

높은 투과율을 갖는 반투과형 Low-Twist VA mode 설계

Design of Transflective Low-twist VA mode for High Transmittance

도희옥, 백봉진, 이서현, 윤태훈, 김재창
부산대학교 전자공학과
kkirukk@dreamwiz.com

휴대용 통신기기의 발달로 인해 실내 및 실외 환경에서 높은 성능을 발휘하는 LCD 소자가 요구되고 있다. 후면광원을 사용하는 투과형 LCD는 실내 혹은 어두운 곳에서 높은 휘도와 명암대비비를 가지는 반면 실외나 밝은 곳에서는 높은 휘도 및 명암대비비를 보일 수 없다. 그에 반해 반사형 LCD는 주변광을 광원으로 사용하므로 실외 혹은 밝은 곳에서의 전기광학 특성이 양호한 장점이 있지만 실내 및 어두운 곳에서의 사용이 제한된다. 이에 따라 주위 환경에 제한받지 않는 반투과형 LCD를 제작하기 위해 여러 모드들이 개발되고 있다.⁽¹⁾ 그 가운데 우리는 반사 및 투과형 제작시 normally dark로 설계하여 우수한 dark state를 가지며 낮은 온도 의존성과 큰 cell gap tolerance를 가지는 twisted VA(TVA) mode를⁽²⁾ 이용하여 투과형 중심의 반투과형 LCD에 적합한 설계조건을 연구하였다.

TVA mode를 이용해 반사모드와 투과모드 모두 normally dark로 설계하기 위해 그림 1과 같이 액정층 양쪽에 광대역 $\lambda/4$ 지연필름을 광축이 직교하도록 두었다. 이 구조를 기본으로 하여 투과모드에 대한 parameter space diagram(PSD)을⁽³⁾ 그림 2와 같이 얻어내었다. 이때 twist angle 70° 부근의 조건으로 제작을 하면 투과율이 20%정도 밖에 나오지 않는다. 그 이유는 선형편광판을 지난 빛이 필름(2)을 지나 원편광이 되어 광축이 꼬여있는 액정층을 통과하면서 임의의 타원편광이 된다. 그 후 필름(1)을 지나면 선편광이 되지 못하고 임의의 타원편광이 되기 때문이다. 따라서 투과율을 높일 수 있는 방법으로, 첫 번째 방법은 필름(1)을 반사판 위에 두는 것이다. 그러면 투과모드에서 액정 층으로 입사하는 빛을 선편광으로 만들 수 있어 높은 투과율을 얻을 수 있다. 하지만 필름(1)이 액정과 바로 접하기 때문에 현실적으로 제작이 힘들다. 두 번째 방법은 액정의 꼬여있는 영향을 줄이기 위해 chiral pitch를 크게 하는 것이다. 시뮬레이션을 통해 chiral pitch에 따른 투과율을 조사해 보면 60° 이상의 twist angle을 갖고 $\Delta n=0.1204$ (Merck사의 MDA-01-2306), cellgap 4.4 μm 의 TVA cell은 chiral pitch가 80 μm 이상이 되어야 43%정도의 투과율을 보인다. 이 때는 chiral pitch(p)가 cellgap(d)에 비해 너무 크기 때문에 액정분자들을 꼬아주는 힘이 거의 없어 액정분자들의 director 분포를 신뢰할 수 없다. 따라서 우리는 d/p 값을 보다 크게 하기위해 twist angle을 줄이면서 투과율을 43%이상 얻을 수 있는 chiral pitch를 조사하여 45° twist angle, $\Delta n=0.1204$, cellgap 4.2 μm 그리고 chiral pitch 60 μm 라는 최적 조건을 찾아내었다. 이러한 조건으로 설계한 cell의 전기광학특성에 대한 결과를 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 실험측정 결과 투과모드는 40%의 투과율과 370:1의 명암대비비를 얻었고, 반사모드에서는 MgO 대비 27%의 반사율과 12:1의 명암대비비를 얻었다. 반사모드는 광학필름에 의한 보상으로 광학특성을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 TVA mode를 이용한 투과중심 반투과형 LCD를 normally dark로 설계할 때 투과율을 향상시키기 위해서는 액정의 twist angle은 작아지고, chiral pitch는 길어져야 한다는 것을 보였다.

