

양면 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 액정배향과 전기광학특성

서대식, 김진호, 이창훈
 숭실대학교 공과대학 전기공학과

Liquid crystal alignment and EO performance of TN-LCD fabricated by transcription alignment method on polymer surface

Dae-Shik. Seo, Jin-Ho Kim, and Chang-Hoon. Lee
 Dept. of Electrical Eng., Soongsil University

Abstract - In this paper, we investigated the monodomain alignment of nematic liquid crystal(NLC) in the cell fabricated by transcription alignment method on polyimide (PI) surface with side chain. The LC alignment produced by the transcription alignment method is attributed to a memory effect of the NLC on PI surfaces. We observed that the pretilt angle of NLC is generated about 3.7° with transcription alignment on PI surface. Also, we obtained the good electro-optical(EO) performance of twisted nematic(TN)-liquid crystal display(LCD) by transcription alignment method on PI surface.

1. 서 론

최근 멀티미디어 시대에 있어서 평판디스플레이소자의 한 종류인 액정디스플레이(LCD)가 휴대화, 저소비전력, 풀칼라화가능 등의 장점을 살려 많은 정보표시소자에 사용되고 있다. 특히, 최근 20인치 이상의 대화면에서 CRT을 대체할 디스플레이로서 대화면 고품질 TFT(thin-film-transistor)-LCD가 개발되면서 LCD소자에 대한 기대가 더욱 높아지고 있다. 더욱이 LCD소자를 응용하는데 있어서 표면액정배향의 효과는 전기광학 특성에 매우 중요한 역할을 차지하고 있다. 러빙처리에 의한 셀에서의 프리틸트각 발생에 관한 연구는 여러 연구자에 의하여 보고되었다.¹⁻⁵⁾

그리고, 기판 표면 위에 액정 분자의 경사진 각도를 나타내는 프리틸트각은 TN-LCD에 있어 디스클리네이션(reverse tilt disclination) 등의 결함을 방지하는 역할을 하며 LCD소자의 특성에 중요한 기여를 하고 있다.¹⁻⁵⁾ 액정배향법은 LCD의 개발 당초부터 고분자막의 표면 위를 섬유질 등으로 한쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 방법인 러빙처리법이 사용되어 왔다. 이 러빙처리법은 배향이 안정하며, 프리틸트각의 제어가 용이하여 대량생산에 적용되고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙시에 발생하는 정전기로 인하여 TFT-LCD에서 TFT소자를 파괴시키며 오물 등이 발생하는 등의 단점이 알려져 있어, 이전부터 러빙을 하지 않는 너러빙(rubbing free) 배향기술이 요구되어 왔다.⁶⁾ 또, 최근에 화소의 미세화에 따른 액정의 배향 얼룩의 문제나, LCD의 시야각특성 개선을 위한 화소의 다분할화의 요구에서 더욱이 너러빙 배향 기술의 개발의 필요성이 강하게 인식되어 너러빙 배향기술이 주목을 받고 있다.⁷⁾

너러빙 배향에 의한 액정 분자의 배열에 관한 연구로는 유리 기판 위에 단분자막을 한 층씩 층층이 쌓아 막막을 만드는

Langmuir-Blodgett (LB) 법을 이용한 폴리머드 (PI)-LB 법으로 액정분자를 배열시키는 방법이 제안되어 너러빙법의 중요성이 인식되었다.^{8,9)} 이러한 너러빙배향법은 최근 고분자막 위를 편광된 UV광을 조사하여 액정분자를 배열시키는 광배향법으로 발전하였으며, 현재 이 분야의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 최근, Y. Toko 등은 폴리이미드막에서 전사배향법을 이용한 균일한 액정배향의 실현을 보고하였다.¹⁰⁾

본 연구에서는 측쇄기를 가진 폴리이미드막에 있어서 전사배향법을 이용한 셀에서의 프리틸트각의 발생과 TN-LCD의 전기광학특성에 관하여 연구보고 하였다.

