

VA-LCD의 측면전장효과에 관한 연구

A Study on the Lateral Field Effect of VA-LCDs

임철재^{1,a}
(Cheol-Jae Lim^{1,a})

Abstract

We analyzed the lowering of transmittance due to lateral field effect in the edge of pixel. We studied the method to solve the problem of VA-LCD. It occurred director distortion and transmittance lowering by strong lateral field in the edge of pixel. For analyzing the director distortion and improving the transmittance lowering, we applied the edge pattern to PVA-LCD of cross pattern. As a results, transmittance in the new VA modes were higher than that of conventional VA modes.

Key Words : Vertically aligned LCD(VA-LCD), Lateral field effect

1. 서론

디스플레이는 인간과 기계의 인터페이스로써, 인류의 문화적 발전에 상당한 공헌을 하고 있다. 과거 약 100년간은 CRT(Cathode ray tube)디스플레이가 주류였지만, 최근에는 경량, 박형의 특성을 만족하며 저전압, 저전력구동이 가능할 뿐만 아니라 해상도, 명암대비비, 색재현성, 시야각등에서 CRT에 필적하는 표시물질인 지닌 박막트랜지스터 액정표시소자(TFT-LCD: Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)가 그 자리를 빠르게 대체하고 있다.

TFT-LCD의 다양한 모드들 중에서 VA-LCD(Patterned Vertically aligned LCD)는 고명암대비를 가지는 장점이 있어 현재 연구가 활발히 진행되고 있다. VA-LCD는 러빙(Rubbing)공정을 하지 않는 장점이 있으나, 액정 분자의 초기 경사각이 없어 응답속도 및 액정 화소의 각 도메인의 크기가 불규칙적인 단점을 가지고 있다[1]. 이런 문제점을 해결하기 위해서는 도메인을 형성시켜야 하는데 도메인을 형성시키는 방법은 자외선 처리

를 통한 경사각을 주는 방법[2], 삼각돌기를 이용하는 방법[3,4], 유전체를 삽입하는 방법[5-8], 전극 패턴을 이용하는 방법[9-12]등이 있다. 현재는 이러한 많은 방법들 중에서 상·하판의 전극에 패턴을 주는 간단한 공정으로 다중 도메인을 형성할 수 있으며 우수한 투과율을 가지는 PVA-LCD(Patterned vertically aligned LCD)가 널리 쓰이고 있다. PVA-LCD는 간단한 공정만으로 다중 도메인을 형성할 수 있고, 고명암대비를 가지는 훌륭한 특성을 가지고 있지만, 화소패턴에서의 측면전장효과에 의해서 화소의 모서리 부분에서 방향자의 왜곡이 발생하고 또한 투과율의 저하가 일어나는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 화소의 모서리 부분에서 일어나는 방향자의 왜곡과 투과율의 저하의 원인인 측면전장효과에 대하여 분석하였으며, 분석한 결과를 토대로 측면전장효과를 억제시킬 수 있는 방안을 연구하였고 3차원 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다.

2. 본론

2.1 측면전장효과(Lateral field effect)

VA-LCD의 화소모서리에서는 측면전장효과 때문에 방향자의 왜곡이 발생하며 방향자가 왜곡되는 부분에서 제어가 불가능한 투과율 저하가 일어난다.

1. 인하대학교 전자공학과
(인천시 남구 용현4동 253)
a. Corresponding Author : blackicj@hotmail.com
접수일자 : 2007. 12. 4
1차 심사 : 2008. 1. 27
심사완료 : 2008. 2. 25

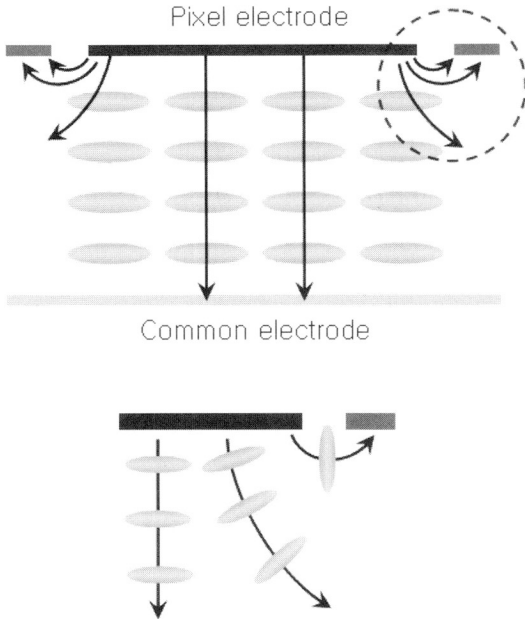


그림 1. 측면전장효과.
Fig. 1. Lateral field effect.

