

FFS 모드를 이용한 광시야각 반투과형 액정 디스플레이

송제훈, 임영진, 박지혁, 이승희

전북대학교 신소재공학부

Wide Viewing Angle Transflective Liquid Crystal Display using Fringe-Field Switching Mode

Je Hoon Song, Young Jin Lim, Chi Hyuk Park, Seung Hee Lee

School of Advanced Materials Engineering, Chonbuk National University

Abstract

We have designed a single gap transflective liquid crystal display (LCD) driven by a fringe electric field, in which the LCs are homogeneously aligned in the initial state. In the reflective and transmissive areas, the degrees of the rotation of the LC director are 22.5° and 45° , respectively. Utilizing this mechanism and an in-cell retarder with a quarter-wave plate that is used below the LC layer, the transflective LCD using fringe-field switching (FFS) mode is realized.

Key Words : transflective LCD, fringe-field switching, single gap, wide viewing angle.

1. 서 론

일반적으로 액정 디스플레이 (LCD)는 두 가지 종류로 분류된다. 내부 광원을 이용하는 투과형 LCD와 외부 광원을 이용하는 반사형 LCD로 나눌 수 있다. 투과형 LCD는 내부 광원을 사용하기 때문에 소비 전력이 높기 때문에 핸드폰과 personal digital assistance (PDA)와 같은 휴대용 장치에 사용되기 어려운 반면에 반사형 LCD는 주변 광원을 이용하므로 소비전력이 낮고 두께가 얇고 가벼우며 옥외 시인성이 뛰어나기 때문에 휴대용 장치에 많이 이용되고 있다[1]. 그렇지만 실내와 같은 주

변광원이 약한 곳에서는 디스플레이의 시인성이 떨어진다. 이런 반사형 LCD의 단점을 보완하기 위해 옥내나 옥외에서 좋은 시인성을 나타내는 반투과형 LCD에 대해서 연구되었다[2-4].

일반적으로 반투과형 LCD는 반사와 투과 영역에서의 셀갭이 다른 구조[2,3]와 두 영역에 각각의 구동 회로로 구동하는 형태[4]가 있다. 이종의 셀갭을 갖는 구조의 반투과형 LCD에서는 반사 영역과 투과 영역에서 모두 높은 광효율을 갖는다. 그렇지만 투과 영역에서의 응답시간이 반사 영역에서의 응답시간보다 4배나 느리고 반사 영역과 투과 영역에서 색순도와 같은 화질의 차이가 생긴다. 게다가 두 영역에 단차를 두어서 셀갭을 다르게 해야하므로 추가적인 공정이 필요하게 된다. 또한 이중 구동 회로를 이용한 반투과형 LCD는 반사 영역과 투과 영역의 셀갭을 동일하게 할 수 있지만 구동 회로에서의 비용이 증가하게 된다.

일반적인 액정 모드는 기판에 대해서 수평 혹은 수직으로 배열된 액정이 수직 전기장이 인가하면 수직 혹은 수평으로 액정들이 재배열한다. 이와는

* : 전북대학교 신소재공학부

(전북 전주시 덕진동 1가 664-14)

Fax : 063-270-2341

Corresponding Author :lsh1@moak.chonbuk.ac.kr

2003년 월 일 접수, 2003년 월 일 1차 심사완료,

2003년 월 일 최종 심사 완료

달리 기판에 대해서 수평 배열된 액정이 전계 인가시 기판에 대해 거의 평행을 유지하면서 한 방향으로 구동되어 광시야각과 높은 투과율을 보이는 fringe-field switching (FFS) 모드가 제안되었다[5,6]. 이러한 넓은 시야각 특성 때문에 FFS 모드를 이용한 반사형 LCD에 대해서도 연구되었다[7,8]. 본 논문에서는 FFS 모드를 이용해서 반사 영역과 투과 영역에서 전기광학 특성이 우수한 반

