

수직전기장과 프린지 필드에 의해 구동되는 반투과형 FFS 액정소자

임영진, 박상현, 최민오, 이승희
전북대학교 신소재 공학부

Transflective Fringe-Field Switching Liquid Crystal Device Driven by Vertical- and Fringe-field

Young Jin Lim, Sang Hyun Park, Min Oh Choi, and 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 and vertical field. The conventional FFS mode does not have an electrode on top substrate, it shows not only slow response time due to weak electric field but also slow discharging problem when electrostatic field is generated after fabricating the cell. To solve these problems, transflective LCD with ITO coated upper substrate was suggested but the transmittance was reduced significantly due to effects from vertical field. Hence, in the present paper, new transflective LCD with ITO coating only in the reflective region was characterized.

Key Words : Transflective LCD, fringe electric field, vertical field

1. 서론

최근 모바일의 기능이 급속히 발전됨에 따라 모바일 디스플레이에 요구되는 특성들이 많아지고 있다. 그중에서도 특히 넓은 시야각 특성과 실제 칼라 재현성 및 빠른 응답속도 등을 얻기 위한 연구가 활발해지면서 in-plane switching (IPS)[1], multi-domain vertical alignment (MVA)[2], fringe-field switching (FFS)[3] 모드 등이 개발되어 상용화 되고 있다. 하지만 투과형 디스플레이만으로 모바일 디스플레이에 적용시키는 것은 시간과 공간에 제약 받지 않고 언제 어디서나 자유롭게 이용할 수 있는 모바일에는 부적합하다. 따라서 실내외에서 높은 시인성을 가지고 있는 반투과형 디스플레이가 모바일 디스플레이에 많이 응용되고 있다[4]. 현재 반투과형을 적용한 LCD는 dual 셀갭을 갖는 구조가 대다수를 이룬다. 하지만, dual 셀갭은 일부 영역에서 원하지 않는 배향이 되어 액정들을 조절할 수 없고 공정이 복잡하다는 단점을 가지고 있어, 단일 셀갭을 갖는 구조에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 단일셀갭 반투과형 LCD중 넓은 시야각 특성을 갖는 IPS나 FFS는 상판에 전극이 없는 관계로 편광판 부착 공정이 일어나는 정전기 방출이 용이 하지 못하다. 이를 개선하기 위하여 이면 투명도전막 ITO (indium-tin-oxide)가 증착된 유리기판을 사용하는데 액정셀 공정 중에 전극의 손상을 야기할 수 있다. 따라서 본 연구실에서는 기존의 FFS셀 내부의 상판에 전극을 두어 단일갭 반투과형 LCD를 개발하여 넓은 시야각특성과 빠른 응답속도를 갖는 액정 디바이스를 연구했으나 투과영역에서 수직전기장 형성에 의해 투과율을 저하가 크게 발생했음을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서는 반사영역에만 전극 패턴을 한 새로운 FFS 반투과형LCD를 개발하여 그에 따른 특성들을 연구하였다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림1은 상판에 전극이 있는 단일갭 반투과형 FFS모드

의 셀 구조로써 본 연구실에서 제안한 내장형 위상자를 이용한 단일갭 반투과형 FFS 모드의 상부 기판에 추가로 전극을 둔 것으로, 상판의 전극은 전 영역에 전극이 존재하는 평면 전극을 사용하였다. 액정의 물성값과 광학셀 설계는 기존의 반투과형 FFS셀과 같다.

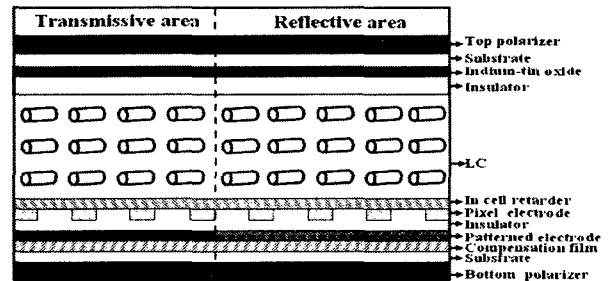


그림1. 상판에 전극이 있는 반투과형 FFS셀의 구조

Fig 1. Structure of the transflective FFS cell with upper electrode.

그림2는 유전을 이방성이 양인 액정을 사용한 기존의 내장형 위상자를 이용한 단일갭 반투과형 FFS셀과 유전층 없이 상판에 전극만을 둔 단일갭 반투과형 FFS셀의 전압에 따른 투과율 및 반사를 곡선이다. 기존의 반투과형 FFS셀에서는 액정 방향자가 수평전기장에 의해 유전회전력을 받아 기판에 평행하게 회전하는데 반사영역에서는 22.5회전하고, 투과영역에서는 45회전해서 각각 높은 반사율과 투과율을 보이지만 두 곡선이 일치하지 않는 것을 알 수 있다. 이는 러빙각의 조정으로 쉽게 일치시킬 수 있다. 반면에 기존의 반투과형 FFS셀 상판에 전극만을 둔 반투과형 FFS셀의 반사율과 투과율을 보면 투과영역에서 투과율이 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이것은 픽셀 전극 윗부분에서 야기되는 수직전기장에 의해

수평 배열된 유전을 이방성이 양인 액정들이 twist 대신 수직 전기장 방향으로 일어서려고 하기 때문에 액정들이 45로 완전히 돌 수 없기 때문에 투과율이 떨어진 것이다.

