

PI-SOT 비선형 고분자 박막의 전기광학 계수 측정

Measurement of Electro-optic coefficients in a PI-SOT Nonlinear Polymer Thin Film

정연홍, 조재홍, 장 수, *김태동, *이광섭
 한남대학교 물리학과, *고분자학과
 jhjo@eve.hannam.ac.kr

최근 초고속 정보통신망이나 멀티미디어와 같은 광 신호처리 시스템 및 집적 광회로 등에 대한 연구가 급속히 진행되면서 보다 빠른 동작시간과 큰 비선형 광학특성을 가지며 손쉽게 대량으로 생산할 수 있는 새로운 물질의 필요성이 대두되고 있다. 이 새로운 물질은 사용파장 영역에서의 높은 투명도와 물질의 가공성, 물리·화학적, 기계적, 전기적 및 열적 안정성, 높은 광손상 문턱값, 저렴한 제조가격등의 조건을 만족시켜야 한다. 이러한 조건들은 기능성 고분자 물질로 쉽게 만족시킬 수 있으며, 특히 이 고분자 물질은 선형 및 비선형 광특성을 쉽게 바꿀 수 있고, 반도체 제조 과정을 직접 적용할 수 있기 때문에 비선형 광학장치에 적합한 재료로 알려져 왔다.^[1]

따라서 본 실험에서는 극성이 큰 Cyanosulfonyl group의 발색단을 열안정성이 매우 높은 polyimide matrix구조에 도입시켜 최종적인 PI-SOT(Polyimide계 4-[N,N-bis(hydroxyethyl)amino -4-(β-Cyano-β-(methylsulfonyl)vinyl)azobenzene)용액을 합성하였다. 이 고분자용액을 0.2 μm 테프론 주사기 필터로 거른 후 1 mm 두께의 슬라이드 유리 기판 위에 스펀 코팅함으로써 고분자 박막으로 제조하였다. 그리고 prism-film coupler method를 이 PI-SOT 박막에 적용하여 m-line을 측정하였으며, 이로부터 박막의 두께와 굴절률을 측정하였다.^[4] 이때 He-Ne 레이저(파장: λ=632.8nm) 광을 렌즈(초점거리: f=3cm)로 집속시켜서 굴절률이 1.9649(λ=632.8nm)인 Gadolinium Gallium Garnet(GGG) 프리즘에 입사시킴으로써 박막으로 도파되는 고유모드중 일부가 다시 m-line으로 관측되도록 하였다.

전기광학계수를 측정하기 위해서는 Indium Tin Oxide(ITO)가 입혀진 슬라이드 유리 기판 위에 박막을 입힌 후 5 kV의 전압으로 conona poling하였고, 이 기판에 진공증착 방법으로 전극을 Au로 코팅하여 제작한 후, 온도조절이 가능한 장치속에서 이 박막에 AC 10 V의 전압을 인가하면서 박막 안으로 도파된 레이저 광의 위상변화로부터 변화된 값을 측정하였다. 이 측정값과 실험변수들을 이용하여 다음과 같이 주어진 (1)식에 대입하여 전기 광학계수를 계산하였다.^[2,3]

$$\gamma_{33} = \left(\frac{3\lambda}{4\pi v_m} \right) \left(\frac{I_m}{I_c} \right) \frac{(n^2 - \sin^2 \theta)^{\frac{1}{2}}}{n^2 \sin^2 \theta} \quad (1)$$

여기서 v_m 은 박막내에 인가한 전압을 뜻하며, I_m 은 전압을 인가한 후에 측정된 변조광세기(modulated beam intensity)이다. 또한 I_c 는 보정기에 의한 오실로스코프에서 측정된 반치폭(half of the maximum intensity)을 의미 한다. 그리고 n 과 θ 는 매질의 굴절률과 입사각을 나타낸다.

