

폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 메모리 효과를 이용한 전사 배향법에 관한 연구

10-9-2

Investigation of transcription alignment method by using memory effect of nematic liquid crystal on polyimide surface

서대식, 이정호, 김진호, 이보호
(Dae-Shik Seo, Jeong-Ho Lee, Jin-Ho Kim, and Bo-Ho Lee)

Abstract

In this paper, we investigated the transcription of liquid crystal (LC) alignment method by using memory effect of nematic (N) LC on polyimide (PI) surface with side chain as for non-rubbing alignment techniques. That the monodomain alignment of aligned NLC is observed by microscope textures in the cells on PI surface with side chain. We obtained that the pretilt angle of NLC are generated about 3.7° on PI surface. We suggest that the LC alignment by using transcription alignment method is attributed to memory effect of NLC on PI surface.

Key Words(중요용어) : Nematic liquid crystal (네마틱액정), Rubbing (러빙), Polyimide (폴리이미드), Non-rubbing (넌러빙), Pretilt angle (프리틸트각), Transcription alignment (전사배향)

1. 서 론

최근, 멀티미디어 시대에 있어서 정보 전자 디스플레이소자가 정보전달의 매체로써 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그 중에서도 평판 디스플레이 소자의 하나인 액정 디스플레이 (LCD: liquid crystal display) 가 크게 주목을 끌고 있다. 특히, 최근 20인치 이상의 대화면의 고품질 TFT (thin-film-transistor)-LCD가 개발되면서 LCD소자에 대한 기대가 더욱 높아지고 있다. LCD소자의 응용에 있어서 표면액정배향의 효과는 전기광학 특성에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 연구용 또는 실제의 LCD 소자는 일반적으로 샌드위치형으로 되어 있고 그 안에 주입되어 봉합된 액정은 기판(배향막) 위의 표면 처리법에 의하여 한쪽 방향으로 균일하게 배열하게 된다.

그리고, 기판 표면 위에 액정 분자의 경사진 각도를 나타내는 프리틸트각 (pretilt angle)은 twisted nematic (TN)-LCD소자에 있어 디스클리네이션 (reverse tilt disclination) 등의 결함을 방지하는 역

할을 하며 LCD소자의 특성에 중요한 기여를 하고 있다.^{1,5)} 표면 액정배향법은 LCD소자의 개발 당초부터 고분자막의 표면 위를 섬유질 등으로 한쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 방법인 러빙법 (rubbing method) 이 사용되어 왔다. 이 러빙법은 배향처리가 간편하고 대량생산에 적합 배향이 안정, 그리고 프리틸트각의 제어가 용이 등의 장점을 가지고 있어 현재 거의 모든 LCD의 제조공정에 사용되고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙시에 발생하는 정전기로 인하여 TFT-LCD에서 TFT소자를 파괴시키며 오물 등이 발생하는 등의 단점이 알려져 있어, 이전부터 러빙을 하지 않는 넌러빙 (non-rubbing) 액정 배향기술이 요구되어 왔다.⁶⁾ 또, 최근의 화소의 미세화에 따른 액정의 배향 얼룩의 문제나, LCD의 시야각 (viewing angle) 특성 개선을 위한 화소의 다분할화의 요구에서 더욱이 넌러빙 배향 기술의 개발의 필요성이 강하게 인식되어 넌러빙 액정 배향기술이 주목을 받고 있다.⁷⁾

넌러빙법에 의한 액정 분자의 배열에 관한 연구로는 초기에 유리기판 위에 단분자막을 한 층씩 층층이 쌓아 박막을 만드는 Langmuir-Blodgett (LB) 법을 이용한 폴리이미드 (PI)-LB법으로 액정분자를 배열시키는 방법이 제안되어 넌러빙법의 중요성이 인식되었다.^{8,9)} 이러한 넌러빙법은 최근 고분자막 위

* : 숭실대학교 공대 전기공학과

접수일자 : 1997년 3월 2일

심사완료 : 1997년 5월 15일

를 편광된 자외선 등을 조사하여 액정분자를 배열시키는 방법으로 발전하였으며 이 분야의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

