
수직배향액정셀에서의 광학특성향상을 위한 전극설계

이와룡* · 김경미* · 이기동**

Design of electrodes in the Patterned Vertical Aligned Liquid Crystal Cell for high optical performance

Wa-Ryong Lee* · Kyung-Mi Kim* · Gi-Dong Lee**

이 논문(저서)은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-003-D00433).

요 약

본 논문에서 높은 투과율을 가질 수 있는 PVA (Patterned Vertical Aligned) 액정셀의 전극 구조를 제안하였다. 제안한 전극 구조의 결과를 확인하기 위해서 광학적 특성과 그리고 디렉터 모양의 계산은 'TechWiz LCD'라는 상용 시뮬레이터를 사용하였다. 보통 PVA 액정셀의 투과율은 전극의 모양과 셀갭에 의해 크게 영향을 받는다. 본 논문에서 제안한 전극 구조의 게이트 라인과 데이터 라인 사이의 거리는 기존의 PVA 셀과 같다. 대신 전극의 끝단(edge) 지역에서의 광손실을 줄이기 위하여 상층부 전극과 하층부 전극의 모양을 수정하였다. 결과를 비교하기 위하여 기존의 PVA 액정셀과 제안한 PVA 액정셀의 투과율을 비교하였다. 그 결과, 제안된 구조에 의해서 전극부근에서 발생하는 광학적 손실이 감소되는 것을 확인 할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the electrode of the Patterned Vertical Aligned (PVA) cell [1] for high transmittance. We use the 'TechWiz LCD' for calculation of the director configuration and optical characteristics to ensure the results of the proposed electrode structure. In general, the transmittance of the PVA cell depends on the shape of the electrode and cell gap. In this work, the width of gate line and data line of the improved electrode design is set to be equal to that of the PVA conventional. Instead, we modified the shape of the top and bottom electrode on order to decrease the area of the defect. For verification, we compared the calculated optical transmittance of the PVA cell with the proposed electrode structure to the conventional PVA cell. As a result, we can confirm that the optical loss due to the variation of the retardation the LC cell around electrode can be definitely decreased by the proposed electrode.

키워드

액정, PVA, 투과율, 전극

* 동아대학교 전자공학과 석사과정

접수일자 : 2006. 9. 1

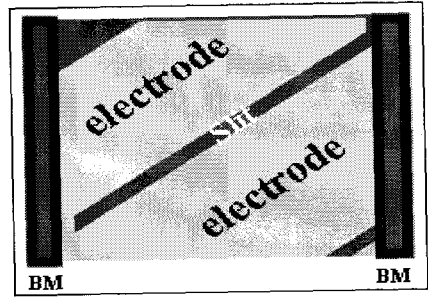
** 교신저자 : 동아대학교 전자공학과 조교수

I. 서론

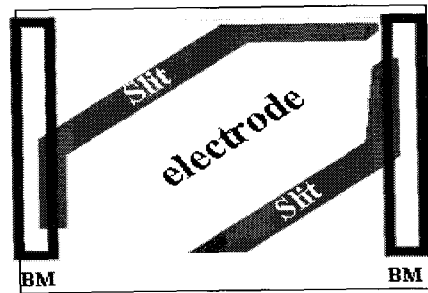
액정 표시 장치에 있어서 TN (twisted nematic) 모드는 높은 투과율을 가지기 때문에 널리 사용되어 왔다. 그러나 TN 모드는 좁은 시야각 특성을 나타내는 단점이 있다. 이러한 좁은 시야각 특성을 개선하기 위하여 PVA (Patterned Vertical Alignment) 모드, S-IPS (Super-In plane switching) 모드 [2,3], MVA (Multi-domain Vertical Alignment) 모드 등이 제안되었다. 이러한 모드들은 두 개 이상의 대칭영역(domain)을 가지기 때문에 시야각에 따른 광학적 보상이 TN 모드에 비해서 우수하므로 뛰어난 시야각 특성을 가지고 있다. 일반적으로 PVA 액정셀에서 좋은 광학적 특성을 보이기 위해서는 활성영역(active area)에서 균일한 액정 디렉터 분포를 보여야 한다. 그러나 전극 끝(edge)부분에서 불균일한 전압분포에 의하여 액정 디렉터 분포가 모든 활성영역에서 원하는 방향으로 균일하게 분포하지 못하여 광학적 손실이 발생하고 결과적으로 투과율이 떨어지는 현상이 있다[4]. 따라서 본 논문에서는 이러한 광학적 손실을 전극 끝(edge)부분을 변화시켜 기존의 구조보다 뛰어난 투과율을 가진 PVA 모드의 전극 구조를 제안하였다. 결과적으로 전극 끝(edge)부분에서의 전극 각도에 따른 변화를 통해 최적화된 전극 모양을 찾을 수 있었으며, 위의 결과를 토대로 제안한 전극 모양으로 인해 광 손실 영역을 감소시켜 뛰어난 투과율을 얻을 수 있다.

