

두 개의 트랜지스터로 구동되는 In-Plane Switching (IPS) 액정 디스플레이

정준호, 박지웅, 김민수, 하경수, 이승희
전북대학교 고분자·나노 공학과

In-Plane Switching Liquid Crystal Display using Two Transistors

Jun Ho Jung, Ji Woong Park, Min Su Kim, Kyung Su Ha, and Seung Hee Lee,
Department of Polymer, Nano Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract : We have proposed a high performance liquid crystal display using two thin film transistors (TFTs) for the large size TFT-LCD desirably 42inch WXGA panel for TVs. The device generates stronger electric fields to reorient liquid crystals than that in the conventional IPS device because the voltages with opposite polarity with respect to the common electrode are applied to each finger-type electrode. As a result, the operation voltage of 2Tr-IPS mode can be decreased and the transmittance can be increased compared to conventional IPS device. Consequently, the 2Tr-IPS has all the advantages over conventional IPS from large size point of view

Key Words : in-plane switching, operational voltage, liquid crystal display, two TFTs

1. 서 론

최근 액정 디스플레이의 주요 적용 분야를 살펴보면, 크게 휴대용 전화기, 컴퓨터 모니터, TV 모니터로 나눌 수 있다. 그 중 TV 모니터를 살펴보면, 초창기 액정 디스플레이 TV모니터는 광시야각 기술이 아닌 twisted nematic (TN) 모드[1,2]가 사용되어 17인치 이하의 사이즈에 한정되었다. 하지만 TN 모드는 좁은 시야각 특성, 특정 방향에서의 개조반전, 낮은 명암대비율의 문제점을 가지고 있어서 LCD TV로의 응용에는 한계를 드러내었다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 시야각 특성이 뛰어난 in-plane switching (IPS) 모드[3,4], fringe field switching (FFS) 모드[5,6], multidomain vertical alignment (MVA) 모드[7] 등 다양한 액정 모드가 제안되었다. 특히 IPS 모드는 수평계열의 액정 모드로 액정 분자를 수평 방향으로 회전시켜 구동시키는 대표적인 방법이다. 하지만 IPS 모드는 화소 전극위의 액정은 거의 회전하지 않아 화소전극 위의 투과율이 매우 낮다는 것이 고질적인 문제점과 상대적으로 높은 구동전압 때문에 빛의 투과가 발생하는 전극과 전극 사이의 간격 (l)을 넓혀 준다 하더라도 구동전압이 올라가게 되고 이로 인해서 동화상 구현에 있어서 이미지 번짐 현상을 줄이기 위해 빠른 응답속도의 120Hz구동 방식의 대면적 TV에 사용되었을 경우 소비전력을 높이게 될 뿐만 아니라 패널에 열이 발생하여 패널에 많은 결함을 발생시킨다.

본 논문에서는 기존의 IPS 모드와 같이 광시야각을 유지하면서도 높은 투과특성과 낮은 구동전압을 특징으로 갖고 특히 대면적 LCD TV에 유리한 새로운 구동 방식의 IPS모드를 제안하였다.

2. 셀 구조 및 시뮬레이션 조건

그림 1은 기존의 IPS 모드와 2Tr-IPS 모드의 하부 기판의

단면도와 전기 신호 인가 방식의 개략도로 기존의 IPS 모드와 제안된 2Tr-IPS 모드의 구동 방식을 비교 설명하고 있다.

