

긴 사슬로 된 분자들의 제 3차 비선형광학 감수율 측정

조 창 호

배재대학 물리학과

고도경, 이재형, 장준성

서울대학교 물리학과

긴 사슬로 된 유기분자인 β -Carotene, Retinal, Retinol의 제 3차 비선형 광학감수율을 자기유도 타원편광축회전 방법으로 측정하였다. β -Carotene의 $\chi_{1221}^{(3)}(-\omega, \omega, \omega, -\omega)$ 값이 $32.4 \times 10^{-14}(\text{cm}^3/\text{erg})$ 였다.

1. 서론

강력하고 편광된 레이저 광은 매질의 비등방성을 유도한다. 레이저광의 세기에 따른 편광상태가 변화하는데 특히 유도광이 매질에 복굴절을 유도하고 유도광 자신이 탐사광이 되어 유도광 자신의 편광상태가 변하게 되는 효과를 자기유도 타원편광축회전이라 한다. 이러한 광학적 성질을 이용하면 여러 제 3차 비선형 광학감수율 (3rd order nonlinear optical susceptibility)tensor 성분중에서 한 성분인 $\chi_{1221}^{(3)}(-\omega, \omega, \omega, -\omega)$ 을 측정할 수 있다.^[1] 이미 액체, 유리, 정방형 고체들의 시료에서 $\chi_{1221}^{(3)}(-\omega, \omega, \omega, -\omega)$ 가 측정되었다.^[2]

본 실험은 긴 사슬로 된 유기분자인 β -Carotene, Retinal 그리고 Retinol의 $\chi_{1221}^{(3)}(-\omega, \omega, \omega, -\omega)$ 을 측정하고, 사슬로 된 유기분자들의 이중결합수가 그 값들에 미치는 영향에 대하여 검토한다.

2. 실험

매질이 투명하다고 가정하면, 비선형 광학감수율 텐서는 실수(real)이므로 자기유도 타원 편광축회전 (self-induced ellipse rotation : SIER) 은 자기유도 원형 이색성(self-induced circular dichroism)이 없는 매질에서 일어난다. SIER의 편광타원의 장축 회전각은 아래와 같이 주어진다.^{[1], [2]}

$$\theta = (\omega/2C)(\delta n_+ - \delta n_-) = -\frac{48\pi^2}{n^2c^2} \omega \text{Im}P\chi_{1221}^{(3)}(-\omega, \omega, \omega, -\omega) \quad (1)$$

여기에서 l은 매질의 길이이고, P는 편광인자이며 $P = (|E_x|^2 - |E_y|^2) / |E|^2$ 로 나타낸다. l은 레이저광의 세기이다.

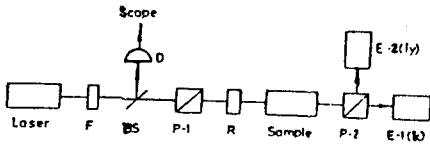


Fig. 1. Experimental arrangement for observing SIER.

F: density filter, R: $\lambda/4$ -plate,

P-1, P-2:

Glan-air polarizers,

E₁, E₂: Energy-power meter,

D: HP5082 photodiode.

SIER을 측정하는 실험장치는 그림1 과 같다. 시료로는 β -Carotene ($C_{40}H_{56}$: Fluka Co.), Retinol (Vitamin A : $C_{20}H_{30}O$: SIGMA chem. Co.)과 Retinal (Vitamin A aldehyde : $C_{20}H_{28}O$; SIGMA chem. Co.)이며 영하 10°C 이하에서 보관하여 실온에서 CS₂에 녹여서 실험 하였다. 용액인 CS₂ 15ml에 β -Carotene은 $7.6 \times 10^{-3}g(9.5 \times 10^{-4}mol)$, Retinal과 Retinol은 각각 $4.0 \times 10^{-3}g$ 을 녹여서 시료로 사용하였는데 β -Carotene은 포화용액이었으며 Retinal과 Retinol은 포화용액이 아니었다. 시료의 길이는 14cm였다. 실험에 사용한 레이저는 ND:YAG (Spectra Physios DCR-2) 레이저로써 Q-스위치 되었으며 펄스폭은 8.5ns 이고 세기는 약 35MW/cm²이고, 펄스반복률은 20pps 였다. 실험장치로 부터 편광인자 P는 아래와 같이 기술할 수 있다.^[3]

$$P = 2 \sin \alpha \cos \alpha \quad (2)$$

여기에서 α 는 $\lambda/4$ 판의 광축과 선형 연산자와 이루는 각이다. Glan-air 편광자 (P-2)에서 P파와 S파의 레이저광의 세기의 비율은 다음과 같다.^[3]

$$\gamma = I_s / I_p$$

$$= \frac{\cos^2 \alpha \sin^2(\alpha - \theta) + \sin^2 \alpha \cos^2(\alpha - \theta)}{\cos^2 \alpha \cos^2(\alpha - \theta) + \sin^2 \alpha \sin^2(\alpha - \theta)} \quad (3)$$

이다.

E₁과 E₂의 레이저광의 세기를 측정하므로써 γ 가 결정되고 (1)식과 (3)식에서 $\chi_{1221}^{(3)}$ 을 계산할 수 있다.

3. 결과 및 논의

그림1 의 실험장치를 하여 γ 를 측정하였다. 이로부터 얻은 $\chi_{1221}^{(3)}(-\omega, \omega, \omega, -\omega)$ 은 표 1 과 같다.

시료	β -Carotene	Retinal	Retinol
이중결합수	11	6	5
형태	$9.5 \times 10^{-4}mol$ in CS ₂	unsaturated	
$\chi_{1221}^{(3)}$ (cm ³ /erg)	$32 \pm 2 (X10^{-14})$	26 ± 2 (X10 ⁻¹⁴)	22 ± 2 (X10 ⁻¹⁴)

표1 결과 요약