

## ECB 모드를 적용한 Field Sequential LCD

이지연, 류제우, 오상민, 김승재, 이승희  
전북대학교

### Field Sequential Liquid Crystal Display using Electrically Controlled Birefringence (ECB) Mode

Ji Youn Lee, Je Woo Ryu, Sang Min Oh, Seung Jae Kim and Seung Hee Lee  
Chonbuk National University

**Abstract** : Field sequential liquid crystal display (FSLCD) has advantages such as a high transmittance due to no use of color filter and high color reproductivity because of LED backlight for a luminance source. However, to realize FSLCD response time of the LCD must be below 5ms. In this paper, we have chosen electrically controlled birefringence (ECB) mode for this application and studied film compensation to improve the operating voltage and viewing angle and to achieve a fast response time. Optimizing the condition of the discotic film and TAC film, operating voltage decreases to 5V, and viewing angle range is 160° at horizontal and vertical direction, respectively and 120° in diagonal direction. (contrast ratio >10:1) and optimized cell exhibits a fast response time of 4ms in most grey levels.

**Key Words** : Field sequential LCD, Homogeneous Aligned - Electrically Controlled Birefringence (HA-ECB), Film compensation

#### 1. 서 론

최근, 액정 디스플레이(LCD) 시장이 TV 등의 대형 패널로 확대됨으로 인해 LCD의 화질과 완벽한 동영상 표현을 위한 응답시간 특성이 더욱 중요시 되고 있다. [1]

Field sequential LCD는 종래의 홀드 타입의 백라이트를 사용하지 않고 컬러필터 없이 RGB 각각의 임펄스 타입의 블링킹 LED 백라이트를 액정 층에 고속으로 통과시켜 1 프레임 동안 각각의 서브-프레임을 순차적으로 디스플레이 하는 시간적인 혼색방법이다. 이러한 원리로 FSLCD는 동일 면적 대비 표현 가능한 픽셀 수가 9배나 많기 때문에 높은 해상도와 광원으로 색순도가 높은 LED를 사용하기 때문에 높은 색재현성을 보인다. 그러나, 완벽한 동영상 구현하기 위해서는 LCD의 응답시간이 5ms 이하가 되어야 한다.

Electrically Controlled Birefringence (ECB) 모드는 광효율이 좋을 뿐만 아니라 스플레이 변형( $K_{11}$ )을 하고, 셀갭(d)이 작기 때문에 고속응답을 실현하기에 좋은 모드이다. [2] 하지만, 전계조에서 응답시간이 5ms 이하가 되지 못하다. 또한, 전압을 인가할 경우 기판 표면의 강한 anchoring 에너지로 인해 액정들이 완벽하게 서지 못하기 때문에 정면에서의 명암대비가 낮고, 구동 전압이 매우 높다. 이러한 단점들을 보완하기 위해 Double-layer [3]를 형성하거나 PDM compensator [4]를 이용하여 시야각 특성을 개선한 바 있다.

본 논문에서는 빠른 응답시간을 가지는 수평 ECB 셀을 제작하고, 구동전압과 시야각 특성을 개선하기 위한 필름 보상을 제안하였다.

#### 2. 결과 및 고찰

LCD 소자의 응답시간을 개선시키기 위해서는 셀갭(d)

과 액정의 회전 정도( $\gamma$ )가 작아야 한다. 액정 셀의 d를 작게 하면 응답시간은 빨라지지만 광효율 측면에서는 굴절을 이방성이 ( $\Delta n$ ) 이 큰 액정을 사용해야 충분한 광효율을 얻을 수 있다.

표 1은 d가  $2\mu m$ 이고,  $\Delta n$ 이 0.1417인 수평 ECB 단위셀의 계조별 응답시간의 80% 변화율을 나타낸다. 거의 전 계조에서 5ms 이하의 빠른 응답시간을 보였다. 저계조의 느린 응답속도는 overdriving 전압을 통해 해결할 수 있어 ECB 모드가 FSLCD에 적용이 가능함을 알 수 있다. 하지만 수평 ECB 모드는 구동 전압이 매우 높고 시야각 특성이 좋지 않기 때문에 필름 보상이 요구된다.

