원자의 결합에너지와 깊은 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. 또한 여기에 대한 메카니즘은 현재 계속 연구 중에 있다.

그림 4와 그림 5는 +3V의 전계인가시 20분간 광유기 후 유기광의 편광방향에 대해 수직과 수평의 투과도 세기를 순방향과 역방향 바이어스에 의해 전원을 ON, OFF시 측정된 결과이다. 그림 4, 5에서처럼 3V의 전계인가시 투과도 세기가 감소하였으며, OFF시 다시 유기광만에 의한 영향을 받는 투과도 세기로 증가하며 이완되는 특성을 보였다. 순방향[ON(+)]과 역방향[ON(-)]에 의한 바이어스 인가시 투과도 세기는 거의 일정하게 유지하였으며, 이것은 전계인가 바이어스의 방향성보다는 크기에 더욱 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 5의 유기광원의 편광방향에 대해 수직(I_{\perp})의 경우는 그림 4의 유기광원의 편광방향에 대해 수평(I_{\parallel})의 경우보다 전원을 차단[OFF]시 이완되는 시간이 더욱 짧은 것을 확인할 수 있으며, 이것은 입사면에 대해 수직(s파)인 선형편광을 광유기시 유기광원의 편광 상태에 대해 수직방향으로 박막내의 변화를 유발하기 때 문이다. [8] 이때 포화되는 이완시간은 I_{\perp} 은 약 100초이며, I_{\parallel} 은 약 130초이다. 또한 전원차단시 보이는 초기 세기 감소는 박막내 구성배열이 전계의 영향이 없어지면 서 다시 원상태로 돌아가려는 급격한 이완작용의 영향으로 볼 수 있다.

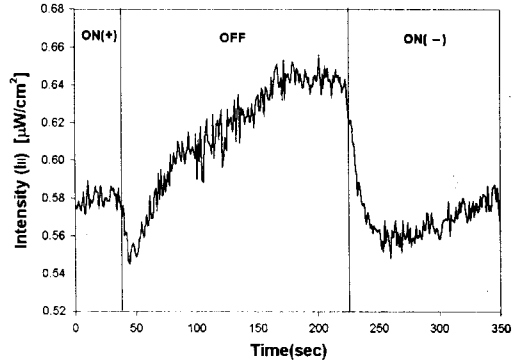


그림 4. 칼코게나이드 박막에 +3V 인가시 20분간 광유기 후, 유기광의 편광방향에 대해 수평의 투과도 세기

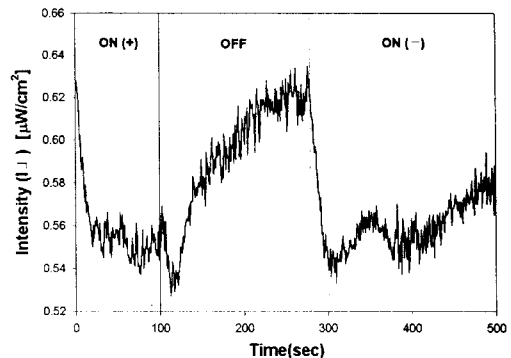


그림 5. 칼코게나이드 박막에 +3V 인가시 20분간 광유기 후, 유기광의 편광방향에 대해 수직의 투과도 세기

그림 6, 7은 칼코게나이드 박막에 +4V의 전계인가시 20분간 광유기 후 유기광의 편광방향에 대해 수직과 수평의 투과도 세기를 순방향과 역방향 바이어스에 의해 전원을 ON, OFF시 측정된 결과이다. 그림 5, 6과는 다르게 그림 6, 7에서는 전계인가시 투과도 세기가 증가

하고 OFF시 감소하였다. 이것은 그림 3에서처럼 +4V의 전계인가시 전계의 영향으로 급격한 투과도 증가를 보인다. 따라서 +4V의 전계인가시 박막 구조내의 급격한 변화를 유발하여 이전과는 다른 특성을 갖는다고 볼 수 있으며, 전원차단시(OFF) 박막내 구조적인 안정화를 위하여 변화함으로써 투과도가 감소하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 광유기 시간이 증가함에 따라 전계의 ON-OFF시 이완되는 시간이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