II. 기존 PVA 액정셀의 구조 및 특성

그림 1은 일반적인 PVA 모드의 전극 구조이다. 상층부의 전극과 하층부의 전극은 투명 전극인 ITO (indium tin oxide)로 만들어져 있다. 그리고 데이터 라인과 게이트 라인은 불투명 금속으로 되어있다. 데이터 라인과 게이트 라인은 빛을 차단하는 영역이기 때문에 그림 1과 같이 BM (black mask)영역에 의해서 가려진다. 이러한 이유 때문에 본 논문에서는 광 투과율을 계산하는데 있어 BM영역은 제외시켰다.



(a)



(b)

그림 1. PVA 전극 구조 : (a) 상층부 전극 구조 (b) 하층부 전극 구조

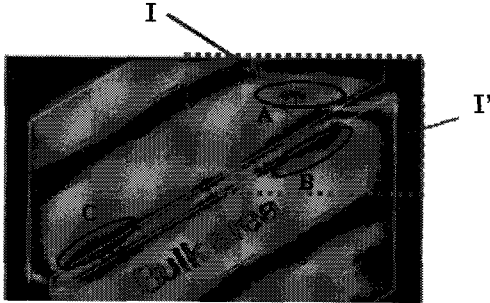
Fig. 1. the PVA electrode structure : (a) Top electrode (b) Bottom electrode

그림 2-(a)는 기존구조에서 광투과율의 시뮬레이션 결과이다. 입력 및 출력편광은 수직상태이며 인가된 전압은 5V로서 일반적으로 밝은 상태를 얻기 위한 충분한 전압이다. 그림 2-(a)에서 볼 수 있듯이 A, B, C 영역에서 광 손실 영역이 나타남을 확인할 수 있다. 이러한 광 손실 영역은 전극의 형태에 의하여 불균일한 전압이 액정 디렉터에 인가되고 이 결과 모든 액정 디렉터가 원하는 방향으로 분포되지 않음으로써 발생하는 현상이다. 일반적으로 수직 배열된 편광판 사이에 배열된 액정 디렉터에 의한 광투과율 T는 다음과 같이 표시될 수 있다.

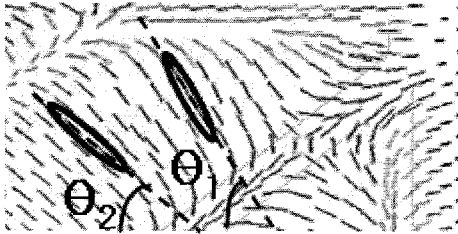
$$T = \frac{1}{2} \sin(2\theta)^2 \sin\left(\frac{\pi \Delta nd}{\lambda}\right)^2 \quad (1)$$

여기서 θ 는 액정 디렉터의 방위각, Δnd 는 액정셀의 위상차값 그리고 λ 는 파장을 나타낸다. 위의 방정식에서 최대 투과율값은 θ 가 45° 일 때 가장 높음을 쉽게 알 수 있다. 따라서 전극 끝단에서 광투과율이 떨어지는 이

유는 액정 디렉터의 방위각 θ 가 45° 에서 벗어남으로 발생하는 현상임을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 2. 기존 PVA 액정셀의 광학특성 및 액정 디렉터 분포; (a) 광학특성 (b)점선영역에서의 액정 분자의 모습

Fig 2. Optical transmittance and director profile of the conventional PVA structure; (a) optical transmittance (b) LC director profile in the bright state in the dotted area

