

대면적의 LCD를 위한 갇혀진 Locked Super Homeotropic (LSH) 액정 디바이스

박상현, 송일섭, 김완철, 오세태, 이승희

Locked Super Homeotropic (LSH) liquid crystal device for large size LCD

(S. H. Park, I. S. Song, W. C. Kim, S. T. Oh, and S. H. L)

Abstract

We have studied a liquid crystal (LC) mode (named locked super homeotropic (LSH)) in which the LCs aligned homeotropically are locked by surrounding walls such as cubic, hexagonal and cylinder. In the device, the vertically aligned LCs tilt down symmetrically around the center of the cell when a voltage is applied and thus it exhibits wide viewing angle. The structure of this LSH mode is suitable for large-sized display panels. since the LCs are locked in micro domains the LCs do not flow to the bottom of the panel by gravity. This mode is applicable to achieve high performance TFT-LCD TV because of high performance characteristics such as high contrast, high brightness, wide-viewing angle.

Key Words : polymer wall, Twisted nematic, Transmittance, Viewing angle, Electro-optic characteristics.

1. 서 론

최근 액정 디스플레이 (LCD)시장의 추세는 모니터나 셀룰러 폰에서 요구하는 종래의 경량화, 소형화 패널에서 대면적의 패널을 요하는 TFT-LCD TV 쪽으로 그 경향이 이동하고 있으며, TFT-LCD TV가 cathode-ray tube (CRT) TV를 대체하기 위해서 많은 투자와 연구가 진행 중이다. 하지만 LCD의 고유한 특성으로 인하여 과거의 소형 패널에서는 발생되지 않던 많은 기술상의 문제점들이 대면적의 패널 공정에서 드러나고 있고, LCD의 본질적인 문제점인 좁은 시야각이나 느린 응답속도 또 낮은 contrast ratio(CR)은 대면적의 패널에서는 그 특성의 개선이 더 강하게 요구되고 있다. 개인이 사용하는 셀룰러폰이나 모니터는 정면에서 사용빈도가 높으나 LCD TV는 다수가 사용하고 사용 환경 또한 광범위하기 때문에 시야각 특성이 전 방향에서 170도 이상이어야 한다. LCD TV 패널의 응답속도 또한 대면적의 패널에서 움직이는 영상을 완벽하게 표현하기 위해서는 15ms 이하가 필수적이다. 종래에 일반적으로 사용되던 twisted nematic (TN)[1,2] 모드는 광효율이 우수하며 전력 소비가 적고 공정 마

진이 넓은 장점이 있어 최근 소형 TFT-LCD패널에 많이 적용되고 있다. 하지만 TN은 좁은 시야각 특성을 가지고 있고, 중간 계조에서의 색 끌림(color shift), 계조 반전의 문제점 때문에 최근 17인치 이상의 LCD패널에는 적용되기 어렵다. 이러한 TN모드의 문제점을 극복하기 위하여 in-plane switching (IPS)[3,4], fringe field switching (FFS)[5,6], multi-domain vertical alignment (MVA)[7], axially symmetric aligned microcell (ASM)[8], advanced-super-view (ASV)[9,10]모드 등이 연구, 개발 되어졌다. 하지만 언급되어진 위의 모드들을 대면적에서 이용할 경우 가장 일반적인 문제점으로 중력 무라의 문제점을 들 수 있다. 이것은 중력에 기인한 것으로 패널 상부와 하부의 액정 층이 받는 압력 차이에 의해 대면적의 패널에서 액정이 패널의 아래쪽으로 흘러내리는 현상을 말한다. 위에서 설명한 것과 같이 대면적의 LCD는 여러 요인들을 고려해야하며, 또한 상위에서 언급한 여러 문제점들을 개선해야만 한다. 그 중 ASM, ASV모드는 소량의 고분자도노머를 섞은 액정을 주입하고, 마스크 패턴을 하여 UV를 쬐어 줌으로써 폴리머 벽을 형성한다. 그러면 이 폴리머 벽 안의 액정은 사방으로 누

우면서 넓은 시야각 특성을 보이고, 대칭적이고 안정하게 구동한다. 또한 픽셀 단위의 폴리머 벽안에 액정이 존재함으로써 중력 무라의 문제점을 극복할 수 있다. 하지만, ASM, ASV모드는 상, 하판 합착 후 고분자 모노머가 섞여 있는 액정을 주입하고, UV를 조사하여 액정과 고분자 모노머의 상분리를 이용하여 고분자 벽을 형성시키기 때문에 경화되어진 고분자 벽안에 액정이 잔류할 수 있고, 패턴 자체가 일정하지 않을 수 있다. 또한 상, 하판 사이에 존재하는 화소 전극, 컬러 필터, 블랙 매트릭스에 직접적으로 에너지가 큰 UV를 조사하게 되는 것이다. 이와 같은 문제점들은 볼티지 홀딩 레이시오 (VHR) 저하의 문제와 여러 가지 무라(mura)를 발생시킬 수 있다.