근년, W.M.Gibbons등에 의하여 반응을 나타내는 색소 분자를 고분자 속에 혼합하여 폴리이미드막을 만들어 편광된 레이저 광을 조사시켜 색소분자를 제어하여 액정 분자의 방향을 제어하는 광이성화법이 제안되었다.¹⁰⁾ 다른 너리빙법으로는 M.Schadt 에 의하여 광중합법이 제안되었으며 이 방법은 반응을 나타내는 고분자막에 직선 편광을 조사하여 어떤 특정방향을 향한 분자만을 중합반응시켜 광학 이방성을 발생시키는 방법이다.¹¹⁾

본 연구에서는 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 메모리작용을 이용하여 너리빙법으로 액정 분자를 한쪽 방향으로 균일하게 배열시키는 전사배향법에 관하여 연구보고 하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용한 폴리이미드는 일반적으로 super (S) TN-LCD¹²⁾ 에 사용되고 있는 축쇄형의 배향제를 사용하였다. ITO (indium tin oxide) 전극이 형성된 유리 기판 위에 스프인 코팅법을 이용하여 코팅 한 후 오븐에서 250 °C에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다. 전사배향법에 의한 액정셀 제작을 위하여 한쪽면 기판용으로는 폴리이미드 러빙법을 사용한다. 강하게 러빙한 폴리이미드막을 제작하기 위하여 러빙은 그림 1 과 같은 러빙기를 이용하여 러빙 하였다.

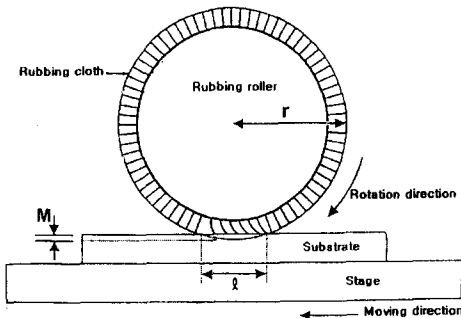


그림 1. 사용된 러빙기의 구조
Fig. 1. A schematic diagram of used rubbing machine

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

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

여기서, N 은 러빙한 회수, M 은 섬유질의 끝과 기관과의 접촉 거리, n 은 러빙롤러의 회전수 ($1000/60s^{-1}$), v 는 기관의 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.

본 실험에서는 한쪽 기판면으로 사용하는 러빙한 폴리이미드 배향막의 러빙에는 강한 러빙을 사용하였다. 즉, 기관과 섬유질의 표면과 기관과의 접촉

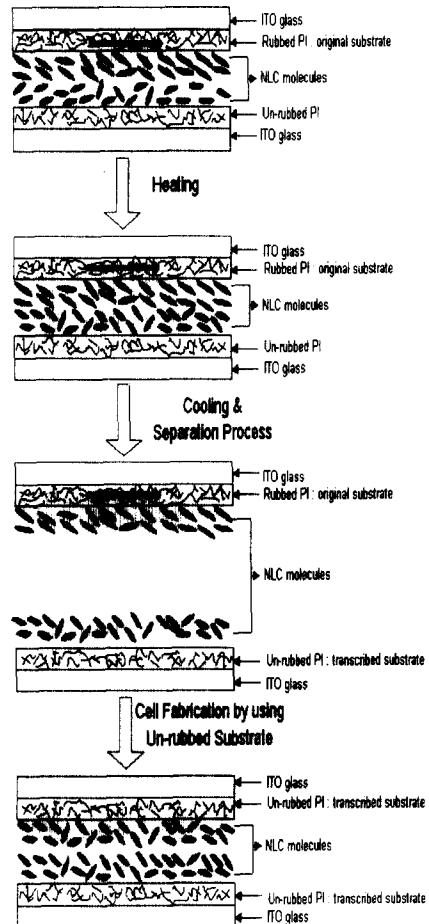


그림 2. 전사 배향법을 이용한 액정셀의 제작
Fig. 2. The fabrication of liquid crystal cell by using transcription alignment method on polyimide film.

