

a-TN-LCD의 전기광학특성에 미치는 액정배향의 효과



Effects of Liquid Crystal Alignment on the Electro-Optical Characteristics of a-TN-LCD

서대식*, 이창훈*, 황윤연*, 이보호*, 이승희**, 김향율**
(Dae-Shik Seo, Chang-Hun Lee, Eul-Yun Hwang, Bo-Ho Lee,
Seung-Hee Lee, and Hyang-Yul Kim)

Abstract

The characteristics of the response time and the viewing angle on twisted nematic (TN) liquid crystal display (LCD) and amorphous (a)-TN-LCD without rubbing were investigated. To measure the transmission-voltage, response time, and viewing angle characteristics, we prepared three kinds of LC cells and then studied the surface liquid crystal alignment effect. It was found that the response time on a-TN-LCD was fast compared to the TN-LCD, and the weak anchoring strength was attributed to the fast response time on a-TN-LCD. Also, we obtained the wide viewing angle characteristics on a-TN-LCD. The liquid crystal alignment of LCD device for electro optical characteristics is discussed in the present paper.

Key Words(중요용어) : liquid crystal alignment (액정배향), amorphous twisted nematic (아몰퍼스 TN), non-rubbing (넌러빙), response time (응답속도), viewing angle (시야각)

1. 서 론

최근, 멀티미디어 시대에 적합한 정보 디스플레이 소자로서 저 소비전력, 저 전압구동, 긴명, 박형, 풀 컬러표시가 가능, 고정세화 등이 특징인 액정디스플레이 (LCD) 소자가 각광을 받고 있다. LCD 소자는 휴대용단말기, 노트북 컴퓨터, 영상기기 등에 폭넓게 사용되고 있다. 향후 LCD 소자는 벽걸이형 TV, HDTV 등에서의 응용도 기대되고 있으며 대용량, 대형화면화가 진행되어 EWS (engineering work station) 에의 응용도 본격적으로 진행되고 있다. 최근, 이와 같은 정보 디스플레이 소자의 고급화가 진행되기 위해서는 시야각 (viewing angle) 특성의 개선, 저 전력구동, 응답속

도 개선 등이 중요한 문제로 대두되어지고 있다. LCD 소자에 있어서 시야각이 좁은 이유는 그림 1에 나타낸 바와 같이 액정셀에 입체치 이상의 전압을 인가하면 액정분자가 일어섰을 때 보는 각도에 따라서 복굴절률의 차이가 있어 그 결과로 인하여 시야각이 달라진다. 현재까지 알려진 시야각 특성을 개선하기 위한 방법으로는 광학보상 방식 (optically compensated method), 화소분할 방식 (halftone gray scale method), 멀티도메인방식 (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), 신방식 단순 매트릭스 LCD 방식 (new-type simple matrix LCD method) 등이 알려져 있다.¹⁾

* : 숭실대학교 공과대학 전기공학과

** : 현대전자산업 TFT제품기술부¹⁾

접수일자 : 1996년 9월 2일

심사완료 : 1996년 11월 12일

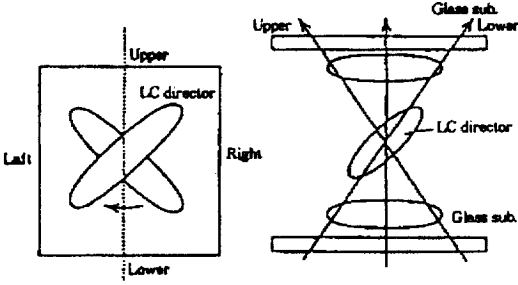


그림 1. TN-LCD의 분자배향 및 중간조 표시특성
 Fig. 1. Molecular deformation of TN-LCD and gray-scale characteristics.

