

## 프리틸트각의 발생과 전기광학 특성에 있어서의 배향층의 효과

### Effect of alignment layer on pretilt angle generation and EO performance

박태규 송실대학교 공과대학 전기공학과  
서대식 송실대학교 공과대학 전기공학과

Tae-Gyu Park Dept. of Electrical Eng., Soongsil University  
Dae-Shik Seo Dept. of Electrical Eng., Soongsil University

#### Abstract

Effect of alignment layers on pretilt angle generation and electrical characteristics in nematic liquid crystal(NLC) by using photo-alignment techniques on polyimide (PI) surface with side chain were studied. The generated pretilt angle of the NLC on rubbed PI surface with 1-layer is almost the same as that of the 2-layers. However, the generated pretilt angle of the NLC on photo-induced PI surface with 2-layers is larger than that of the 1-layer. Therefore, the pretilt angle of the NLC on photo-induced PI surface is attributed to surface roughness due to photo-depolymerization of the polymer with UV light irradiation on PI surface. Next we observed the same characteristics of voltage-transmittance (V-T) and response time for 1- and 2-layers on PI surface. We also observed the same voltage holding ratio (VHR) characteristics for 1- and 2-layers on photo-aligned PI surface. Consequently, we suggest that the VHR of photo-aligned TN-LCD is higher than that of the rubbing-aligned TN-LCD.

**Key Words(중요용어)** : Photo-alignment (광배향), pretilt angle (프리틸트각), EO characteristics (전기광학특성), response time (응답속도), voltage holding ratio (전압보유율)

#### 1. 서 론

최근 LCD의 액정배향법으로 기계적인 러빙처리를 하지 않는 너러빙 처리법 (rubbingless method) 이 강하게 요구되고 있다. 그리고 전압-투과율 및 응답 특성은 LCD의 특성을 평가하는데 있어서 기본이 되는 특성 요소이다. 또한 전압보유율 특성은 LCD의 화상 플리커 등의 결함을 방지하는데 있어서 매우 중요하며, 이것은 액정셀에 전압인가시의 액정층에 걸리는 전압을 얼마만큼 유지할 수 있는가를 평가할 수 있는 파라메타이다.

최근, 본 연구그룹은 폴리이미드 표면에 UV 광을 경사 조사시의 액정배향, 프리틸트각의 발생 그리고 광배향 TN-LCD의 전기광학특성 등에 관하여 보고하였다.<sup>1,2)</sup> 그러나 러빙처리 및 광배향 등을 이용한 배향층의 수에 따른 액정배향효과 및 전기적인 특성에 관하여는 아직 보고가 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 러빙처리 및 광배향 등을 이용한 배향층의 수에 따른 효과에 대하여 검토하였다.

#### 2. 실험

본 실험에서는 측쇄기를 가진 super(S)TN-LCD용의 배향제를 사용하였다 (AL3046 : Japan Synthetic Rubber Co., Ltd. 제공). 프리커서는 ITO (indium-tin-oxide) 전극이 코팅된 유리 기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 균일하게 도포 한 후 핫 플레이트에서 80℃에서 10분간 열처리를 한 후에 오븐에서 180℃에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 형성하였다. 사용한 1층의 배향막의 두께는 350nm이다. 폴리이미드 표면에는 러빙처리와 직선 편광된 UV 광을 경사 조사하여 셀을 제작하였다. 광원은 1 kW 용량의 UV 램프를 사용하였으며

