

Wide View Film의 적용을 통한 OCB LCDs의 시야각 개선

우종훈\*, 박우상  
인하대학교 전자·전기·컴퓨터공학부

Improvement of Viewing Angle Characteristics for OCB LCDs Using the Wide View Film

Jong-Hoon Woo\*, Woo-Sang Park  
School of Electrical & Computer Engineering, Inha University

**Abstract** - 본 연구에서는 빠른 응답특성과 넓은 시야각 특성을 갖는 Optically Compensated Bend Mode Liquid Crystal Displays(OCB LCDs)의 전기광학 특성을 계산하였다. 액정의 운동방정식을 시뮬레이션하여 얻은 분자배열 분포로부터 광학적 투과 특성을 계산하였으며, 누설광 차단과 수평 및 수직 방향의 넓은 시야각을 확보하기 위하여 보상필름으로써 Wide View Film을 적용하였다. 이러한 결과를 이축성 필름을 사용한 기존의 OCB LCDs와 비교함으로써 Wide View Film을 적용한 OCB LCDs의 시야각의 특성이 향상됨을 확인하였다.

1. 서 론

일반적인 액정표시소자는 보는 방향에 따라 흑백의 반전, 콘트라스트 저하 등과 같은 좁은 시야각 특성을 가지고 있으며, 응답속도가 느려 동화상 구현에 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있는 표시 모드로 1993년 일본 동북대의 T. Uchida 교수가 제안한 OCB 모드가 크게 주목을 끌었다.[1] OCB 모드는 서로 수직하게 놓인 편광판 사이에 bend cell과 이축성 필름을 삽입한 구조를 취하고 있으며, flow effect 등의 영향으로 빠른 전기광학 응답을 보이며, 보상필름을 사용하여 수평 및 수직 방향으로 광시야각을 확보할 수 있는 모드이다. ECB(Electrically Controllable Birefringence) 모드의 일종인 OCB 모드는 콘트라스트의 결정적인 악영향을 미치는 누설광이 항상 존재하므로 액정의 위상지연과 일치하는 보상필름의 사용으로 누설광을 차단하여야 한다. 본 연구에서는 누설광 차단 및 광학 보상을 위하여 이축성 필름과 Wide View Film을 사용하였으며 이 두 경우에 대하여 광학투과 특성 및 시야각 특성 등을 비교 분석하였다.

2. 본 론

2.1 OCB cell의 1차원 분자배열 해석

OCB 모드의 광학투과 특성을 계산하기 위해서는 분자배열 해석이 선행되어야 한다. 액정의 dynamic deformation은 Gibb's free energy  $F_G$ 로부터 다음의 운동방정식을 simulation 함으로써 얻을 수 있다.[2]

$$\gamma \frac{\partial n_i}{\partial t} = \frac{d}{dz} \left\{ \frac{\partial F_G}{\partial (\partial n_i / \partial z)} \right\} - \frac{\partial F_G}{\partial n_i} + \lambda n_i \quad (1)$$

여기서  $n_i$ 는 액정분자 방향의 단위벡터인  $\vec{n}$ 의 cartesian component를 의미하며,  $\gamma$ 는 rotational viscosity,  $\lambda$ 는 Lagrange multiplier으로써 단위벡터 ( $|\vec{n}|=1$ )를 만족시키는 constraint coefficient이다. 그리고 탄성이론을 바탕으로 Gibb's free energy density  $F_G$ 는 다음과 같이 표현된다.[3]

$$F_G = \frac{1}{2} K_{11} (\nabla \cdot \vec{n})^2 + \frac{1}{2} K_{22} (\vec{n} \cdot \nabla \times \vec{n} + q_0)^2 + \frac{1}{2} K_{33} (\vec{n} \times \nabla \times \vec{n})^2 - \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D} \quad (2)$$

이때,  $K_{11}$ ,  $K_{22}$ , 그리고  $K_{33}$ 는 액정의 splay, twist, bend 탄성계수를,  $q_0$ 는 chiral dopant를 의미한다.

