

전사배향 TN-LCD의 액정배향 및 전기광학특성

논문
11-12-12

Liquid crystal alignment and EO performance of transcription-aligned TN-LCD

서대식*, 김진호*

(Dae-Shik Seo and Jin-Ho Kim)

Abstract

In this paper, we obtained the monodomain alignment of nematic liquid crystal(NLC) in the cell fabricated by transcription alignment method on polyimide(PI) surface with side chain. It is considered that the LC alignment produced by the transcription alignment method is attributed to a memory effect of the NLC on PI surfaces. Also we observed that the generated pretilt angle of NLC is about 3.7° with transcription alignment on PI surface. Next, we measured that the voltage-transmittance characteristics of transcription-aligned TN-LCD are almost same compared to rubbing-aligned TN-LCD. Also, we measured that the curve of transcription-aligned TN-LCD is less sharp than that of the rubbing-aligned TN-LCD in the decay time characteristics. It is considered that the response time characteristics of transcription-aligned TN-LCD are attributed to the weak anchoring strength between the LC molecules and the polymer surface.

Key Words(중요용어) : Nematic liquid crystal(네마틱액정), Polyimide film(폴리이미드막), Pretilt angle(프리틸트각), Transcription alignment(전사배향), Memory effect(메모리 효과), EO performance(전기 광학특성)

1. 서 론

오늘날의 멀티미디어 시대에 있어서 평판디스플레이(flat-panel-display)소자의 한 종류인 액정디스플레이(LCD: liquid crystal display)가 휴대화, 저소비 전력, 풀칼라화가능 등의 장점을 살려 많은 정보표시소자에 사용되고 있다. 특히, CRT을 대체할 디스플레이로서 20인치 이상의 대화면의 고품질 TFT(thin-film-transistor)-LCD가 개발되면서 LCD소자에 대한 기대가 더욱 높아지고 있다. 더욱이 LCD소자를 응용하는데 있어서 표면액정배향의 효과는 전기광학 특성에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 러빙 처리에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각 발생에 관한 연구는 여러 연구자에 의하여 연구 보고되었다.¹⁻⁵⁾

그리고, 기판 표면 위에 액정 분자의 경사진 각도를 나타내는 프리틸트각은 TN-LCD에 있어서 디스

클리네이션(reverse tilt disclination) 등의 결함을 방지하는 역할을 하며 LCD소자의 특성에 중요한 기여를 하고 있다.¹⁻⁵⁾ 액정배향법은 LCD의 개발 당초부터 고분자막의 표면 위를 섬유질 등을 이용하여 한쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 방법인 러빙처리법이 사용되어 왔다. 이 러빙처리법은 배향이 안정하며, 프리틸트각의 제어 용이하여 대량생산에 사용되고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙시에 발생하는 정전기로 인하여 TFT-LCD에서 TFT소자를 파괴시키며 오물 등이 발생하는 등의 단점이 알려져 있어, 이전부터 러빙을 하지 않는 너러빙(rubbingless) 처리법이 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 처리에 의한 배향 기술이 주목을 받고 있다.⁷⁾

너러빙 배향에 의한 액정 분자의 배열에 관한 연

* : 숭실대학교 전기공학과

(서울시 동작구 상도 5동 1-1, Fax : 02-817-7961

E-mail : dsseo@elec.pwr.soongsil.ac.kr)

1998년 8월 17일 접수, 1998년 10월 22일 심사완료

구로는 초기에 유리기판 위에 단분자막을 한 층씩 층층이 쌓아 박막을 만드는 Langmuir-Blodgett (LB) 법을 이용한 폴리이미드 (PI)-LB법으로 액정분자를 배열시키는 방법이 제안되어 너러빙법의 중요성이 인식되었다.^{8,9)} 최근, Y. Toko 등은 너러빙 배향법으로서 전사배향법을 이용하여 네마틱 액정의 프리틸트각이 약 1° 정도의 결과를 보고하였다.¹⁰⁾ 그리고, 본 연구그룹에서는 측쇄기를 가진 폴리이미드막을 이용한 전사배향법처리에 의한 액정배향효과 및 프리틸트 발생에 관하여 보고하였다.¹¹⁾

본 연구에서는 측쇄기를 가진 폴리이미드막을 이용한 전사배향처리에 의한 프리틸트각의 발생 및 TN-LCD의 전기광학특성에 관하여 연구 보고한다.