UV의 파장 영역이 365nm에서 가장 높은 흡수치를 가진다. UV 광 조사는 프리틸트각을 발생시키기 위하여 30°의 경사조사를 이용하였으며, 조사시간은 1~5분간 변화시켜 사용하였다. 본 실험에서 사용한 광조사 시스템은 이전의 논문에서 상세히 설명하였다.<sup>1)</sup> 2층막은 우선 1층막에 UV 광을 조사하고 또 1층을 도포하여 소성한 후 같은 방향으로 다시 UV광을 조사하여 제작하였다. 그리고 광배향 처리된 셀의 특성을 비교하기 위하여 러빙 처리한 셀을 제작하였다. 러빙 처리한 2층막은 1층막을 러빙처리한 후 1층을 도포하여 소성한 후 같은 방향으로 러빙하여 제작하였다. 러빙처리에 사용한 러빙강도 RS (rubbing strength)는 이전의 논문에서 보고하였다.<sup>3)</sup> 그리고 네마틱 액정의 프리틸트각을 평가하기 위하여 셀은 약 60 $\mu$ m의 두께로 하여 anti-parallel 구조로 제작하였다. 사용한 액정은 불소계열의 혼합형 네마틱 액정 (fluorinated type mixture; T<sub>c</sub>=87°C)으로 isotropic phase로 주입 한 후, 97°C에서 10분간 열처리한 후 서냉하였다. 또한 전기광학 특성을 평가하기 위하여 직선 편광된 UV광을 30°의 각도로 20분간 경사 조사하여 제작한 광배향 TN-LCD와 중간정도의 러빙강도로 제작한 러빙 처리한 TN-LCD를 5 $\mu$ m의 두께로 제작하였다. 네마틱 액정의 프리틸트각은 실온에서 결정회전법을 이용하여 측정하였다. 그리고 광배향 및 러빙 처리한 TN-LCD의 전기광학특성의 평가를 위하여 전압-투과율(V-T) 특성, 응답속도 그리고 전압보유율 등을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 러빙강도 의존성을 나타내었다. 측쇄기를 가진 폴리이미드 배향막으로 약 5° 정도의 프리틸트를 발생하고 있음을 알 수 있다. 배향막이 1층일 때와 2층일 때 거의 유사한 크기의 프리틸트각을 나타내었다. 일반적으로 단층 배향막인 경우 폴리이미드 표면층으로부터 약 10nm 까지가 액정배향에 기여하며 이것이 프리틸트에 기여하는 것으로 생각 할 수 있다. 그리고 러빙강도가 증가함에 따라 프리틸트가 감소하며 이 현상은 이전의 결과들과 잘 일치하고 있다. 이것은 러빙강도가 증가함에 따라 측쇄기의 기울기가 낮아짐에 따른 것으로 생각 할 수 있다.<sup>3)</sup>

그림 2에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 UV광의 조사시간 의존성을 나타내었다. 배향막이 2층일 때의 프리틸트각은 1층일 때보다 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 러빙시와 다른 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 광분해 반응을 이용

한 액정배향시 UV광 조사에 따른 폴리머의 절단이 표면에 roughness를 형성하는 것을 생각 할 수 있다. 일반적으로 러빙시에는 러빙처리에 의하여 표면형상이 러빙방향으로 groove 구조는 형성하나 프리틸트에는 그리 기여하고 있지 않는 것이 알려져 있다. 그러나 광분해 반응을 이용한 경우에는 러빙시 보다 폴리머의 면내 질서는 감소하나 폴라축의 형상은 클 것으로 생각 할 수 있다. 따라서 이러한 광분해 반응에 따른 표면 형상이 프리틸트각에 기여하는 것으로 생각 할 수 있다. 2층막인 경우 그 효과가 증가하여 프리틸트가 증가하는 것으로 추측 할 수 있다. 그리고 UV광의 조사시간이 증가함에 따라 프리틸트가 감소하며 이 현상도 이전의 결과와 잘 일치하고 있다.<sup>2)</sup>

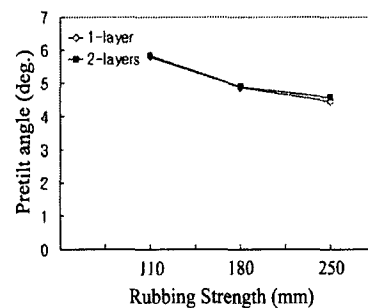


Fig. 1. Rubbing strength dependence of pretilt angle in NLC on PI surface with side chain.

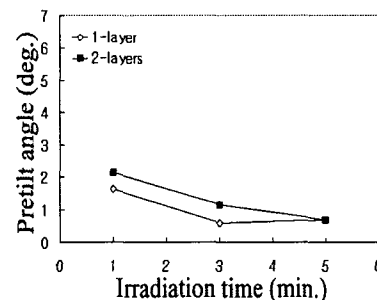


Fig. 2. Dependence of UV light irradiation time of pretilt angle in NLC on PI surface with side chain.