Shintech)를 이용해서 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였으며, 계산 방법은 2,X2 Jones matrix 방식[9]을 이용하였다. 화소 전극의 폭은 $3\mu\text{m}$ 이고 화소 전극간 거리는 $4.5\mu\text{m}$ 이다. 셀갭은 $4\mu\text{m}$ 로 하였고, 이때 사용된 액정의 굴절률 이방성 (Δn)은 0.09, 유전율 이방성 ($\Delta\epsilon$)은 -4.5 이고 탄성계수가 $K_{11} = 13.5\text{pN}$, $K_{22} = 6.0\text{pN}$ 그리고 $K_{33} = 15.1\text{pN}$ 인 액정을 사용하였으며, 액정의 초기 러빙방향

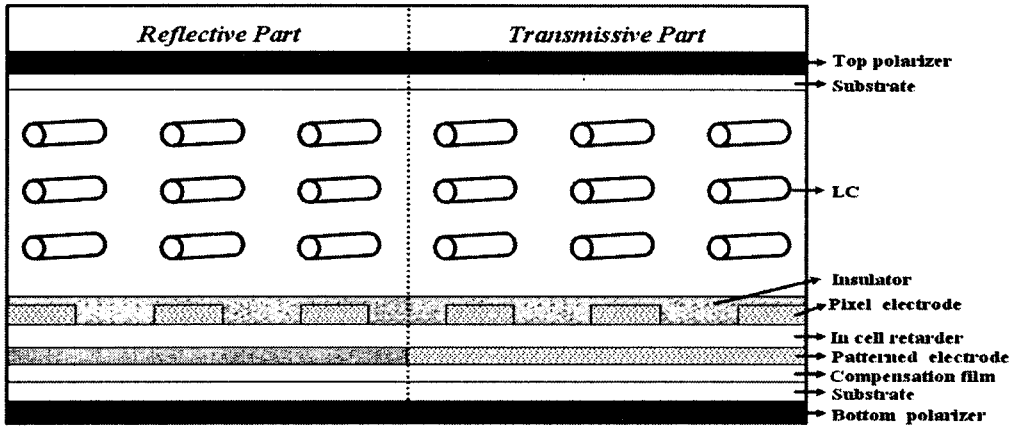


그림 1. FFS 모드를 이용한 단일갭형 반투과형 LCD의 개략적인 셀 구조.

Fig. 1. Schematic cell structure of a single gap transfective LCD using FFS mode.

투과형 LCD의 광학적 셀 구조를 제안하였으며, 또한 그 소자에 대한 전기-광학적 특성에 대해서 연구하였다.

2. 본 론

그림 1은 FFS 모드를 이용한 단일갭형 반투과형 LCD의 셀구조를 나타낸다. 화소 전극은 반사 영역과 투과 영역에서 일반적인 FFS 모드와 동일하게 되어 있고 공통 전극을 반사 영역에서는 반사형 전극, 투과 영역에서는 투과형 전극으로 구성하였다. 공통 전극과 화소 전극 사이에 $\lambda/4$ 특성을 가지는 내장형 위상자가 배치되어 있다. 그리고 투과 영역에서의 광보상을 위해서 공통 전극 하부에 $\lambda/4$ 필름이 놓여져 있다. 두장의 편광판은 서로 90° 로 교차되어 있고 액정의 광축은 상부 편광판의 투과축과 일치한다.

본 논문에서 FFS 셀을 이용한 반투과형 LCD의 전기 광학 특성에 대해서는 LCD Master (Japan,

은 전기장의 수평 성분 방향에 대하여 12° 로 하였고 액정의 초기 프리틸트각은 2° 로 두었다.

그림 2는 반사 영역과 투과 영역의 광학 셀구조를 나타낸 것으로서 이때 나타낸 각은 x축에 대해서 시계 반대 방향으로의 각을 의미한다. 그림 2(a)는 반사 영역으로 편광판과 내장형 위상자, 액정셀, 그리고 반사판으로 구성되어 있다. 편광판의 투과축과 액정의 광축은 일치하며 편광판의 투과축에 대해서 내장형 위상자가 45° 틀어져 있다. 이때 빛의 편광 상태를 살펴보면, 편광판에 의해서 선편광된 빛이 액정의 광축방향과 일치하기 때문에 빛의 성분의 변화 없이 액정을 통과하고 이 빛이 45° 틀어진 내장형 위상자를 통과하면 원편광된 빛이 된다. 이 빛이 반사판과 내장형 위상자, 액정셀을 지나면서 입사된 선편광된 빛에 대해서 90° 회전된 선편광된 빛이 되기 때문에 편광판 흡수축에 흡수되어 어둠 상태를 나타낸다. 전압을 인가하면, 액정 방향자가 전계에 대해서 평균적으로 22.5° 회전하기 때문에 편광판을 통과한 빛이 액정층을

