

단일갭 반투과 FFS 액정 디스플레이를 위한 최적 화소 디자인

Optimal Pixel Design for Low Driving Single Gamma Curve and Single Gap Transflective Fringe Field Switching Display

정연학^{1,a}, 임영진¹, 정 은¹, 이승희¹
(Youn Hak Jeong^{1,a}, Young Jin Lim¹, Eun Jeong¹, and Seung Hee Lee¹)

Abstract

When a dielectric layer, in-cell retarder (ICR) is formed between electrode and LC layer to get a single gap transflective fringe-field switching (FFS) display, the operating voltage (V_{op}) is highly increased due to the thickness of dielectric material. But, we also knew the phenomenon that the increasing rate of V_{op} is different whether the 1st common electrode was composed of plate type or slit type. In this paper, the common electrode in transmissive part was composed of slit type which had less steepness effect of the V_{op} and in reflective part was composed of plate type. The rubbing angle of reflective part can be adjusted properly to match the voltage dependent transmittance and reflectance.

Key Words : Single gap, Transflective, In-cell retarder (ICR), Rubbing angle

1. 서 론

반투과 LCD의 반사부는 액정층을 통과하는 광 path가 2회이므로, 위상지연이 2배만큼 발생하게 된다. 따라서, 지금까지는 이를 해결하기 위해, 반사부의 셀갭을 투과부의 절반수준으로 하여, 위상지연치를 일치시키고자 하였으나, 이중셀갭에 따른 제조 및 특성상의 단점으로 인해 최근에는 단일갭 반투과 LCD의 연구가 활발히 이루어져 왔다.

이를 위해, VA, ECB, IPS, FFS mode등이 단일갭 반투과 LCD에 응용한 연구가 진행되어 왔고, 이중에 FFS mode가 넓은 시야각, 높은 반사 및 투과율 등의 특성으로 많은 연구가 진행되어 왔다.

일반적으로, 상대전극 및 픽셀 전극이 모두 하부 어레이 기판에만 존재하는 FFS mode에서, 전극층위에 위치한 내장형 위상자 (ICR: in-cell retarder)는 구동전압 상승을 상승시킨다. 특히, 투

과부는 반사부에 비해 액정의 회전을 2배만큼 크게 하여야 하므로 투과부의 구동전압은 일반적인 Mobile용 Driver - IC의 구동영역을 상회하는 문제를 안게 된다[1,2]. 전에는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해, 반사판 및 내장형 위상자를 코팅한 칼라필터 기판을 하부에 위치시키고, 전극들이 형성된 어레이 기판을 상층으로 배치시킨 연구도 진행되었다[3,4]. 그러나, 이럴 경우는 TFT의 채널 역할을 하는 아모퍼스 활성층이 외부의 빛 및 백라이트에 노출되어 소자 특성을 열화시키는 문제점이 존재하게 된다.

우리는 전극층위에 내장형 위상자가 형성될 경우, 필연적으로 구동전압이 상승하게 되나, 1st 상대전극의 구조가 slit type이냐 혹은 plate type이냐에 따라 구동전압 상승폭이 다르다는 것을 알았다. 따라서 본 논문에서는 1st 상대전극을 Slit type 혹은 Plate type으로 하여 전극층위에 내장형 위상자층, 즉 유전층의 두께를 변화시키면서 V-T 특성을 시뮬레이션 하였다.

1. 전북대학교 교분자 · 나노공학과
(전북 전주시 덕진구 덕진동 1가)

