

TFT-LCD에서 공통전극 왜곡에 의해 유발된 녹색 편향 현상에 대한 연구

홍준의, 김종태, 채중철
성균관대학교 정보통신공학부, 삼성전자

The Circuit Simulation Study on Greenish Phenomenon in TFT-LCD Induced by Vcom Voltage Distortion

joneui Hong, jongtae Kim, and jongchul Chai

School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, Samsung Electronics

Abstract - 현재 액정 표시장치는 액정의 유전율 이방성 특성에 따라 Positive LC 와 Negative LC로 구분되어 개발 된다. Positive LC에는 TN(Twisted Nematic)모드와 IPS(In Plane Switching) 모드가 있다. Negative LC에는 VA(Vertical alignment) 모드가 있다. 데이터 전압을 교류구동 시키므로, LCD Pixel들은 극성반전을 하게 되며, 이때 특정 Pattern에서 화면상에 비정상적인 색갈이 나타난다. 특정 Pattern이란 데이터 전압이 교류구동을 할 때, Vcom Level이 데이터 전압에 의한 Coupling 때문에 왜곡이 발생되고, 이 왜곡에 의하여 레드, 그린, 블루 Pixel의 충전율 차가 발생해서, 화면의 좌우는 적색편향 하게 보이고, 중앙은 녹색편향 발생된다.

1. 서 론

현재 액정 표시장치는 액정의 유전율 이방성 특성에 따라 Positive LC 와 Negative LC로 구분되어 개발된다. Positive LC에는 TN(Twisted Nematic)모드와 IPS(In Plane Switching) 모드가 있다. Negative LC에는 VA(Vertical alignment)모드가 있다. TN 모드는 Normal white, IPS와 VA 모드는 Normal Black의 특성을 가지고 구동 된다. Normal white는 전압이 인가되지 않은 상태에서는 빛을 투과시키고, 전압을 인가시키면 빛을 투과시키지 못하는 특성을 나타낸다. Normal Black 모드는 전압이 인가되지 않은 상태에서는 빛을 투과시키지 못하고, 전압을 인가시키면 빛을 투과하는 특성을 나타낸다. 또한, 액정 표시 장치는 액정의 열화를 막기 위해서, 교류 구동을 한다. 데이터 전압이 교류구동 될 때, Pixel의 기준이 되는 전압을 Vcom 전압이라 한다. 데이터 전압이 Vcom 대비 높으면 액정 Cap은 (+) 로 충전되고, 데이터 전압이 Vcom 전압 대비 낮으면, 액정Cap은 (-)로 충전 된다. 데이터 전압을 교류 구동 시키므로, LCD Pixel들은 극성반전을 하게 되며, 이때 특정 Pattern에서 화면상에 비정상적인 색갈이 나타난다. 특정 Pattern이란 데이터 전압이 교류구동을 할 때, Vcom 전위가 데이터 전압에 의한 Coupling 때문에 왜곡이 발생되고, 이 왜곡에 의하여 레드, 그린, 블루 Pixel의 충전율 차가 발생해서, 화면의 좌우는 적색편향 하게 보이고, 중앙은 녹색편향 발생된다.

2. 본 론

2.1 화면이상 Pattern에 대한 설명

TFT-LCD에서 보편적으로 사용하는 구동방식은 1+2Dot 구동방식이다. 1+2Dot 구동 방식이란, Sub Pixel(레드, 그린, 블루)각각을 독립된 Cell로 생각할 때, Vertical로는 (+) → (-) → (-) → (+) → (+) 로 극성이 진행되고, Horizontal로는 (+) → (-) → (+) → (-)로 반복 되서 진행 되는 것이다. (+)란 각 Pixel의 데이터 전압이 Vcom 보다 높은 경우이고, Vcom 보다 낮으면 (-)로

충전되는 것이다. 위와 같은 특성 때문에 액정표시장치를 교류 구동이라 한다. 이때, 화면이상이 나타나는 Pattern은 중간 Gray에서 Dot Inversion과 라인 Inversion이다. 패넬의 가로 방향으로 첫 번째 레드, 그린, 블루는 커지고, 두 번째 레드, 그린, 블루는 꺼지는 것이 반복되고, 세로 방향으로도 첫 번째 레드, 그린, 블루는 커지고, 두 번째 레드, 그린, 블루는 꺼지는 것이 반복 될 때 Dot Inversion이라 한다.