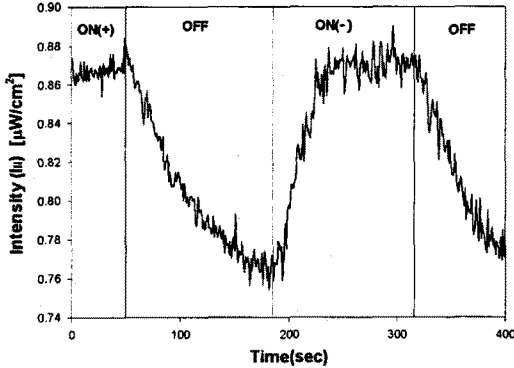


그림 6. 칼코게나이드 박막에 +4V 인가시 20분간 광유기 후, 유기광의 편광방향에 대해 수평의 투과도 세기

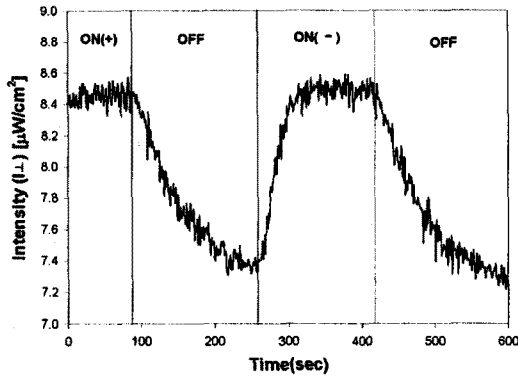


그림 7. 칼코게나이드 박막에 ±4V 인가시 20분간 광유기 후, 유기광의 편광방향에 대해 수직의 투과도 세기

4. 결 론

본 연구에서는 이전의 연구인 광유기만에 의한 광유기 이방성(PA)에 대한 연구와 비교하여[9], 전계인가시 광유기에 따른 칼코게나이드 박막의 광유기 이방성 특성에 관하여 조사하였다.

2V의 전계인가시 증착직후(0V)의 박막보다 높은 투과도 세기를 보였으며 1V와 3V는 이보다 낮은 투과도 세기를 보였다. 또한 4V에서는 초기에 급격한 증가이후 광유기 시간이 지남에 따라 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 비정질 칼코게나이드 박막이 3MV/m(3V)와 4MV/m(4V)에 해당하는 전계에 민감한 반응을 보여주는 것으로 생각 할 수 있다. 이에 대한 구체적인 메커니즘 규명은 현재 계속 연구 중에 있다.

이상의 실험결과로 볼 때 광유기 벡터현상(PA)을 보이는 As-Ge-Se-S 박막에서 전계효과에 의한 광유기 이방성을 확인할 수 있었으며, 이와 같은 전계효과에 따른 광유기 이방성은 편광 광기록 및 편광 홀로그래피

매질로 이용될 수 있는 잠재력을 갖고며, 최근 광전자분야와 광통신분야 및 광메모리와 광스위치 분야에 응용이 가능할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1]. V. Lyubin, and M. Klebanov, Physical Review B, 53, 18, pp. 11924-11926, 1996
- [2]. V. K. Tikhomirov, and S. R. Elliott, J. Non-Cryst. Solids, 198-200, pp. 669- 674, 1996
- [3]. H. Fritzsche, J. Non-Cryst. Solids, 164-166, pp.1169-1172, 1993
- [4]. M. Kastner, D.Adler & H. Fritsch, Phys. Rev. Lett., Vol. 37, pp.1504-1296, 1976
- [5]. A. V. Kolobov, V. Lyubin, and V. K. Tikhomirov, Philosophical Magazine Letters, 65, 1, pp. 67-69, 1992
- [6]. V. Lyubin, M. Klebanov, Phy. Rev. Lett, Vol 53, 18, pp.11924- 11926, 1996
- [7]. G. J. Adriaenssens, V. K. Thkhirirov, S. R. Elliot, J. of Non-Cryst. Solids.227-230, pp. 688-693, 1998
- [8]. K. Tanaka, Mag. of SCIENCE, Vol. 277, 19 september, 1997
- [9]. H. Y. Lee, S. H. Park, J. Y. Chun, C. H. Yeo, and H. B. Chung, Proceeding of the Spring Symposium of KIEE'98, pp.7-10, May, 1998