2.2 보상필름

OCB 모드는 인가전압에 따른 bend cell의 위상지연의 변화로 ON, OFF 상태를 제어한다. OCB 모드에서 보상필름은 특정전압에서 bend cell의 위상지연을 상쇄할 수 있도록 설계하여 누설광을 차단한다. 그러나 Display 성능에 있어서 black level의 결정뿐만 아니라 어느 각도에서 보더라도 선명하고 깨끗한 화면을 유지해 주는 것이 중요한 요소이다. 즉, 보상필름의 설계에 있어서 수직 입사뿐만 아니라 경사진 방향의 입사하는 빛에 대해서도 위상지연을 상쇄시켜 누설광의 차단시키는 것이 매우 중요하다.

2.2.1 OCB 모드에의 이축성 보상필름 적용

앞서 탄성이론으로부터 계산한 액정분자의 profile을 이용하여 bend cell로 입사하는 빛에 대한 광학위상지연 ( $\delta(\chi)_{LC}$ )은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\delta(\chi)_{LC} = \frac{2\pi}{\lambda} \left[ \int_0^d \frac{n_o n_e}{A(z)} \sqrt{A(z) - \sin^2 \chi} dz - d \sqrt{n_o^2 - \sin^2 \chi} \right] \quad (3)$$

$$A(z) = n_o^2 \cos^2 \theta(z) + n_e^2 \sin^2 \theta(z)$$

이때,  $d$ 는 cell gap,  $n_e$ ,  $n_o$ 는 각각 이상, 정상 굴절율을 나타낸다. 또한 이축성 필름의 광학위상지연 ( $\delta(\chi)_{BF}$ ) 값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\delta(\chi)_{BF} = \frac{2\pi}{\lambda} \left[ \frac{n_x}{n_z} D \sqrt{n_z^2 - \sin^2 \chi} - D \sqrt{n_y^2 - \sin^2 \chi} \right] \quad (4)$$

여기서  $n_x$ ,  $n_y$ ,  $n_z$ 는 이축성 필름 주축방향의 굴절율을 의미하며,  $D$ 는 이축성 필름의 두께이다. 이렇게 구한 bend cell의 위상지연값과 이축성 필름의 위상지연값을 서로 상쇄시켜 이축성 필름의 굴절율과 필름의 두께 등을 결정할 수 있다.[4]

$$n_x = \left[ \frac{\int_0^d A(z)^{-\frac{1}{2}} dz}{\int_0^d A(z)^{-\frac{3}{2}} dz} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$n_y = \frac{d}{n_e} \left[ \int_0^d A(z)^{-\frac{1}{2}} dz \int_0^d A(z)^{-\frac{3}{2}} dz \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$n_z = n_o, \quad D = \frac{n_o}{n_y} d \quad (5)$$

결정된 parameter를 적용하여 OCB 모드에 대한 시야각 특성 결과를 그림 1.에 나타내었다. 이축성 필름을 적용한 OCB 모드의 시야각 특성은 그림 1.에서 보는 바와 같이 수평방향의 시야각은 넓게 나타나지만 수직방향의 시야각은  $\pm 30^\circ$  보다 큰 영역에서 급격한 누설광의 증가로 인하여 매우 협소한 시야각 특성을 보인다. 이러한 결과의 원인으로서는 시야각에 따른 bend cell의 위상지연값의 변화가 큰 반면 이축성 필름의 위상지연값의 변화는 작게 나타나므로 시야각에 따른 위상지연값을 완전히 보상해 주지 못하기 때문이다.