지나면서 45°회전된 선편광된 빛이 되어 내장형 위상자의 지연축 방향과 일치하게 되어 빛의 위상이 변하지 않는다. 이 선편광된 빛이 반사판과 내장형 위상자, 그리고 액정층을 지나면서 초기 입사된 선편광된 빛의 방향과 일치하게 되어서 밝은 상태가 보여진다. 그림 2(b)는 투과 영역으로 편광판과 $\lambda/4$ 보상필름, 액정셀, 내장형 위상자 그리고 편광판으로 이루어져 있다. 상판의 편광판 투과축

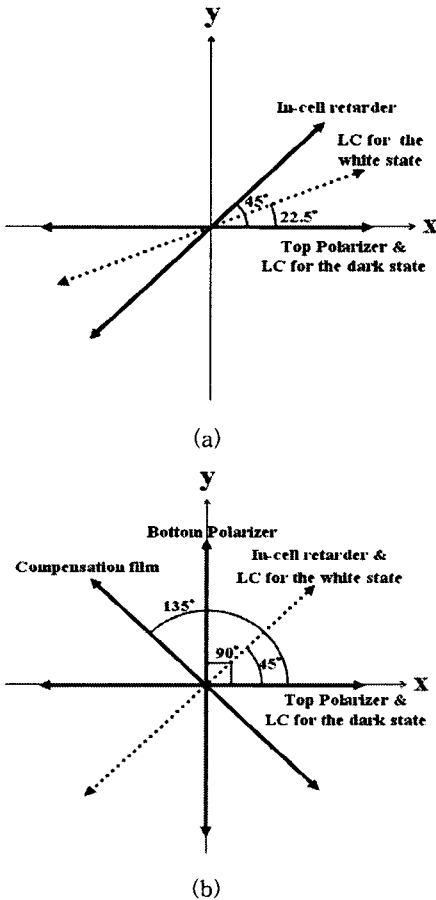


그림 2. 반투과형 LCD의 광학 셀 구조: (a) 반사 영역, (b) 투과 영역.

Fig. 2. Optical cell structure of the transfective LCD: (a) reflective area, (b) transmissive area.

과 액정의 광축은 일치하며 내장형 위상자는 45° $\lambda/4$ 보상필름은 135° 틀어져 있으며 하부 편광판은 90° 틀어져 있다. 이때 빛의 편광 상태를 살펴 보면, 전압 무인가시, 하부 편광판을 통과한 선편

광된 빛이 $\lambda/4$ 보상 필름을 지나면서 원편광이 되고 이 빛이 다시 내장형 위상자를 지나면서 러빙 방향과 일치하는 선편광된 빛이 되어서 액정층을 통과해서 상부 편광판의 투과축 방향에 수직한 방향의 선편광된 빛이 되어 어둡은 상태가 보여진다. 전압 인가시, 액정 방향자가 45°회전하게 되어서 내장형 위상자를 통과한 선편광된 빛이 액정층을 통과하면서 상부 편광판의 투과축과 일치하는 방향의 선편광된 빛이 되어 밝은 상태가 보여진다.

그림 3은 전압 인가에 따른 반사 영역과 투과 영역에서의 반사율과 투과율 곡선이다. 이때 한 장의 편광판과 평행한 두장의 편광판의 투과율은 각각 41%, 35%이다. 반사 영역과 투과 영역 모두 매우 높은 반사율과 투과율을 보여주고 있다.

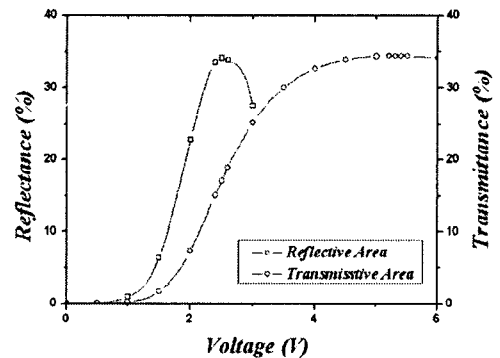


그림 3. 전압에 따른 반사율과 투과율 곡선.