표 1. 수평 ECB 모드의 계조별 응답시간.

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

	T <sub>0</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>20</sub>	T <sub>30</sub>	T <sub>40</sub>	T <sub>50</sub>	T <sub>60</sub>	T <sub>70</sub>	T <sub>80</sub>	T <sub>90</sub>	T <sub>100</sub>
T <sub>0</sub>		3.9	3.5	3.2	3.0	2.8	2.6	2.7	2.7	2.6	2.3
T <sub>10</sub>	7.9		5.7	4.8	3.9	3.6	3.4	3.1	3.2	3.0	3.0
T <sub>20</sub>	6.2	6.7		4.0	3.7	3.4	3.2	3.1	2.9	3.0	2.9
T <sub>30</sub>	5.0	4.2	4.8		3.7	3.5	3.2	3.0	2.9	2.9	2.8
T <sub>40</sub>	4.0	3.5	3.3	2.9		3.2	3.2	2.6	2.6	2.4	2.3
T <sub>50</sub>	3.5	2.8	2.7	2.5	6.6		3.0	2.3	2.2	2.0	2.2
T <sub>60</sub>	2.8	2.4	2.3	2.3	2.4	2.5		2.0	2.1	2.0	1.9
T <sub>70</sub>	2.2	2.0	1.8	1.8	1.9	2.0	2.4		1.6	1.8	1.6
T <sub>80</sub>	1.8	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.6		1.3	1.4
T <sub>90</sub>	1.2	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9		1.1
T <sub>100</sub>	0.7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	

그림 1은 수평 ECB 모드의 Discotic 필름 (네가티브 C 플레이트) 을 이용한 셀의 광학 배치를 보여준다. 본 연구의 컴퓨터 시뮬레이션은 LCD Master(Japan, Shintech)에 의해 행해졌으며, 투과율은  $2 \times 2$  Jones matrix 방식에 의해 계산되었다. 시뮬레이션 조건은  $d = 2\mu m$ ,  $\Delta n = 0.14$ ,  $\Delta \epsilon =$

8.2, pretilt angle은 2°, 그리고 TAC 필름의 retardation ( $R_{th}$ ). Discotic 필름의 retardation ( $R_{th}$ )과 tilt angle( $\theta$ )을 조절하여 어둡 상태의 빛샘 정도를 분석하였다.  $R_{th}$ 가 54.95nm이고, Discotic 필름의  $R_{th}$ 는 141.7nm이고  $\theta$ 가 22° 일 때 최대 빛샘은 0.037로 가장 적게 나타났다. 필름 보상하지 않은 수평 ECB 모드의 최대 빛샘은 0.166로 Discotic 필름 보상한 경우의 빛샘이 약 5배 감소하였다.

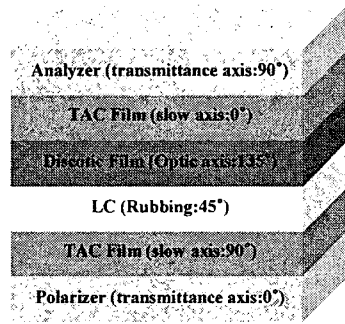


그림 1. 필름 보상된 수평 ECB 셀의 광학 배치.

Fig. 1. Optical configuration of the HA-ECB cell with a compensation film.

그림 2는 수평 ECB 모드의 필름 보상 안한 경우와 필름 보상을 한 경우의 전압 인가에 따른 투과율 곡선 (V-T)을 나타낸다. 필름 보상하지 않은 기존의 수평 ECB 모드는 구동 전압이 8V 이상으로 매우 높게 나타났지만, Discotic 필름 보상한 경우의 구동 전압은 5V로 3V 이상 감소하였다.

