

FFS 모드에서 러빙 방향에 따른 Reverse Twist 변화에 대한 연구

Study on the Reverse Twist According to the Rubbing Direction for the Fringe-Field Switching (FFS) Mode

김미숙^{1,2,a}, 신승민¹, 정연학^{1,2}, 김향울¹, 김서윤¹, 이승희²
(Mi Sook Kim^{1,2,a}, Seung Min Seen¹, Yeon Hak Jung^{1,2}, Hyang Yul Kim¹, Seo Yoon Kim¹,
and Seung Hee Lee²)

Abstract

We studied on the reverse twist near the pixel edge depending on the rubbing direction for the fringe field switching (FFS) mode. Liquid crystal (LC) dynamic and the transmittance near the pixel edge, where the various field directions are generated, depend on the initial rubbing direction because the position of reverse twist is decided by the angle between the electric direction and the LC director at a bias voltage. For example, when the rubbing angle is 7° , the reverse twist appears on the bottom position of the right sharp corner of the pixel edge so that the reverse region exists far away from main active region. But, when the rubbing angle is -7° , the reverse twist appears on the top position of the right sharp corner of the pixel edge, resulting that the region becomes more close to the main active area and the unstable disclination lines (DLs) easily intrude into the active region. Therefore, it is necessary to keep the reverse twist region far from the active region and it is possible by controlling the rubbing direction in the design of a pixel electrode.

Key Words : Reverse twist, Rubbing direction, Dynamic stability

1. 서론

최근 in-plane switching (IPS)[1,2] 모드 및 fringe field switching (FFS)[3-5] 모드와 같은 광시야각 모드가 소형 모바일에서 대형 TV product 분야까지 널리 응용되고 있다. IPS 모드는 액정 방향자의 in-plane 회전을 이용하는 첫 번째 광시야각 모드로 의미가 있으나 광효율이 낮은 단점을 지닌다. 반면 FFS 모드의 경우, 프린트 전계를 이용하기 때문에 화소 전극 센터 부분에 액정 방향자까지 회전하면서 높은 광효율을 지니는 대표적

인 광시야각 모드이다. 양의 액정을 사용하는 FFS 모드의 경우 화소 중심부 정상 영역에서 전기장의 방향과 액정 방향자들이 예각을 이루도록 러빙 방향을 결정해 액정들이 전기장 방향으로 회전하도록 한다. 이 때 화소 정상부에서의 전기장의 방향은 하나이며 따라서 러빙 방향이 시계 방향 혹은 반시계 방향 유무와 상관없이 전기장과 예각을 이루면서 동일 투과율을 나타내고 액정의 동력학 안정성도 동일하게 된다. 반면 화소 가장자리의 경우, 페턴된 화소 슬릿에서의 전기장 방향이 서로 상이하며 또한 이러한 방향들은 중심부와도 다르게 된다. 그 결과 화소 전극 가장자리 부근의 액정 방향자는 중심부 정상 영역과 다른 방향으로 회전하면서 reverse twist 하게된다. 이러한 reverse twist 영역은 인간의 정상 거동 영역과 상이하기 때문에 이들의 경계 영역에서 어느 방향으로도 회전하지 않는 액정 방향자들에 의해 필연적으로

1. BOE_TFT_LCD_SBU 선행기술그룹
(경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1)
2. 전북대학교 신소재공학부
a. Corresponding Author : misuk7287@boehydis.com
접수일자 : 2005. 9. 16
1차 심사 : 2005. 9. 30
심사완료 : 2005. 11. 5

disclination lines (DLs)이 형성된다. 이러한 동력학적으로 불안정한 DLs은 외부 압력이나 높은 전압인가시 화소 안쪽으로 깊숙이 침범해 패널내의 투과율을 떨어뜨리며 응답시간을 느리게 하는 문제를 발생한다. 따라서 화소 가장자리 부근에서 reverse twist 영역을 적게하거나 reverse 영역이 화소 중심부에 영향을 미치지 않도록 멀리 떨어뜨리는 화소 설계가 필요하다. 실제로 FFS 모드의 화소 가장자리에서 러빙 수행시 액정 방향자와 수평 전기장(E_x) 사이의 각도가 동일 예측을 유지하더라도 시계방향으로 러빙할 경우와 반시계 방향으로 러빙할 경우의 reverse twist 발생위치가 다르게 되며 이는 인접 화소 부근의 액정 동력학 안정성에 매우 중요한 요소로 작용하게 된다. 따라서 본 논문에서는 화소 전극 가장자리부근에서 러빙 방향에 따른 액정 동력학 안정성을 3차원 시뮬레이션을 통해 비교, 분석해 보았다.

