

침지효과를 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각 제어에 관한 연구

논문
12-7-10

Investigation of the Control of Pretilt Angle in NLC by using Dipping Effect

이정호*, 서대식*

(Jeong-Ho Lee*, Dae-Shik Seo*)

Abstract

The control of pretilt angle in nematic liquid crystal (NLC) due to dipping effect on three kinds of the rubbed polyimide (PI) surface was investigated. The generated pretilt angle of NLC increase due to dipping effect before rubbing treatment on two kinds of the rubbed PI surface with side chain. The generated pretilt angle due to dipping effect after rubbing treatment on PI surface with short side chain is high compared with the PI surface with long side chain. The generated pretilt angle of the positive type NLC ($\Delta\epsilon > 0$) is high as than that of the negative type NLC ($\Delta\epsilon < 0$) by using dipping effect before rubbing treatment on homeotropic layer. The generated pretilt angle of NLC is attributed to perpendicular component of permittivity ϵ_{\perp} of NLC on rubbed PI surface.

Key Words(중요용어) : Dipping effect(침지효과), Pretilt angle(프리틸트 각), Polyimide surface(폴리이미드 표면), Nematic liquid crystal(네마틱 액정)

1. 서 론

오늘날 액정디스플레이(LCD : liquid crystal display)는 평판디스플레이 소자의 한 종류로 휴대화가 가능, 평면, 박형, 저소비전력, 고화질 등의 장점을 가지고 많은 정보표시 분야에 이용되고 있다.

현재 많이 사용되고 있는 TN(twisted nematic) 모드를 실현시키기 위해서는 고분자막 표면을 러빙천 등으로 일정 방향으로 문지름으로써 고분자를 재배열시켜 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 러빙처리법이 사용되고 있다. 러빙처리법을 이용한 PI 표면에서의 액정 배향 효과 및 프리틸트 제어에 관하여 많은 연구가 보고 되고 있다¹⁻⁵⁾. PI 표면은 빛의 투과도가 높고, 열에 안정하며 액정의 배향성이 뛰어나 LCD에 많이 사용되고 있다. 반면에 러빙처리법을 이용한 액정배향법은 러빙시에 발생하는 오물 및 정전기 등으로, TFT(thin-film-transistor) 소자를 파괴시키는 등의 단점이 알려져 있다⁶⁾. 그래서 러빙

처리후에 PI 표면을 세정하는 공정을 추가하여 LCD의 수율을 높이고 있다. 최근 TN 모드를 적용한 TFT-LCD는 시야각이 협소하며, 응답속도가 느리다는 단점을 가지고 있다. 그래서 LCD의 시야각 특성을 향상시키기 위하여 돌기 방식⁷⁾, slit 패턴전극 방식⁸⁾, UV 배향⁹⁾, 등이 사용되고 있다. 그리고 최근 수직 배향을 이용한 광시야각 기술이 발표되고 있으며 이를 위하여는 액정 분자에 프리틸트를 주는 것이 중요하다¹⁰⁾. 그래서 본 연구에서는 화소의 분할화에 필요한 기술인 러빙처리한 PI표면에서 침지효과를 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각의 제어에 관하여 검토하였다.

2. 실험

본 연구에서는 다음과 같은 3종류의 폴리머를 사용하였다.

PI-1 : AL-3046 (for high pretilt : Nissan Chemical Industries Co., Ltd.)

PI-2 : SE-150 (for medium pretilt : Nissan Chemical Industries Co., Ltd.)

PI-3 : JALS-696-R2 (for homeotropic

* : 송실대학교 전기공학과

(서울시 동작구 상도5동 1-1, Fax : 02-817-7961 E-mail : dsseo@ee.soongsil.ac.kr)

1999년 3월 30일 접수, 1999년 6월 22일 심사완료

alignment : Japan Synthetic Rubber Co., Ltd.)

폴리머는 ITO(indium-tin-oxide) 전극이 형성된 기판 위에 스펠코팅 되었으며, PI-1은 180℃, PI-2는 250℃ 그리고, PI-3은 180℃에서 각각 소성하였다. PI의 막 두께는 500Å로 조절하였다. 러빙 처리전의 PI기판과 러빙처리후의 PI기판을 용액 속에 0~20분간 침지시켜 프리틸트의 변화를 관찰하였다. 침지효과를 평가하기 위하여 다음과 같은 5 종류의 용액을 사용하였다.

