

단일갭 반투과 FFS 액정 표시 장치의 전기 광학 특성 연구

진미형, 정 은, 임영진, 이승희*
전북대학교

Study on electro-optic characteristics of fringe electric field driven single gap transfective liquid crystal display

Mi Hyung Chin, Eun Jeong, Young Jin Lim, Seung Hee Lee*
Chonbuk National Univ.

Abstract : The fringe electric field driven transfective liquid crystal display with dual orientation has a problem that the voltage-dependent transmittance and reflectance curves do not match each other, requiring a dual driving circuit to achieve a high electro-optic performance. Optimizations of the electrode structure in the array substrate and rubbing direction solve this problem so that the transfective display with a single gap and a single gamma curve for reflective and transmissive region is possible.

Key Words : Transfective liquid crystal display, pixel electrode, single gap

1. 서 론

최근, 반투과형 액정디스플레이는 어떤 외부환경에서도 좋은 시인성을 요구하는 휴대용 디스플레이의 사용이 증가함에 따라 더욱더 중요해졌다.¹⁾ 그에 따라, 다양한 종류의 반투과형 액정디스플레이가 개발되어졌는데 이 중, fringe-field로 구동되는 수평 배향된 이중갭 액정 셀²⁾이 제안되었지만 투과영역과 반사영역의 셀갭이 달라 제조공정이 매우 어렵고 또한, 전압에 따른 반사율과 투과율이 일치하지 않는다. 결과적으로 반사영역과 투과영역 모두에 있어서 고화질을 실현하기 위해서는 두 개의 회로가 필요해졌다.

이러한 이중 셀 갭 문제를 극복하기 위하여 반사영역에는 액정이 hybrid 형태로 배향되고 투과영역에는 액정이 수평 배향된 단일셀 구조를 제안하였다.³⁾ 그러나 여전히 각 영역의 전기 광학 특성 커브에서 큰 차이점을 가진다. 이런 구조에서 전기광학 특성면에서 볼 때, 각 영역의 구동전압 (T_{90})과 일치하지 않고 반사영역에서의 구동전압이 투과영역보다 더 높는데, 이는 반사영역의 액정이 hybrid 형태로 배열되어 한쪽 기판의 액정 배향이 수직으로 위치하기 때문이다. 이러한 문제를 풀기 위하여, fringe-field에 영향을 미치는 각 영역의 전극의 너비(w)와 두 전극간 거리(l)의 변경을 통해 최적화를 시도하였다.

2. 셀 구조 및 동작원리

그림1은 단일 갭 반투과형 디스플레이의 투과 영역과 반사 영역 셀의 구조이다.

전기 광학특성을 연구하기 위해 Eriksen-Leslie 이론⁴⁾을 기초로 2 X 2 Jones extended matrix 방법에 의하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다. 편광판의 단체 투과율 및 평행 투과율은 각각 41%와 35%로 가정하였다. 액정의 굴절률 이방성(Δn)은 0.070이고 액정의 유전율 이방성(ϵ)이 -4.0인 액정을 사용하였다. 셀 갭(d)은 4 μ m로 정하

였다.

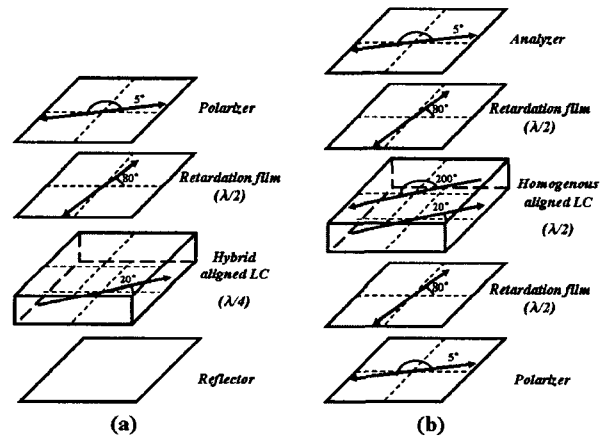


그림 1. FFS 모드로 시뮬레이션을 실행한 단일 갭 반투과형 LCD의 셀 구조. (a) 반사영역, (b) 투과영역.

이 셀 구조를 바탕으로 빛의 편광변화를 살펴보면, 반사영역은 전압이 인가 전에는, 상부 편광판에 의해 선편광된 빛이 $\lambda/2$ 필름을 통과하면서 155°로 선편광된 빛이 되고 액정층을 지나 좌원편광된 빛으로 바뀐다. 이 빛은 반사판에 의해 반사되어 다시 액정층을 지나 65°로 선편광된 빛이 되고 $\lambda/2$ 필름을 통과하여 편광판의 투과축에 수직인 선편광이 되어 어둡은 상태가 나타난다. 전압 인가 시에는, 액정 방향자가 fringe-field에 의해 45°회전하기 때문에 $\lambda/2$ 필름을 통과한 빛은 액정층을 그대로 통과한다. 반사된 빛은 액정층을 다시 그대로 통과하고 $\lambda/2$ 필름을 지나 상부 편광판의 투과축과 동일한 방향으로 선편광된 빛이 되어 밝은 상태가 나타나게 된다.

투과영역의 경우 전압 인가 전에는, 하부 편광판을 통과해 선편광된 빛은 하부 $\lambda/2$ 필름을 지나 155°로 선편광된 빛으로 바뀌고 액정층을 지나 -115°로 선편광된 빛이

된다. 이 빛이 상부 $\lambda/2$ 필름을 통과하면 95° 로 선편광된 빛이 되어 어둡게 상태를 구현한다. 전압 인가 시, 하부 $\lambda/2$ 필름을 지나 선편광된 빛은 fringe-field에 의해 45° 회전한 역정축을 지나 155° 로 선편광된 빛이 된다. 이 빛은 상부 $\lambda/2$ 필름을 통과해 상부 편광판의 투과축과 일치하여 밝은 상태가 나타난다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림 2는 구동전압과 최대 투과율, 반사율을 W와 l에 따라 나타낸 것이다.

