

양의 액정을 사용하는 FFS mode에서 액정의 유전을 이방성에 따른 전기 광학 특성 연구

안영주, 박지웅, 정준호, 이희규*, 이승은*, 이승희*
 전북대학교, Merck Advanced Technologies*

Study on electro-optical characteristic of FFS mode using LC with a positive dielectric anisotropy according to the magnitude of dielectric anisotropy

Young Joo An, Ji Woong Park, Jun Ho Jung, Hee Kyu Lee*, Seung Eun Lee*, Seung Hee Lee*
 Chonbuk National University, Merck Advanced Technologies*

Abstract : The light efficiency of fringe-field switching (FFS) mode when using a liquid crystal (LC) with positive dielectric anisotropy was found to be dependent on the magnitude of dielectric anisotropy, such that the lower dielectric anisotropy, the higher. We studied out not only light efficiency but also response time according to dependence on the magnitude of dielectric anisotropy. Rising and decay time became fast and slow respectively according to decreasing the magnitude of dielectric anisotropy. This paper investigates electro-optical characteristic of FFS mode using LC with a positive dielectric anisotropy dependent on the magnitude of dielectric anisotropy of the LC.

Key Words : Fringe-field, LC, Dielectric anisotropy, Transmittance, Response time

1. 서 론

최근 연구되고 있는 액정 디스플레이 모드 중에서 액정 방향자의 평면 회전 개념을 이용하여, 넓은 시야각을 나타내는 것으로 대표되는 IPS (In-Plane Switching)[1-2]와 FFS (Fringe-Field Switching)[3-5]모드가 있다. 이들은 모두 전압인가 전에 액정 분자들이 기판에 평행하게 배열되며, 액정 분자의 광축이 교차된 편광판의 광축 중 한 축과 일치하여 결과적으로 액정 셀이 어둡(off)상태를 나타낸다. FFS셀에 전압인가 시 fringe 장이 형성되고 액정 분자들은 이 전기장에 반응하여 회전하게 되어 밝음(on)상태를 나타낸다. FFS모드는 넓은 시야각뿐만 아니라 화소전극 위에서도 액정의 비틀림이 발생하여 IPS모드가 가지는 낮은 광효율을 보상할 수 있는 장점을 갖는다. 또한, FFS모드는 액정의 유전을 이방성에 따라 전기 광학 특성이 크게 달라지는 특성을 갖는다[6]. 본 연구에서는 시뮬레이션을 통하여 유전을 이방성이 양인 액정을 이용한 FFS모드에서 유전을 이방성의 크기에 따른 전기 광학 특성에 대하여 연구하였다.

2. FFS모드의 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림 1은 FFS모드의 셀 구조를 보여준다. FFS모드는 하부기판에만 전극이 존재한다. 공통전극(common electrode)과 화소전극(pixel electrode)이 절연층을 사이에 두고 존재하며 화소 전극은 임의의 폭(w)을 가지고 서로 임의의 간격(l)으로 떨어져 있다. 전압 인가 시 fringe 전기장에 의해 액정이 회전하면서 투과율이 발생한다.

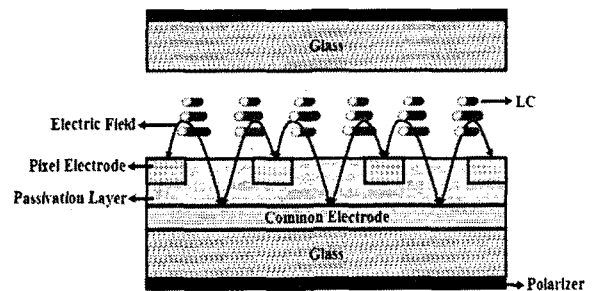


그림 1. 옆에서 본 FFS모드의 셀 구조

양의 액정을 사용하는 FFS모드에서 액정의 유전을 이방성의 크기에 따른 전기 광학 특성을 연구하기 위해 LCD Master(Japan, Shintech)로 2x2 extended Jones matrix를 적용하여 계산하였다. 본 논문에서는 액정의 유전을 이방성 크기에 따른 전기 광학 특성 연구를 위해 다른 조건은 모두 동일하게 유지하고 유전을 이방성 크기를 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, 8.2로 변화를 주어 계산을 수행 하였다. 액정 분자는 초기에 pre-tilt 각이 2°, 러빙은 fringe 전기장의 수평성분에 대해 80°, 액정의 굴절률 이방성(Δn)과 셀 갭(d)이 각각 0.1과 4(μm)로 하였다. 전극 구조는 w, l 이 3, 4.5 (μm), 탄성상수 K_{11} , K_{22} , K_{33} 는 9.7, 5.2, 13.3 pN, 그리고 회전점도를 80mpa·s로 하였다.