2. FFS 모드의 셀 구조 및 동작원리

그림 1은 FFS 모드의 전압 인가전 후 정면 셀 구조를 나타낸다. FFS 모드는 하부 기판에만 전극이 존재하며 하부 기판은 공통전극 (common electrode)과 화소전극 (pixel electrode)이 절연층을 사이에 두고 존재한다. 이 때 화소 전극은 임의의 폭 (w)을 가지며 서로 임의의 간격 (l)으로 떨어져 있다. 본 시뮬레이션에 사용된 액정은 유전율 이방성이 양인 LC ($\Delta\epsilon=8, \Delta n=0.099$ at 589 nm)이며 전기장 방향으로 회전할수 있도록 러빙을 수행하게 된다. 러빙 각(θ)은 수평 전기장 방향(E_x)을 기준으로 7°

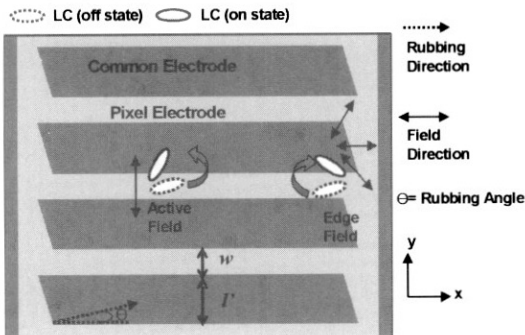


그림 1. FFS 모드의 셀 구조.
Fig. 1. Cell structure of FFS mode.

를 이루며 초기 프리틸트 각은 2° , 이 때의 셀갭은 4 μm 이다. 이러한 FFS 모드에서 전압 인가시 프리틸트 전기장이 형성되며 전기장 방향으로 액정이 회전되면서 교차된 편광판 사이에서 광 투과도를 발생시킨다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 연구에서는 화소 전극 가장자리에서 러빙 방향에 따른 투과율 변화 및 액정 동력학 안정성을 살펴보기 위해 3차원 시뮬레이션을 수행하였다. 분석을 위해 사용된 시뮬레이터는 Sanayi system의 Techviz LCD이며 광학적 투과율 계산은 589 nm에서 2x2 extended Jones matrix[6]를 적용하였다.

화소 전극 가장자리에서의 러빙 방향에 따른 투과율 및 액정 동력학 안정성을 살펴보기 이전에 화소 중심부에서의 변화 정도를 살펴보았다. 그림 2는 화소 중심부 영역에서 러빙 방향에 따른 투과율 결과를 보여준다. 그림 2(a)는 러빙 각이 7° 이면서 E_x 기준으로 시계 방향으로 러빙이 수행된 경우이며 그림 2(b)는 동일한 러빙 각을 가지며 반시계 방향으로 러빙이 수행된 경우이다. 본 논문에서는 시계방향의 경우 +, 반시계 방향의 경우 -로 나타내었다. 그림에서 보여지는 것처럼 화소 중심부의 경우 러빙 방향과 상관없이 러빙각이 같은 경우 동일한 20%의 투과율을 보이며 칼라필터가 존재하지 않는 패널에서의 투과율 값이다. 이는 in-plane 회전을 하는 FFS 모드의 경우, 전압 인가시 회전되는 액정 방향자와 편광판의 투과축이 이

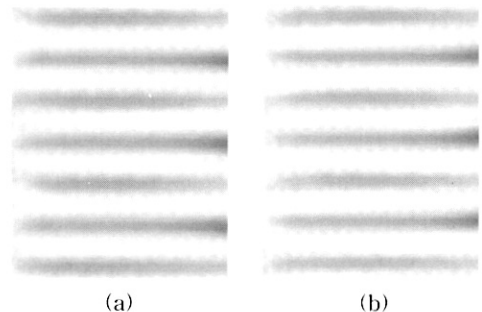


그림 2. 화소 정상부에서 러빙 방향에 따른 투과율 : (a) 7° , (b) -7° .

