

측사슬형 옥세탄 고분자 액정/액정 혼합계의 전기 광학적 특성

Electro-Optical Properties of Poly-oxetane based SCLCP/LC Composite System

권오정, 장지용, 김무중, 임동건

고려대학교 물리학과

izoakwon@korea.ac.kr

최근에 e-book등을 겨냥해 flexible substrate를 이용한 display기술이 국내외에서 활발한 연구 활동을 벌이고 있다. 기존에 LCD에 사용하는 액정들은 표면 배향처리에 의해 구동되고 있으나 이들을 유리기판을 사용할 경우 휨, 무게 등에서 휴대에 불편함 점이 있어 최근 plastic substrate에 사용할 액정 display가 연구되고 있다. 이에 우리는 휨이 가능한 기판에 사용할 수 있는 방식으로 SCLCP/LC(Side Chain Liquid Crystalline Polymer/low molecular weight Liquid Crystal) Composite System으로 polymer network를 형성하여 안정성을 확인하고 전기 광학적 특성을 측정해 보았다. 여기에 사용된 고분자는 새롭게 합성된 Poly-oxetane으로 저분자 액정의 혼합 비율, copolymer의 mesogen spacing을 늘려가면서 특성 개선을 위하여 연구하였다. 측사슬(side chain)형의 고분자(polymer) 액정⁽¹⁾은 중간상(meso-phase)을 갖기에 충분히 자유로운 고분자 주사슬(main-chain)에 mesogen을 유연격자(flexible alkyl spacer)로 연결한 것이다. 고분자 액정은 충격에 강한 장점이 있는 반면 높은 viscosity로 인해 전기적 자극에 매우 둔감하다. 이에 고분자 액정의 side chain에 mesogen과 유사한 구조를 가진 저분자 액정을 섞어서 응답속도를 높이는 구동방식이 Kajiyama등에 의해 개발되었다⁽²⁻³⁾.

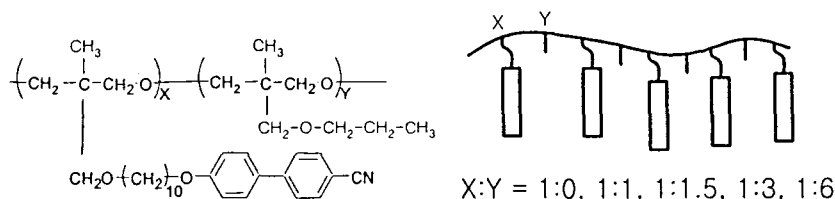


그림 1. poly-oxetane의 구조 및 조성비율

실험에 사용된 oxetane계열 고분자의 구조는 그림 1에 나타나 있다. 그림에서 X는 mesogen monomer이며 Y는 spacer monomer이다. 본 연구는 이러한 계에서 side chain의 길이, X:Y의 비 등이 mesogen과 액정 분자와의 상호작용, switching 속도 등에 어떠한 영향을 미치는지 그 dynamics를 연구하고자 하였다. 빠른 응답속도를 목적으로 spacer monomer비율을 늘려가며 실험을 하였으며 또한 저분자 액정인 E7(MERCK)의 혼합 비율도 함께 높여가며 외부 전기장 반응에 대한 분자들의 dynamics를 분석하였다. 고분자 액정과 E7은 좋은 miscibility를 보임을 확인하였다⁽⁴⁾.

우리가 사용한 side chain에 mesogen을 함유한 고분자 액정의 구동 방식은 전기장의 주파수 구동이다. 고분자 액정의 합성 과정에서 불순물인 이온이 존재하게 되는데 전기장의 주파수의 크기에 따라 ion들의 이동거리는 달라진다. 낮은 주파수에서는 먼 거리를 이동하는 ion들에 의해 main chain들이 흐트러져 random한 배열을 하게 되고 따라서 main chain에 부착돼 있는 side chain mesogen을 random하게 만들고, mesogen들은 분자 interaction으로 E7도 함께 random하게 끌고 가서 액정배열의 scattering

