

---

# 새로운 전극구조를 통한 수직배향 액정 셀의 투과특성 향상

최용현\* · 손정희\* · 이기동\*\*

An improved electrode structure of the Patterned Vertical Aligned Liquid Crystal Cell  
for high transmittance

Yong-Hyun Choi\* · Jung-Hee Son\* · Gi-Dong Lee\*\*

---

이 논문(저서)은 2007학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제)와 삼성전자 LCD사업부의  
지원을 받아 연구되었음.

---

## 요 약

본 논문에서는 PVA(Patterned Vertical Alignment)액정 셀의 광투과율 향상을 위한 새로운 전극 구조를 제안하였다. 제안한 전극 구조의 액정 디렉터의 분포 및 광투과율 계산은 상용 시뮬레이터인 'TechWiz LCD'를 사용하였다. 광 시야각을 위한 전극구조에 의해 투과율 감소를 발생시키는 부분에 대해 연구하여 그 부분의 액정 디렉터 분포를 변화시킬 수 있는 구조를 제안하였다. 그리고 기존 PVA모드와 제안한 구조를 사용한 PVA모드의 광투과율을 계산하여 비교하였다. 그 결과로부터 제안한 PVA액정 셀의 광투과율이 높아짐을 확인할 수 있었다.

## ABSTRACT

In this paper we propose a novel electrode structure for high transmittance in the Patterned Vertical Alignment (PVA) LC cell. We use the 'TechWiz LCD' for calculation of the director configuration and optical characteristics. We studied the area decreasing the transmittance through the electrode structure for wide viewing angle and proposed new electrode design to change LC director configuration in the area. We show the comparison of the calculated optical transmittance between the conventional PVA mode and the proposed PVA mode. From the results, we confirm that the optical transmittance of the proposed structure of the PVA cell becomes higher.

## 키워드

액정, PVA, 전극구조, 광투과율

---

\* 동아대학교 전자공학과 석사과정

\*\* 교신저자 : 동아대학교 전자공학과 조교수

### I. 서론

액정표시장치는 다른 디스플레이 기술에 비해 고해상도, 경량, 얇은 두께 그리고 저소비전력 등의 많은 장점을 가지고 있어 현재 널리 사용되어지고 있다. 이런 액정표시장치는 *twisted nematic (TN)*<sup>[1]</sup>, *in-plane switching (IPS)*<sup>[2],[3]</sup>, *patterned vertical alignment (PVA)*<sup>[4]</sup>와 같은 각각의 장, 단점을 가진 여러 가지 모드들이 제안되었다. 이러한 모드 중에서 높은 명암비를 가지는 PVA액정 셀은  $\Delta \epsilon$ 이 (-)값을 가지는 액정을 사용하여 OFF상태에서 두 개의 상, 하 전극 사이에서 액정 디렉터가 전극에 수직인 방향으로 위치하는, 즉, 위상차가 0이 되게 하여 투과축이 직교하게 놓인 편광판에 의해 빛이 모두 흡수되어진다. 두 전극사이에 전계가 형성되면 음의  $\Delta \epsilon$  값을 가진 액정의 디렉터는 전극에 수직인 방향에서 선경사각을 가지게 되어 위상차가 생기게 되므로 ON상태가 되어진다. 이때 러빙과정을 거치지 않은 PVA액정의 선경사각을 가지는 방향은 전극구조에 의해 결정되어진다. 이러한 전극구조는 *chevron*구조로 형성된 상하 전극 패턴의 *fringe field* 효과로 액정분자들이 멀티 도메인을 형성하여 계조 구현 시 대칭적 시야각특성을 가지게 된다. 하지만 이런 광 시야각을 가지게 하는 멀티도메인 구조를 위한 전극 패턴에 의해 불균일한 전압 분포가 발생하여 액정 디렉터가 모든 활성영역에서 원하는 방향으로 균일하게 분포하지 못해 광학적 손실이 발생, 즉, 투과율이 떨어지게 되는 현상이 발생하게 된다<sup>[5]</sup>. 따라서 본 논문에서는 광투과율을 저하시키는 액정 디렉터를 분석하여 이를 기반으로 전극구조를 변화하여 기존의 구조보다 더 나은 투과특성을 가지는 PVA모드를 제안하였다.

