

폴피린:아연 첨가 액정의
액정 방향자 재배열에 의한 광굴절 효과에 관한 연구
Study on Photorefractive Effects
by the director axis reorientation
in Porphyrin:Zn doped Liquid Crystal

김은주*, 이상조, 김건엽, 곽종훈
 영남대학교 이과대학 물리학과
 ejkim@yumail.ac.kr

1969년 액정에서 전도도와 유전상수의 비등방성의 결과로 외부 인가 DC전기장에 의해 액정내부에 공간 전하장(space charge field)이 형성된다는 사실이 Helfrich에 의해 규명된 이후^[1], Khoo 그룹등에 의해 액정에 기초한 광학매질이 새로운 광굴절 매질로서의 가능성이 있음이 제기되었다^[2-5].

폴피린:아연과 같은 색소가 첨가된 네마틱 액정(dye doped liquid crystal)은 실시간 홀로그램 제작이 가능하고, 높은 회절효율을 가지며, 굴절률 변조를 전기적, 광학적으로 조절할 수 있다. 또한, 무기 광굴절 매질(inorganic photorefractive crystal), 광굴절 고분자(photorefractive polymer)와 같은 기존의 광굴절 매질에 비해 $ms \sim \mu s$ 정도의 빠른 응답시간(response time)을 가진다.

본 논문에서는 물질방정식(material equation)과 토크 균형방정식(torque balance equation)으로 폴피린:아연(porphyrin:Zn)이 첨가된 네마틱 액정의 공간 전하장과 굴절률 변조, 이득계수(gain coefficient), 회절효율(diffraction efficiency)을 이론적으로 계산하여 광굴절 매커니즘을 설명하였다. 또한, 이광파 혼합실험(two wave mixing experiment)으로 외부 인가 전기장의 방향과 크기, 매질의 기울임 각도(tilt angle), 빔의 편광(polarization)상태 등의 다양한 조건 하에서 이득계수와 회절효율을 측정하여 그 결과를 이론곡선과 시뮬네이션(curve fitting)하여 비교, 분석하였다.

이광파 혼합실험에서 기록빔(writing beam)은 $514nm$ 의 Ar-ion 레이저를 사용하였고, 재생빔은 $633nm$ 의 He-Ne 레이저를 사용하였다. 기록빔의 입사각은 $2\theta = 20^\circ$ 로 하고, 재생빔의 입사각은 브래그 조건에 따라 $2\theta_B \approx 26^\circ$ 로 하였다. 매질로부터 큰 굴절률 변조를 얻기 위해서 기록빔과 재생빔의 편광상태는 이상광선(extraordinary wave)로 하였다.

그림 1은 이광파 혼합실험에 관한 개념도와 매질을 투과한 두 기록빔의 실시간 결과를 보여준다. 입사된 두 기록빔의 강도는 $I_1 = I_2 = 280mW/cm^2$ 로 두 빔의 강도비를 1:1로 하였고, 샘플의 기울임 각 β 는 35° 이다. 샘플에 인가한 외부 전기장의 크기는 $E_o = 1.2V/\mu m$ 이고, 전기장의 방향은 빔진행 방향으로 두었다. 외부 전기장을 인가하고 두 빔을 동시에 입사시키면, 그림 1과 같이 I_2 는 이득(gain)이 되고 I_1 은 손실(loss)이 되는 에너지 전달(energy transfer)현상이 관측되는데 이는 폴피린:아연 첨가

네마틱 액정이 전형적인 광굴절 매질임을 나타낸다. 그림 2는 외부 인가 전기장의 크기에 따른 I_2 의 이득계수와 회절효율을 측정된 것이며, 실선은 측정결과를 시뮬레이션한 이론곡선이다. 이득계수와 회절효율의 값은 외부 인가전기장의 값이 커짐에 따라 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였고, 이득계수의 최대값과 회절효율의 최대값은 서로 다른 전기장 값에서 나타났다. 그림 3은 여러 기울임 각에 따른 회절효율을 보여주고 있으며 실선은 이론 곡선이다. 기울임 각이 커질수록 회절효율의 최대값이 더 낮은 전기장쪽으로 이동하는 것을 알 수 있다.

