

넨러빙 액정배향기술을 이용한 a-TN-LCD의 전기광학특성에 관한 연구

A Study on Electro-optical Characteristics of a-TN-LCD by Non-rubbing Liquid Crystal Alignment Techniques

서대식, 이창훈*, 황을연, 이보호

승실대학교 공과대학 전기공학과

Dae-Shik Seo, Chang-Hoon Lee*, Eul-Yun Hwang, Bo-Ho Lee,

Department of Electrical Engineering, College of Engineering,

Soong Sil University

Abstract

In this study, we have investigated 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. 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. We studied that the response time on a-TN-LCD is fast compared to the TN-LCD. We suggest that the weak anchoring strength is attributed to the fast response time on a-TN-LCD. Also, we obtained the uniform viewing angle characteristics on a-TN-LCD. From these results, we consider that the liquid crystal alignment on LCD device are very important factor for electro-optical characteristics.

1. 서론

최근, 멀티미디어 시대에 적합한 정보 디스플레이 소자로서 저 소비전력, 저 전압구동, 경량, 박형, 풀 컬러표시가 가능, 고정세화 등이 특징인 액정디스플레이(LCD) 소자가 각광을 받고 있다. LCD 소자의 고급화가 진행되기 위해서는 시야각 (viewing Angle) 특성의 개선, 저 전력구동, 응답속도 개선 등이 중요한 문제로 대두되어지고 있다. LCD 소자에 있어서 시야각이 좁

은 이유는 액정셀에 임계치 이상의 전압을 인가하면 액정분자가 일어섰을 때 보는 각도에 따라서 복굴절율의 차이가 있어 그 결과로 인하여 시야각이 달라진다. 현재까지 시야각 특성을 개선하기 위하여 많은 방법들이 제안되고 있다.

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 고분자막표면을 섬유질로 한쪽 방향으로 문질러 줌으로써 (이것을 러빙(Rubbing)이라 한다) 고분자들을 재배열시켜 주어 그 위에 액정분자를 일정한 방향으로 배열시켜 준다. 이러한 러빙법은 러빙시에 정전기, 이물질 등이 많이 발생하여 박막트랜지스터 (TFT : thin film transistor) 소자를 파괴하며 그 결과로 인하여 제조 공정이 증가하는 등의 악영향을 미치고 있다.¹ 본 연구자들은 이러한 러빙법을 이용한 액정분자 배향효과에 관하여 수년간 연구 보고하여 왔다.^{2,3} 최근, 러빙을 하지 않는 넨러빙 액정배향 기술개발⁴ 과 LCD에서 크게 문제시되고 있는 시야각 특성의 개선⁵ 을 위한 기술개발이 중요한 이슈로 등장하였다.

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

2. 실험

배향막은 일반적으로 잘 알려진 STN-LCD용 배향재료로, 폴리아믹산을 ITO (indium thin oxide) 전극이 코팅된 유리 기판위에 스펀코팅법을 이용하여 막을 균일하게 도포한 후 오븐에서 250°C에서 1시간 동안 열처리하여 박막을 제작하였다. 이 배향막은 러빙처리한 막(러빙은 5회) 및 러빙처리하지 않은 막으로 나누어서 각각을 샌드위치형 구조로 셀을 제작하였다. 셀 두께는 약 6 μ m로 하였다. 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

그림 1에 TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, 그리고 a-TN-LCD 등의 3종류의 투과율-전압 특성을 나타낸다. 그림 1에서 보는 바와 같이, 임계치 전압 부근에서 a-TN-LCD가 투과율이 일찍 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 새어나가기 때문인 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(freedericksz transition)가 일찍 일어나는 경향을 나타내었다. 이것은 배향막 표면층과 액정분자와의 결합강도가 기여한 것으로 생각되어진다.

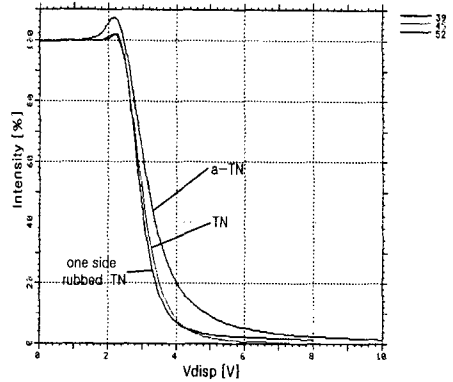


그림 1. TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, 그리고 a-TN-LCD 등의 투과율-전압특성

표 1에 TN-LCD와 a-TN-LCD의 응답속도를 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 는 TN-LCD가 작은 경향을 나타내었다. 이것은 TN-LCD쪽이 액정분자와 배향층과의 결합강도가 강하다고 생각하면, TN-LCD쪽이 액정분자가 일어서는 시간은 길고, 돌아오는 시간은 짧다고 해석할 수 있다. a-TN-LCD의 경우, 액정분자가 일어서는 시간이 작고, 액정분자가 돌아오는 시간이 TN-LCD 쪽보다 상대적으로 조금 긴 것으로 나타났다. 이 결과를 해석하기 위하여 액정분자와 배향막 표면층과의 속박력을 나타내는 결합강도와의 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.

