

높은 위상지연값을 갖는 FFS mode에서 전극 위치에 따른 전기광학적 특성 연구

하경수, 조은미, 박지웅, 김성수, 정준호, 김민수, 김미영, 이명훈, 이승희
전북대학교 고분자·나노 공학과

Study on electro-optical characteristics of FFS mode with high $d\Delta n$ according to the electrode position

Kyung Su Ha, Eun Mi Jo, Ji Woong Park, Seong Su Kim, Jun Ho Jung, Min Su Kim, Mi Young Kim, Myong Hoon Lee and Seung Hee Lee

Department of Polymer, Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract : We have studied electro-optical characteristics of fringe-field switching (FFS) mode with high $d\Delta n$ according to the electrode position. In this device, the fringe-electric field drives the LCs to rotate so that the dielectric torque is electrode-positional dependent, which results in electrode-position dependency in the LC's rotating angle. We confirmed polarization microscope image and chromaticity diagram at the different electrode position with LC that have high $d\Delta n$. Since the FFS mode is influenced by horizontal and vertical electric field, the FFS mode modulates light using both phase retardation and polarization rotation effect, which had already been verified with previous studies. However, from another point of view, light modulation of FFS mode has been demonstrated by performing experiment and calculated simulation at the high $d\Delta n$ LC cell.

Key Words : Fringe electric field, Twist angle, Tilt angle, High $d\Delta n$

1. 서론

최근 들어 액정 디스플레이의 연구가 활발해 지면서 CRT (cathode-ray tube)를 대체할만한 우수한 특성의 모드들이 많이 개발되었다. 대표적으로 WVTN (wide view twisted nematic)[1], MVA (multi-domain vertical alignment)[2], IPS (in-plane switching)[3], FFS (fringe field switching) 모드[4] 등이 있는데, 이들 중에서 WVTN 모드는 투과율이 높으나 시야각이 좁고 MVA 모드는 러빙 공정이 없는 장점이 있지만 투과율이 낮다. IPS 모드는 액정의 방향자가 전압 인가 시 수평방향으로 회전하면서 구동되는 모드로 보상필름을 사용하지 않고도 넓은 시야각 특성을 가지나 투과율이 낮은 단점이 있다. 반면 FFS모드는 수직, 수평 전기장에 의하여 전극 윗부분의 액정들도 회전하여 높은 투과율과 넓은 시야각, 좋은 이미지 특성을 동시에 가지고 있다. FFS 모드는 이러한 IPS 모드의 단점을 보완해주는 모드로 현재까지 많은 전기-광학적 특성 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 높은 위상지연 값을 갖는 FFS모드에서 액정셀을 이용하여 프리지 필드로 인한 전극위치에 따른 액정의 거동이 서로 다르게 나타나는 것[5]을 통하여 FFS 모드에서의 빛을 제어하는 방식에 대한 전기-광학적 특성을 규명하고자 한다.

2. 셀 구조, 시뮬레이션 조건 및 실험결과

그림 1. 은 FFS 셀에서 전압 인가 시 액정이 배열 된 모습을 나타낸 것이다. FFS 셀은 화소전극과 공통전극 사이

에 passivation 층으로 구성되어 있다. 여기서 전극 폭이(w)는 $4\mu\text{m}$, 전극 간의 거리(l)는 $6\mu\text{m}$ 이다.

셀 제작에 있어서, 먼저 수평 배향막을 전극이 패터닝 하부 기판 위에 800\AA 두께로 스퍼터코팅을 실시한 후 액정을 한 방향으로 정렬시키기 위해 러빙을 실시하였고, 전극이 없는 상부 기판에도 같은 과정으로 배향막의 스퍼터코팅과 러빙을 실시하였다. 러빙 과정을 통해 액정 방향자가 수평 전기장에 83° 를 이루도록 하였다. 셀 갭은 플라스틱 볼을 이용하여 $3.8\mu\text{m}$ 을 유지시킨다. 마지막으로 머크사 액정 ($\Delta\epsilon = 30.1$, $\Delta n = 0.1492$ at $\lambda = 589\text{ nm}$, $\gamma = 279\text{ mPas}$)을 사용하였다.

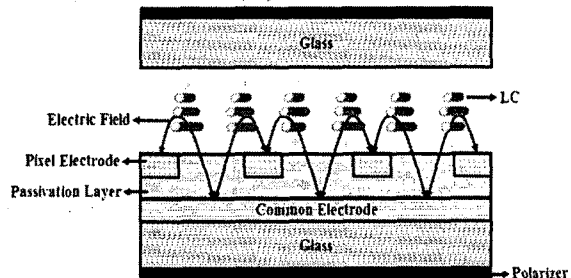


그림 1. 전압 인가 시 투과형 FFS 모드의 셀 구조

그림 2은 구동전압을 인가한 실제 셀을 교차된 편광자와 전기장 방향 사이 각에 따라 편광현미경으로 관찰한 사진이다. 이 셀의 위상지연 값은 0.57로 일반적인 FFS 모드에서 가장 많은 빛을 투과하는 위상지연 값인 0.4보다 큰 값을 가져 장파장의 빛이 많이 투과된다. 그래서 그림 2의 (a)사진을 보면 전 영역에 걸쳐서 yellowish한 빛을 보

였다. 교차된 편광자 사이에서 액정 셀을 구동시키고 셀을 45°회전시키면서 관찰한 결과를 보면 액정의 위상지연 효과에 의하여 회전에 따른 전극위치의 색변화정도가 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 즉, FFS모드에서의 화소전극의 center부근에서는 빛을 제어하는 방식이 편광 회전 방식이 아닌 위상지연 효과로 인해 빛을 제어하기 때문에 교차된 편광자 사이의 액정 셀을 45° 회전시켰을 때, 색의 변화가 크게 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 반면 전극의 edge에서는 center에 비하여 색의 변화가 적음을 확인 할 수 있었다. 이는 화소전극의 edge부근의 하부기판에 강한 수평전기장이 걸려 하부 액정 교임이 최대로 발생하여 TN모드와 같은 편광회전 효과를 보인다. 즉, FFS모드의 구동에 수평, 수직전기장의 영향에 따라 전극위치에 따른 액정의 거동이 달라지고 따라서 전극위치에 따른 전기-광학적 특성 또한 달라진다는 것을 알 수 있다.