그림 3에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서 러빙처리 및 광배향을 이용한 TN-LCD의 전압-투과율 특성을 나타내었다. 러빙 처리한 경우보다 광배향을 이용한 TN-LCD가 구동전압이 증가함을 알 수 있다. 그리고 배향층의 수에 따른 차이는 나타나고 있지 않은 것을 알 수 있다.

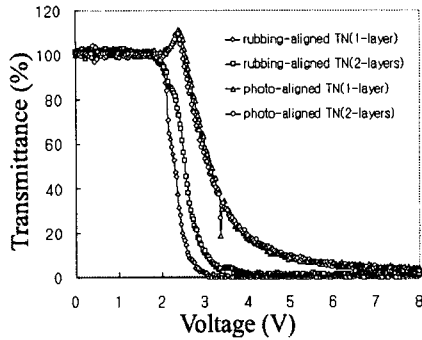


Fig. 3. Voltage-transmittance characteristics for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

그림 4 와 표 1 에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙 처리한 TN-LCD의 응답특성 및 응답속도를 나타내었다. 러빙 처리한 TN-LCD 는 양호한 응답특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 광배향을 이용한 TN-LCD는 하강시간에 있어서 역트위스트 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 광배향 TN-LCD 의 제작시 chiral dopant를 첨가하지 않았으므로 이러한 현상은 TN셀에서의 액정분자의 트위스트 힘과 관계가 있는 것으로 생각 할 수 있다. 그리고 배향층의 수에 따른 효과는 나타나고 있지 않는 것을 알 수 있다. 한편, 표 1에서의 폴리이미드 표면을 러빙 처리한 TN-LCD의 응답시간은 58 ms를 넘고 있으며 이것은 셀 두께가 크기 때문인 것으로 생각 할 수 있다. 그리고 광배향 TN-LCD에서의 응답시간이 빠른 것은 그림 4의 역트위스트 현상에 따른 것으로 생각 할 수 있다. 결과적으로 이러한 응답속도에는 배향층의 수가 그리 영향을 미치지 않는 것으로 생각 할 수 있다.

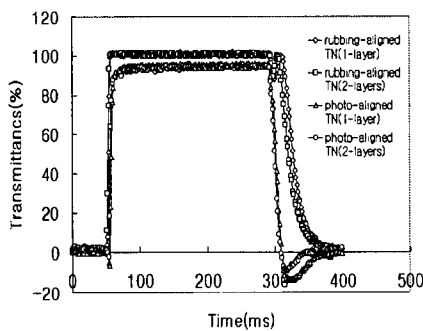
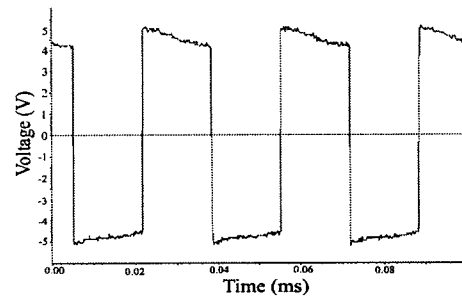


Fig. 4. Response time characteristics for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

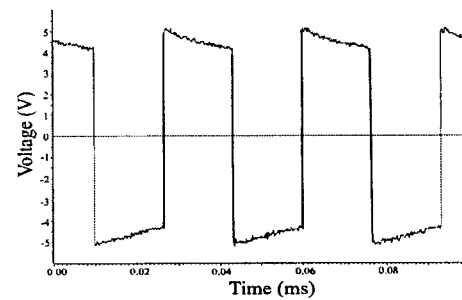
Table 1. The response time for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

	rubbing-aligned TN-LCD (1-layer)	rubbing-aligned TN-LCD (2-layers)	photo-aligned TN-LCD (1-layer)	photo-aligned TN-LCD (2-layers)
Rising time $t_r$ (ms)	4.30	5.00	7.00	7.60
Decay time $t_d$ (ms)	62.0	53.2	144	13.2
Response time $t$ (ms)	66.3	58.2	21.4	20.8

그림 5 (a) 와 (b)에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 러빙처리한 TN-LCD의 전압보유율 측정을 나타내었다. 그림 5 에 나타낸 바와 같이 폴리이미드 표면층이 1층인 경우 와 2층인 경우 거의 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.