ITO etchant : 산화성 산성수용액(염산+질산 혼합액), NMP(N-methy Pyrrolidibone), IPA(isopropylalcohol), Acetone, TMAH(tetramethylammonium hydroxide) : 유기재료로 알칼리성 수용액(2.38wt%).

러빙처리는 러빙강도가 중간 정도인 M=0.5mm를 사용하였다. 러빙강도에 대하여 이전의 논문에서 정의되었다^{2,4)}. PI 표면을 침지처리후 침지용액의 불순물 효과를 제거하기 위하여 순수물로 2차 세정 후 120℃에서 20분간 핫 플레이트에서 열처리하였다. 액정셀은 러빙처리 방향이 anti-parallel 구조로 약 50μm로 제작하였다. 사용한 네마틱 액정을 표 1에 나타내었다.

표 1. 사용한 네마틱 액정의 물성
Table 1. Physical properties of used NLCs.

네마틱 액정	$n_{ }$	n_{\perp}	Δn	$\epsilon_{ }$	ϵ_{\perp}	$\Delta\epsilon$	T_c
LC-1 ($\Delta\epsilon(0)$)	1.5646	1.4766	0.0880	10.8	3.4	7.4	87℃
LC-2 ($\Delta\epsilon(0)$)	1.5481	1.4725	0.0756	3.5	7.3	-3.8	87℃

유전율 이방성이 양(+인 액정으로 LC-1을, 음(-)의 액정으로 LC-2를 사용하였다. 프리틸트각은 결정회전법(crystal rotation methode)을 사용하여 실온에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 러빙처리된 PI-1 표면에서의 ITO

etchant 침지용액을 이용한 프리틸트각의 침지시간 의존성을 나타내었다. PI-1표면을 러빙처리전에 ITO etchant 용액에 침지 하면 네마틱액정의 프리틸트각은 러빙처리한 경우보다 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그리고, PI-1 표면을 러빙처리후에 ITO etchant 용액에 침지하면 침지시간의 증가와 함께 프리틸트각이 현저히 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 경향은 PI-1 표면은 측쇄기가 긴 PI로 러빙처리 후에 측쇄기가 용이하게 ITO etchant 용액에 의해 분해되어 프리틸트각이 감소하는 것으로 생각할 수 있다.

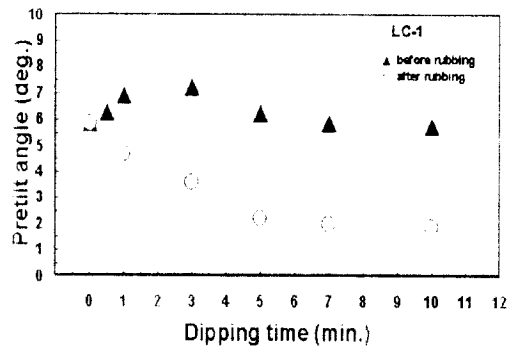


그림 1. 러빙처리된 PI-1 표면에서의 ITO etchant 침지용액을 이용한 셀에서의 프리틸트각의 침지시간 의존성

Fig. 1. Dependence of dipping time of pretilt angle in cells by using ITO etchant solvent on rubbed PI-1 surface.

러빙처리된 PI-2 표면에 2 종류의 침지용액을 이용한 셀에서 네마틱 액정의 프리틸트각의 침지시간 의존성을 그림 2에 나타내었다. PI-2 표면을 러빙처리전에 침지시킨 경우 프리틸트각은 2종류의 용액에서 침지시간이 10분까지는 증가하는 경향을 나타내었으나, 10분 이상에서는 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 이 결과로부터 PI-1 및 PI-2 표면을 러빙처리전에 용액에 침지하면 프리틸트각이 증가함을 알 수 있다. 즉 PI 표면을 러빙처리전에 침지시키면 PI 표면의 roughness가 증가하여 프리틸트각이 증가하는 것으로 생각할 수 있다. 그리고, 프리틸트 발생에는 침지효과에 따른 PI 표면의 표면에너지가 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

