

Field Sequential LCD용 수평배향 ECB모드에 관한 연구

전연운, 오상민, 김승재*, 이승희
 전북대학교, BOE-HYDIS*

Study on ECB mode for Field Sequential LCD

Yeon Mun Jeon, Sang Min Oh, Seung Jae Kim* and Seung Hee Lee
 Chonbuk National University, BOE-HYDIS*

The field sequential liquid crystal display (FSLCD) does not need a color filter so that it is suitable for high resolution display. However, FSLCD has a drawback which requires a fast response time of sub-5 ms. We have studied the FSLCD with electrically controlled birefringence (ECB) mode. The ECB mode exhibits fast response time, high transmittance, low operating voltage and adequate viewing angle with a help of optical compensation films. In this paper, we present electro-optic characteristics of the ECB mode using a discotic film.

Key Words : Field sequential LCD, ECB, Film compensation

1. 서론

최근의 액정 디스플레이 시장의 급격한 성장이 노트북, 데스크탑 모니터, 핸드폰에 이어 TV시장까지 확대됨에 따라 디스플레이의 화질을 높이고, 동영상상을 완벽하게 표현할 수 있는 액정 디스플레이의 개발이 더욱 중요시되고 있다.[1]

LCD가 완벽한 동영상상을 구현하기 위해서는 5ms 이하의 응답시간을 갖아야 한다. 그렇기 때문에 동영상 구현에 있어서 LCD 소자의 응답시간을 개선시키는 것이 매우 중요하다.

$$\tau_{on} = \frac{\gamma}{K_{eff}} \left(\frac{d}{\pi} \right)^2 \left\{ \frac{1}{(V/V_{th})^2 - 1} \right\} = \frac{\gamma}{\epsilon_0 \Delta \epsilon (E^2 - E_{th}^2)} \quad (1)$$

$$\tau_{off} = \left(\frac{d}{\pi} \right)^2 \frac{\gamma}{K_{eff}} \quad (2)$$

위의 식 (1)과 (2)에서 알 수 있듯이 LCD의 응답시간은 rise time(τ_{on})의 경우 액정의 회전 정도(γ)에 비례하고, 인가전압(V)에 반비례한다. 반면에 decay time(τ_{off})의 경우에는 액정의 γ 와 셀갭 (d)의 제곱에 비례하고, 유효 탄성 상수(K_{eff})에 반비례한다. 따라서 고속응답을 실현하기 위해서는 액정의 γ 와 d 를 작게 해야 한다. 액정 셀의 d 를 작게 하면 응답시간은 빨라지지만 광효율 측면에서는 굴절을 이방성이 (Δn) 큰 액정을 사용해야 높은 대비비를 얻을 수 있다. K_{11} , K_{22} , K_{33} 는 각각 splay, twist, bend의 탄성 상수로 크기는 $K_{33} > K_{11} > K_{22}$ 이다. 각 액정 모드별 유효 탄성 상수 (K_{eff})는 다음과 같다. Twisted nematic (TN)[2] 모드는 $\{K_{11} + (K_{33} - 2K_{22})/4\}$ 이고, in-plane switching (IPS)[3] 모드와 fringe-field switching (FFS)[4] 모드는 K_{22} , vertically aligned (VA)[5] 모드는 K_{33} , electrically controlled birefringence (ECB)[6] 모드는 K_{11} 이다. 탄성 상수 값이 크면 τ_{off} 에는 유

리하지만 구동 전압이 올라간다는 단점이 있다. 그러므로 구동 전압, 광효율, CR, 응답시간 측면에서 모두 좋은 특성을 보이도록 액정 셀을 설계해야한다. 본 논문에서 우리는 이러한 조건을 만족시키는 수평 배향 ECB 셀을 제작 후, 구동전압이 높은 단점을 보완하기 위해서 시물레이션을 이용하여 discotic 필름을 사용해 구동전압을 낮추었다.

2. 실험

2.1 실험 결과 및 고찰

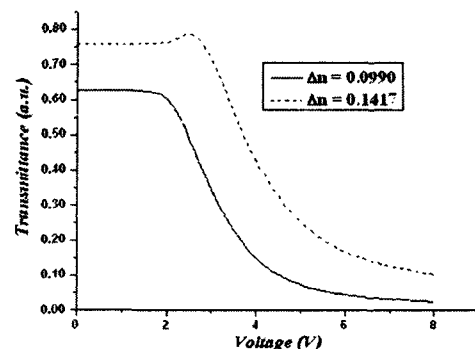


그림 1. ECB모드의 전압인가에 따른 투과율 변화 그래프.
 Fig. 1. Measured voltage-dependent transmittance curve of the ECB mode.

그림 1은 셀 갭이 $\approx 2\mu m$ 인 ECB 단위 셀에 Δn 이 0.099 ($\Delta \epsilon = 8.2$), 0.1417($\Delta \epsilon = 6.0$)의 액정을 사용하여 얻은 전압 인가에 따른 투과율 곡선이다. Δn 이 큰 액정이 투과율이 더 높은 것을 알 수 있지만, 구동전압은 두 액정 모두 8V이상으로 아주 높다.

표 1. ECB 모드의 계조별 응답시간

Table 1. Response time of gray scale with ECB mode.

