

## Fringe-Field Switching (FFS) 모드에서 잔상 정량화에 관한 연구

### Study on the Quantitativity of Image Sticking in the Fringe-Field Switching (FFS) Mode

신승민<sup>1,a</sup>, 김미숙<sup>1</sup>, 정연학<sup>1</sup>, 김향울<sup>2</sup>, 김서윤<sup>1</sup>

(Seung Min Seen<sup>1,a</sup>, Mi Sook Kim<sup>1</sup>, Yeon Hak Jung<sup>1</sup>, Hyang Yul Kim<sup>2</sup>, and Seo Yoon Kim<sup>1</sup>)

#### Abstract

We studied the quantitativity of the image sticking which is occurred by the residual DC in the fringe-electric field switching (FFS) mode. Actually, in the FFS mode driven by the strong fringe electric field, the asymmetric residual DC was formed in the bottom substrate. It made the impurity ion stick to the alignment layer such as polyimide layer. Thus, the difference of the luminance exists after the stress check pattern is applied to the panel so that we can see the image sticking. This image sticking decreases as the residual DC value between specific patterns decreases. Therefore, it is necessary to control the residual DC for the FFS mode with the high image quality. It is possible to eliminate the image sticking when the extra pixel voltage is applied through the circuit tuning for reducing the difference of residual DC according to the panel position.

**Key Words** : FFS mode, Residual DC, Image sticking

#### 1. 서론

최근 in-plane switching (IPS) 모드[1,2] 및 fringe-field switching (FFS) 모드[3-6]와 같은 광 시야각 기술을 적용한 액정 디스플레이가 소형 mobile에서 monitor, TV products까지 다양한 분야에서 응용되고 있다. IPS 모드는 광 시야각을 대표하는 첫 번째 모드로 근본적으로 광 투과도가 낮은 문제점이 있다. 반면 IPS의 단점을 보완한 FFS 모드는 높은 투과율과 넓은 시야각 특성을 동시에 가진다. 이러한 하부 필드에 의해 액정을 구동하는 in-plane 계열의 광시야각 모드는 전기 광학 특성은 우수하지만 상하 전계가 비대칭이기 때문에 잔류 DC에 의해 발생하는 잔상에 취약한

문제점이 있다. 실제로 패널 제조 과정에서 생기는 불순물 이온들은 전압 제거시 패널에 존재하는 잔류 DC에 의해 배향막 표면에 흡착하게 되며 이러한 불순물 이온들의 흡착 도의 차이로 인해 패널 내에서 투과율 차이가 발생하면서 우리 눈에 잔상으로 시인된다. 또한 in-plane 계열의 경우 하부에만 전극이 위치하게 때문에 전압 인가시 기관 하부에 강한 전계가 걸리면서 전계가 비대칭으로 발생하게 되고 잔류 DC 역시 하부 기관쪽에 강하게 형성된다. 따라서 전압 제거시 잔류 DC에 의한 투과율 차이가 패널내에서 크게 발생하며 잔상의 정도도 강하다. 본 논문에서는 FFS 모드에서 잔류 DC 차이에 의해 발생하는 잔상의 크기를 정량화했으며 잔상에 유리한 패널 조건을 분석하였다.

1. BOE\_TFT\_LCD\_SBU 선행 기술그룹  
(경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1)  
2. 전북대학교 신소재공학부  
a. Corresponding Author : dega@boehydis.com  
접수일자 : 2005. 5. 6  
1차 심사 : 2005. 6. 29  
심사완료 : 2005. 7. 11

#### 2. 실험

본 연구에서 사용된 FFS 전극 구조는 그림 1과 같다. 하부 기관은 세 개의 층, 평면 형태의 공동 전극, SiNx로 만든 절연층, 쉘기 형태의 화소 전극

