

# 폴리머의 극성이 전사배향 TN-LCD의 전기광학특성에 미치는 영향

논문  
12-8-7

## Influence of Polarity of Polymer on EO Characteristics of Transcription-aligned TN-LCD

서대식\*, 김진호\*

(Dae-Shik Seo\* and Jin-Ho Kim\*)

### Abstract

The influences of polarity of the polymer on transcription-aligned twisted nematic (TN)-liquid crystal display (LCD) on three kinds of the polyimide (PI) surfaces were investigated. The monodomain alignment of nematic (N)LC is obtained in cells fabricated by transcription alignment method on PI surface with medium polarity. The LC alignment using transcription alignment method is attributed to polarity of the polymer. The threshold voltage of transcription-aligned TN-LCD is decreased with increasing the polarity of the polymer on three kinds of the PI surfaces. The threshold voltage of transcription-aligned TN-LCD on PI surface with high polarity is almost the same compared to rubbing-aligned TN-LCD. The response time of transcription-aligned TN-LCD is decreased with the increasing the polarity of the polymer on all PI surfaces. The decay time of transcription-aligned TN-LCD is slow compared with the rubbing-aligned TN-LCD ; it is attributed to the weak anchoring strength between the LC molecules and the PI surface.

**Key Words(중요용어) :** Nematic liquid crystal(네마틱액정), Polyimide surface(폴리이미드 표면), Liquid crystal alignment(액정배향), Transcription alignment(전사배향), Twisted nematic(비틀림네마틱), EO characteristics(전기광학특성)

### 1. 서 론

오늘날 평판디스플레이 소자의 한 종류인 액정디스플레이(LCD : Liquid Crystal Display)는 휴대화, 박형, 저소비전력 그리고 고정세 등의 장점을 살려 많은 정보표시소자에 사용되고 있다. LCD소자의 제작 및 응용에 있어서 표면액정배향의 효과는 전기광학 특성에 매우 중요한 역할을 한다. 폴리이미드(PI) 러빙처리법을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각 제어가 관한 연구는 여러 연구자에 의하여 연구 보고되었다<sup>1-3)</sup>.

액정배향법은 LCD의 개발 당초부터 고분자막 표면 위를 러빙천동으로 한쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 러빙처리법이 사

용되어 왔다. 이 러빙처리법은 배향이 안정, 프리틸트각의 제어가 용이하고, 대량생산에 적합하다는 여러 가지 장점을 가지고 있어 현재 가장 많이 사용되고 있다.

그러나, 이 방법은 러빙시에 발생하는 정전기 및 오물 등으로 인하여 TFT(Thin Film Transistor)-LCD에서 제조 공정이 추가되는 단점을 가지고 있다. 그래서 러빙처리를 하지 않는 너러빙(rubbing-free)처리법이 요구되고 있다<sup>4)</sup>. 또한, 최근에 화소의 미세화에 따른 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<sup>5)</sup>.

너러빙 배향에 의한 액정 분자의 배열에 관한 연구로는 초기에 유리기판 위에 단분자막을 한 층씩 층층이 쌓아박막을 만드는 Langmuir-Blodgett (LB)법을 이용한 폴리이미드(PI)-LB법으로 액정분자를 배열시키는 방법이 제안되었다<sup>6,7)</sup>. Y. Toko 등은 너러빙 배향법으로서 전사배향법을 이용하여 네마틱 액

\* : 숭실대학교 전기공학과  
(서울시 동작구 상도 5동 1-1, Fax : 02-817-7961 E-mail : dsseo@elec.pwr.soongsil.ac.kr)  
1999년 4월 13일 접수, 1999년 7월 12일 심사완료

정의 프리필트각이 약 1° 정도의 결과를 이전의 논문에서 보고하였다<sup>10)</sup>. 또한, 본 연구그룹은 축색기를 가진 PI 표면에서의 전사배향법을 이용한 액정배향 효과 및 프리필트각의 제어에 관하여 보고하였고<sup>11)</sup>, 또한 축색기를 가진 PI 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD의 전압-투과율 (V-T) 특성 및 응답특성에 대하여 보고하였다<sup>12)</sup>.