2. 본 론

2.1 실험

실험에는 측쇄기를 가진 폴리머를 사용하였다. 폴리머는 ITO(indium-tin-oxide) 전극이 형성된 유리 기판 위에 스펠 코팅법을 이용하여 코팅 한 후 오븐에서 250 °C에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다. 사용된 폴리이미드막의 두께는 500Å이다. 전사배향법에 의한 셀 제작을 위하여 한쪽 면 기판용으로는 러빙처리법을 사용한다.

러빙의 강약을 나타내는 러빙 강도 (Rubbing Strength) 는 다음과 같이 정의되었다.^{3,4)}

$$RS = NM \left(\frac{2\pi rn}{v} - 1 \right)$$

여기서, N 은 러빙한 회수, M 은 섬유질의 끝과 기판과의 접촉 거리, n 은 러빙롤러의 회전수(500/60s⁻¹), v 는 기판의 이동 속도(7.0 mm/s), r 은 러빙롤러의 반경을 나타낸다. 실제로, 단위 면적 당의 러빙에 의한 일의 양 W 는 W = a · RS 이며, RS 에 비례한다. 여기서 a 는 마찰계수를 나타낸다. 즉, 러빙강도인 RS 를 변화시켜 줌으로서 실제의 일 W 를 변화시킬 수 있다. 본 실험에서는 한쪽 기판면으로 사용하는 러빙처리한 폴리이미드막의 러빙처리에는 강한 러빙을 사용하였다. 즉, 기판과 섬유질 표면과의 접촉 거리인 M이 0.5mm이고, RS는 189.1mm를 사용하였다. 전사배향은 너러빙된 폴리이미드막(전사될 기판)과 러빙처리된 폴리이미드막을 가지고 제작하였으며, 제작한 셀은 불소 계열의 mixture형의 네마틱액정(네마틱-동방상태의 상전이 온도 T_c=87°C)을 101°C로 조절된 핫플레이트위에서 등방(isotropic) 상태에서 주입하고 10분동안 유지한 후 서냉시킨 후, 액정셀에서 분리시킨 전사된 기판만으로써 셀을 제작하였으며, 이 제작 공정을 그림 1에 나타낸다. 그리고 같은 방법으로 전사배향된 TN-LCD를 제작하였다. 그리고 기판 위에서의 액정분자의 경사진 각도인 프리틸트각은 결정회전법(crystal rotation method)을 이용하여 실온에서 측정하였다.

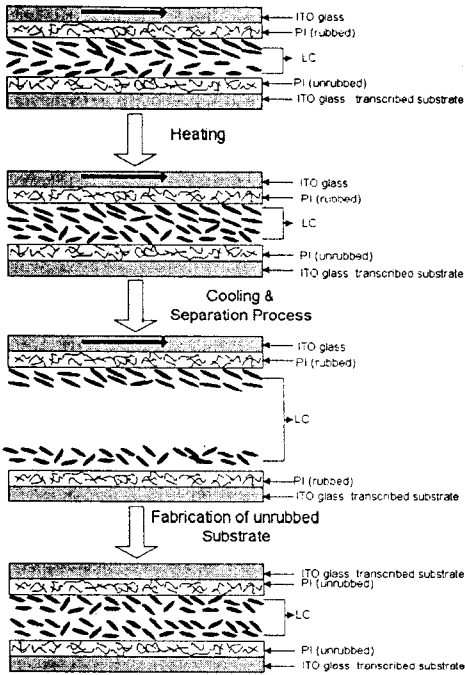


그림 1. 전사 배향법을 이용한 액정셀의 제작
 Fig. 1. The fabrication of LC cell by transcription alignment method on PI surface.

2.2 결과 및 고찰

그림 2에 전사배향법을 이용한 셀의 편광현미경 사진을 나타내었다. 2장의 편광자는 직교로 되어 있으며 배향상태는 매우 균일한 것을 알 수 있다.



그림 2. 전사배향법을 이용한 네마틱액정의 편광현미경 사진
 Fig. 2. The microphotograph of aligned NLC by transcription alignment method on PI surface.

