

## 배향막의 극성에 따른 a-TN-LCD의 전기광학특성에 관한 연구

논문  
10-10-6

### A Study on Electro-optical Characteristics of a-TN-LCD with Polarization of Orientation Film

서대식\*, 이창훈\*  
(Dae-Shik Seo, Chang-Hoon Lee)

#### Abstract

In this paper, we investigated the electro-optical characteristics of amorphous (a) - twisted nematic (TN) - liquid crystal display (LCD) on polyimide (PI) surfaces with different molecular structures. It was found that the domain size of a-TN-LCD on PI with high polarization is small compared to a-TN-LCD on PI with medium polarization. Also, we observed the response time of a-TN-LCD on PI with high polarization is slow compared to a-TN-LCD on PI with medium polarization. It is considered that the response time of a-TN-LCD contributes to surface effect between the substrate surfaces and the LC molecules. Finally, we obtained that the viewing angle of a-TN-LCD on PI surfaces increases with decreasing the domain size.

**Key Words(중요 용어)** : Nematic liquid crystal (네마틱 액정), Polyimide (폴리이미드), Amorphous twisted nematic (아몰퍼스 TN), Rubbing-free(넨러빙), Response time(응답속도), Viewing angle (시야각)

#### 1. 서 론

오늘날 정보화시대에 있어서 인간과 컴퓨터와의 정보전달의 매체로서 정보표시 소자 ( information display device ) 가 매우 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히, 액정디스플레이소자 (LCD) 는 저 소비 전력, 경량, 풀칼러, 휴대화 등의 특징으로 휴대용 개인 단말기, 노트북 컴퓨터 등에 폭넓게 사용되고 있다. LCD 소자에서 개선해야 될 것은 시야각의 개선, 저 소비전력, 고속응답 등이다. LCD는 시야각이 협소하여 이를 개선하기 위해서 많은 방법들이 제안되고 있다. 현재까지 알려진 시야각 특성을 개선하기 위한 방법으로는 광학보상 방식 (optically compensated method), 멀티도메인 방식 (multi domain method), a-TN-LCD 방식, ASM 방식 (axially symmetric aligned microcell method), IPS

방식 (in-plane switching method), OCB 방식 (optically compensated bend method), PDN 방식 (polymer dispersed LCD with crossed nichols method) 등이 알려져 있다.<sup>1,2)</sup>

현재까지 사용되고 있는 대부분의 LCD 소자는 TN-LCD 방식과 S(super) TN-LCD 방식으로, 이 방식들은 폴리이미드 등의 고분자막 표면 위를 섬유질 등으로 한쪽 방향으로 문질러줌 (rubbing) 으로서 고분자들을 재배열시켜 기판 표면 위에 액정분자를 일정한 방향으로 배열시키는 러빙법을 사용하고 있다.<sup>3-5)</sup> 그러나 최근, LCD의 고정세화, 제조공정의 감소 등을 목적으로 이러한 러빙법을 사용하지 않는 넨러빙법에 의한 액정배향기술이 강하게 요구되어지고 있다.<sup>6-9)</sup> TFT (thin-film-transistor)-LCD에 적용되고 있는 TN-LCD방식은 전압이 on상태에서 보는 방향에 따라서 복굴절의 차가 발생하여 시야각이 협소한 단점을 가지고 있다. 이러한 TN-LCD의 좁은 시야각 특성을 향상시키기 위한 방법으로 폴리이미드막을 러빙하지 않는 a-TN-LCD가 Toko 등에 의하여 연구보고 되었다.<sup>10,11)</sup> 본 연구 그룹은 최근

\* : 숭실대학교 공대 전기공학과  
접수일자 : 1997년 3월 17일  
심사완료 : 1997년 10월 6일

시야각 특성의 개선을 위하여 일반 폴리이미드막을 이용한 TN-LCD와 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 전기광학 특성에 관하여 연구보고 하였다.<sup>12)</sup> 본 연구에서는 분자구조가 다른 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 전기광학 특성에 관하여 연구보고 하였다.

