

화소 전극 간 거리가 Fringe In-plane field Switching mode의 전기 광학 특성에 미치는 영향

김민수, 박지웅, 정준호, 하경수, 임영진, 이명훈, 이승희
전북대학교 고분자·나노 공학과

Electro-Optic Characteristics according to Distance between Pixel Electrodes in Fringe In-plane field Switching mode

Min-Su Kim, Ji-Woong Park, Jun-Ho Jung, Kyung-Su Ha, Young-Jin Lim, Myong-Hoon Lee and Seung-Hee Lee
Department of Polymer, Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract : We have studied electro-optic characteristics of a high performance liquid crystal display using Fringe In-plane field Switching (FIS) mode. The strong electric fields cause more liquid crystals to reorient almost in plane above and between the pixel electrodes. As a result, the operation voltage is lower and transmittance is higher than those of Fringe Field Switching (FFS) and In-Plane Switching (IPS) modes. Apparently, the transmittance depends on voltage applied at the configurations of FIS mode which are proposed. Therefore, we have studied certain length of between electrodes for maximum transmittance and light intensity.

Key Words : Fringe in-plane field switching, Fringe-field switching, In-plane switching, Transmittance

1. 서론

최근에 대면적 액정 패널 디스플레이가 개인용 컴퓨터 모니터와 TV에 널리 이용되고 있다. 이런 디스플레이에 사용되고 있는 다양한 액정 구동 모드들이 제안되어 왔는데 그 중 Twisted nematic (TN)[1]은 가장 일반적인 액정 디스플레이 구동모드로 안정한 구조, 넓은 공정 마진, 높은 광학적 특성을 갖고 있어 노트북과 모니터 분야에서 널리 응용되고 있다. 하지만 현재 일반적으로 이용되고 있는 nematic 액정은 광학적으로 이방성을 갖는 상태에서 광원에서의 빛을 제어하여 계조를 표시하므로, 특히 TN의 경우 시야각에 따라 화질의 차이를 보인다. 이런 문제점을 개선하기 위해 Patterned Vertical Alignment (PVA)[2], In-Plane Switching (IPS)[3], 또는 Fringe Field Switching (FFS)[4-6] 같은 광시야각 기술들이 제안되어 왔다. 이 중 FFS는 수평, 수직 전기장에 의하여 화소전극 위의 액정 방향자들도 회전하기 때문에 높은 투과율과 넓은 시야각, 좋은 이미지 특성을 동시에 가지고 있다. 하지만, 화소전극과 공통전극 위의 투과율이 전극 Edge 부분보다 여전히 좋지 않아 전체적인 투과율은 TN보다 떨어지고 구동 전압 역시 TN보다 높다. 이를 개선하기 위해 최근 Fringe In-plane field Switching (FIS) 모드가 제안되었다.

본 논문에서는 FIS 모드의 구동 방식과 화소 전극 간의 거리에 따른 투과율 향상 방안에 대해 알아보려고 한다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림 1(a)는 수직, 수평 전기장에 의해서 구동되는 일반적인 투과형 FFS의 셀 구조이다. 전극은 하부 기판에만 존재하며 공통전극과 화소전극이 Insulator를 사이에 두고

두 전극 간 수평 거리가 0인 상태이다. 그림 1(b)는 제안된 FIS로 기본적인 구조는 같으나 화소전극 사이에서도 전위차가 발생한다는 이점이 있다.

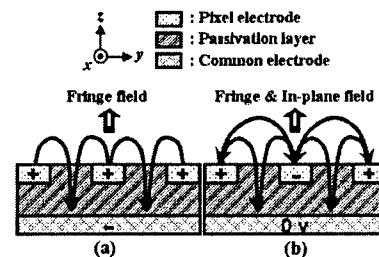


그림 1. (a) FFS 와 (b) FIS 의 셀 구조 개략도.

한 개의 화소전극을 건너뛰며 존재하는 화소전극들은 같은 전위를 갖으며 서로 근접한 화소전극 간에는 반대되는 극성의 전압이 걸린다. 이렇게 되면 화소전극과 공통전극 사이의 Fringe field뿐 아니라 각 화소전극 사이에서도 In-plane field가 발생하게 된다. 이로 인해 공통전극은 일정한 전압이 유지되는 상태에서 화소전극 사이에 반대 극성의 전압이 인가되기 때문에 구동 전압이 FFS 대비 약 50%가 떨어진다.

FFS와 FIS의 광투과 특성을 알아보기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다. 서로 같은 셀 구조로 제안 되었으므로 두 모드의 시뮬레이션 조건은 동일하게 하여 Electrode width (w), Length between electrode (l)는 각각 3, 4.5(μm), Cell gap은 4 μm , Pretilt와 Rubbing angle은 각각 2, 80($^\circ$), Passivation layer thickness는 0.29 μm , LC는 $\Delta n=0.10$, $\Delta \epsilon=8.2$ 로 하였다. 본 논문의 컴퓨터 시뮬레이션은 LCD Master(Japan, Shintech)에 의해서 행해졌으며, 계산 방법은

2×2 Jones matrix[7] 방식을 사용하였다.

