

단일 편광판을 이용한 반사형 TN LCD의 설계

Design of a Single-Polarizer Reflective TN LCD

김희정*, 이기동, 윤태훈, 김재창
부산대학교 전자공학과
heejung@hyowon.cc.pusan.ac.kr

반사형 액정표시소자는 저전력 휴대용 표시장치 시장이 급격하게 성장함에 따라 큰 주목을 받고 있다. 현재 반사형 액정표시소자는 TN 액정 모드를 기본적으로 사용하고 있다. 본 논문에서는 편광판을 한 장 사용하여 빛의 흡수를 줄여 밝기를 높일수 있고, 광대역 $\lambda/4$ film을 사용하여 명암 대비를 높일수 있는 단일 편광판 모드 반사형 TN LCD를 설계하고 제작하였다.

단일 편광판 모드 반사형 TN LCD의 구조는 편광판과 광대역 $\lambda/4$ film, 액정 셀, 금속확산 반사판의 순서로 구성되어 있으며, 해석에는 parameter space method를 사용하였다[1]. 액정 셀의 꼬임각을 φ , 입사면의 러빙방향과 편광판의 투과축이 이루는 각을 α , 입사면의 러빙방향과 $\lambda/4$ film의 빠른 축 (fast axis)가 이루는 각을 χ 라고 하면 전체 반사율은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$T = \left| \left(\cos \alpha \quad \sin \alpha \right) \cdot QWP \cdot M_R \cdot M_L \cdot QWP \cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha \\ \sin \alpha \end{pmatrix} \right|^2$$

$$M_L = R(-\varphi) \begin{pmatrix} \cos X - i \frac{\Gamma}{2} \frac{\sin X}{X} & -\varphi \frac{\sin X}{X} \\ \varphi \frac{\sin X}{X} & \cos X + i \frac{\Gamma}{2} \frac{\sin X}{X} \end{pmatrix}$$

$$M_R = \begin{pmatrix} \cos X - i \frac{\Gamma}{2} \frac{\sin X}{X} & \varphi \frac{\sin X}{X} \\ -\varphi \frac{\sin X}{X} & \cos X + i \frac{\Gamma}{2} \frac{\sin X}{X} \end{pmatrix} R(\varphi)$$

$$QWP = R(\chi) \cdot \begin{pmatrix} e^{-\pi/4} & 0 \\ 0 & e^{\pi/4} \end{pmatrix} \cdot R^{-1}(\chi)$$

$\alpha = 0^\circ$, $\chi = 45^\circ$ 로 두면 전압을 인가한 상태에서 액정 분자들이 모두 서게 되므로 액정에 의한 위상 지연을 느끼지 못하고 $\lambda/4$ film만 두 번 통과하게 되어 전체 위상지연은 $\lambda/2$ 가 되고, 입력된 선편광의 방향이 90° 회전하여 편광판을 통과하지 못하므로 광학적으로 어두운 상태가 된다. 이 때 광대역 $\lambda/4$ film을 사용하면 가시광 전 영역에서 누설광을 보상하여 전 파장대에서 어두운 상태를 얻을 수 있다.

$\alpha = 0^\circ$, $\chi = 45^\circ$ 로 두고 space diagram을 이용해서 파장을 550 nm를 기준으로 했을 때 $\varphi = 72^\circ$ 와 $\Delta nd = 0.26 \mu\text{m}$ 의 최적화된 조건을 구할 수 있었다.

각각의 광학 파라미터가 광특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 각 파라미터 - 액정층의 입력 방향자 각, 액정층의 위상지연, 액정층의 꼬임각 - 의 함수로 밝은 상태의 반사율과 명암대비를 계산하였다. 편광판과 $\lambda/4$ film은 45° 로 부착되어 있어 액정층으로 입사하는 빛의 편광상태는 원형 편광이 되므로 밝은 상태의 반사율과 명암대비는 액정층의 입력 방향자 각이 변하더라도 영향을 받지 않는다. 액정층의 위상지연이 밝은 상태의 밝기와 명암대비에 미치는 영향을 그림 1에 나타내었다. 최적화된 조건에서 위상지연이 $\pm 0.08 \mu\text{m}$ 바뀌면 계산된 명암대비가 90%정도 떨어진다. 그림 2에 꼬임각의 영향을 나타내었

다. 꼬임각의 변화는 셀의 광 특성에 큰 영향을 주지 않는다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 위상지연의 변화가 셀의 색특성에 미치는 영향을 나타내었다. 최적조건에서 위상지연이 $+0.06 \mu\text{m}$ 바뀌면 셀의 색특성이 10%이상 차이가 남을 알 수 있었다.

