

폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 틸트 제어를 이용한 High Tilted OCB(HTOCB) 모드

A High Tilted OCB(HTOCB) Mode using Control of Tilt Angle for Nematic Liquid Crystal on Polyimide Surface

황정연¹, 정연학², 서대식^{1,a}

(Jeoung-Yeon Hwang¹, Youn-Hak Jeong², and Dae-Shik Seo^{1,a})

Abstract

In this paper, we have improved a novel high tilted optically compensated bend (OCB) (HTOCB) mode by using high tilt angle that was generated by the unique baking condition on the homeotropic alignment layer. The high tilt angle of liquid crystal (LC) was generated by new alignment process that tilt angle changed homeotropic state to homeogenous state using Hot-plate equipment; we obtained about 40~50° tilt angle with negative and positive dielectric anisotropy on the homeotropic polyimide (PI), and then LC tilt angle decreased as increasing baking temperature and time. At last, we obtained about 10° with positive type NLC ($\Delta n > 0$). Also, the LC tilt angle of positive type NLC ($\Delta n > 0$) decreased as increasing rubbing strength at the same baking temperature and time. The novel LC operating mode (HTOCB) that used the high tilt angle by the new alignment method was improved. The response time of the novel HTOCB cell was faster than that of conventional OCB cell. We suggest that the developed the Novel 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 : High tilted OCB (HTOCB), 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 제

품에서 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 (twisted nematic) mode[1]외에 IPS (in-plane swiching)[2], VA (vertical alignment)[3] mode등의 여러 가지 액정동작모드를 이용하여 응답속도의 향상에 노력하고 있다. 표 1에서와 같이, 현재 네마틱 모드중에서 low cell gap TN 모드와 OCB (optically compensated bend)[4,5]모드가 고속응답을 구현하는데 가장 적합한 모드라고 생각되고 있다. 먼저 low cell gap TN모드는 셀갭을 1.5 μm 을 유지하기 때문에 이러한 낮은 셀갭을 유지하기가 어렵다. 두번째로, OCB모드는 최초로 밴드구조 [bend structure]를 형성하는 것과 바이어스 전압

1. 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134)
2. BOE-HYDIS Technology Co., LT
a. Corresponding Author : dsseo@yonsei.ac.kr
접수일자 : 2005. 2. 28
1차 심사 : 2005. 3. 15
2차 심사 : 2005. 4. 25
심사완료 : 2005. 6. 15

표 1. 주요 액정 모드의 성능.

Table 1. Ability of main liquid crystal operating mode.

	Brightness (companion 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

에 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 형성이 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.

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서는 일본 JSR 회사의 수직 폴리이미드를 사용하였다. 수직 폴리이미드는 ITO (indium-tin-oxide) 기판 위에 스프인코팅법을 이용하여 코팅하였다. 일반 배향법은 180 °C에서 1시간 동안 oven에서 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 새로운 배향법은 hot-plate의 온도를 180~240 °C까지 조절하고, 각각의 온도에서 1분에서 60분까지 폴리이미드막을 소성 하였다. 프리틸트각 측정을 위하여 러빙처리된 폴리이미드 표면을 anti-parallel 구조의 샌드위치형으로 제작하였으며 두께는 약 60 μm 정도로 조절하였다. 새로운 HTOCB 셀은 Hot-plate 소성법을 이용한 폴리이미드가 코팅되어 있는 두장의 기판을 parallel 한 구조로 접합하였다. 새로운 HTOCB 셀의 셀갭은 5 μm로 제

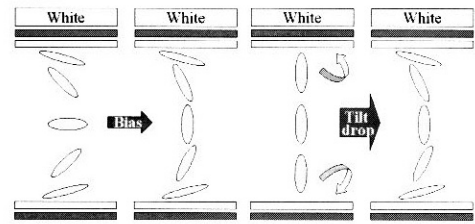
작하였다. 액정은 유전율 이방성이 정(+)양인 네마틱 액정 ($\Delta\epsilon=+8.2$)을 사용하였다. 프리틸트각은 결정회전법을 사용하여 실온에서 측정하였으며, 측정장비는 autronic-MELCHERS사의 TBA-107를 사용하였다. 새로운 HTOCB셀의 전기광학 특성은 측정장비는 autronic-MELCHERS사의 DMS-701을 이용하여 액정의 전압-투과율 및 응답속도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Principle of high tilted OCB cell

그림 1(a)에서와 같이, 기존의 OCB 셀의 경우, 셀 내부의 액정층은 낮은 프리틸트각의 스플레이 구조를 이루고 있다가 전압을 인가하면 밴드 구조로 변화하게 된다. 그러나, 이러한 밴드구조를 형성하기가 매우 힘들고, 바이어스 전압에 의한 액정분자의 제어가 힘들다는 단점을 가지고 있다.