현재까지 알려진 LCD 소자의 표시방식 중 가장 많이 쓰이고 있는 방식은 TN-LCD 방식과 S(super) TN-LCD 방식이다. TN-LCD 등에서는 액정분자를 일정한 방향으로 배열시키기 위하여 폴리이미드 등의 고분자막 표면을 섬유질로 한쪽 방향으로 문지러줌 (rubbing) 으로써 고분자들을 재배열시켜주어 그 위에 액정분자를 일정한 방향으로 배열시켜 준다. 이러한 러빙법은 러빙시에 정전기, 오물 등이 많이 발생하여 박막트랜지스터 (TFT : thin film transistor) 소자를 파괴하며 그 결과, 제조공정이 증가하는 등의 악영향을 미치고 있다.²⁾ 본 연구자들은 이러한 러빙법을 이용한 액정분자 배향효과에 관하여 수년간 연구 보고하여 왔다.³⁻⁶⁾ 최근, 러빙을 하지 않는 너러빙 액정배향 기술개발⁷⁾ 과 LCD에서 크게 문제시되고 있는 시야각 특성의 개선⁸⁾ 을 위한 기술개발이 중요한 문제로 등장하였다.

본 연구에서는 러빙도하지 않으며 시야각 특성의 개선도 동시에 만족할 수 있는 기술로 a-TN-LCD의 시야각 특성 및 응답속도에 관하여 연구하였고, 액정분자배향이 LCD의 전기광학특성에 미치는 영향에 관하여 연구하였다.

2. 실험

배향막은 일반적으로 잘 알려진 STN-LCD용 배향재료로, 폴리마릭산을 ITO (indium tin oxide) 전극이 코팅된 유리 기판위에 스펙코터법을 이용하여 막을 균일하게 도포한 후 오븐에서 250℃에서 1시간 동안 열처리하여 박막을 제작하였다. 이 배향막은 러빙처리한 막 (러빙은 5회) 및 러빙처리하지 않은 막으로 나누어서 각각을 샌드위치형 구조로 셀을 제작하였다. 셀 두께는 약 6μm로 하였

다. 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 d 와 p 는 각각 액정셀의 두께와 90° 회전한 chiral pitch를 의미한다. 제작한 액정셀의 조건은 다음과 같다.

- 1) TN-LCD : 양쪽기판을 러빙하여 각각 90° 어긋나게 하여 액정셀을 제작.
- 2) 한쪽면 러빙한 TN-LCD : 한쪽 기판만을 러빙하여 액정셀을 제작.
- 3) a-TN-LCD : 양쪽 기판면을 모두 러빙하지 않고 액정셀을 제작.

이상의 3종류의 액정셀의 전기광학특성 평가를 하기 위하여 투과율-전압 특성, 응답속도, 그리고 시야각 특성 등을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

TFT-LCD용 액정재료의 물성을 사용하여 투과율-전압특성을 컴퓨터 시뮬레이션한 결과, 그림 2와 같이 실제 측정된 결과의 그림 3과 잘 일치하는 것을 알 수 있었다. 그림 3에 TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, 그리고 a-TN-LCD 등의 3종류의 투과율-전압 특성을 나타낸다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 임계치 전압 부근에서 a-TN-LCD가 일찍 투과율이 변화하는 경향을 나타내며, 임계치 전압 이상에서는 투과율이 완전히 0%로 되지 않는 경향을 나타내었다. 이 결과로부터 임계치 전압 이상에서는 액정분자가 랜덤하게 배향되어 있기 때문에 빛의 일부가 새어나간 것으로 생각되어진다. 그리고, TN-LCD와 한쪽면 러빙한 TN-LCD에 있어서는, 임계치 전압 부근에서는 거의 같은 특성을 나타내었으나 임계치 전압 이상에서는 a-TN-LCD에 가까운 투과율 특성을 나타내었다. 그리고, TN-LCD와 a-TN-LCD를 비교하면 임계치 전압 부근에서 a-TN-LCD쪽이 후리디렉스 전이 (Fredericksz transition) 가 일찍 일어나는 경향을 나타내었다. 이것은 배향막 표면층과 액정분자와의 결합강도가 기여한 것으로 생각되어진다.