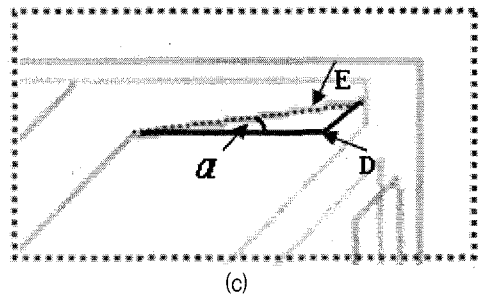
이러한 현상은 광 투과율을 낮게 하고 뛰어난 전기광학 특성을 얻을 수 없다. 그림 2의 (b)는 5V 전압 인가시의 그림 2의 (a)그림에서 표시된 점선영역에서의 액정 디렉터의 분포 상황이다. 그림에서 표시된 선과 타원은 각각의 grid에서의 액정 디렉터의 분포상태를 의미한다. 그림 2(b)에서 볼 수 있듯이 기존 PVA구조에서는 전압 분포의 불균일성에 의하여 A, B 영역에서의 액정 분자 방향이 'Bulk area'에서의 액정 분자의 방향과 다소 차이가 있음을 확인 할 수 있다. θ_1 은 밝은 상태에서의 전극 끝단에서의 전압에 의하여 움직인 액정 디렉터의 방위각을 나타내고 있으며, θ_2 는 bulk 영역의 액정 디렉터가 기울어진 방위각을 나타낸다. 좋은 밝은 상태를 얻기 위해서는 액정 디렉터의 분포 θ_1 이 균일하게 45° 가 되어

야 하지만 계산에서는 약 50° 가 되어 θ_2 와의 차이에 의하여 광효율이 떨어지게 된다.

이러한 광손실을 해결하기 위해서 본 논문에서는 개선된 전극 구조를 제안 하였다. 기존의 PVA 액정셀에서 발생하는 전압분포의 불균일성에 의한 액정 디렉터의 불균일성을 해결하기 위하여 그림 2의 (a)에서 I와 I'부분의 전극 구조를 변화하여 액정 디렉터의 분포를 조사하고 광특성의 변화를 계산하였다.

III. 광학특성 향상을 위한 PVA 액정셀의 전극구조 제안

앞서 말한 바와 같이 균일한 액정 디렉터 분포를 얻기 위하여 전극 끝단의 구조가 액정 디렉터 분포에 미치는 영향을 조사하였다. 일반적으로 광 손실 영역은 전극 I, I'부분에 의해서 많은 영향을 받게 된다. 전극 I, I'에 의해 강한 전계를 받은 영역(점선영역)은 Bulk 영역에서의 액정 분자와는 달리 액정 분자의 방향이 다르게 될 수 있다. 결점 지역의 액정 분자의 분포를 Bulk 영역과 유사한 분포를 가지게 하기위해 그림 3과 같이 기울기를 가진 전극구조로 변경하였다. 그림에서 α 는 끝단에서의 전극의 기울기를 표시한 그림이다. 전극구조에서 기울기 α 는 그림 2의 (b)에서 보이는 바와 같이 전극 끝단부분의 액정 디렉터의 분포에 영향을 미치게 된다. 이러한 영향을 조사하기 위하여 α 에 따른 광투과율을 계산하였다. 그림 3은 전극 끝단의 기울기에 따른 광투과율을 계산한 그림이다.



(c)

그림 3. 제안된 PVA 액정셀의 전극구조
Fig 3. electrode structure of the proposed PVA cell

그림에서 α 가 약 8° 에서 가장 높은 광투과율을 보임을 알 수 있다. 따라서 α 가 약 8° 에서 액정 디렉터 분포가 가장 45° 에 가까움을 알 수 있다. 따라서 전극 끝단의 기울기를 약 8° 로 바꿈으로써 광투과율을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

IV. 시뮬레이션 결과

제한한 구조와 기존 구조의 시뮬레이션을 하기 위해 상용 시뮬레이터인 'TechWiz LCD'를 사용하였다. 이를 통해 액정 분자의 분포에 따른 광 투과율 계산은 '2x2 Jones matrix'로 계산 하였다.

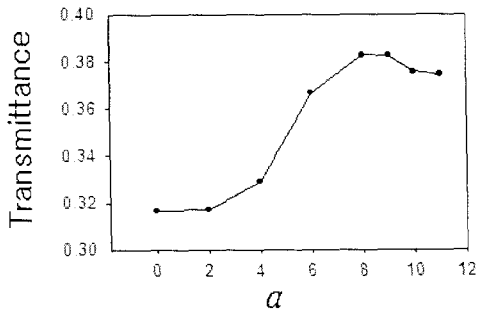
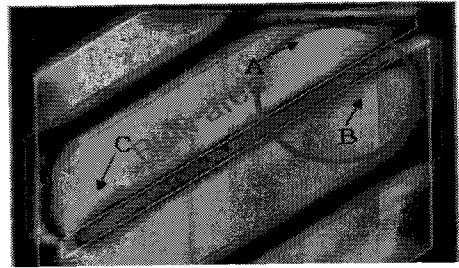


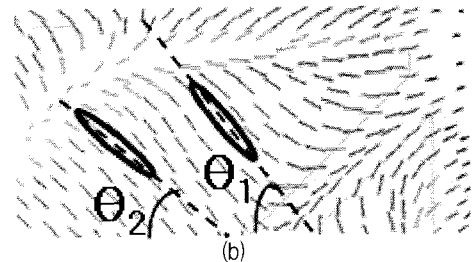
그림 4. 제안한 PVA 구조의 끝 영역에서의 광 투과율 데이터
Fig 4, Transmittance data of the PVA proposed structure on the edge.

