

DR1/PMMA 폴리머의 광유도이색성

Photo-induced dichroism in DR1/PMMA polymer

김선일*, Mark G. Kuzyk**

*부경대학교 물리학과, **Department of Physics, Washington State University
sikim@pknu.ac.kr

1. 서론

아조색소를 함유하는 폴리머필름은 photonics분야에서 그 응용가능성 때문에 집중적인 연구의 대상이 되었다⁽¹⁻²⁾. 부피폴리머필름에서의 아조벤젠유도체의 trans-cis isomerization은 편광홀로그래프⁽²⁾, optical channel waveguide, reversable optical memory에서 이용되었다. 특히 최근에는 DR1/PMMA의 비공명영역에서 부피홀로그래프에서 고휘도효율과 Degenerate Four Wave Mixing에서 높은 반사율을 얻어내는 보고가 있었다⁽³⁻⁴⁾. Trans-cis isomerization 반응과정에서 아조색소분자의 방향재배치가 중요한 과정으로 주목된다. 광이색성물질에 선편광된 광이 쏘이면 아조색소분자는 연속적인 trans-cis isomerization반응을 통해서 결국은 쏘이는 광의 선편광의 직각인 방향으로 방향재배치가 된다. 본 논문에서는 DR1/PMMA의 비공명영역에서 광유도이색성을 측정하고 색소분자의 방향정렬을 나타내는 order parameter로서 그 특성을 분석한다.

2. 실험

DR1이 첨가된 PMMA시료를 만들기 위해서 DR1 색소를 2%의 무게농도로 해서 methyl methacrylate에 녹인다. 그 후에 plasticizer(dibutyl phthalate, 0.5%-1%), chain transfer agent(butanethiol, 2.2 μ l/ml), initiator(tert-butyl peroxide, 2.2 μ l/ml)를 첨가한다. 녹은 용액을 광학적 품질을 높이기 위해서 0.2- μ m filter로 걸러서 시험관에 담는다. 시험관에 든 용액을 90도의 온도에서 48-72시간 동안 전기로에 저장하여 중합반응을 시킨다. 만들어진 고체의 시료를 두 개의 유리판을 사용하여 압착하면 표면이 매끄러운 고체시료를 얻을 수 있다.

광유도이색성을 측정하기 위해서 광을 여기 하면서 광흡수의 각 분포를 측정하여야한다. 펄스광으로는 비공명영역의 He-Ne 레이저(633 nm, 20 mW)를 사용하였고 탐사광으로는 레이저다이오드(파장 671 nm)를 사용하였다. 탐사광 앞에는 반파장판을 삽입하여 전동장치로 탐사광의 편광방향을 회전하게 하여 광흡수의 각분포를 펄스시간에 따라 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

광유도이색성을 조사하기 위해서 그림1에서와 같이 광편광 전의 초기의 광흡수를 측정하고 광편광을 유지하면서 일정한 시간간격으로 광흡수의 각분포를 측정하였다. 광여기 전에는 색소분자가 각도에 대해 무작위로 분포하여 광흡수가 모든 각도에 대하여 일정하여 극좌표상에서 원형의 각분포를 나타낸다.

