

## 액정 소자의 열적 안전성에 관한 연구

### Study for Thermal Stability of Liquid Crystal Device

이상극<sup>2</sup>, 황정연<sup>1</sup>, 서대식<sup>1,a</sup>, 이준웅<sup>2</sup>  
(Sang-Keuk Lee<sup>2</sup>, Jeoung-Yeon Hwang<sup>1</sup>, Dae-Shik Seo<sup>1,a</sup>, and Joon-Ung Lee<sup>2</sup>)

#### Abstract

In this study, we investigated about electrooptics characteristic of three kinds of TN cell on the polyimide surface. Monodomain alignments of thermal stressed TN cell over temperature of liquid crystal isotropic phase were almost the same as that of no thermal stressed TN cells. However, the thermal stressed TN cells have many defects. Also, threshold voltage and response time of thermal stressed TN cells show the same performances as no thermal stressed TN cells. There were little changes of value in these TN cells. However, transmittances of TN cells on the polyimide surface decrease with increasing thermal stress time. Finally, the residual DC voltage of the thermal stressed TN cell on the polyimide surface shows decrease of characteristics as increasing thermal stress time. Therefore, the thermal stability of TN cell was decreased by high thermal stress for the long times.

**Key Words** : Liquid crystal, Thermal stress, Electrooptics characteristic, Residual DC voltage

#### 1. 서론

액정 표시 소자 (LCD)는 1980년대의 전자계산기 등의 소형 디스플레이에 이용되었다. 1990년대에서는 주로 개인용도인 노트북 컴퓨터용 디스플레이에 사용되었다. 현재에는 52인치 대면적 TV인 대형 크기의 디스플레이로 사용되고 있다[1,2]. 이렇듯 액정표시소자는 소형에서 대형 디스플레이까지 넓은 분야에서 사용되고 있다. 이러한 액정표시소자는 CRT 디스플레이보다 평평하고, 가볍고, 저 소비 전력의 특징을 가지고 있어서 현재 여러 가지 디스플레이 소자 중에서 가장 전망이 밝은 디스플레이이다. 그러나, 고화질 고정세화 되는 디스플레이에서는 디스플레이의 성능이 중요하다. 특히 장시간 디스플레이를 구동하였을 때 일정한 성능

을 유지하는 것이 중요하다. 그러므로 장시간 디스플레이를 사용할 때 발생하는 문제에 대한 연구가 필요하다[3,4]. 이러한 디스플레이의 안정성에 대한 연구 중에서 중요한 부분이 표시소자의 열적 안정성이다. 특히, projector type 액정표시소자에서는 이러한 문제가 매우 중요하다. LCD projector와 projection TV에서는 2인치의 작은 액정 패널을 사용하고 있으며 이러한 작은 액정패널에 광학 소자를 이용, 확대하여 디스플레이를 구현하고 있다. 이러한 projector type 액정표시소자는 구현 원리상 휘도가 낮으므로 휘도를 향상시키기 위해서는 매우 강한 광원 소스를 사용하게 된다. 이러한 강한 광원 소스를 사용하면 주변에 매우 높은 열이 발생하게 되며, 특히, 액정표시소자의 특성을 저하시키는 원인이 된다. 하지만, 현재 액정표시소자의 열적 안전성에 관한 연구는 그다지 보고되지 않고 있다.

따라서, 본 연구에서는 액정표시소자가 장시간 높은 열에 노출되었을때, 발생하는 액정표시소자의 전기광학적 변화에 관하여 검토하였다.

