

## 네마틱 액정의 틸트 제어를 이용한 새로운 고속응답 액정 모드에 관한 연구

김상훈, 강형구, 황정연, 배유한, 김영환, 서대식  
연세대학교 전기전자공학과

### Study for a Novel Fast Response time Liquid Crystal Operating Mode using Control of Tilt Angle for Nematic Liquid Crystal

Sang-Hoon Kim, Hyung-Ku Kang, Jeoung-Yeon Hwang, Yu-Han Bae, Young-Hwan Kim, Dae-Shik Seo  
Yonsei Univ.

#### Abstract

In this paper, we have improved a novel fast response time liquid crystal operating mode using tilt angle in the unique condition by hot-plate equipment. The new control of tilt angle for nematic liquid crystal (NLC) with negative and positive dielectric anisotropy on the rubbed homeotropic polyimide (PI) using baking method by Hot-plate equipment was investigated. LC tilt angle decreased with increasing baking temperature and time. Especially, the low LC tilt angle of positive type NLC ( $\Delta n > 0$ ) on the rubbed homeotropic PI surface by increasing temperature and time was measured. The EO characteristics of the high tilted OCB (HTOCB) mode using control of tilt angle on the homeotropic surface than that of conventional OCB cell can be improved. We suggest that the developed the HTOCB cell using control of tilt angle on the homeotropic surface is a promising technique for the achievement of a fast response time and a high contrast ratio.

**Key Words** : OCB, homeotropic polyimide, tilt angle, nematic liquid crystal (NLC), fast response time

#### 1. 서론

현재 TFT(thin film transistor)-LCD(liquid crystal display)는 액정모니터, 노트북 PC, Car Navigation System 그리고 디지털 카메라 등의 다양한 정보디스플레이 소자에 적용되고 있다. 하지만, 급격한 생산성의 제고로 인한 가격 경쟁력의 강화로 LCD는 Note PC와 Monitor라는 한정된 제품에서 벗어나 잠재적 수요가 풍부한 TV 시장으로 진입을 시도하고 있다. 이러한 LCD TV의 구현을 위해서는 화면의 대형화와 고속응답 등을 해결할 필요가 있다. 현재 광범위하게 사용되고 있는 TN mode[1]외에 IPS mode[2,3], VA mode[4,5]

등의 여러 가지 액정동작모드를 이용하여 응답속도의 향상에 노력하고 있다. 표 1에서와 같이, 현재 네마틱 모드중에서 low cell gap TN mode와 OCB mode[6,7]가 고속응답을 구현하는데 가장 적합한 모드라고 생각되고 있다. 먼저 low cell gap TN모드는 셀갭을  $1.5\mu\text{m}$ 로 유지해야 하는데 이러한 낮은 셀갭을 유지하기가 어렵다. 두번째로, OCB mode는 최초에 밴드구조[bend structure]를 형성하는 것과 바이어스 전압에 의한 액정분자의 제어가 어렵다는 문제점을 가지고 있다.

특히, 이러한 OCB의 초기 밴드구조를 형성하기 위하여 40도 이상의 고틸트를 형성시키는 방법을 시도하고 있다. 그러나, 이러한 방법은 고틸트 형

성이 어려울뿐 아니라, 정확한 Bend구조를 형성하지 못하는 단점을 가지고 있다. 그래서 이러한 초기 밴드 구조를 형성하기 위하여 기존의 수평 배향막에 고틸트를 형성하는 방법이 아닌 수직배향막에서 틸트를 낮추는 틸트제어법을 이용하여 초기 밴드구조를 형성하는 새로운 high tilted OCB (HTOCB) 셀을 이용하여 액정의 전기광학 특성을 연구하였다.

표 1. 주요 액정 모드의 성능.

	Brightness (Comparison comparison)	Response time (ms)	Wide view angle (°)	Operating Voltage (V)
TN	1	3-30	50/35/80/80	3.3
OCB	0.9	3-10	80/80/80/80	6.0
IPS	0.4	15-60	80/80/80/80	7.5
VA	0.5	15-100	80/80/80/80	6.0

## 2. 실험

본 실험에서는 일본 JSR 회사의 수직 폴리이미드를 사용하였다. 수직 폴리이미드는 ITO (indium-tin-oxide) 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 코팅하였다. 새로운 배향법은 hot-plate의 온도를 240℃에서 30분에서 180분까지 폴리이미드막을 소성 하였다. 프리틸트각 측정을 위하여 러빙처리된 폴리이미드 표면을 anti-parallel 구조의 샌드위치형으로 제작하였으며 두께는 약 60μm 정도로 조절하였다. 새로운 HTOCB 셀은 Hot-plate 소성법을 이용한 폴리이미드가 코팅되어 있는 두장의 기판을 parallel 한 구조로 접합하였다. 새로운 HTOCB 셀의 셀갭은 5μm로 제작하였다. 액정은 유전율 이방성이 정(+ )양인 네마틱 액정 ( $\Delta\epsilon = +8.2$ )을 사용하였다. 프리틸트각은 결정회전법을 사용하여 실온에서 측정하였으며, 측정장비는 autronic-MELCHERS사의 TBA-107를 사용하였다. 새로운 HTOCB셀의 전기광학 특성은 측정장비는 세심광전자사의 LCMS-200을 이용하여 액정의 전압-투과율 및 응답속도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