Fig. 2. Transmittance according to the rubbing direction at the active region : (a) 7° , (b) -7°

루는 각에 의해 투과율이 결정되기 때문이다. 즉, 하나의 전기장 방향을 가지는 화소 중심부의 경우 러빙 방향과 상관없이 액정 분자들이 한쪽 방향으로만 회전하기 때문에 동일한 투과율을 발생하게 된다. 또한 이때의 동력학 안정성도 동일하게 된다. 그러나 패턴된 슬릿 전극을 가지는 화소 전극 가장자리의 경우, 그림 1과 같이 여러 방향의 전기장 방향이 존재하게 되며 이는 화소 중심부 정상 영역의 방향과 다르게 된다. 따라서 화소 전극 가장자리 부근과 정상 영역의 액정 움직임이 다르게 되며 가장자리 부근에 reverse twist가 발생하게 된다. 따라서 이들 경계영역에서 액정 분자들의 충돌이 발생하게 되며 어느 방향으로도 회전하지 않는 액정 분자들에 의해 dark DLs이 필연적으로 발생한다. 이러한 불안정한 DLs은 높은 전압 인가시 화소내로 침범해 패널내의 투과율을 급격히 떨어뜨린다. 따라서 화소 전극 가장자리에서의 reverse twist 영역을 최소화시키거나 이러한 영역이 화소 중심부에서 멀리 떨어지도록 화소 설계하는 것이

매우 중요하다. 이러한 역할은 패널내의 러빙 수행시 러빙 방향을 조절함으로써 가능하다. 그림 3은 화소 가장자리부근에서 러빙 방향에 따른 투과율 결과를 보여준다. 그림 3(a)는 러빙 각이 7° 이면서 E_x 기준으로 시계 방향으로 러빙이 수행된 경우이며 그림 3(b)는 동일한 러빙 각을 가지며 반시계 방향으로 러빙이 수행된 경우이다. 그림 3(a)와 같이 러빙 각이 7° 인 경우, reverse twist가 화소 슬릿 오른쪽 모서리 하단부에 발생하며 이는 화소 정상부근과 상당히 떨어져 있다. 반면 그림 3(b)에서 보이는 것과 같이 러빙 각이 -7° 인 경우, reverse twist가 화소 슬릿 오른쪽 상단부에 발생하며 이는 화소 정상부에 더 인접해 있다. 따라서 불안정한 DLs 역시 화소 정상부에 더 가까이 존재하게 된다. 다시 말해, 러빙각이 7° 인 경우의 DLs이 -7° 인 경우보다 정상영역에서 3 um 멀리 떨어져있다. 이를 통해 화소 가장자리부근의 경우, 러빙 방향에 따라 reverse twist 발생 위치가 달라지며 이에 따라 불안정한 DLs이 화소 정상부 인접 여부가 결정되는 것을 알 수 있다. 이러한 화소 전극 가장자리 부근의 액정 동력학 안정성을 자세히 살펴보기 위해 방향자 분포를 분석하였다. 그림 4는 러빙 각이

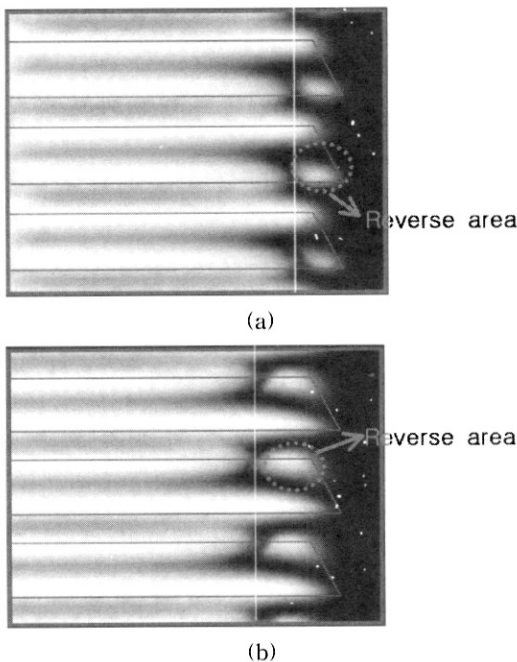


그림 3. 화소 가장자리에서 러빙 방향에 따른 투과율: (a) 7° , (b) -7° .

Fig. 3. Transmittance according to the rubbing direction at the pixel edge : (a) 7° , (b) -7° .