그림1. PI-SOT 고분자 박막의 전기광학계수 측정을 위한 실험장치도 그림2. 온도 변화에 따른 전기 광학계수의 변화

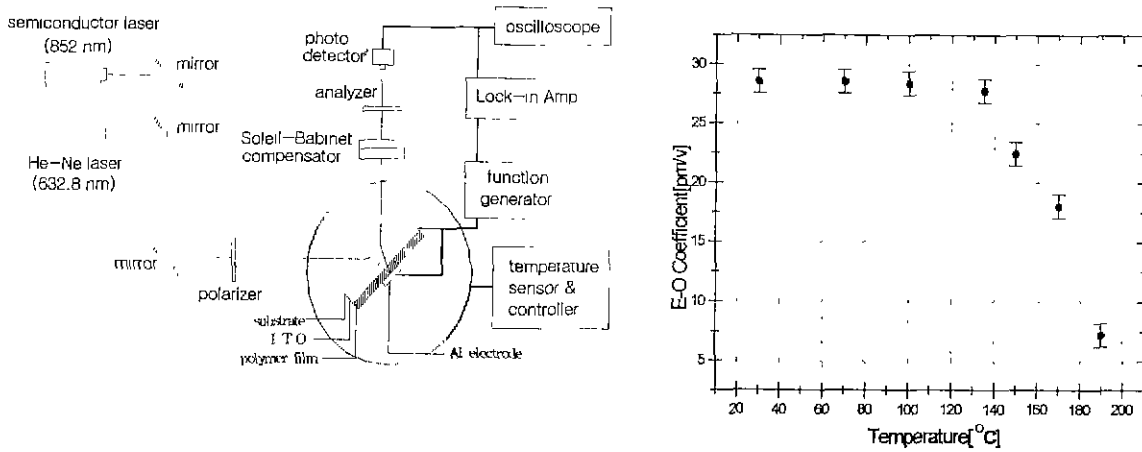


그림 1은 전기광학계수 측정을 위한 실험장치도이다. 광원으로는 632.8 nm의 He-Ne 레이저 (uniphase, model: 1135p)와 852 nm 반도체 레이저(SDL Inc, model: SDL-5712-H1)를 각각 사용하였으며, 오실로스코프로 I_c 값을 측정하였다. 또한 주파수 발생기(function generator)에서 박막의 양단에 전압 v_m 를 인가하므로써 (1)식에서 언급하는 변조광세기인 I_m 값을 Lock-in Amplifier에서 구할 수 있었다. 이미 언급한 m-line 방법으로 측정된 박막두께인 $1.22 \mu\text{m}$ (TE-mode)와 굴절률 1.64(TE-mode) 및 실험장치에 의해서 측정된 I_m 과 I_c 을 (1)식에 적용하여 전기 광학계수인 γ_{33} 값을 측정된 결과, 상온에서 28.61 pm/V 였다.

그림 2는 온도에 따른 전기광학계수의 변화를 측정된 것이다. 온도 조절기를 이용하여 각 영역에서 30분 동안 일정하게 온도를 유지하였으며, 이때 온도의 오차는 $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ 였다. 측정값은 5분마다 I_m 값을 Lock-in Amplifier로부터 측정하여 얻은 평균값이다. 그 결과 온도별 전기 광학계수 값은 $140 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 변화가 시작되어 고온인 $170 \text{ }^\circ\text{C} - 180 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 급격히 떨어짐을 알 수 있었다. 이로부터 합성된 PI-SOT가 높은 유리전이 온도(T_g)를 가지며, $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 까지는 거의 변화가 없음을 알 수 있었다. 그러므로 일반적인 고분자 박막들의 가장 큰 문제점인 열에 의한 유기분자의 배향이 흐트러지는 현상이 본 PI-SOT 고분자 박막에서는 높은 온도에서 나타나기 때문에 광소자화에 응용 가능성이 크다고 본다.



* 본 연구는 '97 교육부 기초과학 학술연구조성비 (BSRI-97-2444)로 지원으로 수행되었음을 알려드립니다.

참고문헌

1. C. C. Teng, Appl. Phys. Lett., 60, 1538 (1992)
2. Y. Shuto and M. Amano, J. Appl. Phys., 77(9), 4632 (1995)
3. C. C. Teng and H. T. Man, Appl. Phys. Lett., 56(18), 1734 (1990)
4. F. Ghailane, G. Manivannan, E. J. Knystautas and R. A. Lessard, J. Opt. Soc. Am. A 12(8) 1683 (1995)