

고굴절 네마틱 액정에서의 액정 디스플레이의 고속응답 특성

김종환, 황정연, 서대식
연세대학교

Fast Response Characteristics in Liquid Crystal Display in the High birefringence nematic liquid crystal

Jong-Hwan Kim, Jeoung-Yeon Hwang, and Dae-Shik Seo
Yonsei Univ.

Abstract

We investigated response characteristics of twisted nematic (TN) cell with different nematic liquid crystals (NLCs) and cell gap d on a rubbed polyimide (PI) surface. High transmittance and fast response time of the TN cell on the rubbed PI surface were achieved by using high birefringence (Δn) and low cell gap d . The transmittance and response time of the TN cell on the rubbed PI surface decreased with decreasing $\Delta n d$. The fast response time of TN cell using high birefringence with $\Delta n d = 0.363$ on the rubbed PI surface was measured 5.1 ms.

Key Words : Transmittance, Response time, Polyimide (PI), Twisted nematic (TN), $\Delta n d$

1. 서론

현재 TFT(thin film transistor)-LCD(liquid crystal display)는 액정모니터, 노트북 PC 그리고 Car Navigation System 등의 다양한 정보 표시 소자에 적용되고 있다. 또한 동영상이가능한 HDTV 용 액정 TV로 사용되기 위하여 액정의 응답속도가 기본적으로 1 frame 보다 짧은 시간 안에 응답할 수 있어야 한다. 특히, 완벽한 동화상을 구현하기 위해서는 최소한 액정 모드의 응답시간이 10 ms 이내로 요구되고 있다. 따라서 네마틱 액정을 이용한 고속응답 연구는 매우 중요하며 향후 액정 표시소자 산업에 있어서 매우 중요하다. 액정의 응답시간은 액정재료 및 셀갭 그리고 액정모드에 크게 영향을 받는다. 액정의 응답시간의 향상을 위해서 기존의 TN 모드가 아닌 IPS (in-plane switch)[1], OCB (Optically compensated bend)[2], VA(vertical alignment)[3-6] 등의 액정모드가 연구되고 있다. 그러나 이러한 액정모드 이용시 종래 TN 모드 보다 수율 저하와 제조비용이 증가하는 단점이 있다.

그래서 본 연구에서는 액정의 응답시간을 향상시

키기 위하여 기존의 TN 모드를 이용하였다. 또한 액정재료 및 셀갭에 따른 응답시간과 투과율의 변화에 대하여 검토하였다.

2. 실험

본 실험에서 사용한 수평 배향제로, SE-7492 (Nissan Chemical Industries Co.)를 사용하였다. 폴리머는 ITO (indium-tin-oxide) 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 코팅되었으며, 180°C에서 1시간 동안 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 제작된 폴리이미드(PI)의 막 두께는 약 500Å이다. PI막은 nylon (Y₀-15-N, Yoshikawa Chemical Industries Co.)를 감은 러빙기를 사용하여 러빙처리 하였으며, 러빙강도는 중간 정도를 사용하였다[7,8]. 사용한 액정의 물성 특성은 표 1에 나타내었으며, 네마틱 액정 재료 및 셀 갭은 표 2에 나타내었다. 제작한 TN 셀의 전기 광학 특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 (V-T) 특성, 응답특성 등을 LCD-7000(Electronics의 측정장비, OTSUKA Co.)장비를 이용하여 실온에서 측정하였다.

표 1. 네마틱 액정의 물성 특성.

Table 1. Physical properties of NLCs.

No	$\Delta n(n_e - n_o)$	$\Delta \epsilon$	Tni(°C)	η (mPas)
Type I	0.0683	8.4	72	19
Type II	0.105	8.7	64.6	30
Type III	0.2106	8.6	106.5	28

표 2. 네마틱 액정 및 셀갭.

Table 2. NLCs and cell gap.

