

유전율 이방성이 음인 액정을 이용한 FFS 모드의 단일 갭형 반투과형 액정 디스플레이 연구

김진호, 진미형, 임영진, 이승희*
전북대학교

Study on single gap transfective fringe-fields switching liquid crystal display using the liquid crystal with negative dielectric anisotropy

Jin Ho Kim, Mi Hyung Chin, Young Jin Lim, Seung Hee Lee*
Chonbuk National Univ.

Abstract : A transfective liquid crystal displays associated with fringe field switching (FFS) mode of new concept is proposed. The device utilizes unique characteristic of the FFS mode in which the rotation angle of LC director is strongly dependent on electrode position in on state. We use the liquid crystal with negative dielectric anisotropy. Also we look for optimized electrode size and the optimization of pixel electrode width and distance between them, the LC director could rotate about 22.5° and 45° depending on electrode positions. Consequently, we get high transmittance and high reflection on the optimized electrode condition. Respectively, a high image quality transfective display with single gap and single gamma characteristics realized.

Key Words : Transfective liquid crystal display, fringe field switching mode, Single cell gap, Single gamma.

1. 서론

최근, 어떠한 외부환경에서도 좋은 시인성을 요구하는 휴대용 디스플레이의 사용이 증가함에 따라 반투과형 액정 디스플레이 또한 더욱더 그 중요성이 커지고 있고, 그에 따라 수직전기장^{1,2)} 또는 수평전기장^{3,4)}을 이용한 다양한 종류의 반투과형 액정디스플레이(LCD)가 개발되어졌다. 특히 초기 액정 방향자가 수평배향된 FFS 모드를 이용한 반투과형 디스플레이의 경우, 고 투과율과 광시야각 특징과 같은 우수한 전기광학특성을 가진다. 하지만 FFS모드는 전극 위치별로 액정이 다른 비틀림 각을 갖기 때문에 화소 전극 중심부에서는 투과율이 감소한다는 단점을 갖는다.

본 논문에서는 수평전기장이 약해 액정의 뒤틀림 각이 작은 화소 전극의 중심부는 반사영역으로 사용하고, 그 외 나머지 영역은 투과영역으로 사용하는 새로운 반투과형 구조를 제안하였다. 유전율 이방성이 음인 액정을 사용하여 반투과형 디스플레이를 제안하였기 때문에 고투과율 특징이 보이며 FFS 전극의 위치별 액정이 회전하는 정도의 차이를 이용하여 투과영역과 반사영역으로 나누었기 때문에 단일갭형 구조를 제안하였다.

2. 셀 구조 및 동작원리

제안된 반투과형 디스플레이의 전기 광학특성을 연구하기 위해 2 X 2 Jones extended matrix 방법으로 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다⁵⁾. 액정은 굴절율 이방성(Δn)이 0.09이고 액정의 유전율 이방성($\Delta \epsilon$)이 -4.0 인 음의액정을 사용하였고, 셀 갭(d)은 4 μ m이며 러빙은 전극에 대하여 10°로 실시하였다. 또한 내장형 위상자의 유전율 이방

성($\Delta \epsilon$)은 -5이며 두께는 1 μ m로 하였다.

그림1은 제안한 FFS 반투과형 디스플레이에서 반사영역과 투과영역의 광학구조를 나타낸 것이다. 반사영역은 $\lambda/4$ 의 위상지연 값을 갖고 투과영역은 0의 위상지연 값을 갖는 패턴된 내장형 위상자를 이용하여 각 영역의 광경로를 조절하였다. 하부 기판의 반사영역에는 반사판을 사용하였으며 외부의 빛을 반사하여 화상을 구현하도록 하였다.

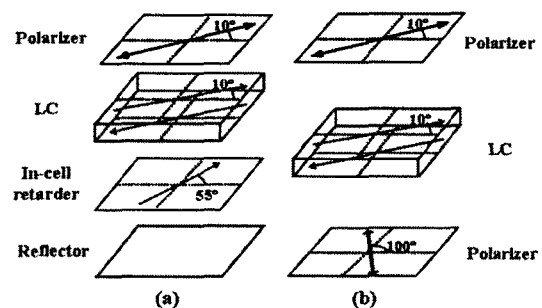


그림 1. 제안된 FFS 모드를 이용한 단일 갭 반투과형 디스플레이 광학 구조. (a) 반사영역, (b) 투과영역

이 광학 구조를 바탕으로 빛의 편광변화를 살펴보면 반사영역은 전압 인가 전에는, 편광 되지 않은 자연광이 10°의 투과축을 갖는 상부 편광판을 지나게 되면 10°로 선편광된 빛이 되고 액정층의 러빙방향이 상부 편광판의 투과축과 일치하기 때문에 액정의 위상지연변화 없이 그대로 통과하게 된다. 이 빛은 $\lambda/4$ 의 위상지연 값을 갖는 내장형 위상

자를 통과하면서 우원편광이 되고, 이 빛은 반사판에 의해 다시 내장형 위상자를 통과하면서 100°로 선평광된 빛으로 변한다. 이 빛은 액정층의 러빙축과 직교하게 통과하기 때문에 위상지연의 변화없이 그대로 통과하여 상부 편광판의 투과축과 수직으로 만나 어둡은 상태를 나타나게 된다. 전압 인가하면 액정의 광축이 22.5° 만큼 회전하게 된다. 광원이 상부 10°의 투과축을 갖는 편광판을 지나면 10°로 선평광된 빛이 되고 액정의 광축은 22.5°만큼 회전하여 32.5°의 축을 갖는 $\lambda/2$ 의 액정의 광축을 지나 55°의 선평광된 빛이 되며, 55°의 광축을 갖는 $\lambda/4$ 의 내장형 위상자와 광축이 일치하여 위상지연 없이 그대로 통과하게 된다. 이 빛은 반사체에 의해 다시 반사되어 내장형 위상자를 그대로 통과하고 $\lambda/2$ 의 위상지연 값을 갖는 액정 층의 32.5°의 광축과 만나면 10°로 선평광된 빛이 되어 밝은 상태를 구현한다.

