

## 양축성 네마틱 상을 갖는 바나나 액정 분자의 동역학 특성 연구

### Dynamics of oxadizole-derived banan-shaped liquid crystals in the surface-stabilized biaxial nematic phase

이지훈, 임동건, 김원택\*, 진정일\*

고려대학교 물리학과, \*고려대학교 화학과

tongklim@korea.ac.kr

양축성 네마틱 액정 상 (biaxial nematic phase)는 1970년 Freiser에 의해 최초로 그 존재가 이론적으로 예측되었다<sup>(1)</sup>. Biaxial nematic phase에서는 액정 (liquid crystal) 분자가 long axis ( $\vec{n}$ )를 고정된 상태에서 short axis ( $\vec{m}$ )의 rotation만으로도 birefringence에 변화를 일으킬 수 있기 때문에 기존 단축성 네마틱 액정 상 (uniaxial nematic phase)에 비해 더 빠른 응답속도를 구현할 수 있을 것이라 예상되어왔고<sup>(2)</sup>, 따라서 이를 실험적으로 구현하려는 노력 또한 여러 연구그룹의 학자들에 의해 적극적으로 지속되어 왔다. 그 결과, 농도전이형 (lyotropic) 액정 계<sup>(3)</sup>와 온도전이형 (thermotropic) 고분자 액정 계<sup>(4)</sup>에서 차례로 각각 1980년과 1986년에 biaxial nematic phase를 갖는 물질이 실험적으로 확인되었다. 나아가 최근에는 thermotropic 저분자 액정 계에서도, 특히 bent-core를 갖는 몇 가지 액정 물질들이 biaxial nematic phase를 나타낸다는 보고가 수차례 있었다.

본 실험에서는 이 물질들 중 Dingermans and Samulski에 의해 처음 합성되었고, 최근 NMR<sup>(5)</sup>과 X-ray 실험<sup>(6)</sup>을 통하여 biaxial nematic phase를 갖는 것이 확인된 oxadizole bent-core를 갖는 ODBP-Ph-C7과 ODBP-Ph-O-C12 액정의 electro-optical switching behavior를 조사하였다. 우선 실험 결과 nematic phase 내에서도 저온 영역에서는 biaxial 특성을 보이고, 고온 영역에서는 uniaxial 특성을 보이는 것을 DSC실험과 온도에 따른 birefringence 변화를 통해 확인하였다.

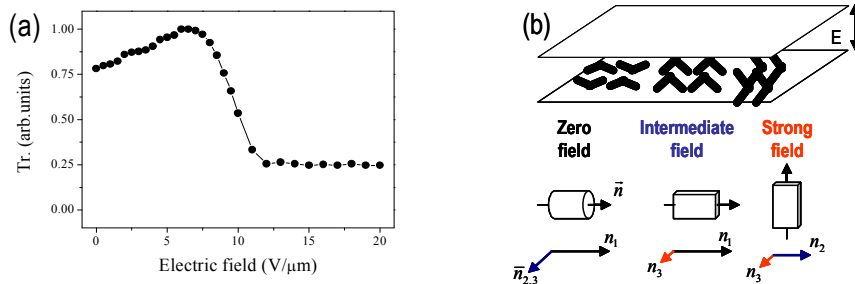


그림 1. (a) ODBP-Ph-C7 액정의 네마틱 상 저온영역에서의 전기장에 대한 투과도 곡선, (b) 인가 전기장의 크기에 따른 액정 분자의 정렬상태 모식도.

특히 biaxial 특성을 갖는 네마틱 상의 저온 영역에서, crossed polarizer 사이에 시편을 놓고 시편의 rubbing 방향이 polarizer와 45도를 이루게 한 상태에서, 전기장 크기에 대한 투과도 특성을 보면 [그림 1], zero field state에서 field의 크기를 점점 증가시키면 투과도도 따라서 증가하다가 약 6 V/μm 보다 큰