Fig. 3. Voltage-dependent reflectance and transmittance curves.

그림 4는 입사 파장이 550nm의 반사 영역과 투과 영역의 시야각 특성을 보여준다. 반사 영역에서 명암대비가 5이상인 영역이 모든 방향에 대해서 polar각 50°까지이며, 투과 영역에서 명암대비가 5 이상인 영역도 모든 방향에 대해서 polar각 60°로 두 영역에서 모두 넓은 시야각 특성을 보여준다.

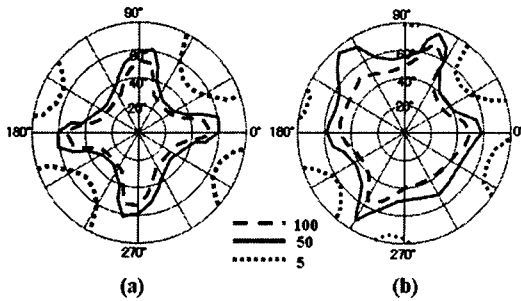


그림 4. 등 명암대비비 곡선 : (a) 반사 영역,
(b) 투과 영역.

Fig. 4. Iso-contrast contour : (a) reflective area,
(b) transmissive area.

3. 결론

본 연구에서는 수평 배열되어 있는 FFS 셀에서 내장형 위상자를 이용해서 반사 영역과 투과 영역에서의 셀갭이 일정한 반투과형 LCD를 제안하였다. 전압 인가시 액정 방향자가 in-plane 회전하기 때문에 반사 영역과 투과 영역에서 모든 방향에 대해서 polar각 50°까지 계조반전이 없는 넓은 시야각 특성을 보여준다. 그리고 두 영역의 셀갭이 동일하기 때문에 제조비용뿐만 아니라 두 영역사이에서의 원치 않는 액정 배향이 생기지 않는 장점을 가지고 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-000-1004-0)지원으로 수행되었음.

참고 문헌

[1] T. Ogawa, S. Fujita, Y. Iwai, and H. Koseki, "The trend on the color and gray reflective LCDs for future electronic paper", SID'98 Digest, p. 217, 1998.
 [2] H. I. Baek, Y. B. Kim, K. S. Ha, D. G. Kim and S. B. Kwon, "New design of transfective LCD with single retarder film", IDW'00, p. 41, 2000.
 [3] K. Fujimori, Y. Narutaki, Y. Itoh, N. Kimura, S. Mizushima, Y. Ishii and M.

Hijikigawa, "New color filter structures for transfective TFT-LCDs", SID Dig. 2002, p. 1382.

[4] J. C. Kim, C. G. Jhun, K. H. Park, J. S. Gwag, S. H. Lee, G. D. Lee and T. H. Yoon, "Novel design techniques for transfective liquid crystal displays", Proc. of 3rd IMID 2003, p. 283.
 [5] S. H. Lee, S. L. Lee and H. Y. Kim, "Electro-optic characteristics and switching principle of a nematic liquid crystal cell controlled by fringe-field switching", Appl. Phys. Lett., Vol. 57, No. 20, p. 2881, 1998.
 [6] S. H. Hong, I. C. Park, H. Y. Kim and S. H. Lee, "Electro-Optic Characteristic of Fringe-Field Switching Mode Depending on Rubbing Direction", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 39, No. 6A, p. 527, 2000.
 [7] T. B. Jung, C. H. Park, H. Y. Kim, S. H. Hong and S. H. Lee, "A reflective liquid crystal display with fringe-field switching mode", Proc. of the 5th KLCC, p. 77, 2002.
 [8] 정태봉, 박지혁, 이종문, 김용배, 이승희, "1매의 편광판으로 구성된 반사형 Fringe-Field Switching mode의 전기광학 특성", 전기전자재료학회학회지, 16권, 2호, p. 131, 2003.
 [9] A. Lien, "Extended Jones matrix representation for twisted nematic liquid crystal display at oblique incidence", Appl. Phys. Lett., 57. p. 2767, 1990.