

## IPS 모드를 이용한 반투과형 액정 디스플레이

송제훈, 임영진, 이승희

전북대학교 신소재공학부

### Transflective Liquid Crystal Display using In-Plane Switching Mode

Je Hoon Song, Young Jin Lim, Seung Hee Lee

School of Advanced Materials Engineering, Chonbuk National University

#### Abstract

We have studied electro-optic characteristics of transflective liquid crystal display (LCD) using in-plane switching mode. Unlike previous transflective LCD using a dual gap structure and multi driving circuit, this transflective LCD has a single gap structure and a single driving circuit. In the voltage on state, the electric field is applied horizontally to the LC directors, and then homogeneously aligned LC directors at initial state is rotated to with the electric field. But the twist angle of the LC directors in reflective area is lower than transmissive area. As a result, it is possible to design the transflective LCD with a single gap and a single driving circuit. The transflective display associated with this LC cell exhibits a wide viewing angle in both reflective and transmissive areas.

**Key Words** : transflective LCD, in-plane switching, single gap, wide viewing angle.

#### 1. 서 론

최근, 반사형 LCD는 주변 광원을 이용하므로 소비전력이 낮고 두께가 얇고 가벼우며 옥외 시인성이 뛰어나기 때문에 핸드폰과 personal digital assistance (PDA)와 같은 휴대용 장치에 많이 이용되고 있다. 그렇지만 실내와 같은 주변광원이 약한 곳에서는 디스플레이의 시인성이 떨어진다. 이런 반사형 LCD의 단점을 보완하기 위해 옥내나 옥외에서 좋은 시인성을 나타내는 반투과형 LCD에 대해서 연구되었다[1].

일반적으로 반투과형 LCD는 이중 셀 갭 ( $d$ )을 갖는 구조[2,3]와 이중 구동 회로[4]를 이용한 형태가 있다. 이중의  $d$ 를 갖는 구조의 반투과형 LCD에서는 반사 영역과 투과 영역에서 모두 높은 광효율을 갖는다. 그렇지만 투과 영역에서의 응답시간이 반사 영역에서의 응답시간보다 4배나 느리고 반사 영역과 투과 영역에서 색순도와 같은

화질의 차이가 생기며, 수직 전기장에 의해 구동되는 액정 모드들에서는 투과 영역에서 시야각이 매우 좁은 문제점들이 있다. 게다가 일반적인 반사형 LCD에 비해서 투과 영역에서의  $d$ 가 반사 영역에서의  $d$ 의 두배 이어야 하므로 추가적인 공정이 필요하게 된다. 그리고 이중 구동 회로를 이용한 반투과형 LCD는 반사 영역과 투과 영역의  $d$ 를 동일하게 할 수 있지만 구동 회로에서의 비용이 증가하게 된다.

근래에 들어 휴대용 장치의 LCD에서도 점점 더 넓은 시야각 특성이 요구되어지고 있다. 이러한 LCD의 시야각 특성은 새로운 액정 모드들의 개발에 의해 상당 수준 개선되었다. 그 중에서 초기 전압 인가전에 액정 방향자가 유리기판에 수평으로 배열되어 있으며, 전압 인가시 in-plane 전기장이 가해져서 액정 방향자가 기판에 평행하게 회전하기 때문에 시야각에 따른 위상지연의 변화가 매우 적어서 넓은 시야각 특성을 가지는 in-plane

switching (IPS) 모드가 개발되었다[5]. 이러한 넓은 시야각 특성 때문에 IPS 모드를 이용한 반사형 LCD에 대해서도 연구되었다[6]. 하지만 보상필름이 액정셀과 반사판 사이에 놓여지므로 시차가 발생하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 IPS 셀을 이용해서 기존의 셀구조를 거의 변화시키지 않고 내장형 위상자와 보상필름을 사용해서 반사 영역과 투과 영역에서 동일한  $d$ 를 가지며 하나의 구동 회로를 사용하며 두 영역 모두에서 넓은 시야각 특성을 가지는 반투과형 LCD를 제안하였다.