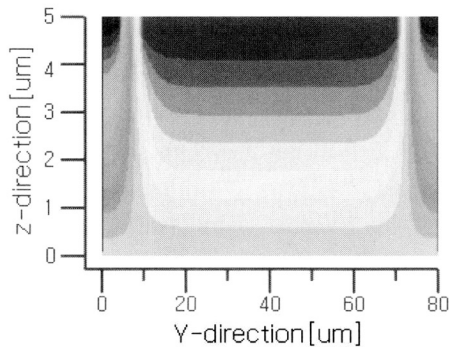


그림 2. TN-LCD의 전위분포도.
Fig. 2. Potential distribution of TN-LCD.

이상적인 경우의 패널이라면 전계가 패널에 수직하게 걸리고 액정셀내의 모든 액정은 패널과 나란한 방향으로 누워야 한다. 하지만 그림 1에서 볼 수 있듯이 화소모서리 부분에서 전계가 하판의 공통전극이 아닌 데이터라인이나 게이트라인에 걸리게 되어 액정분자가 패널에 수직하게 서게 되는 현상을 측면전장효과라고 부른다. 음의 유전율 액정을 사용하는 VA-LCD는 액정이 패널과 평행한 방향으로 누워야 빛이 투과되지만 이렇게 액정분

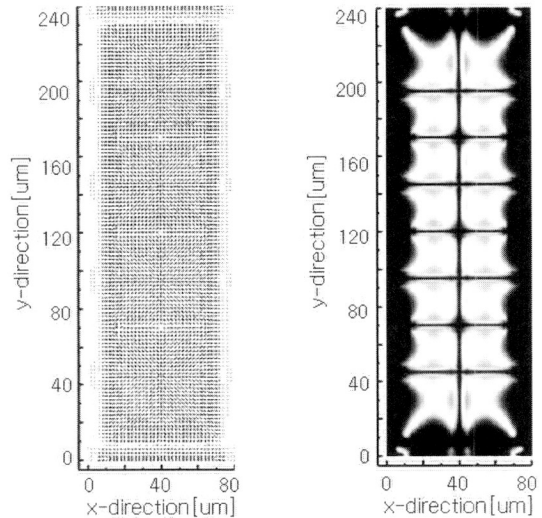


그림 3. PVA-LCD의 방향자분포 및 투과율.
Fig. 3. Director distribution and transmittance of PVA-LCD.

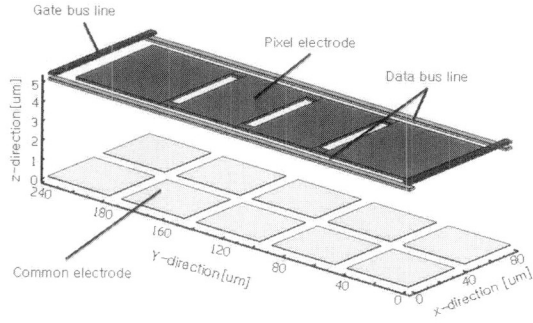
자가 패널에 수직하게 서게 되면 패널의 스위치-온 상태에서 화소 모서리 부분에서 빛이 통과하지 못하기 때문에 투과율은 낮아지게 된다. 측면전장 효과는 그림 2의 TN-LCD의 전위 분포도에서도 확인 할 수 있다.

그림 3은 십자패턴 PVA-LCD의 방향자 분포와 투과율에 대한 그림이다. 모서리 부분의 부분에서 방향자가 패널에 수직하게 서있음을 확인할 수 있으며 방향자가 서있는 부분의 투과율이 저하됨을 알 수 있다.