측정된 TN-LCD의 응답속도 특성과 계산한 응답속도를 그림 4와 표 1에 각각 나타낸다. TN-LCD와 a-TN-LCD를 비교하여 보면 응답속도가 a-TN-LCD쪽이 빠른 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 액정분자가 일어서는 시간인 τ_r 은 TN-LCD쪽이 크나 액정분자가 돌아오는 시간인 τ_d

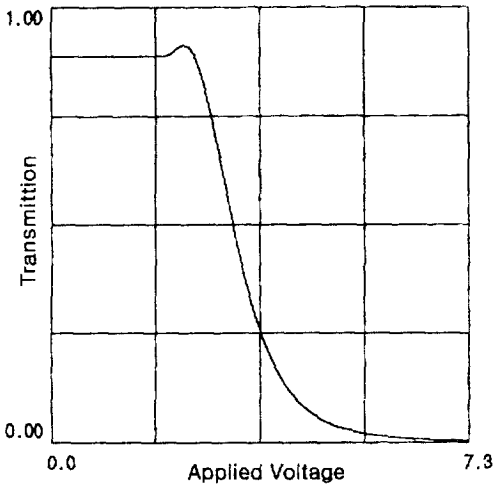


그림 2. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 투과율-전압 특성
 Fig. 2. Transmission-voltage characteristics by computer simulation.

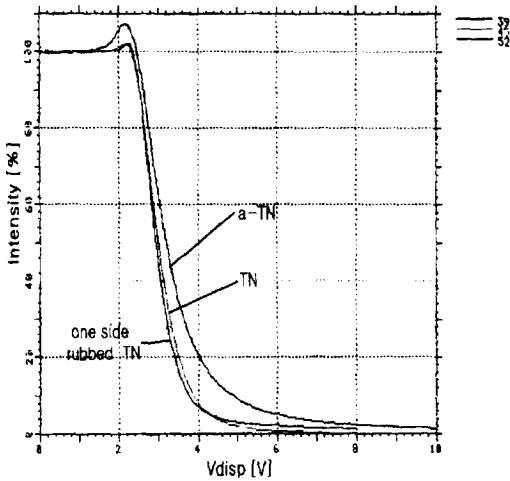


그림 3. TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, 그리고 a-TN-LCD 등의 투과율-전압 특성
 Fig. 3. Transmission-voltage characteristics for TN-LCD, one side rubbed TN-LCD, and a-TN-LCD.

는 TN-LCD가 작은 경향을 나타내었다. 이것은 배향막 표면을 러빙한 액정셀이 러빙안한 액정셀보다 표면 질서도가 높은 것을 고려하면,⁹ TN-LCD쪽이 액정분자와 배향층과의 결합강도가 강하다고 생각할 수 있으므로, TN-LCD쪽이 액정분자가 일어서는 시간은 길고, 돌아오는 시간은 짧다고

해석할 수 있다. a-TN-LCD의 경우, 액정분자가 일어서는 시간이 작고, 액정분자가 돌아오는 시간이 TN-LCD쪽보다 상대적으로 조금 긴 것으로 나타났다. 이 결과를 해석하기 위하여 액정분자와 배향막 표면층과의 속박력을 나타내는 결합강도와와의 상호관계를 생각할 수 있으며, a-TN-LCD는 배향막에 있어서 고분자가 재배열되어 있지 않기 때문에 액정분자와 배향막과의 결합강도가 약하다고 생각할 수 있다. 즉, a-TN-LCD는 결합력이 약하기 때문에 액정분자가 일어서는 시간이 현저히 작고 빠른 응답속도를 나타내는 것으로 생각할 수 있다. 이 결과는 투과율-전압특성의 결과에서도 알 수 있듯이, a-TN-LCD는 TN-LCD보다 임계치 전압 부근에서 투과율이 일찍 변화하는 것으로 보아 액정분자가 빨리 응답하는 것으로 생각할 수 있다.

