

광기능성 고분자매질에서의 편광홀로그램 연구

Study on Polarization Hologram in Photoreactive Polymer

주원제, 박장만, 오차환, 송석호, 한양규*, 김필수

한양대학교 자연과학대학 물리과

*한양대학교 자연과학대학 화학과

jwj@phy.hanyang.ac.kr

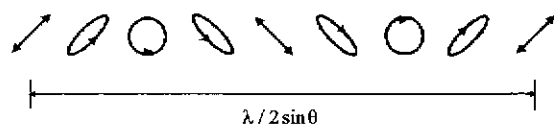
광에 반응하여 광정보를 기록할 수 있는 고분자매질의 기록 매커니즘은 EO 효과를 이용하여 광의 세기분포가 굴절률을 변화시키는 광굴절효과^[1], 광에 반응하여 조사된 부분은 polymerization 되어서 굴절률의 변조를 나타내는 효과^[2], 그리고 조사된 광의 편광에 따라 이성화과정을 거쳐 재배열하는 쌍극자가 굴절률과 흡수율을 변조시키는 효과^[3]등을 이용하는데, 각각의 방법에는 장점과 해결해야 할 문제점들을 가지고 있다. 본 연구에서는 광기능성 고분자재료의 이성화과정에 의한 재배열로 광정보를 기록하고, 이에 따른 특성을 알아보려고 한다. 그리고 광기록 및 재생의 과정을 물리적인 관점에서 해석하고자 한다.

무기단결정과 고분자재료의 광굴절계수를 측정하고 광상처리 및 광논리계로 이용할 수 있는 이광과 혼합장치를 구성하였다. 이광과 혼합장치의 기록광원으로는 최대 출력 20 W인 457.9 nm, 488 nm 또는 514.5 nm 파장의 Ar⁺ ion 레이저를 이용하였고, $\lambda/2$ 및 $\lambda/4$ wave plate를 이용하여 기록광의 편광을 조절할 수 있도록 장치하였다. 기록매질에 입사된 두 빔은 서로 간섭과 중첩을 일으켜 세기와 편광의 주기적인 분포를 형성하며, 이 때 광의 간섭성을 고려하여 두 빔의 경로차를 1 cm 이내가 되도록 하였다. 검출광원으로는 10 mW 출력인 632.8nm 파장의 He-Ne 레이저를 이용하였고, 재생시 기록매질에 영향을 주지 않기 위하여 광감쇄기를 이용하여 광의 세기를 $50 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 으로 낮추었다. 회절된 검출광은 photodiode 광검출기로 측정하였고 이로부터 광의 회절효율을 계산하였다.

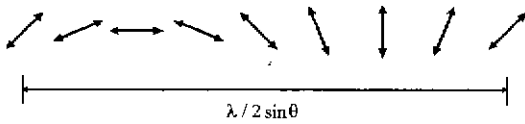
그림 1은 고분자재료인 PCN의 기록광의 세기에 따라 회절격자를 형성하는 그래프이다. 이 때 기록하는 두 빔의 편광은 모두 p-편광으로 하였고, 그 사이의 각도는 28° 로 고정하였다. 기록광의 세기가 커짐에 따라 측정된 회절효율은 점차 증가하였고, 회절격자의 형성, 정상상태에 도달하는 시간도 점차 감소하는 경향을 나타낸다. 고분자재료의 흡수가 비교적 적은 영역의 파장의 광원으로 기록하기 때문에 기록광의 세기가 상대적으로 커졌다. 그리고 기록곡선을 이중지수함수($\eta = A (1 - \exp(-kat)) + B (1 - \exp(-kbt))$)로 곡선맞춘 결과, 107초의 빠른 반응과 3,397초의 느린 반응으로 이어지는 다중기록특성을 나타내었다. 빠른 반응은 trans-cis 이성화과정에 의한 쌍극자의 정렬에 기인하고, 느린 반응은 고분자재료의 main chain의 이동으로 설명할 수 있다.