2. 본 론

실험에는 그림 1에 나타낸 바와 같은 측쇄기를 가진 폴리머를 사용하였다. 폴리머는 ITO (indium-tin-oxide) 전극이 형성된 유리 기판 위에 스퍼 코팅법을 이용하여 코팅 한 후 오븐에서 250 °C에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다. 폴리이미드막의 막 두께는 500Å이다. 전사배향법에 의한 셀 제작을 위하여 한쪽면 기판용으로는 러빙처리법을 사용하였다.

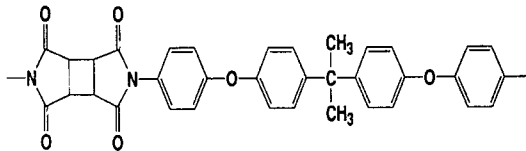


그림 1. 사용한 폴리머의 분자구조.
Fig. 1. Molecular structure of used polymer.

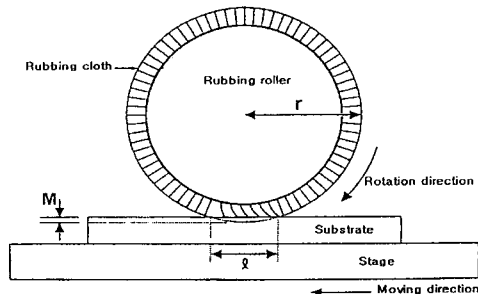


그림 2. 사용한 러빙기의 구조
Fig. 2. Schematic diagram of rubbing machine.

그림 2에 사용한 러빙기의 구조를 나타내었다 러빙의 강약을 나타내는 러빙 강도(Rubbing Strength)의 정의는 다음과 같다.^{3,4)}

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

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 $W = a \cdot RS$ 이며, RS 에 비례한다. 여기서 a 는 마찰계수를 나타낸다. 즉, 러빙강도인 RS 를 변화시켜 줌으로서 실제의 일 W 를 변화시킬 수 있다.

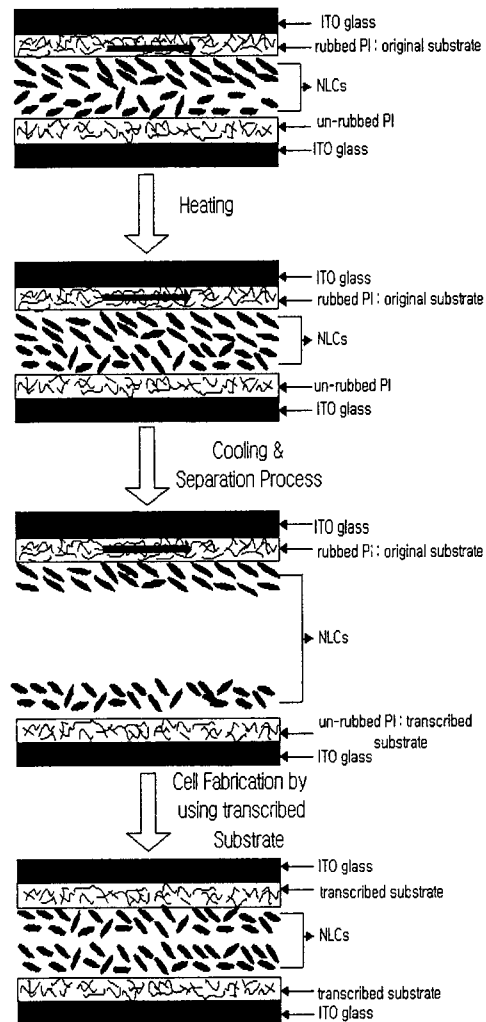


그림 3. 전사 배향법을 이용한 액정셀의 제작
Fig. 3. Fabrication of LC cell by transcription alignment method on PI surface.

