

고투과율 특성을 갖는 FFS 모드의 시야각 스위칭

김진호, 허정화, 진미형, 임영진, 진현석¹, 김병구¹, 이승희^{*}
전북대학교

Viewing angle controllable liquid crystal display using fringe-field switching mode with high aperture ratio characteristic

Jin Ho Kim, Jung Hwa Her, Mi Hyung Chin, Young Jin Lim, Hyun Suk Jin¹, Byeong Koo Kim¹ Seung Hee Lee^{*}
Chonbuk National Univ.

¹Mobile Product Development Department, LG Display Co., Ltd., Gumi, Gyungbuk, 730-350, Korea

Abstract : We propose viewing angle switchable liquid crystal display(LCD) associated with fringe-field switching (FFS) mode with high aperture ratio characteristic. This device is composed of R(red), G(green), B(blue), pixel and W(white) pixel in which R,G,B pixel shows image and white pixel for both viewing angle control and image. Conventional viewing angle controllable liquid crystal display has not transmittance because the liquid crystal only tilts up without rotates in viewing angle control region. In this paper, we suggested that the device has high transmittance characteristic because the LC directors are rotated in which viewing angle control region are generated fringe electric field.

Key Words : Viewing angle control, Fringe-field switching (FFS) mode, Transmittance

1. 서 론

액정 디스플레이의 가장 중요한 이슈는 광 시야각 특징이다. 광 시야각 특성을 갖는 액정디스플레이 기술 중에서는 액정 배열이 초기 수평상태로 위치하여 전기장에 의해 회전해 구동하는 in-plane switching (IPS)¹⁾ 와 fringe-field switching (FFS)^{2,3)}모드가 있다. 수평 배열된 액정 분자들은 각각 수평전기장이나 프린즈 전기장에 의해 기판에 수평하게 회전하면서 광시야각 특성을 보여주고 있다.

하지만 휴대용 액정 디스플레이의 사용이 증가함에 따라 사생활 정보가 누출되고 보호되지 못하는 새로운 문제점이 대두 되었다. 이에 기존의 광시야각 특성을 갖는 액정 디스플레이에 협시야각 특성을 추가하여, 사용자의 기호에 따라 시야각을 조절할 수 있는 액정 디스플레이에 대한 연구가 개발되고 있다. 광시야각 특성을 갖는 액정 디스플레이에 협시야각 특성을 추가하기위한 방법으로 기존의 패널에 부가적으로 별도의 패널을 추가하는 방법⁴⁻⁶⁾과 화소영역에 협시야각 기능을 추가하기 위해서 정보를 표시하는 주(main) 화소, 시야각을 조절하는 보조(sub) 화소로 각각 나누는 방법^{7,8)}이 제안 되었다. 그러나 별도의 패널을 추가하여 하는 시야각을 조절 하는 방법은 디바이스의 두께가 증가하는 문제점이 있으며, 화소를 분할하는 방법은 보조 화소에서 정면투과율이 발생하지 않아 개구율 측면에서 불리한 점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기위해 고개구율 특성을 갖고 시야각 스위칭이 가능한 액정 디바이스를 제안 하였다.

2. 셀 구조 및 동작원리

그림1은 본 논문에서 제안한 고개구율 특성을 갖는 시야각 스위칭 액정 디스플레이의 평면도로서 4개의 단위 화소로 구성되어 있다. 또한 R(레드), G(그린), B(블루)의 컬러 필터가 코팅된 3개의 화소는 메인 이미지를 표현하는 화소이며, 나머지 W(화이트) 화소는 컬러 필터를 코팅 하지 않으며 상부 기판에 추가적인 공통 전극을 위치시켜 시야각 조절이 가능하도록 제안하였다. 초기 액정의 배향과 하부 기판의 전극 구조는 기존의 normal FFS 모드를 적용하고 있다. 그러나 W 화소의 상부 기판에 평면 형태의 공통 전극을 위치함으로써 이 영역에서 발생하는 수직 전기장을 이용하여 시야각 스위칭을 가능하게 하는 것이다. 액정의 러빙방향은 90°이며 화소의 격자 패턴된 화소 전극의 방향은 상하 방향이고 액정의 러빙방향과 이루는 각도는 80°이다.

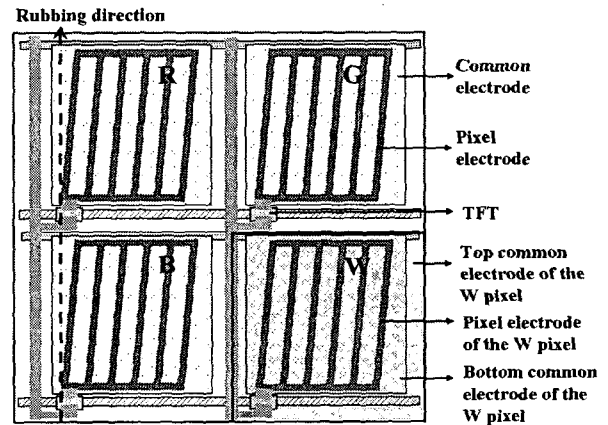


그림 1. 제안된 FFS모드를 이용한 시야각조절 액정 디스플레이의 평면도.