No	Δn	d(μm)	Δnd
Type I(T1)	0.0683	4.43	0.303
	0.0683	3.68	0.251
Type II(T2)	0.105	4.30	0.452
	0.105	1.83	0.192
Type III(T3)	0.2106	4.25	0.895
	0.2106	3.53	0.743
	0.2106	1.63	0.343

3. 결과 및 고찰

그림 1은 폴리이미드 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각을 나타낸다. 그림 1에서와 같이 폴리이미드 표면에서의 러빙강도가 110mm 일 때 약 8° 을 나타내었으며, 러빙강도가 증가할수록 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다.

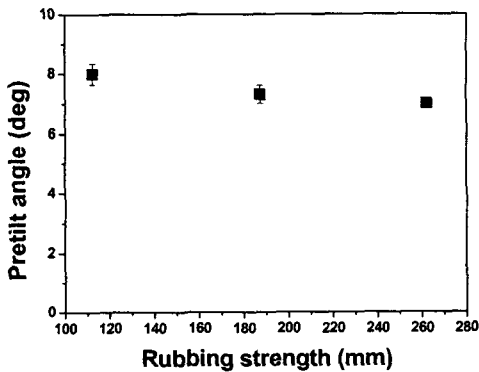


그림 1. 폴리이미드 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱액정의 틸트각.

Fig. 1.. NLC tilt angles on polyimide surfaces as a function of rubbing strength.

그림 2은 네마틱 액정의 Δn 에 따른 러빙된 TN 셀의 전압-투과율 (V-T) 특성을 나타낸다. 그림 2

에서와 같이, 네마틱 액정의 Δn 이 크면 투과율이 높음을 알 수 있었다. 그러나 3종류의 액정별로 TN 셀의 투과율은 3종류의 액정 중에서 Δn 이 가장 높은 Type III을 사용한 경우가 셀갭 d와 관계없이 가장 높은 투과율을 나타내었다. 또한 같은 액정에서는 Δnd 값이 낮을수록 투과율이 감소하였다. 그러나 고굴절 액정에서는 Δnd 의 감소에 따른 투과율 감소가 상대적으로 Δn 이 작은 액정들에 비하여 변화의 폭이 작음을 알 수 있다. 이것은 Δnd 의 값은 셀갭 d로 조절하기 때문에 큰 Δn 의 값을 가진 Type III의 액정을 사용한 경우에는 셀갭을 2.0이하로 낮추어도 Δnd 값은 type II의 액정을 사용한 경우와 비슷하기 때문에 높은 투과율을 유지할 수 있다고 사료된다. 결국, 고굴절 Δn 을 가진 네마틱 액정을 이용한 TN 셀은 Δnd 의 변화와 관계없이 높은 투과율을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

표 3에 러빙 처리된 PI 표면에 Δnd 에 따른 TN 셀의 임계치 특성에 대해서 나타내었다. 표3에서와 같이, Δn 의 값이 작을수록, d의 값이 클수록 낮은 임계치 전압을 나타내었다. 고굴절률을 가진 type III의 액정의 경우에는 그림2에서와 같이 backflow effect 효과로 인해서 VT 곡선에 뒤틀 현상이 생겨서 임계치 전압이 다소 높게 나왔다. 그러므로 고굴절률 액정의 경우에는 VT곡선에서의 투과율 특성은 좋으나 임계치 전압이 높은 현상을 나타내었다.

그림 3는 네마틱 액정의 Δnd 에 따른 러빙된 TN 셀의 응답특성을 나타내었다. 그림 3에서와 같이, 고굴절률을 가진 type III의 네마틱 액정을 사용한 경우가 Δnd 의 변화와 관계없이 높은 투과율을 나타내었다. 일반적으로 TN 모드에 사용되는 type I의 액정의 경우보다 Δn 의 굴절율이 높은 type II의 투과율이 높은 것은 T1의 $\Delta nd=0.303$ 값이 모건의 방정식에 값이 맞지 않기 때문이다. 그러므로 T1과 T2 종류의 액정들은 Δnd 의 값이 낮아질수록 투과율이 감소하는 현상을 나타내었다.

표 4에 러빙 처리된 PI 표면에 Δnd 에 따른 TN 셀의 응답속도를 나타내었다. 액정의 응답속도는 액정의 Δn 이 증가할수록 Δnd 값이 작아질수록 증가하였다.

