

Fringe-Field Switching (FFS)모드의 액정 물성과 셀 파라미터에 따른 전기-광학 특성 연구

정준호¹, 하경수¹, 김민수¹, 이희규^{1,2}, 이승은², 이승희¹
¹전북대학교 고분자·나노 공학과, ²주) 머크 어드밴스드 테크놀로지스

Electro-Optic Characteristics of Fringe-Field Switching (FFS) according to Magnitude of Dielectric Anisotropy of Liquid Crystal

Jun Ho Jung¹, Kyung Su Ha¹, Min Su Kim¹, Hee Kyu Lee^{1,2}, Seung-Eun Lee² and Seung Hee Lee¹

¹Department of Polymer, Nano Science and Technology, Chonbuk National University, ²Merck Advanced Technologies Ltd.

Abstract : Electro-optical properties of liquid crystal display (LCD) using fringe-field switching (FFS) devices depend on many parameters such as cell retardation, electrode structure, magnitude and sign of dielectric anisotropy, rubbing angle and cell gap. In this paper, the light efficiency of FFS device depending on magnitude of positive dielectric anisotropy with other cell parameters such as rubbing angle and angle and cell gap have been explored compared with FFS device using LC with negative dielectric anisotropy.

Key Words : fringe-field Switching (FFS), light efficiency, rubbing angle, cell gap

1. 서론

최근 정보디스플레이 시장에서 지난 몇 년의 패러다임 변화는 시장의 맹주인 cathode-ray tube (CRT) 방식을 밀어내고 새로운 강자가 등장하는 혼란의 시대를 창출하고 있다. 그 변화의 중심에는 모든 종류의 정보디스플레이 중에서 주요 정보디스플레이 소자로 당당하게 액정디스플레이 소자가 우위를 선점하고 있다. 이는 액정 디스플레이의 화질 향상을 위한 꾸준한 노력의 결과라고 할 수 있다. 특히 액정디스플레이 화질향상은 multi-domain vertical alignment (MVA)[1], in-plane switching (IPS)[2], fringe-field switching (FFS)[3,4] 모드들의 제안과 발전으로 인해서 놀랄 만큼 개선되어 졌다. 일반적인 액정 디스플레이의 전기·광학 특성은 셀갭 또는 러빙각 등 셀 구조나 다양한 액정 물성 파라미터에 의존성을 보인다. 또한 액정디스플레이에 사용되어지는 액정은 유전율 이방성($\Delta\epsilon$)이 양인 액정 (+LC)과 음인 액정 (-LC)으로 나눌 수 있는데 MVA 모드의 경우 -LC만 사용하는 반면 IPS모드의 경우에는 +LC 또는 -LC를 사용할 수 있다. 이 두 모드의 광효율의 경우 $\Delta\epsilon$ 의 크기에 의존성을 보이지 않는다[5] 한편 광시야각, 고투과 특성으로 잘 알려진 FFS의 광효율은 위 두 모드와는 다른 특성을 보인다. 본 논문에서는 $\Delta\epsilon$ 값이 서로 다른 액정을 사용한 FFS 모드의 광효율이 셀 조건에 따라서 어떠한 경향성을 갖는지를 연구하였다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림 1은 투과형 FFS 모드의 셀 구조의 개략도이다. 초기 적교되어 있는 편광판 내 편광판의 투과축과 광축이 일치 되어 수평 배향되어 있는 액정층으로 인해서 IPS모드와 마찬가지로 다크 상태가 표현된다. 전압이 인가되었을 시 화소전극과 공통전극 간에 수직 (E_z), 수평 (E_x) 성

분의 프린지 전기장이 발생하게 되어 액정이 회전을 할 수 있게 되고 이로 인해서 액정층 내 모든 액정 분자들이 E_y 에 의해서 구동되는 IPS 모드와 달리 전극 위를 포함한 셀 전 영역에서 높은 광효율을 갖는다.