투과영역의 전압인가 전 편광상태는, 하부의 백라이트에서 나온 빛이 100°의 투과축을 갖는 하부 편광판을 통과하여 나온 빛이 액정 축과 직교되어 어둡은 상태를 구현하게 된다. 투과영역은 하부 100° 투과축을 갖는 편광판을 지나 100°로 선평광된 빛이 되며 액정이 45°만큼 회전하기 때문에 55°의 광축을 갖는 $\lambda/2$ 의 액정을 통과하면 10°로 선평광된 빛이 되어 상부 편광판과 투과축이 일치하여 밝은 상태를 구현한다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림 2는 투과영역과 반사영역의 단일회로 구동을 위하여 화소전극간 거리를 3 μm 로 고정된 후 전극 너비를 6~12 μm (2 μm 간격)로 변화시켜가며 전압에 따른 투과율과 반사율 곡선을 비교하였다. 전극 너비 조건이 6 μm 의 조건에서는 반사영역의 구동전압이 6V로 저전압 특성을 보이지만 두 영역의 감마곡선이 일치하지 않으며 12 μm 의 조건에서는 반사영역의 구동전압이 10V이상의 고전압을 가지기 때문에 상용화하기 어렵다. 결과적으로, 투과영역과 반사영역의 구동전압이 일치하고 두 영역이 단일감마의 특성을 보이는 조건은 화소전극 너비의 폭이 8 μm 일 때인 것을 확인할 수 있었다. 반사율과 투과율 모두 30%이상으로 나타남으로 고투과율 고반사율의 특성을 나타낸다.

그림3은 단일감마 특성을 보이는 전극 너비가 8 μm 일 때의 반사율과 투과율을 노말라이즈한 결과이다. 그림에서 보는바와 같이 반사율 곡선과 투과율곡선이 서로 완벽하게 일치하여 단일 감마 특성을 보이는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는, FFS 모드의 화소전극 너비에 따라 액정의 회전되는 정도의 차이를 이용하여 단일 값으로 구동되는 새로운 FFS 모드 반투과형 액정 디스플레이를 제안하였다. 그 결과 단일감마 특성을 확인할 수 있었으며 고투과율 및 고반사율을 나타내는 것을 확인 하였다. 또한 내장형 위상자를 패턴 향으로써 다른 보상필름을 사용하지

않고, 광학 구조가 단순하다는 장점이 있다.

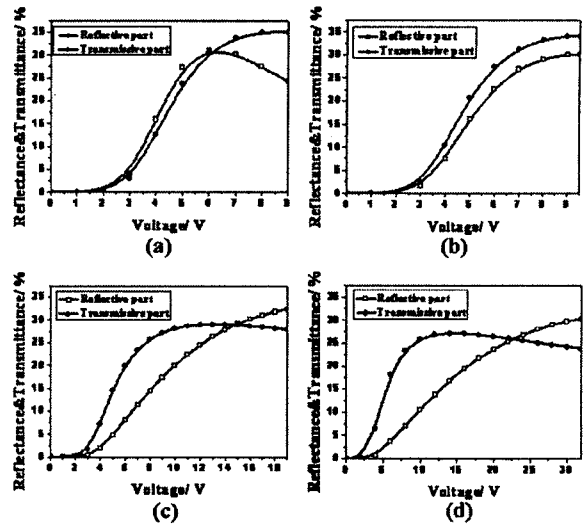


그림 2. 전극너비를 변화하며 관찰한 전압에 의한 투과율과 반사율, (a) $W=6\mu\text{m}, L=3\mu\text{m}$ (b) $W=8\mu\text{m}, L=3\mu\text{m}$ (c) $W=10\mu\text{m}, L=3\mu\text{m}$ (d) $W=12\mu\text{m}, L=3\mu\text{m}$

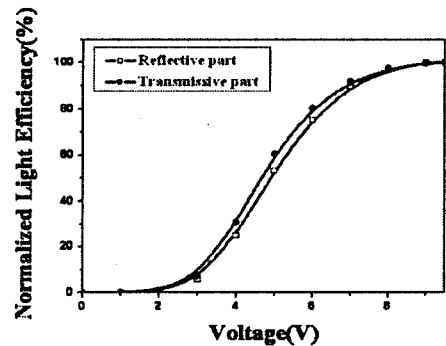


그림 3. 전극 너비가 8 μm 일때의 노말라이즈한 반사율 및 투과율 곡선.

감사의 글

이 논문은 2007년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국 학술 진흥 재단의 지원을 받아 연구되었습니다.(KRF-2007-511-D00071).

참고 문헌

- [1] Y. J. Lee, T. H. Lee, J. W. Jung, H. R. Kim, Y. S. Choi, S. G. Kang, Y. C. Yang, S. S. Shin and J. H. Kim, Jpn. J. Appl. Phys, Vol.45, p. 7827, 2006.
- [2] S. H. Lee, H. W. Do, G. D. Lee, T. H. Yoon and J. C. Kim, Jpn. J. Appl. Phys, Vol.42, p. L1455, 2003.
- [3] J. H. Song, Y. J. Lim, M. H. Lee and S. H. Lee, Appl. Phys. Lett., Vol.87, p. 011108, 2005.
- [4] T. B. Jung, J. C. Kim and S. H. Lee, Jpn. J. Appl. Phys, Vol.42, p. L464, 2003.
- [5] A. Lien, Appl. Phys. Lett., Vol.57, p.2767, 1990.