그러나 새로운 HTOCB셀의 구조는 새로운 틸트 제어 기술을 이용하여 밴드 상태를 발생시킬 수 있다. 그림 1(b)에서와 같이, 초기 밴드 구조를 형성하기 위하여 기존의 수평 배향막에 고틸트를 형성하는 방법이 아닌 수직배향막에서 틸트를 낮추는 틸트 제어법을 이용하여 초기 밴드구조를 형성하였다.



(a) Principal of the OCB cell (b) Structure of the novel HTOCB cell

그림 1. OCB 셀의 원리와 새로운 HTOCB셀의 구조.

Fig. 1. Principle of OCB cell and structure of novel HTOCB cell.

3.2 Simulation

본 연구에서는 새로운 HTOCB 셀의 프리틸트각에 따른 전기광학특성을 알아보기 위하여 상업적

표 2. 시뮬레이션 조건.

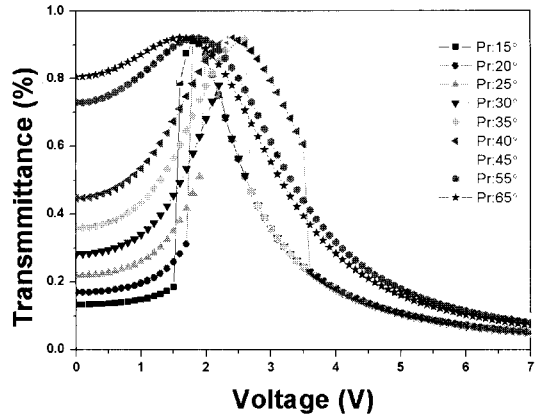
Table 2. Simulation condition.

전극	상하기판 ITO 통전극	
셀갭 d(μm)	5 μm	
프리틸트각	15°,20°,30°,40°,45°,55°,60°	
액정특성	Δn at 550 nm	0.0987
	v1(mPas)	84.0
	K11(pN)	9.6
	K22(pN)	
	K33(pN)	11.6
	Δε [20°C,1.0kHz]	8.2
Polarizer	0°	
Analyzer	90°	

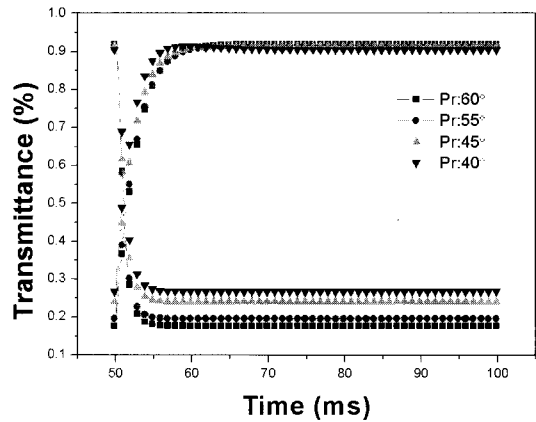
으로 사용되고 있는 "LCD master" (Shintech, Japan)를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 표 2의 조건 하에 프리틸트각이 수평배향막에서 고틸트를 갖는 기존 OCB 셀에 어떤 영향을 미치는지 알아보았다. 그 이유는, 현재 사용하고 있는 LCD 시뮬레이션 프로그램이 본 연구에서 제안하고 있는 수직 배향막에서 틸트를 감소하는 방법으로는 설정(setting)이 가능하지 않아서 수평 배향막에서 틸트를 증가시키는 방법을 이용하여 고틸트를 갖는 ECB(electrical controlled birefringence) 셀의 전기광학 특성을 통하여 본 연구에서 제안하는 수직배향막에서의 HTOCB의 특성을 비교하기 위해서이다.