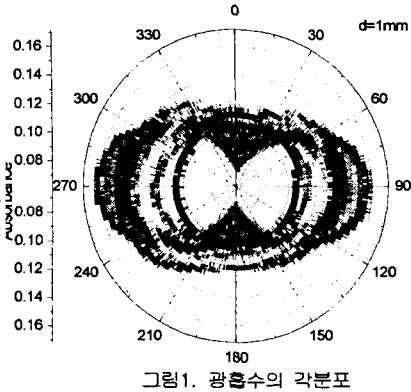


그림1. 광흡수의 각분포

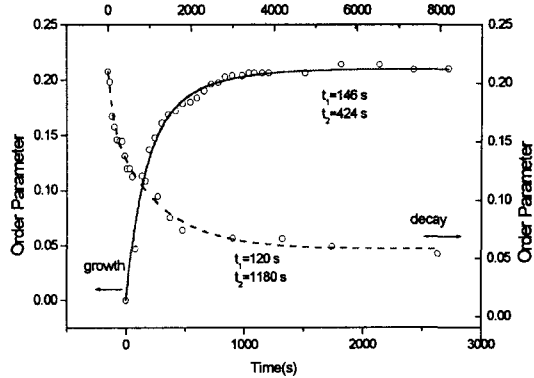


그림2. Order parameter의 시간적거동

광여기가 진행되면 펌프광의 편광방향으로 배치된 색소분자는 trans 상태에서 여기되어서 cis 상태가 되고 trans 상태로 돌아갈 때에는 펌프광의 편광방향에 직각인 방향으로 배열됨으로써 안정을 찾는다. 그리서 펌프광의 편광방향에 대해서는 광흡수가 감소하고 그것에 대해 직각인 방향으로서는 광흡수가 증가하는 결과를 얻었다. 그림1에서와 같이 초기의 원형이 8자 모양으로 변하는 광유도이색성을 관측하였다. 각각의 광흡수곡선은 $A(\theta) = A_{33}\cos^2(\theta) + A_{11}\sin^2(\theta)$ 에 잘 맞으므로 fitting으로부터 평행과 직각방향에 대한 광흡수 A_{33} 과 A_{11} 를 구한다. 구한 광흡수로부터 색소분자의 정렬정도를 나타내는 order parameter $T_2 = (A_{33} - A_{11}) / (A_{33} + 2A_{11})$ 를 구할 수 있다. 그림2는 광흡수로부터 구한 DR1/PMMA 시료의 order parameter의 시간적거동을 나타낸 것이다. 펌프광을 켜었을 때에 처음에는 빠르게 정렬이 되고 500 초 정도부터는 정렬이 느리게 되어 나중에는 정렬의 최고에 도달되어 그 점에서 머물게 된다. 이 과정은 시간상수를 146초와 424초로 하는 이중지수함수로 잘 맞게 거동하였다. 펌프광을 제거하면 시간상수 120초와 1180초로 하는 이중지수함수에 잘 맞게 거동하였다. 펌프광의 세기 550 mW/cm^2 에서 최대 21%의 정렬정도를 얻었다.

4. 결론

비공명흡수 영역에서 DR1 색소가 첨가된 PMMA 폴리머에서 광유도이색성을 조사하였다. 광흡수의 각분포를 펌프광에 대한 모든 편광방향에 대하여 측정하였으며 이론적모형에 잘 맞았다. 광유도이색성은 trans-cis isomerization으로 설명할 수 있었다. 이론적방정식에 맞추어 펌프광에 대한 평행방향과 직각방향의 광흡수를 구하여 그것으로부터 order parameter를 구하였다. 펌프광의 세기 550 mW/cm^2 에서 펌프광에 의해서 정렬되는 과정에서의 order parameter의 거동은 시간상수를 146초와 424초로 하는 이중지수함수로 잘 맞았다. 펌프광을 제거하여 이완되는 과정은 시간상수 120초와 1180초로 하는 이중지수함수에 잘 맞게 거동하였다. order parameter의 최대크기는 0.21로 구해졌다.

참고문헌

1. Z. Sekkat, M. Dumont, Appl. Phys. B54, 486(1992)
2. C. Todorov, L. Nicolova, N. Tomova, Appl. Opt. vol. 23, 4309, 1984.
3. Weiya Zhang, Shaoping Bian, Sun Il Kim, and Mark G. Kuzyk, Opt. Lett. 27, no. 13, 1105, 2002.
4. Shaoping Bian, Weiya Zhang, Sun Il Kim, Natnael B. Embaye, Gabriel J. Hanna, Jeong Joon Park, Brian K. Canfield, Mark G. Kuzyk, J. Appl. Phy. vol. 92, no. 8, 4186, 2002.