으로 이루어져 있으며 화소 전극의 폭(w)과 전극 간 거리(l)는 각각 3, 5 μm이다. 이러한 FFS 전극 구조에서 전압 인가시 프린즈 전기장이 형성되면서 액정 방향자가 그림과 같이 회전하게 된다. 여기서 프린즈 전기장이라 함은 전기장이 수평 및 수직 성분을 모두 가지고 있음을 의미한다. 상부 기판은 전극이 존재하지 않는 투명한 유리 기판이다. 패널 제작 시 기판위에 수평 배향막을 약 1000 Å으로 코팅하며 러빙 처리를 통해 약 2°의 프리틸트 각을 갖게 한다. 이 패널은 anti-parallel한 러빙 방향을 가지도록 만들어지며 셀 갭(d)은 4 μm이다. 상하판 외부에 존재하는 편광판과 검광자는 서로 수직하게 위치하며 이들 광축중의 하나는 러빙 방향과 일치시킨다. 이러한 방식으로 만들어진 FFS 패널에 +LC (Δε=8.2, Δn= 0.099 at 589 nm)을 주입한 후 특정 스트레스 (stress check pattern) 인가 후 패턴 제거시 패널에 남아있는 잔류 DC를 측정하였다. 이때 측정에 사용된 photo detector는 PR 800 이다(그림 2 참조).

### 3. 결과 및 고찰

IPS 모드에서 투과율 방정식은 아래와 같이 표현될 수 있다.

$$T / T_0 = \sin^2 (2\psi) \sin^2 (\pi d \Delta n / \lambda) \quad (1)$$

여기서 ψ는 교차된 편광판의 투과축 중의 하나와 액정 방향자 사이에 이루는 각을 말한다. 전압을 증가시 ψ가 0°부터 일정 값까지 증가하게 되며 특정 전압에서 광 투과도가 발생한다. 또한 아무리 높은 전압을 인가해도 강한 표면 anchoring 에너지 때문에 액정 방향자가 90°까지 증가할 수는 없다. FFS 모드도 이와 유사하게 표현될 수 있으며 제작된 FFS 패널은 전압이 인가되기 전에 어두운 상태를 나타내며 전압 인가시 광 투과도가 발생한다. 본 실험에서는 이러한 FFS 모드에 남아있는 잔류 DC를 정량적으로 측정하기 위해 그림 3에서 보이는 것과 같이 스트레스(stress check pattern) 인가 전 후 voltage-dependant luminance (VL) curve를 측정하였다. 즉, 본 실험에서는 스트레스 패턴 인가 전 VL curve를 측정할 후 패턴 인가 후 VL curve를 측정하여 그 차이인 VL shift 정도를 패널안의 잔류 DC 정도라고 정의하였다. 실제로 스트레스 인가 후 패널내에 존재하는 잔류 DC로 인해 불순물 이온이 배향막에 흡착되며 이후, 특정

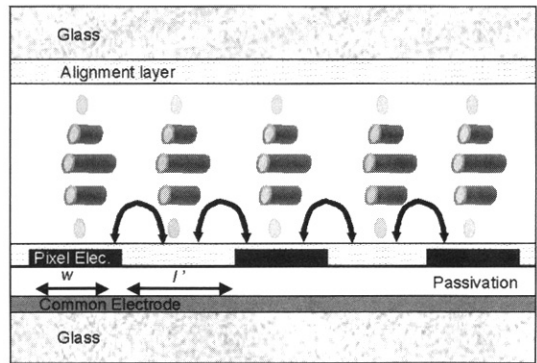


그림 1. 측면에서 관찰한 FFS 모드.  
Fig. 1. Schematic diagram of the sideview in the FFS mode.

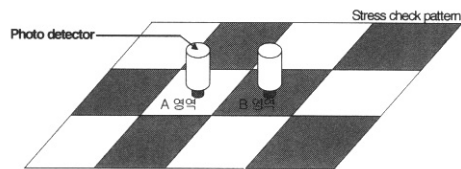


그림 2. 잔류 DC 측정 방법.  
Fig. 2. The measurement of the residual DC.

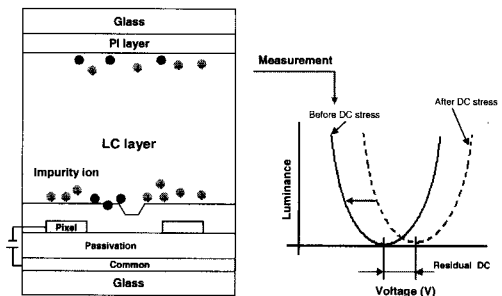
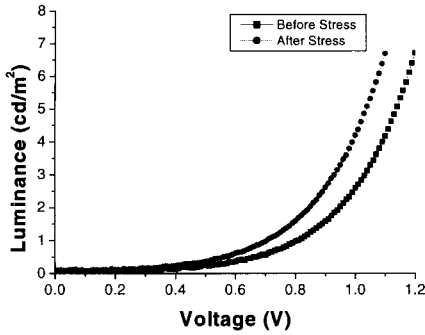
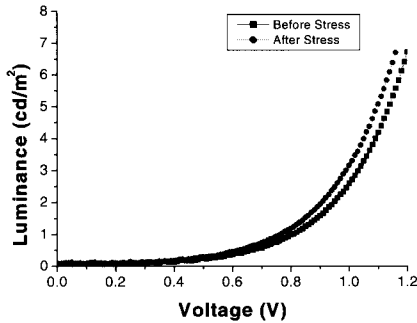


