

FFS(Fringe Field Switching)모드를 이용한 단일갭 반투과형 액정 디스플레이

진미형, 정 은, 임영진, 이승희*
전북대학교

A Single Gap Transflective Display using Fringe Field Switching Mode

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

Abstract : A transflective liquid crystal displays driven by fringe field switching mode of new concept is being suggested. The FFS mode is known to have the different twist angle distribution at the position when an operating voltage is applied. We make the cell design by using the different twist angle which has some region decided on transmissive region and other region used to reflective region. By optimizing simulation condition in the concept, we proposed new transflective LCDs using FFS mode with single gap and single gamma characteristics.

Key Words : Transflective liquid crystal display, Fringe-Field Switching, single gap

1. 서 론

최근 휴대용 디스플레이의 사용이 증가함에 따라, 외부와 내부에서도 우수한 효율성을 가지는 반투과형 액정 디스플레이가 디스플레이 시장에서 더 큰 주목을 받고 있다. 이에 따라 vertical alignment (VA)¹⁾, electrically controlled birefringence (ECB)²⁾, in-plane switching (IPS)³⁾, fringe-field switching (FFS)⁴⁾와 같은 다양한 모드를 이용한 반투과형 액정디스플레이가 개발되어지고 있다. 이 중, fringe field를 이용한 FFS 모드는 초기 수평배향된 액정 방향자로 인하여 광시야각과 높은 투과율을 가지는 장점이 있다.

일반적으로, 대부분의 반투과형 액정 디스플레이는 한 픽셀에 투과영역과 반사영역으로 나뉘는데, 본 논문에서는, FFS모드가 전극에서 각 위치마다 다른 Twist angle을 가진 특징을 이용하여 FFS 모드의 전극 길이를 기존의 FFS 전극 길이보다 증가시켜 전극위에서 액정이 적게 돌게 하여 전극의 일부는 반사영역으로 쓰고 나머지 영역을 투과영역으로 사용하였다. 전극 위치에 따른 액정이 회전하는 정도의 차이를 이용하여 투과영역과 반사영역으로 나누었다. 이에, 우리는 FFS모드를 이용한 새로운 단일갭 반투과형 액정디스플레이를 제안했다.

2. 셀 구조 및 동작원리

FFS모드를 이용한 반투과형 액정 디스플레이의 전기광학 특성을 연구하기 위하여, 2 X 2 Jones extended matrix에 기반을 둔 상업적으로 유용한 소프트웨어 LCD master (Shintech, Japan)를 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다⁵⁾. 이 때 편광판 한 장과 평행하게 놓여있는 두장의 편광판들의 투과율은 각각 41%와 35%로 가정하였다. 시뮬레이션에 사용된 액정의 굴절률은 0.099이고 셀 갭은 4μm이다. 또한, tilt 각은 2° 이고 액정의 초기 러빙방향은 80도로 정하였다.

그림 1.은 FFS모드를 이용한 반사영역과 투과영역의

셀구조를 보여준다.

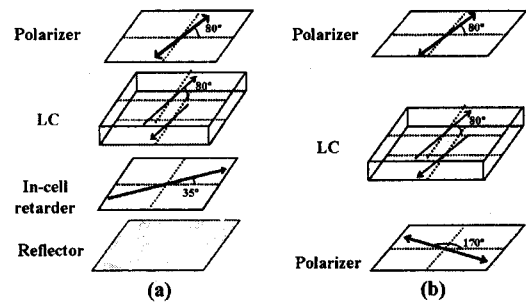


그림 1. FFS 모드로 시뮬레이션을 실행한 새로운 반투과형 LCD의 셀 구조. (a) 반사영역, (b) 투과영역.

반사영역의 구조에서 In-cell retarder와 액정의 러빙방향은 각각 35°, 80°이고, 액정의 러빙방향과 편광판의 투과축은 일치한다. 투과영역에서는 상부편광판의 투과축, 액정의 러빙방향은 반사영역과 일치하지만, 패턴된 In-cell retarder가 사용되었기 때문에, 상부 편광판에 수직인 하부 편광판만이 한 장 추가되어 단순한 구조를 갖는 장점이 있다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

fringe-field로 구동되는 FFS 모드의 전극 간 위치에 따른 twist 정도를 관찰하기 위하여 전극간 거리는 3μm로 고정하고 전극은 6μm에서 12μm까지 변화시켜 보았다.

그림 2에서 보는 바와 같이, 전극 가운데 부분에서는 수평 전기장의 영향이 적어 액정이 회전하는 정도가 적고 전극의 가장자리 부분에서는 수평 전기장의 영향이 크기 때문에 그림2(c)와 그림(d)처럼 액정이 Over twist되어 투과율이 떨어진다. 전극의 너비가 클수록 전극의 가장자리 부분에서는 수직전기장이 강해지고 전극의 가운데 부분에서는 수평전기장이 약해지기 때문에 전극의 다른 세 위치

에서의 Twist angle의 차이가 커지는 것을 확인할 수 있다. 이 결과, 전극너비가 커질수록 twist angle 변화의 폭이 심해져 10 μm 이상에서는 반사영역으로 사용할 수 있는 영역이 줄어들는다.

