

As₂S₃ 박막의 투과 스펙트럼을 이용한

광학 상수와 특성 조사

Determination of Optical Constants of Amorphous As₂S₃

Thin Film by Transmission Spectrum

우성용, 이상조, 김건엽, 곽종훈

영남대학교 물리학과

wosyo@yumail.ac.kr

비정질 As₂S₃ 박막에 레이저광의 조사에 대한 투과율 변화는 굴절률과 흡수계수 변화 등의 비선형 광학 특성에 대한 많은 정보를 제공해준다. 투과 스펙트럼을 측정하여 비정질 As₂S₃ 박막의 광학 상수를 결정하는 일은 간단하면서도 신뢰도 높은 값들을 얻을 수 있게 한다.⁽¹⁾ 본 실험에서는 비정질 As₂S₃ 박막을 진공 증착법을 이용하여 제작하고, 스펙트로포터미터를 사용하여 박막이론에 따른 굴절률, 흡수계수, 박막의 두께 및 조사된 레이저광에 의한 광학적 상수의 변화등을 측정하였다. 또한 단일 파장의 레이저 조사 시 투과율 변화를 실시간으로 조사하고 분석하였다.

기판 위에 증착된 박막에 수직으로 빛이 입사하는 경우의 투과율은 다음과 같이 주어진다.⁽²⁾

$$T = \frac{Ax}{B - Cx \cos \psi + Dx^2} \quad (1)$$

여기서 $A = 16n^2s$, $B = (n+1)^3(n+s^2)$, $C = 2(n^2-1)(n^2-s^2)$, $D = (n-1)^3(n-s^2)$, $\psi = 4\pi nd/\lambda$, $x = \exp(-ad)$ 이며 n 과 s 는 박막과 기판의 굴절률, a 는 흡수 계수, d 는 박막의 두께, λ 는 파장이다. 비정질 As₂S₃ 박막의 경우 측정된 투과율에서 파장에 따라 흡수가 증가하는 영역(strong absorption region)과 투명한 영역(transparent region)으로 나눌 수가 있고, 각각의 조건을 이용하여 굴절률과 흡수계수 그리고, 두께를 구할 수가 있다. 또한 굴절률과 흡수 계수에 관련된 이론을⁽³⁻⁵⁾ 적용하여 물질상수들을 구할 수 있다. 또한 광학적 띠허격 에너지(optical band gap energy)에 해당하는 레이저 광원이 물질에 입사하면 광암색화(photodarkening)가 일어나며 이때 광학 상수의 변화가 유도된다. 이 과정에서 시간에 따른 굴절률과 흡수 계수의 변화는 4준위 에너지 모형을 적용하여 밀도행렬(density matrix) 기법⁽⁶⁾으로 구할 수 있으며 다음과 같이 주어진다.

$$\alpha(t) = \alpha_0 + \Delta\alpha(t) = \alpha_0 + \delta\alpha \frac{J}{1+J} [1 - \exp(-\beta It)], \quad (2)$$

$$n(t) = n_0 + \Delta n(t) = n_0 + \delta n \frac{J}{1+J} [1 - \exp(-\beta It)]. \quad (3)$$

여기서 t 는 시간이고, $\delta\alpha$ 와 δn 은 흡수계수와 굴절률 변화, $J = I/I_{sat}$, I_{sat} 는 포화 세기, β 는 온도에