1. 연세대학교 전기전자공학과  
(서울시 서대문구 신촌동 134)  
2. 광운대학교 전기공학과  
a. Corresponding Author : dsseo@yonsei.ac.kr  
접수일자 : 2003. 2. 29  
1차 심사 : 2003. 10. 29  
최종심사 : 2004. 1. 30

## 2. 실험

본 실험에서는 수평 배향제로, SE-7492 (Nissan Chemical Industries Co.)를 사용하였다. 폴리머는 ITO (indium-tin-oxide) 기판 위에 스퍼코팅법을 이용하여 코팅되었으며, 220°C에서 1시간 동안 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 제작된 폴리이미드(PI)의 막 두께는 약 500Å이다. PI막은 nylon (Y<sub>0</sub>-15-N, Yoshikawa Chemical Industries Co.)을 감은 러빙기를 사용하여 러빙처리 하였으며, 러빙 강도는 중간 정도를 사용하였다[5]. 전기광학특성을 측정하기 위해, TN 모드를 제작하였으며, 두께는 5μm로 조절하였다[6,7]. TN 소자의 열적 특성을 측정하기 위해 상온에서 제작한 셀과 100°C에서 1시간, 6시간을 가열하고, 서서히 냉각시킨 셀을 제작하였다. 또한 Merck 사의 유전율 이방성이 8.4인 네마틱 액정을 사용하였다. 제작한 TN 셀의 전기광학특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 (V-T) 특성, 응답 특성, 잔류 DC를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 1에 폴리이미드 표면에서 열적 stress를 가하지 않은 TN 셀과 6시간 열적 stress를 가한 TN 셀의 편광현미경 사진을 나타내었다. 그림 1에서와

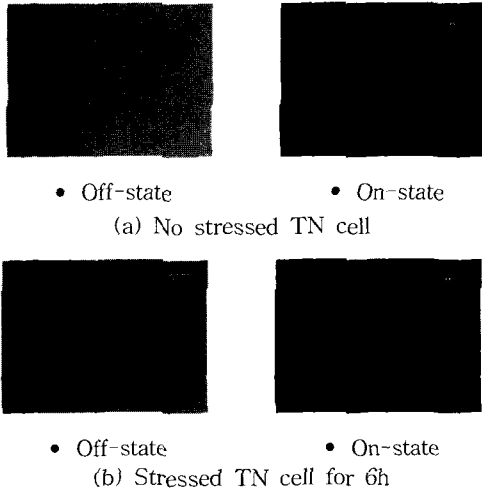


그림 1. 액정셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교상태); (a) No stressed TN cell, (b) Stressed TN cell for 6 h.

Fig. 1. Microphotographs of LC cell (in crossed Nicols); (a) No stressed TN cell, (b) Stressed TN cell for 6 h.

같이 열적 stress를 가하지 않는 TN 셀에 비해 6시간 열적 stress 가한 TN 셀의 전압 무인가시 배향 특성이 조금 저하되는 특성을 나타내었다. 이것은 TN셀에 열적 stress를 가함으로써 defect가 증가함을 알 수 있었다.

그림 2는 폴리이미드 표면에서 열적 stress를 가하지 않은 TN 셀과 1시간 및 6시간 동안 열적 stress를 인가한 TN 셀의 전압-투과율 곡선을 나타내었다. 그림 2에서와 같이 열적 stress가 증가할수록 TN 셀의 투과율이 감소하는 현상을 나타내었다. 이러한 TN셀의 투과율 감소는 액정의 배향력의 감소로 생각할 수 있다. 그림 1에서와 같이 전압무인가시 열적 stress를 가한 후에 defect의 증가로 인하여 TN셀의 투과율이 감소되었다고 생각할 수 있다.

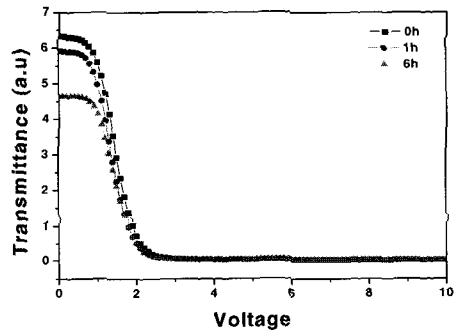


그림 2. 폴리이미드 표면을 이용한 3종류의 TN 셀의 V-T 곡선.

Fig. 2. V-T curves of the three kinds of TN cell on the polyimide surfaces.

