

폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 틸트 제어를 이용한 새로운 ECB 모드

황정연, 김강우, 정연학*, 김영환, 서대식

연세대학교 전기전자공학과, BOE-HYDIS Technology Co., LT*

A novel ECB mode using control of tilt angle for nematic liquid crystal on polyimide surface

Jeoung-Yeon Hwang, Kang-Woo Kim, Youn-Hak Jeong*, Young-Hwan Kim, Dae-Shik Seo
Yonsei Univ., BOE-HYDIS Technology Co., LT*

Abstract

In this paper, we have improved a novel (ECB) 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 novel ECB 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 Novel ECB 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 : ECB, 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[2], VA[3] mode 등의 여러 가지 액정동작 모드를 이용하여 응답속도의 향상에 노력하고 있

다. 표 1에서와 같이, 현재 네마틱 모드중에서 low cell gap TN 모드와 OCB[4]모드가 고속응답을 구현하는데 가장 적합한 모드라고 생각되고 있다. 먼저 low cell gap TN모드는 셀갭을 $1.5\mu\text{m}$ 을 유지하기 때문에 이러한 낮은 셀갭을 유지하기가 어렵다. 두번째로, OCB모드는 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 형성이 어려울뿐 아니라, 정확한 Bend구조를 형성하

지 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 π 셀을 이용하여 액정의 전기광학 특성을 연구하였다.

표 1. 주요 액정 모드의 성능.

	Brightness (Comparative)	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. 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 μ m 정도로 조절하였다. 새로운 π 셀은 Hot-plate 소성법을 이용한 폴리이미드가 코팅되어 있는 두장의 기판을 parallel 한 구조로 접합하였다. 새로운 π 셀의 셀갭은 5 μ m로 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 π 셀의 전기광학 특성은 측정장비는 autronic-MELCHERS사의 DMS-701을 이용하여 액정의 전압-투과율 및 응답속도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Principle of high tilted π cell

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 액정 분자의 제어가 힘들다는 단점을 가지고 있다.

그러나 새로운 π 셀의 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 π 셀 개발하였다.

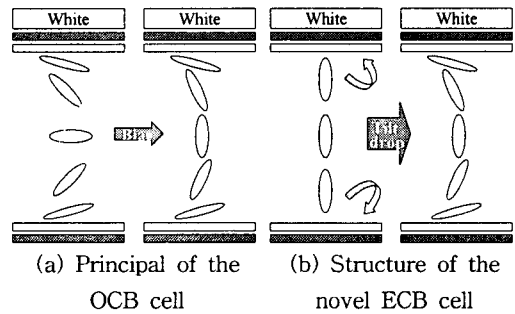
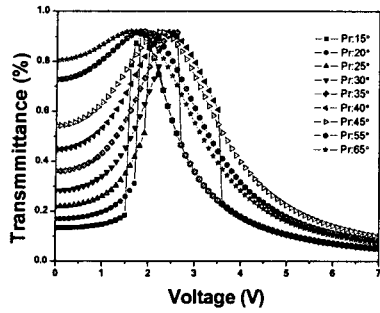


그림 1. OCB 셀의 원리와 새로운 π 셀의 구조.

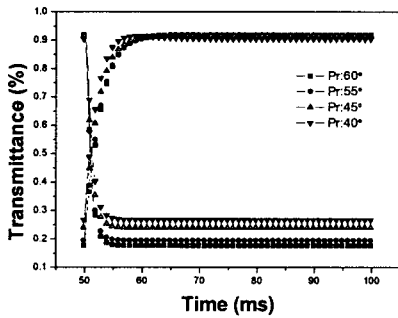
3.2 Simulation

본 연구에서는 새로운 π 셀의 프리틸트각에 따른 전기광학특성을 알아보기 위하여 상업적으로 사용되고 있는 "LCD master" (Shintech, Japan)를 사용하여 시뮬레이션 하였다. 표 2의 조건 하에 프리틸트각이 새로운 π 셀에 어떤 영향을 미치는지 알아보았다.

ITO(indium-tin oxide)가 코팅된 유리기판을 이용해 5 μ m의 셀갭을 가진 액정셀을 설계하였는데, 러빙축과 편광판의 방향은 45°로 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 π 셀의 전압-투과율 곡선과 응답속도 특성을 시뮬레이션 하였다.



(a) V-T



(b) RT

그림 2. 새로운 ECB 셀의 전압투과율 및 응답특성 시뮬레이션.

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 소성 온도와 소성시간에 관계없이 약 80°~84° 사이의 값을 나타내었다. 또한, 수직 폴리이미드 표면에서는 양의 네마틱 액정을 사용하는 경우 틸트각이 조금 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고, 러빙강도를 89mm, 125mm로 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.