기존의 OCB 셀의 경우, 셀 내부의 액정층은 낮은 프리틸트각의 스플레이 구조를 이루고 있다가 전압을 인가하면 밴드 구조로 변화하게 된다. 그러

나, 이러한 밴드구조를 형성하기가 매우 힘들고, 바이어스 전압에 의한 액정 분자의 제어가 힘들다는 단점을 가지고 있다.

그러나 새로운 HTOCB셀의 구조에서는 기존에 사람들이 액정층은 새로운 틸트각 제어 기술을 이용하여 밴드 상태를 발생시킬 수 있다. 본 연구에서는 이러한 초기 밴드 구조를 형성하기 위하여 기존의 수평 배향막에 고틸트를 형성하는 방법이 아닌 수직배향막에서 틸트를 낮추는 틸트제어법을 이용하여 초기 밴드구조를 형성하였다. 이러한 수직배향막에서 틸트 제어로 밴드구조를 형성하는 새로운 HTOCB 셀 개발하였다.

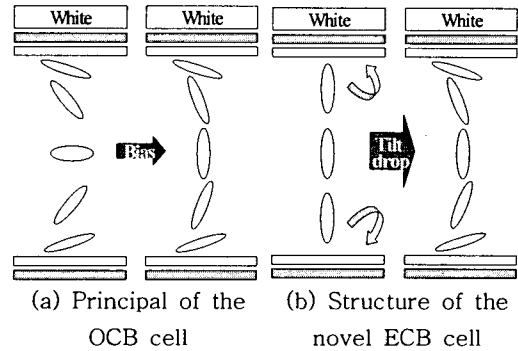


그림 1. OCB 셀의 원리와 새로운 π 셀의 구조.

그림 2는 새로운 틸트 제어법으로 hot-plate의 온도가 240℃에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 정(+ )의 액정의 틸트각을 나타내었다. 그림에서와 같이, hot-plate 온도가 240℃에서는 소성시간이 90분일때 약 50°를 나타내었다. 또한, 소성시간이 180°일때는 약 10°를 나타내었다. 이러한 결과를 통해서, 소성시간과 틸트는 일차 그래프를 나타내었다. 즉, hot-plate의 소성법을 이용한 러빙된 폴리이미드에서의 네마틱 액정 분자 배향은 소성온도가 240℃에서 소성시간이 증가함에 따라 수직배향에서 수평배향으로 배향 형태가 옮겨지는 것을 알 수 있었으며, 또한 본 연구에서 bend 구조가 형성 가능한 틸트인 40°~50°가 제어가능함을 알 수 있었다.

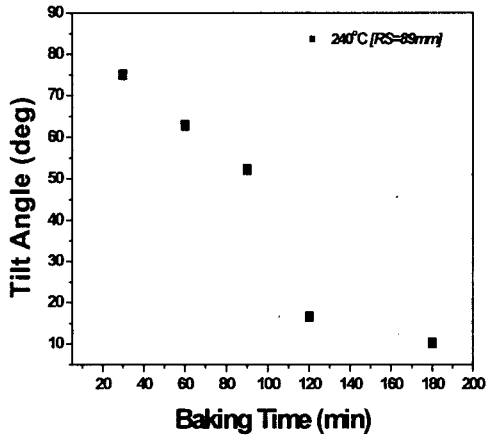
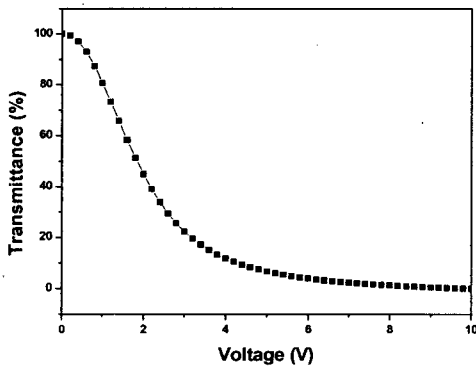
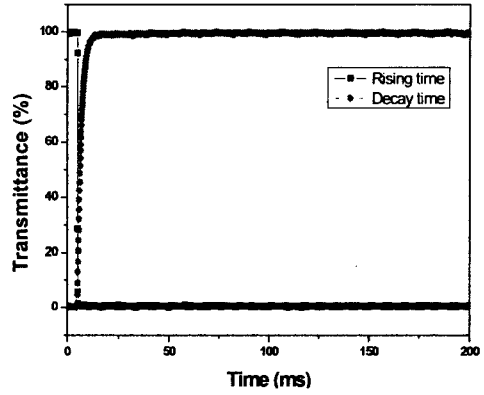