본 연구에서는 극성이 다른 3 종류의 PI 표면에서의 전사배향법을 이용한 액정배향 및 전사배향 TN-LCD의 전기광학특성에 대하여 검토하였다.

## 2. 본 론

그림 1에 극성이 다른 3 종류의 폴리머의 분자구조를 나타내었다. 폴리머의 극성은 PI-A > PI-B > PI-C 이다. 폴리머는 ITO(Indium-Tin-Oxide) 전극이 형성된 유리 기판 위에 스핀 코팅법을 이용하여 코팅 한 후 오븐에서 250°C에서 1시간 동안 열처리하여 PI막을 제작하였다. PI의 막 두께는 500Å 이다. 전사배향법을 이용한 셀 제작을 위하여 한쪽 면 기판용으로는 러빙처리법을 사용하였다.

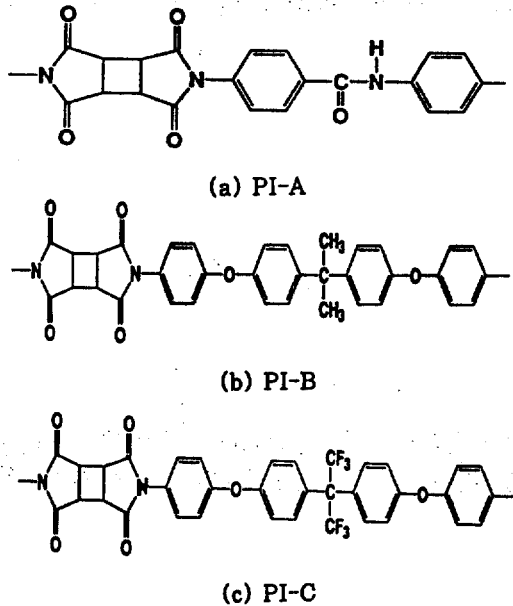


그림 1. 3종류의 폴리머의 분자구조.

(a) PI-A, (b) PI-B, (c) PI-C.

Fig. 1. Molecular structure of three kinds of the polymer. (a) PI-A, (b) PI-B, (c) PI-C.

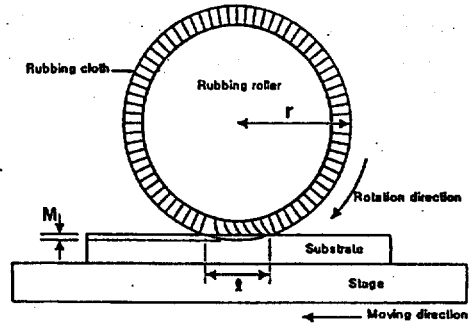


그림 2. 사용한 러빙기의 구조

Fig. 2. A schematic diagram of used rubbing machine.

그림 2에 사용한 러빙기의 구조를 나타내었다.

러빙의 강약을 나타내는 러빙 강도(Rubbing Strength)의 정의는 다음과 같다<sup>13)</sup>.

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

여기서, N은 러빙한 회수, M은 섬유질의 끝과 기판과의 접촉거리, n은러빙롤러의회전수(500/60s<sup>-1</sup>), v는 기판의 이동 속도(7.0mm/s), r은 러빙롤러의 반경을 나타낸다. 실제로, 단위 면적 당의 러빙에 의한 일의 양 W는 W = a · RS이며, RS에 비례한다. 여기서 a는 마찰계수를 나타낸다. 즉, 러빙강도인 RS를 변화시켜 줌으로서 실제의 일 W를 변화시킬 수 있다.

본 실험에서는 한쪽 기판면으로 사용하는 러빙처리된 PI 표면의 러빙처리에는 강한 러빙영역을 사용하였다. 즉, 기판과섬유질의 표면과 기판과의접촉 거리인 M이 0.5mm이고, RS는 189.1mm를 사용하였다. 전사배향은 러빙처리된 PI 표면(전사될 기판)과 러빙처리된 PI 표면을 사용하여 제작하였으며, 제작한 셀은 불소 계열의 네마틱 액정 혼합물(네마틱-동방상태의 상전이 온도 T<sub>c</sub>=87°C)을 101°C로 조절된 핫플레이트위에서 동방(isotropic) 상태에서 주입하고 10분 동안 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. 전사배향 TN-LCD의 전기광학특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 특성 및 응답특성을 평가하였다.