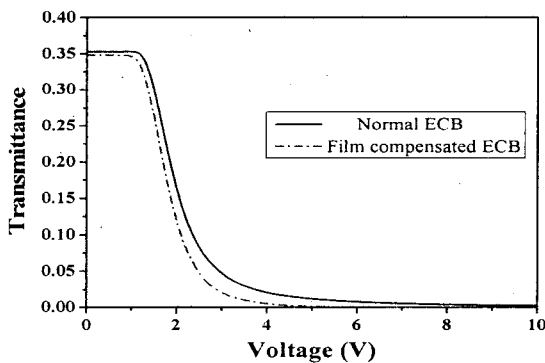


그림 2. 수평 ECB 모드의 필름 보상 안한 경우와 필름 보상한 경우의 전압에 따른 투과율 그래프.

Fig. 2. Voltage-dependent transmittance curves in case of normal ECB and film compensated ECB.

그림 3은 기존의 수평 ECB 모드와 Discotic 필름 보상한 경우의 수평 ECB 모드의 어둡 상태와 밝음 상태의 등-휘도 곡선과 등-명암 대비비 곡선을 나타낸다. 밝음 상태의 휘도는 기존의 ECB 모드에 비해 떨어지지만, 어둡 상태의 휘도가 대각선 방향에서 확연히 감소하였다. 등-명암 대비비 곡선의 경우, 기존의 수평 ECB 모드는 대각선 방

향에서 대비비 (CR)가 떨어지지만, Discotic 필름 보상한 경우는 대비비 100이상의 영역이 상하좌우에서는 160°, 대각선 방향에서는 120° 이내로 향상되었다.

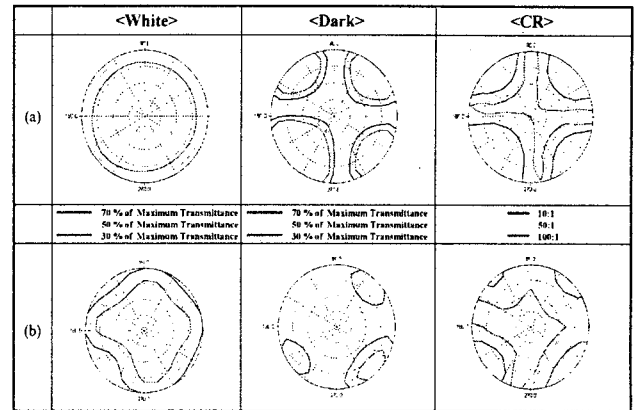


그림 3. 어둡 상태와 밝음 상태에서의 등-휘도 곡선과 등-명암 대비비 곡선: (a) 기존의 수평 ECB 모드, (b) 필름 보상한 수평 ECB 모드.

Fig. 3. Iso-transmittance curves in the white, dark state, and iso-contrast curves: (a) normal ECB mode, and (b) film compensated ECB mode.

### 3. 결론

본 논문에서는 빠른 응답속도와 비교적 높은 투과율 특성을 보이는 수평 ECB 모드의 화질을 개선시키는 방안을 연구하였다. 수평 ECB 모드의 구동전압과 시야각 특성을 향상시키기 위해 Discotic film과 TAC film의 조건을 최적화함으로써 명암대비가 10 이상인 시야각이 상하 좌우 160°, 대각선 방향에서는 120° 이내의 시야각을 얻을 수 있었다. 고속 응답과 고화질 특성을 동시에 지니는 수평 ECB 모드가 Field sequential LCD로 적합한 모드로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

### 참고 문헌

- [1] S. H. Lee, et al. Journal of the SID. Vol. 9, No. 3, p. 155, 2001.
- [2] Y. M. Jeon, S. M. Oh, S. J. Kim, and S. H. Lee, Proceeding of 2005 Spring Symposium of KIEEME, p. 109, 2005.
- [3] Y. Itoh, H. Seki, T. Uchida, and Y. Masuda, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 30, No. 7B, p. L1296, 1991.
- [4] T. Ishinabe, et al. Eurodisplay, p. 98, 2005.