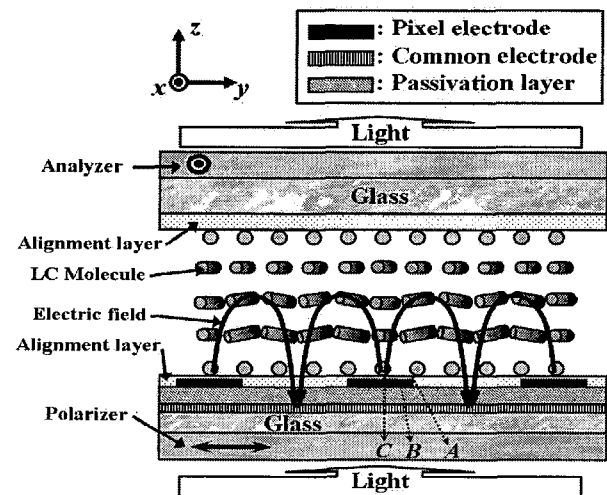


그림 1. 투과형 FFS 모드의 셀 구조 개략도

본 논문에서는 셀 조건에 따른 $\Delta\epsilon$ 값의 크기가 다른 액정을 이용한 FFS 모드에서의 광효율의 경향성을 알아보기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하였으며, 시뮬레이터로는 LCD Master (Japan, Shintech)로, 계산 방법은 2x2 Jones matrix 방식을 사용하였다. 이 때 사용되었던 시뮬레이션 조건은 표 1과 같으며, 다양한 셀갭과 러빙각에서 $\Delta\epsilon$ 의 크기가 서로 다른 +LC ($\Delta\epsilon=2, 5, 9.4, 13$ at 1 kHz)와 -LC ($\Delta\epsilon=-9.8, -7.5, -5, -3.5, -2$ at 1 kHz)를 사용하여 FFS 모드의 광효율을 비교하였다.

표 1. 컴퓨터 시뮬레이션의 조건

Electrode width (μm)	4
Electrode distance (μm)	6
Cell gap (μm)	2.6, 3.6, 4.6
Pretilt angle ($^\circ$)	2
Rubbing angle ($^\circ$)	74, 80, 86
Passivation layer thickness (μm)	0.7
Rotational viscosity (mPa-s)	80

그림 2는 셀갭과 러빙각이 같을 때, $\Delta\epsilon$ 에 따른 전압-투과율 곡선이다. 투과율과 구동전압은 $\Delta\epsilon$ 이 증가 할 때 감소하고, $\Delta\epsilon=5$ (LC1)의 투과율은 $\Delta\epsilon=9.4$ (LC2)의 투과율 보다 약 7 % 정도 높다는 것을 확인 하였다.

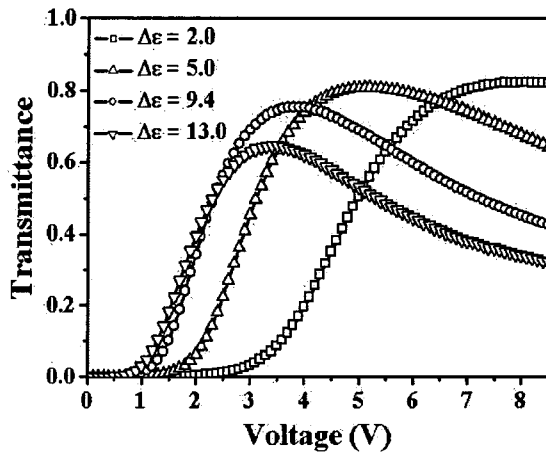


그림 2. $\Delta\epsilon$ 의 크기에 따른 전압-투과율 곡선

그림 3은 LC1과 LC2를 사용한 FFS모드에서 셀갭과 러빙각에 따른 투과율 의존도를 확인하기 위해 LC1과 LC2의 구동전압에서 투과율 차이를 확인하였다. 그림 3 (a)에서 LC1과 LC2의 투과율 차이는 셀갭이 증가하면 증가하고 이는 셀갭이 큰 구조의 FFS의 경우 $\Delta\epsilon$ 의 영향을 많이 받는다는 것을 의미한다. 그림 3 (b)는 러빙각에 따른 LC1과 LC2의 투과율 차이를 확인 한 것으로 러빙각이 증가했을 때 FFS모드에서는 구동전압이 감소하게 되고 셀 내 유전도크가 줄어들어 액정의 tilt angle이 전반적으로 감소하게 되어 투과율은 증가하게 된다. 즉, LC2가 LC1보다 $\Delta\epsilon$ 의