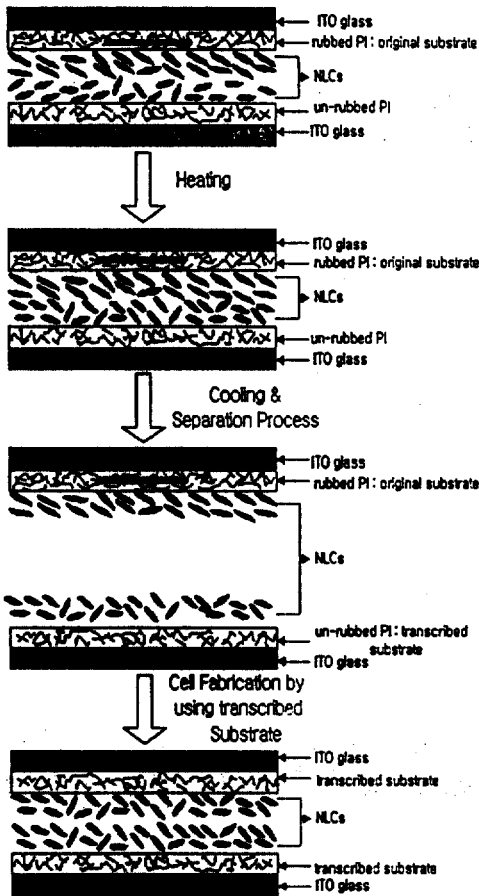


그림 3. 전사 배향법을 이용한 액정셀의 제작  
Fig. 3. Fabrication of LC cell by transcription alignment method.

### 3. 결과 및 고찰

그림 4에 극성이 다른 3 종류의 PI 표면에서의 전사배향법을 이용한 셀의 편광현미경 사진을 나타내었다. 2장의 편광자는 직교로 되어 있다. 3 종류의 PI 표면에서 PI-B 표면이 가장 우수한 배향상태를 나타내었으며 다음으로 PI-A 및 PI-C의 순이었다. PI-B는 배향 결함이 없는 상태를 나타내었으나, PI-A는 작은 도메인이 발생함을 알 수 있다. 그리고 PI-C는 큰 도메인이 발생하였으며 빛이 누설되는 영역이 매우 큰 것을 알 수 있다. 극성이 매우 강한 PI-A 표면에서는 전사시에 기판에 고착된 힘이 강해서 셀을 분리할 때의 작용력에 의해 액정분자가 일정하게 배

열하지 않는다고 생각할 수 있다. 따라서 PI 표면의 극성이 매우 강하기 때문에 기판에 액정분자가 강하게 흡착되어 기판과 액정사이에 강한 상호작용이 발생하여 기판을 분리하기가 어려운 것으로 생각할 수 있다. 그리고 PI-C 표면을 이용한 액정배향에서는 PI의 극성이 매우 약하기 때문에 기판에 대하여 액정분자가 균일하게 배열하지 않아 도메인 결합이 생기는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 전사배향셀에서의 균일한 배향을 얻기 위해서는 PI의 극성이 중간정도가 적합한 것으로 생각할 수 있다.

그림 4. 3 종류의 PI 표면을 이용한 전사배향처리에 의한 네마틱액정의 편광현미경 사진.

(a) PI-A, (b) PI-B, (c) PI-C.

Fig. 4. Microphotograph of aligned NLC by transcription alignment method on three kinds of the PI surfaces.

(a) PI-A, (b) PI-B, (c) PI-C.

러빙처리한 PI표면에서의 네마틱액정의 균일배향에는 이방성분산력<sup>13)</sup>, 액정분자의 고분자막 흡착에 의한 메모리효과<sup>14)</sup>, Groove(홈) 이온설<sup>15)</sup>, 배제제적 상호작용<sup>16)</sup>, 등이 기여하는 것으로 알려져 있다. 액정 분자의 고분자막에의 흡착에 의한 메모리효과는 동방상태의 액정을 코팅된 PI 표면으로 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  $\Delta n$ 이 발생하며 이 방향으로 액정분자가 배열한다. 따라서, 전사 배향법에 의한 액정배향은 액정 분자의 고분자막에 흡착에 의한 메모리 작용으로 설명할 수 있다.