## 2. 실험

본 연구에서 사용한 배향막은 분자구조가 다른 2 종류의 폴리이미드를 사용하였다. 사용한 2 종류의 고분자의 분자구조를 그림 1 에 나타내었다. PI-A는 측쇄기를 가지고 있으며, PI-B 는 극성이 강한 CONH기를 가지고 있다. 그림 1 의 2 종류의 폴리이미드막을 ITO (indium tin oxide) 전극이 코팅된 유리 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 막을 균일하게 도포한 후 오븐에서 250°C에서 1시간 동안 열처리하여 박막을 제작하였다. 2 종류의 폴리이미드막인 PI-A 및 PI-B막을 이용하여 각각 샌드위치형 구조로 셀을 제작하였다. 셀 두께는 약 6 $\mu$ m 정도로 조절하였다. 제작한 셀은 불소계를 포함한 액정에 chiral dopant (S-811, Merck사)를 섞어 등방성(isotropic) 상태에서 주입한 후, 온도를 낮추어 네마틱 상태로 하였다. Chiral dopant의 첨가는  $d/p = 1/4$  가 되도록 하여 액정셀을 제작하였다. 여기에서 d와 p는 각

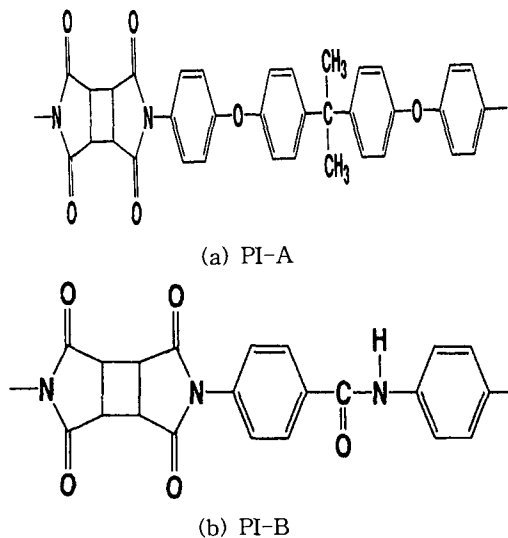


그림 1. 사용한 2 종류의 고분자의 분자구조.

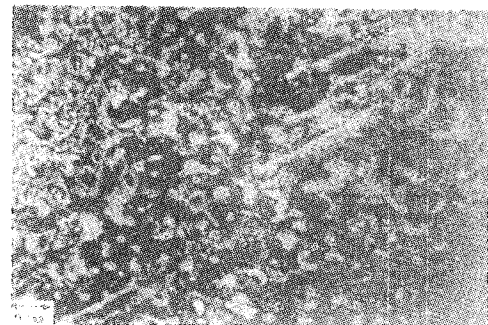
Fig. 1. The molecular structures of used two kinds of polymer.

각 액정셀의 두께와 90° 회전한 chiral pitch를 의미한다.

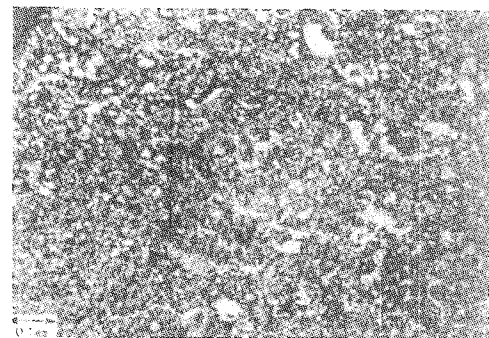
이상과 같은 방법으로 제작한 액정셀의 배향상태를 관찰하기 위하여 편광현미경을 사용하였다. 그리고, 제작한 a-TN-LCD의 전기광학 특성을 평가하기 위하여 투과율-전압 특성, 응답속도, 그리고 시야각 특성 등을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2 에 분자구조가 다른 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 편광현미경 사진을 나타내었다. PI-B막을 이용한 a-TN-LCD가 PI-A막을 이용한 a-TN-LCD보다 분자 도메인의 크기가 작은 것을 알 수 있다. PI-B막을 이용한 a-TN-LCD에서는 분자도메인의 크기가 약 0.09mm이며 이것은 일반 화소의 크기인 0.3mm×0.3mm안에 약 몇십 개가 포함되어 있음을 알 수 있다. a-TN-LCD에서는 이러한



(a) PI-A



(b) PI-B

그림 2. 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 편광현미경 사진.