	T ₁₀₀	T ₉₀	T ₈₀	T ₇₀	T ₆₀	T ₅₀	T ₄₀	T ₃₀	T ₂₀	T ₁₀	T ₀
T ₁₀₀		3.7	3.3	3.1	2.8	2.7	2.5	2.5	2.5	2.4	2.2
T ₉₀	7.0		5.4	4.6	3.7	3.4	3.2	3.0	3.0	2.8	2.8
T ₈₀	5.5	6.3		3.7	3.5	3.2	3.1	2.9	2.8	2.8	2.7
T ₇₀	4.3	4.0	4.6		3.5	3.3	3.0	2.8	2.7	2.7	2.6
T ₆₀	3.4	3.1	3.1	2.7		3.0	2.9	2.5	2.4	2.2	2.2
T ₅₀	2.9	2.6	2.5	2.4	5.1		2.9	2.1	2.0	1.9	2.0
T ₄₀	2.3	2.2	2.1	2.1	2.3	2.4		1.9	1.9	1.8	1.8
T ₃₀	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.7	2.3		1.5	1.6	1.5
T ₂₀	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5		1.2	1.2
T ₁₀	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8		1.0
T ₀	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	

Δn 이 0.1417인 액정을 쓴 ECB 단위셀의 계조간 응답시간의 80% 변화율을 표 1에 나타내었다. 일부 계조간의 응답시간을 제외한 대부분의 응답시간 (96%)은 5 ms로 매우 빠른 것을 알 수 있다. 그러나 수평 ECB가 높은 CR을 얻기 위해서는 구동 전압이 8V 이상이므로 구동전압을 낮추기 위해 필름 보상이 필요하다.

2.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

우리는 ECB 모드의 구동 전압을 낮추기 위해 시뮬레이션으로 필름 보상을 하였다. 시뮬레이션은 $\Delta n=0.1417$, $\Delta \epsilon=8.2$, $\gamma=78$ mPa·s, 탄성상수는 각각 $K_{11}=9.7$ pN, $K_{22}=5.2$ pN, $K_{33}=13.3$ pN 인 액정을 사용하였고, 보상 필름은 $\Delta n=0.5$ μm , $d=0.5\mu\text{m}$ 인 필름을 사용하여, 그림 2와 같은 V-T curve를 얻었다. 그림에서 볼 수 있듯이 8V이상의 구동전압을 6V로 낮추었다.

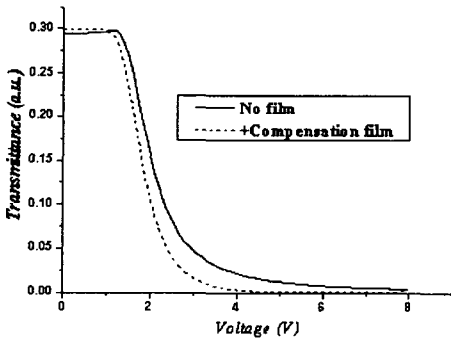


그림 2. ECB모드의 전압인가에 따른 투과율 변화 그래프.
Fig. 2. Simulated voltage-dependent transmittance curve of the ECB mode.

그림 3은 필름 보상한 ECB 모드의 등명암대비비 곡선이다. 명암대비가 10 이상인 시야각이 상하 좌우 80°, 대각선 방향에서는 40°의 시야각을 얻을 수 있었다.

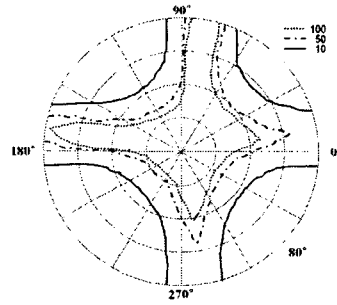


그림 3. 필름 보상 ECB 모드의 등명암대비비 곡선.
Fig. 3. Simulated Contrast-ratio of film compensated ECB mode.

4. 결론

본 연구를 통해 ECB 모드의 FSLCD 적용 가능성을 컴퓨터 시뮬레이션과 실험을 통해 알아보았다. ECB는 응답시간은 매우 빠르지만, 구동전압이 높은 단점을 필름 보상으로 6.0V로 낮추었다. 따라서 필름 보상한 ECB 모드는 응답속도도 빠르고 구동전압도 낮아 FSLCD에 적용가능하다.

감사의 글

본 연구는 비오이하이디스테크놀로지(주) 지원으로 시행되었습니다.

참고 문헌

- [1] S. H. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, H. Y. Kim, and J. Y. Lee, "An overview of product issues in wide-viewing TFT-LCDs", Journal of the SID Vol. 9, No. 3, p. 155, 2001.
- [2] 서대식, 이창훈, 황윤연, 이보호, 이승희, 김향울, "a-TN-LCD의 전기광학특성에 미치는 액정배향의 효과", 전기전자재료학회논문지, 10권, 1호, p 15, 1997.
- [3] 김향울, 서대식, 남상희, "IPS셀의 전압보유율 및 잔류 DC특성 연구", 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p.169, 2002
- [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.
- [5] 황정연, 서대식, 한은주, 김재형, "새로운 VA-1/6 π 셀 모드를 이용한 광시야각 특성", 전기전자재료학회논문지, 13권, 10호, p. 883, 2000.
- [6] H. Mailer et al., "Deformation of Nematic Liquid Crystals with Vertical Orientation in Electrical Fields", Appl. Phys. Lett., Vol. 19, No. 10, p. 391, 1971.