표 1에 폴리이미드 표면에서 열적 stress를 가하지 않은 TN 셀과 1시간 및 6시간 동안 열적 stress를 인가한 TN 셀의 임계치 전압을 나타내었다. 표 1에서와 같이 임계치 전압은 stress를 1시간 동안 인가한 셀에서는 임계치 전압( $V_{90}$ )은 0.90(V)으로 stress를 가하지 않은 셀보다 조금 낮은 임계치 전압을 나타내었으나, 6시간 동안 열적 stress를 인가한 셀은 임계치 전압  $V_{90}$ 은 0.98(V),  $V_{10}$ 은 2.03(V)로 임계치 전압이 조금 상승한 것을 알 수 있었다. 하지만, 이러한 임계치 전압의 변화는 미미하여서 디스플레이 특성 평가에서는 거의 비슷한 특성으로 이해된다. 그러므로 TN 셀에 가해진 열적 stress는 임계치 전압의 항목에서는 열적 stress의 영향이 미비함을 알 수 있었다.

표 1. 폴리이미드 표면을 이용한 3종류의 TN 셀의 임계치 전압.

Table 1. Threshold voltage of the three kinds of TN cell on the polyimide surface.

Type \ Voltage	V <sub>90</sub>	V <sub>10</sub>
No stressed TN cell	0.96	2.04
Stressed TN cell for 1h	0.90	1.94
Stressed TN cell for 6h	0.98	2.03

\* V<sub>90</sub>은 투과율이 90%일 때의 전압, V<sub>10</sub>은 투과율이 10%일 때의 전압

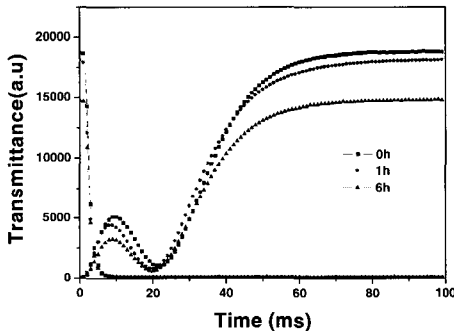


그림 3. 폴리이미드 표면을 이용한 3종류의 TN 셀의 응답특성.

Fig. 3. Response time characteristics of the three kinds of TN cell on the polyimide surfaces.

그림 3은 폴리이미드 표면에서 열적 stress를 인가하지 않은 TN 셀과 1시간 및 6시간 동안 열적 stress를 인가한 TN 셀의 응답 특성을 나타낸다. 그림 3에서와 같이 열적 stress의 인가시간이 증가함에 따라 투과율이 감소하는 현상을 나타내었다. 특히, 6시간 동안 stress를 인가한 TN셀은 투과율이 25%정도 감소하는 현상을 나타내었다.

표 2에서 폴리이미드 표면에서 열적 stress를 인가하지 않은 TN 셀과 1시간 및 6시간 동안 열적 stress를 인가한 TN 셀의 응답시간을 나타내었다. 표 2에서와 같이 액정의 응답시간은 열적 stress의 인가시간이 6h일 때 응답시간이 조금 증가함을 알 수 있었다. 특히, 액정의 decay 시간이 증가함을 알 수 있었다. 액정의 decay 시간은 액정의 물성에 크게 좌우된다. 그러므로 열적 stress에 의해서 액

정의 물성이 변화되었음을 알 수 있었다. 그러나, 전반적으로 크게 증가하지 않았기 때문에 액정의 응답시간과 stress사이에는 특별한 관계가 없음을 알 수 있었다.

표 2. 폴리이미드 표면을 이용한 3종류의 TN 셀의 응답속도.

Table 2. Response times for the three kinds of TN cell on the polyimide surface.