그림 3. 패널내 스트레스 인가 전 후 잔류 DC.  
Fig. 3. The residual DC before and after stress in the panel.

전압 인가시 불순물 이온에 의한 잔류 DC가 픽셀 전압에 더해져서 스트레스 인가전과 다른 전압에 따른 휘도 변화를 보이게 된다. 이러한 휘도 차이는 패널내에서 위치에 따라 다르게 나타나며 사람의 눈에 잔상으로 시인된다.



(a)



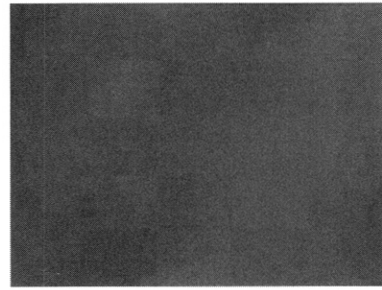
(b)

그림 4. FFS 모드에서 스트레스 인가 전후 전압에 따른 휘도 곡선:(a) A 위치, (b) B 위치.

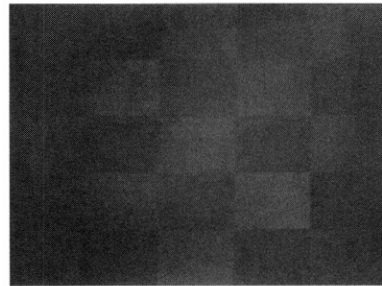
Fig. 4. V-L curve before and after stress in the FFS mode:(a) A position, (b) B position.

그림 4는 FFS 패널에서 21시간 특정 스트레스 check pattern 인가 전후 전압에 따른 휘도 곡선을 나타내며 그림 4(a)와 (b)는 각각 A 위치(white pattern)와 B 위치(black pattern)에서의 측정 결과를 나타낸다. 이 때 논문에 사용된 VL curve는 계조 256을 기준으로 잔상 시인이 잘되는 40 계조에 해당되는 7 cd/m<sup>2</sup> 지점까지의 결과이다.

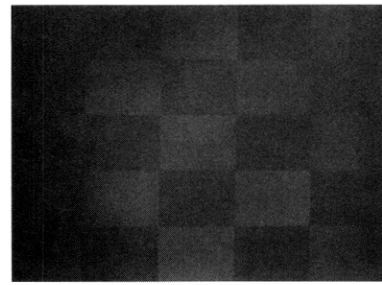
그림 4(a)의 경우는 특정 스트레스 인가 전후 최대 잔류 DC값이 -90 mV이며 그림 4(b)는 -40 mV이다. 따라서 A와 B 위치에서 최대 잔류 DC값의 차이는 50 mV이다. 이러한 특정 패턴에 의한 잔류 DC의 차이가 사람의 눈에 잔상으로 시인되며 패널내에서 특정 패턴에 따른 잔류 DC의 차이가 적을수록 잔상 시인 정도가 약해지게 된다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. FFS 패널에서 잔상 측정 : (a) Normal(A), (b) Normal (B), Normal(C).

Fig. 5. Measurement of the image stiking in the FFS panel : (a) Normal(A), (b) Normal (B), Normal(C).

그림 5는 실제 패널에서의 21시간 스트레스 인가 후 잔류 DC별 잔상을 평가한 결과이다. 그림 5에서 보여지는 것처럼 패널 A에서 C로 갈수록 잔상 정도가 심함을 알 수 있다. 이는 white pattern과 black pattern에서 스트레스 의한 휘도 차이가 A에서 C로 갈수록 커짐을 나타낸다. 표 1은 각각의 패널에서 white 패턴과 black 패턴의 잔류 DC 차이를 나타낸다. 패널 A 경우는 white 패턴이 -60 mV, black 패턴이 -80 mV로 두 패턴의 잔류

표 1. 패널에서 스트레스 인가후 white pattern 과 black pattern의 잔류 DC차이.