1+2Dot 구동 시, 라인 Inversion이란 가로 방향으로 첫 번째 레드, 그린, 블루는 32gray, 두 번째 레드, 그린, 블루는 0gray가 반복 되는 것이고, 세로 방향으로는 1라인은 레드, 그린, 블루 모두 32gray, 2라인은 레드, 그린, 블루 모두 0gray가 되어 반복되는 것이다.

액정 모드에 따라 TN, PVA는 그레이 스케일과 투과율의 관계 과 서로 반비례 관계이다. TN 모드는 전압이 증가함에 따라 투과율, 즉 휘도가 감소하므로, 1+2Dot 구동으로 64Gray를 표현하기 위해서는, 세로 방향으로 첫 번째 Pixel은 Vcom 기준 보다 약 0.5V 높은 전압을 인가하고, 두 번째, 세 번째 Pixel은 Vcom 보다 약 0.5V 낮은 전압을 인가한다. 이와 반대로 PVA 모드는 전압이 증가함에 따라 투과율이 증가하므로, 1+2Dot 구동 시에서 투과율이 100%인 64gray를 표현하기 위해서, 세로 방향의 첫 번째 라인에 인가해 주는 전압의 전위가 TN 모드의 액정은 Vcom과의 전위차가 매우 낮고, PVA 모드의 액정은 Vcom과의 전위차가 매우 큰 것을 알 수 있다. 투과율이 0%인 0gray를 표현하기 위해서는 TN 모드의 액정은 Vcom과의 전위차가 매우 높고, PVA 모드의 액정은 Vcom과의 전위차를 매우 낮게 해 주어야 한다.

2.2 극성반전에 의한 화면이상

2.2.1 Pixel구조 와 Vcom 왜곡 현상

TFT-LCD 패넬은 크게 하판 TFT-유리 와 상판 CF-유리로 구성된다. 하판 TFT Pixel 구조는 TFT Source에 데이터 라인이 연결되고, Drain에 패넬의 Pixel 전극이 형성되어, Gate 라인에 고전압이 인가되면, TFT 가 Turn ON이 되며, 이때 Souce에 형성된 데이터 라인을 통해 인가되는 전압이, Pixel 전극과 상판 CF-ITO에 의해서 형성되는 Clc 액정Cap과 Pixel 전극과 Gate 라인을 따라 형성되는 Storage 라인과 형성되는 Cst Cap에 Charging 된다. 이때 Charging되는 양은 데이터 인가전위와 CF-ITO 전위(상판Vcom)의 峯 그리고, 데이터 라인 전위와 Storage 라인의 전위(하판Vcom)와의 峯 만큼 충전된다. 이때, TFT-LCD 패넬은 액정 열화를 방지하기 교류구동을 하므로, Vcom 전압을 기준으로 한 번은 높게, 한 번은 낮게 데이터 라인에 전압을 인가하는 것이다. 이때, 액정 Cap과 Storage Cap

에 인가되는 Vcom 전위가 Coupling 되는 현상을 Vcom 왜곡이라 한다.

2.2.2 특정 Pattern에서 Vcom 왜곡

TFT-LCD의 또 하나의 특성은 라인구동을 하는 것이다. 라인구동이란, 예를 들어 SXGA 해상도의 패널이라 가정하면, 가로 세로 모두 1280×1024×레드, 그린, 블루 수 만큼 Sub Pixel을 갖고 있고, 가로 방향의 첫 번째 라인이 갖고 있는 1280×레드, 그린, 블루 수만큼의 Sub Pixel의 전극에 동시에 전압을 인가해주는 것이다. 이때, Vcom 왜곡의 방향은 Pixel전극에 인가된 전압의 RMS(Root Mean Square)값에 의해서 결정된다.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \{(V_p(t) - V_{com})^2 dt}$$

