

# 수직 배향된 액정 셀과 원 편광판을 이용한 단일 갭 반투과형 액정 디스플레이 연구

김진호, 진미형, 정 은, 임영진, 이승희\*  
전북대학교

## Study on Single Gap Transflective Liquid Crystal Display using the Vertical Alignment Mode and circular polarizer

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

**Abstract :** We proposed a single gap transflective liquid crystal display (LCD) using a vertically aligned (VA) liquid crystal cell and circular polarizer. The conventional VA transflective LCDs have problems that there required several compensation films and voltage-dependent transmittance and reflectance curves do not match each other. To solve these problems, we used circular polarizer and optimized the condition of insulator thickness in the transmissive part and reflective part. Also, we used the patterned vertical alignment (PVA) mode for wide viewing angle in transmissive part. Consequently, this device realized transflective LCD with a single cell gap and single gamma curve.

**Key Words :** Transflective liquid crystal display, Circular polarizer, Single-cell-gap, PVA mode, VA mode

### 1. 서론

최근, 어떤 외부환경에서도 좋은 시인성을 요구하는 휴대용 디스플레이의 사용이 증가함에 따라 반투과형 액정디스플레이는 더욱더 그 중요성이 커졌고 그에 따라, 수직전기장<sup>1,2)</sup> 또는 수평전기장<sup>3,4)</sup>을 이용한 다양한 종류의 반투과형 액정디스플레이(LCD)가 개발되어졌다. 하지만 일반적인 반투과형 LCD는 반사영역과 투과영역의 광경로가 상이하기 때문에 여러 장의 보상필름을 사용해서 단일셀 갭을 만들었고, 단일감마곡선을 갖기 위해 반사와 투과영역의 전극구조를 다르게 패턴하거나 러빙 방향을 다르게 함으로써 제조공정상의 문제를 야기 시켰다.

본 논문에서는 보상필름을 사용하지 않은 단일갭 반투과형 수직 배향된 (VA) LCD를 제안하였고, 그에 따른 전기광학특성을 연구하였다. 또한, 기존의 이중 구동회로를 사용하는 반투과형 LCD의 문제점을 해결하기 위해 간단히 하부기판의 패턴된 전극 상부에 절연층의 두께를 조절함으로써 하나의 구동회로를 갖는 반투과형 LCD를 얻을 수 있었다.

### 2. 셀 구조 및 동작원리

그림1은 제안된 단일 갭 반투과형 액정 디스플레이의 반사 영역과 투과 영역의 단면도이다. 투과영역의 전극은 광시야각 특성을 위해 슬릿형태로 패턴되었고, 단일감마곡선을 실현시키기 위해 하부기판 전극 상부에 절연층을 두었으며, 초기 어둡상태를 구현하기 위하여 수직 배향된 액정 셀과 원 편광판<sup>5)</sup>을 사용하였다.

제안된 반투과형 디스플레이의 전기 광학특성을 연구하기 위해 2 X 2 Jones extended matrix 방법에 의하여 컴퓨터 시뮬레이션을 실행하였다<sup>6)</sup>. 편광판의 단일 투과율 및

평행한 두 개의 투과율은 각각 41%와 35% 이다. 액정의 굴절률 이방성( $\Delta n$ )은 0.0800이고 액정의 유전율 이방성( $\Delta \epsilon$ )이 -4.0인 액정을 사용하였고, 셀 갭( $d$ )은  $4\mu m$ 로 하였고 편광판 방향에 대하여  $45^\circ$ 로 러빙 하였다.

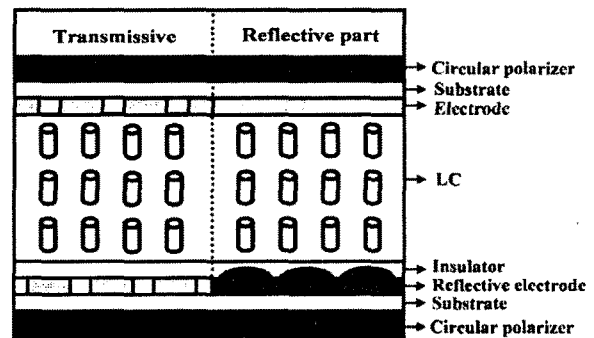


그림 1. 제안된 VA 모드 반투과형 디스플레이의 단면도.

그림2는 제안된 반투과형 디스플레이에서 반사영역과 투과영역의 광학구조를 나타낸 것이다. 이 광학 구조를 바탕으로, 전압인가 전에 대하여 빛의 편광상태 변화를 살펴보면 반사영역(a)은 편광 되지 않은 자연광이 상부  $45^\circ$ 의 투과축을 갖는 원 편광판에 의해 원편광된 빛이 되고 이 빛은 수직으로 배향된 액정을 위상 지연 변화 없이 통과하게 되어 원편광상태를 유지한다. 이 원편광된 빛은 반사체에 의해 반사되어 액정의 위상 지연의 변화 없이 그대로 액정층을 통과하게 되고 상부 원편광을 수직상태를 이루게 되어 어둡 상태를 나타내게 된다. 전압인가 시에는 수직전기장에 의해 액정이 수평방향으로 눕게 되고  $\lambda/4$ 의 위상 지연 값을 갖기 때문에 상부 원편광을 통해 원편광된 빛이  $45^\circ$  선편광된 빛이 되고 이 빛이 반사되어  $\lambda/4$ 의 위상 지

연 값을 갖는 액정을 다시 통과하여 원편광 상태가 되어 상부 원편광 방향과 일치하여 밝은 상태를 구현한다. 투과 영역(b)에 있어서는, 전압인가 전 하부 135°의 투과축을 갖는 원 편광판에 의해 원편광된 빛이 수직으로 배향된 액정을 위상 지연 변화 없이 통과하게 되고 상부 원 편광판과 수직상태를 이루게 되어 어둡은 상태를 나타낸다. 전압인가 시에는 수직 전기장에 의해  $\lambda/2$ 의 위상 지연 값을 가지며 수평방향으로 놓게 되고, 결국 교차된 원편광판 사이에서  $\lambda/2$  위상지연 값으로 인하여 밝은 상태를 구현하게 된다.