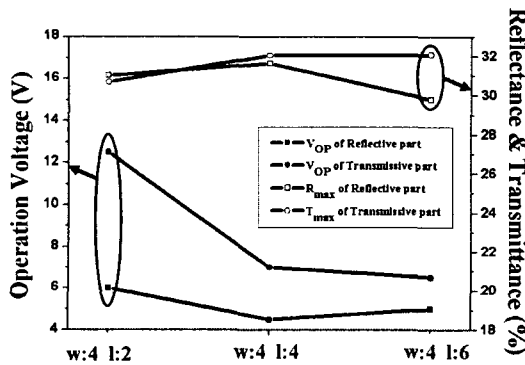


그림 2. 전극너비와 전극간 거리에 따른 각 영역의 최대 투과율, 반사율과 구동전압

그림 2에서, w 는 $4\mu\text{m}$ 로 고정하고 l 은 $2\mu\text{m}$ 에서 $6\mu\text{m}$ 까지 다양하게 변화시켜 보았다. 투과영역은 l 이 증가함에 따라 수직 전기장의 영향을 덜 받게 되므로 투과율은 항상하고 구동전압은 감소하는 경향을 보인다. 반사영역은 l 이 $4\mu\text{m}$ 에서 반사율은 최대, 구동전압은 최소의 값을 가짐을 확인하였다. 그러나, 투과 및 반사영역에서의 구동전압의 매칭을 위해서 투과영역의 w 및 l 은 $4\mu\text{m}$ 와 $6\mu\text{m}$ 로, 반사영역의 w 및 l 은 $4\mu\text{m}$ 와 $2\mu\text{m}$ 로 하는 것이 빛의 효율 및 구동전압 측면에서 최적화됨을 확인할 수 있었다.

그림 3은 입사 파장이 550nm 조건에서 투과영역의 w 및 l 이 $4\mu\text{m}$ 와 $6\mu\text{m}$, 반사영역의 w 및 l 이 $4\mu\text{m}$ 와 $2\mu\text{m}$ 일 때의 FFS셀에서 전압에 의한 반사율과 투과율 커브를 나타낸 그림이다. 투과영역과 반사영역의 커브가 거의 일치하기 때문에 단일 구동회로로 구동될 수 있다는 것을 보여준다.

시야각은 전극과 전극구조를 최적화시킨 전극구조의 변화에 의해 영향을 받는다. 그림 4에서 보는바와 같이, 각 영역의 명암 대비율 5대1인 영역이 거의 전 영역에서 polar angle 기준으로 50° 가 넘는다. 이에, 최적화된 반투과형 FFS 셀은 단일값, 단일 구동회로로 구동되며, 각 영역에서 좋은 시야각 특징을 가진다는 장점을 가진다.

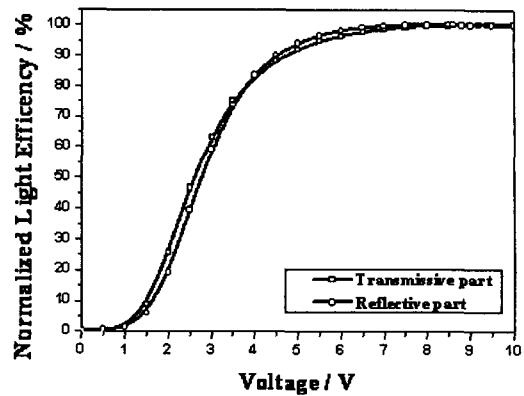


그림 3. 입사 파장이 550nm 일때, FFS 셀에서의 전압에 따른 투과율과 반사율.

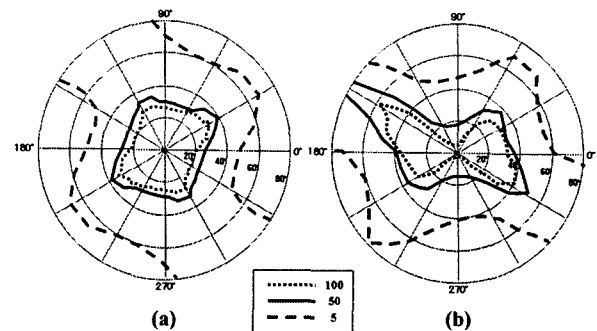


그림 4. 입사 파장이 550nm 일때의 명암대비율. (a) 반사 영역, (b) 투과 영역

4. 결론

본 연구에서, 우리는 전극조건을 최적화하여, 반사영역과 투과영역의 전기광학커브가 일치하고 단일값 단일구동 회로를 실현할 수 있는 이중배향 FFS모드 반투과형 디스플레이를 제안하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R01-2004-10014-0) 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] H.-I. Baek, Y.-B. Kim, K.-S. Ha, D.-G. Kim and S.-B. Kwon: IDW Dig., p. 41, 2000.
- [2] T. B. Jung, J. C. Kim and S. H. Lee: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 42, p. L464, 2003.
- [3] Y. J. Lim, J. H. Song, Y. B. Kim and S. H. Lee: Jpn. J. Appl. Phys. Vo. 43, p. L972, 2004.
- [4] E. B. Priestley, P. J. Wojtowicz and P. Sheng: Introduction to Liquid Crystals (Plenum, New York, 1979).