field가 인가되자 다시 투과도가 감소한다. 그리고 field를 더욱 세게 인가하면 투과도가 점점 감소하다가 완전히 zero가 되지 않고 최대 투과도의 약 25%를 일정하게 나타낸다. 이 결과는 그림 1(b)의 모델로 설명할 수 있는데, zero field state에서 액정의 short axis가 long axis에 대하여 random하게 분포하고 있다가 field가 인가되자 액정의 long axis는 고정된 채로 short axis만 field의 방향(기판에 수직한 방향)으로 정렬하게 되어 birefringence가 증가하고 그 결과 투과도도 증가한다. Field가 더 세져 long axis switching의 threshold ( $6 \text{ V}/\mu\text{m}$ ) 보다 세지면 short axis는 rubbing 방향에 나란하게 정렬한 채로 long axis가 점점 기판에 수직하게 정렬하게 된다. 이 과정 동안 birefringence는 점점 감소하고 투과도도 따라서 감소한다. 최종적으로 long axis가 완전히 기판에 수직하게 정렬하게 된 상태에서도 short axis는 rubbing 방향으로 정렬하고 있기 때문에 field를 더욱 증가시켜도 투과도는 완전히 zero가 되지 않는다.

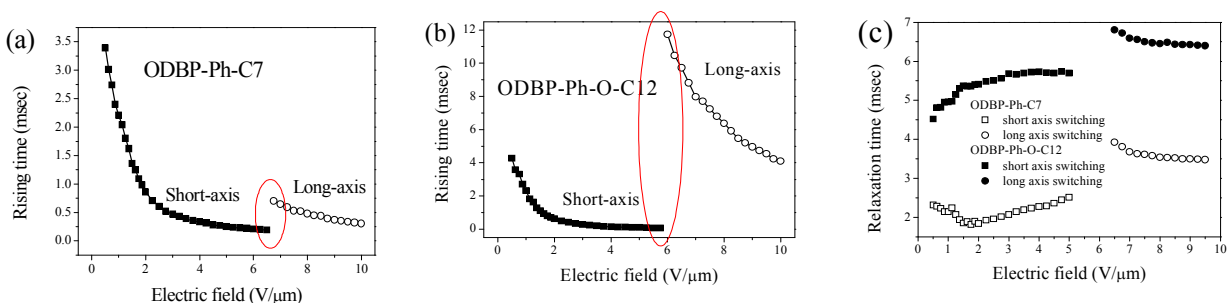


그림 2. (a) ODBP-Ph-C7 액정의 long axis 및 short axis의 rising time, (b) ODBP-Ph-O-C12 액정의 long axis 및 short axis의 rising time, (c) ODBP-Ph-C7과 ODBP-Ph-O-C12 액정의 long axis 및 short axis의 relaxation time.

그림 2(a)와 2(b)는 각각 ODBP-Ph-C7 및 ODBP-Ph-O-C12 액정의 field 인가 시 rising time data인데, 비슷한 크기의 field에서 두 분자 모두 short axis의 switching이 long axis의 switching 보다 빠른 것이 관찰되었다. 또한 field 제거 후 relaxation time 역시 [그림 2(c)] 두 분자 모두에서 short axis의 relaxation time이 long axis 보다 빨랐다. 이상의 실험결과들을 통해 biaxial nematic 액정 상의 존재 및 이의 고속응답 소자로서 응용가능성을 확인할 수 있다.

This research was supported by the Seoul Science Fellowship, and a grant (F0004131-2006-22) from Information Display R&D Center, one of the 21st Century Frontier R&D Program funded by the Ministry of Commerce, Industry and Energy of Korean government. This work was also supported by the 2nd Brain Korea 21 Project.

참고문헌

1. M. J. Freiser, Phys. Rev. Lett. **24**, 1041 (1970).
2. G. R. Luckhurst, Thin Solid Films, **393**, 40 (2001).
3. L. J. Yu and A. Saupe, Phys. Rev. Lett. **45**, 1000 (1980).
4. F. Hessel and H. Finkelmann, Polym. Bull. **15**, 349 (1986).
5. L. A. Madsen, T. J. Dingermans, M. Nakata, and E. T. Samulski, Phys. Rev. Lett. **92**, 145505 (2004).
6. B. R. Acharya, A. Primak, and S. Kumar, Phys. Rev. Lett. **92**, 145506 (2004).
7. J. H. Lee, T. K. Lim, W. T. Kim and J. I. Jin, J. Appl. Phys. in press (2006)