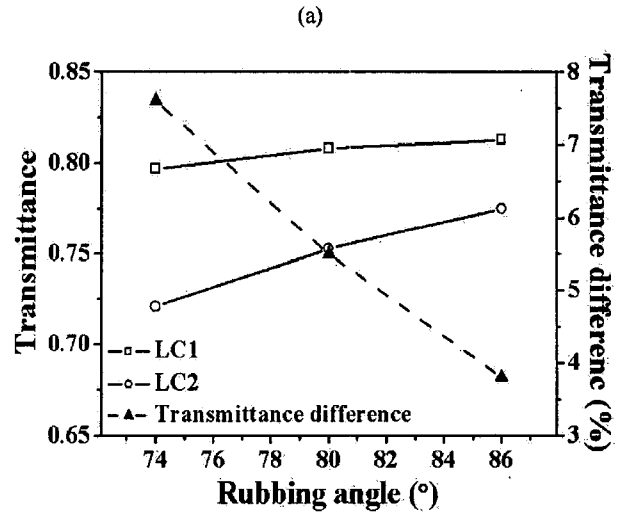
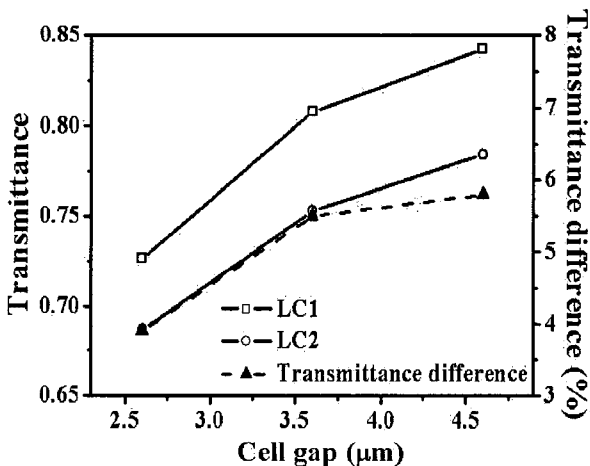


그림3. Transmittance difference between two LCs as a function of (a) cell gap, (b) rubbing angle.

영향을 크게 받아 $\Delta\epsilon$ 에 따른 투과율 의존도는 러빙각이 증가할 때 감소하게 된다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 FFS모드의 광효율에 관한 연구로 $\Delta\epsilon$ 의 크기와 셀갭, 러빙각에 따른 광효율 의존성을 확인하였다. +LC를 이용한 FFS 모드에서는 셀갭이 증가 할 때 $\Delta\epsilon$ 에 따른 투과율 의존도가 커지는 것을 확인하였고 반대로 러빙각이 증가 할 때에는 의존도가 줄어드는 것을 확인 하였다. 하지만 -LC를 사용한 FFS 모드에서는 이러한 의존성을 보이지 않는데 그 원인은 액정의 tilt가 거의 발생하지 않기 때문으로 확인 되었다.

감사의 글

본 연구는 (주) 머크 어드밴스드 테크놀러지스 지원에 의해 수행되었음.

참고 문헌

- [1] A. Takeda, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, H. Tsnda, K. Ohmuro, Y. Koike, T. Sasabayashi and K. Okamoto, Tech. Pap. Society for Information Display Int. Symp., 29, 1007 (1998).
- [2] M. Oh-e and K. Kondo, Appl. Phys. Lett., 67, 3895 (1995).
- [3] S. H. Lee, S. L. Lee and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett., 73, 2881 (1998).
- [4] S. H. Lee, H. Y. Kim, S. M. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, J. W. Koh, J. Y. Lee and H. S. Park, J. Soc. Inf. Disp., 10, 224 (2002).
- [5] J. W. Ryu, J. Y. Lee, H. Y. Kim, J. W. Park, G.-D. Lee and S. H. Lee, Liq. Cryst., 35, 407 (2008).