## 2. 본 론

IPS 셀은 그림 1에서와 같이 공통 전극과 화소 전극이 하부 기판에만 놓여져 있으며 상부 기판과 하부 기판은 2°의 프리틸트각을 갖고 수평으로 배열되어 있다. 전극의 폭은  $5\mu\text{m}$ 이며 전극간 간격은  $10\mu\text{m}$ 이다. 이러한 전극 구조에서 전압이 인가되면 공통 전극과 화소 전극 사이에 in-plane 전기장이 생성된다. 이로 인해 수평으로 배열된 액정 방향자들이 전기장 방향으로 회전하게 된다. 하지만 전극 윗 부분에서의 액정 방향자의 회전되는 정도가 전극간 사이에서의 액정 방향자가 회전되는 정도보다 적다. 이러한 IPS 셀의 특징과 빛의 위상을 지연시키는 내장형 위상자[7]를 이용하면 반사 영역과 투과 영역에서의  $d$ 가 동일하며 하나의 구동 회로만을 이용하는 새로운 형태의 반투과형 LCD

를 구현할 수 있다.

그림 2는 IPS 셀에서 전압 인가시 위치에 따른 액정 방향자들의 꼬임각 분포를 보여준다. A지점에서는 평균적으로 액정 방향자들이 45°정도 틀어져 있다. 그렇지만 B, C, D에서는 각각 23°, 29°, 15°정도 틀어져 있다. 즉 전극 사이에서는 액정 방향자가 평균적으로 45°만큼 회전하고 전극 윗 부분에서는 평균적으로 22.5°만큼 회전함을 알 수 있다. 이러한 특징을 이용해서 우리는 전극 윗 부분을 반사 영역, 그리고 전극 사이부분을 투과 영역으로 이용해서 반투과형 LCD를 제안하였다.

본 논문에서 IPS 셀을 이용한 반투과형 LCD의 전기-광학적 특성에 대해서는 LCD Master (Japan, Shintech)를 이용해서 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였으며, 계산 방법은 2,X2 Jones matrix 방식[8]을 이용하였다.  $d$ 는  $4\mu\text{m}$ 로 고정하였고 액정의 굴절률 이방성 ( $\Delta n$ )을 변화시키면서 반투과형 IPS 셀의 최적 위상지연값 ( $d\Delta n$ )을 조사하였고, 이때의 액정의 유전율 이방성 ( $\Delta \epsilon$ )은 7.4이며 탄성 계수  $K_{11} = 11.7\text{pN}$ ,  $K_{22} = 5.1\text{pN}$  그리고  $K_{33} = 16.1\text{pN}$ 이며 액정의 프리틸트각은 2°이며 러빙각은 전기장 방향에 대해서 78°로 하였다.

그림 3은 반사 영역과 투과 영역에서의 셀의 광학 구조를 보여준다. 반사 영역에서 편광판 투과축 방향과 액정 러빙 방향은 일치하고 액정층 하부에  $\lambda/4$  만큼의 빛의 위상을 지연시켜주는 내장형 위상자를 사용하였다. 이때 전극들은 반사판의 역할

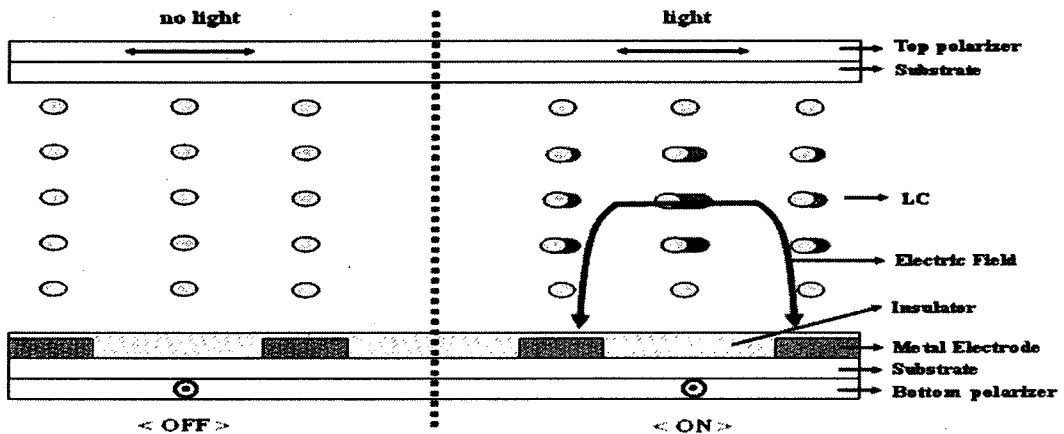


그림 1. On 및 Off 상태시 IPS 셀 구조.

Fig. 1. Cell structure of the IPS cell in the on and off states.