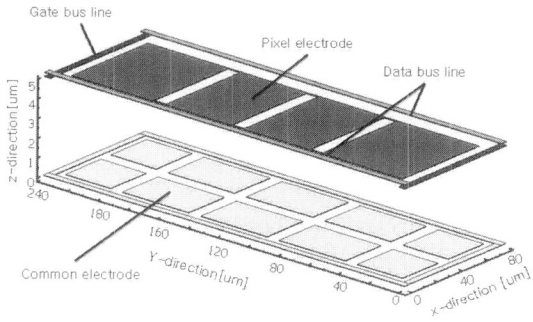
2.2 측면전장효과의 해결방안

모서리 부분에서의 투과율을 향상시키기 위해서는 모서리 부분의 방향자가 패널에 수직하게 배열되는 현상을 막아야 하며 따라서 앞 절에서와 같은 측면전장 효과를 없애야 한다. 하지만 데이터라인과 게이트라인에 의한 측면전장효과를 없애기는 불가능한 일이며 따라서 없애기 보다는 효과적으로 억제시킬 수 있는 방법을 선택해야 한다.

측면전장효과를 효과적으로 억제시키고 모서리 부분의 투과율을 향상시키기 위하여 본 논문에서는 공통전극에 edge패턴을 적용시켰다. 그림 4(a)는 기존의 십자패턴 PVA-LCD의 전극구조이고 그림 4(b)는 edge패턴을 적용한 새로운 십자패턴 PVA-LCD의 전극 구조이다.



(a) 기존의 십자패턴 PVA-LCD



(b) 새로운 십자패턴 PVA-LCD

그림 4. 십자패턴 PVA-LCD의 전극구조.

- (a) 기존의 십자패턴 PVA-LCD
- (b) 새로운 십자패턴 PVA-LCD

Fig. 4. Electrode structure of PVA-LCD with cross pattern.

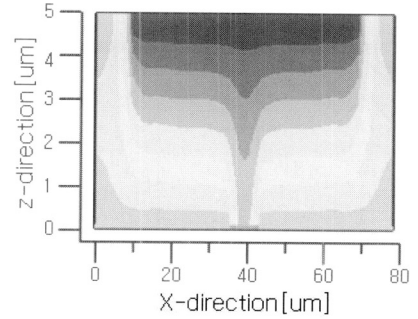
- (a) Conventional PVA-LCD with cross pattern
- (b) Novel PVA-LCD with cross pattern

그림 4(b)와 같이 edge패턴을 적용할 경우 화소 전극에서 공통전극이 아닌 데이터라인이나 게이트 라인으로 걸리던 모서리부분의 전계가 다소 약해짐으로써 측면전장효과를 억제할 수 있으며 이렇게 약해진 측면전장효과는 그림 5(a)과 그림 5(b)에서 확인할 수 있다.

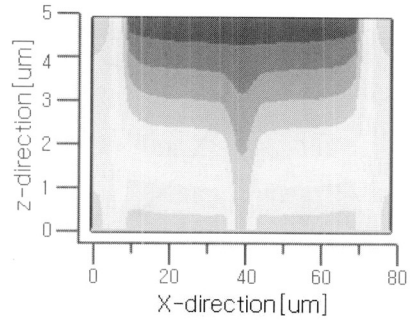
3. 결론

3.1 시뮬레이션의 계획 및 수행

Edge패턴을 적용하게 되면 셀 모서리에서 내부의 전계분포가 바뀌고 그에 따라 분자배열이 바뀌게 된다. 따라서 edge패턴의 위치와 크기가 중요한



(a) 기존 PVA-LCD의 전계분포



(b) 새로운 PVA-LCD의 전계분포

그림 5. 측면전장효과의 억제.

- (a) 기존의 PVA-LCD의 전계분포
- (b) 새로운 PVA-LCD의 전계분포

Fig. 5. Restraint of lateral field effect.