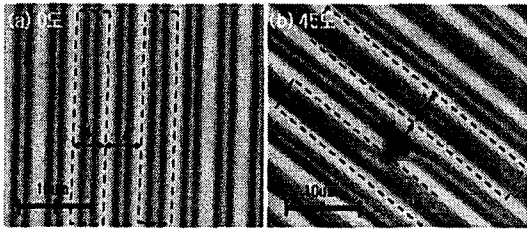


그림 2. 구동전압에서의 교차된 편광자와 전기장 방향 사이 각에 따른 편광현미경 사진

위 실험에서 관찰된 화소전극의 edge와 center의 색변화의 차이를 증명하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 색좌표를 확인하였다. 그림 3은 실제 셀과 같은 조건에서의 컴퓨터 시뮬레이션을 확인하여 전극위치에 따른 색좌표를 나타낸 그림으로 (a)와 (b)는 각각 화소전극의 edge와 화소전극의 center의 색좌표 변화를 나타낸 그림이다.

컴퓨터 시뮬레이션은 실제 실험과 같은 조건으로 LCD Master(Japan, Shintech)에 의해서 행해졌으며, 계산 방법은 2x2 Jones matrix[6] 방식을 사용하였다. 시뮬레이션을 통하여 전극 위치별 측정된 액정의 관찰하기 위하여 사용된 색좌표는 CIE 1931chromaticity diagram방식의 색좌표를 이용하여 나타내었다.

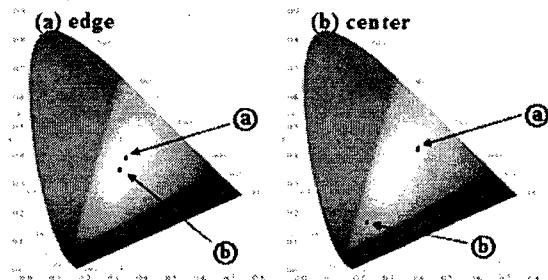


그림 3. 전극위치 (a)edge와 (b)center의 색좌표 변화

그림 3은 컴퓨터 시뮬레이션 상에서 전극 위치별 색좌표

를 확인하기 위해서 (a)와 (b)는 각각 화소전극의 edge와 화소전극의 center에서 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3에 표시된 (a)는 그림 2 (a)에서와 같은 조건으로 액정의 러빙 방향과 하부 편광판의 투과축이 일치된 상태, (b)는 그림 2 (b)에서와 같은 조건으로 액정의 러빙 방향과 하부편광판의 투과축을 45° 회전시켜 구동전압에서 표현한 색좌표이다.

그림에서 보면 교차된 편광자 사이에서 액정 셀을 구동시키고 편광축과 일치시킨 후 계산된 색좌표(a)와 45°를 회전시킨 후 계산된 색좌표(b)를 보면 화소전극의 edge에서는 편광판의 회전에 따른 색좌표상의 변화가 적다. 반면 화소전극의 center에서는 색좌표상의 변화가 매우 큼을 확인 할 수 있었다. 이는 앞의 실험과 일치하는 결과로써, 화소전극의 edge부근에서는 액정 분자들이 강한 수평전기장의 영향을 받아 하부기판에 가까운 액정의 교임이 최대로 발생하여 TN모드와 같은 편광회전 효과가 나타나는 반면 화소전극의 center부근에서는 수직전기장의 영향으로 ECB모드와 같은 위상지연효과에 의해서 빛을 제어 한다는 것을 실험과 시뮬레이션으로 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 유전을 이방성이 양이고 높은 위상지연 값을 갖는 액정을 이용한 FFS모드에서 전극의 위치에 따른 전기-광학적 특성을 연구하였다. 실험과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 전극의 위치에 따라 상이한 전기장의 영향으로 인해 전극 위치별 액정의 거동이 다르게 되어 전극 edge에서는 TN모드와 같은 편광회전효과에 의해 빛을 제어하게 되고 전극의 center부근에서는 ECB모드와 같이 위상지연효과에 의해 빛을 제어한다는 것을 확인하였다.

즉, FFS모드에서는 수평 전기장과 수직 전기장이 동시에 형성되어 전극위치 별로 액정의 거동이 다르다는 것을 실험과 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 증명하였다.

참고 문헌

- [1] S. H. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, H. Y. Kim and J. Y. Lee, Journal of the SID, p155, 2001.
- [2] N. Koma, Y. Baba and K. Matsuoka, SID'95 Digest, p869, 1995
- [3] H. Y. Kim, I. S. Song, and S. H. Lee, Trans. EEM, Vol. 4, No. 1, p. 24, 2003
- [4] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett., Vol. 73, No. 20, p. 2881, 1998
- [5] S. H. Jung, S. H. Lee, S. H. Song, H. Y. Kim, S. K. Lee, Y. J. Lim, IDW, p. 113, 2003
- [6] J. F. Strömer, E. P. Raynes, C. V. Brown, Appl. Phys. Lett, Vol. 88, No. 5, p. 051915, 2006