본 논문에서 우리는 액정을 주입하기 전에 하부 기판에 폴리머 벽을 미리 형성하고, 그 후 액정을 one drop filling (ODF) 방법으로 주입한 후, 패널을 제조하는 LSH모드를 제안한다. 이 LSH 모드는 ASM, ASV모드의 단점을 개선하고, 대면적의 패널에서 야기되었던 문제점 또한 극복하며 대면적의 TFT-LCD TV에 적용하기에 적당한 모드이다.

2. LSH 모드의 셀 구조 및 제작

그림 1은 폴리머 벽의 공정 과정을 보여준다. 먼저 하판의 유리기판 위에 Negative PR (AZCTP-100)을 셀웹(d)의 크기만큼 코팅한 후 마스크를 이용하여 폴리머 벽을 세우고자 하는 위치에 UV를 조사한다. 여기서 마스크 패턴의 모양에 따라 폴리머 벽은 원형, 정사각형, 정육각형의 여러 형태를 가질 수 있다.

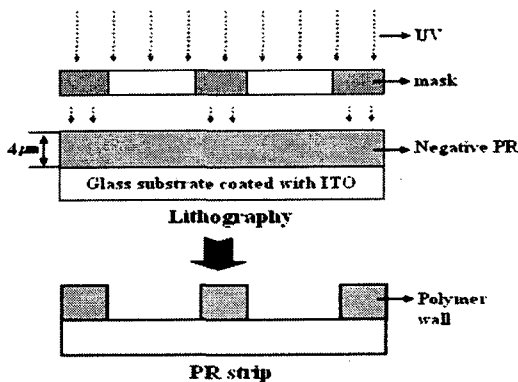


그림 1. UV에 의해 폴리머 벽을 형성시키기 위한 photo resist process 공정.
Fig 1. photo resist process for polymer wall by UV light.

UV를 조사한 후 폴리머 벽을 제외한 곳은 developer (JSRPD523)로 에칭하여 액정이 들어갈 폴리머 벽을 일정하게 형성시킨다.

그림 2는 PR방법을 이용하여 제작한 셀 구조의 도식도이다. ITO가 코팅 되어진 하부 유리기판 위에 폴리머 벽은 3.1 μ m 높이로 형성되어져 있으며 초기 액정이 수직 배향되도록 수직 배향막을 코팅 해주었다. 폴리머 벽 안의 액정은 ODF 방법에 의해 채워진다. 여기서 액정은 550nm에서 굴절률(Δn)이 0.11인 유전율 이방성이 음인 액정을 사용하였고, 셀의 위상 지연 값($d\Delta n$)은 0.34 μ m이다. 각 유리 기판의 뒷면에는 빛을 편광시키는 편광판이 각각 위치한다. 각 유리 기판의 뒷면에는 빛을 편광시키는 편광판이 각각 위치한다.