결국, 고굴절률의 액정과 낮은 셀갭을 이용한 TN 셀은 높은 투과율을 가지며, 빠른 응답속도를 나타내었다. 그러나, 임계치 전압은 다소 높은 경향을 나타내었다.

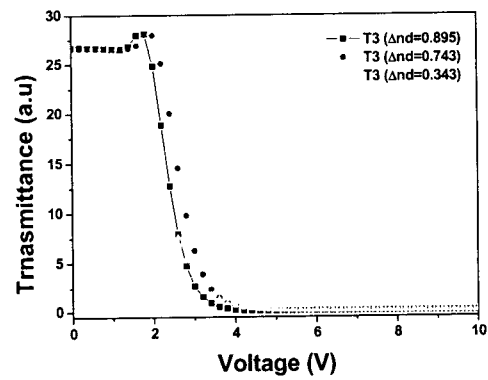
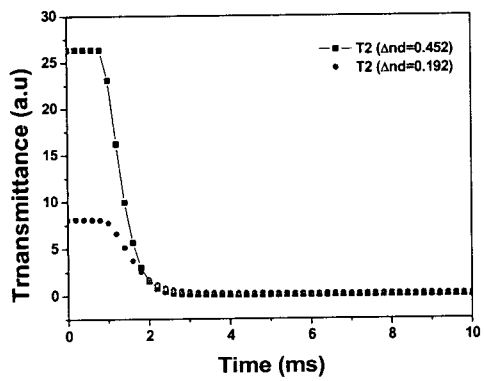
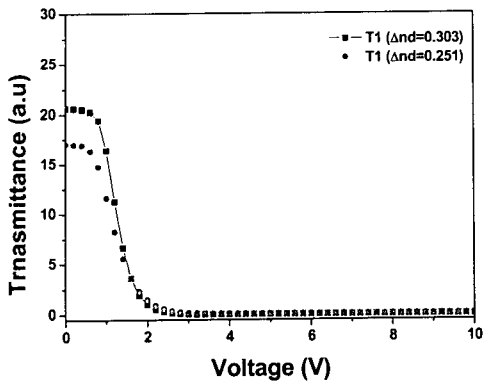


그림 2. 러빙 처리된 PI 표면에서 네마틱 액정의 Δn_d 에 따른 TN셀의 전압-투과율 특성.

Fig. 2.. V-T characteristics of the TN cell with Δn_d of NLCs on the rubbed PI surface.

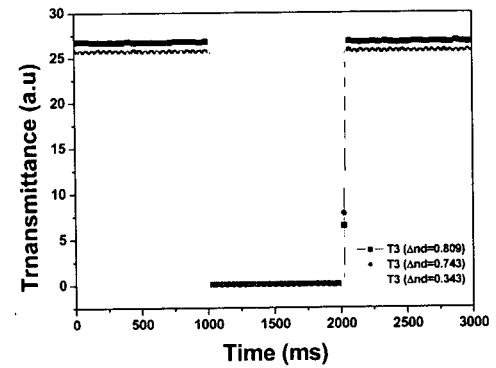
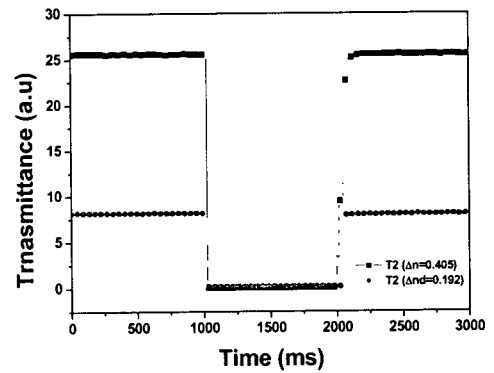
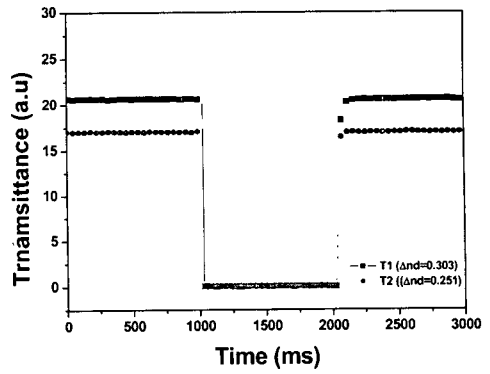


그림 3. 러빙 처리된 PI 표면에 네마틱 액정의 Δn_d 에 따른 TN 셀의 응답 특성.