또한 적절한 설계조건으로 45° twist angle, $\Delta n d = 529.76 \text{ nm}$, chiral pitch $60 \mu\text{m}$ 를 얻었다.

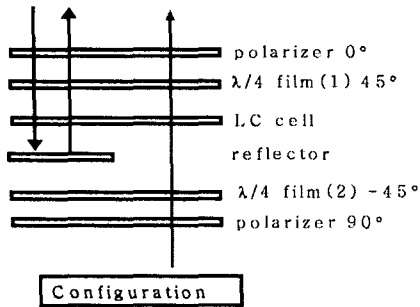


그림 1. 반투과형 TVA cell의 기본구조

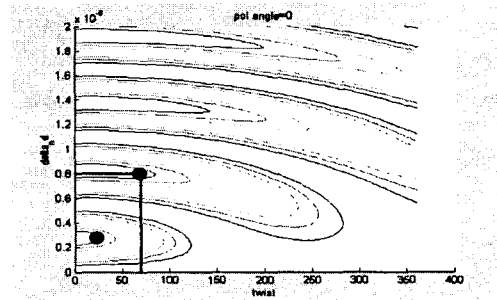
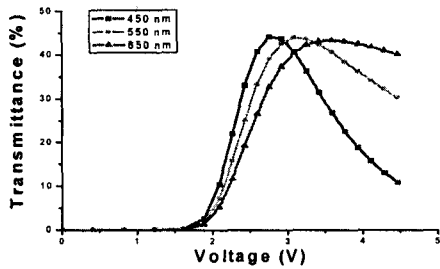
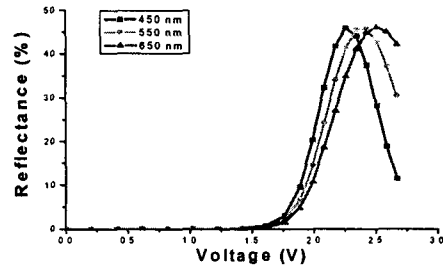


그림 2. 기본구조에 대한 PSD 계산결과

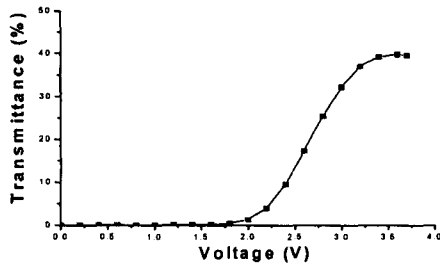


(a) 투과모드의 V-T 곡선

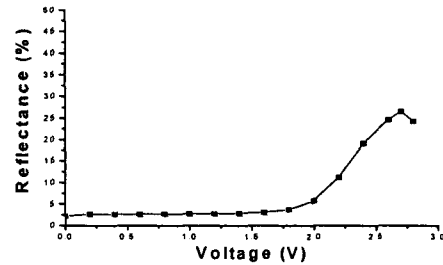


(b) 반사모드의 V-R 곡선

그림 3. 전기광학특성에 대한 시뮬레이션 결과



(a) 투과모드의 V-T 곡선



(b) 반사모드의 V-R 곡선

그림 4. 전기광학특성에 대한 실험측정 결과

참고문헌

1. M. Jisaki et al., "Development of Transflective LCD for High Contrast and Wide Viewing Angle by Using Homeotropic Alignment", Asia Display/IDW'01, 133-136, (2001).
2. B. J. Baek, W. S. Park, K. Y. Han, T. H. Yoon, and J. C. Kim, "Reflective LCD using Chiral Homeotropic Mode for High Contrast Ratio and Low Voltage Driving", KLCC'02, 51-52, (2002).
3. H. S. Kwok, "Parameter space representation of liquid crystal display operating modes", J. Appl. Phys. 80, 3687-3693, (1996).

감사의 글

본 연구는 한국과학기술기획평가원이 지원하는 정보통신 핵심원천기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.