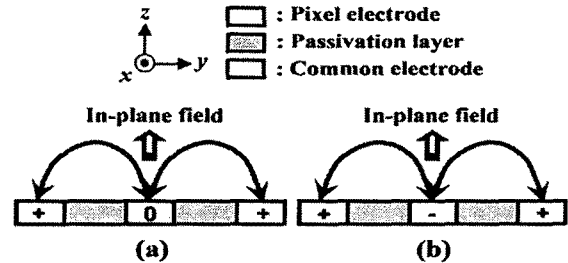


그림 1. 하부 기판의 개략도 및 구동 방식; (a) conventional IPS, (b) 2Tr-IPS

기존의 IPS 모드는 공통전극과 화소전극 사이의 상호작용으로 전기장을 형성하는 반면, 2Tr-IPS 모드는 두 개의 트랜지스터를 이용하여 두 개의 화소전극의 상호작용으로 전기장을 형성시킨다. 즉, 구동전압이 5V라고 가정 할 때, dot inversion 방식으로 구동되는 1st 화소전극에는 첫 번째 프레임 (두 번째 프레임)에 각각 +2.5V (-2.5V)의 전압이 인가되고 2nd 화소전극에는 -2.5V (+2.5V)의 전압이 인가되어 결론적으로 drive IC에는 2.5V를 필요로 하게 된다.

2Tr-IPS 모드의 실제 큰 사이즈 TV 모니터에 대한 응용성을 알아보기 위해서 42인치 WXGA급 패널을 타겟으로 즉, 단위 화소의 x축을 230 μ m두고 기존 IPS 모드와 2Tr-IPS 모드의 전기 광학 특성을 확인하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

본 논문의 컴퓨터 시뮬레이션은 LCD Master(Japan, Shintech)에 의해서 행해졌으며, 계산 방법은 2 \times 2 Jones matrix[8] 방식을 사용하였다. 이 때 사용되어진 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다

표 1. 컴퓨터 시뮬레이션의 조건

Electrode width (μm)	5	
Electrode distance (μm)	10	
x direction of unit pixel (μm)	230	
Cell gap (μm)	4	
Pretilt angle ($^\circ$)	2	
Rubbing angle ($^\circ$)	80	
Rotational viscosity (mPa·s)	80	
LC	K11 (pN)	9.7
	K22 (pN)	5.2
	K33 (pN)	13.3
	Δn	0.08
	$\Delta \epsilon$	8.2

그림 2는 기존 IPS 모드와 2Tr-IPS 모드의 인가 전압에 대한 투과율 곡선이다. 기존의 IPS 모드에서 계산된 최대 투과율은 5V의 구동전압에서 0.706인 반면 2Tr-IPS 모드는 투과율은 기존 IPS 모드와 동일 하지만, 구동전압이 2.5V 임을 알 수 있다. 결론적으로 2Tr-IPS 모드의 구동전압은 기존 IPS 모드에 비해 1/2의 구동전압을 갖는다.

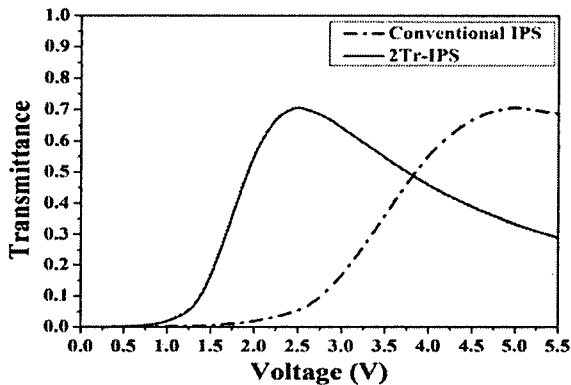


그림 2. 각 모드의 전압인가에 대한 투과율 곡선

따라서 2Tr-IPS 모드는 구동전압이 낮기 때문에 기존의 IPS 모드에 비해 1/2영역을 넓힐 수 있고 이로써 대면적 TV에서 개구율이 기존 IPS 모드에 비해 뛰어나다. 이를 증명하기 위해서 그림 3과 같이 42인치 WXGA급 패널에서 2Tr-IPS를 이용한 단위 화소를 디자인 하였다. 1/2영역은 기존의 IPS 모드의 두 배인 $20\mu\text{m}$ 로 넓혀서 시뮬레이션을 수행하였다.

