

광배향을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트 발생과 전기적 특성에 관한 배향층의 효과

논문
13-2-10

Effects of alignment layer on pretilt generation and electrical characteristics for nematic liquid crystal by using photo-alignment techniques

서대식*, 박태규*, 이승희**

(Dae-Shik Seo*, Tae-Gyu Park*, and Shung-Hee Lee**)

Abstract

Effects of alignment layers on pretilt angle generation and electrical characteristics in nematic liquid crystal(NLC) by using photo-alignment techniques on polyimide (PI) surface with side chain were studied. The generated pretilt angle of the NLC on rubbed PI surface with 1-layer is almost the same as that with the 2-layers. However, the generated pretilt angle of the NLC on photo-induced PI surface with 2-layers is larger than that with the 1-layer. The different mechanism of pretilt generation in NLC was observed on the rubbing- and photo-alignment method. Therefore, the pretilt angle of the NLC on photo-induced PI surface is attributed to surface roughness due to photo-dissociation of the polymer with UV light irradiation on PI surface. We observed the same characteristics of voltage-transmittance (V-T) and response time for 1- and 2-layers on PI surface. We also observed the same voltage holding ratio (VHR) characteristics for 1- and 2-layers on photo-aligned PI surface. Consequently, we suggest that the VHR of photo-aligned TN-LCD is higher than that of the rubbing-aligned TN-LCD.

Key Words(중요용어) : Pretilt angle(프리틸트각), Voltage holding ratio(전압보유율), EOcharacteristics(전기광학특성), Response time(응답속도)

1. 서 론

오늘날 액정 디스플레이(liquid crystal display : LCD)는 휴대화, 저소비 전력 그리고 고정세 등을 장점으로 많은 정보 표시 소자 분야에 응용되고 있다. LCD 소자에 있어서 고체 기판 위에 액정 분자를 한쪽 방향으로 균일하게 배열시키기 위한 방법인 액정 배향 처리는 중요한 요소 기술이다. 현재 액정 배향 처리법으로는 개발 초기부터 러빙천 등을 이용하여 고분자 표면을 문지르는 러빙 처리법이 사용되어 왔다¹⁻⁵⁾. 그러나, 이 러빙 처리법은 러빙 천이 기

판 표면과 기계적으로 접촉하는 방식으로써 러빙시에 오물 및 정전기 등이 발생하여 TFT(thin-film-transistor) 소자를 파괴하는 등의 영향을 미치고 있다⁶⁾. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 기계적인 러빙 처리를 하지 않는 러빙 처리법(rubbing-less method)이 강하게 요구되고 있다. 그리고 전압-투과율 및 응답 특성은 LCD의 특성을 평가하는 데 있어서 기본이 되는 특성 요소이다. 또한 전압 보유율 특성은 LCD의 화상 플리커 등의 결함을 방지하는 데 있어서 매우 중요하며, 이것은 액정셀에 전압 인가시의 액정층에 걸리는 전압을 얼마만큼 유지 할 수 있는가를 평가할 수 있는 파라메타이다.

최근, 본 연구그룹은 폴리이미드 표면에 UV 광을 경사 조사시의 액정 배향, 프리틸트 각의 발생 그리고 광배향 TN-LCD의 전기 광학 특성등에 관하여 보고 하였다⁶⁻¹⁰⁾. 그러나 러빙 처리 및 광배향 등을 이용한 배향층의 수에 따른 액정 배향 효과 및 전기적인 특성에 관하여는 아직 보고가 이루어지지 않고 있다.

* : 숭실대학교 전기공학과
(서울특별시 동작구 상도 5동 1-1, Fax : 02-817-7961 E-mail : dsseo@ee.soongsil.ac.kr)

** : 현대전자 TFT-LCD 사업부
1999년 9월 15일 접수, 1999년 12월 24일 심사완료

광배향을 이용한 네마틱 액정의 프리틸트 발생과 전기적 특성에 관한 배향층의 효과.....서다식, 박태규, 이승희

본 연구에서는 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 러빙 처리 및 광배향 등을 이용한 배향층의 수에 따른 효과에 대하여 검토하였다. 평가 방법으로는 네마틱 액정의 광 프리틸트 발생, 전압-투과율 특성, 응답 특성 그리고 전압보유율 특성 등을 이용하였다.

