

전사배향법을 이용한 네마틱액정의 프리틸트각 발생에 관한 연구

Investigation of Pretilt Angle Generation in Nematic Liquid Crystal by Using Transcription alignment

서대식* 송실대학교 공대 전기공학과
김진호* 송실대학교 공대 전기공학과
한정민* 송실대학교 공대 전기공학과
이정호* 송실대학교 공대 전기공학과

Dae-Shik Seo Dept. of Electrical Eng., Soong Sil University
Jin-Ho Kim Dept. of Electrical Eng., Soong Sil University
Jeong-Min Han Dept. of Electrical Eng., Soong Sil University
Jeong-Ho Lee Dept. of Electrical Eng., Soong Sil University

Abstract

In this study, we investigated the pretilt angle generation in nematic liquid crystal (NLC) by using the transcription alignment on polyimide(PI) surfaces. That the uniform alignment of NLC is observed by microphotograph textures in LC cells on PI surface. We obtained that the pretilt angle of NLC are generated about 3.6° on PI surface. It is considered that the LC alignment by transcription alignment method is attributed to memory effect of LC on PI surface.

1. 서 론

최근, 멀티미디어 시대에 있어서 정보 전자 디스플레이 소자가 중요한 역할을 하고 있다. 그 중에서도 평판 디스플레이 소자의 하나인 액정 디스플레이(LCD: liquid crystal display)가 크게 주목을 끌고 있다. 특히, 20인치 이상의 최근 대화면의 고품질 TFT (thin-film-transistor)-LCD가 개발되면서 LCD소자에 대한 기대가 더욱 높아지고 있다. LCD소자의 응용에 있어서 액정배향의 효과는 전기광학 특성에 매우 중요한 역할을 하고 있다. 연구용 또는 실제의 LCD소자는 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 역할을 하며 LCD소자의 특성에 중요한 기여를 하고 있다.¹⁻⁵⁾ 표면 액정배

향법은 LCD소자의 개발 당초부터 고분자막의 표면 위에 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 LCD에 사용되고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙할 때 발생하는 정전기로 인하여 TFT-LCD에서 TFT소자를 파괴시키며 오물 등이 발생하는 등의 단점이 알려져 있어, 이전부터 러빙을 하지 않는 너러빙 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 너러빙 배향 기술의 개발의 필요성이 강하게 인식되어 너러빙 액정 배향기술이 주목을 받고 있다.⁷⁾

너러빙법에 의한 액정 분자의 배열에 관한 연구로 단분자막을 유리기판 위에 한 층씩 층층이 쌓아 박막을 만드는 Langmuir-Blodgett (LB) 법을 이용한 폴리이미드

(PI)-LB법으로 액정분자를 배열시키는 방법이 제안되어 너러빙법의 중요성이 인식되었다.^{8,9)} 이러한 너러빙법은 최근 고분자막 위를 편광된 자외선 등을 조사하여 액정분자를 배열시키는 방법으로 발전하였으며 이 분야의 연구가 활발히 이루어지고 있다.

최근, W.M.Gibbons 등에 의하여 반응을 나타내는 색소 분자를 고분자 속에 혼합하여 폴리이미드막을 만들어 편광된 레이저 광을 조사시켜 액정 분자의 방향을 제어하는 광이성화법이 제안되었다.¹⁰⁾ 다른 너러빙법으로는 M.Schadt 에 의하여 光重合법이 제안되었으며 이 방법은 반응을 나타내는 고분자막에 직선 편광을 조사하여 어떤 특정방향을 향한 분자만을重合반응시켜 광학 이방성을 발생시키는 방법이다.¹¹⁾

본 연구에서는 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 메모리작용을 이용하여 너러빙법으로 액정 분자를 한쪽 방향으로 균일하게 배열시키는 전사 액정배향법에 관하여 연구보고 하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용한 폴리이미드는 일반적으로 super (S) TN-LCD¹²⁾에 사용되고 있는 배향제를 사용하였다. ITO 전극이 형성된 유리 기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 코팅 한 후 오븐에서 250℃에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다. 전사 액정배향법에 의한 액정셀제작을 위하여 한쪽면 기판용으로는 폴리이미드 러빙법을 사용한다.