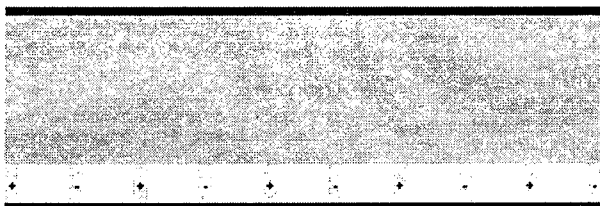


그림3. 2Tr-IPS의 42인치 WXGA급 패널의 단위 화소

그림 4는 1/2영역을 $20\mu\text{m}$ 로 단위 셀을 디자인 했을 때의 2Tr-IPS 모드의 전압인가에 대한 투과율 곡선이다.

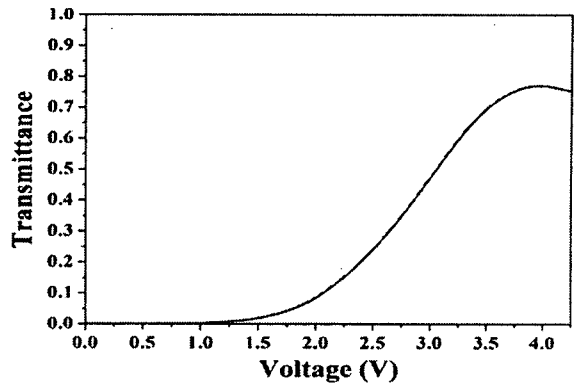


그림4. 2Tr-IPS 방식의 단위 화소 내에서의 구동전압에 따른 투과율 곡선

42인치 WXGA급 TV에 맞게 1/2영역이 디자인된 2Tr-IPS는 기존의 IPS모드에 비해서 투과율은 약 10% 상승한 0.771임에도 불구하고 구동전압은 3.95V로 구동전압이 5V인 기존의 IPS 방식에 비하여 약 20% 이상의 구동전압의 절감 효과를 가져온다. 즉, 최근의 LCD TV 동향에 맞는 구동전압을 낮추고 투과율이 좋은 액정 모드로 대형 TV 시장에서의 효과를 기대 할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

본 연구는 두 개의 트랜지스터를 이용하여 기존의 IPS 모드의 광시야각을 유지하면서 구동전압을 낮추고 투과율을 상승시켜 대면적 TV에서 뛰어난 전기 광학 특성을 갖는 IPS 모드에 대해 연구 하였다. 본 연구를 통해 120Hz 구동의 TV시장이 활성화 되면서 높은 구동전압으로 인한 발열 문제를 해결 할 수 있게 되었다.

감사의 글

본 연구는 삼성전자 LCD의 지원에 의해 수행되었음.

참고 문헌

- [1] S. H. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, H. Y. Kim, and J. Y. Lee, J. Soc. Inf. Disp. 9, 155 (2001)
- [2] S. H. Lee, H. Y. Kim, S. M. Lee, S. H. Hong, J. M. Kim, J. W. Koh, J. Y. Lee, and H. S. Park, J. Soc. Inf. Disp. 10, 117 (2002)
- [3] M. Oh-E and K. Kondo, Appl. Phys. Lett. 67, 3895 (1995)
- [4] H. Hong, H. Shin, and I. Chung, J. Disp. Technol. 3, 361 (2007)
- [5] S. H. Lee, S. L. Lee, H. T. Kim, and H. Y. Kim, Appl. Phys. Lett. 73, 2881 (1998)
- [6] S. H. Lee, S. L. Lee, H. Y. Kim, and T. Y. Eom, Dis Int Symp. Digest Tech. Papers 30, 202 (1999)
- [7] N. Koma, T. Baba, and K. Matsuoka, Soc. Inf. Disp. 9, 117 (2001)
- [8] A. Lien, Appl. Phys. Lett. 57, 2767 (1990)