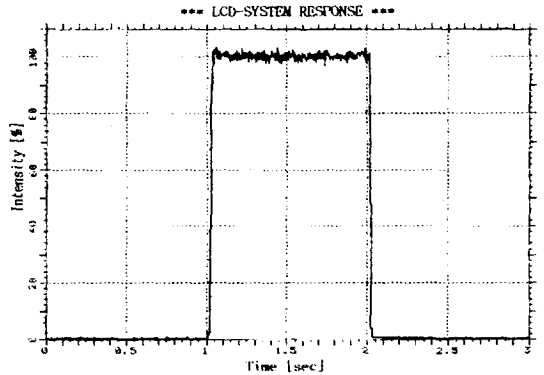


그림 4. TN-LCD의 응답속도 특성의 예
 Fig. 4. Example of the response time characteristics for TN-LCD.

표 1. TN-LCD와 a-TN-LCD의 응답속도
 Table 1. Response time characteristics for TN-LCD and a-TN-LCD.

	Rise Time τ_r (msec)	Decay Time τ_d (msec)	$\tau_r + \tau_d$ (msec)
TN	13.16	4.41	17.57
a-TN	7.20	5.80	13.00

TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, a-TN-LCD 등의 3종류의 액정셀의 시야각 특성을 그림 5에 나타내었다. 그림 5에서 보는 바와 같이 TN-LCD와 한쪽면 러빙한 TN-LCD보다도 a-TN-LCD쪽이 양호한 시야각 특성을 나타내었다. 특히, 모든 방향에서의 시야각 의존성이 적고 균등한 시야각

특성을 나타내었다. 이것은 한 화소에서 액정분자가 여러 방향으로 향하고 있어, 보는 방향에 따라서 그 방향의 액정분자가 시야각을 보상하는 것으로 시야각이 개선되는 것을 알 수 있다. 즉, 기본적으로는 멀티도메인 방식과 같이 기관 표면에서 액정분자가 모든 방향을 향하고 있어 전체적으로 균등한 시야각 특성을 나타내는 것으로 생각할 수 있다. 이 결과들로 보아 액정분자 배열이 LCD의 전기광학 특성에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 마지막으로 a-TN-LCD는 러빙을 하지 않기 때문에 제조공정이 간단하고 빠른 응답속도와 양호한 시야각 특성을 나타내는 장점이 있으나, 앞으로 미세한 도메인의 크기를 제어하는 것이 큰 과제로 생각되어진다.

4. 결 론

본 연구에서는 액정분자 배열효과가 LCD의 전기광학특성에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 전기광학 특성을 평가하기 위하여 일반 TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, a-TN-LCD 등의 3종류의 액정셀을 제작하여 평가한 결과, 본 연구에서 사용한 액정재료의 물성 및 액정셀 제작 조건에 사용한 조건을 이용하여 투과율-전압 특성을 컴퓨터로 계산한 결과와 본 연구에서 제작한 액정셀의 특성이 잘 일치함을 알 수 있었다. 3종류의 LCD 중에서 러빙을 하지 않는 a-TN-LCD가 빠른 응답특성과 균일한 시야각 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 이 결과들로부터 LCD 소자의 전기광학특성에 액정분자 배열이 중요한 기여를 하고 있음을 알 수 있다.

※ 본 연구는 과학기술처에서 시행한 국가선도기술개발사업(G7 연구개발사업)의 사업의 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. H.Matsuda, D.-S.Seo, N.Yoshida, K.Fujibayashi, and S.Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 264, 23, 1995.
3. D.-S.Seo, K.Muroi, and S.Kobayashi, Mol.