본 실험에서는 한쪽 기판면으로 사용하는 러빙처리된 폴리이미드막의 러빙처리에는 강한 러빙영역을 사용하였다. 즉, 기판과 섬유질의 표면과 기판과의 접촉 거리인 M이 0.5mm이고, RS는 189.1mm를 사용하였다. 전사배향은 러빙된 폴리이미드막(전사될 기판)과 러빙처리된 폴리이미드막을 사용하여 제작하였으며, 제작한 셀은 불소 계열의 네마틱 액정 혼합물(네마틱-등방상태의 상전이 온도 $T_c=87^\circ\text{C}$)을 101°C 로 조절된 핫플레이트위에서 등방 (isotropic) 상태에서 주입하고 10분동안 유지한 후 서냉시킨 다음, 액정셀을 분리하여 전사된 기판만으로 셀을 제작하였으며, 이 제작 공정을 그림 3에 나타내었다. 그리고 같은 방법으로 전사배향 TN-LCD를 제작하였다. 액정배향은 편광현미경사진을 이용하여 평가하였다. 그리고 기판 위에서의 액정분자의 경사진 각도인 프리틸트각은 결정회전법 (crystal rotation method) 을 이용하여 실온에서 측정하였다. 전사배향 TN-LCD의 전기광학특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 특성 및 응답특성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 4에 폴리이미드막을 이용한 전사배향법에 의한 셀의 편광현미경 사진을 나타내었다. 2장의 편광자는 직교로 되어 있다. 액정배향상태는 디스클리네이션의 결함이 없는 매우 균일한 것을 알 수 있다.

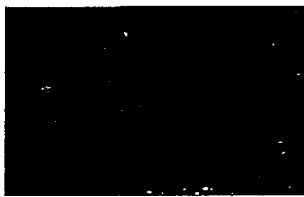


그림 4. 폴리이미드막을 이용한 전사배향처리에 의한 네마틱액정의 편광현미경 사진.

Fig. 4. Microphotograph of aligned NLC by transcription alignment method on PI surface.

액정배향의 기구에는 일반적으로 Groove(홈) 이론설,¹²⁾ 배제체적최소효과,¹³⁾ 이방성분산력,¹⁴⁾ 액정분자의 고분자막 흡착에 의한 메모리효과¹⁵⁾ 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 복굴절을 Δn 이 발생하며 이 방향으로 액정분자가 배열한다. 따라서, 전사 배향법에 의한 액정배향은 액정 분자의 고분자막에 흡착에 의한 메모리 작용으로 설명할 수 있다.

그림 5는 폴리이미드막을 이용한 전사배향 셀의 프리틸트각 측정을 나타낸다. 전사 배향법을 이용한 셀에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각을 측정한 결과 약 3.7° 를 나타내었다. 본 연구그룹은 측쇄기를 가진 폴리이미드막을 러빙처리하였을 경우의 프리틸트각은 약 4° 정도가 발생하는 것을 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. 그리고 본 연구그룹은, 폴리이미드막에 있어서 전사배향법을 이용한 프리틸트각 발생에서 러빙회수가 증가함에 따라 프리틸트각이 감소하는 결과를 보고하였다. 이것은 측쇄기를 가진 폴리이미드막에서 러빙강도가 증가함에 따라 측쇄기의 기여로 인한 배제체적 최소효과가 프리틸트각 발생에 기여한 것을 설명할 수 있었다.