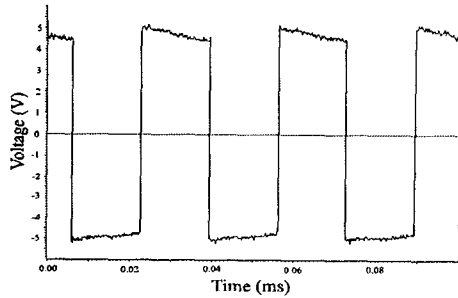
(a) 1-layer



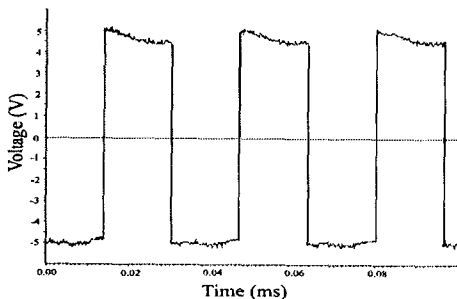
(b) 2-layers

Fig. 5. VHR characteristics for rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

또한, 그림 6 (a) 와 (b)에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광분해 반응을 이용한 TN-LCD의 전압보유율 특성을 나타내었다. 폴리이미드 표면을 광배향 처리한 경우 역시 배향층을 1층 및 2층 사용한 경우 거의 유사한 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 러빙 및 광배향 처리한 경우의 배향층의 수에 따른 전압보유율은 거의 같은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 표 2에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 러빙 및 광배향 처리한 TN-LCD의 전압보유율을 나타내었다. 러빙 처리한 경우보다 광배향 처리한 경우가 전압보유율이 높은 경향을 나타내었다. 광배향을 이용한 TN-LCD의 전압 보유율은 94%로 우수한 특성을 나타내었다. 반면, 러빙 처리한 TN-LCD는 88%로 광배향 TN-LCD보다 다소 낮은 전압보유율을 나타내었다. 이러한 경향은 러빙 셀의 경우, 러빙처리에 따른 폴리머의 라디칼의 발생이 광배향보다 많이 발생하는 것으로 생각 할 수 있다. 이러한 라디칼은 배향층의 불순물로서 작용함으로써 이것이 전압보유율의 감소에 영향을 미치는 것으로 생각 할 수 있다.



(a) 1-layer



(b) 2-layers

Fig. 6. VHR characteristics for photo-aligned TN-LCD with oblique polarized UV light irradiation of 30° on PI surface with side chain.

Table 2. VHR for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

	rubbing-aligned TN-LCD (1-layer)	rubbing-aligned TN-LCD (2-layers)	photo-aligned TN-LCD (1-layer)	photo-aligned TN-LCD (2-layers)
전압 보유율 (%)	88	86	92	92

#### 4. 결 론

광배향을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트는 배향층이 2층일 때가 1층일 때보다도 큰 경향을 나타내었다. 이것은 러빙처리와 광분해 반응을 이용한 액정배향의 메카니즘이 다르기 때문인 것으로 생각 할 수 있다. 따라서 광분해 반응을 이용한 프리틸트는 폴리머의 부분 절단에 의한 표면 형상 구조가 기여한 것으로 생각 할 수 있다. 또한, 전압-투과율 및 응답특성은 배향층이 1층과 2층과의 차이는 나타나지 않았다. 그리고 전압보유율 특성에서 1층과 2층과의 차이는 나타나지 않았다. 그러나 광배향 TN-LCD가 러빙처리한 TN-LCD 보다 전압보유율 특성이 우수한 특성을 나타내었다.

#### 참고 문헌

- [1] D.-S. Seo, L.-Y. Hwang, and S. Kobayashi, "Investigation of pretilt angle generation in nematic liquid crystal with slanted non-polarized ultraviolet light irradiation on polyimide surfaces", *Liquid Crystals*, Vol. 23, pp. 923-925, 1997.
- [2] D.-S. Seo and J.-H. Choi, "Generation of high pretilt angle in nematic liquid crystal in cell with single oblique linearly-polarized UV light irradiation on polyimide surfaces", *Liquid Crystals*, Vol. 26, No. 2, pp.291-293, 1999.
- [3] D.-S. Seo, K. Araya, N. Yoshida, M. Nishikawa, Y. Yabe, and S. Kobayashi, "Effect of the polymer tilt angle for generation of pretilt angle in nematic liquid crystal on rubbed polyimide surfaces", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 34, pp. L503-L506, 1995.