

양의 액정을 이용한 FFS모드에서 Splay Elastic Constant에 따른 전기-광학적 특성 연구

정준호, 박지웅, 안영주, 김미영, 이희규*, 이승은*, 이승희
전북대학교 고분자·나노 공학과, *(주) 머크 어드밴스드 테크놀러지스

Splay Elastic Constants 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, Hee Kyu Lee*, Seung Eun Lee* and Seung Hee Lee,
Department of Polymer, Nano Science and Technology, Chonbuk National University, *Merck Advanced Technologies Ltd.

Abstract : We have studied electro-optic characteristics as a function of splay elastic constants (K_{11}) in the fringe-field switching (FFS) mode using the LC with positive dielectric anisotropy. When K_{11} is increased from 7.7pN to 11.7pN, a maximum transmittance is slightly increased and rising time become a little bit fast. However, operating voltage and threshold voltage is independent. In opposition to rising time, decay time is not affected by K_{11} . We already know that K_{11} affects tilt angle of liquid crystals. Therefore, on the occasion of high K_{11} , liquid crystals are mainly affected by twist deformation because the higher K_{11} , the less tilt angle. In the FFS device, high K_{11} is favorable to reduce tilt angle in on state and thus improve rising response time.

Key Words : Fringe electric filed, Elastic constants, Response time, Tilt angle

1. 서 론

최근 들어 액정 디스플레이의 연구가 활발해 지면서 CRT(cathode-ray tube)를 대체할만한 우수한 특성의 모드들이 많이 개발되었다. 대표적으로 WVTN(wide view twisted nematic)[1], MVA(multi-domain vertical alignment)[2], IPS(in-plane switching)[3], FFS(fringe field switching) 모드 [4] 등이 있는데, 이들 중에서 WVTN 모드는 투과율이 높으나 시야각이 좁고 MVA 모드는 러빙 공정이 없는 장점이 있지만 투과율이 낮다. IPS 모드는 액정의 방향차가 전압 인가 시 수평방향으로 회전하면서 구동되는 모드로 보상필름을 사용하지 않고도 넓은 시야각 특성을 가지나 투과율이 낮은 단점이 있다. 반면 FFS모드는 수직, 수평 전기장에 의하여 전극 윗 부분의 액정들도 회전하여 높은 투과율과 넓은 시야각, 좋은 이미지 특성을 동시에 가지고 있다. FFS 모드는 이러한 IPS 모드의 단점을 보완해주는 모드로 현재까지 많은 전기광학적 특성 연구가 진행되고 있다. 흥미롭게도, FFS 모드에서의 액정셀의 전기광학적 특성은 액정의 탄성계수에 따라 큰 변화가 생긴다.[5]

본 논문에서는 유전율 이방성이 양인 액정의 탄성계수 중에서 splay 탄성계수에 따른 FFS 모드에서의 전기-광학적 특성을 규명하고자 한다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림 1은 수직, 수평 전기장에 의해서 구동되는 일반적인 투과형 FFS 모드의 셀의 개략도로 액정의 splay 탄성계수(K_{11})의 변화로 인한 전기-광학적 특성을 알아보기 위해 화소 전극(w)와 화소 전극 간 거리(l)은 고정된 후 모든 조건은 동일하게 한 후 액정의 splay 탄성계수의 변화만 쥘

서 시뮬레이션을 수행 하였다.

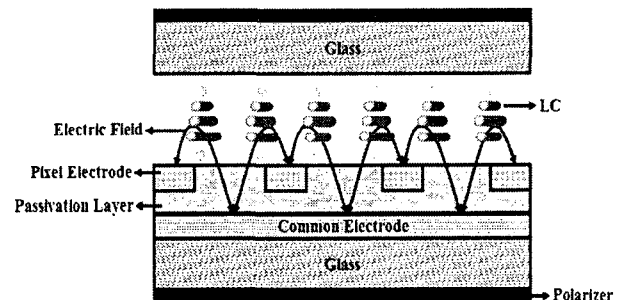


그림 1. 일반적인 투과형 FFS 모드의 셀 구조 개략도

본 논문의 컴퓨터 시뮬레이션은 LCD Master(Japan, Shintech)에 의해서 행해졌으며, 계산 방법은 2x2 Jones matrix[6] 방식을 사용하였다. 이 때 사용되어진 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다

표 1. 컴퓨터 시뮬레이션의 조건

Electrode width (μm)		3
Electrode distance (μm)		4.5
Cell gap (μm)		4
Pretilt angle ($^\circ$)		2
Rubbing angle ($^\circ$)		80
Passivation layer thickness (μm)		0.29
Rotational viscosity (mPa·s)		80
LC	K_{11} (pN)	7.7, 8.7 9.7, 10.7, 11.7
	K_{22} (pN)	5.2
	K_{33} (pN)	13.3
	Δn	0.10
	$\Delta \epsilon$	8.2

그림 2는 K_{11} 를 다르게 했을 때, 인가 전압에 대한 투과율 곡선이다. K_{11} 가 증가 함에 따라 투과도가 0.774에서 0.781까지 증가하는 것을 알 수 있다. 하지만 구동전압과 문턱전압에는 큰 변화가 없음을 확인하였다. 투과율이 증가하는 원인을 알아 보기위해서 전극 위치별 투과율을 확인해 본 결과 K_{11} 가 11.7pN일 때 화소 전극의 edge에서 $0.75\mu\text{m}$ 떨어진 지점에서 투과율의 차이가 가장 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