그림 5에 극성이 중간정도인 PI-B 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD의 전압무인가시(off-state)와 전압인가시(on-state)의 편광현미경 사진을 나타내었다. 전사배향 TN-LCD에서 우수한 콘트라스트비가

얻어짐을 알 수 있다. 이것은 러빙처리된 TN-LCD와 거의 동등한 경향을 나타내고 있다.

그림 6은 3 종류의 PI 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 V-T특성을 나타내었다. 극성이 강한 PI-A 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD의 투과율은 러빙처리된 TN-LCD와 비교하여 거의 동등한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. PI의 극성이 약해질수록 임계치 특성이 저하되는 경향을 나타내었다. 극성이 매우 약한 PI-C를 이용한 전사배향 TN-LCD는 투과율이 낮고 임계치 특성이 저하되는 경향을 나타내었다. 표 1에 3 종류

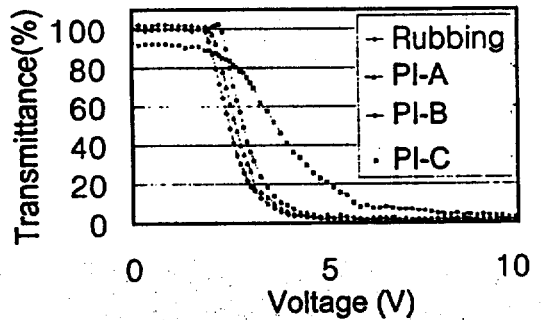


그림 6. 3종류의 PI 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 V-T 특성.

Fig. 6. Voltage-transmittance characteristics of transcription-aligned TN-LCD on three kinds of the PI surfaces and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

표 1. 3종류의 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 임계치전압

Table 1. Threshold voltage for transcription-aligned TN-LCD on three kinds of the PI surfaces and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

그림 5. PI-B 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD의 편광현미경 사진.

Fig. 5. Microphotograph of transcription-aligned TN-LCD on PI-B surface (in crossed Nicols).

\*  $V_{10}$  : Transmittance가 10% 일 때  
 $V_{90}$  : Transmittance가 90% 일 때

의 PI 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 임계치 전압을 나타내었다. 전사배향 TN-LCD의 임계치 전압은 러빙처리한 TN-LCD 보다 다소 높은 경향을 보여주고 있다. 그리고 전사배향 TN-LCD의 임계치 전압은 극성이 강할수록 작아지는 경향을 나타내었다. 이러한 결과로부터 전사배향 TN-LCD의 임계치 특성은 PI의 극성이 크게 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

그림 7은 3 종류의 PI 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 응답특성을 나타내었다. 하강시간의 특성에서 러빙처리한 TN-LCD가 전사배향 TN-LCD 보다 급격히 변화함을 알 수 있다. 즉, 러빙처리한 TN-LCD가 전사배향 TN-LCD 보다 하강시간이 다소 빠른 경향을 나타내고 있다. 이것은 러빙처리한 TN-LCD가 전사배향 TN-LCD 보다 액정분자와 기관표면과의 결합강도가 강하기 때문인 것으로 생각할 수 있다. PI 표면을 이용한 전사배향셀의 면내방향의 결합에너지는 약  $5 \times 10^4$  (J/m<sup>2</sup>) 정도인 것을 Y.Toko등이 보고하였다<sup>10)</sup>. 이것은 러빙처리한 셀의 면내방향의 결합에너지  $1 \times 10^4$  (J/m<sup>2</sup>) 보다 다소 낮은 것을 알 수 있다.