ITO가 코팅된 유리기판을 이용해 5 μm의 셀갭을 가진 액정셀을 설계하였는데, 러빙축과 편광판의 방향은 45°으로 하여 white 상태에서 가장 밝은 투과율을 갖도록 하였다. 액정은 프리틸트 각 측정을 위해 사용되었던 액정과 동일한 특성을 갖도록 선택하였다. 그 후 프리틸트각을 15°에서 65°까지 변화시키면서 기존 OCB 셀의 전압-투과율 곡선과 응답속도 특성을 시뮬레이션 하였다.

그림 2(a)는 ECB 셀에서 프리틸트 각에 따른 전압-투과율 특성을 나타낸다. 그림에서와 같이, ECB셀은 모든 프리틸트 각에서 그래프가 크게 뒹뒹 현상을 나타내었다. 그러나 프리틸트 각이 증가할수록 초기 투과율이 증가하고, 뒹뒹 현상도 감소되었다. 이는 고 프리틸트 각에서는 OCB셀이 밴드 구조를 나타내기 때문에 이러한 현상이 감소된다고 사료된다. 하지만, 액정의 중간층이 π셀 구조를



(a) 전압-투과율 그래프



(b) 응답특성 그래프

그림 2. 새로운 HTOCB 셀의 전압투과율 및 응답 특성 시뮬레이션.

Fig. 2. Simulation of voltage-transmittance and response time in the novel HTOCB.

나타내지 않기 때문에 backflow effect 효과에 의해서 액정의 광학적인 뒹 현상이 없어지지 않음을 알 수 있다.

그림 2(b)에서는 ECB셀에서 프리틸트 각에 따른 응답특성을 나타내었다. OCB 셀의 응답특성은 그림 2(a)에서 볼 수 있듯이 프리틸트 각이 40° 이하에서는 전압-투과율 특성에서 뒹 현상이 많이 나타나기 때문에 40° 이상의 프리틸트 각에서만 시뮬레이션을 실행하였다. 그림 2(b)에서와 같이 40° 이상의 프리틸트 각을 갖는 ECB 셀은 매우 빠른 응답특성을 나타내었다. 그러나 모든 셀에서 완전한 암상태를 나타내지 않고 빛샘 현상이 관찰

표 3. 수평배향막에서 고틸트를 갖는 기존 ECB 셀의 응답속도 시물레이션.

Table 3. The simulation data of response times of the high tilted ECB cell on the homeogenous layers.

Pretilt angle	τ_r (ms)	τ_d (ms)	τ (ms)
60°	5.4	1.9	7.3
55°	5.6	1.8	7.4
45°	5.0	2.2	7.2
40°	3.8	1.8	5.6

되었는데, 특히 프리틸트 각이 낮아질수록 이러한 현상이 더욱더 심화되는 것을 알 수 있었다.

그러므로 수평배향막에서 고틸트를 형성하는 방법으로 제작한 ECB셀은 backflow effect 효과에 의해 발생하는 광학적인 틸트현상을 극복할 수 없다. 결국, 수직배향막에서 틸트를 감소하는 방법으로 결과적으로 고틸트를 제작하면 자연적으로 bend구조를 형성하기 되어 광학적인 틸트현상을 극복할 수 있게 된다.

표 3는 40° 이상에서의 프리틸트 각에 따른 ECB 셀의 응답속도를 나타내었다. 표 3에서 볼 수 있듯이 40°의 틸트를 가지는 ECB 셀은 매우 빠른 응답속도를 보임을 알 수 있었다. 결국, 고속응답속도를 구현하기 위한 최적의 프리틸트각이 약 40°임을 알 수 있다.

3.3 Generation of tilt angle by novel control method

그림 3에 일반적으로 사용하는 oven에서 소성하는 방법을 이용한 수직 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 양의 네마틱 액정의 틸트각 발생을 나타내었다. 그림에서와 같이, 양의 네마틱 액정의 틸트각은 소성온도와 소성시간에 관계없이 약 80°~84° 사이의 값을 나타내었다. 또한, 수직 폴리이미드 표면에서는 양의 네마틱 액정을 사용하는 경우 틸트각이 조금 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고, 러빙강도를 89 mm, 125 mm로 증가시켜, 그림 3과 같은 실험을 하여도 러빙강도와 관계없이 그림 3과 비슷한 동일한 틸트 값을 나타내었다.

