

BCSN LC 모드의 쌍안정 특성 향상에 관한 연구

Bistable Chiral Splay Nematic Liquid Crystal Cell Parameters
for Permanent Bistability

이성룡, 최제훈, 전철규, 윤태훈, 김재창

부산대학교 전자공학과

mengmol@nate.com

이동통신 시스템이 디스플레이 중심으로 바뀔에 따라 LCD (Liquid Crystal Display)에서 저소비전력을 실현하기 위해 쌍안정 특성의 LCD 모드들이 제안되었다⁽¹⁻²⁾. 우리는 우수한 전기광학 특성을 가진 BCSN (Bistable chiral splay nematic) 모드에 대해 소개한 바 있다⁽³⁻⁴⁾. 본 논문은 액정 파라미터가 BCSN 셀의 쌍안정 특성에 미치는 영향을 이론적으로 조사해 보았다.

그림 1은 BCSN LC 모드를 동작하기 위한 픽셀의 전극 구조와 인가전압에 따른 전이 과정을 나타낸다. Top electrode와 ground electrode 사이에 V_v 의 전압이 인가되면, 초기 안정 상태인 splay 상태는 low bend를 거쳐 high bend 상태로 변하게 되는데, bend 상태가 형성된 이후 인가 전압 V_v 를 제거하면 bend 상태는 180도 twist 상태가 된다. 이 twist 상태는 BCSN LC 모드의 또다른 준안정 상태이다. twist 상태는 grid electrode와 ground electrode 사이에 V_h 의 전압을 인가함으로써 splay 상태로 전이시킬 수 있다.

splay 상태는 초기의 안정 상태이므로 유지 시간이 영구적이다. 하지만 d/p 비가 0.25보다 작은 경우, twist 상태의 자유 에너지 밀도는 splay 상태보다 높기 때문에 twist 영역은 서서히 splay로 바뀌게 된다. 이러한 단점을 보완하여 180도 twist 상태의 유지 시간을 향상시키기 위해, 액정 파라미터를 변화시키면서 두 개의 안정된 상태가 가지는 자유 에너지 밀도의 변화를 살펴보았다. 두 개의 준안정 상태의 에너지 차이를 구하기 위해서 자유 에너지 밀도와 표면 에너지 밀도에 관한 식을 사용하였으며 자유 에너지 밀도에 관한 식은 아래와 같다.

$$F = \int_0^d \left(\frac{F(\theta)}{2} \left(\frac{d\theta}{dz} \right)^2 + \frac{g(\theta)}{2} \left(\frac{d\phi}{dz} \right)^2 + e(\theta) \frac{\partial \phi}{\partial z} + K_{22} q_0^2 \right) dz + F_s \quad (1)$$

이 때, $F(\theta) = K_{11} \sin^2 \theta + K_{33} \cos^2 \theta$, $g(\theta) = (K_{22} \sin^2 \theta + K_{33} \cos^2 \theta) \sin^2 \theta$, $e(\theta) = -2q_0 K_{22} \sin^2 \theta$ 이며, θ 는 액정 director의 극각, ϕ 는 방위각이다. K_{11} , K_{22} , K_{33} 는 각각 splay, twist, bend 탄성 계수이며, q_0 는 액정 고유의 꼬임 상수이다. 표면 에너지 밀도는 아래의 Rapini-Papoular의 표면 에너지 식을 이용하였다.

$$F_s = \frac{1}{2} A_p \sin^2(\theta - \theta_0) + \frac{1}{2} A_a \sin^2(\phi - \phi_0) \quad (2)$$

여기서 A_p 와 A_a 는 각각 극 및 방위에 따른 표면 배향력 계수이다.

각 파라미터에 따른 계산된 쌍안정 특성을 그림 2에 나타내었다. 변화시킨 액정 파라미터는 d/p 비, 탄성 에너지 상수 (K_{11} , K_{22} , K_{33}), 셀갭, 선경사각, 표면 배향력이었는데, d/p 비가 0.25 에 가까울수록,

셀갭이 낮을수록, K_{22} 값이 작을수록, 방위각 표면 에너지가 클수록 쌍안정 상태의 유지시간은 향상됨을 알 수 있다. 다른 액정 파라미터에 대해서는 에너지 장벽에 거의 변화가 없었다. 액정 파라미터의 일부 분만을 변화시키는 것이 어려우므로, 셀갭과 d/p 비에 대해서만 실험적인 결과를 통해 확인해 볼 수 있었는데, 실험 결과는 그림 3에서와 같이 시뮬레이션 결과와 일치함을 확인하였다.

