

## 폴리머 격벽으로 화소 분리된 이중주파수 네마틱 액정셀에서의 쌍안정 특성

### Bistable characteristics of the dual-frequency nematic liquid crystal cell with pixel-isolating polymer wall

신재훈, 이성룡, 이중하, 송동한, 윤태훈, 김재창  
 부산대학교 전자공학과  
 jhshin@pusan.ac.kr

최근 저소비전력이라는 장점을 가지는 쌍안정 액정표시소자에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, BTN(Bistable Nematic Twisted),<sup>(1)</sup> BCSN(Bistable Chiral Splay Nematic),<sup>(2)</sup> *BiNem*<sup>(3)</sup> 등 다양한 쌍안정 모드들이 제안되어졌다. 쌍안정 모드에서 요구되어지는 핵심 전기광학 특성은 빠른 스위칭과 긴 유지시간이다. 0도와 360도 꼬인상태를 이용하는 BTN의 경우, 액정의 유체효과를 이용하며 위상학적 등가 상태간의 스위칭을 하므로 빠른 스위칭 특성을 가지는 반면, 두 상태보다 더 안정된 180도 꼬인상태로의 전이로 인해 짧은 유지시간의 단점을 가진다. BCSN의 경우 0도와 180도 꼬인상태를 이용하며, 두 상태의 위상학적 비등가 특성 때문에 긴 유지시간을 가지지만, 특이선을 동반한 전이과정으로 인해 스위칭 시간이 느리다. *BiNem*의 경우 BCSN과 같은 상태 사이의 스위칭을 하여 긴 유지시간을 가짐과 동시에, 한쪽 배향막의 앵코링을 파괴시켜 액정 유체효과를 이용하므로 빠른 스위칭 시간의 장점까지 가진다. 하지만, 앵코링 파괴를 위해 특수한 배향막이 필요하며, 액정유체 효과를 극대화하기 위해서 매우 낮은 셀갭이 요구되어진다는 단점이 있다.

본 논문에서는, 빠른 스위칭 시간과 긴 유지시간의 장점을 모두 가지는 새로운 쌍안정 액정 모드를 제안한다. 주파수에 따라 유전을 이방성의 부호가 바뀌는 이중주파수 네마틱 액정을 이용하여 구동을 시킴으로써, 액정 유체효과를 이용하여 스위칭 하였으며, 화소분리 격벽을 이용한 다차원 앵코링 효과로 두 상태가 동일한 자유 에너지 밀도를 가지도록 하였다.

그림 1은 제안하는 액정셀의 제작과정을 나타낸다. 먼저 러빙 배향된 상하기판이 동일한 방향이 되도록 합착시킨 후, 이중주파수 액정과 자외선 경화 폴리머 물질을 90:10의 질량비로 섞은 혼합물을 주입한다. 이때, 사용된 액정 및 폴리머는 각각 Merck 사의 MLC-2048 ( $\Delta n=0.2077$ ,  $\Delta\epsilon=+3.3$  at 1 kHz and  $\Delta\epsilon=-2.7$  at 100 kHz)과, fluorinated acrylates 물질이며, 셀갭은  $4.2\mu\text{m}$  이다. 상하기판에 1kHz 주파수로 6V의 교류전압을 인가하며, 광마스크를 이용하여 선택적으로 자외선을 조사하였다. 이때 인가하는 전기장은 자외선 조사 중 액정을 밴드 상태로 유지시켜주는 역할을 한다. 자외선이 조사된 부분은 폴리머화가 진행되어 격벽이 형성된다. 격벽 형성 후, 전기장을 제거하면, 액정은 유체효과에 의해 180도 왼손방향으로 꼬인상태가 된다.

그림 2는 제작된 셀의 편광현미경 사진 및 분광특성을 보여준다. 그림 2(a)와 2(b)에서는 액정과 폴리머 격벽간의 상분리가 잘 이루어 졌음을 확인할 수 있으며, 분광특성을 시뮬레이션과 비교한 그림 2(c)에서는 액정셀이 180도 꼬인상태임을 확인할 수 있다.

그림 3은 다른 안정한 상으로 스위칭 시키기 위한 구동과형을 나타낸다. 초기 180도 왼손방향 꼬인상

태를 180도 오른손방향 꼬인상태로 스위칭 시키기 위해서 이중주파수 구동기법을 적용하였다. 처음 1 kHz 저주파수에서 액정은 양의 유전율 이방성을 가지므로, 전계방향으로 서게 된다. 1 ms내의 액정 완화기간 이후 100 kHz의 고주파수에서 액정은 음의 유전율 이방성을 가지므로, 강제로 액정을 눕히는 역할을 해준다. 이러한 주파수 변화에 의한 액정 유체효과로 초기 왼손방향 꼬인상태가 오른손방향 꼬인상태로 스위칭된다. 이때 스위칭 시간은 2.5 ms로 매우 빠른 특성을 보였다.