우리가 설계한 조건을 검증하기 위하여 조건에 맞게 액정 셀을 제작하였다. 설계 조건을 맞추기 위하여 제작에 사용된 액정 물질은 E. Merck사의 ZLI-2222-100($\Delta n = 0.1072$)이며, $2.4 \mu\text{m}$ 의 spacer를 사용하여 셀 갭을 유지하였다. 두께에 대한 pitch 비는 chiral dopant로 E. Merck사의 S-811을 사용하여 0.2가 되도록 하였고, 배향제로는 Nissan사의 SE-3140을 사용하였다. 그림 4는 제작된 반사형 액정표시장치의 각도에 따른 밝은 상태와 어두운 상태를 나타낸 것이다. 최대 명암대비는 액정 셀의 정면 부근에서 13 : 1 이었다.

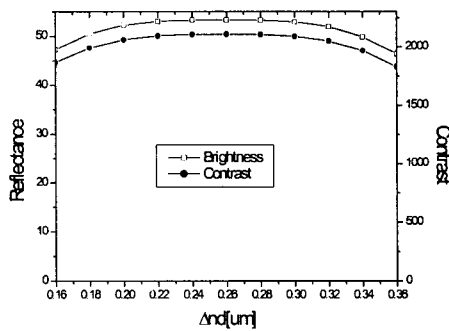


그림 1. 셀의 위상지연에 따른 반사형 TN 셀의 광 특성

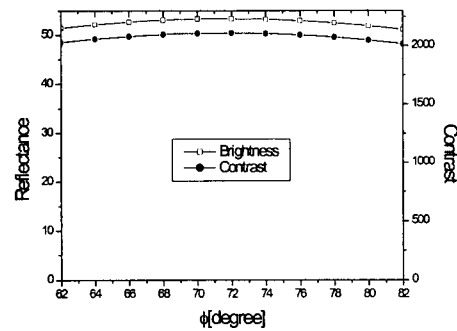


그림 2. 셀의 꼬임각에 따른 반사형 TN 셀의 광 특성

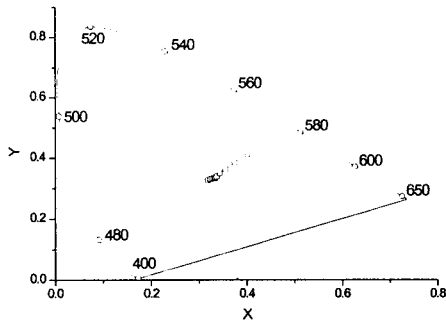


그림 3. 셀의 위상 지연값(Δnd)에 따른 반사형 TN 셀의 색 특성

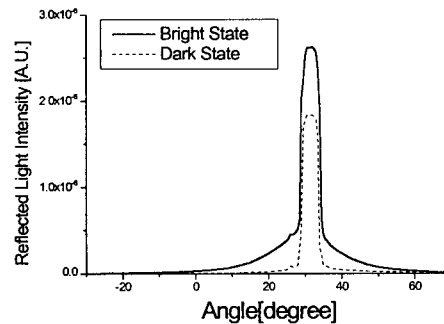


그림 4. 제작된 반사형 TN LCD의 각도에 따른 ON · OFF 특성

감사의 글

본 연구는 정보통신연구진흥원의 99년도 대학기초연구지원사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] S. T. Tang, F. H. Yu, J. Chen, M. Wong, H. C. Huang, and H. S. Kwok, J. Appl. Phys., vol. 81, p. 9 (1990).