의존하는 물질상수이다. 이렇게 구한 시간에 따른 굴절률과 흡수계수의 변화를 (1)식에 적용하여 투과율 변화를 예측할 수 있다. 그림 1은 진공증착하여 제작한 박막과 Ar-ion 레이저 (514 nm, 2.41 eV)광을 0.5 mW/cm^2 의 세기로 60분가량 조사하였을때의 투과율 스펙트럼의 변화를 나타낸다. 측정된 투과율 스펙트럼으로 구한 굴절률 변화는 약 0.14정도 증가 하였으며 두께는 약 1318 nm에서 약 1395 nm 정도로 증가 하였다. 그림 2의 실선은 Wemple-Di Domenico 분산 관계식^(3,4)으로 시뮬내기한 것이다. 그림 3에서는 광학적 띠 간격 에너지의 변화는 0.07 eV의 변화를 보였다. 광암색화에 의해 굴절률의 증가와 띠 간격 에너지의 감소가 관측되었다. 그림 4는 비정질 As_2S_3 박막의 띠 간격 에너지에 해당하는 Ar-ion 레이저 ($\lambda=514 \text{ nm}$)을 조사하여 시간에 따른 투과율 변화를 나타낸 그래프이다. (2)와 (3)식의 굴절률과 흡수 계수의 변화를 (1)식에 대입하여 투과율 변화를 실험값과 이론식으로 시뮬내기 하였으며, I_{sat} 는 12.4 mW/cm^2 , 물질 상수에 해당하는 β 는 $0.02 \text{ cm}^2/\text{mJ}$ 를 얻었다.

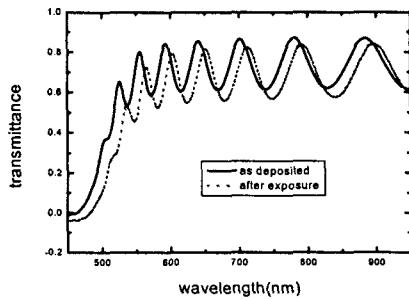


그림 1. 레이저 조사기 투과율 스펙트럼의 변화.

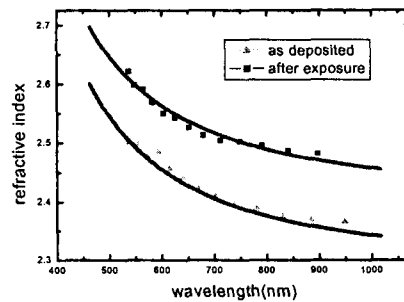


그림 2. 비선형 굴절률의 변화.

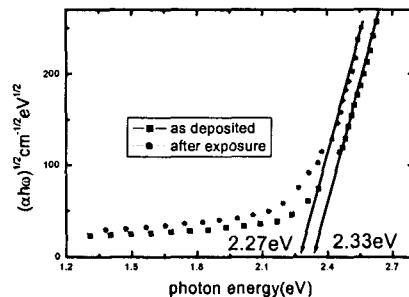


그림 3. 박막의 띠 간격 에너지 변화.

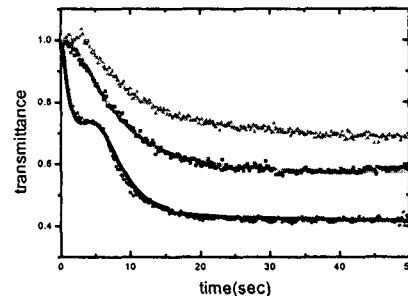


그림 4. 레이저로 조사한 박막의 시간에 따른 투과율 변화.

본 연구는 2002년도 한국과학재단 목적기초연구 (R05-2002-000-00875-0)의 지원으로 수행되었으며
이치 감사드립니다.

- [1] E. Marquez, J. B. Ramirez-Malo, P. Villares, R. Jimenez-Garay and R. Swanepoel, *Thin Solid Films*, **254**, 83 (1995).
- [2] R. Swanepoel, *J. Phys. E*, **16**, 1214 (1983).
- [3] S. H. Wemple and W. DiDomenico, *Phys. Rev. B* **3**, 1338 (1971).
- [4] S. H. Wemple, *Phys. Rev. B* **7**, 3767 (1973).
- [5] R. K. Galkiewicz and J. Tauc, *Solid State Commun.*, **10**, 1261 (1972).
- [6] C. H. Kwak and S. S. Lee, *Appl Opt.*, **27**, 2858 (1988).