양의 액정을 이용한 FFS모드에서 유전층 두께에 따른 전기광학적 특성 연구

정준호, 박지웅, 안영주, 김미영, 이승희
전북대학교 고분자·나노 공학과

Passivation Thickness Dependent Electro-Optic Characteristics of the Fringe Field Switching (FFS) Mode using the Liquid Crystal with Positive Dielectric Anisotropy

Jun Ho Jung, Ji Woong Park, Young Joo An, Mi Young Kim, and Seung Hee Lee
Department of Polymer. Nano Science and Technology. Chonbuk National University

Abstract : We have studied electro-optic characteristics as a function of passivation thickness(t_p) in the fringe-field swiching (FFS) mode using the LC with positive dielectric anisotropy. When t_p is increased from 0.29μm to 3.0μm, a maximum transmittance is slightly increased to 2μm. However, operating voltage is continuously increased up to above 11v. We found that the tilt angle is decreased between the edge of pixel electrode and the center of each pixel electrode. In the FFS mode using the liquid crystal with positive dielectric anisotropy, transmittance is affected by the tilt angle. When tilt angle is increased, transmittance become decrease. Therefore, in the FFS device, a low tilt angle is favored for high transmittance. It is demonstrated that the suitable passivation thickness make a tilt angle decreased.

Key Words : Fringe electric filed, Passivation thickness, Tilt angle, Transmittance

1. 서 론

최근 액정디스플레이의 화질이 twisted nematic (TN)[1], in-plane switching (IPS)[2], fringe field switching (FFS)[3-5] 모드와 같은 다양한 모드의 발전과 더불어 놀랄만큼 개선되고 있다. 그 중 TN모드는 가장 일반적인 모드로 안정한 구조, 넓은 공정 마진, 고투과 특성을 지닌다. 따라서 노트북, 모니터 분야에서 널리 응용되고 있다. 그러나 좁은 시야각 특성, 특정 방향에서의 계조 반전 등의 문제점이 지적되고 있으며 이러한 문제점을 개선하기 위해 액정 방향자의 in-plane 회전을 이용하는 IPS 또는 FFS 모드와 같은 광시야각 모드가 제안되고 있다. IPS 모드는 광 시야각을 대표하는 첫 번째 모드로 근본적으로 광 투과도가 낮은 문제점이 있다. 반면 IPS의 단점을 보완한 FFS모드는 수직, 수평 전기장에 의하여 전극 윗 부분의 액정들도 회전하기 때문에 높은 투과율과 넓은 시야각, 좋은 이미지 특성을 동시에 가지고 있다. 흥미롭게도, 전극위의 액정들이 프린지 필드 전기장을 따라 tilt가 발생하는 FFS 모드에서의 액정셀의 광효율은 액정의 유전율 이방성에 따라 크게 변화가 생긴다. 유전율 이방성이 음인 액정의 경우에는 tilt angle이 크지 않지만, 유전율 이방성이 양인 액정의 경우에는 tilt angle이 커서 투과율이 낮아지게 된다.[6]

본 논문에서는 유전율 이방성이 양인 액정을 이용한 FFS 모드에서 액정의 물성과 전극 구조가 아닌 유전층 두께 변화만으로 액정의 tilt를 감소시켜 FFS 모드의 투과율을 향상시키는 방안에 대해서 알아보고자 한다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림 1은 수직, 수평 전기장에 의해서 구동되는 일반적인 투과형 FFS 모드의 셀 구조의 개략도로써 유전층의 두께(t_p)변화로 인한 FFS모드의 전기-광학적 특성을 알아보기 위해 화소 전극(w)와 화소 전극 간 거리(l)은 고정한 후 시뮬레이션을 수행 하였다.

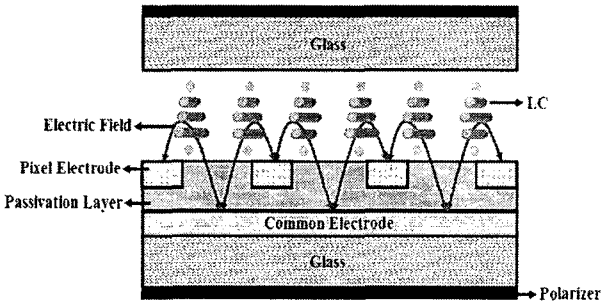

그림 1. 일반적인 투과형 FFS 모드의 셀 구조 개략도

본 논문의 컴퓨터 시뮬레이션은 LCD Master(Japan, Shintech)에 의해서 행해졌으며, 계산 방법은 2×2 Jones matrix[7] 방식을 사용하였다. 이 때 사용되어진 시뮬레이션 조건은 표 1과 같으며, t_p는 0.29μm, 2μm, 3μm로 변화를 주었다.

표 1. 컴퓨터 시뮬레이션의 조건

Electrode width (μm)		3
Electrode distance (μm)		4.5
Cell gap (μm)		4
Pretilt angle (°)		2
Rubbing angle (°)		80
Passivation layer thickness (μm)		0.29, 2, 3
Rotational viscosity (mPa·s)		80
LC	K11 (pN)	9.7
	K22 (pN)	5.2
	K33 (pN)	13.3
	Δn	0.10
	Δε	8.2

그림 2는 유전층 두께를 다르게 했을 때, 인가 전압에 대한 투과율 곡선이다. t_p가 증가 할 수록 투과도가 0.776에서 0.787까지 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만 유전층 두께가 3μm이상 두꺼워 질 경우 투과도에는 큰 변화가 없고 구동전압이 초기 4.1v에서 11.5v로 크게 증가하였다. 투과율이 증가하는 원인을 알아 보기위해서 전극 위치별 투과율을 확인해 본 결과 t_p가 0.29μm일 때 화소 전극(w)의 중앙 부분에서는 투과율의 변화가 작은 반면 화소전극과 화소전극 사이의 부분(l)에서는 투과율의 변화가 큰 것을 확인 하였다.