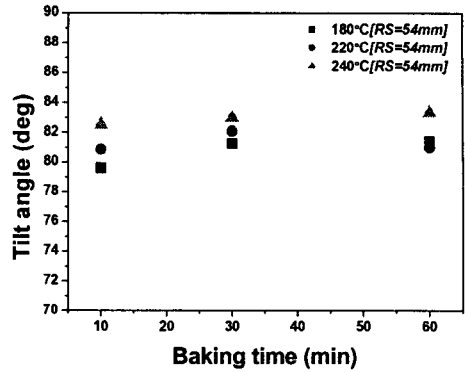


그림 3. 기존 소성법으로 수직 폴리이미드 표면에서의 액정의 유전율 이방성에 따른 네마틱액정의 틸트각.

그림 4는 새로운 틸트 제어법으로 hot-plate의 온도가 180°C~240°C에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 정(+)의 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 그림 4는 hot-plate의 온도가 180°C~240°C에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 러빙강도가 89mm인 일때의 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 그림에서와 같이, hot-plate의 소성온도에서 러빙강도가 증가할수록 액정의 틸트각은 감소하는 경향을 나타내었다. 결국, hot-plate의 소성법을 이용한 러빙된 폴리이미드에서의 네마틱 액정 분자 배향은 소성온도, 소성시간, 러빙강도가 증가함에 따라 수직배향에서 수평배향으로 배향 형태가 옮겨지는 것을 알 수 있었다.

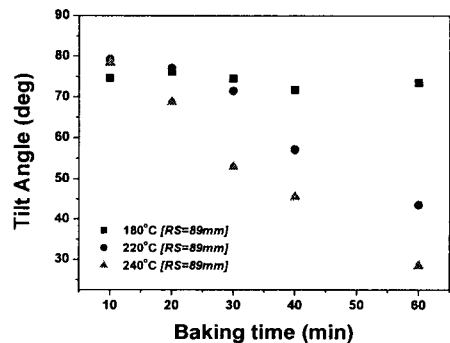


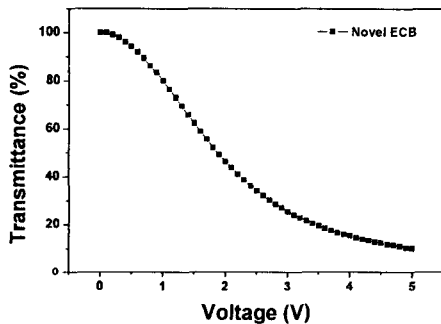
그림 4. 정(+)의 액정을 이용하여 수직 폴리이미드 표면에서의 소성 온도 및 시간에 따른 네마틱액정의 프리틸트각의 발생.

3.4 Electro-optical Characteristics of π cell

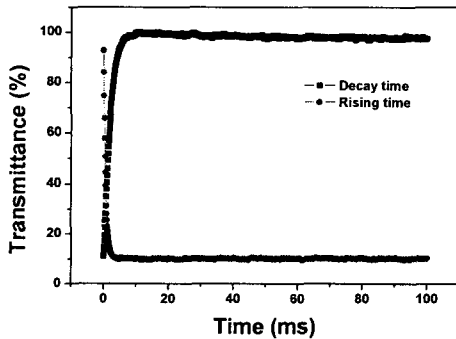
그림 5는 새로운 틸트 제어 방법을 이용하여

제작한 ECB 셀의 전압투과율 특성과 응답속도 특성을 보여준다. 그림 5(a)에서 볼 수 있듯이, 최적화된 조건에서 실제로 제작된 새로운 ECB 셀은 우수한 전압 대 투과율 곡선을 나타내었다. 또한 그림 5(b)에서처럼 안정적인 응답속도 특성을 얻을 수 있었다.

표 2에 새로운 π 셀의 응답속도를 나타내었다. 응답속도는 약 5.1 ms로 측정되었다. 새로운 방식으로 제작된 π 셀이 기존의 TN 모드를 비롯하여 VA, IPS, OCB 모드를 이용한 셀과 비교해 볼 때 매우 빠른 응답속도를 나타내는 것을 알 수 있다.



(a) V-T



(b) RT

그림 5. 새로운 π 셀의 전압투과율 및 응답특성.

표 2. 새로운 π 셀의 응답속도.

LC modes	τ_r (ms)	τ_d (ms)	τ (ms)
The novel ECB cell	3.7	1.4	5.1

4. 결론

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

이러한 핫플레이트에서의 틸트제어 방법을 이용해서 만든 π 셀은 좋은 배향 상태를 나타내었고 안정된 V-T 특성과 매우 빠른 응답속도(5ms)를 보였다. 이 새로운 ECB 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 disxotic 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, 2029-2037 (1972).