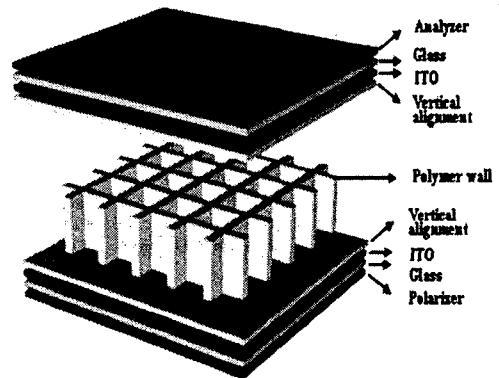


그림 2. LSH 모드의 셀 도식도.
Fig 2. The schematic diagram of LSH mode cell.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 UV에 의해 패턴 되어진 폴리머 벽의 광학 현미경 사진이다. 폴리머 벽의 패턴 모양은 원형 마스크에 의해 원형 모형을 이루며 각각의 폴리머 벽의 사이 거리는 80 μ m, 폴리머 벽의 크기는 15 μ m이다. 기존에 사용되어지던 spacer는 어둠 상태에서 빛샘을 유발시키고, 또 서로 뭉쳐서 도메인을 형성하는 문제점을 야기하는데 이 모드는 폴리머 벽에 의하여 유리 기판 사이의 d를 유지시키기 때문에 spacer를 사용하지 않는다. 또한 기존의 러빙 방법은 셀을 오염시키고, 정전기를 유발하여 TFT에 영향을 줄 수 있다. 하지만 제작한 셀은 폴리머 벽에 의하여 액정의 방향성이 결정되기 때문에 러빙 공정이 필요하지 않다. 전압 무인가시 폴리머 벽 안의 액정은 코팅된 수직 배향막에 의하여 유리 기판에 수직으로 배열된다. 전압 무인가시 폴리머 벽 안의 액정은 코팅된 수직 배향막에 의하여 유리 기판에 수직으로 배

열되어지고 어둠 상태를 보여주며, 전압 인가 시 밝음 상태가 된다.

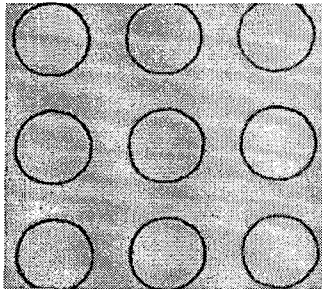


그림 3. UV에 의해 마스크 패턴 되어진 폴리머 벽의 광학 현미경 사진.

Fig 3. The optical microphotograph that polymer walls are patterned by UV irradiation on mask.

그림 4는 서로 교차되어진 편광판에서 셀의 (a)50%, (b) 100% 투과율을 보여주는 광학 현미경 사진이다. 그림 4 (a)는 중간계조에서의 상태를 보여주며, 그림에서 보여주는 것과 같이 각 대각선 방향에서 disclination line이 발생된다. 이것은 교차되어진 편광판의 45°에서 위상 지연 값이 다른 각도의 위상지연 값과 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 또한 셀을 어느 방향으로 돌려도 disclination line은 같은 곳에서 계속 유지되며 이것은 폴리머 벽 안의 액정들이 모두 대칭적으로 배열되어 있다는 것을 설명해준다. 계속해서 전압이 인가되면 그림 4 (b)와 같이 disclination line은 사라진다.

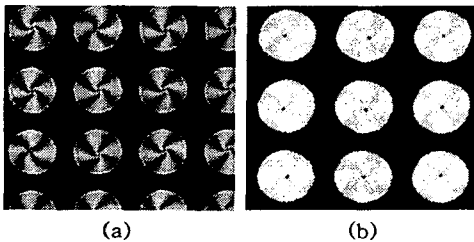


그림 4. 교차되어진 편광판에서의 투과율이 (a) 50% , (b) 100% 인 LSH cell의 광학 현미경 사진.

Fig 4. Optical microphotograph of the LSH cell when transmittance is (a) 50% , (b) 100% in crossed polarizer.

한 픽셀의 액정 층은 폴리머 벽에 의해 간혀 있어

각각의 단위 픽셀에 영향을 주지 않으며 대칭적이고, 안정한 구동을 보여준다.

그림 5는 그림 4의 한 픽셀에서의 액정 방향자를 도시한 것이다. 전압 인가 시 상부 층의 액정과 하부 층의 액정은 도펀트 ($d/p=0.25$)에 의해 TN 모드와 같이 꼬여 있다. 또 폴리머 벽의 중심을 향하여 방위각 전 방향으로 소용돌이치며 넓게 된다. 따라서 이 LSH모드는 자기 보상 효과(self-compensation effect)를 가지며 이에 의해 넓은 시야각 특성을 나타낸다.

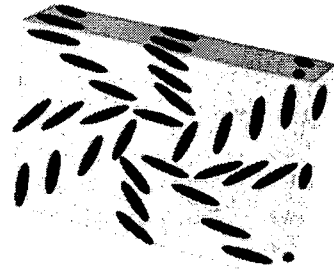


그림 5. LSH 모드의 픽셀의 중간층의 방향자 분포
Fig 5. Mid-director profile of LSH cell in one pixel.

그림 6은 LSH 셀의 전압인가에 따른 광효율을 보여준다. LSH 모드는 TN과 같이 낮은 구동전압과 높은 광효율 특성을 갖는다. 그림 6과 같이 전압이 증가 할수록 광효율이 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 액정 층의 위상지연 값이 최적 위상지연 값보다 작기 때문이다.