을 한다. 편광판을 지난 선편광된 빛이 러빙 방향과 일치해서 빛의 위상변화가 없고 이 빛이 내장

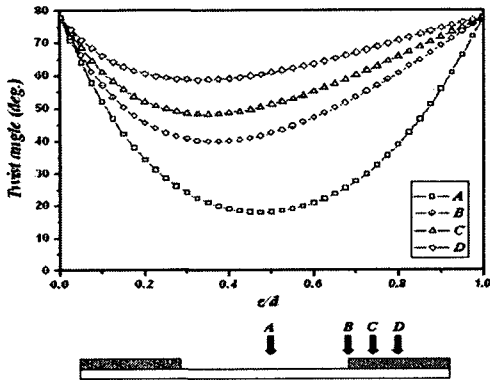


그림 2. 위치에 따른 액정 방향자의 꼬임각 분포  
Fig. 2. Twist angle distribution of LC director at four different positions.

형 위상자의 지연축과 45°를 이루고 있어서 원편광된 빛이 된다. 이 빛이 반사판과 내장형 위상자, 그리고 액정셀을 지나면서 입사된 선편광된 빛에 대해 90°회전된 선편광된 빛이 되므로 어둡게 보여진다. 전압 인가시, 액정 방향자들이 22.5°회전하게 되어 편광판을 통과한 선편광된 빛이 액정층을 지나면서 45°회전된 선편광된 빛이 되어 내장형 위상자의 지연축 방향과 일치하게 되어 빛의 위상이 변하지 않는다. 이 선편광된 빛이 반사판과 내장형 위상자, 그리고 액정층을 지나면서 초기 입사된 선편광된 빛의 방향과 일치하게 되어서 밝은 상태가 보여진다. 투과 영역에서는 액정셀 하부에 λ/4필름을 사용하였다. 전압 무인가시, 하부 편광판을 통과한 선편광된 빛이 λ/4필름을 지나면서 원편광이 되고 이 빛이 다시 내장형 위상자를 지나면서 러빙 방향과 일치하는 선편광된 빛이 되어 액정층을 통과해서 상부 편광판의 투과축 방향에 수직인 방향의 선편광된 빛이 되어 어둡게 보여진다. 전압 인가시, 액정 방향자가 45°회전하게 되어서 내장형 위상자를 통과한 선편광된 빛이 액정층을 통과하면서 상부 편광판의 투과축과 일치하는 방향의 선편광된 빛이 되어 밝은 상태가 보여진다.

그림 4는 위상지연값 ( $d\Delta n$ )에 따른 반사 영역과 투과 영역에서의 최대 반사율 및 투과율, 그리고

각각의 구동전압을 나타낸 그림이다. 이때 한 장의 편광판과 평행한 두장의 편광판, 그리고 λ/4필름

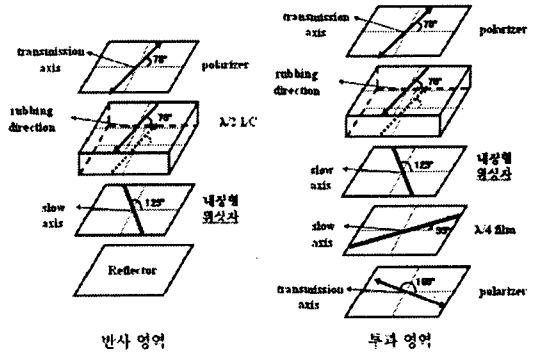


그림 3. 반사 영역과 투과 영역의 셀 구조.

Fig. 3. Cell configurations of Reflective area and Transmissive area.

의 투과율은 각각 41%, 35%, 90%이다. 반사 영역에서는  $d\Delta n$ 에 따라 반사율이 변화가 거의 없지만 투과 영역에서는  $d\Delta n$ 이 변함에 따라 투과율이 크게 변함을 알 수 있다. 각 영역에서의 최대 반사율과 투과율, 그리고 구동 전압을 고려해서 반투과형 IPS 셀의 최적  $d\Delta n$ 을 0.32 $\mu\text{m}$ 로 하였다.

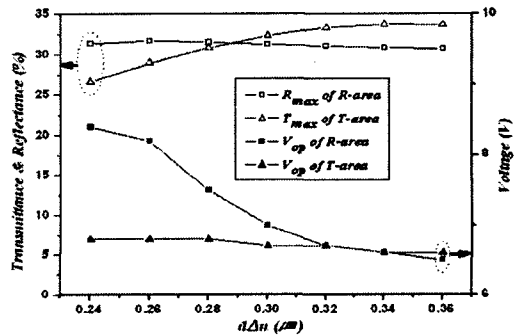


그림 4. 각 영역에서  $d\Delta n$ 에 따른 최대 반사율, 투과율, 그리고 구동 전압들.