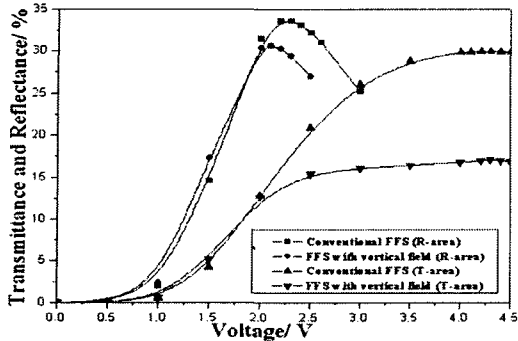


그림 2. 기존 반투과형 FFS와 상판에 유전층 없이 전극만 존재하는 반투과형 FFS모드의 V-T and V-R curves.

Fig 2. Comparison of V-T and V-R curves between existing transfective FFS mode and FFS mode composed only with electrode in upper layer

그림3은 반사영역에만 ITO 패턴전극이 패턴된 반투과형 FFS LCD의 셀 구조이다. 앞서서도 설명했듯이 그림2와 같이 셀을 설계 하면 투과영역에서 투과율이 크게 저하되기 때문에 본 논문에서는 반사영역에만 전극이 패턴된 반투과형 FFS LCD를 제안하였다. 액정의 물성값과 광학적 셀 설계는 기존의 반투과형 FFS셀과 같고 다만 화소전극과 보통전극이 셀의 상부에 위치해 있다. 이는 내장형 위상자로 인한 구동 전압 증가를 막을 뿐만 아니라 반사영역의 패턴된 전극을 반사 전극으로 쓰기 위함이다.

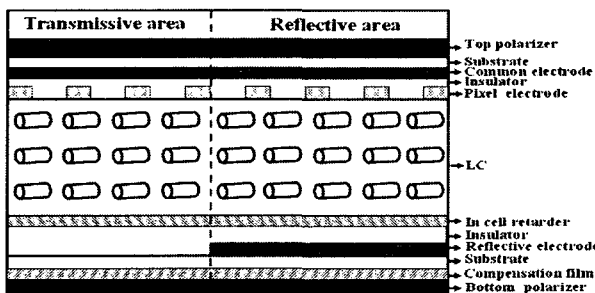


그림3. 반사영역에 전극이 패턴된 반투과형 FFS LCD의 셀 구조

Fig 3. Transfective FFS LCD cell structure with patterned electrodes in reflective region.

그림 4는 그림3의 반사영역에서 유전층의 두께 변화에 따른 전압 대비 반사율 곡선이다. 그림에서와 같이 유전층의 두께가 0 μ m에서 4 μ m로 변함에 따라 반사율과 구동전압이 기존의 FFS에 가까워지는 것을 알 수 있다. 또한 유전층의 두께에 따라 상부전극에 유전층이 형성되지 않았을 때의 반사율보다 4 μ m의 유전층이 형성되었을 시에

는 반사율이 12% 증가된다. 이는 유전층의 두께가 증가함에 따라 수직전기장의 세기가 약해져 액정 방향자가 수평 전기장에 영향을 더 받게 되기 때문이다.

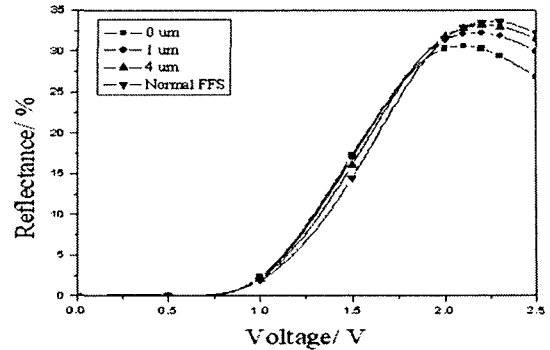


그림 4. 반사영역에서 유전층 두께 변화에 따른 V-R curves

Fig 4. V-R curve as a variation of insulator layer thickness in the reflective.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 기존의 내장형 위상자를 이용한 단일값 반투과형 FFS모드의 상판에 전극을 두어 넓은 시야각특성과 빠른 응답속도를 갖는 액정 디바이스를 연구했으나 투과영역에서 수직전기장 형성에 의해 투과율저하가 크게 발생했음을 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서는 투과영역의 투과율 저하를 막기 위해 반사영역에만 ITO 패턴을 한 새로운 반투과형 FFS LCD를 개발하였다. 이 반투과형 LCD는 기존의 단일값 반투과형LCD의 문제점을 해결한 넓은 시야각 특성과 빠른 응답속도를 갖는 디바이스로써 모바일 디스플레이에 응용되리라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-000-1 0014-0) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] M. Oh-E, and K. Kondo, "Quantitative Analysis of Cell Gap Margin for Uniform Optical Properties Using In-Plane Switching of Liquid Crystals", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, p. 6798, 1997.
- [2] A.Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsuda, K. Ohmuro, Y. Koike, "A Super-High-Image-Quality Multi-Domain Vertical Alignment LCD by New Rubbing-Less Technology" SID'98 Digest, p. 1077, 1998.
- [3] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, "High-transmittance wide-viewing-angle liquid crystal display controlled by fringe-field switching", Asia Display'98, p.371, 1998.
- [4] R. Watanabe and O. Tomita, "Recent trend of the active matrix LCDs for mobile use", IDW'02, p. 397, 2002.