Table 1. Residual DC between white pattern and black pattern after stress in the panel.

	White Pattern	Black Pattern	$\Delta$ Residual DC
Normal (A)	-60 mV	-80 mV	20 mV
Normal (B)	-90 mV	-50 mV	40 mV
Normal (C)	-60 mV	0 V	60 mV

DC값의 차이는 20 mV이며 패널 B의 경우는 white 패턴이 -90 mV, black 패턴이 -50 mV로 두 패턴의 잔류 DC값의 차는 40 mV이다. 또한 C의 경우는 white 패턴에서 잔류 DC가 -60 mV, black이 0 mV로 잔류 DC 전위차가 60 mV이다. 즉 A에서 C로 갈수록 특정 패턴 사이에서 잔류 DC 값의 차이가 커진다. 이때 특정 패턴에서 잔류 DC의 크기와는 무관하게 상이한 두 패턴에서 잔류 DC의 값의 차가 커질수록 잔상 시인 정도가 강해지며 이들의 잔류 DC 값의 차이가 적을수록 즉, 20 mV 이하가 되는 경우 잔상이 없는 패널 조건이 된다.

실제로 FFS 모드의 경우 강한 하부 프린즈 필드에 의해 잔류 DC가 비대칭으로 발생하기 때문에 상하 대칭으로 전계가 걸리는 모드에 비해 잔류 DC에 의해 발생하는 잔상에 불리하다. 이러한 FFS 패널이 잔상에 유리하기 위해서는 상이한 두 패턴에서의 잔류 DC의 전위 차이를 작게 해주는 기술이 필요하다. 즉, 패널 구동을 위한 모듈에서의 회로 튜닝시 white와 black 패턴의 잔류 DC 정도를 측정하고 회로에서 잔류 DC값을 보상하는 방향으로 여분의 화소 전압을 인가하면 잔상 시인 정도 및 잔상 소멸 시간을 감소시킬 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 FFS 모드에서 잔류 DC 차이에 의해 발생하는 잔상의 크기를 정량화했다. 실제로 하부의 강한 프린즈 전계에 의해 구동되는 FFS 모드의 경우, 패널내에 존재하는 잔류 DC가 패널

제조시 만들어진 불순물 이온을 배향막층에 강하게 흡착시킨다. 또한 특정 스트레스 인가 후, 이러한 잔류 DC에 의한 휘도 차이가 패널 내에서 잔상으로 시인된다. 이러한 잔상은 상이한 두 패턴의 잔류 DC 값의 차이가 작을수록 시인 정도가 약해진다. 따라서 FFS 모드에서 잔상에 유리한 패널을 만들기 위해서는 다른 패턴 사이의 잔류 DC를 적게 해 주는 기술이 필요하며 모듈에서 회로 튜닝시 잔류 DC를 보상하는 방향으로 여분의 픽셀 전압을 인가하면 잔상 시인 정도를 개선시킬 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] H. Y. Kim, D. S. Seo, and S. H. Nam, "A study on VHR and residual DC property in the IPS cells", 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p. 169, 2002.
- [2] M. Oh-e and K. Kondo, "Electro-optical characteristics and switching behavior of the in-plane-switching mode", Appl. Phys. Lett., Vol. 67, No. 26, p. 3895, 1995.
- [3] 김향울, 고재완, 노정동, 서대식, 이승희, "유전율 이방성이 음인 액정을 이용한 이중 도메인 FFS 모드의 전기광학 특성", 전기전자재료학회논문지, 15권, 8호, p. 720, 2002.
- [4] 김미숙, 김향울, 이승희, "Fringe-field switching (FFS) 모드에서 액정의 유전율 이방성에 따른 동력학 안정성에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 16권, 3호, p. 224, 2003.
- [5] 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-D. Noh, H. Y. Kim, J. M. Kim, J. W. Koh, J. Y. Lee, H. S. Park, and S. H. Lee, "Pixel structure of the ultra-FFS TFT-LCD for strong pressure-resistant characteristic", SID '02, p. 224, 2002.