### II. 기존 PVA모드의 전극구조 및 특성

PVA 셀의 구조는 그림 1과 같이 상, 하 유리판에 전극이 있어 TN모드와 같이 아래위로 전계가 가해진다. 상, 하전극의 slit이 액정 디렉터들이 전계에 의한 선경사각을 가질 때 방향을 정해주는 역할을 하게 된다.

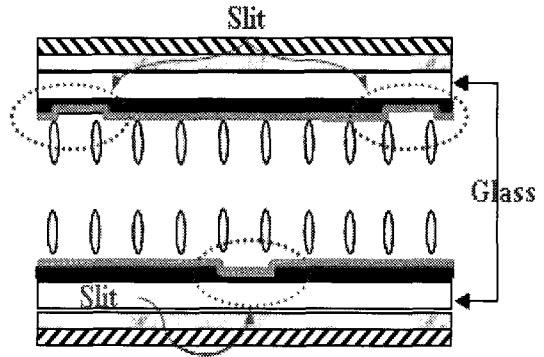


그림 1. PVA 모드의 단면도  
Fig. 1. Cross-sectional view of PVA mode

그림 2는 상, 하 전극을 합착하였을 때의 구조이다. slit의 간격이 넓은 부분이 상부전극의 구조이다. 그림에서 볼 수 있듯이 slit이 45°의 경사를 가지고 있고 편광판의 투과축은 slit의 경사각과 45°, -45°로 상, 하판부에 위치하고 있다.

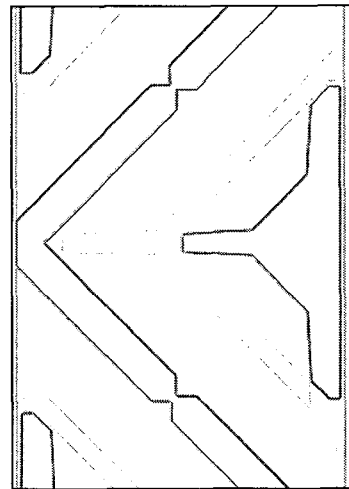


그림 2. PVA 모드 셀의 전극구조  
Fig. 2 The electrode structure of PVA mode

식 (1)은 액정모드에서의 투과율 수식이다.<sup>[2]</sup>

$$T = \frac{1}{2} \sin^2(2\alpha) \sin^2\left(\frac{\pi \Delta n d}{\lambda}\right) \quad (1)$$

여기서  $\alpha$ 는 액정의 광축과 편광판의 투과축이 이루는 방위각,  $\Delta n d$ 는 액정의 위상차 값 그리고  $\lambda$ 는 파장을 나타낸다. 위 식에서 최대 투과율을 가지기 위해  $\alpha$ 는  $45^\circ$ 가 되어야 함을 알 수 있다. 따라서 액정디렉터의 선경사각의 방향을 정해주는 slit은  $45^\circ$ 를 가지게 한다.

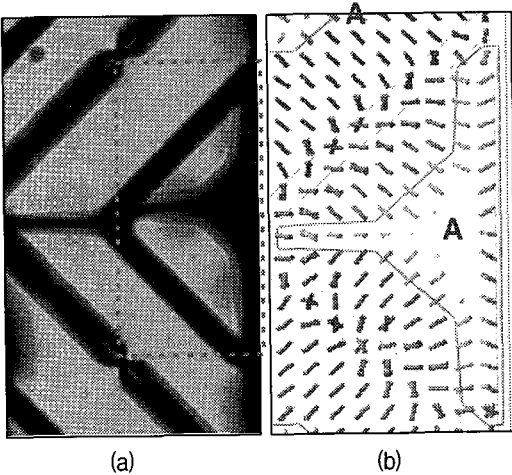


그림 3. 기존 PVA 모드  
 (a) 광학특성 (b) 액정 디렉터의 분포  
 Fig 3. Conventional PVA mode  
 (a) Optical transmittance (b) LC directors

그림 3은 PVA 액정 셀의 광 투과 사진과 접선안의 영역에서 액정 디렉터들의 분포를 나타내고 있다. 그림 3의 A영역에의 광학특성 결과를 보면 어둡게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 액정 디렉터의 분포를 보면 알 수 있듯이 상판의 전극구조에 의해 A영역에서는 여러 방향에서 가해지는 전기에너지에 의해 디렉터들이 경사각을 가지지 못하고 OFF상태를 나타내는 초기 배열 그대로 존재하기 때문에 어둡게 표현되는 것이다. 이러한 광학적 손실을 해결하기 위해서 본 논문에서는 상부전극의 구조를 변화하여 광학특성을 향상시키고자 한다.