Fig. 4. Maximum reflectance, transmittance and operation voltages of each area as a function of  $d\Delta n$ .

그림 5는 입사 파장이 550nm의 반사 영역과 투과 영역의 시야각 특성을 보여준다. 반사 영역에서 명암대비가 5이상인 영역이 모든 방향에 대해서 polar각 50°까지이며, 투과 영역에서 명암대비가

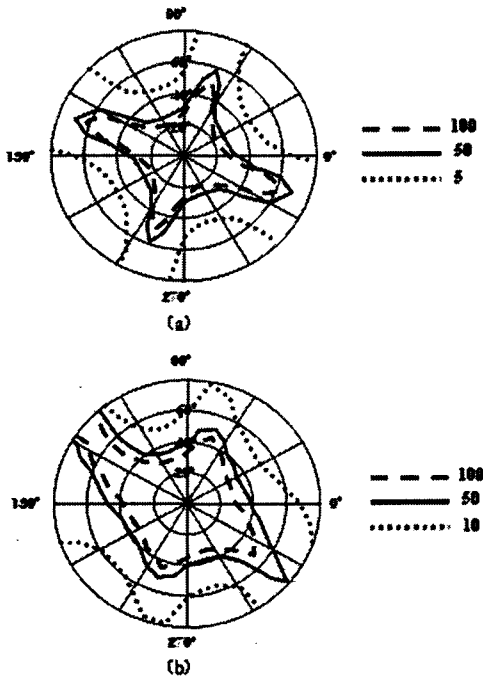


그림 5. 등 명암대비비 곡선 : (a) 반사 영역, (b) 투과 영역.

Fig. 5. Iso-contrast contour : (a) reflective area, (b) transmissive area.

10 이상인 영역도 모든 방향에 대해서 polar각 50°로 양 영역에서 모두 넓은 시야각 특성을 보여준다.

### 3. 결론

우리는 수평 배열되어 있는 IPS 셀에서 전압 인가시 전극 윗 부분과 전극 사이 부분에서의 액정 방향자의 회전되는 정도의 상이함을 이용해서 각 각을 반사 영역과 투과 영역으로 이용한 새로운 반투과형 LCD를 제안하였다. 전압 인가시 액정 방향자가 in-plane 회전하기 때문에 반사 영역과 투과 영역에서 모든 방향에 대해서 polar각 50°까지 제조반전이 없는 넓은 시야각 특성을 보여준다. 그리고 두 영역의 d를 동일하게 할 수 있고 두 영역의 구동 전압도 일치하기 때문에 하나의 구동 회로만을 사용할 수 있는 장점이 있다.

### 감사의 글

본 연구는 IMT-2000 지원금 기술 개발 지원 사

업에 의해서 시행되었습니다.

### 참고 문헌

- [1] R. Watanabe and O. Tomita, "Recent trend of the active matrix LCDs for mobile use", IDW'02, p. 397, 2002.
- [2] H. I. Baek, Y. B. Kim, K. S. Ha, D. G. Kim and S. B. Kwon, "New design of transfective LCD with single retarder film", IDW'00, p. 41, 2000.
- [3] K. Fujimori, Y. Narutaki, Y. Itoh, N. Kimura, S. Mizushima, Y. Ishii and M. Hijikigawa, "New color filter structures for transfective TFT-LCDs", SID Dig. 2002, p. 1382.
- [4] J. C. Kim, C. G. Jhun, K. H. Park, J. S. Gwag, S. H. Lee, G. D. Lee and T. H. Yoon, "Novel design techniques for transfective liquid crystal displays", Proc. of 3rd IMID 2003, p. 283.
- [5] M. Oh-e and K. Kondo, "Electro-optical characteristics and switching behavior of the in-plane switching mode", Appl. Phys. Lett. Vol. 67 p. 3895, 1995.
- [6] G. D. Lee, G. H. Kim, S. H. Moon, J. D. Noh, S. C. Kim, W. S. Park, T. H. Yoon, J. C. Kim, S. H. Hong and S. H. Lee, "Reflective liquid crystal display using non-twist half-wave cell", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 40, p. 221, 2000.
- [7] C. Doornkamp, B. M. I. van der Zander, S. J. Roosendaal, L. W. G. Stofmeel, J. J. van Glabbeek, J. T. M. Osenga, and J. A. M. Steenbakkers, "Next generation mobile LCDs with in-cell retarder", IDW03, p. 685, 2003.
- [8] A. Lien, "Extended Jones matrix representation for twisted nematic liquid crystal display at oblique incidence ", Appl. Phys. Lett., 57. p. 2767, 1990.