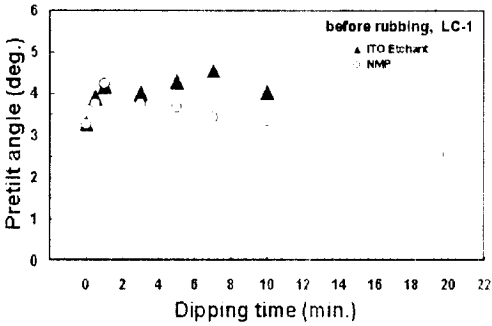


그림 2. 러빙처리된 PI-2 표면에 2종류의 침지용액을 이용한 셀에서의 프리틸트각의 침지 시간의 의존성

Fig. 2. Dependence of dipping time of pretilt angle in cells by using two kinds of the dipping solvent on rubbed PI-2 surface

그림 3에 러빙처리된 PI-2 표면을 여러 종류의 침지용액을 사용하여 침지한 셀의 네마틱 액정의 프리틸트각 발생을 나타내었다. PI-2 표면을 러빙처리전에 침지용액을 사용하여 침지한 경우 프리틸트각은 모든 침지용액에서 증가하는 경향을 나타내었다. 반면에 PI-2 표면을 러빙처리 후에 침지한 경우 프리틸트각은 모든 용액에서 다소 감소하는 경향을 나타내었다. PI-1과 PI-2를 비교하면, 러빙처리후에 침지 효과에 의하여 PI-2 표면이 프리틸트각의 감소가 적은 것을 알 수 있다. 이것은 PI-2가 축쇄기가 짧기 때문에 침지용액에 의하여 알킬기가 분해되는 것이 감소되기 때문인 것으로 생각 할 수 있다. 즉, 알킬기의 분해가 작기 때문에 프리틸트각의 감소가 상대적으로 적은 것으로 생각 할 수 있다.

그림 4에 러빙처리전의 PI-3 표면에 있어서 2 종류의 네마틱 액정의 침지시간에 따른 프리틸트각 발생을 나타내었다. 침지시간이 0인 경우 2 종류의 네마틱 액정은 수직배향을 나타내고 있다. 유전율 이방성이 양 (+)인 네마틱액정(LC-1)의 프리틸트각은 침지 시간의 증가와 함께 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 침지 시간이 30분에서 약 60°의 프리틸트를 나타내었다. 유전율 이방성이 부(-)인 네마틱액정(LC-2)은 침지 시간의 증가와 함께 프리틸트각이 감소하였다. 침지 시간이 30분에서 약 80°의 프리틸트각을 나타내었다. 이 결과로부터 음의 액정이 양의 액정보다 프리틸트각이 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 이것은 수

직방향의 유전율 이방성 ϵ_1 가 크게 기여하는 것으로 생각 할 수 있다^{12, 13)}. 이러한 PI 표면에서의 침지효과를 이용한 네마틱 액정의 프리틸트각의 제어는 LCD의 화소의 분할화에 응용할 수 있는 유용한 기술이다.

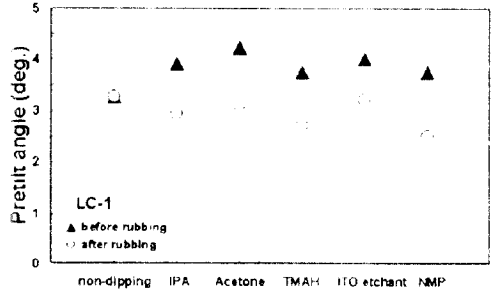


그림 3. 러빙처리된 PI-2 표면을 여러 종류의 용액을 사용하여 침지한 셀의 프리틸트각 발생

Fig. 3. Generation of pretilt angle in cells by using various dipping solvent on rubbed PI-2 surface

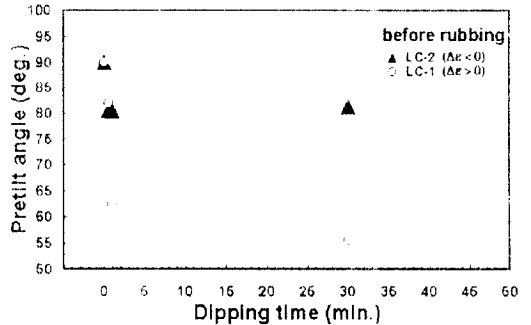


그림 4. PI-3 표면에서 2종류의 네마틱 액정의 침지시간에 따른 프리틸트각의 발생

Fig. 4. Generation of pretilt angle for two kinds of the NLCs on rubbed PI-3 surface