### III. 광학특성 향상을 위한 PVA액정 셀의 새로운 전극구조 제안

위에서 언급한 바와 같이 어두운 영역을 밝게 하려면 편광판의 투과축과  $45^\circ$ 로 선경사각을 가져야 한다. 그림

3(b)의 A영역에서의 액정디렉터가  $45^\circ$ 의 경사각을 가지게 하기위해 전극을 그림 4와같이 제안하였다.

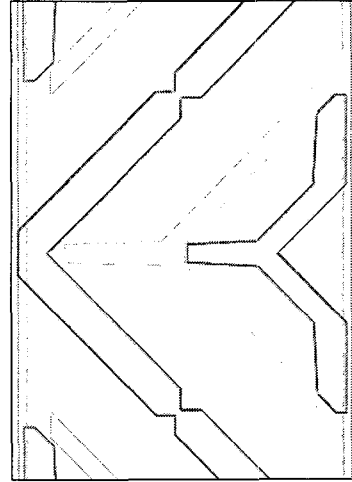


그림 4. 제안된 PVA 모드 셀의 전극구조  
 Fig 4. The electrode structure of conventional PVA mode cell

그림에서 볼 수 있듯이 넓은 전극 slit을 다른 slit구조와 마찬가지로 chevron 모양의 전극구조를 사용 함으로써 A영역의 액정디렉터들 또한 다른 영역과 같이  $45^\circ$ 의 방위각을 가지도록 하였다. 여기서 새로운 전극 slit 간격에 의해 액정 디렉터의 분포에 영향을 미치게 된다. 이는 광 투과특성에 차이를 주게 되므로 이에 따른 광투과율을 계산하였다.

### IV. 액정 디렉터 시뮬레이션을 통한 전극구조에 따른 결과

시뮬레이터는 우리가 액정 디렉터의 움직임과 액정 광학을 이해할 수 있게 하는 좋은 도구이다. 여기서 우리는 기존구조와 제안한 구조의 광학특성을 시뮬레이션 하기 위해 Eriksen-Leslie method를 기초로 하여 액정 디렉터의 거동을 해석하는 상용 시뮬레이터 'TechWiz LCD'(사나이 시스템)를 사용하였다. 이를 통하여 액정 디렉터 분포에 따른 광 투과율계산은 '2x2 Jones matrix'로 계산하였다.

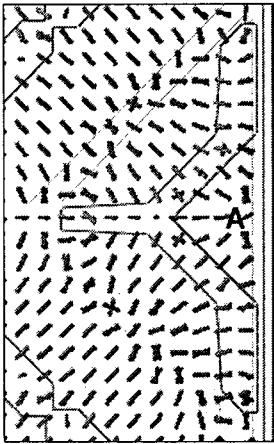


그림 5. 제안된 PVA모드 셀의 액정 디렉터 분포  
Fig 5. LC director configuration of proposed PVA mode cell

그림 5는 제안한 전극구조에서 slit의 폭이 6.5um일 때 시뮬레이션 한 액정 디렉터의 분포를 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 A영역에서 새로운 전극구조에 의해 액정 디렉터들이 45°의 방위각을 가지고 기울어져 있다. 그로인해 어두운 부분이 밝게 표현되는 것을 그림 6의 광 투과특성을 계산한 결과사진을 통하여 알 수 있다.

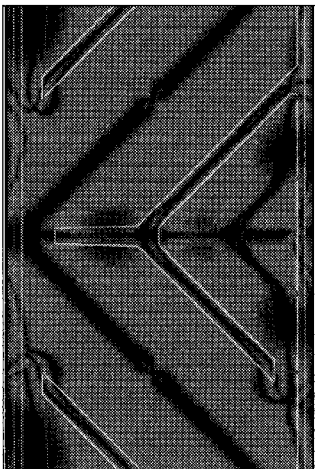


그림 6. 제안된 PVA모드 셀의 광학특성  
Fig 5. The optical characteristic of proposed PVA mode cell

이로 인해 기존구조에서보다 투과율이 상승함을 육안으로 확인할 수 있을 뿐만 아니라 계산을 통한 결과에서도 제안한 구조가 높은 투과율을 가짐을 알 수 있었다. 이 결과를 바탕으로 새로운 전극구조의 slit 폭에 따른 투과율의 변화를 알아보았다.