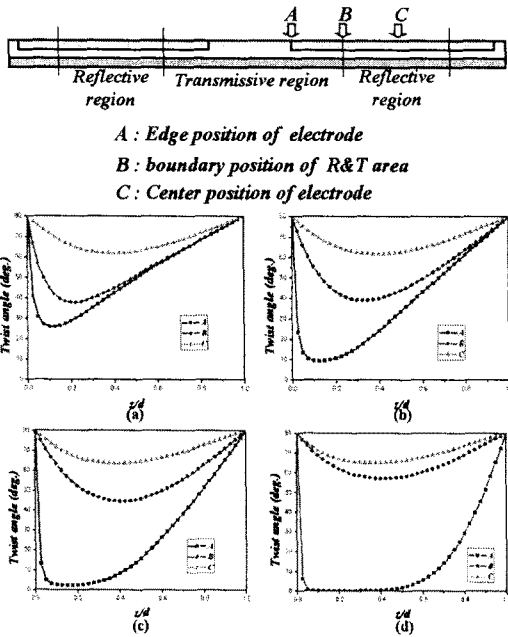


그림 2. 액정의 Twist angle에 의한 z/d, (a) 전극너비=6 μm , (b) 전극너비=8 μm , (c) 전극너비=10 μm , (d) 전극너비=12 μm

결과적으로 전극너비가 6 μm , 8 μm , 10 μm , 12 μm 일 때, 액정이 회전하는 정도에 따라 반사율이 30% 이상으로 반사영역으로 사용할 수 있는 너비는 각각 5 μm , 5 μm , 4.5 μm , 4.5 μm 로 나타났다.

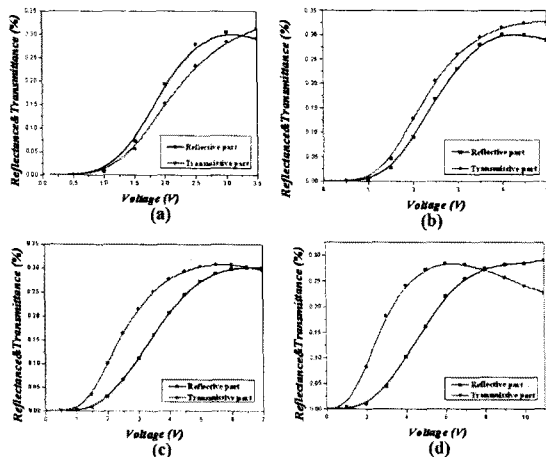


그림 3. 전극너비를 변화시켜 관찰한 전압에 의한 투과율과 반사율, (a) 전극너비=6 μm , (b) 전극너비=8 μm , (c) 전극너비=10 μm , (d) 전극너비=12 μm

그림 3은 전극너비를 6 μm 에서 12 μm 까지 다양하게 변화시켜 전압에 의한 투과율과 반사율의 시뮬레이션 결과이다. 관찰 결과, 전극너비가 6 μm 인 경우 반사영역의 구동전

압이 3V인데 비하여 전극너비가 12 μm 인 경우에는 11V로 구동전압이 상당히 커지는 것이 관찰되어, 전극너비에 따라 반사영역에서의 구동전압도 커지는 것을 확인했다.

네 가지 전극 조건 중에서 반사영역과 투과영역의 구동전압이 같고 전압에 따른 투과율과 반사율 전기광학 특성이 가장 유사한 조건은 전극너비가 8 μm 인 경우이다. 이 조건은 다른 세 조건보다 두 영역의 구동전압이 낮고 4.5V로 일치하기 때문에 단일값 반투과형 액정 디스플레이를 제안할 수 있으며, 그림 4에서와 같이 투과율과 반사율을 각각의 구동전압에 대해 노멀라이즈 했을 때, 투과영역과 반사영역의 전압에 따른 빛 효율 커브가 거의 일치하기 때문에 단일 구동회로로 구동될 수 있다는 것을 보여준다.

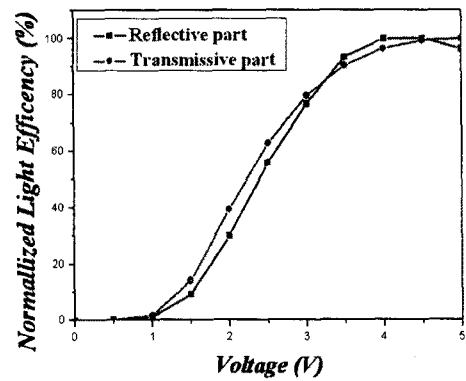


그림 4. 전극너비가 8 μm 일 때 전압에 의한 투과율과 반사율

4. 결론

본 논문에서는, FFS 모드의 전극 위치에 따라 액정의 회전되는 정도의 차이를 이용하여 단일값으로 구동되는 새로운 FFS 모드 반투과형 액정 디스플레이를 제안하였다. 패턴된 In-cell retarder를 사용하였기 때문에, 추가적인 보상필름 없이 단일값으로 구성된 단순한 반투과형 구조를 만들었고, 결과적으로는 반사 영역과 투과영역의 전기광학 특성이 동일한 단일값만 특성을 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 과제는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- [1] H. W. Do, S. J. Park, S. H. Lee, G.-D. Lee, T.-H. Yoon, and J. C. Kim, IDW'06, p. 153, 2003.
- [2] C.-S. Cheng, C.-J. Hu, C.-M. Chang, W.-L. Liao, IDW'06, p. 639, 2006.
- [3] J. H. Song and S. H. Lee, Jpn. J. Appl. Phys., 23, L2230, 2004.
- [4] T. ochiai, T. Sasaki, T. Miyazawa, M. Maki, M. Morimoto, and M. Ohkura, SID'07, p. 1258, 2007.
- [5] A. Lien, Appl. Phys. Lett. vol. 57, p. 2767, 1990.