앞서 말한 바와 같이 광 투과율이 최대값을 가지기 위해서는 액정 분자의 방향은 45° 이어야 한다. 그림 5는 α 가 8° 일 때 계산한 PVA 액정셀의 광투과율과 액정 디렉터의 분포를 계산한 그림이다. 그림 5의 (a)에서 보듯이 기존의 PVA 액정셀에서 보이는 전극 끝단에서의 투과율의 감소가 제거 되었으며 매우 균일한 광투과율을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과 점선영역을 기준으로 계산한 결과, 기존의 PVA 액정셀에 비교하여 광 투과율이 20% 향상되었음을 확인 할 수 있었다. 그림 5 (b)는 액정 디렉터 분포를 표시한 그림인데 액정 디렉터의 방위각 θ_2 가 약 45° 로써 최대 광투과율을 나타낼 수 있는 각도로 배열되었음을 알 수 있다. 따라서 기존 PVA 액정셀에서의 광학적 손실이 제안한 구조인 그림 3과 같은 전

극구조로 전극 끝단을 최적화함으로써 보상될 수 있음을 알 수 있다. 따라서 제한한 구조에 의해 결국 전극 끝부분에서의 액정 분자 배열은 최대 투과율을 만들며, 위상 변화에 의한 광학적 손실이 감소함을 확인 할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 5. 최적화된 PVA 액정셀의 전극구조에 의한 광투과율 및 액정 디렉터 분포 계산 : (a) 광투과율 (b) 액정 디렉터 분포

Fig 5. Optical transmittance and director profile of the proposed PVA LC cell with optimized electrode; (a) optical transmittance (b) the director profile

V. 결론

본 논문에서는 PVA 모드에서 전극 끝단의 모양을 최적화하여 광 투과율의 개선에 대한 연구를 하였다. 전극 끝단의 형태를 최적화함으로써 끝단에서의 액정 디렉터 분포를 bulk 영역과 같이 균일하게 45° 에 가깝게 배열시킬 수 있었다. 전극 끝단에서의 최적화는 끝단에서의 전극에 기울기를 적용하여 광투과율과의 관계를 조사함으로써 알 수 있었다. 그 결과 전극 끝단의 기울기가 8° 일 때 가장 큰 광투과율을 얻을 수 있음을 알았고, 이

러한 조건이 액정 디렉터의 방위각을 균일하게 45° 로 제어할 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] S. S. Kim, "Super PVA Sets New State-of-the-Art for LCD TV", SID Symposium Digest, p.760, 2004.
- [2] J. O. Kwang, K. C. Shin, J. S. Kim, S. G. Kim and S. S. Kim "Implementation of a New Wide Viewing Angle Mode for TFT-LCD", SID, p.256, 2000.
- [3] M. Oh and K. Kondo, "Electro-optical characteristics and switching behavior of the in plane switching modeA", Appl. Phys. Lett., Vol.67, p.3895, 1995.
- [4] M. S. Kim, S. M. Seen, Y. H. Jung, H. Y. Kim, S. Y. Kim, K. H. Lee, Y. J. Lim and S. H. Lee, "Dynamic Stability of Liquid Crystal Depending on Shape of Pixel Edge in the Fringe Field Switching Mode", Jpn. J. Appl. Phys., Vol.44, p.8082, 2005.

저자소개

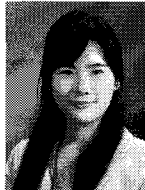
이 와 룡(Wa-Ryong Lee)



2005년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업(공학사)
 2005년~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 석사과정

※관심분야 : Display Devices

김 경 미(Kuyng-Mi Kim)



2006년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업 (공학사)
 2006년~현재 동아대학교 대학 원 전자공학과 석사과정

※관심분야 : Display Devices

이 기 동(Gi-Dong Lee)



1989년 부산대학교 전자공학졸업 (공학사)
 1991년 부산대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

1991~1997년 SDI(주) LCD 사 업무 개발부
 2000 부산대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 2001~2003 미국 Kent Univ. Liquid Crystal Institute (Research Fellow)
 2004 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 조교수
 ※관심분야 : Display Devices