Fig. 2. The microscopic photographs of a-TN-LCD on two kinds of the PI films.

분자 도메인이 전기광학 특성에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 생각할 수 있다. 그림 3에 극성이 강한 PI-B막을 이용한 a-TN-LCD의 투과율-전압 특성을 나타내었다. 그리고, 표 1에 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 투과율에 따른 구동전압을 나타내었다.

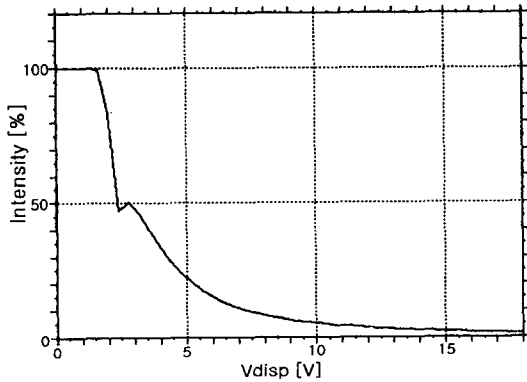


그림 3. PI-B막을 이용한 a-TN-LCD의 투과율-전압특성.

Fig. 3. The transmission-voltage characteristics for a-TN-LCD on PI-B film

표 1. 2 종류의 폴리이미드 막을 이용한 a-TN-LCD의 투과율에 따른 구동전압.

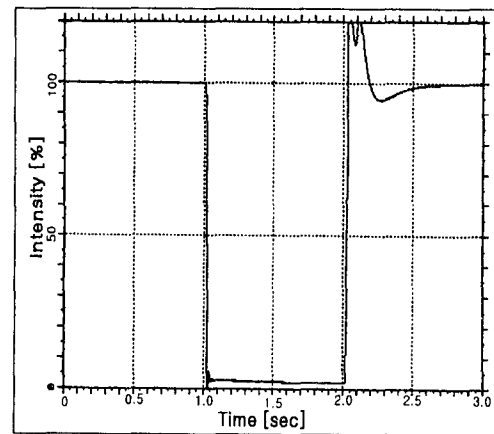
Table 1. The applied voltage versus transmission for a-TN-LCD on two kinds of the PI films.

Transmission	film		conventional TN-LCD (V)
	PI-A film (V)	PI-B film (V)	
$V_{10}$	2.40	1.83	2.62
$V_{90}$	8.81	6.95	4.92
$V_{OP}$	25.0	18.0	8.4

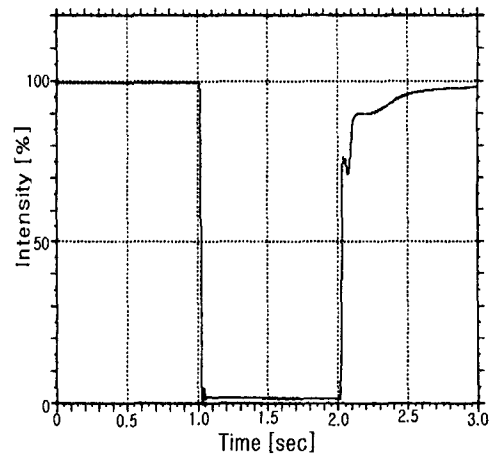
여기서,  $V_{10}$ 은 투과율이 10%일 때의 전압,  $V_{90}$ 은 90%일 때의 전압,  $V_{OP}$ 는 포화되었을 때의 전압을 나타낸다.