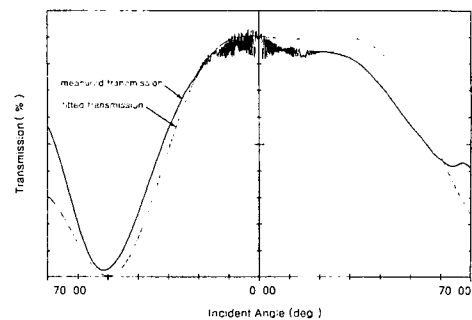
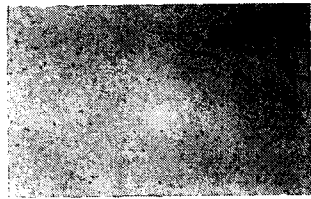


그림 5. 폴리이미드막을 이용한 전사배향처리에 의한 액정셀의 프리틸트 각의 측정

Fig. 5. Pretilt angle measurement in a cell by transcription alignment method on PI surface.

그림 6에 폴리이미드막을 이용한 전사배향 TN-LCD의 전압무인가시(off-state)와 전압인가시(on-state)의 편광현미경 사진을 나타내었다. 콘트라스트 비는 일반 러빙처리된 TN-LCD 보다 낮은 경향을

나타내고 있으나, 선명한 on, off의 동작을 나타내고 있음을 알 수 있다.



(a) off-state



(b) on-state

그림 6. 폴리이미드막을 이용한 전사배향 TN-LCD의 편광현미경 사진.

Fig. 6. Microphotograph of transcription-aligned TN-LCD on PI surface. (in crossed Nicols).

그림 7은 측쇄기를 가진 폴리이미드막을 이용한 전사배향 TN-LCD의 V-T특성을 나타내었다. 전사배향 TN-LCD의 투과율은 러빙처리된 TN-LCD와 비교하여 거의 동등한 경향을 나타내고 있음을 알

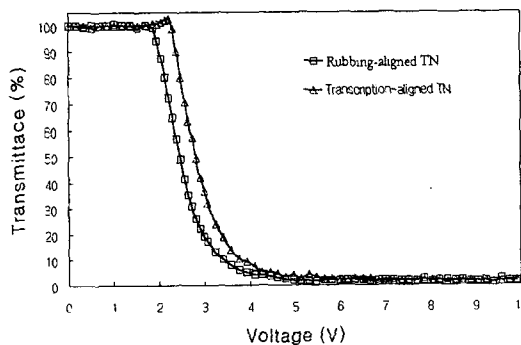


그림 7. 폴리이미드막을 이용한 전사배향 TN-LCD 및 러빙처리한 TN-LCD의 V-T 특성.

Fig. 7. Voltage-transmittance characteristics of transcription-aligned TN-LCD and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

표 1. 전사배향 TN-LCD 및 러빙처리한 TN-LCD의 임계치전압

Table 1. Threshold voltage of transcription-aligned TN-LCD and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

	V ₁₀ (V)	V ₉₀ (V)
rubbing-aligned TN-LCD	3.4	1.99
transcription-aligned TN-LCD	3.74	2.39

※ V₁₀: Transmittance가 10% 일 때 V₉₀: Transmittance가 90% 일 때

한 TN-LCD의 임계치 전압을 나타내었다. 임계치 전압은 러빙처리된 TN-LCD보다 다소 높은 경향을 보여주고 있다.

그림 8은 측쇄기를 가진 폴리이미드막을 이용한 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 응답특성을 나타내었다. 전사배향 TN-LCD의 응답특성으로부터 액정의 비틀림에 관계되는 backflow 현상이 나타나고 있지 않으며, 양호한 특성을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 decay time 영역에 있어서 전사배향 TN-LCD가 러빙처리한 TN-LCD보다 sharpness가 떨어지는 경향을 나타내고 있다.