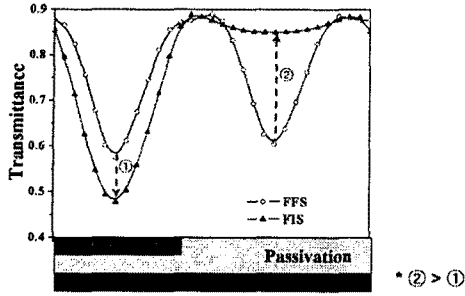


그림 2. FIS와 FFS 모드의 V-T Curve 비교

그림 2는 하부기판 위치에 따른 화소전극 위에서의 투과율(①)과 화소전극 사이에서의 투과율(②) 곡선이다. FFS에서는 화소전극 위에서 전극의 Edge 부분 액정 방향자들의 Twist가 커서 그로 인한 탄성력으로 전극 Center부분까지 액정 방향자들이 돌게 되는 반면 FIS에서는 전극 사이의 In-plane field로 인해 Edge부분에서 액정 방향자들이 FFS 만큼 Twist 되지 않으므로 그만큼 전극 Center에서의 액정 방향자들 역시 적게 돌게 된다. 이로 인해 ①만큼의 투과율 손해와 ②만큼 투과율의 이익이 발생한다. ②만큼의 이익은 전극 사이에서의 In-plane field로 인한 액정 방향자들의 Twist가 기인한다.

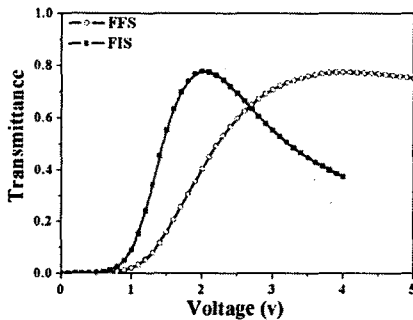


그림 3. 전극 위에서의 위치에 따른 투과율 비교.

그림 3에서와 같이 화소전극 사이에서 좋은 투과율을 보이므로 화소전극 사이의 거리에 따른 투과율을 다시 비교해 보았다. 전과 동일한 조건에서 l 만 각각 4.5, 6.0, 7.5, 9(μm)로 바꾸어 시뮬레이션을 실행한 결과, l 이 커질수록 Twist 되어야 할 액정 방향자들의 양이 많아지므로 그림 4에서와 같이 문턱, 구동 전압은 올라가고 7.5 μm 에서 최대 투과율을 보인다.

또, 각각의 투과율을 실제 패널 안의 화소에서 생각하여 유효한 투과율을 나타내려면 Light Intensity (I)[8]를 계산하여야 한다.

$$I = \eta_w \times w + \eta_l \times l \quad (1)$$

(w, l : Number of w, l)

Light Intensity는 길이가 일정한 화소 내에서 실제로 유효

하게 발생하는 투과율의 값이다. η_w, η_l 는 각각 w, l 위에서 발생하는 평균투과율 값으로, 한 화소 내에서 w, l 이 위치할 수 있는 숫자만큼을 각각의 평균투과율 값에 곱해서 유효한 광량을 계산한다. 이렇게 계산된 값은 l 4.5, 6, 7.5, 9(μm)에서 각각 84.17, 85.15, 85.45, 84.69로 나타났다. 이 결과로 한 Pixel 내에서의 유효한 광량을 실제 공정 시 고려해 볼 수 있다.

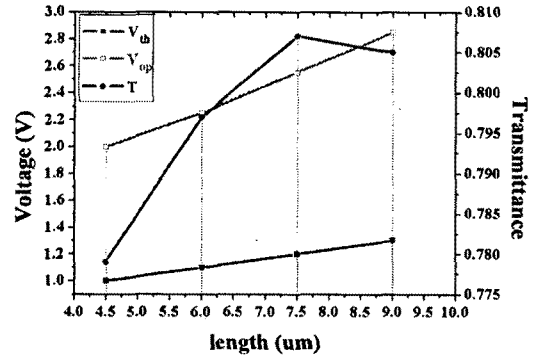


그림 4. 화소전극 사이의 거리에 따른 문턱(V_{th}), 구동(V_{op}) 전압과 투과율.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 Fringe In-plane Field를 이용한 FIS의 특성과 전극 간 거리에 따른 전기광학 특성에 대해 연구하였다. FIS는 FFS에 비해 낮은 구동전압과 높은 투과율을 보이고 또, 제한된 화소 크기 내에서의 전극 간의 거리에 따라 높은 광효율을 나타내는 이점이 있다. 이는 대면적 패널에서 l 이 넓어질수록 투과율과 개구율이 동시에 좋아지는 효과를 준다. 마지막으로, 이 모드는 두 개의 Transistor와 Data line을 필요로 하지만 이는 현존하는 고개구율 액정디스플레이 모드 기술을 응용함으로써 극복할 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] M. Schadt and W. Helfrich, Appl. Phys. Lett., Vol. 18, No. 4, p. 127, 1971.
- [2] K. H. Kim, K. H. Lee, S. B. Park, J. K. Song, S. N. Kim and J. H. Souk, Asia Display 98, p. 383, 1998
- [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. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Asia Display '98, p. 371, 1998
- [6] S. H. Hong, T. Y. Eom, H. Y. Kim, S. L. Lee, and S. H. Lee, KLCC '99, p. 97, 1999
- [7] A. Lien, Appl. Phys. Lett, Vol. 57, No. 26, p. 2767, 1990
- [8] I. S. Song, I. S. Baik, T. M. Kim, S. H. Lee, D. S. Kim, H. S. Soh, W. Y. Kim, JID, Vol. 5, No.3, 2004