그림2는 광시야각 모드와 협시야각 모드에서의 전압이 인가된 상태에서의 액정 방향자의 움직임을 나타낸 것이다. 그림 2(a)의 광시야각 모드에서는 하부 기판에 전압 인가 시 발생 되는 프린지 전기장에 의해 액정 방향자들이 회전하게 되며 액정의 방향자가 45°로 회전할 때 최대 투과율을 얻게 된다. 그림 2(b)의 협시야각 모드에서는 하부 기판의 프린지 전기장과 상부 기판에 위치한 평면 형태의 공통 전극에 전압을 인가하여 발생하는 수직 전기장으로 액정의 방향자가 회전하는 동시에 틸트(tilt)가 된다. 즉, 하부의 FFS 기판에 의해 발생하는 프린지 전기장에 의해 액정이 회전하여 W 화소에서도 정면 투과율을 얻어 고개구율을 갖는 동시에 상부 기판에 위치한 공통 전극에 전압을 인가하여 발생하는 수직 전기장에 의해 액정이 틸트 되어 좌우 시야각 방향에서 액정의 위상차가 발생하여 빛샘을 유발해 협시야각 특징을 갖게 된다.

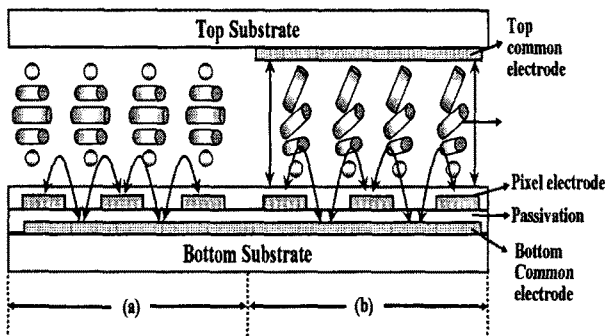


그림 3. FFS 모드를 이용한 화이트 상태에서의 시야각 조절 액정 디스플레이의 단면도: (a) 광시야각 모드 (b) 협시야각 모드.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

전기 광학특성을 연구하기 위해 Eriksen-Leslie 이론을 기초로 2 X 2 Jones extended matrix⁹⁾ 방법에 의하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다. 편광판 한장 및 평행한 두 장의 투과율은 각각 41%와 35%로 가정하였다. 액정의 굴절률 이방성(Δn)은 0.1이고 액정의 유전율 이방성(ϵ)이 7.1인 액정을 사용하였다. 셀 갭(d)은 4 μ m로 정하였다.

그림3는 광시야각 모드를 기준으로 최대 빛샘의 70%(점선), 50%(붉은 점선), 30%(실선)인 영역을 나타낸 것이며 그에 따른 수치를 표현한 것이다. 광시야각 모드와 협시야각 모드의 최대 빛샘은 각각 0.7955%와 15.0476%이다. 그림 3(a)의 광시야각 모드에서는 편광판의 투과축의 45° 방향에서 최대 빛샘의 70%인 영역이 나타나는 것을 볼 수 있으며 그림 3(b)의 협시야각 모드에서는 좌우 시야각 방향에서 극각 약 10° 이내에서 최대 빛샘의 70%인 영역이 넓게 나타나는 것을 볼 수 있다. 그 결과로써 좌우 방향에서 충분히 시야각 조절이 가능하다는 것을 확인 할 수 있다.

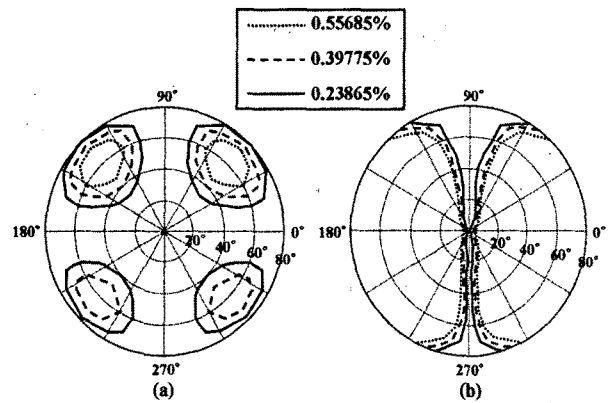


그림 4. 어둡 상태에서 계산된 등 휘도 곡선: (a) 광시야각 모드, (b) 협시야각 모드

4. 결론

본 연구에서, 우리는 FFS 모드를 이용하여 시야각 조절이 가능한 고개구율 액정 디스플레이를 제안하였다. 이 디스플레이는 R,G,B,W 화소로 구성된 4개의 화소에서 컬러 필터를 코팅한 정보를 표현하는 R,G,B, 화소와 상부 기판에 공통 전극을 위치시켜 시야각을 조절하는 화소인 W 화소로 제안하였다. 그 결과 W 화소의 정면에서도 투과율이 발생하는 고투과율 특성을 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 LG 디스플레이의 지원으로 수행한 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] M. Oh-E and K. Kondo, Appl. Phys. Lett 67, 3895, 1995.
- [2] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett., 73, 2881, 1998.
- [3] S. H. Hong, I. C. Park, H. Y. Kim and S. H. Lee, Jpn. J. Appl. Phys. 39, L527, 2000.
- [4] M. Adachi, Jpn. J. Appl. Phys. 47, 7920, 2008.
- [5] E. Jeong, M. H. Chin, Y. J. Lim, A. K. Srivastava, S. H. Lee, K. H. Park, and H. C. Choi, J. Appl. Phys., 104, 033108, 2008.
- [6] E. Jeong, Y. J. Lim, J. M. Rhee, and Seung Hee Lee, G-D. Lee, K. H. Park and H. C. Choi, Appl. Phys. Lett., 90, 051116, 2007.
- [7] H. S. Jin, H. S. Chang, J. K. Park, S. K. Yu, D. S. Lee and I. J. Chung, Proc. of SID, 729, 2006.
- [8] Y. J. Lim, E. Jeong, M. H. Chin, S. H. Ji, G-D. Lee, and S. H. Lee, J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 41, 085110, 2008.
- [9] A. Lien, Appl. Phys. Lett., Vol.57, p.2767, 1990.