

Fringe 전기장 구동 Twisted Nematic 액정 디스플레이의 투과율 향상 연구

류제우, 이지연, 임영진, 전연문, 이승희
전북대학교

Study on transmittance improvement of 90° twisted nematic liquid crystal display driven by fringe-electric field

Je Woo Ryu, Ji Youn Lee, Young Jin Lim, Yeon Mun Jeon, Seung Hee Lee
Chonbuk National University

We investigated the electro-optic characteristics of a fringe-field driven twisted nematic (TN) display using a LC with negative dielectric anisotropy depending on electrode structures. The fringe-field driven TN mode known to exhibit wide viewing angle and excellent color characteristics over a wide viewing range and high transmittance. However, when the electrode width and distance between them is large enough, the transmittance is lower than the conventional vertical field-driven TN mode. By narrowing the electrode width and distance, the transmittance reaches the same value of the conventional TN mode.

Key Words : liquid crystal display, Fringe-field Switching, Transmittance, Twisted nematic

1. 서론

최근, 모니터, 텔레비전, 핸드폰, 노트북 등에 사용되는 액정 디스플레이의 화질을 개선시키기 위해서 활발한 연구가 진행 중이다. 특히, TN모드는 매우 안정한 구조와 좋은 공정 마진 때문에 액정 디스플레이 안에서 우위를 차지하고 있다[1-2]. TN모드는 시야각 방향에서 관찰 될 때, 계조반전, 명암 대비율(contrast ratio) 감소 및 색 끌림 현상이 나타나기 때문에 고품질 표현을 위해서는 적절하지 못하다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서 우수한 시야각 특성을 보여주는 in-plane switching (IPS)[3], fringe-field switching (FFS)[4], multi-domain vertical alignment (MVA)[5] 모드가 제안 되었다. 특히, IPS와 FFS 모드는 전압 인가 시, 액정분자들이 기판에 평행하게 회전하기 때문에 시야각에 따른 광학 특성의 변화가 작다.

최근 본 연구실에서는 TN 모드와 FFS 모드의 장점을 접목시킨 F-TN 모드를 연구 하였다[6]. 하지만 유전율이방성($\Delta\epsilon$)이 음인 액정(-LC)을 이용한 F-TN 모드의 광효율이 일반적인 TN 모드의 투과율에 비해 상당히 낮았다.

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 w, l 의 변화에 따른 투과율을 향상시킬 수 있는 방안에 대해 연구 하였다.

2. 시뮬레이션

2.1 시뮬레이션 조건

그림 1은 유전율이방성이 -LC을 이용한 F-TN모드의 전압 인가 전과 후의 셀 구조를 나타낸다. F-TN 모드는 FFS 모드와 동일하게 하부기판에만 전극이 존재한다. 공통전극(common electrode)과 화소 전극(pixel electrode)이 절연 층을 사이에 두고 존재하며 공통전극과 화소전극 간

수평 거리가 영이고 화소 전극은 임의의 폭(w)을 가지며 서로 임의의 간격(l)으로 떨어져 있다. F-TN 모드의 전기 광학 특성을 분석하기 위해 액정 분자의 pretilt 각을 2° 로 하였고, 셀갭 (d)은 $6\mu\text{m}$ 로 하였고, 액정 분자들의 표면 배양력은 strong anchoring energy로 가정 하였다. 액정의 굴절율 이방성(Δn)은 550nm 에서 0.08로 하여 normally black(NB) TN모드의 1차 최적 조건인 $d\Delta n$ 을 $0.48\mu\text{m}$ 로 하였다. 액정의 $\Delta\epsilon$ 은 -4, 탄성상수 $K11$ 은 13.5pN, $K22$ 는 6.5pN, $K33$ 는 15.1pN 이며 w 는 3, $1.5\mu\text{m}$ 이고 l 은 4.5, $1.5\mu\text{m}$ 이다. 초기 하부기판 액정 분자들의 러빙각은 0° 로 두어 전계 인가 시, 액정 분자들이 수평 전기장 방향에 수직으로 회전 가능하게 하였고, 상부기판의 러빙각은 90° 로 두어 액정분자들이 90° twist 되게 하였다. 광학적 투과율 계산은 550nm 에서 2×2 extended Jones matrix[7]을 적용 하였다.

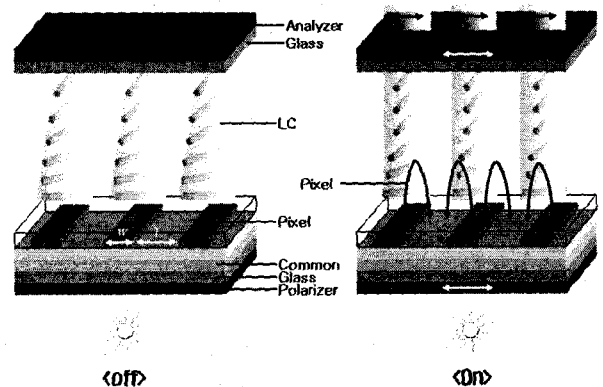


그림 1. Off 및 on 상태의 -LC을 이용한 F-TN 셀 구조.

3. 결과 및 고찰

Δe 이 음인 F-TN 모드의 광효율은 78%로써 90% 이상의 광효율을 갖는 TN모드에 비해 상당히 낮다. 이러한 원인은 하부기판에 강하게 정박되어 있는 액정분자들이 완벽하게 90도 회전되지 않기 때문이다. 그림 2는 전극 조건에 변화에 따른 V-T곡선이다. 기존에 $w=3\mu\text{m}$, $l=4.5\mu\text{m}$ 일 때에는 광효율이 78% 인 반면, $w=1\mu\text{m}$, $l=1.5\mu\text{m}$ 일 때에는 광효율이 무려 90%에 가깝게 나와서 TN모드와 상응하는 투과율을 갖는다.