특정 Pattern인 32gray N-라인 Pattern에서는 액정의 특성에 따라 Pixel전극에 인가되는 전압의 전위가 달라지므로, Vcom 왜곡의 방향이 TN 모드와 PVA 모드에 따라 달라진다. 32gray N-라인 Pattern은 세로방향으로 첫 번째 레드, 그린, 블루 모두는 32gray로 Pixel이 충전되고, 세로방향으로 두 번째 레드, 그린, 블루는 모두 0gray로 충전되는 것이다. TN 모드의 특성상 0gray는 투과율이 100% 이고, 전압전위가 높으므로, 가로 방향 1라인의 1280×레드, 그린, 블루 Pixel에 인가되는 전압의 RMS를 계산하면, Vcom 전위 보다 낮은 전위로 존재하고, Vcom의 왜곡 방향은 Vcom 전위 보다 낮은 방향으로 향하게 된다. 그러나, PVA 모드의 32gray N-라인 Pattern에서는 전압이 낮을수록 투과율이 낮고, 0gray를 나타내기 위해서는 낮은 전압을 인가해야 한다. 그러므로, 라인 구동에 의해 Pixel전압의 RMS 값은 Vcom 전위 보다 높은 전위를 나타내고, 그 전위는 매우 낮다. 그러므로, Vcom 왜곡 방향은 Vcom 전위보다 높은 방향을 나타내고, 그 왜곡량도 매우 낮다.

2.2.3 특정 Pattern에서 화면이상

32gray N-라인 반전 구동 시, TN & PVA 모드의 특성에 의해 Vcom 왜곡양과 방향이 결정되어, 레드, 그린, 블루 Pixel 충전양에 영향을 준다. 이때, TN 모드 32gray N-라인 Pattern에서는 Vcom 왜곡양도 크고, 왜곡 방향이, 그린 Pixel의 충전을 감소하는 방향으로 발생하므로, 투과율이 32gray에서 더욱 높은 gray로 나타나고, 레드와 블루 Pixel은 충전이 증가하여 32gray보다 낮은 gray로 나타난다. 그러므로, 나타나는 현상은 눈으로 평가 시 패널의 좌우는 적색 편향 해 지고, 중앙은 녹색 편향 되는 화면 이상이 발생 된다. 하지만, PVA 모드는 이와는 반대로, Vcom 왜곡양도 작고, 왜곡방향이 레드와 블루 Pixel을 충전을 감소시키는 방향으로 발생하므로, 투과율이 감소하고 32gray보다 낮은 gray로 나타나고, 그린 Pixel은 충전이 증가하여, 투과율이 상승하므로 32gray보다 높은 gray로 나타나지만, 왜곡양이 작으므로 눈으로 평가 시 화면이상이 발생하지 않는다.

2.3 실험

현재 패널에서 위치별 정확한 Vcom 왜곡양을 알 수 없으므로, P-SPIEC 시뮬레이션을 통하여 패널의 상판, 하판 왜곡양을 검토하여, 화면이상의 원리를 구현한다.

2.3.1 P-SPIICE TFT 시뮬레이션 조건

TFT W/L	40u/4u
Clc	0.5pF
Cst	0.4pF
Cgs(gate & source overlap)	0.09pF
Cgd(gate & data overlap)	0.05pF,
Cdc(Data & CF-ITO overlap)	0.09pF
Cds(data& storage Line overlap)	0.01pF
Gate 저항	8kΩ

Data저항	16kΩ
Storage Line 저항	16kΩ
상판Vcom	5.2V
하판Vcom	5.2V
Vg	-6.5V / 25V
32gray Data Level	3.5V(-)/8.5V(+)
TN Black Data	0.6V/11.4V
PVA Black Data	5.1V/5.3V

2.3.2 P-SPIICE Timing & 패널 구동조건

	Delay	Rising	Falling	Pulsewidth	frequency
Data	2.0us	750ns	750ns	31.3us	62.6us
Gate	5.0us	30ns	30ns	10.0us	16.7ms