Type \ Time	Rising time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
No stressed TN cell	2.8	49.20	52.0
Stressed TN cell for 1h	2.6	49.89	52.49
Stressed TN cell for 6h	2.6	47.49	50.09

그림 4는 폴리이미드 표면에서 열적 stress를 인가하지 않는 TN 셀과 1시간 및 6시간 동안 열적 stress를 인가한 TN 셀의 전압-용량 특성을 나타내었다. 그림 4에서와 같이, 열적 stress의 인가시간이 증가함에 따라 히스테리시스 곡선이 폭이 증가함을 알 수 있었다. 히스테리시스의 곡선의 폭의 증가는 잔류 DC 증가를 의미한다[3]. 이러한 잔류 DC 특성은 액정 셀 내부에 있는 불순물 이온에 기인한다. 불순물 이온이 액정 셀에 DC 전압을 인가 시 배향막 표면에 흡착하게 되며, 배향막에 흡착된 이온 때문에 외부에 걸어준 전압이 없더라도 배향막에 흡착된 이온 때문에 액정층에 DC 전압이 걸리게 된다. 그러므로 잔류 DC 전압은 액정의 구동법, 액정, 배향막, 그리고 액정 셀 제작과정에 의해 좌우된다[4]. 그러므로 액정 셀에 지속적인 열적 stress를 가하면 액정 셀 내부에 있는 불순물 이온의 활동이 활발해져서 히스테리시스의 특성을 나쁘게 하는 원인이라고 생각할 수 있다. 또한, 이러한 잔류 DC 특성은 디스플레이 특성 중에서 폴리커의 특성에 많은 영향을 미친다.

즉, 액정 소자를 장시간 구동하였을 경우, 액정의 임계치 전압 및 응답특성 등의 전기광학적 수치에는 영향을 미치지 않았으나, TN 셀의 투과율과 잔류 DC 특성에는 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이러한 특성은 추후 디스플레이의 성능을 저하시키는 요인이라고 생각할 수 있다.

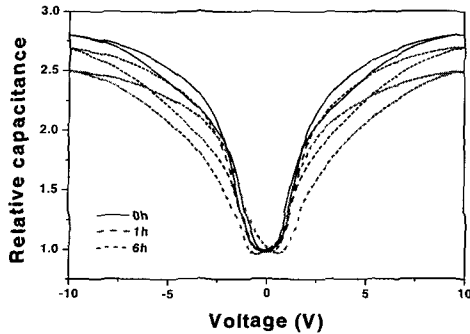


그림 4. 광폴리머 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 C-V 특성.

Fig. 4. Capacitance-voltage characteristics of the photoaligned TN-LCD on the photo-polymer surface.

#### 4. 결론

본 연구에서는 3종류의 TN 셀의 전기광학 특성에 대하여 검토 하였다. 폴리미이드 표면에서 열적 stress를 인가한 TN 셀의 배향 특성은 열적 stress를 인가하지 않은 TN 셀보다 전압무인가시에 defect가 많이 발생하였다. 또한, 열적 stress를 인가하지 않은 TN 셀과 열적 stress를 인가한 TN 셀의 임계치 전압과 응답특성은 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나, TN 셀의 투과율은 열적 stress의 인가 시간이 증가함에 따라 크게 감소하였으며, 액정의 잔류 DC 특성 또한 열적 stress의 인가시간이 증가함에 따라 감소하였다. 따라서, 높은 온도로 장시간 액정 표시소자에 stress를 인가할 경우 열적 안전성은 크게 감소하는 현상을 나타내었다.

#### 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] 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.
- [3] 김향울, 서대식, 김재형, "IPS-LCD의 전압-투과율 히스테리시스법을 이용한 잔류 DC 전압 특성", *전기전자재료학회논문지*, 14권, 6호, p. 487, 2001.
- [4] Y. Nakazono, T. Takagi, A. Sawada, and S. Naemura", A novel model of residual DC in LC cells", *IDW '98*, p. 61, 1998.
- [5] J. M. Geary, J. W. Goodby, A. R. Kmetz, and J. S. Patel, "The mechanism of polymer alignment of liquid-crystal materials", *J. Appl. Phys.*, Vol. 62, p. 4100, 1987.
- [6] 황정연, 전용채, 정연학, 서대식, "폴리이미드 표면에서의 TN 셀의 응답 특성에 관한 연구", *전기전자재료학회논문지*, 15권, 9호, p. 808, 2002.
- [7] 황정연, 서대식, "복합광폴리머 표면을 이용한 광배향 TN셀의 전기 광학 특성", *전기전자재료학회논문지*, 14권, 7호, p. 600, 2001.