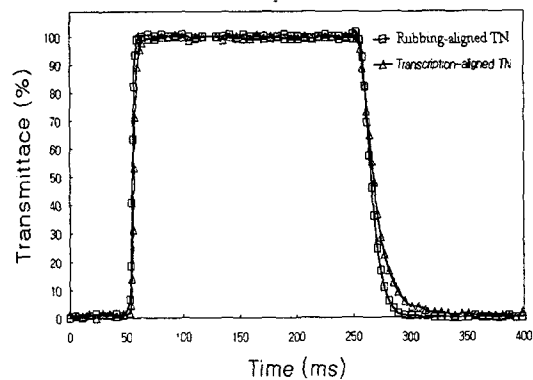


그림 8. 전사배향법을 이용한 TN-LCD 및 러빙처리한 TN-LCD의 응답특성.

Fig. 8. Response time characteristics of transcription-aligned TN-LCD and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

최근, 폴리이미드막을 이용한 전사배향처리에 의한 셀의 면내 방향의 결합강도가 5×10^{-4} (J/m²) 정도

인 것을 Y. Toko 등이 보고하였다.¹⁰⁾ 즉, 전사배향 TN-LCD가 러빙처리한 TN-LCD보다 기판표면에서의 액정분자와 폴리머표면과의 상호작용으로 인한 액정분자의 결합강도가 낮기 때문에 발생하는 것으로 생각 할 수 있다. 표 2에 전사배향 TN-LCD와 러빙처리된 TN-LCD의 응답속도를 나타내었다. 전사배향 TN-LCD의 응답속도는 약 42msec를 나타내었으며, 러빙처리된 TN-LCD보다 늦은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다.

표 2. 전사배향 TN-LCD 및 러빙처리한 TN-LCD의 응답속도

Table 2. Response time of transcription-aligned TN-LCD and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

	Rising Time τ_r (msec)	Decay Time τ_d (msec)	Response Time τ (msec)
rubbing-aligned TN-LCD	8.4	26	34.4
transcription-aligned TN-LCD	8.4	33.8	42.4

3. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드막을 이용한 전사배향처리에 의한 액정배향 및 전사배향 TN-LCD의 전기광학특성에 관하여 연구하였다. 측쇄기를 가진 폴리이미드막에 있어서 전사 배향된 셀은 균일한 배향 특성을 나타내었다. 그리고, 전사배향법을 이용한 셀에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각이 약 3.7°가 발생하였으며, 이것은 액정분자와 고분자의 표면구조와의 상호작용에 기인한 것으로 생각할 수 있었다. 그리고 전사배향 TN-LCD의 V-T 특성은 러빙처리한 TN-LCD와 비교하여 거의 동등한 특성을 얻을 수 있었다. 마지막으로 전사배향 TN-LCD의 응답특성은 러빙처리한 TN-LCD보다 sharpness가 떨어지는 경향을 나타내었으며, 이것은 기판표면에서의 액정분자의 결합강도가 기여한 것으로 생각할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 G-7 사업(차세대 평판표시장치기반기술개발사업)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. J. M. Geary, J. W. Goody, A. R. A. Kmetz, and J. S. Patel, "The mechanism of polymer alignment of liquid-crystal materials", J. Appl., Vol. 62, 1997
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. T. Hashimoto, T. Sugiyama, K. Katoh, T. Saitoh, H. Suzuki, Y. Iimura, and S. Kobayashi, "TN-LCD with quartered subpixels using polarized UV-light irradiated polymer orientation films",

- SID'95 digest paper, 877, 1995
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 polar 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", *Mol. Cryst. Liq.*, Vol. 304, 107, 1997
 11. 서대식, 김진호, 이정호, 이보호, "폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 메모리 효과를 이용한 전사 배향법에 관한 연구", *전기전자재료학회지*, Vol. 10, No. 9, 1997.
 12. D. W. Berreman, "Solid surface shape and the alignment of an adjacent nematic liquid crystal", *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 28, 1683, 1972.
 13. K. Okano, "Anisotropic excluded volume effect and alignment of nematic liquid crystal in a sandwich cell", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 22, L343, 1983.
 14. 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.
 15. 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.