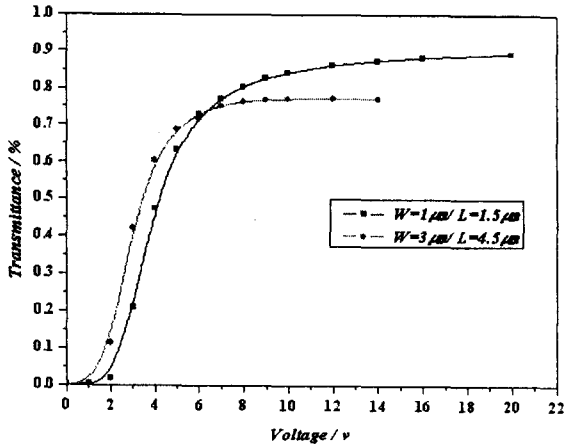
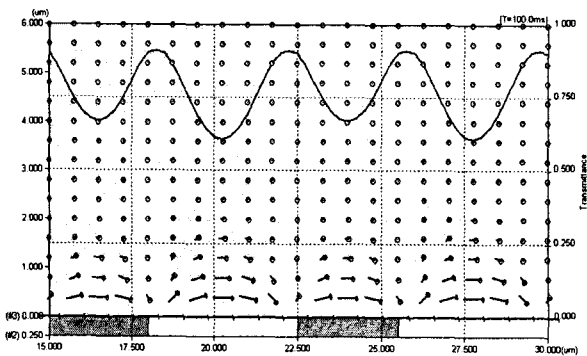
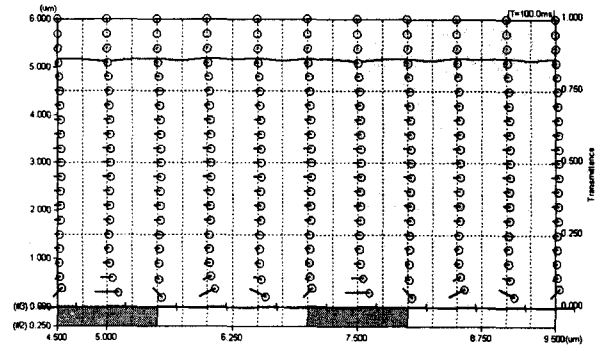


그림 2. 전극 조건의 변화에 따른 전압에 따른 광효율 곡선.

그림 3은 다른 전극 조건에서 전극 위치에 따른 투과율 변화이다. 그림 3(a)는 전극 center 부분의 하부기판에 위치한 액정 분자들이 완벽하게 90° 회전되지 않기 때문에 투과율이 전극 위치에 따라 주기적으로 oscillating 현을 보여준다. 그러나 그림 3(b)에서는 투과율이 전극 위치에 따라 주기적으로 oscillating 하지 않고 전극 위치에 의존하지 않고 모든 영역에서 거의 동일한 투과율을 발생시키는 것을 알 수 있다. 또한 하부기판의 액정 분자들이 전극 위치와 상관없이 거의 완벽하게 90° 회전되었다. 이는 전극 폭이 작아질수록 액정 방향자가 유전토크에 의해 완벽히 전기장에 대해 수직으로 배열하는 것을 알 수 있었고, 결과적으로 액정층에 입사된 선평광된 빛의 편광상태가 바뀌지 않아 모든 영역에서 높은 광효율을 보여주고 있다.



(a)



(b)

그림 3. 다른 전극조건에서 전극 위치에 따른 투과율변화 (a) $w=3\mu\text{m}$, $l=4.5\mu\text{m}$ 와 (b) $w=1\mu\text{m}$, $l=1.5\mu\text{m}$.

4. 결론

본 논문에서는 기존에 제안된 F-TN 모드의 투과율이 TN 모드에 비해 떨어지는 것을 개선하기 위하여 w , l 의 크기에 따른 전기광학특성을 연구 하였다. 전극 폭이 작을 수록 투과율이 90%이상으로 기존의 TN모드의 투과율과 비슷해지는 결과를 얻었다. 하지만 앞으로 F-TN 모드를 상용화하기 위해서는 normally white (NW)모드로 전환하는 것이 필수적이므로 차후 NW F-TN모드의 연구가 필요하다.

감사의 글

본 과제는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] S. H. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, H. Y. Kim, J. Y. Kim, "An overview of product issues in wide-viewing TFT-LCDs", Journal of the SID Vol 9, No. 3, pp. 155, 2001.
- [2] H. Takano, S. Suzuki, and H. Hatoh, IBM J. Res. Develop. Vol. 36, p. 23, 1992.
- [3] M. Oh-e, and K. Kondo, Appl. Phys. Lett. 67, 3895, 1995.
- [4] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett. 73, 2881, 1998.
- [5] A. Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, K. Ohmuro, T. Sasabayshi, Y. Koike, and K. Okamoto, SID'98 digest, p. 1077, 1998.
- [6] I. S. Song, S. S. Shin, H. Y. Kim, S. H. Song and S. H. Lee, J. Appl. Phys. 95, No4, p. 1625, 2004.
- [7] A. Lien, Appl. Phys. Lett., 57, p. 2767, 1990.