

이중 셀갭 방법을 이용한 TVA 모드의 반투과형 LCD 설계

Design of Twisted Vertically Aligned Mode using Multi cell gap method for Transflective LCD

박성진, 전철규, 박경호, 김재창, 윤태훈
부산대학교 전자공학과
skyward@pusan.ac.kr

정보화 사회에 들어서 가장 비약적인 발전을 이룬 부분은 인터넷과 모바일 통신이다. 이와 더불어 모바일 인터넷 서비스가 발전하기 위해서는 실내 및 실외 환경에서 시인특성이 우수한 LCD 소자가 요구되고 있다. 배면광원을 사용하는 투과형 LCD는 실내나 어두운 곳에서 높은 휘도와 명암 대비비를 가지는 반면 실외나 밝은 곳에서는 높은 휘도 및 명암 대비비를 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. 따라서 주위 환경에 제한받지 않는 반투과형 LCD를 제작하기 위해 여러 모드들이 개발되고 있다.⁽¹⁾ 반투과형 LCD 설계 방법으로 구동 변환형과 이중 셀갭 방법이 있다. 구동 변환형은 반사 및 투과부의 구동 전압이 달라서 두 개의 구동 회로를 필요로 한다는 단점이 있는데 반해 이중 셀갭 방법은 단일 구동 회로를 사용한다는 이점이 있지만, 수평 배향에 non-twisted 모드를 적용하고 있기 때문에 셀갭 tolerance가 좋지 않아 수율이 떨어져 제작 단가가 높으며, 명암 대비비가 나쁘다는 단점이 있다.⁽²⁾ 이를 보완하기 위해 VA 모드의 우수한 dark 상태와 TN 모드의 우수한 셀갭 tolerance, 낮은 온도 파장 의존성을 갖는 twisted VA 모드를 이중 셀갭 방법에 적용하였다.

이중 셀갭 방법을 이용한 반투과형 TVA 모드의 기본 구조는 그림 1과 같다. 셀갭이 작은 부분은 반사부, 이에 비해 큰 부분은 투과부로 사용되어진다. 사용한 액정은 MDA-01-2306으로, $\Delta n = 0.1204$ ($n_e = 1.6054$, $n_o = 1.485$), $\Delta \epsilon = -5$ ($\epsilon_{\square\square} = 3.9$, $\epsilon_{\parallel} = 8.9$), $K_{11} = 14.7$ pN, $K_{22} = 7.3$ pN, $K_{33} = 16.8$ pN, pitch는 $60 \mu\text{m}$ 이다. 투과부와 반사부의 인가 전압에 따른 R, G, B 세 파장에 대한 투과 및 반사율을 DimMOS (autronic MELCHERS GmbH)를 이용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 2에 나타내었다. 위의 액정을 이용하여 투과부의 최적화된 조건인 셀갭 $4.2 \mu\text{m}$ 에서 최대 투과율을 보인 전압 3.1 V에 근거를 두고, 동일 전압에서 동작하는 반사부의 셀갭을 찾기 위해 셀갭을 낮추어가며 시뮬레이션을 하였다. VA 모드에서는 셀갭이 낮을수록 saturation되는 전압은 점점 커지게 된다. 액정 셀을 투과한 광원이 같은 retardation을 갖기 위해서는, 셀갭이 낮을수록 bulk 영역에 있는 액정 분자의 tilt angle이 더 낮아져야 하며, 이 이유로 더 큰 전압이 필요하게 되는 것이다. 실제로 시뮬레이션한 결과, $4.2 \mu\text{m}$ 의 셀갭을 갖는 반사부 saturation 전압은 파장 550 nm에서 2.43 V로 나타났으며, 더 높은 구동 전압을 찾기 위해 셀갭을 $0.1 \mu\text{m}$ 씩 줄이면서 시뮬레이션 한 결과, 반사부 셀갭이 $2.3 \mu\text{m}$ 일 때 투과부와 구동 전압이 일치하였다. 위의 결과 투과부는 3.09 V에서 최대 투과율 43.9 %를 보였으며, 반사부는 3.08 V에서 최대 반사율 46 %를 보였다. 다시 말해 약 3.1 V의 인가 전압에서 최대 투과율과 반사율을 보임으로써 단일 구동 회로로 동작시킬 수 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 구동 전압을 일치시킨 구조에 대해 LCD Master (Shintech, Inc.)를 이용하여 시야각 특성을 알아보았다. 명암 대비비 $10 : 1$ 이상이 되는 범위는 반사 및 투과부 모두 80° 미만으로 나타나서, 시야각 향상을 위해 보상 필름인 negative C-plate를 추가하여 필