(시뮬레이션 영역)

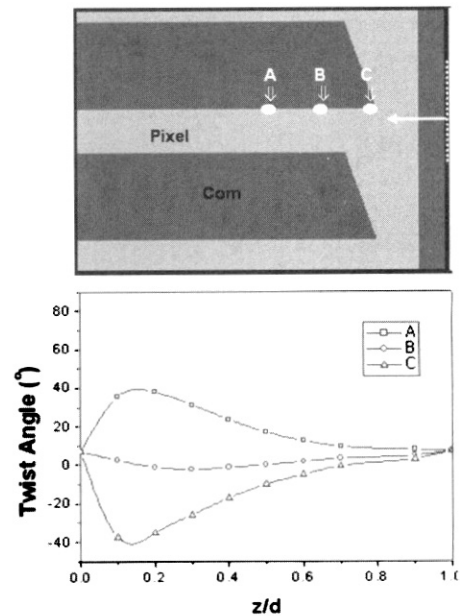


그림 4. 러빙 각이 7도일때 액정 방향자 분포.

Fig. 4. LC director profile when the rubbing angle is 7.

7°인 경우의 화소전극 가장자리에서의 트위스트 각을 나타낸다. 여기서 A, B, C는 시물레이션을 통해 분석한 위치를 나타내며 공통 전극의 오른쪽 가장자리를 기준으로 10 um, 8 um, 6 um가 각각 떨어져 있다. 그림에서 보이는 것처럼 A의 경우 $z/d=0.1$ 근처에서 최대 트위스트 각이 40°이며 B의 경우 $z/d=0.1$ 근처에서는 거의 트위스트가 발생하지 않는다. 또한 C의 경우 $z/d=0.1$ 근처에서 최대 트위스트 각은 -40°이다. 즉 전기장의 방향이 서로 다른 인접 화소 정상부 A와 화소 가장자리 C의 액정 회전 방향이 다르게 되며 C의 위치에서 reverse twist가 발생한다. 또한 이들 경계에 위치하는 B에서 동력학적으로 불안정한 DLs이 필연적으로 발생하게 된다. 이러한 영역은 외부 압이나 높은 전압 인가시 화소내로 침범해 패널내의 투과율을 떨어뜨리게 된다. 따라서 화소 가장자리에 존재하는 reverse twist가 화소 중심부에 영향을 미치지 않도록 멀리 배열시키는 화소 설계가 필요하며 이는 러빙방향 조절을 통해 가능하다.

4. 결론

본 논문에서는 화소 전극 가장자리에서 러빙방향에 따른 reverse twist에 대해 살펴보았다. 화소 중심부의 경우 전기장의 방향이 하나만 존재하기 때문에 동일한 러빙각을 가질 경우, 시계 방향 혹은 반시계 방향과 같은 액정의 초기 러빙 방향과 관계없이 구동 전압 인가시 투과율과 액정 동력학 안정성이 동일하다. 반면 패턴된 전극 슬릿을 가지는 화소 전극 가장자리 부근의 경우, 전기장이 여러 방향으로 존재하기 때문에 reverse twist 발생 위치가 러빙 방향에 따라 다르다. 즉 러빙 각이 7°인 경우, reverse twist 위치는 오른쪽 모서리 하단부에 발생하며 따라서 화소 중심부에서 다소 떨어져 있다. 반면 러빙 각이 -7°인 경우, reverse twist 위치가 오른쪽 모서리 상단부에 발생하며 결과적으로 화소 중심부에 더 가까이 위치하게 된다. 따

라서 불안정한 DLs이 화소 중심부 쪽으로 더 가까이 침범하게 된다. 즉, FFS 모드에서 reverse twist 발생 위치를 화소 중심부에서 떨어뜨리는 화소 전극 설계가 필요하며 이는 러빙 방향을 통해 가능하다.

참고 문헌

- [1] H. Y. Kim, D. S. Seo, and J. H. Kim, "Residual DC voltage property in the in-plane switching cell using the voltage-transmittance hysteresis method", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 14, No. 6, p. 487, 2001.
- [2] 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.
- [3] 김미숙, 김향울, 고재완, 이승희, "프린트 전기장에 의해 구동되는 수평 배향 액정셀에서 black matrix의 전기적 특성이 셀의 전기 광학 특성에 미치는 영향에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 16권, 11호, p. 1008, 2003.
- [4] 김향울, 고재완, 노정동, 서대식, 이승희, "유전율 이방성이 음인 액정을 이용한 이중 도메인 FFS 모드의 전기광학 특성", 전기전자재료학회논문지, 15권, 8호, p. 720, 2002.
- [5] M. S. Kim, Y. H. Jung, S. M. Seen, H. Y. Kim, S. Y. Kim, Y. J. Lim, and S. H. Lee, "A novel fringe field switching (FFS) mode with 3 divided pixel slit", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 44, No. 5A, p. 3121, 2005.
- [6] 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.