표 1. TN-LCD와 a-TN-LCD의 응답속도

	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 2에 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 TN-LCD와 한쪽면 러빙한 TN-LCD 보다도 a-TN-LCD쪽이 양호한 시야각 특성을 나타내었다. 특히, 모든 방향에서의 시야각 의존성이 작고 균등한 시야각 특성을 나타내었다. 이것은 한 화소에서 액정분자가 여러 방향으로 향하고 있어 보는 시각에 따라서 그 방향의 액정분자가 시야각을 보상하는 것으로 시야각이 개선되는 것을 알 수 있다. 즉, 기본적으로는 멀티도메인 방식과 같이 기판표면에서 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 있어 앞으로 미세한 도메인의 크기를 제어하는 것이 큰 과제로 생각되어진다.

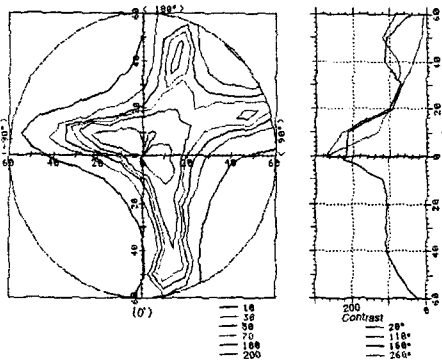


그림 2 (a) TN-LCD의 시야각 특성

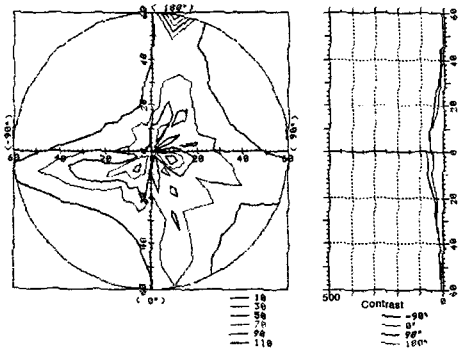


그림 2 (b) 한쪽면 러빙한 TN-LCD의 시야각 특성

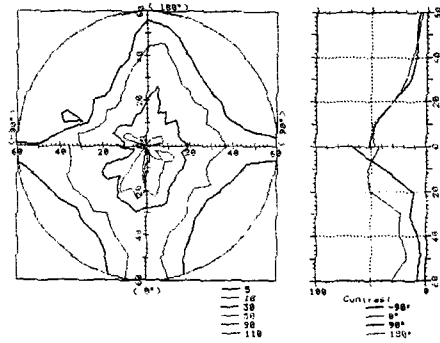


그림 2 (c) a-TN-LCD의 시야각 특성

4. 결론

본 연구에서는 액정분자 배열효과가 LCD의 전기광학특성에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 전기광학특성을 평가하기 위하여 일반 TN-LCD, 한쪽면 러빙한 TN-LCD, a-TN-LCD 등의 3종류의 액정셀을 제작하였다. 결과로서, 본 연구에서 사용한 액정재료의 물성 및 액정셀 제작조건에 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 있다는 것을 알 수 있었다.

※본 연구는 과학기술처에서 시행한 국가선도기술개발사업(G7 연구개발사업)의 사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. H.Matsuda, D.-S.Seo, N.Yoshida, K.Fujibayashi, and S.Kobayashi, *Mol.Cryst.Liq.Cryst.*, Vol. 264, 23, 1995.
2. D.-S.Seo, K.Muroi, T.Isogami, H.Matsuda, and S.Kobayashi, *Jpn.J.Appl.Phys.*, Vol. 31, 2165, 1992.
3. D.-S.Seo, N.Yoshida, S.Kobayashi, M.Nishikawa, Y.Yabe, and S.Kobayashi, *Jpn.J.Appl.Phys.*, Vol. 34, L503, 1995.
4. D.-S.Seo, 7th Molecular Electronics and Devices Symposium (April 26-27, in Taejeon, 1996), 6.
5. D.-S.Seo, *전기전자재료학회지*, Vol. 9, No.7, 1996.