그리고 전사배향 TN-LCD에서는 극성이 강할수록 하강시간 특성이 향상됨을 알 수 있다. PI-A 및 PI-B 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD의 응답특성으로부터 액정의 비틀림에 관계되는 backflow 현상이 나타나고 있지 않으며, 양호한 특성을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

표 2에 3 종류의 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 응답속도를 나타내었다. 극성이 강한 PI-A 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD의 응답속도는 약 39ms를 나타내었으며, 러빙처리한 TN-LCD보다 다소 낮은 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 전사배향 TN-LCD의 응답시간은 극성이 강할수록 빠르게 되는 경향을 나타내었다. 즉, 전사배향 TN-LCD에서는 PI의 극성이 강할수록 응답속도가 빨라지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 전사배향 TN-LCD에서는 PI 표면의 극성이 액정배향 및 전기광학특성에 크게 기여함을 알 수 있다.

표 2. 3 종류의 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 응답속도

Table 2. Response time for transcription-aligned TN-LCD on three kinds of the PI surfaces and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

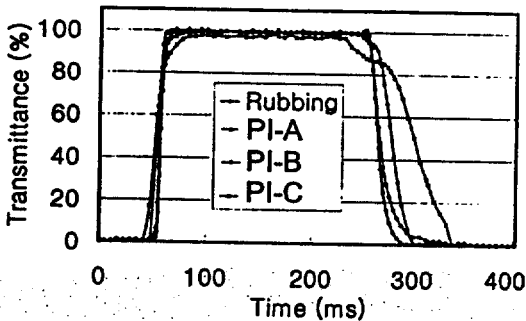


그림 7. 3 종류의 PI 표면을 이용한 전사배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD의 응답특성.

Fig. 7. Response time characteristics of transcription-aligned TN-LCD on three kinds of the PI surfaces and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 극성이 다른 3 종류의 PI 표면에서의 전사배향법을 이용한 액정배향효과 및 전사배향 TN-LCD의 전기광학특성에 대하여 검토하였다. 폴리머의 극성이 중간정도인 PI-B에서 액정배향성이 우수한 경향을 나타내었으며, 배향성은 러빙처리한 PI 표면과 동등한 경향을 나타내었다. 그러나 전사배향 TN-LCD의 임계치 전압은 극성이 강할수록 작은 경향을 나타내었다. 그러나 임계치 전압은 러빙처리한 TN-LCD에 비하여 다소 높은 경향을 나타내었다. 그리고 전사배향 TN-LCD의 응답시간은 PI의 극성이 강할수록 빠른 경향을 나타내었다. 즉 전사배향 TN-LCD에서는 PI의 극성이 전기광학특성에 크게 기여함을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 G-7 사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [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, p. 4100, 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, p. 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, p. 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 spectroscope for chemical analysis", *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 61, p. 2392, 1992.
- [5] D.-S. Seo, "Effect of NLCs on polar anchoring energy and pretilt angle for three kinds of the rubbed polymer layers", *전기전자재료학회논문지*, Vol. 12, No. 2, p. 170, 1999.
- [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.*, Vol. 264, p. 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*, p. 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.*, Vol. 224, p. 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, p. 3607, 1995.
- [10] Y. Toko, B. Y. Zhang, and T. Sugiyama, "Characteristics of liquid crystal display fabricated by alignment transcription method", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 304, p. 107, 1997.
- [11] 서대식, 김진호, 이정호, 이보호, "폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 메모리 효과를 이용한 전사 배향법에 관한 연구", *전기전자재료학회*, Vol. 10, No. 9, p. 876, 1997.
- [12] 서대식, 김진호, "전사배향 TN-LCD의 액정배향 및 전기광학특성", *전기전자재료학회논문지*, Vol. 12, No. 12, p. 1133, 1998.
- [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, p. L107, 1982.
- [14] K. Okano, "Anisotropic excluded volume effect and alignment of nematic liquid crystal in a sandwich cell", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 22, p. L343, 1983.
- [15] D. W. Berreman, "Solid surface shape and the alignment of an adjacent nematic liquid crystal", *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 28, p. 1683, 1972.
- [16] H. Aoyama, Y. Yamazaki, N. Matsuura,

H. Mada, and S. Kobayashi, "Alignment of liquid crystals on the stretched poly-

mer films", *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Lett.*, Vol. 72, p. 127, 1981.