그림 2. 정(+)<sup>2</sup>의 액정을 이용하여 수직 폴리이미드 표면에서의 소성 온도 및 시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

그림 3은 새로운 틸트 제어 방법을 이용하여 제작한 HTOCB 셀의 전압투과율 특성과 응답속도 특성을 보여준다. 그림 3(a)에서 볼 수 있듯이, 최적화된 조건( $Pr=50^\circ$ )에서 실제로 제작된 새로운 HTOCB 셀은 우수한 전압 대 투과율 곡선을 나타내었다. 그림 3(a)와 같이 틸 현상이 전혀 없는 안정적인 VT 특성은 HTOCB셀의 구조가 bend구조를 이루고 있음을 보여준다. 또한 그림 3(b)에서처럼 안정적인 응답속도 특성을 얻을 수 있었다. 특히, 시간 증가에 관계없이 균일한 응답특성을 나타내었으며, rising time과 decay time이 응답곡선 특성에서 틸 현상이 없이 매우 안정적인 특성을 나타내었다. 결국 새로운 HTOCB 셀이 OCB모드의 초기전압의 문제점을 해결할 수 있었다.



(a) V-T



(b) RT

그림 3. 새로운 HTOCB셀의 전압투과율 및 응답 특성.

표 2에 새로운 HTOCB셀의 임계치 전압 특성을 나타내었다. 새로운 HTOCB셀은  $V_{th}$ 가 0.71로 낮은 임계치 전압을 나타내었다. 그러나  $V_{10}$ 이 4.28로 조금 높은 전압특성을 나타내었다.

표 2. 새로운 HTOCB셀의 임계치 전압.

LC modes	$V_{10}$	$V_{90}$
The novel HTOCB cell	0.71	4.28

표 3에 새로운 HTOCB 셀의 응답속도를 나타내었다. 응답속도는 약 4.2 ms로 측정되었다. 새로운 방식으로 제작된 HTOCB 셀이 기존의 TN 모드를 비롯하여 VA, IPS, OCB 모드를 이용한 셀과 비교해 볼 때 매우 빠른 응답속도를 나타내는 것을 알 수 있다.

표 3. 새로운 HTOCB 셀의 응답속도.

LC modes	$\tau_r$ (ms)	$\tau_d$ (ms)	$\tau$ (ms)
The novel HTOCB cell	0.2	4	4.2

#### 4. 결 론

본 연구에서는 수직배향막에서 틸트를 낮추는 틸트제어법을 이용하여 초기 밴드구조를 형성하는 새로운 HTOCB 셀을 이용하여 액정의 전기광학 특성을 연구하였다. 240°C의 핫플레이트의 온도에서 소성 시간을 조절하는 소성방법을 이용하여 액정의 틸트각을 액정의 틸트각이 80°에서 10°이하로 조절할 수 있었다.

이러한 핫플레이트에서의 틸트제어 방법을 이용해서 만든 HTOCB 셀은 좋은 배향 상태를 나타내었고 안정된 V-T 특성과 매우 빠른 응답속도(4.2ms)를 보였다. 이 새로운 HTOCB 모드는 기존의 다양한 액정 모드에 비해 간단한 제작 방법과 향상된 성능을 가진 모드로, 최근 수요가 늘고 있는 대형 LCD TV 개발에서 요구되는 빠른 응답속도와 높은 콘트라스트비를 충족시키는 기술이 될 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 정보통신부 대학 IT 연구센터 육성 지원 사업의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] H. Mori, Y. Itoch, Y. Nishiura, T. Nakamura, and Y. Shinagawa, "Performance of a novel optical compensation film based on negative birefringence of dischotic compound for wide-viewing-angle twisted-nematic liquid-crystal displays", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 36, No. 1A, p. 143, 1997.
- [2] M. Oh-e and K. Kondo, "Response mechanism of nematic liquid crystal using the in-plane switching mode", Appl. Phys. Lett., Vol. 69, No. 5, p. 623, 1996.
- [3] K.Kondo, S. Matsuyama, N. Konishi, and H. Kawakami, "Materials and components optimization for IPS TFT-LCDs", SID'98 Digest, p.389,1998
- [4] Y. Koike, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, A. Takeda, K. Ohmuro, T. Sasabayashi, and K. Okamoto, "A vertically aligned LCD providing super-high image quality".

IDW'97, p. 159, 1997.

- [5] 이정호, 서대식, "새로운 VA- $\pi$  셀 모드를 이용한 광시야각과 고속응답에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 13권, 4호, p. 332, 2000.
- [6] R. A. Soref and M. J. Rafuse, "Electrically controlled birefringence of thin nematic films", J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 5, 2029-2037 (1972).
- [7] T. Miyashita, Y. Yamaguchi, and T. Uchida, "Wide-viewing-angle display mode using bend-alignment liquid crystal liquid crystal cell", Jpn. J. Appl. Phys., Vol 34, No. 2A. p. 177, 1995.