그림 4는 스위칭 전후 액정셀이 가지는 분광특성을 측정한 결과와, 시뮬레이션 결과를 비교한 그래프이다. 이때, 왼손방향과 오른손방향 꼬인상태는 직교편광판으로 광학적 구분이 불가능하므로, 편광판과 액정셀 사이에 530 nm의 위상지연판을 삽입하여 두 상태를 구분하였다. 편광판의 투과축과 위상지연판의 광축은 45도가 되도록 하였으며, 액정셀의 러빙방향은 한쪽 편광판의 투과축과 일치시켰다. 그림 4에서 두 상의 측정결과가 시뮬레이션 결과와 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다.

두 안정상태는 격벽에 의해 안정화 되었으며, 서로 동일한 탄성 자유에너지 밀도를 가지므로, 무한한 유지시간을 가진다.

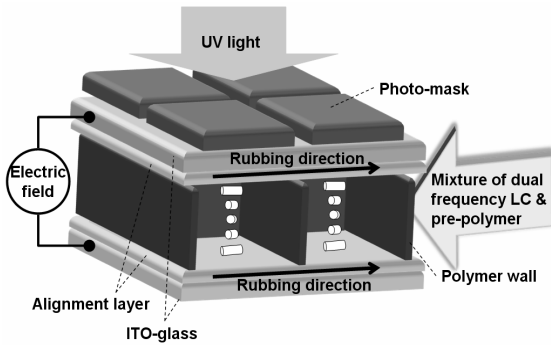


그림 1. 쌍안정 액정셀의 제작과정

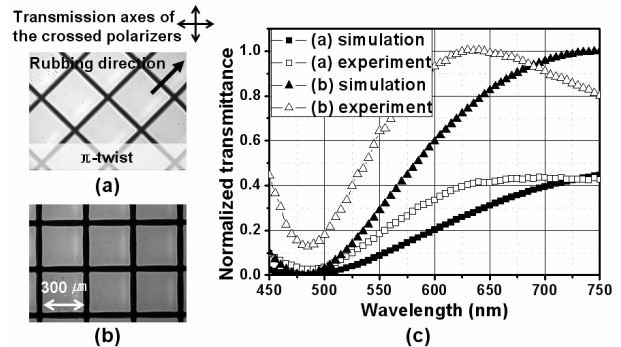


그림 2. 제작된 셀의 (a),(b) 편광현미경 사진 및 (b) 분광특성

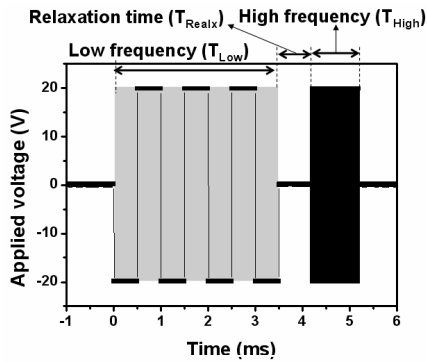


그림 3. 쌍안정 스위칭 파형

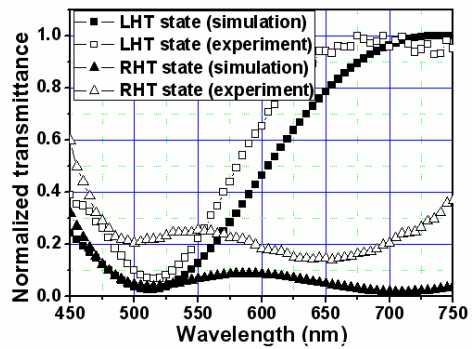


그림 4. 실험 및 시뮬레이션을 통한 두 개의 안정 상태의 분광특성 비교

## References

1. D. W. Berreman and W. R. Heffner, J. Appl. Phys. vol. **52**, p. 3032, (1981).
2. S. H. Lee, G.-D. Lee, T.-H. Yoon, and J. C. Kim, Phys. Rev. E **70**, 041704, (2004).
3. I. Dozov, M. Nobili and G. Durand, Appl. Phys. Lett., vol. **70**, p. 1179, (1997).

감사의 글 이 논문은 과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 정보 디스플레이 기술개발사업(F0004052-2007-23)의 지원으로 수행되었습니다.