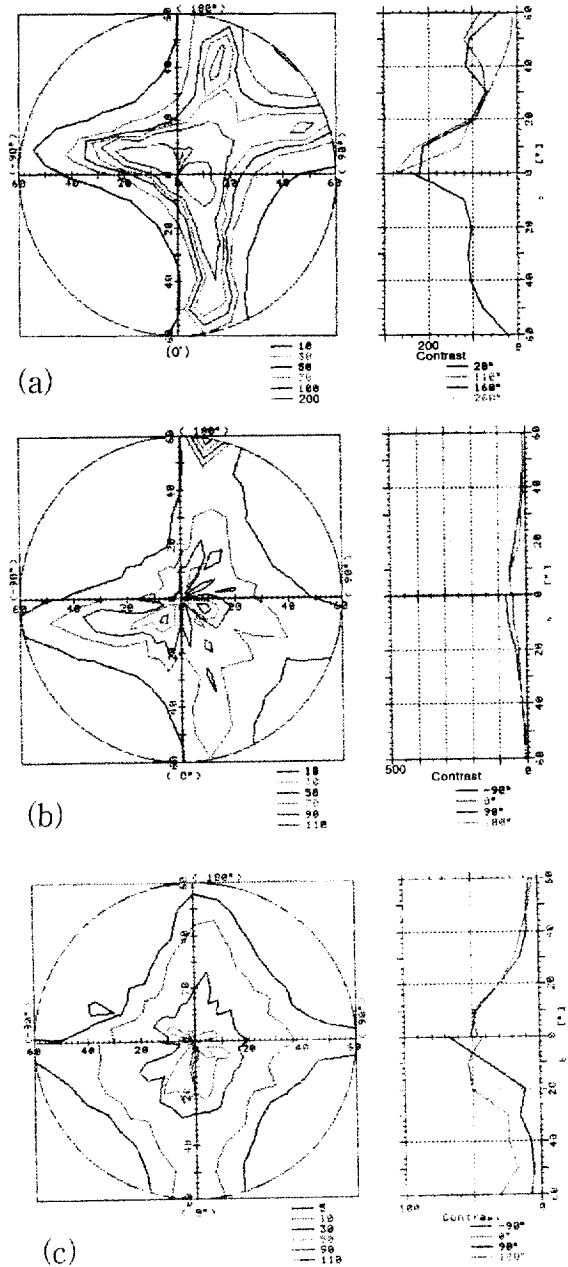


그림 5. 시야각 특성 (a) TN-LCD, (b) 한쪽면 러빙한 TN-LCD, (c) a-TN-LCD

Fig. 5 Viewing angle characteristics. (a) TN-LCD; (b) one side rubbed TN-LCD; (c) a-TN-LCD.

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, N.Yoshida, S.Kobayashi, M.Nishikawa, Y.Yabe, and S.Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, L503, 1995.
 7. D.-S.Seo, 7th Molecular Electronics and Devices Symposium (April 26-27, in Taejeon, 1996), 6.
 8. D.-S.Seo, 전기전자재료학회지, Vol. 9, No.7, 733, 1996.
 9. D.-S.Seo, S.Kobayashi, D.-Y.Kang, and H. Yokoyama, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, 3607, 1995.

저자소개



서대석

1963년 12월 16일생. 1989년 동경농공대학(일본) 전자공학과 졸업. 1991년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업(공학수사). 1994년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업(공학). 1993-95년 일본학술진흥회 특별연구원. 1994년-95년 Kent State Univ. 액정연구소 연구원. 1995년 9월-현재 숭실대학교 전기공학과 전임강사. 1992년 제5회 안도우히로시기념학술장려상 수상(일본). 분학회 영문편수위원.



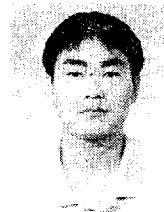
이보호

1936년 5월 31일생. 1961년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1972년 경북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1986년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1968년-72년 전북대학교 전기공학과 조교수. 1972년-84년 숭실대학교 전기공학과 부교수. 1984년-현재 숭실대학교 전기공학과 교수. 1988년-90년 숭실대학교 공대학장. 1990년-92년 숭실대학교 부총장.



이창훈

1972년 11월 16일생. 1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1996년-현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정.



이승희

1967년 1월 24일생. 1990년 전북대학교 물리학과 졸업. 1994년 Kent State Univ. 대학원 물리학과 졸업(박사). 1995년-현재 현대전자산업 TFT 제품기술부 과장



황을연

1972년 9월 19일생. 1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1996년-현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정.



김향울

1968년 8월 3일생. 1994년 전남대 화학공학과 졸업. 1994년-현재 현대전자산업 TFT 제품기술부 연구원