본 실험에서는 한쪽 기판면으로 사용하는 러빙한 폴리이미드 배향막의 러빙에는 강한 러빙을 사용하였다. 즉 기판과 섬유질의 끝과 기판과의 접촉 거리인 M이 1.0mm이고, RS는 407mm를 사용하였다. 한쪽 기판면의 러빙회수는 1회와 3회를 각각 사용하였다. 폴리이미드막이 코팅된 기판 위를 강하게 러빙한 것과 러빙하지않은 기판면을 약 30 μ m의 두께로 셀을 제작하고, 네마틱 액정 (네마틱-동방상태의 상전이 온도 : 91℃) 을 130℃로 조절된 핫플레이트위에서 동방 (isotropic) 상태에서 주입하고 1시간동안 유지한 후 냉각시켜, 네마틱 액정 상태로 하여 액정셀을 제작하였다. 그후에 전사 배향법을 이용한 액정셀의 제작 공정을 그림 1에 나타낸다. 액정셀을 분리시킨 후 전사된 기판만으로 다시 액정셀을 제작하였다. 그리고 기판 위에서의 액정분자의 경사진 각도인 프리틸트각은 결정회전법 (crystal rotation method)¹³⁾ 을 이용하여 실온에서 측정하였다.

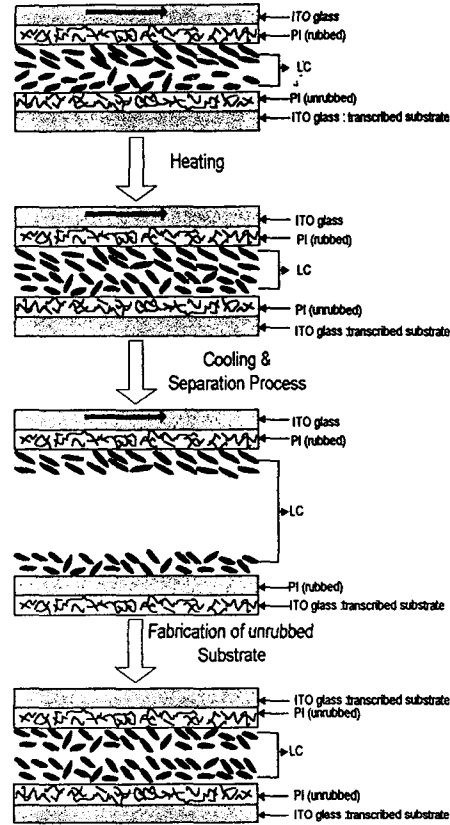


그림 1. 전사 배향법을 이용한 액정분자의 배열

Fig. 1. The alignment of liquid crystal by using transcription alignment method on polyimide film.

3. 결과 및 고찰

그림 2에 폴리이미드 배향막에 있어서 전사 배향법을 이용한 네마틱 액정배향의 상태를 편광현미경을 이용하여 찍은 네마틱 액정배향 사진을 나타낸다. 편광현미경을 이용한 관찰시, 2개의 편광자를 직교로 하고 그 사이에 액정셀을 둔 crossnicols 상태에서 액정배향 상태를 평가하였다. 그림 2에서 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 역으로 배열되어 선으로 나타나는 디스클리네이션 등의 결함이 없이 균일한 배향이 얻어짐을 알 수 있다.

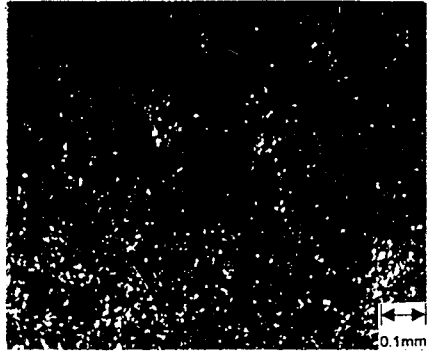


그림 2. 전사배향법을 이용한 네마틱 액정의 편광 현미경사진 (편광자는 직교)

Fig. 2. The microphotograph textures of nematic liquid crystal in the cell by using transcription alignment method on polyimide film.(crossnicols).