a. Corresponding Author : jyhak1@empal.com

접수일자 : 2007. 10. 10

1차 심사 : 2007. 10. 17

심사완료 : 2007. 10. 18

2. 실험

그림 1의 (a)는 단일 갭 반투과 FFS의 셀 구조에

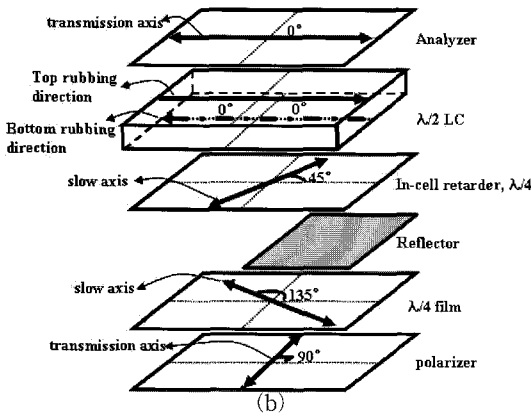
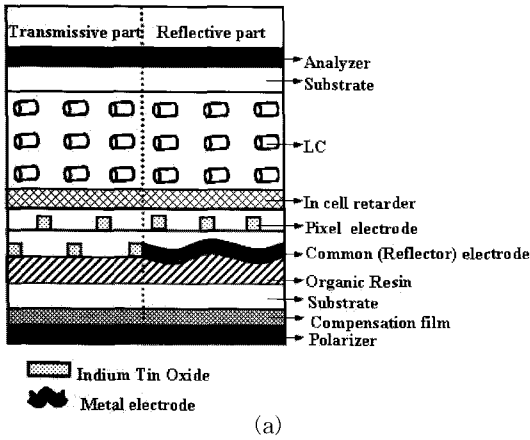


그림 1. 단일갭 반투과 FFS LCD의 (a) 측면도, (b) 광학구조.

Fig. 1. (a) Cross-sectional view and (b) Optical configuration of the single cell-gap transfective FFS LCD.

대한 측면도를 보여주고 있다. 여기서 투과영역의 상대전극 및 화소전극은 slit type의 투명전극으로 구성하였다. 반사영역의 하부 상대전극은 plane type의 반사전극으로, 화소전극은 slit type의 투명전극으로 구성하였다. 전극층위에 형성된 내장형 위상자판은 $\lambda/4$ 만큼의 위상차를 가지게 된다. 이를 위한 광학 소재들의 광축에 대한 구성을 그림 1의 (b)에서 나타내었다. 초기 액정층의 광축은 상부 검광자(analyzer)와 평행하게 배열이 되어 있고, 내장형 위상자판의 광축에 대하여 45° 만큼 사잇각을 가지게 된다. 또한 투과영역에서는 내장형 위상자판의 광축과 90° 만큼 틀어져 있고, 내장형 위상자와 거의 동등한 위상차를 가지는 보상필름을 하부 기판과 편광판 사이에 위치시킴으로, 전압 인가 전 반사영역 및 투과영역에서 어둡상태의 구현이 가능하게 된다.

표 1. 시뮬레이션 조건.

Table 1. Simulation condition.

Elements	Contents	
전극구조	Slit type	width=4,length=4
	Plate type	width=3,length=5
절연층	유전율(ϵ)	6.5
	두께	200 nm
ICR층	유전율(ϵ)	5
	두께	100 nm ~ 900 nm, 200 nm steps
LC층	Cell gap (d)	3.8 μ m
	Δn	0.1
	$\Delta \epsilon$	8.2
	Rubbing angle	83°

상대전극의 구조 및 내장형 위상자에 따른 전기광학 특성을 구하기 위한 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다. 즉, slit type과 Plate type의 전극 구조에 대하여, 전극층과 액정층 사이에 비치되어 있는 내장형 위상자층의 두께를 조절하였다.

Eriksen-Leslie theory 및 2×2 Jones Matrix에 의한 액정 동역학에 대한 계산을 수행하는 상용화된 시뮬레이터인 LCD master (Shintech, Japan)가 사용되었다[5-7].

3. 결과 및 검토

그림 2의 (a)는 1^{st} ITO 상대 전극이 Plate 구조, (b)는 Slit으로 되어 있을 때의 ICR 두께에 따른 구동전압 및 투과율 커브를 보여주고 있는 시뮬레이션 결과이다. 여기서, 주목할 점은, 1^{st} ITO 상대전극이 Plate 구조인지 혹은 Slit구조인지에 따라, 구동전압의 상승 정도에 있어서 상당한 차이를 보인다는 점이다. 내장형 위상자 두께가 100 nm에서 900 nm로 증가시, Plate구조의 상대전극에서는 구동전압이 4.4 V에서 9 V로, Slit전극 구조에서는 4.2 V에서 6.2 V로 증가하였다. 뿐만 아니라, 각 경우에 대해서 투과율도 소폭 상승하는 경향을 보이고 있다.

FFS모드를 단일갭 반투과로 응용하기 위해서는 반드시 확보해야할 두 가지의 중요한 전기광학 특성이 있다. 가장 중요한 첫번째는, 투과영역의 구동전압을 낮추는 방안을 찾는 것이다. 이런 관점에서, 투과부의 상대전극을 slit type으로 디자인 하는 것은 훌륭한 대안이 될 수 있다. 그리고 두번째는, V-T 및 V-R curve의 매칭을 통한 단일 감마의 구현이라 할 수 있다.