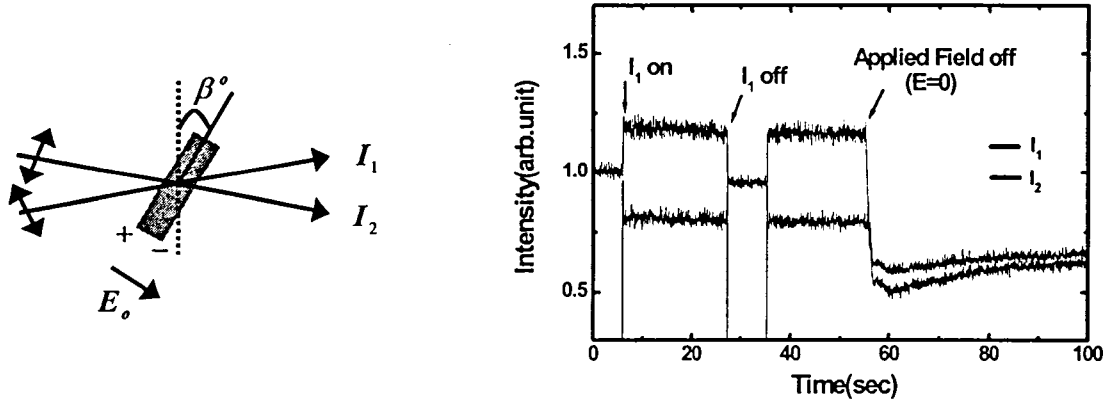


그림 1. 이광과 혼합실험의 개념도와 실험결과.

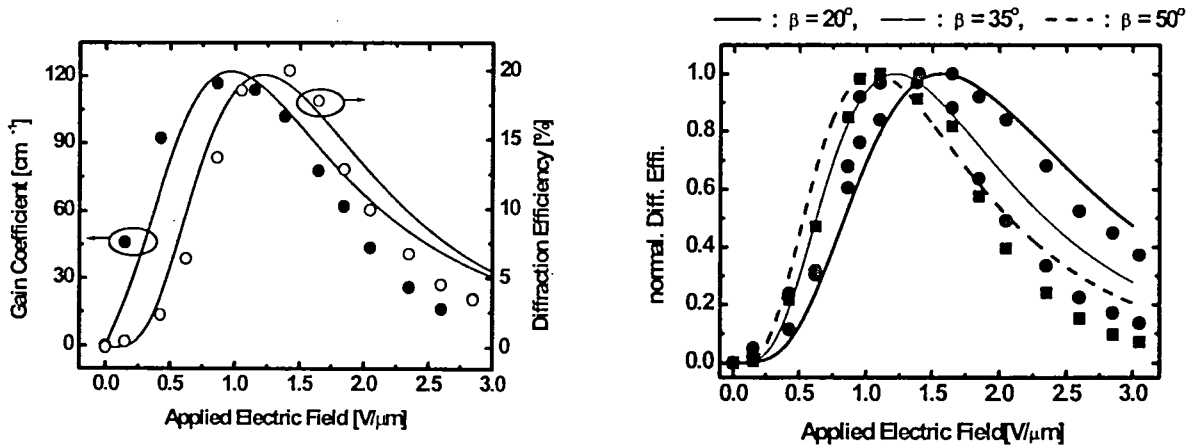


그림 2. 외부 전기장에 따른 이득계수와 회절효율.

그림 3. 기울임 각에 따른 회절효율.

1. W. Helfrich, J. Chem. Phys. 51, 4092 (1969).
2. E. V. Rudenko and A. V. Sukhov, JETP. 78, 875 (1994).
3. I. C. Khoo, IEEE J. Quantum Electron. 32, 525 (1996).
4. I. C. Khoo, B. D. Guenther, M. V. Wood, P. Chen, and M-Y Shin, Opt. Lett. 16, 1229 (1997).
5. G. Zhang, G. Montemezzani, and P. Gunter, J. Appl. Phys. 88, 1709 (2000).