거리인 M이 1.0mm이고, RS는 407mm를 사용하였다. 한쪽 기관면의 러빙회수는 1회와 3회를 각각 사용하였다. 폴리이미드막이 코팅된 기관 위를 강하게 러빙한 것과 러빙하지않은 기관면을 약 30 μ m의 두께로 액정셀을 제작하고, mixture된 네마틱 액정은 ZLI-4792 (네마틱-동방상태의 상전이 온도 T_c=91 $^{\circ}$ C ; Merck사 제공) 를 130 $^{\circ}$ C로 조절된 핫플레이트 위에서 등방 (isotropic) 상태에서 주입하고 1시간동안 유지한 후 냉각시켜, 네마틱 액정 상태로 하여 액정셀을 제작하였다. 전사 배향법을 이용한 액정셀의 제작 공정을 그림 2 에 나타낸다. 액정셀을 분리시킨 후 전사된 기관판으로 다시 액정셀을 제작하였다. 그리고 기관 위에서의 액정분자의 경사진 각도인 프리틸트각은 결정회전법 (crystal rotation method)¹³⁾ 을 이용하여 실온에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3에 폴리이미드 배향막에 있어서 전사 배향법을 이용한 네마틱 액정의 배향상태를 편광현미경을 이용하여 관찰한 사진을 나타낸다. 편광현미경을 이용한 관찰시, 2개의 편광자를 직교로 하고 그 사이에 액정셀을 둔 crossnicols 상태에서 액정배향 상태를 평가하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 전사 배향법을 이용한 네마틱 액정의 배향상태는 매우 양호하며 액정셀 전체에서 균일한 액정배향을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 액정분자의 배열 방향이 서로

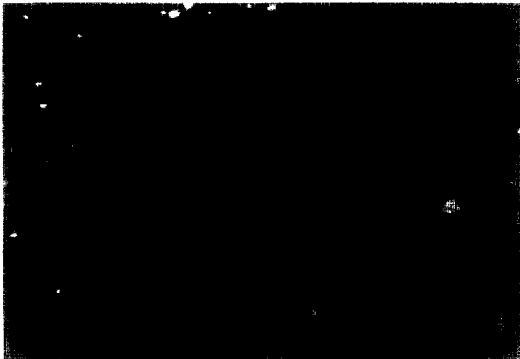


그림 3. 전사배향법을 이용한 네마틱 액정의 편광현미경사진 (편광자는 직교)

Fig. 3. The microscopic textures of aligned nematic liquid crystal in the cell by using transcription alignment method on polyimide film. (in crossnicols).

역으로 배열되어 선으로 나타나는 디스클리네이션 등의 결합이 없이 균일한 배향이 얻어짐을 알 수 있다. 편광현미경사진에서 흰점이 나타나 있는 것은 셀두께용의 스페이서이므로 도메인과는 무관한 것으로 생각되어진다.

전사 배향법을 이용한 액정셀에 있어서의 네마틱 액정의 프리틸트각 측정의 예를 그림 4에 나타낸다. 투과율의 대칭점이 되는 각도가 0 $^{\circ}$ 에서 약 10 $^{\circ}$ 이상이 떨어져 있음을 알 수 있다. 이 결과로부터 네마틱 액정의 프리틸트각을 계산하면 약 3.7 $^{\circ}$ 이다. 본 연구에서 사용한 측쇄형 배향막을 양면기관 러빙법으로 사용하였을 경우의 프리틸트각은 약 4 $^{\circ}$ 정도를 나타내는 것이 이전의 논문에서 보고되었다.³⁾ 즉, 전사 배향법을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각은 3.7 $^{\circ}$ 로 양면기관을 러빙한 액정셀과 동등한 프리틸트각을 얻을 수 있음을 알수있다. 이 크기는 디스클리네이션을 방지할 수 있으며 LCD소자에 응용이 가능한 크기임을 알 수 있다. 표 1 에 전사배향법을 이용한 러빙회수에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각을 나타내었다