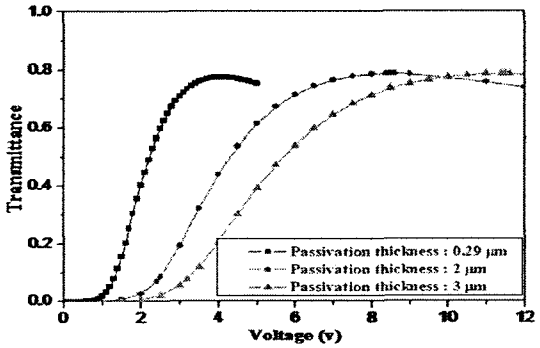

그림 2. t_p에 따른 전압인가에 대한 투과율 곡선

그림 3은 투과율이 증가하는 영역에서의 t_p에 따른 전극 두 지점에서 액정 방향자의 twist angle과 tilt angle 분포를 나타낸 것이다. z/d는 액정셀에서의 수직 거리를 나타낸다.

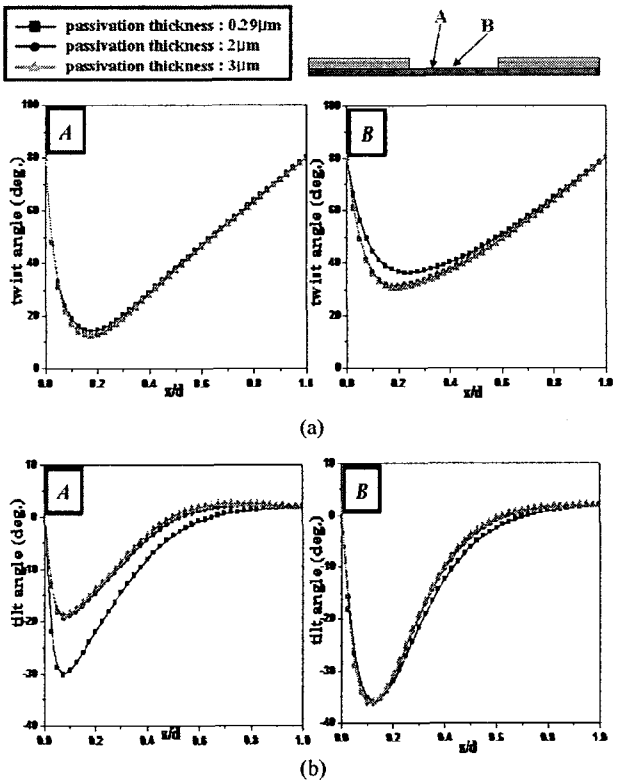

그림3. t_p에 따른 전극 위치별 액정 방향자의 twist angle과 tilt angle: (a) twist angle, (b) tilt angle.

그림 3(a)에서는 t_p가 0.29μm일 때 보다 2μm와 3μm일 때 B영역에서 액정의 twist가 많이 발생하는 것을 알 수 있고, 그림(b)에서는 t_p가 0.29μm일 때 보다 2μm, 3μm일 때 A영역에서 액정의 tilt가 적게 발생하기 때문에 A, B영역에서 t_p가 얇은 것 보다 두꺼울 때 투과율이 증가한다는 것을 알 수 있다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 유전율 이방성이 양인 액정을 이용한 FFS 모드에서 t_p의 변화에 따른 전기-광학 특성에 대해 연구하였다. 전압 인가에 따른 투과율 곡선에서 t_p가 증가함에 따라 최대투과율이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 이는 t_p에 따른 구동 전압 인가 시 전극 위치별 액정의 방향자의 twist angle과 tilt angle이 서로 차이가 존재하기 때문이다.

결과적으로 유전율 이방성이 양인 액정을 이용한 FFS 모드에서 화소전극 간 영역에서 tilt를 줄여 투과도를 더욱 향상 시켰다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.

참고 문헌

[1] M. Schadt and W. Helfrich, "Voltage-dependent optical activity of twisted nematic liquid crystal", Appl. Phy Lett., Vol. 18, No. 4, p. 127, 1971.

[2] H. Y Kim, I. S. Song, and S. H. Lee, "Rubbing angle effects on the electro-optic characteristics of in-plane switching liquid crystal display", Trans. EEM, Vol. 4, No. 1, p. 24, 2003

[3] 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. 73, No. 20, p. 2881, 1998

[4] 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

[5] S. H. Hong, T. Y. Eom, H. Y. Kim, S. L. Lee, and S. H. Lee, "Electro-optic characteristics of fringe-field switching (FFS) mode depending on dielectric anisotropy of liquid crystal", KLCC '99, p. 97, 1999

[6] S. H. Lee, S. L. Lee, H. Y. Kim and T. Y. Eom, "Analysis of light efficiency in homogeneously aligned nematic liquid crystal display with interdigital electrodes", J. Kor. Phys. Soc., Vol 35, p. S1111, 1999

[7] A. Lien, "Extended Jones matrix representation for twisted nematic liquid crystal display at oblique incidence", Appl. Phys, Lett, Vol. 57, No. 26, p. 2767, 1990