

# 칼날 X축 주사법을 이용한 폴피린:아연 색소가 첨가된 네마틱 액정의 비선형 흡수 계수 측정 연구

## Measurement of nonlinear absorption coefficient of porphyrin:Zn dye doped nematic liquid crystal by using a knife edge X-scan method

김건엽, 곽중훈\*  
영남대학교 물리학과  
psyche@yumail.ac.kr

칼날 X축 주사법<sup>(1)</sup>은 렌즈로 집광한 레이저 빔 초점에 위치한 비선형 광학 매질 앞에서 일정한 속도로 칼날을 광축의 수직 방향으로 이동하여 열린 개구 상태로 비선형 광학 매질을 투과한 빔 파워 변화를 측정한다. 이 방법으로 비선형 광학 매질의 비선형 흡수 계수를 쉽게 측정할 수 있어서 칼날 주사법의 장점인 빔 반경 측정과 더불어 비선형 흡수 계수를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 다양한 농도의 폴피린:아연 색소가 첨가된 네마틱 액정의 비선형 흡수 계수를 칼날 X축 주사법으로 측정하였다. 또한 본 연구 결과의 타당성을 검증하기 위해, 1990년 CREOL 그룹에서 제안한 간단한 실험 장치로 높은 정밀도의 비선형 광학 매질의 비선형 흡수 계수의 크기와 부호를 동시에 측정할 수 있는 열린 개구 Z-scan 방법<sup>(2)</sup>을 이용하여 농도가 다른 색소가 첨가된 네마틱 액정의 비선형 흡수 계수를 측정하여 비교, 분석하겠다. 칼날 X축 주사법에서 초점에 둔 비선형 광학 매질의 이광자 흡수 (two photon absorption)을 고려한 경우, 비선형 광학 매질을 투과한 후의 빔 파워 변화는

$$P(x) = P_0 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-q)^n}{n+1} \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{\sqrt{2(n+1)}x}{w} \right) + 1 \right] \quad (1)$$

로 주어진다. 여기서  $P_0$ 는 렌즈 초점에서의 빔 파워,  $q = \beta_0 I_0 L_{eff}$ 로 비선형 흡수 계수에 비례하는 양이며,  $\beta_0$ 는 비선형 흡수 계수,  $I_0$ 는 렌즈 초점에서의 빔 세기,  $\operatorname{erf}(\cdot)$ 는 error 함수,  $L_{eff} = (1 - \exp[-\alpha_0 L]) / \alpha_0$ 는 매질의 유효 길이 (effective length),  $x$ 는 칼날의 위치,  $w_0$ 는 렌즈 초점에서의 빔 반경,  $z_0$ 는 Rayleigh 회절 거리,  $\alpha_0$ 는 비선형 광학 매질의 선형 흡수 계수,  $L$ 은 비선형 광학 매질의 두께이다.  $n=0$ 인 경우 식 (1)은 비선형 광학 매질이 없을 때의 칼날 주사법 결과와 같다. 이광자 흡수를 고려한 열린 개구 z-scan 투과율은

$$T = \frac{1 + (z/z_0)^2}{q} \ln \left[ 1 + \frac{q}{1 + (z/z_0)^2} \right] \quad (2)$$

로 주어지며<sup>(2)</sup>,  $z$ 는 광축 상에서 초점 전후로 비선형 광학 매질이 이동하는 거리이고,  $z_0$ 는 Rayleigh 회절 거리이다. 본 실험에 사용한 비선형 광학 매질은 Merck사의 네마틱 액정 E7에 폴피린:아연 색소 농도를 0.06wt%, 0.13wt%, 0.30wt%, 0.50wt%, 0.60wt%로 달리하여 교반기를 이용하여 24시간 동안 네마틱 액정과 섞은 다음, ITO가 증착된 두 장의 유리 기판

사이에  $20\mu\text{m}$  크기의 공간자 (spacer)로 일정한 간격으로 만들어 UV 본드로 접착하여 제작한 폴리리나아연 색소가 첨가된 네마틱 액정을 모세관 현상을 이용하여 유리 기판 사이에 주입하였다.  $632.8\text{nm}$  파장을 가진 He-Ne 레이저를 사용하여 비선형 광학 매질이 없는 상태에서 칼날 주사법을 적용하여 입사빔 파워  $6.0\text{mW}$ 에서 렌즈 초점에서의 빔 반경을 측정하였고, 측정된 빔 반경은  $10\mu\text{m}$  였다.

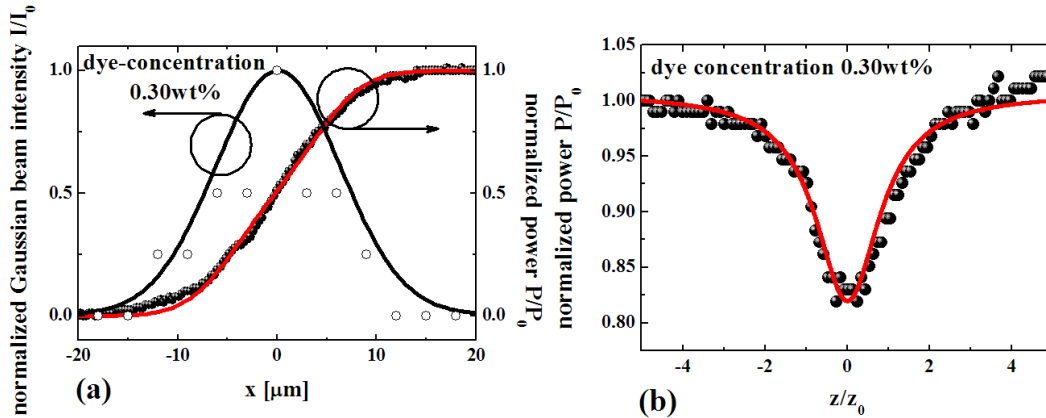


그림 2. 색소가 0.30wt% 첨가된 네마틱 액정에서 (a) 칼날 X축 주사법과 (b) 열린 개구 Z-scan 방법으로 측정된 결과와 이론적 그래프.

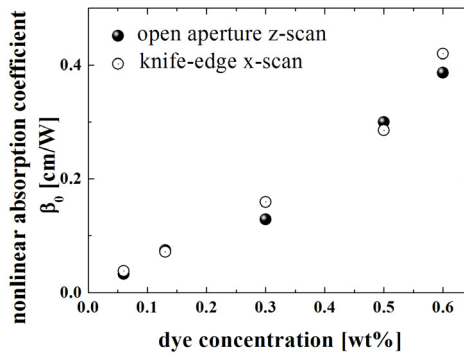


그림 2. 칼날 X축 주사법과 열린 개구 Z-scan 방법으로 측정된 비선형 흡수 계수 비교.

그림 1 (a)는 칼날 X축 주사법에 의한 측정 결과이며 그림 1 (b)는 열린 개구 Z-scan 방법에 의한 전형적인 측정 결과이다. 그림 2에서 보는 바와 같이, 농도에 따라서 위의 두 방법으로 결정한 비선형 흡수 계수의 크기가 유사함을 알 수 있고 같은 부호를 보였다.

1. G. Y. Kim, C. H. Kwak, "Measurement of the nonlinear absorption coefficient by using a knife edge x-scan method", SAEMULLI (New Phys.) 54, 312 (2007).
2. C. H. Kwak, Y. L. Lee, and S. G. Kim, "Analysis of asymmetric Z-scan measurement for large optical nonlinearities in an amorphous  $\text{As}_2\text{S}_3$  thin film", J. Opt. Soc. Am. B16, 600 (1999).