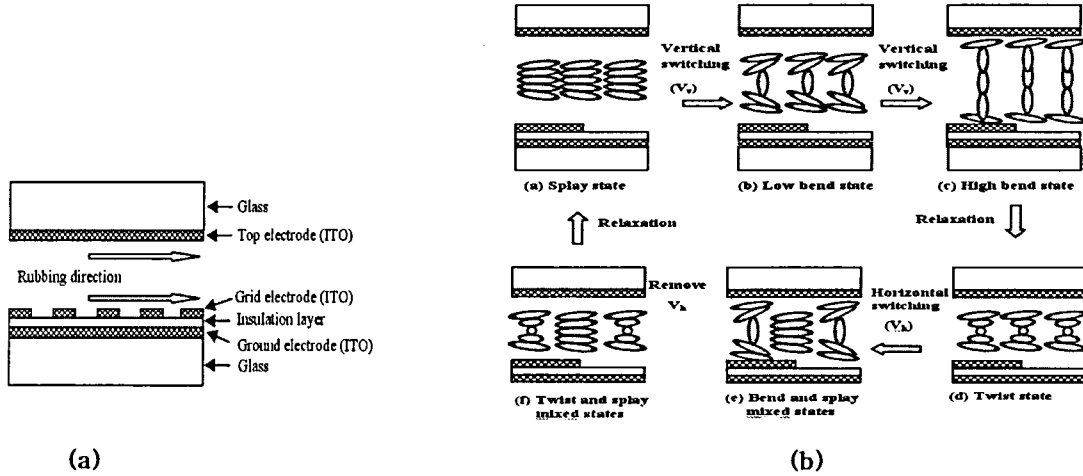
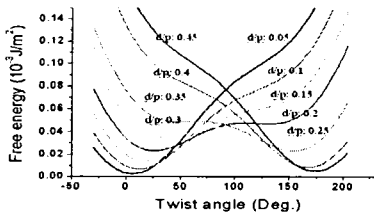
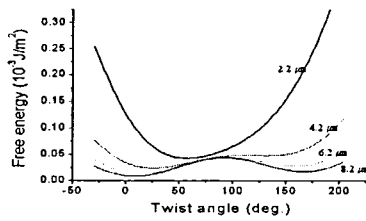


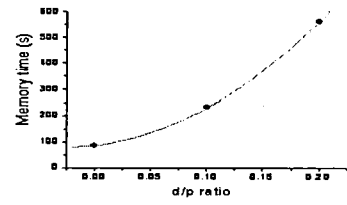
그림 1. BCSN LC모드의 (a) Three terminal 형태의 전극구조와 (b) 인가전압에 따른 액정 배열 상태



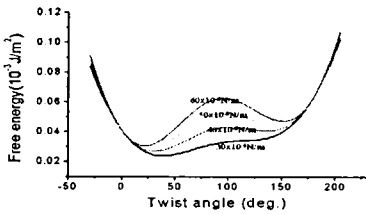
(a) d/p 비



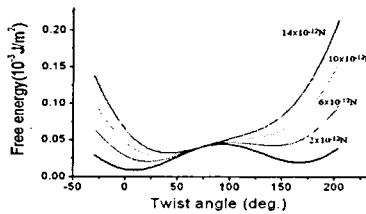
(b) 셀갭



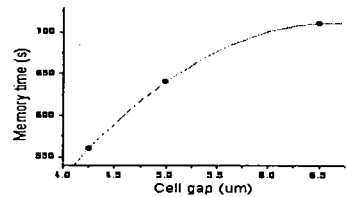
(a) d/p 비



(c) 방위각표면에너지



(d) K_{22}



(b) 셀갭

그림 2. 파라미터 값에 따른 시뮬레이션 결과

그림 3. 파라미터 값에 따른 실험 결과

References

[1] D. W. Berreman and W. R. Heffner, J. Appl. Phys. vol. 52, p. 3032, (1981).
 [2] I. Dozov, M. Nobili and G. Durand, Appl. Phys. Lett., vol. 70, p. 1179, (1997).
 [3] S. H. Lee, G.-D. Lee, T.-H. Yoon, and J. C. Kim, Phys. Rev. E **70**, 041704, (2004).
 [4] 강상호, 전철규, 이종락, 이기동, 김재창, 윤태훈, 한국광학회 제15회 정기총회 및 2004년도 동계 학술 발표회, p. 142, (2004).

감사의 글 이 논문은 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 정보 디스플레이 기술개발 사업의 지원으로 수행되었습니다.