전사 배향법을 이용한 액정셀에 있어서의 네마틱 액정의 프리틸트각 측정의 예를 그림 4에 나타낸다. 투과율의 대칭점이 되는 각도가 0° 부근에 있음을 알 수 있다. 이 결과로부터 네마틱 액정의 프리틸트각을 계산하면 약 3.69°이다. 본 연구 그룹에 의하여 같은 배향막을 양면 러빙법으로 사용하였을 경우의 프리틸트각은 약 4° 정도를 나타내는 것을 이전의 논문에서 보고하였다.³⁾ 즉, 전사 배향법을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각은 3.69°로 양면기판을 러빙한 액정셀과 동등한 프리틸트각을 얻을 수 있었다. 이 크기는 디스클리네이션을 방지할 수 있으며 LCD소자에 응용이 가능한 크기임을 알 수 있다. 표 1에 전사배향법을 이용한 러빙회수에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각을 나타내었다.

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

표 1. 전사배향에 있어서 한쪽면 기판의 러빙회수의 변화에 의한 네마틱액정의 프리틸트각 발생

Table 1 The pretilt angle generation for NLC with one-side substrate rubbing times at transcription alignment

폴리이미드막에 있어서 전사 배향법을 이용한 액정셀의 네마틱 액정배향은 배향막 표면 위의 고분자의 방향은 랜덤하지만 액정분자는 한쪽 방향으로 배열하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 이것은 셀을 제작하였을 때 러빙 방향쪽으로 액정분자가 배열되고 이것이 배향막 표면에 메모리 작용을 하며 메모리 작용을 가진 전사된 기판 단으로도 액정분자가 한쪽 방향으로 균일하게 배열되는 것으로 생각할 수 있다. 액정셀의 두께도 약 30μm로 상당히 두꺼우며 이러한 셀 두께에서도 액정배향이 균일하게 나타나는 것은 배향막 표면에 액정분자가 비교적 강하게 흡착되어 균일하게 배열되어 있는 것으로 생각할 수 있다. 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 냉각하면 최초의 네마틱 액정 분자의 방향에 배향 방향의 메모리 작용이 일어난다. 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 Δn이 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 좀 더 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 측쇄형 폴리이미드막을 이용하여 배향막 표면을 러빙 하지 않는 전사 배향 기술에 성공하였으며, 이 방법으로 제작된 액정셀은 편광현미경으로 관찰한 결과 균일한 액정배향 특성을 나타내었다. 그리고, 이러한 전사배향법을 이용한 액정셀에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각이 약 3.69°를 발생함으로써 결합이 없는 LCD소자를 만드는데 성공하였다. 마지막으로 전사 액정 배향 기술은 네마틱 액정분자가 고분자막에 흡착되는 메모리 효과를 이용한 것으로, 향후 이 방법을 좀더 연구 개발하면 프리틸트각의 향상은 물론 전기광학특성 등의 향상도 기대되어진다.

참고 문헌

- 1) J. Cognard, *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Supplement*, i(1982).
- 2) T. Sugiyama, S. Kuriyasu, D.-S. Seo, H. Fukuro, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **29**, 2045 (1990).
- 3) D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **213**, 223 (1992).
- 4) D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 2392 (1992).
- 5) D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 4876 (1995).
- 6) H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yoshida, K. Fujibayashi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **264**, 23 (1995).
- 7) D.-S. Seo, *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers* **9**, 733 (1996).
- 8) D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohi-ide, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **224**, 13 (1993).
- 9) D.-S. Seo, S. Kobayashi, D.-Y. Kang, and H. Yokoyama, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 3607 (1995).
- 10) W. M. Gibbons, P. J. Shannon, S.-T. Sun, and B. J. Swelin, *Nature* **351**, 49 (1991).
- 11) M. Schadt, K. Schmitt, V. Kozinkov, and V. Chigrinov, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, 2155 (1992).
- 12) T. J. Scheffer and J. Nehring, *Appl. Phys. Lett.* **45**, 1021 (1984).
- 13) T. J. Scheffer and J. Nehring, *J. Appl. Phys.* **48**, 1783 (1977).
- 14) D. W. Berreman, *Phys. Rev. Lett.* **28**, 1683 (1972).
- 15) K. Okano, *Jpn. J. Appl. Phys.* **22**, L343 (1983).
- 16) K. Okano, N. Matsuura, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **21**, L107 (1982).
- 17) H. Aoyama, Y. Yamazaki, N. Matsuura, H. Mada, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Lett.* **72**, 127 (1981).