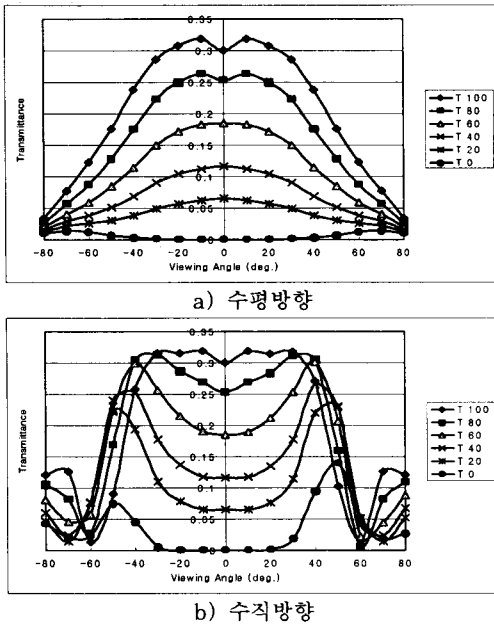


그림 1. 이축성 필름의 적용시 시야각 특성

### 2.2.2 OCB 모드에의 Wide View Film 적용

이축성 보상필름의 적용한 결과에서 알 수 있듯이 OCB 모드의 광시야각 확보를 위해서는 수직방향의 시야각 특성의 개선이 필요하다. 이를 위하여 그림 2.와 같이 bend cell과 Wide View Film의 matching을 통하여 시야각에서의 bend cell의 위상지연값과 보상필름의 위상지연값을 일치시킴으로써 광시야각을 확보할 수 있다. 즉 그림 2.에서 보는 바와 같이 광축에 나란하게 액정층과 discotic 층을 배열하면 입사각에 대한 위상차를 보상할 수 있다. 그림 3.에 Wide View Film을 적용한 OCB 모드의 시야각 특성을 나타내었다. Wide View Film을 적용한 OCB 모드는 이축성 필름을 적용한 OCB 모드에 비하여 다소 투과율은 감소하지만, black state의 누설광을 크게 줄임으로써 수직 방향의 시야각 특성은 크게 향상됨을 확인 할 수 있다.

### 3. 결 론

이축성 보상필름을 통한 OCB 모드의 시야각 특성은 수평방향으로는 매우 좋은 특성을 나타내지만 수직방향으로는 black state에서의 누설광으로 인해 급격한 콘트라스트의 저하를 가져와 좁은 시야특성을 가진다. 한

편, Wide View Film을 적용한 OCB 모드는 투과율의 손실은 있으나 시야각 특성에 있어서 수평 및 수직방향에 대하여 광시야각 특성을 나타낸다.

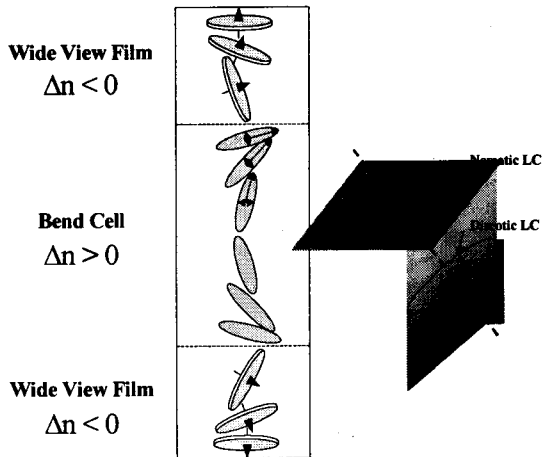


그림 2. W/V Film을 적용한 OCB 모드의 구조

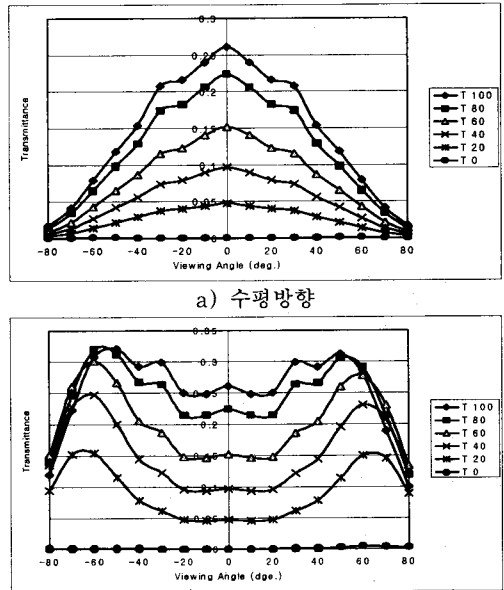


그림 3. W/V Film 적용시 시야각 특성

### [참 고 문 헌]

- (1) Y. Yamaguchi, T. Miyashita, T. Uchida, "Wide-Viewing-Angle Display Mode for the Active-Matrix LCD Using Bend Alignment Liquid-Crystal Cell", SID '93 DIGEST, p. 277, 1993.
- (1) S. Dickmann, J. Escher, O. Cossalter, D. A. Mlynski, "Simulation of LCDs Including Elastic Anisotropy and Inhomogeneous Field", SID '93 DIGEST, p. 638, 1993.
- (3) M. Kitamura, "Computer Simulation of Director Profile in Three-Dimensional Electric Field", SID '95 DIGEST, p. 540, 1995.
- (4) T. Miyashita, Y. Yamaguchi, T. Uchida, "Wide-Viewing-Angle Display Mode Using Bend Alignment Liquid Crystal Cell", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, p. L177, 1995.