고분자재료에 회절격자를 형성하는 경우, 매질에서 기록광의 세기분포와 편광분포가 중요한 역할을 한다. 광의 세기분포는 광에 의해 유도되는 이성화효과(photoisomerization effect)의 크기를 변화시키며, 그림 1에 잘 나타나고 있다. 광의 세기가 크면 이성화과정이 정상상태에 도달하는 시간이 줄어들고 더 큰 회절효율을 보인다. 그리고, 기록매질에서의 조사광의 편광분포는 직접적으로 이성화효과에 의한 쌍극자의 재정렬 방향을 결정한다. 광의 편광에 의해 재정렬된 쌍극자의 배열로 회절격자가 형성되며, 정렬광의 편광분포는 두 광의 편광의 합으로 구할 수 있다.

두 광의 편광을 선편광으로 서로 수직하게 중첩한 경우는



두 광의 편광을 원편광으로 서로 수직하게 중첩한 경우는



으로 계산할 수 있고, 그 주기가 $\lambda/2 \sin \theta$ 으로 두 광의 간섭에 의한 세기분포의 주기와 일치하였다.

그림 2에서는 두 기록광을 입사평면에 대해서 45° , 135° 로 서로 수직인 선편광으로 고분자재료 (PDR1)에 조사하여 회절격자를 형성하였다. 두 광의 편광이 수직일 경우에는 광의 중첩에서 간섭이 일어나지 않으므로 광의 세기 분포가 배제된 광의 편광에 의한 회절격자를 형성하였다. 검출광의 편광은 원편광과 선편광의 각도를 회전시키면서 회절효율의 변화를 측정하였다. 그림에서 재생광의 편광에 대한 회절효율은 sin함수의 형태로 나타났고, 이로부터 재생광의 편광을 조절함으로써 회절되는 광의 세기를 조절할 수 있다.

표 1은 고분자재료의 광기록 특성을 무기단결정의 특성과 비교한 것이다. PCN과 PDR1은 굴절율의 변조로 비교하면 무기단결정에 비해 약 1000배 정도로 큰 특성을 보이는 반면 광에 대한 응답특성은 10~100배로 느리다는 단점을 가지고 있다.

표 1. 고분자재료와 무기단결정에서의 광기록 특성 비교

material	thickness (μm)	λ_{max} (nm)	Δn	response time (sec.)
PCN	0.286	362	6.81×10^{-2}	300
PDR1	0.344	464	8.03×10^{-2}	300
Ce:BaTiO ₃	5×10^3	-	4.6×10^{-5}	2
MgO:LiNbO ₃	5×10^3	-	2.7×10^{-5}	20
Fe:LiNbO ₃	2×10^3	-	2.1×10^{-4}	317

참 고 문 헌

- [1] S. M. Silence, *et al.*, Phys. Rev. Lett. Vol. 73, No. 15, pp. 2047-2050, Oct. 1994.
- [2] Uh-Sock Rhee, *et al.*, Appl. Opt. Vol. 34, No. 5, pp. 836-853, Feb. 1995.
- [3] T. Todorov, L. Nikolova, and Tomova, Appl. Opt. Vol. 23, No. 24, pp. 4588-4591, Dec. 1984.

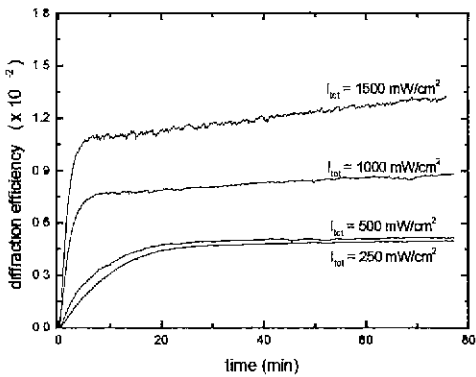


그림 1. 기록광의 세기에 따른 회절격자 형성

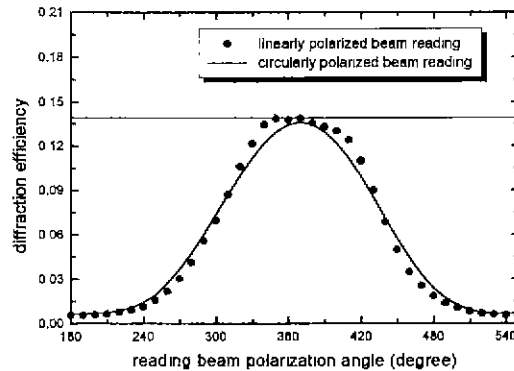


그림 2. 검출광의 편광에 따른 회절효율