PI-A막 과 PI-B막을 이용한 a-TN-LCD의 투과율 특성을 보면, PI-B막을 이용한 a-TN-LCD가 인가전압에 대하여 투과율의 변화가 빨라지는 경향을 나타내고 있다.  $V_{10}$ 일 때는 임계치 전압을 나타내며 PI-B막을 이용한 a-TN-LCD가 PI-A막에 비교하여 임계치 전압이 낮은 값을 나타내는 경향을 보였다. 2 종류의 폴리이미드 막을 이용한 a-TN-LCD의

응답속도 특성과 계산한 응답속도를 그림 4와 표 2에 각각 나타내었다. PI-B막을 이용한 a-TN-LCD의 응답속도가 PI-A막을 이용한 a-TN-LCD 쪽 보다 늦어지는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 특히, 액정분자가 돌아오는 시간인  $\tau_d$ 가 PI-B막을 이용한 a-TN-LCD쪽이 느린 응답속도를 나타내었다. 일반적으로 LCD의 응답속도에는 벌크부분이 크게 기여 하고 있으나,<sup>13)</sup> 본 연구의 결과로부터 응답속도에 벌크부분 외의 배향막과 액정분자와의 상호작용으로 인한 표면효과가 기여가 작용하고 있는 것으로 생각할 수 있다.



(a) PI-A



(b) PI-B

그림 4. 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 응답속도의 측정.

Fig. 4. The response time measurement for a-TN-LCD on two kinds of the PI films

표 2. 2 종류의 폴리이미드 막을 이용한 a-TN-LCD의 응답속도.

Table 2. Response time characteristics for a-TN-LCD on two kinds of the PI films.

film Time	PI-A	PI-B	conventional TN-LCD
Rising Time $\tau_r$ (msec)	8.0	8.2	13.2
Decay Time $\tau_d$ (msec)	8.6	124.3	4.4
Response Time $\tau$ (msec)	16.6	132.5	17.6

2 종류의 폴리이미드 막을 이용한 a-TN-LCD의 시야각 특성을 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서 보는 바와 같이, PI-A 및 PI-B막을 이용한 a-TN-LCD는 거의 같은 정도의 시야각 특성을 나

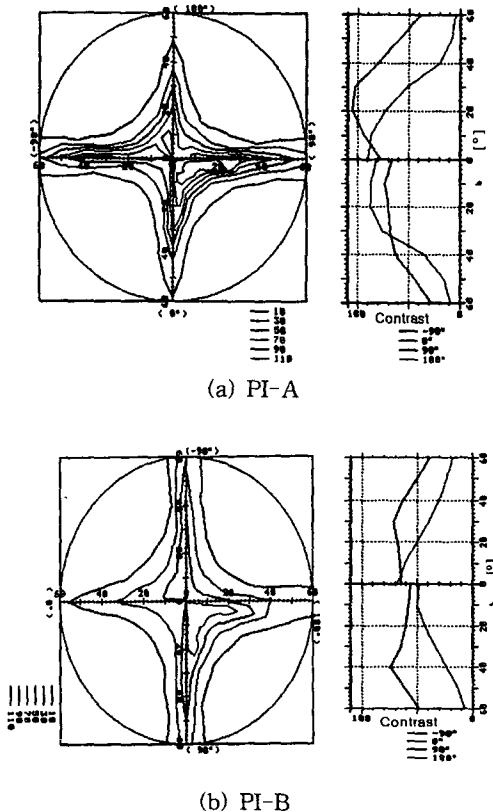


그림 5. 2 종류의 폴리이미드 막을 이용한 a-TN-LCD의 시야각 특성.

Fig. 5. The viewing angle characteristics for a-TN-LCD on two kinds of the PI films

타내고 있으나, PI-B막을 이용한 a-TN-LCD쪽이 PI-A막을 이용한 a-TN-LCD보다 콘트라스트비가 10 일 때 시야각 특성이 다소 향상되는 경향을 나타내었다. 이것은 그림 2에서 나타낸 PI-B막을 이용한 a-TN-LCD쪽이 분자 도메인이 작은 경향을 나타내고 있으며 이 분자 도메인이 시야각의 향상에 기여한 것으로 생각할 수 있다. 즉, 분자구조의 차이에 의하여 a-TN-LCD의 분자 도메인의 크기가 변화하며 결과적으로 이것이 시야각 특성의 향상에 기여함을 알 수 있다. 그리고, 표 3에서 나타낸 바와 같이 a-TN-LCD쪽이 일반 TN-LCD보다 시야각 특성이 양호한 것을 나타내고 있으며 이것은 a-TN-LCD에서는 한 화소에서 액정분자가 여러 방향으로 랜덤하게 배열하고 있으므로, 각 방향의 액정분자가 시야각을 보상하여 모든 방향에서의 시야각 특성이 향상되는 것으로 생각할 수 있다. 즉, a-TN-LCD는 일반 TN-LCD보다 모든 방향에서 양호한 시야각 특성을 나타내고 있다.<sup>10)</sup>

표 3. 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 시야각 특성.