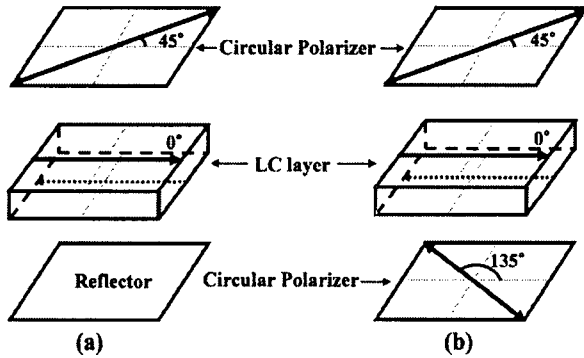


그림 2. 제안된 VA 모드를 이용한 단일 갭 반투과형 디스플레이의 광학 구조. (a) 반사영역, (b) 투과영역.

### 3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림3은 반사영역과 투과영역에서의 단일 갭 특성을 얻기 위해 절연층의 두께를 조절한 전압에 따른 반사율 및 투과율 그래프이다. 그림3(a)는 전압에 따른 반사율 곡선으로 절연층 두께가 0에서 4.2 $\mu\text{m}$ 로 증가함에 따라 최대 반사율을 나타내는 구동전압이 3V에서 6V로 약 1V 씩 증가 하는 것을 알 수 있다. 그림 3(b)는 전압에 따른 투과율 곡선으로 절연층 두께가 0에서 1.5 $\mu\text{m}$ 로 증가함에 따라 문턱전압이 소폭 증가 하는 것을 알 수 있다. 그림4는 그림3의 (a)와 (b)의 결과를 가지고 최적화 시킨 전압에 따른 반사율 및 투과율 곡선이다. 반사 및 투과영역의 절연층 두께가 각각 2.8 $\mu\text{m}$ , 0.5 $\mu\text{m}$ 일 때 반사율과 투과율 곡선이 일치하는 것을 알 수 있었고, 문턱전압이 2V 부근에서 동시에 나타나고 반사율 및 투과율이 30%이상 나타나 단일갭, 단일갭으로 구동됨을 확인할 수 있었다.

### 4. 결론

본 연구에서는 VA 모드를 이용한 단일갭 반투과형 액정디스플레이를 제안하였다. 투과영역은 광 시야각 특성을 위해 PVA 모드를 사용하였고 반사영역에는 기존의 VA 모드를 사용하였다. 또한 반사영역과 투과영역 모두 절연층을 사용하고, 절연층의 두께를 변화하여 문턱전압을 상당히 일치시켰다. 그 결과 단일 갭 곡선을 얻을 수 있었다.

### 감사의 글

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

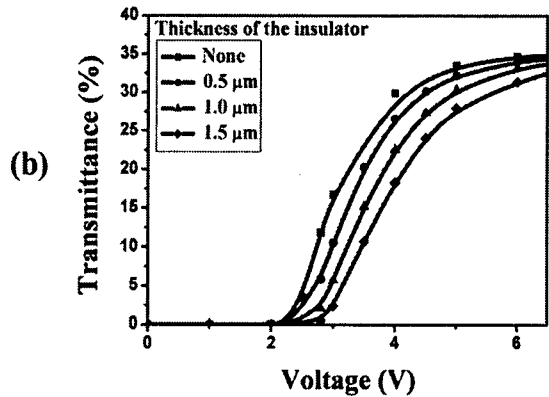
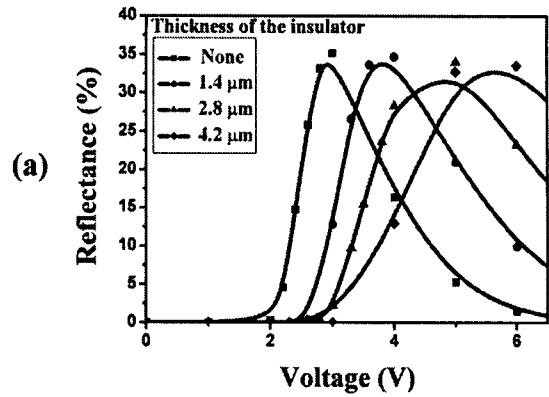


그림 3. 제안된 VA 모드를 이용한 절연층에 따른 반사율 및 투과율 곡선. (a) 반사영역, (b) 투과영역

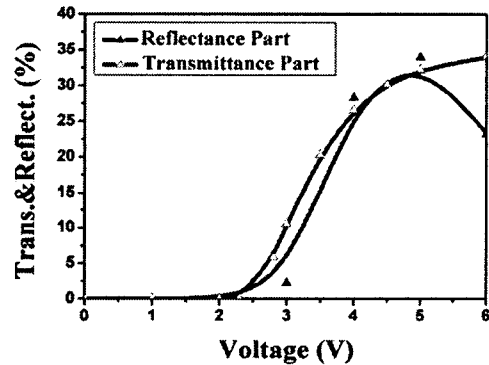


그림 4. 최적화된 VA 모드의 투과 및 반사율 곡선.

### 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] Q. Hong, Thomas X. Wu, Ruibo Lu and S.-T. Wu, Optics Express, Vol.13, p. 10777, 2005.
- [6] A. Lien, Appl. Phys. Lett., Vol.57, p.2767, 1990.