일반적으로 액정배향의 기구에는 Groove(홈) 이론설,¹¹⁾ 배제체적최소효과,¹²⁾ 이방성분산력,¹³⁾ 액정분자의 고분자막 흡착에 의한 메모리효과¹⁴⁾ 등이 알려져 있다. 액정 분자의 고분자막에의 흡착에 의한 메모리효과는 등방상태의 액정을 코팅된 폴리이미드막으로 제작한 셀에 주입하여 네마틱 상태까지 냉각하면 최초의 네마틱 액정 분자의 방향으로 배향 방향의 메모리 작용이 일어나, 네마틱 액정 분자는 그 방향으로 배열한다. 이것은 네마틱 액정 분자의 흡착 또는 고분자막에의 침투로서 설명할 수 있다. 이러한 액정 분자의 침투 작용에 의해 고분자막에 복굴절율 Δn 이 발생한다. 따라서, 전사 배향법에 의한 액정배향은 액정 분자의 고분자막에 흡착에

의한 메모리 작용으로 설명 할 수 있다.

그림 3는 폴리이미드막에서 전사배향을 이용한 셀의 프리틸트각 측정의 특성을 나타낸다. 전사 배향법을 이용한 셀에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각을 측정할 결과 약 3.7° 를 나타내었다. 본 연구에서 사용한 측쇄기를 가진 폴리이미드막을 러빙처리하였을 경우의 프리틸트각은 약 4° 정도가 발생하는 것이 이전의 논문에서 보고되었다.³⁾ 즉, 전사 배향법을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각은 약 3.7° 로 러빙처리한 액정셀과 거의 동등한 크기의 프리틸트각을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

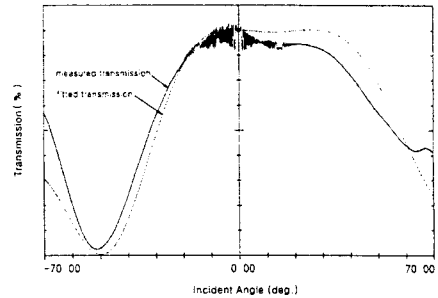


그림 3. 폴리이미드막에서 전사배향법을 이용한 프리틸트 각의 측정
 Fig. 3. The pretilt angle measurement in the cell by transcription alignment method on PI surface

그림 4에 폴리이미드막에 있어서 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 전압무인가시(voltage-off)와 전압인가시(voltage-on)의 편광현미경 사진을 나타내었다. 콘트라스트비는 일반 러빙처리된 TN-LCD 보다 낮은 경향을 나타내고 있으나, 선명한 on, off의 동작이 가능한 것을 알 수 있다



(a) off-state (b) on-state
 그림 4. 폴리이미드막에서 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 편광현미경 사진.
 (a) 전압무인가시 ; (b)전압인가시.

Fig. 4. The microphotograph of transcription aligned TN-LCD on PI surface. (in crossed Nicols). (a) off ; (b) on.

그림 5은 측쇄기를 가진 폴리이미드막에서 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 V-T특성을 나타낸다. 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 투과율은 일반 러빙처리된 TN-LCD와 비교하여 거의 동등한 경향을 나타내고 있으며, 임계치 전압은 일반 러빙처리된 TN-LCD보다 다소 높은 경향을 보여주고 있다.

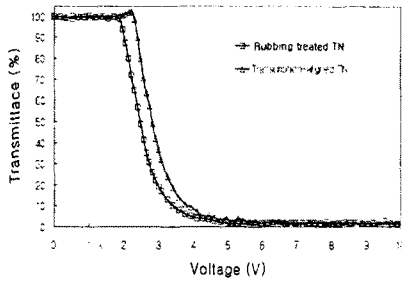


그림 5. 폴리이미드막에서 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 V-T 특성

Fig. 5. The Voltage-Transmittance characteristics performance of transcription aligned TN-LCD on PI surface

그림 6에 측쇄기를 가진 폴리이미드막에서 전사배향법을 이용한 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 응답특성을 나타내었다. 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 응답특성은 러빙처리된 TN-LCD와 거의 동등한 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

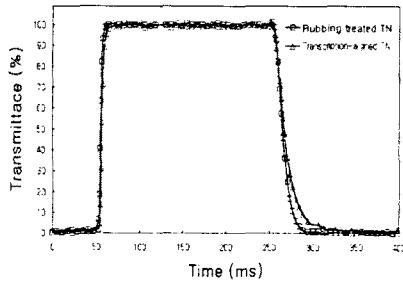


그림 6. 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 응답특성

Fig. 6. The response time characteristics performance of transcription aligned TN-LCD on PI surface