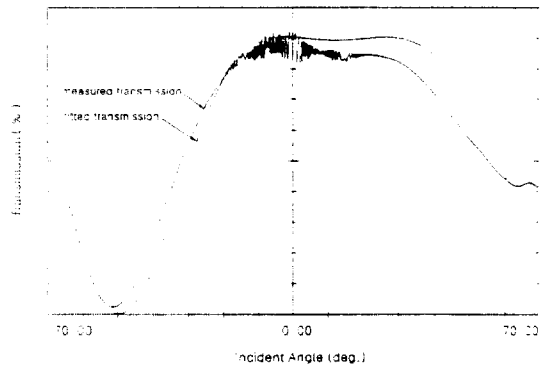


그림 4. 프리틸트각의 측정에 있어서의 투과율과 입사각의 관계

Fig. 4. The transmission versus incident angle for pretilt angle measurement.

폴리이미드막에 있어서 전사 배향법을 이용한 액정셀의 네마틱 액정배향의 기구를 그림 5와 같이 생각할 수 있다. 배향막 표면 위의 고분자의 방향은 랜덤하지만 액정분자는 한쪽 방향으로 배열하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 이것은 셀을 제작하였을 때 러빙방향쪽으로 액정분자가 배열되고 이것이 배향막 표면 위에 메모리 작용을 하며 메모리 작용을 가진 전사된 기관판으로도 액정분자가 한쪽 방향으로 균일하게 배열되는 것으로 생각할 수 있다. 액

정셀의 두께도 약 30 μm 로 상당히 두꺼우며 이러한 셀 두께에서도 액정배향이 균일하게 나타나는 것은 배향막 표면 위에 액정분자가 비교적 강하게 흡착되어 균일하게 배열되어 있는 것으로 생각할 수 있다.

표 1. 전사배향에 있어서 한쪽 기판면의 러빙회수의 변화에 의한 네마틱액정의 프리틸트각 발생

Table 1. The pretilt angle generation in NLC with one-side substrate (original) rubbing times at transcription alignment

one-side rubbing times (original substrate)	pretilt angles (°)
one time	1.2~3.69°
three times	0.25~2.28°

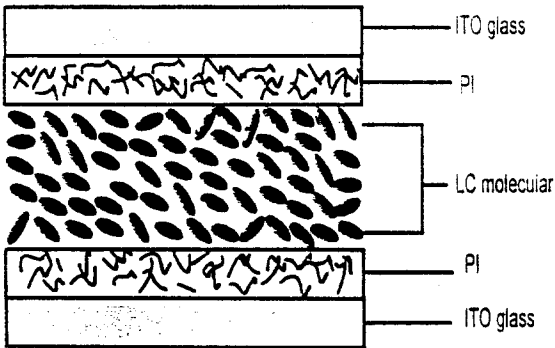


그림 5. 전사배향법을 이용한 액정배향의 기구

Fig. 5. The mechanism of liquid crystal alignment by using transcription alignment method on polyimide surface.

일반적으로 액정배향의 기구에는 Groove(홈) 이론설,¹⁴⁾ 배제체적최소효과,¹⁵⁾ 이방성분산력,¹⁶⁾ 액정분자의 고분자막에 흡착에 의한 메모리효과¹⁷⁾ 등이 알려져 있다. 액정 분자의 고분자막에의 흡착에 의한 메모리효과는 등방상태의 액정 분자를 고분자막(폴리이미드막 또는 무기물질막)을 코팅한 셀에 주입하여 네마틱 액정 상태까지 생각하면 최초의 네마틱 액정 분자의 방향에 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 발생한다고 생각할 수 있다. 즉, 전사 배향법에 의한 액정배향은 액정 분자의 고분자막에 흡착에 의한 메모리 작용으로 설명할 수 있다. 그리고 이 전사 배향법은 액정 주입시의 주입법에 의하여 액정배향의 상태와 소자의 특성이 다소 변화하는 것을 알 수 있었으며 앞으로 이러한 액정 주입법을 고려하면 전사 배향법에 의한 LCD소자의 특성도 많이 향상되어질 것으로 기대된다. 앞으로 이 분야에 관한 연구가 좀더 이루어져야 될 것으로 기대되며 너러빙법으로써 전사 액정 배향법은 그 기대는 크다고 생각되어진다.

4. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 메모리 효과를 이용한 전사 배향법 관하여 연구하였다. STN-LCD에 사용되고 있는 축쇄형 폴리이미드막을 이용하여 배향막 표면을 러빙 하지 않는 전사 배향법에 의한 액정배향 기술에 성공하였으며, 이 방법으로 제작된 액정셀은 편광현미경으로 관찰한 결과 균일한 액정배향 특성을 나타내었다. 그리고, 이러한 전사배향법을 이용한 액정셀에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각이 약 3.7°를 발생함으로써 결합이 없는 LCD소자를 만드는데 성공하였다. 마지막으로 전사 배향 기술은 네마틱 액정분자가 고분자막에 흡착되는 메모리 효과를 이용한 것으로, 향후 이 방법을 좀더 연구 개발하면 프리틸트각의 향상은 물론 전기광학특성 등의 향상도 기대되어진다.

참 고 문 헌

1. J. Cognard, Mol. Cryst. Liq. Cryst. Supplement, 1(1982).
2. T. Sugiyama, S. Kuniyasu, D.-S. Seo, H. Fukuro, and S. Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 29, 2045 (1990).
3. D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 213, 223 (1992).
4. D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, Appl. Phys. Lett., Vol. 61, 2392 (1992).
5. D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, 4876 (1995).

6. H.Matsuda, D.-S.Seo, N.Yoshida, K.Fujibayashi, and S.Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 264, 23 (1995).
7. D.-S.Seo, Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 9, 733 (1996).
8. D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohnide, and S. Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst., Vol. 224, 13 (1993).
9. D.-S. Seo, S. Kobayashi, D.-Y. Kang, and H. Yokoyama, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, 3607 (1995).
10. W. M. Gibbons, P. J. Shannon, S. T. Sun, and B. J. Swelin, Nature, Vol. 351, 49 (1991).
11. M. Schadt, K. Schmitt, V. Kozinkov, and V. Chigrinov, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 31, 2155 (1992).
12. T. J. Scheffer and J. Nehring, Appl. Phys. Lett., Vol. 45, 1021 (1984).
13. T. J. Scheffer and J. Nehring, J Appl. Phys., Vol. 48, 1783 (1977).
14. D. W. Berreman, Phys. Rev. Lett., Vol. 28, 1683 (1972).
15. K. Okano, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 22, L343 (1983).
16. K. Okano, N. Matsuura, and S. Kobayashi, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 21, L107 (1982).
17. H. Aoyama, Y. Yamazaki, N. Matsuura, H. Mada, and S. Kobayashi, Mol. Cryst. Liq. Cryst. Lett., Vol. 72, 127 (1981).

저자소개

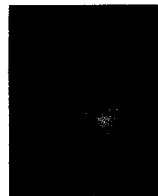
서대식



1963년 12월 16일생. 1989년 도쿄도립대학 (일본) 전자공학과 졸업. 1991년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업 (공학석사). 1994년 동대학 대학원 전자정보공학과 졸업 (공학박). 1993-95년 일본학술진흥회 특별연구원. 1994년-95년 Kent State Univ

액정연구소 연구원. 1995년 9월-현재 숭실대학교 전기공학과 조교수. 1992년 제5회 안도우히로시기념학술장려상 수상(일본). 분학회 영문편수위원.

김진호



1974년 5월 14일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 재학중.

이정호



1971년 2월 28일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과 재학중.

이보호



1936년 5월 31일생. 1961년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1972년 전북대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1986년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1968년-72년 전북대학교 전기공학과 조교수. 1972년-84년 숭전대학교 전기공학과 부교수. 1984년-현재 숭실대학교 전기공학과 교수. 1988년-90년 숭실대학교 공대학장. 1990년-93년 숭실대학교 부총장.