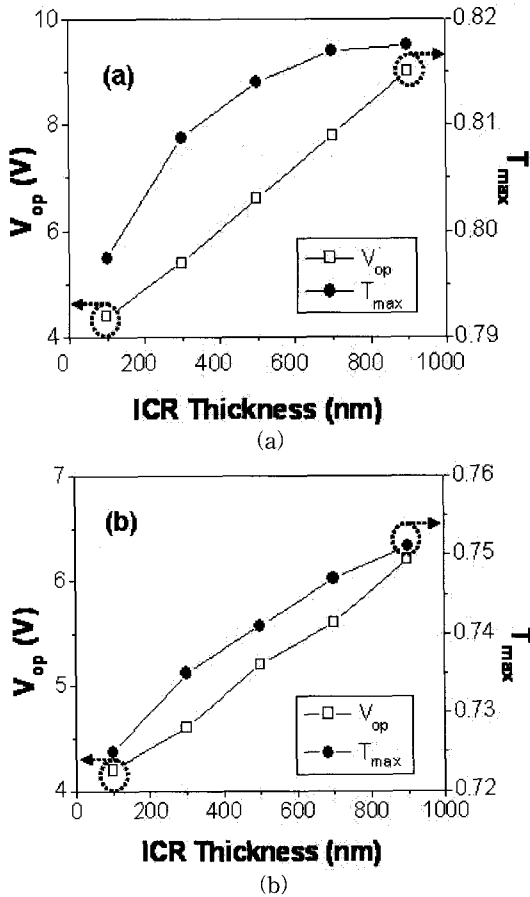


그림 2. 상대전극이 (a) Plate, (b) Slit 구조에서의 ICR두께 증가에 따른 구동전압 및 최대 투과율.

Fig. 2. Operating voltage and maximum transmittance as a function of ICR thickness with (a) plane and (b) slit shape of common electrode.

그림 3의 (a)는 투과영역에서 상대전극을 plane type 및 slit type으로 하였을 경우 전압에 따른 투과율 곡선을 보여 주고 있다. 이때, 내장 위상차층은 위상지연치를 대략 $\lambda/4$ 로 맞추기 위해 900 nm 두께의 유전층으로 배치하였다. 이 그래프에서 보듯이, 구동전압 (V_{op} : operating voltage)이 plane은 9 V, slit은 6.2 V로 대략 3 V 만큼의 차이를 보이고 있다. 뿐만 아니라, 구동전압에서는 plane이 투과율이 높지만, 전압이 대략 6 V이하에서는 투과율이 오히려 slit에서 더 높게 역전되는 현상을 보여주고 있다.

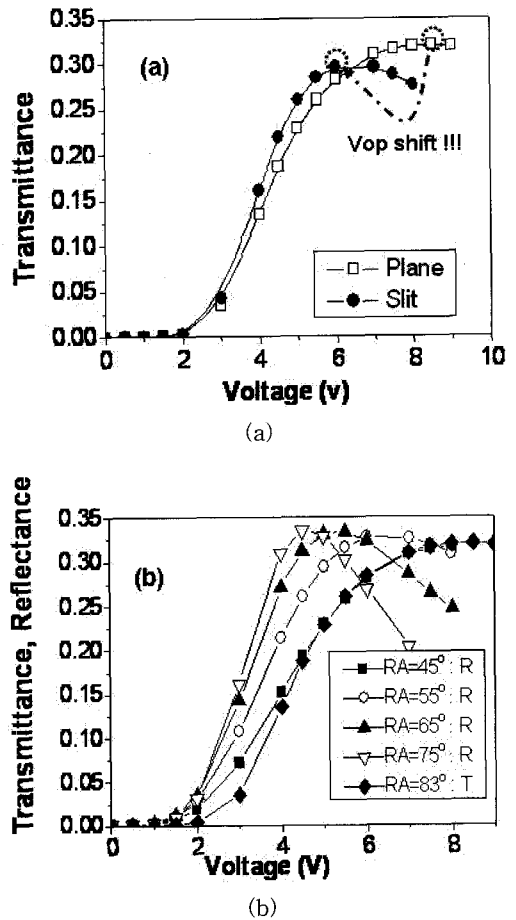


그림 3. (a) 전극 구조에 따른 V-T curves, (b) 러빙각에 따른 V-T 및 V-R curves.

Fig. 3. (a) Voltage-dependent transmittance curves in relation to the electrodes structure, and (b) Voltage-dependent reflectance and transmittance curves as a function of the rubbing angles.