결국, oven을 사용하는 소성법에서는 소성온도, 소성시간, 그리고, 사용한 액정에 관계없이 거의 일정한 틸트 값을 나타내었다.

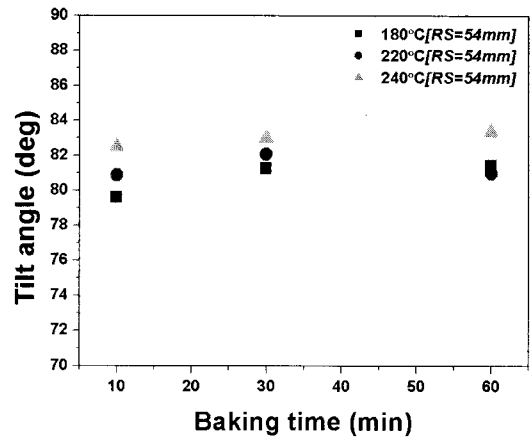


그림 3. 기존 소성법으로 수직 폴리이미드 표면에서 소성온도 및 시간에 따른 양의 유전율 이방성을 갖는 액정의 틸트각.

Fig. 3. Generation of tilt angle with positive type NLC on the homeotropic polyimide surface as a function of baking temperature and time with conventional baking method.

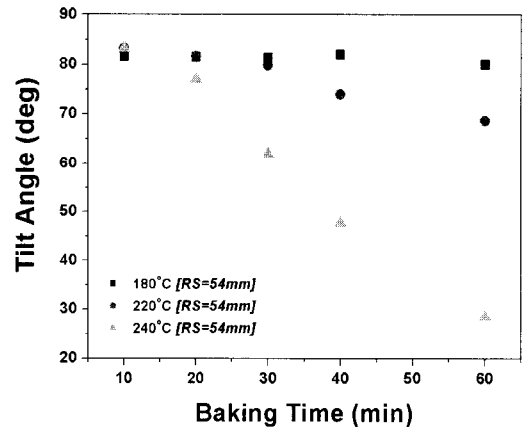


그림 4. 정(+)의 액정을 이용하여 수직 폴리이미드 표면에서의 소성 온도 및 시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 4. Generation of tilt angle in NLC on the homeotropic polyimide surface as a function of hotplate temperature and time using positive type NLC.

그림 4는 새로운 틸트 제어법으로 hot-plate의 온도가 180 °C~240 °C에서 소성한 폴리이미드 표

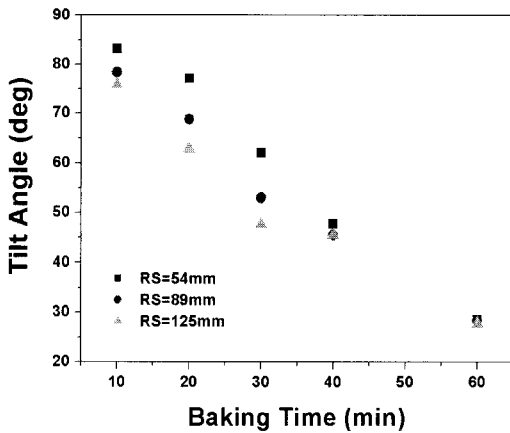


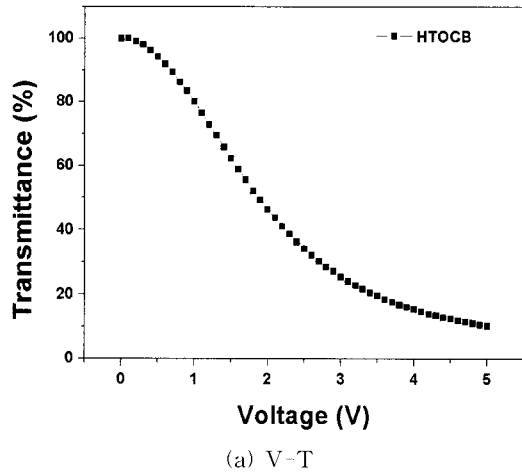
그림 5. 정(+)의 액정을 이용하여 수직 폴리이미드 표면에서의 소성 온도 및 리빙강도에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.
 Fig. 5. Generation of tilt angle in NLC on the homeotropic polyimide surface as a function of hotplate temperature and rubbing strength using positive type NLC.