Table 3. Viewing angle characteristics for a-TN-LCD on two kinds of the PI films.

film Direction	PI-A film (°)	PI-B film (°)	conventional TN-LCD (°)
Up	50	60 이상	53
Down	60	56	15
Left	60 이상	60 이상	40
Right	60 이상	60 이상	40

#### 4. 결 론

본 연구에서는 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD의 전기광학 특성에 관하여 연구보고 하였다. 극성이 강한 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD가 작은 분자 도메인을 형성하는 경향을 나타내었다. 그리고, 응답속도는 극성이 강한 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD가 느린 경향을 나타내었으며, 이것은 벌크부분의 기여 이외에 기관표면과 액정분자와의 표면효과가 응답속도에 기여한 것으로 생각할 수 있었다. 그리고 시야각 특성에 있어서 2 종류의 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD 모두 시야각 특성이 양호하였으며, 특히 콘트라스트비가 10 일 때 극성이 강한 폴리이미드막을 이용한 a-TN-LCD

가 시야각 특성이 향상되는 경향을 나타내었다. 이것은 작은 분자 도메인이 시야각 특성의 향상에 기여한 것으로 생각할 수 있었다.

※본 연구는 통상산업부 및 과학기술처에서 시행한 국가선도기술개발사업 (G7연구개발사업) 의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. M.Suzuki and K.Sumiyoshi, Proceedings of the 2nd International Display Workshops, Vol. 2, AL-8, 31, 1995.
2. 서대식, 전기전자재료학회지, Vol. 9, No.7, 733, 1997.
3. D.-S.Seo, K.Muroi, and S.Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 213, 223, 1992.
4. D.-S.Seo, S.Kobayashi, and M.Nishikawa, Appl. Phys. Lett., Vol. 61, 2392, 1992.
5. D.-S.Seo, K.Muroi, T.Isogami, H.Matsuda, and S.Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 31, 2165, 1992.
6. D.-S.Seo, 7th Molecular Electronics and Devices Symposium (April 26-27, in Taejeon, 1996), 6.
7. W.M.Gibbons, P.J.Shannon, S.-T.Sun, and B.J.Swelin, Nature Vol. 351, 49, 1991.
8. M.Schadt, K.Schmitt, V.Kozinkov, and V.Chigrinov, Jpn.J.Appl.Phys., Vol. 31, 2155, 1992.
9. M.Hasegawa and Y.Taira, J.PhotoPolym.Sci. Technol. Vol. 8, 241, 1995.
10. Y.Toko, T.Sugiyama, K.Katoh, Y.Imura, and S.Kobayashi, J.Appl.Phys., Vol. 74, 2071, 1993.
11. T.Sugiyama, Y.Toko, T.Hashimoto, K.Katoh, Y.Imura, and S.Kobayashi, Jpn.J.Appl.Phys., Vol. 32, No. 12A, 5621, 1993.
12. 서대식, 이창훈, 황을연, 이보호, 이승희, 김향울, 전기전자재료학회지, Vol. 10, No.1, 15, 1997.
13. T.Tsukada, " TFT-LCD: liquid-crystal display addressed by thin-film-transistors", Chapter 5 (Gordon and Breach Publishes, 1996)

### 저자소개



**서대식**  
 1963년 12월 16일생. 1989년 Tokyo Univ. of Agri. and Tech. 전자공학과 졸업. 1991년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업 (공학석사). 1994년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업 (공학박사). 1993년~95년 일본학술진흥회 특별연구원. 1994

년~95년 Kent State Univ. 액정연구소 연구원. 1997년 9월~현재 숭실대학교 전기공학과 조교수. 1992년 제5회 안도우히로시기념학술장려상 수상(일본). 1997년 제 1회 "젊은 과학자상" 수상. 본학회 영문논문지 편수위원



**이창훈**  
 1972년 11월 16일생. 1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1996년~현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정.