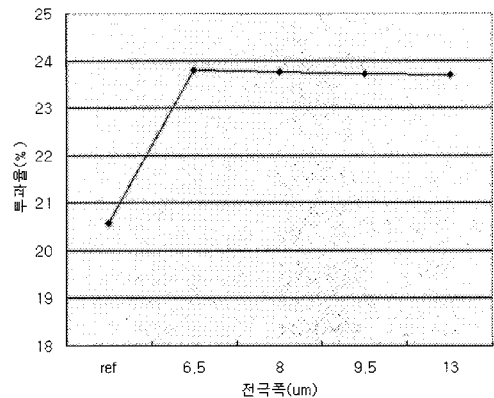


그림 7. 제안된 전극구조의 Slit 폭에 따른 광투과율  
Fig 7. The optical transmittance of proposed PVA mode as slit width

그림 7에 slit의 폭에 따른 투과율계산 결과를 나타내었다. Reference는 기존 PVA mode에서의 투과율 결과 값을 의미한다. Slit의 폭이 너무 작으면 slit에 의한 영향이 줄어들기 때문에 slit폭을 6.5um까지 simulation하였다. 그림에서 보는 바와 같이 slit 폭이 6.5um일 때 투과율이 가장 높은 것을 알 수 있다. 따라서 기존 PVA 액정 셀에서의 광학적 손실이 제안한 구조인 그림 5에서의 전극구조로 인하여 보상되어짐을 알 수 있다. 즉, 제안한 구조에 의해 A영역에서 액정 디렉터의 분포는 최대 투과율을 가지는 방향으로 배열되어짐으로써 광학적 손실이 감소함을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 PVA 모드에서 island slit이라 할 수 있는 셀의 중앙에 위치한 전극모양을 고려하여 광 투과율의 개선에 대한 연구를 하였다. 전극 모양을 변화시킴으로써 액정 디렉터들의 분포를 bulk영역과 같이 45°에 가깝게 배열시킬 수 있었다. 이 연구를 통해서 PVA 모드의

광 투과율을 증가시키고 기존의 PVA 모드의 chevron모양의 slit 구조를 유지해줌으로써 뛰어난 시야각 특성 또한 고려해주었다. 그리고 전극의 slit 간격을 변화시킴에 따라 발생하는 광학적 특성을 기존의 구조와 제안한 구조의 광학적 특성을 분석 및 비교 하였고 액정 분자의 위상 변화에 의한 광학적 손실이 제안한 PVA 구조에 의해 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다. 그 결과로 인해 어두운 영역은 전극 모양의 변화를 통해 컨트롤 할 수 있음을 확인 할 수 있었고, 제안한 구조에 의해서 최적화된 광학적 특성을 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] Schadt, M., and Helfrich, "Voltage-dependent optical activity of a twisted nematic liquid crystal," Appl. Phys. Lett. Vol.18, pp.127, 1971

[2] M. Oh and K. Kondo, "Electro-optical characteristics and switching behavior of the in plane switching mode," Appl. Phys. Lett., Vol.67, p.3895, 1995

[3] J. O. Kwang, K. C. Shin, J. S. Kim, S. G. Kim, S. S. Kim, "Implementation of a New Wide Viewing Angle Mode for TFT-LCD," SID, p.256, 2000

[4] S. S. Kim, "Super PVA sets new state-of-the-Art for LCD TV," SID Symposium Digest, Vol.35 pp.760-763, 2004

[5] M. S. Kim, "Dynamic Stability of Liquid Crystal depending on shape of pixel edge in the fringe field switching mode," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.44, No.11, 2005

저자소개

최 용 현(Yong-Hyun Choi)



2006년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업 (공학사)

2006년~현재 동아대학교 대학원 전자공학과 석사과정  
※ 관심분야 : Display Devices

손 정 희(Jung-Hee Son)



2005년 동아대학교 전기전자컴퓨터공학부 전자전공 졸업 (공학사)

2007년 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
※ 관심분야 : Display Devices

이 기 동(Gi-Dong Lee)



1989년 부산대학교 전자공학과 졸업 (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