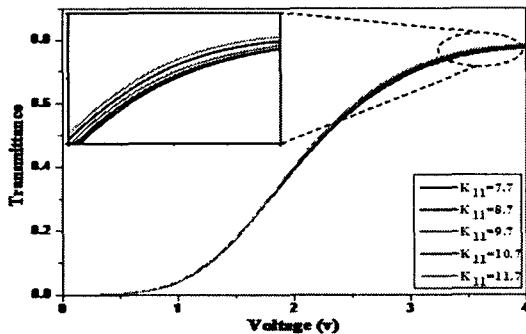


그림 2. K_{11} 에 따른 전압인가에 대한 투과율 곡선

그림 3은 K_{11} 에 따른 액정의 움직임의 변화가 가장 큰 두 영역에서 액정 방향자의 twist angle과 tilt angle 분포를 나타낸 것이다. A가 전극의 between 영역이고 B는 전극의 edge에서 $0.75\mu\text{m}$ 떨어진 지점으로 최대투과율을 나타낸 지점이다. z/d 는 액정셀에서의 수직 거리를 나타낸다.

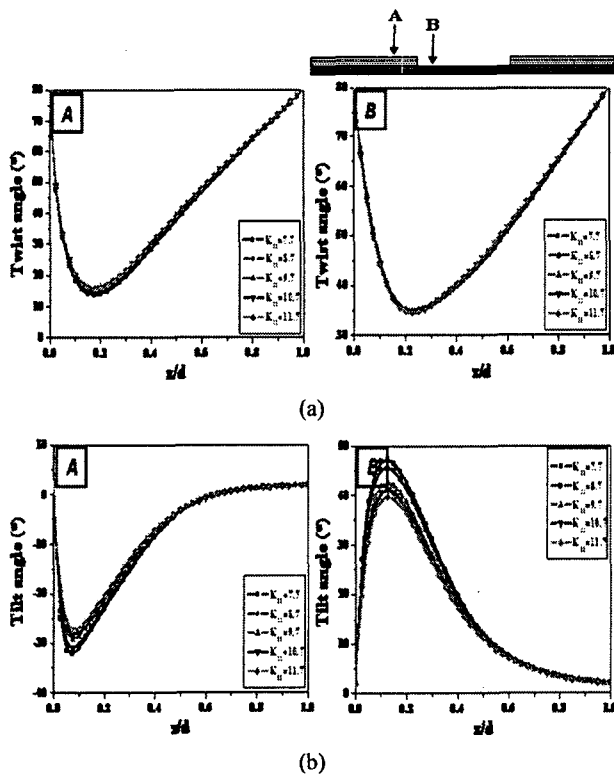


그림3. K_{11} 에 따른 전극 위치별 액정 방향자의 twist angle과 tilt angle: (a) twist angle, (b) tilt angle.

그림 3(a)에서 A와 B의 경우 twist angle의 차이는 K_{11} 이 증가해도 크게 변함이 없음을 확인 할 수 있다. 하지만 tilt angle은 K_{11} 가 증가 할 수록 크게 줄어드는 것을 확인 할 수 있다. 즉, 양의 액정을 사용한 FFS 모드에서 K_{11} 값을 크게 해줌으로써 tilt angle을 줄여주고 투과율을 상승시킬 수 있는 것이다. 또 tilt angle이 줄어들어 rising time 역시 빨라지는 효과를 기대 할 수 있었다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 유전을 이방성이 양인 액정을 이용한 FFS 모드에서 K_{11} 의 변화에 따른 전기-광학 특성에 대해 연구하였다. 전압 인가에 따른 투과율 곡선에서 K_{11} 가 증가함에 따라 최대투과율이 증가한다는 것을 알 수 있었다. 이는 K_{11} 에 따른 구동 전압 인가 시 전극 위치별 액정의 방향자의 tilt angle이 차이가 존재하기 때문이다.

결과적으로 유전을 이방성이 양인 액정을 이용한 FFS 모드에서 화소전극 간 영역에서 tilt를 줄여 투과도를 더욱 향상 시키게 되었고, tilt가 줄어들어 액정 셀에는 주로 twist만 존재 하게 되어 rising time이 빨라지는 결과를 얻게 되었다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] Seung Hee Lee, Seung Ho Hong, Jin Mahn Kim, Hyang Yul Kim and Jung Yeal Lee, "An Overview of Product Issues in Wide-Viewing TFT-LCDs", Journal of the SID, p155, 2001.
- [2] N. Koma, Y. Baba, and K. Matsuoka, "No-rub multi-domain TFT-LCD using surrounding electrode method", SID'95 Digest, p869, 1995
- [3] 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
- [4] 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
- [6] J. F. Strömer, E. P. Raynes, C. V. Brown, "Study of elastic constant ratios in nematic liquid crystals", Appl. Phys. Lett, Vol. 88, No. 5, p. 051915, 2006
- [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