- (a) Potential distribution of Conventional PVA-LCD
- (b) Potential distribution of novel PVA-LCD

인자가 되며 그렇기 때문에 edge패턴을 적용함에 있어 그림 6에서 표시된 패턴의 크기와 위치를 반드시 고려하여 시뮬레이션을 수행하여 투과율이 최적화되는 조건을 찾아내야 한다. 패턴의 크기는 1 μm부터 5 μm까지 1 μm 단위로 시뮬레이션 계획하였으며 모서리 부분에 남아있는 공통전극의 크기는 4 μm, 6 μm, 8 μm, 10 μm로 4수준에 대하여 총 20번의 시뮬레이션을 표 1과 같이 계획하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

표 1과 같이 시뮬레이션 계획을 세운 후 시뮬레이션을 적용한 결과 표 2와 같이 시뮬레이션 결과와 나왔다. 시뮬레이션의 결과 모서리부분 공통전

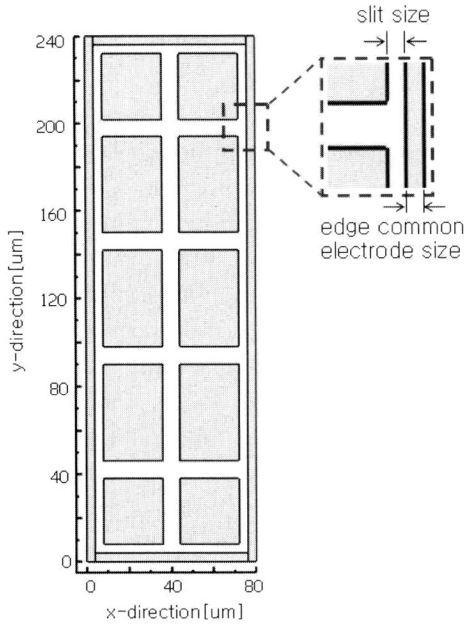


그림 6. 측면전장효과.
Fig. 6. Lateral field effect.

표 1. 시뮬레이션 계획.

Table 1. Plan of simulation.

공통 전극의 크기	1	2	3	4	5
edge패턴의 크기	4	4	4	4	4
	6	6	6	6	6
	8	8	8	8	8
	10	10	10	10	10

[단위: μm]

극의 크기가 2 μm 그리고 edge패턴의 크기가 8 μm 일 때 최대 투과율을 보였다. 모서리부분에서의 투과율의 향상은 그림 7에서 확인 할 수 있다. 왼쪽의 그림은 기존의 십자패턴 PVA-LCD의 25 ms에서의 수직 투과율 그림이고 그림 7의 오른쪽 그림은 새로운 전극 구조의 PVA-LCD의 25 ms에서의 수직 투과율 그림이다.

왼쪽 그림에서는 모서리 부분의 측면전장효과에 의해서 투과율이 현저하게 저하됨을 알 수 있다. 하지만 모서리 부분의 측면전장효과를 억제하는

표 2. 시뮬레이션 결과.

Table 2. Result of simulation.

	1 μm	2 μm	3 μm	4 μm	5 μm
4 μm	0.3347	0.3350	0.3354	0.3366	0.3404
6 μm	0.3368	0.3392	0.3473	0.3619	0.3599
8 μm	0.3538	0.3642	0.3493	0.3270	0.3051
10 μm	0.3387	0.3129	0.2922	0.2742	0.2575

기존의 십자패턴 PVA-LCD의 최대 투과율
0.3346

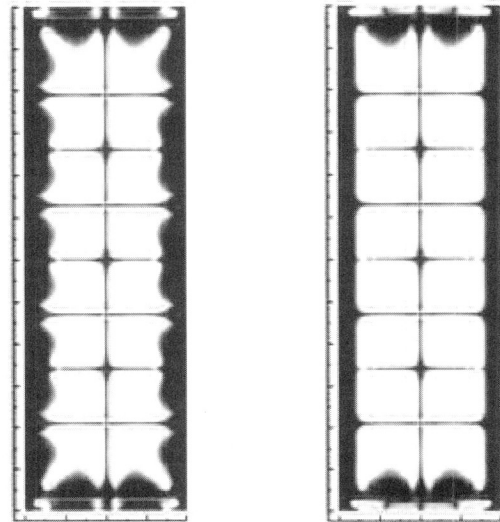


그림 7. 기존의 PVA-LCD의 투과율과 새로운 PVA-LCD의 투과율 비교.