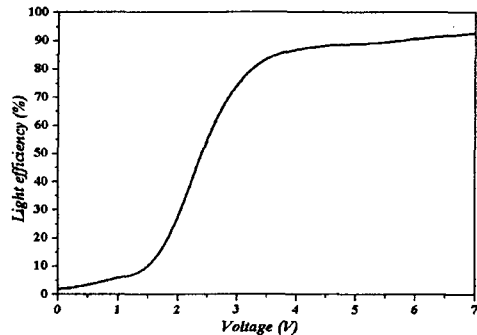


그림 6. LSH 모드의 전압인가에 따른 광효율 곡선.
Fig 6. Measured light efficiency curve dependent voltage of the LSH mode.

4. 결론

본 논문에서 우리는 액정이 폴리머 벽에 의하여 간혀져 초기 수직 배향되어져 있는 LSH 모드에 대하여 연구하였다. 폴리머 벽을 먼저 세우고 액정을 ODF 방법에 의하여 채우기 때문에 기존의 ASM, ASV 모드에서 갖고 있던 문제점을 개선할 수 있고, 폴리머 벽에 의하여 액정은 간혀 있기 때문에 대면적의 LCD 패널에서 야기되는 액정이 흘러내리는 현상인 중력 무라의 문제점을 극복할 수 있다. 또한 기존의 spacer와 러빙 방법을 따르지 않으므로 이로써 발생하는 문제점을 해결하였다. 초기 수직으로 있던 액정은 전압 인가 시, 폴리머 벽에 의해 폴리머 벽의 중심을 향하여 일정하게 대칭적으로 소용돌이치며 놓기 때문에 방위각 전 방향에서의 시야각 특성이 우수하게 된다. 또한 액정이 초기 수직으로 있다다가 bend변형을 하기 때문에 VA 모드와 같은 빠른 응답 속도와 높은 CR값을 나타내게 된다.

결과적으로 이 LSH모드는 높은 CR(Contrast Ratio)과 휘도, 넓은 시야각, 빠른 응답속도를 가지며 미래에 대면적의 TFT-LCD TV에 이용될 수 있는 모드이다.

5. 감사의 글

본 연구는 boe-hydis와의 project에 의해 진행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Schadt, and W. Helfrich, "Voltage-dependent optical activity of twisted nematic liquid crystal", Appl. Phys. Lett., Vol. 18, No. 4, p. 127, 1971.
- [2] H. Yoshida, and J. Kelly, "Light behavior analysis of twisted nematic liquid crystal", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36, p. 2116, 1997.
- [3] M. Oh-E, and K. Kondo, "Quantitative Analysis of Cell Gap Margin for Uniform Optical Properties Using In-Plane Switching of Liquid Crystals", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, p. 6798, 1997.
- [4] K. Kondo, S. Matsuyama, N. Konishi, and H. Kawakami, "Materials and Components Optimization for IPS TFT-LCDs", SID Dig., 389, 1998.
- [5] S. H. Lee, S. L. Lee, and H. Y. Kim, "High-transmittance, wide-viewing-angle liquid crystal display controlled by fringe-field switching", Asia Display'98, p. 371, 1998.
- [6] S. H. Hong, I. C. Park, H. Y. Kim, and S. H. Lee, "Electro-Optic Characteristic of Fringe-Field Switching Mode Depending on Rubbing Direction", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, L527, 2000.
- [7] N. Koma, Y. Baba, and K. Matsuoka, "No-Rub Multi-Domain TFT-LCD Using Surrounding-Electrode Method", SID Dig., p.869, 1995.
- [8] M. Yamada, S.Kozaki, F.Funada, and K.Awane, "Axially Symmetric Aligned Microcell (ASM) Mode: Electro-Optical Characteristics of New Display Mode with Excellence", SID '95 Dig., p.575, 1995.
- [9] Y.Kume, N.Yamada, S.Kozaki, and H.kisishita, "Advanced ASM Mode: Improvement of Display Performance by Using a Negative-Dielectric Liquid Crystal", SID '98 Dig., p.1089, 1998.
- [10] Y.yamada, K. Miyachi, M.Kubo, and S.Mizushima, "Fast Response and Wide-Viewing Angle Technologies for LC-TV Application", IDW '02, 203, 2002.