름의 parameter에 따른 시야각 특성을 알아보았다. 그 결과, 투과부는 negative C-plate의 $n_x, n_y = 1.5$, $n_z = 1.4964$, 그리고 두께가 $100 \mu\text{m}$ ($\Delta n_d = 360 \text{ nm}$)인 조건에서 가장 양호한 결과를 얻었고, 반사부는 $n_z = 1.4981$ ($\Delta n_d = 190 \text{ nm}$)인 조건에서 가장 양호한 결과를 얻었다. 이처럼 투과부와 반사부의 최적화된 C-plate의 parameter가 차이남을 알 수 있었다. 즉, 같은 n_z 값을 갖는 C-plate를 적용할 경우, 투과부나 반사부 중에 어느 한 부분은 제대로 보상할 수 없게 된다. 투과부와 반사부의 시야각 특성을 동시에 향상시키기 위해 투과부의 위아래에 C-plate를 추가하였다. 셀 위의 반사부 C-plate의 n_z 값을 고정시킬 경우, 반사부의 아래에는 반사판이 있기 때문에 보상 필름이 추가되어도 무관하고, 또한 투과부에 필요한 C-plate의 Δn_d 가 반사부의 것보다 더 크기 때문에 투과부는 위아래의 두 C-plate로 보상이 가능하기 때문이다. 이에 따라 셀 위에는 반사부에 최적화된 C-plate를 사용하고, 셀 아래에 놓여질 C-plate의 n_z 값을 바꾸어가며 시야각 특성을 확인하였다. 그 결과, 아래 C-plate의 $n_z = 1.4981$ 일 때 ($\Delta n_d = 190 \text{ nm}$) 가장 우수한 시야각 특성을 얻을 수 있었다. 이는 투과부에 하나의 C-plate를 두어 최적화한 특성과 거의 일치한다. 따라서 C-plate를 아래 위에 나누어 사용하면 이중 셀갭 구조에서 투과부와 반사부의 시야각 특성을 둘 다 최적화할 수가 있다. 최적화된 C-plate를 위아래에 두었을 때 얻어지는 시야각 특성을 그림 3에 나타내었다. 본 연구에서 제안한 설계는 단일 구동 전압으로 동작시킬 수 있으며, 우수한 전기광학 특성과 넓은 시야각 특성까지 가진다는 장점을 나타내었다.

T
D

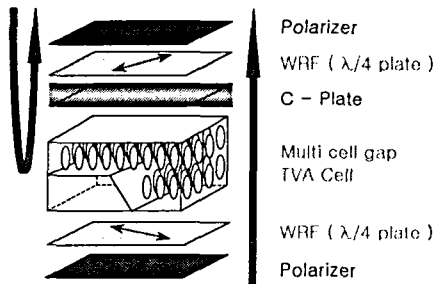


그림 1. 이중 셀갭 반투과형 LCD 기본 구조

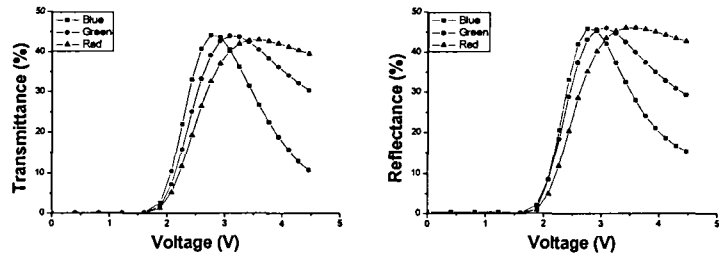
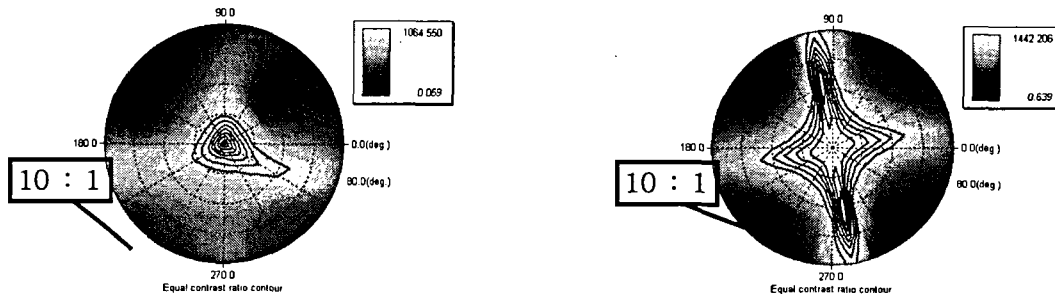


그림 2. 전기광학 특성



(a) 투과부

(b) 반사부

그림 3. C-plate의 $n_z = 1.4981$ ($\Delta n_d = 190 \text{ nm}$)일 때 시야각 특성

감사의 글

본 연구는 정보통신부가 지원하는 IMT2000 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. C. Kim, C. G. Jhun, K.-H. Park, J. S. Gwag, S. H. Lee, G. D. Lee, and T.-H. Yoon, IMID'03, 283-287, (2003).
2. H.-I. Baek, Y.-B. Kim, K.-S. Ha, D.-G. Kim and S.-B. Kwon, IDW'00, 41, (2000).