4. 결 론

본 연구에서는 여러종류의 PI표면에서의 침지효과에 따른 프리틸트 제어에 대하여 검토하였다. 축쇄기를 가진 PI 표면에서 러빙전의 침지효과에 의하여 프리틸트가 크게 증가함을 알 수 있었다. 이러한 침지효과에 따른 프리틸트각의 변화는 PI표면의

roughness 및 표면에너지가 기여하는 것으로 생각할 수 있다. 수직 배향에 있어서 러빙전의 침지효과에 의하여 부의 액정에서 약 80° 정도의 프리틸트를 얻을 수 있었다. 그리고 양의 액정보다 부의 액정이 프리틸트가 크게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 수직배향에서의 프리틸트의 제어는 VA모드의 기술발전에 기여할 것으로 기대 된다

감사의 글

본 연구는 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 G7 사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] J. M. Geary, J. W. Goodby, A. R. Kmetz, and J. S. Patel, "The mechanism of polymer alignment of liquid crystal materials", *J. Appl. Phys.*, Vol. 62, pp. 4109-4108, 1987.

[2] D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, "Generation of pretilt angle in nematic liquid crystal, 5CB, media aligned polyimide films prepared by spin-coation and LB techniques effect of rubbing", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* Vol. 213, pp. 223-228, 1992.

[3] 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, pp. 2392-2394, 1992.

[4] D.-S. Seo and J.-H. Kim, "Liquid crystal alignment and EO performance of transcription-aligned TN-LCD", *전기전자재료학회논문지*, Vol. 11, No. 12, pp. 1133-1138, 1998.

[5] D.-S. Seo, "Effects of surface order parameter on polar anchoring in NLC on weakly rubbed polyimide surface", *전기전자재료학회논문지*, Vol. 11, No. 12, pp. 1128-1132, 1998.

[6] H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yosida, K. Fujibayashi, and S. Kobayashi, "Estimation of the static electricity and optical retardation produced by the rubbing polyimide and polyimide films with different fabrics", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* Vol. 264, pp. 23-28, 1995.

[7] H. Yoshida, T. Seino, and Y. Koike, "Four-domain divided inclined vertical alignment by irradiation of unpolarized ultra violet light", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 36 pp. 1449-1452, 1997.

[8] N. Koma, K. Noritake, M. Kawabe, and K. Yoneda, "Development of a high-quality TFT-LCD using a new vertical alignment technology for projection display", *IDW '97*, pp. 789-792, 1997.

[9] M. S. Nam, J. W. Wu, Y. J. Choi, K. H. Jung, J. Y. Kim, K. J. Kim, J. H. Kim, and S. B. Kwan, "Wide-viewing-angle TFT-LCD with photo-aligned four domain TN mode", *SID '97 Digest*, 38, 2, pp. 933-9336, 1997.

[10] T. Hashimoto, T. Sugiyama, K. Katoh, T. Saitoh, H. Suzuki, Y. Jimura, and S. Kobayashi, "TN-LCD with quartered subpixels using polarized UV-Light-irradiated polymer orientation films", *SID '95 Digest*, 41A, pp. 877-880, 1995.

[11] H. Yoshida and Y. Koike, "Inclined homocotropic alignment by irradiation of unpolarized UV light" *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 36, pp. 428-431, 1997.

[12] M. Nishikawa, K. Sano, T. Miyamoto, Y. Yokoyama, N. Bessho, D.-S. Seo, Y. Jimura, and S. Kobayashi, "Pretilt angle of nematic liquid crystals on organic solvent soluble polyimide", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* Vol. 259, pp. 47-53, 1992.

[13] D.-S. Seo and T.-G. Park, "Generation of pretilt angle in NLC and EO characteristics of photo-aligned TN LCD on soluble polyimide surface containing trifluoromethyl moieties", *전기전자재료학회논문지*, Vol. 12, No. 2, pp. 176-181, 1999.