패널 구동 조건 : 1+2dot inversion
Pattern : 32gray N-Line Pattern

2.3.3 액정 모드에 따른 화면이상 시뮬레이션

(1). TN, PVA 모드에서 패널 위치별 Clc 검증

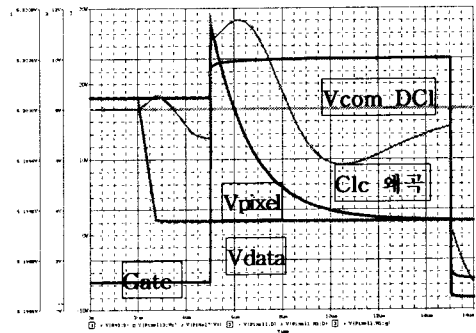


그림1 TN 모드 N-Line 32Gray Clc 왜곡

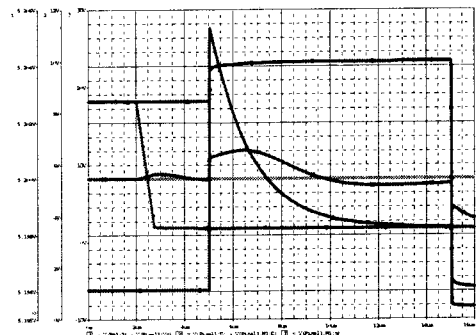


그림 2. Full 32Gray 왜곡

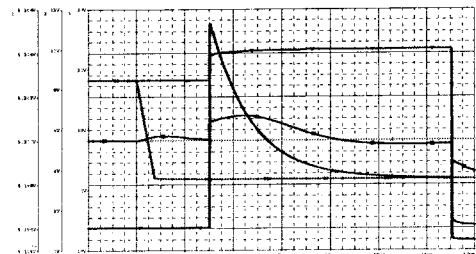


그림 3. PVA 모드 N-Line 32Gray Clc 왜곡

위 그림 1, 2, 3 Clc 왜곡량 비교 결과
TN > Full 32gray ≒ PVA

(2) TN, PVA에서 패널 좌측, 중앙, 우측 측정 결과

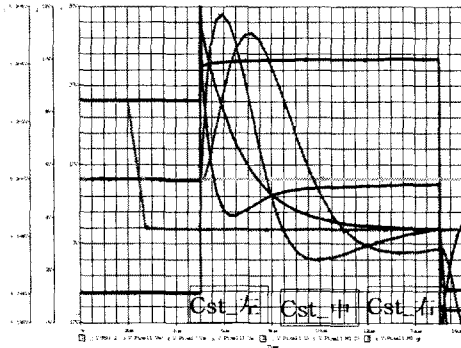


그림4 TN 모드 N-Line 32Gray Cst 왜곡

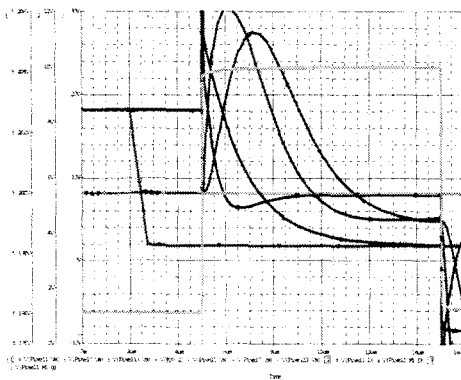


그림 5. Full 32Gray Cst 왜곡

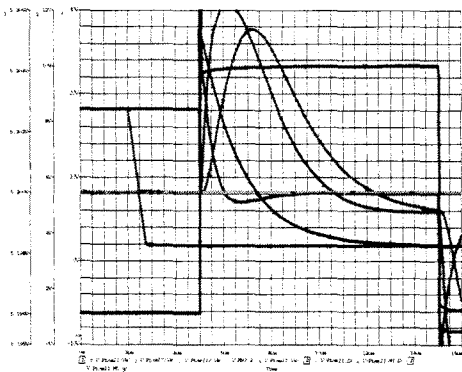


그림 6. PVA 모드 N-Line 32Gray Cst 왜곡

위 그림 4, 5, 6 Cst 왜곡량 비교 결과
TN > Full 32gray > PVA

위 Simulation 결과 Full 32gray를 기준으로 패널 위치별 Clc 와 Cst 의 왜곡량이 동일한 경향을 나타내므로, TN N-라인 32gray Pattern에서 화면이상이 나타나는 원인은 Clc 와 Cst 의 Vcom 왜곡에 의한 것으로 알 수 있다. 위치별 Vcom Clc 왜곡 검토 결과 위치에 관계없이 동일하고, Vcom Cst 왜곡량은 : 좌 << 중 >> 우 경향을 나타내므로, 패널의 좌우 적색 편향, 중앙 녹색 편향의 Factor 가 Vcst 왜곡에 의한 것으로 알 수 있다.

(3)패널 중앙 녹색편향개선을 위한 Cst왜곡 시뮬레이션.