state를 유도한다. 그러나 주파수가 커지면 ion들의 이동거리가 짧아져서 main chain 배열에 영향을 주지 않으므로 electric field의 영향만 남게 돼 mesogen과 E7은 기판에 수직(hemotropic)하게 배열하게 된다⁽⁵⁾. electric field에 의한 transmitting state로 가는 response time은 저분자 액정이 늘어날수록 viscosity의 감소와 분자간의 interaction의 증가로 점차적으로 빠른 특성을 보인다. 그러나 scattering state로 가는 response time은 monomer spacing과 저분자 액정의 concentration에 따라 여러 가지 복잡한 dynamics를 보이게 된다. monomer ratio가 1:3까지는 비교적 side chain mesogen들의 거리가 짧기 때문에 액정 분자들 간의 interaction을 유지하기가 쉽다. 그러나 monomer ratio가 1:6 이상으로 멀어지면 분자간의 interaction을 유지하기 어렵기 때문에 더 많은 양의 저분자 액정을 섞어 줘야 외부 전기장에 민감하게 반응 할 수 있다. 그림 2-(a)는 E3 30wt%에서 ionic current에 의한 response time 그래프를 double exponential 함수로 fitting한 그래프이며 두 가지 dynamic behavior가 나타남을 알 수 있다. 그러나 2-(b)에서는 저분자 액정의 weight fraction이 늘어나면서 mesogen과 E7과의 큰 interaction으로 single exponential fitting이 가능함을 보여준다. 여기에서 fast curve(t2)는 main chain의 motion이며 slow curve(t1)는 mesogen과 E7의 motion임을 알 수 있었다. 그림 2-(c)는 1:6에서 E7 농도에 따른 t1, t2 curve를 나타낸 것이다. 결과적으로 slow curve(t1)는 저분자 액정의 weight fraction에 상당히 의존하는 반면 fast curve(t2)는 저분자 액정의 변화에 크게 의존 하지 않음을 볼 수 있다. 그러나 저분자 액정이 늘어나면 plasticizing effect에 의해 main chain이 좀 더 유연해 지므로 응답시간을 다소 줄일 수 있다. 이런 상관관계에 의하여 mesogen을 포함한 LC들의 상호작용에 의한 organization behavior를 밝혀냄으로써 빠른 응답 속도 구현을 위한 방법을 모색할 수 있다. 이 연구는 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 정보디스플레이 기술개발사업단의 연구비(M1-02-KR-01-0001-03-K18-01-005-2-0)지원으로 수행되었습니다.

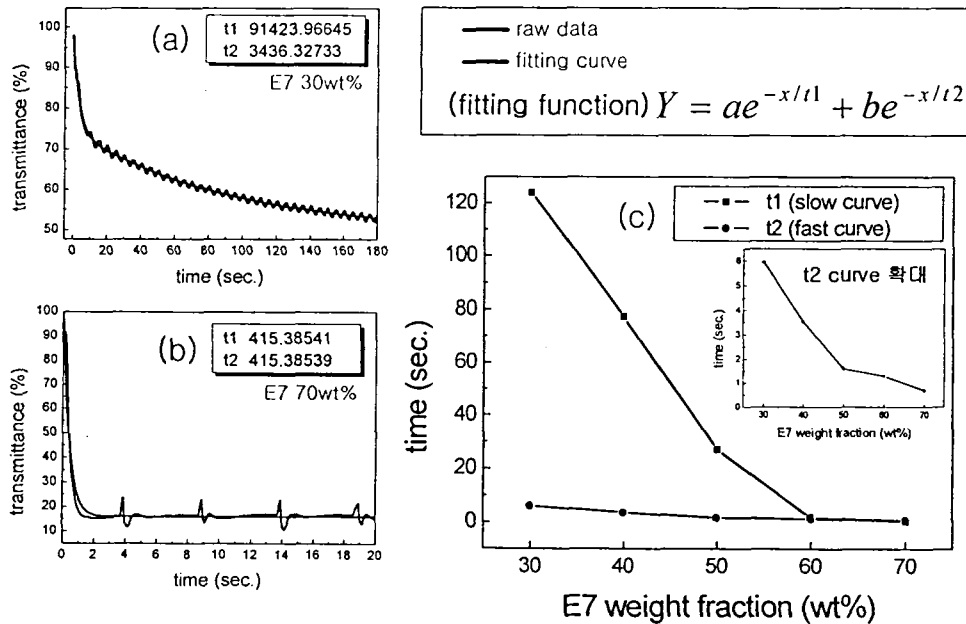


그림 2. monomer ratio(X:Y=1:6)에서 ionic current dynamics의 fitting graph

1. H. Finkelmann, H. Rigsdorf and J. H. Wendorff, Macromol. Chem. 179, 273 (1978).
2. Hwang J.C., Kikuchi H. and Kajiyama T., Polymer 33, 1822 (1992).
3. Yamane H., Kiuchi H. and Kajiyama T., Macromolecules 31, 8100 (1998).
4. 김규남, 진정일, 대한화학회 제92회 학술 발표회, 142 (2003).
5. C. W. Jang, O. J. Kwon, K. N. Kim, Y. W. Kwon, T. K. Lim, J. I. Jin, IMID, 482 (2003).