그림 3의 (b)는 반사 및 투과영역이 모두 plane type으로 형성되었을 때 어느정도의 구동전압영역에서 반사율 및 투과율 curve를 매칭시킬수 있을 지를 보여주고 있다. 반사영역은 러빙각이 클수록 구동전압이 투과영역에 비해 지나치게 작아지게 되어 V-T 및 V-R의 불일치를 가중시키는 결과를 가져오게 된다. 따라서 반사영역의 러빙각을 45° 정도로 작게 하였을때, 대략 구동전압 9 V영역에서 V-T 및 V-R curve가 매칭이 되는 것을 확인할 수 있다.

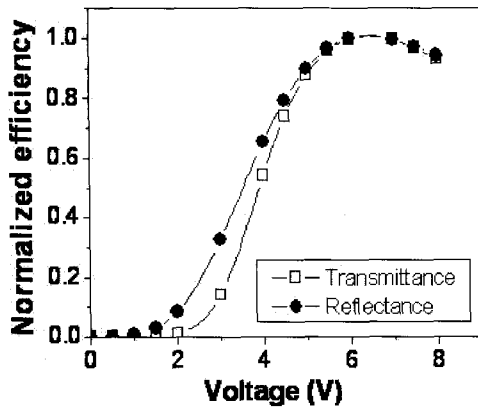


그림 4. 최적 상태에서 V-T 및 V-R curve 특성.
Fig. 4. Voltage-dependent normalized transmittance and reflectance curves under optimum conditions.

투과부의 상대전극을 slit type, rubbing angle을 83° 로 하였고, 반사부는 상대전극을 plate type, rubbing angle을 55° 로 하였을 때, 그림 4에서와 같이 V-T 및 V-R curve 특성이 잘 매칭됨과 동시에 기존의 plane 전극만을 사용하였을 경우보다 구동전압 또한 낮출 수 있음을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

본 연구를 통하여, 투과부는 상대전극을 slit type, 반사부는 plate type으로 디자인함으로 내장형 위상자층이 전극층과 액정층 사이에 두텁게 형성되더라도 종래 plane의 상대전극만을 사용하였을 경우 대비 V-T 및 V-R curve의 매칭 및 구동전압을 낮추는데 있어서 효과가 있음을 알았다. 또한 반사부는 rubbing angle의 조절을 통해 구동전압 매칭에 효과적으로 대응할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2004-000-10014-0) 지원으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] Y. H. Jeong, H. Y. Kim, J. B. Park, M. S. Kim, G. H. Kim, S. M. Seen, D. H. Lim, S. Y. Kim, Y. J. Lim, and S. H. Lee, "Voltage and Rubbing Angle Dependent Behavior of the Single Cell Gap Transflective Fringe Field Switching (FFS) Mode", Dig. Tech. Pap. Society for Information Display Int. Symp, p. 723, 2005.
- [2] J. B. Park, H. Y. Kim, Y. H. Jeong, D. H. Lim, S. Y. Kim, and Y. J. Lim, "Novel transflective fringe-field switching mode using common electrode with box and slit shape", Jap. J. App. Phys., Vol. 44, p. 6701, 2005.
- [3] Y. J. Lim, Y. H. Jeong, M. O. Choi, W. G. Jang, and S. H. Lee, "A single gap transflective display with single gamma curve in the fringe field switching mode", Jap. J. Appl. Phys., Vol. 44, p. L1532, 2005.
- [4] M. O. Choi, J. H. Song, Y. J. Lim, T. H. Kim, and S. H. Lee, "A Single Gap Transflective Display using a Fringe-Field Driven Homogeneously Aligned Nematic Liquid Crystal Display", Dig. Tech. Pap. Society for Information Display Int. Symp, p. 729, 2005.
- [5] A. Lien, "Extended Jones matrix representation for the twisted nematic liquid-crystal display at oblique incidence", Appl. Phys. Lett., Vol. 57, p. 2767, 1990.
- [6] H. Y. Kim, S. H. Nam, and S. H. Lee, "Dynamic stability of the fringe-field switching liquid crystal cell depending on dielectric anisotropy of a liquid crystal", Jap. J. App. Phys., Vol. 42, p. 2752, 2003.
- [7] J. B. Park, H. Y. Kim, Y. H. Jeong, D. H. Lim, S. Y. Kim, Y. J. Lim, and S. H. Lee, "Analysis of reflective part with wide-band property in single gap transflective fringe-field switching mode", Jap. J. App. Phys., Vol. 44, p. 6695, 2005.