Fig. 3. Response characteristics of the TN cell with Δn_d of NLCs on the rubbed PI surface.

표 3. 러빙 처리된 PI 표면에 $\Delta n d$ 에 따른 TN 셀의 임계치 특성.

Table 3. Response characteristics of the TN cell with $\Delta n d$ the rubbed PI surface.

No	Δn	$\Delta n d$	V_{90}	V_{10}
T1	0.0683	0.303	0.68	1.78
	0.0683	0.251	0.98	2.13
T2	0.105	0.452	0.96	1.84
	0.105	0.192	1.08	2.29
T3	0.2106	0.895	1.97	2.98
	0.2106	0.743	2.19	3.33
	0.2106	0.343	1.58	3.26

※ V_{90} 은 투과율이 90%일 때의 전압, V_{10} 은 투과율이 10%일 때의 전압

표 4. 러빙처리된 PI 표면에 네마틱 액정 및 셀 갭 d에 따른 TN 셀의 응답속도.

Table 4. Response times of the TN cell with different NLCs and cell gap d on the rubbed PI surface.

No	Δn	d (μm)	Response time		
			τ_r (ms)	τ_f (ms)	τ (ms)
T1	0.0683	0.0683	1.1	35.7	36.8
	0.0683	0.251	0.8	23.9	24.7
T2	0.105	0.452	0.8	44.3	45.1
	0.105	0.192	1.7	3.8	5.5
T3	0.2106	0.895	0.8	16.1	16.9
	0.2106	0.743	0.8	9.5	10.4
	0.2106	0.343	1.5	3.6	5.1

* τ_r : rising time, τ_f : falling time

4. 결론

본 연구에서는 러빙 처리된 PI 표면에서 액정재료 및 셀갭에 따른 TN 셀의 전기 광학 특성에 관하여 검토하였다. 고굴절율을 가진 네마틱 액정을 사용하면 TN 셀의 투과율과 전기 광학 특성이 향상됨을 알 수 있었다. 특히 $\Delta n d$ 이 0.343 일때인 액정을 사용한 TN 셀은 5.1 ms의 매우 빠른 응답속도를 나타냄을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업 (M1-0203-00-0008)의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Oh-e and K. Kondo, "Response mechanism of nematic liquid crystal using the in-plane switching mode", Appl. Phys. Lett., Vol. 69, No. 13, p. 623, 1996.
- [2] 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.
- [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] 이정호, 서대식, "새로운 VA- π 셀 모드를 이용한 광시야각과 고속응답에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 13권, 4호, p. 332, 2000.
- [5] 황정연, 서대식, 한은주, "Cholesteryl 기를 함유한 수직배향용 광폴리머 재료의합성 및 배향효과", 전기전자재료학회논문지, 13권, 9호, p. 770, 2000.
- [6] 황정연, 서대식, 한은주, 김재형, "새로운 VA-1/6 π 셀 모드를 이용한 광시야각 특성", 전기전자재료학회논문지, 13권, 10호, p. 883, 2000.
- [7] D.-S. Seo and J.-Y. Hwang, "Liquid crystal aligning capabilities using a new photo-dimerization method on a poly(4'-methacryloyloxy chalcone) surface", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, No. 8A, p. L816, 2000.
- [8] M. Kimura, S. Nakata, Y. Makita, Y. matsuki, A. Kumano, Y. Takeuchi, and H. Yokoyama, "Strong liquid crystal anchoring on photo-alignment copolymer films containing ω -(4-chalconyloxy)alkyl side groups", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 40, No. 4A, p. L352, 2001.