그림 7. Gate 저항 변경 결과

Gate 저항 변경에 따른 결과 (8kΩ → 5k)
좌 < 중 = 우

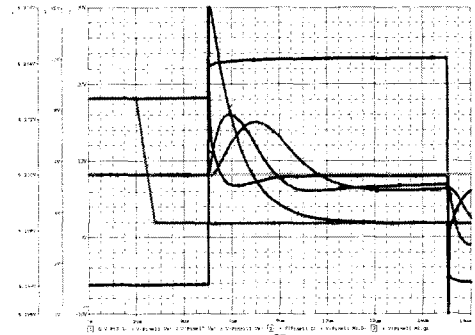


그림 8. Cst 변경 결과

Cst Cap 변경에 따른 결과 (0.4pF → 0.2pF)
좌 = 중 = 우

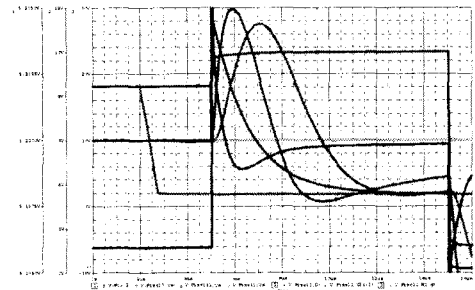


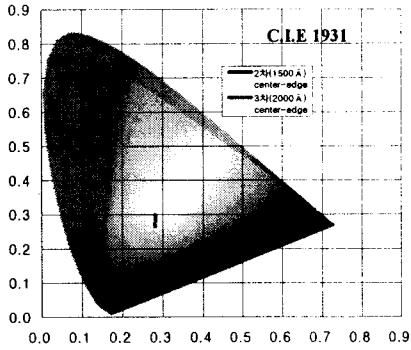
그림 9. Cst 저항 변경 결과

Storage 라인 저항 감소에 따른 결과
좌 < 중 = 우

위 결과로 패널의 위치에 따른 Vcst 왜곡량이 감소되는 것을 확인할 수 있다.

2.3.4 Gate 막 두께에 따른 색 좌표 검증

Gate막두께	Center 색좌표		Edge 색좌표	
	x	y	x	y
pure Al X A	0.2811	0.2998	0.2832	0.2813
pure Al X+1A	0.2798	0.2732	0.2809	0.2640
Gate 막두께	lx	ly	lx2+ly2	(lx2+ly2)1/2
pure Al X A	0.0021	-0.0185	0.000346	0.01862
pure Al X+1A	0.0011	-0.0092	0.000085	0.00927



Gate 막 두께가 증가함에 따라 Vcst 왜곡량이 작아지고, Center부와 Edge부간 색차표 차이가 감소한다.

3. 결 론

Simulation 결과 패널 중앙에 나타나는 녹색편향은 패널 위치에 따른 Cst Vcom 왜곡량 變에 의해서 위치별 그린 RMS Pixel 전압 감소에 의해서 발생하는 원리로 분석 되었다. 그리고, 좌우 적색편향은 레드, 블루 의 일정한 Clc Vcom 왜곡량 조건에서 좌우 Cst 왜곡량이 중앙보다 작기 때문에 Pixel RMS Pixel 전압 증가분, 좌우 녹색 Pixel의 RMS Pixel 전압 감소분 보다 상대적으로 높기 때문에 나타난다. 패널의 위치별 Cst 왜곡량이 달라지는 것은 패널 좌우에서 인가되는 직류 전압이 패널 중앙부까지 충분히 공급되지 못하므로 발생하는 것이다. 이를 개선하기 위해서 Gate저항 과 Cst , Storage 라인 저항을 변경하여 Simulation 한 결과 Cst Cap 값을 줄이는 것이 패널의 위치별 Cst Vcom 왜곡량의 變을 줄이는 것으로 나타났다. 그러나, IFrame을 유지하기 위해서는 Cst 용량을 계속 줄일 수 없기 때문에, Cst 용량을 감소시키는 것 보다, Gate 두께와 Storage 라인의 두께를 증가시켜, 패널의 위치별 Cst Vcom 왜곡량의 變을 줄이는 것이 좌우 적색편향, 중앙 녹색편향을 줄이는데 효과적이다.

[참 고 문 헌]

- [1] KAGAN, ANDRY "THIN-FILM TRANSISTORS"
- [2] 이종덕 외, "디스플레이 공학 I,II", 청범 출판사