면에서의 리빙에 의한 정(+)의 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 이때 사용한 리빙강도는 89 mm이다. 그림에서와 같이, 소성온도가 180 °C일 경우에는 소성시간과 관계없이, 거의 일정한 틸트 각을 나타내었으나, 소성온도가 240 °C일 경우에는 소성시간이 증가할수록 틸트 각이 급격히 감소하는 경향을 나타내었다.

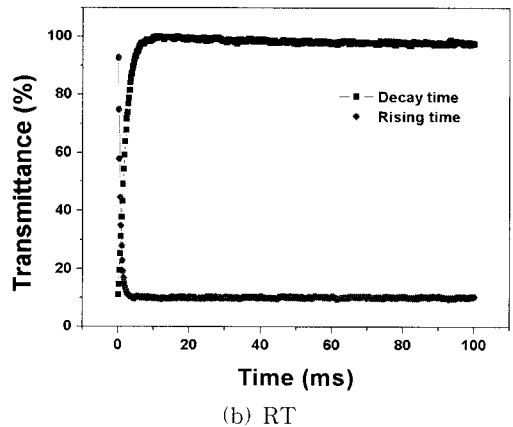
그림 5는 새로운 틸트 제어법으로 hot-plate의 온도가 240 °C 일 경우에 소성한 폴리이미드 표면에서의 소성시간과 리빙 강도에 의한 정(+)의 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 240 °C의 hot-plate의 소성온도에서 리빙강도가 증가할수록 액정의 틸트 각은 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나, 소성시간이 40분 이상일 경우에는 리빙강도에 관계없이 거의 일정한 특성을 나타내었다.

3.4 Electro-optical characteristics of novel HTOCB cell

그림 6는 새로운 틸트 제어 방법을 이용하여 제작한 HTOCB 셀의 전압투과율 특성과 응답속도 특성을 보여준다. 그림 6(a)에서 볼 수 있듯이, bend 구조가 되는 최적의 틸트 조건이 40°부근이므로, 틸트가 약 40°조건에서 HTOCB 셀을 제작



(a) V-T



(b) RT

그림 6. 새로운 HTOCB 셀의 전압투과율 및 응답 특성.

Fig. 6. Voltage-transmittance and response time characteristics of novel HTOCB cell.

하였다. 제작된 새로운 HTOCB 셀은 우수한 전압내 투과율 곡선을 나타내었다. 이것은 HTOCB의 액정셀의 구조가 bend 구조를 이루고 있기 때문에 backflow effect 효과가 나타나지 않는 안정적인 전압투과율 특성을 나타나게 된다. 또한 그림 6(b)에서처럼 안정적인 응답속도 특성을 얻을 수 있었다.

표 4에 새로운 HTOCB셀의 응답속도를 나타내었다. 응답속도는 약 5.1 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 4. 새로운 HTOCB셀의 응답속도.

Table 4. Response time of novel HTOCB cell.

LC modes	$\tau_r(ms)$	$\tau_d(ms)$	$\tau(ms)$
The novel HTOCB cell	3.7	1.4	5.1

4. 결론

본 연구에서는 수직배향막에서 틸트를 낮추는 틸트제어법을 이용하여 초기 밴드구조를 형성하는 새로운 HTOCB 셀을 이용하여 액정의 전기광학 특성을 연구하였다. 핫플레이트의 온도 및 소성 시간을 조절하는 소성방법을 이용하여 액정의 틸트각을 80°에서 20°이하로 조절할 수 있었다.

이러한 핫플레이트에서의 틸트제어 방법을 이용해서 만든 HTOCB 셀은 좋은 배향 상태를 나타내었고 안정된 V-T 특성과 매우 빠른 응답속도(5ms)를 보였다. 이러한 새로운 HTOCBB 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 사업 및 과학기술부 국가지정연구실사업

(M1-0203-00-0008)의의 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] 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.
- [4] R. A. Soref and M. J. Rafuse, "Electrically controlled birefringence of thin nematic films", J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 5, p. 2029, 1972.
- [5] Y. Ito, R. Matsubara, R. Nakamura, M. Nagai, S. Nakamura, H. Mori, and K. Mihayashi, "OCB-WV film for fast-response-time and wide-viewing-angle LCD TVs", SID'05, p. 986, 2005.