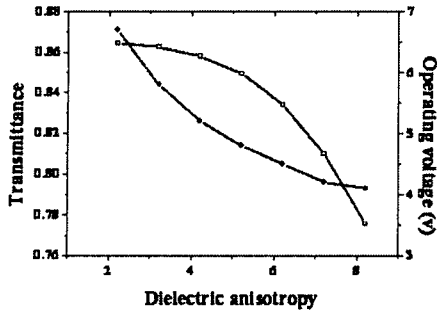


그림 2. 유전율 이방성 값에 따른 투과율과 구동전압

그림 2는 액정의 유전율 이방성에 따른 투과율과 구동전압을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 것과 같이 유전율 이방성이 감소할수록 투과율이 증가하는 것을 확인하였다. 이는 pixel 전극상부의 중앙영역에서 액정의 twist 각이 주변 액정 분자들의 영향을 받기 때문이다. 다시 말하면, 액정의 유전율 이방성이 높은 경우 전극의 중앙과 가장자리 사이의 영역에서 유전율 이방성이 작을 때보다 더 높은 tilt가 발생하게 되고 중앙 영역의 액정분자들의 twist를 어렵게 한다. 이러한 중앙영역에서 액정의 낮은 twist 각이 낮은 투과율을 갖게 한다.

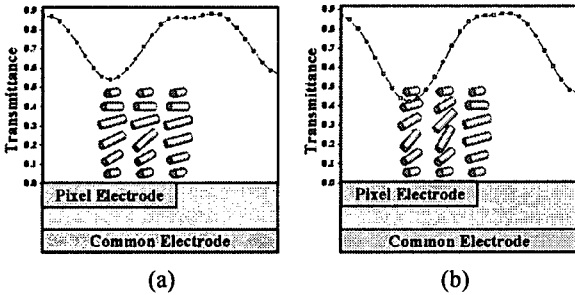


그림 3. 유전율 이방성 값이 작을 때(a)와 클 때(b)의 액정 배열과 투과율 분포

그림 3에 이러한 액정 분자의 거시적인 상태와 전극 위치에 따른 투과율 분포를 함께 나타내었다.

액정의 유전율 이방성 크기는 투과율 뿐 아니라 응답속도에도 영향을 미친다.

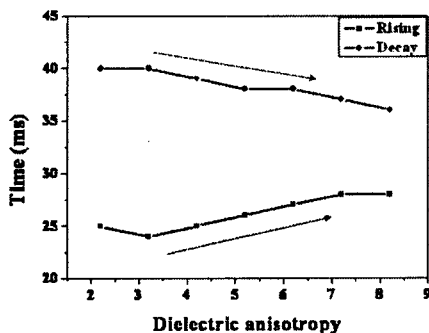


그림 4. 유전율 이방성 값에 따른 응답 속도

그림 4에 액정의 유전율 이방성 크기에 따른 rising 과 decay 시간을 나타내었다. 유전율 이방성의 크기가 감소할수록 구동전압이 증가하게 되어 rising 시간이 빨라지고, 탄성에너지가 감소하게 되어 decay 시간이 느려지는 것을 확인하였다.

이로써, 본 논문에서는 양의 액정을 사용하는 FFS mode에서 액정의 유전율 이방성 크기가 투과 특성과 응답속도에 미치는 영향을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

본 논문에서는 양의 액정을 사용하는 FFS모드에서 액정의 유전율 이방성 값의 크기에 따른 전기 광학 특성을 연구하였다. 유전율 이방성 값이 감소할수록 전극상부의 중앙 영역에서 액정 분자들의 twist 각이 증가하게 되어 투과율이 증가하는 것을 확인하였다. 또한, 유전율 이방성 값이 감소할수록 구동전압이 증가하기 때문에 rising 시간이 빨라지게 되고, 탄성 에너지의 감소로 인해 decay 시간이 느려지게 되는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 논문의 연구는 최우수 실험실 지원 사업에 의해 시행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Oh-e, M. Ohta, S. Aratani, and K. Kondo, "Principles and characteristics of electro-optical behavior with in-plane switching mode", Asia display'95, p. 557, 1995
- [2] K. Kondo, S. Matsuyama, N. Konishi, and H. Kawakami, "Materials and components optimization for IPS TFT-LCDs", SID'98 Digest, p. 389, 1998.
- [3] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, "High transmittance, wide viewing angle nematic liquid crystal display controlled by fringe-field switching", Asia display'98, p. 371, 1998.
- [4] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, "High transmittance, wide viewing angle nematic liquid crystal display controlled by fringe-field switching", Appl. Phys. Lett, Vol. 73, No. 20, p. 2881, 1998.
- [5] S. H. Lee, H. Y. Kim and S. L. Lee, "A High Quality AM-LCD using Fringe-Field Switching Technology", IDW'99, p.191, 1999.
- [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, L527, 2000.