표. 1 전사배향법을 이용한 TN-LCD의 응답속도

	Rising Time τ_r (msec)	Decay Time τ_d (msec)	Response Time τ (msec)
Rubbing treated TN-LCD	8.4	26	34.4
Transcription aligned TN-LCD	8.4	33.8	42.4

3. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드막에 있어서 전사배향법을 이용한 액정배향 및 전사배향된 TN-LCD의 전기광학특성에 관하여 연구하였다. 측쇄기를 가진 폴리이미드막에 있어서 전사 배향된 셀은 균일한 액정배향을 나타내었다. 그리고, 전사배향법을 이용한 셀에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각이 약 3.7°가 발생하였으며, 이것은 액정분자와 고분자의 표면구조와의 상호작용에 기인한 것으로 생각할 수 있었다. 마지막으로 전사배향을 이용한 TN-LCD의 V-T 특성 및 응답속성은 러빙처리된 TN-LCD와 비교하여 거의 동등한 특성을 얻을 수 있었다.

본 연구는 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 국가선도기술개발사업(차세대 평판표시장치기반기술 개발사업)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

(참 고 문 헌)

1. J. Cognard, "Alignment of nematic liquid crystals and their mixtures", *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Supplement.*, 1, 1982.
2. T. Sugiyama, S. Kuniyasu, D.-S. Seo, H. Fukuro, and S. Kobayashi, "A simple model for pretilted nematic liquid crystal medium and its torsional surface coupling strength", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 29, 2045, 1990.
3. D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, "Generation of pretilt angles in nematic liquid crystal, 5CB, media aligned on polyimide films prepared by spin-coating and LB techniques : effect of Rubbing", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 213, 223, 1992.
4. D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, "Study of the pretilt angle for 5CB on rubbed polyimide films containing trifluoromethyl moiety and analysis of the surface atomic concentration of F/C(%) with an electron spectroscopy for chemical analysis", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 61, 2392, 1992.
5. D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, "Effect of the molecular structure of weakly rubbed organic solvent soluble polyimide with trifluoromethyl moieties on anchoring strength of liquid crystal", *Jpn. J. Appl. Phys.*, 34, 4896, 1995.
6. H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yoshida, K. Fujibayashi, and S. Kobayashi, "Estimation of the static electricity and optical retardation produced by the rubbing polyimide and polyamide films with different fabrics", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 264, 23, 1995.
7. D.-S. Seo, "LCD의 광시야각 기술 및 최신동향", *전기재료학회지*, Vol. 9, 733, 1996.
8. D.-S. Seo, H. Matuda, T. Oh-ide, and S. Kobayashi, "Alignment of nematic liquid crystal(5CB) on the treated substrates : characterization of orientation films, generation of pretilt angles, and surface anchoring strength", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 224, 13, 1993.
9. D.-S. Seo, S. Kobayashi, D.-Y. Kang, and H. Yokoyama, "Effects of rubbing and temperature dependence of plear anchoring strength of homogeneously aligned nematic liquid crystal on polyimide Langmuir-Blodgett orientation films", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 34, 3607, 1995.
10. Y. Toko, B. Y. Zhang, T. Sugiyama, "Characteristics of liquid crystal display fabricated by alignment transcription method", *proceedings of the 16th International Liquid Crystal Conference*, B1P.53, 58, 1996.
11. D. W. Berreman, "Solid surface shape and the alignment of an adjacent nematic liquid crystal", *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 28, 1683, 1972.
12. K. Okano, "Anisotropic excluded volume effect and alignment of nematic liquid crystal in a sandwich cell", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 22, L343, 1983.
13. K. Okano, N. Matsuura, and S. Kobayashi, "Van der waals dispersion force contribution to the interfacial free energy of nematic liquid crystals", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 21, L107, 1982.
14. H. Aoyama, Y. Yamazaki, N. Matsuura, H. Mada, and S. Kobayashi, "Alignment of liquid crystals on the stretched polymer films", *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Lett.*, Vol. 72, 127, 1981.