Fig. 7. Comparison transmittance of conventional PVA-LCD with novel PVA-LCD.

새로운 전극 구조의 PVA-LCD에서는 기존의 PVA-LCD에 비해서 모서리 부분의 투과율이 많이 향상되었음을 확인 할 수 있었다. 새로운 전극 구조에서의 최대 투과율은 0.3642로써 기존의 PVA-LCD의 최대 투과율인 0.3346에 비하여 약 8.8 %의 투과율이 향상되었음을 표 2에서 확인 할 수 있다.

본 논문에서는 십자패턴 PVA-LCD에 새로운 전극 구조를 적용함으로써 측면전장효과를 효과적으로 억제하고 모서리 부분에서의 투과율을 8.8 % 향상 시켰다. 하지만 현재 PVA-LCD는 십자패턴을 비롯한 매우 다양한 패턴들이 쓰이고 있으므로 각각의 패턴의 특성에 맞게 edge패턴을 적용하고 또한 edge패턴의 크기와 위치를 인자로 변화시키면서 시뮬레이션을 진행하여 최적화를 시켜야 할 것이다.

감사의 글

본 연구를 지원해 주신 인하대학교에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] S. Zhang, M. Lu, and K. H. Yang, "Direct Observation of Disclination Evolution in Vertically Aligned Liquid Crystal Light Valves", SID'00 Digest, p. 898, 2000.
- [2] H. Yoshida, Y. Tasaka, H. Chida, Y. Koike, and K. Okamoto, "Dual-domain Vertically Aligned TFT-LCD Developed by Irradiation with Unpolarized UV Light from a Tube-type Light Source", SID'02 Digest, p. 758, 2002.
- [3] Y. Tanaka, Y. Taniguchi, T. Sasaki, A. Takeda, Y. Koibe, and K. Okamoto, "A New Design to Improve Performance and Simplify the Manufacturing Process of High-quality MVA TFT-LCD Panels", SID'99 Digest, p. 206, 1999.
- [4] Y. Taniguchi, H. Inoue, M. Sawasaki, Y. Tanaka, T. Hasegawa, T. Sasaki, Y. Koike, and K. Okamoto, "An Ultra-high-quality MVA-LCD Using a New Multi-layer CF Resin Spacer and Black-matrix", SID'00 Digest, p. 378, 2000.
- [5] V. A. Kononov, A. A. Muravski, C. N. Timofeev, and S. Ye Yakovenko, "Multi-domain Vertically Aligned Mode", SID'98 Digest, p. 1127, 1998.
- [6] A. Lien, R. Nunes, R. A. John, E. Galligan, E. Colgan, and J. Wilson, "Ridge and Fringe-field Multi-domain Homeotropic LCD", SID'98 Digest, p. 1123, 1998.
- [7] V. A. Kononov, A. A. Muravski, C. N. Timofeev, and S. Ye Yakovenko, "Pixel Design and Electro-optic Properties of Multi-domain Vertically Aligned Mode", SID'99 Digest, p. 668, 1999.
- [8] J. E. Anderson, P. J. Bos, C. Cai, and A. Lien, "Three-dimensional Modeling of Ridge-fringe-field LCDs", SID'99 Digest, p. 628, 1999.
- [9] S. Kataoka, A. Takeda, H. Tsuda, Y. Koike, H. Inoue, T. Fujikawa, T. Sasabayashi, and K. Okamoto, "A New MVA-LCD with Jagged Shaped Pixel Electrodes", SID'01 Digest, p. 1066, 2001.
- [10] S. I. Jun, W. Y. Park, I. G. Kim, J. Y. Lee, and J. H. Soul, "Panel Transmittance Analysis of PVA Mode and a Noble Pixel Design", SID'02 Digest, p. 208, 2002.
- [11] Y. M. Tak, D. G. Kim, N. D. Kim, and S. S. Kim, "A Novel Stitching Design for Large-area TFT-LCD TV", SID'03 Digest, p. 240, 2003.
- [12] S. Dickmann, J. Eschler, O. Cossalter, and D. A. Mlynski, "Simulation of LCDs Including Elastic Anisotropy and Inhomogenous Fields", SID'90 Digest, p. 102, 1990.