2. 실험

본 실험에서는 측쇄기를 가진 STN-LCD용의 배향제(AL3046 : Japan Synthetic Rubber Co., Ltd. 제공)를 사용하였다. 프리커서는 ITO(indium-tin-oxide) 전극이 코팅된 유리 기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 균일하게 도포한후 열 판에서 80℃에서 10분간 열처리를 한 후에 오븐에서 180℃에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 형성하였다. 사용한 1층의 배향막의 두께는 350nm이다. 폴리이미드 표면에는 러빙처리와 직선 편광된 UV 광을 경사 조사하여 셀을 제작하였다. 광원은 1 kW 용량의 UV 램프를 사용하였으며 UV의 파장 영역이 365 nm에서 가장 높은 흡수치를 가진다. UV 광 조사는 프리틸트 각을 발생시키기 위하여 30°의 경사 조사를 이용하였으며, 조사 시간은 1~5분간 변화시켜 사용하였다. 본 실험에서 사용한 광 조사 시스템은 이전의 논문에서 상세히 설명하였다¹⁾. 2층막은 우선 1층막에 UV광을 조사하고 또 1층을 도포 하여 소성한 후 같은 방향으로 다시 UV 광을 조사하여 제작하였다. 그리고 광배향 처리된 셀의 특성을 비교하기 위하여 러빙 처리한 셀을 제작하였다. 러빙처리한 2층막은 1층막을 러빙 처리 한 후 1층을 도포하여 소성한 후 같은 방향으로 러빙하여 제작하였다. 러빙 처리에 사용한 러빙강도 RS(rubbing strength)는 이전의 논문에 보고하였다^{3, 4)}. 그리고 네마틱 액정의 프리틸트각을 평가하기 위하여 셀은 약 60μm의 두께로 하여 anti-parallel 구조로 제작하였다. 사용한 액정은 불소 계열의 혼합형 네마틱 액정(fluorinated type mixture ; T_c=87℃)으로 등방상(isotropic phase)로 주입한 후, 97℃에서 10분간 열처리한 후 서냉 하였다. 또한 전기 광학 특성을 평가하기 위하여 직선 편광된 UV광을 30°의 각도로 20분간 경사 조사하여 제작한 광배향 TN-LCD와 중간 정도의 러빙 강도로 제작한 러빙 처리한 TN-LCD를 5μm의 두께로 제작하였다. 네마틱 액정의 프리틸트각은 실온에서 결정 회전법을 이용하여 측정하였다. 그리고 광배향 및 러빙 처리한 TN-LCD의 전기광학특성의 평가를 위하여 전압-투과율(V-T) 특성, 응답 속도 그리고 전압 보유율 등을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 러빙 강도 의존성을 나타내었다. 측쇄기를 가진 폴리이미드 배향막으로 약 5° 정도의 프리틸트를 발생하고 있음을 알 수 있다. 배향막이 1층일때와 2층일 때 거의 유사한 크기의 프리틸트 각을 나타내었다. 일반적으로 단층 배향막인 경우 폴리이미드 표면층으로 부터 약 10μm 까지가 액정 배향에 기여하며 이것이 프리틸트에 기여하는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 러빙 강도가 증가함에 따라 프리틸트가 감소하며 이 현상은 이전의 결과들과 잘 일치하고 있다. 이것은 러빙 강도가 증가함에 따라 측쇄기의 기울기가 낮아짐에 따른 것으로 생각할 수 있다⁴⁾.

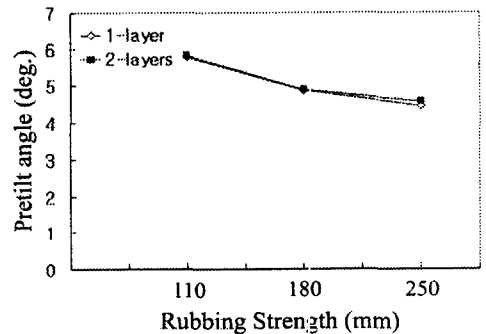


그림 1. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 러빙 강도 의존성.

Fig. 1. Rubbing strength dependence of pretilt angle in NLC on PI surface with side chain.

그림 2에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 UV광의 조사 시간 의존성을 나타내었다. 배향막이 2층일때의 프리틸트각은 1층일때보다 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 러빙 시와 다른 현상을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 광분해 반응을 이용한 액정배향시 UV광 조사에 따른 고분자의 절단이 표면에 roughness를 형성하는 것을 생각할 수 있다. 일반적으로 러빙 시에는 러빙 처리에 의하여 표면 형상이 러빙 방향으로 groove 구조는 형성하나 프리틸트에는 그리 기여하고 있지 않는 것이 알려져 있다. 그러나 광분해 반응을 이용한 경우에는 러빙 시보다 고분자의 면내 질서

는 감소하나 폴라축의 형상은 클 것으로 생각할 수 있다. 따라서 이러한 광분해 반응에 따른 표면 형상이 프리틸트각에 기여하는 것으로 생각할 수 있다. 2층 막인 경우 그 효과가 증가하여 프리틸트가 증가하는 것으로 추측할 수 있다. 그리고 UV광의 조사시간이 증가함에 따라 프리틸트가 감소하며 이 현상도 이전의 결과들과 잘 일치하고 있다¹¹⁾.

그림 3 및 표 1에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서 러빙 처리 및 광배향을 이용한 TN-LCD의 전압-투과율 특성을 나타내었다. 러빙 처리한 경우보다 광배향을 이용한 TN-LCD가 구동 전압이 증가함을 알 수 있다. 이러한 결과는 이전의 결과와 유사한 경향

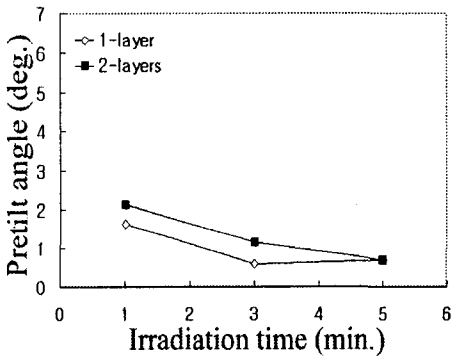


그림 2. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 UV광의 조사 시간 의존성.
Fig. 2. Dependence of UV light irradiation time of pretilt angle in NLC on PI surface with side chain.

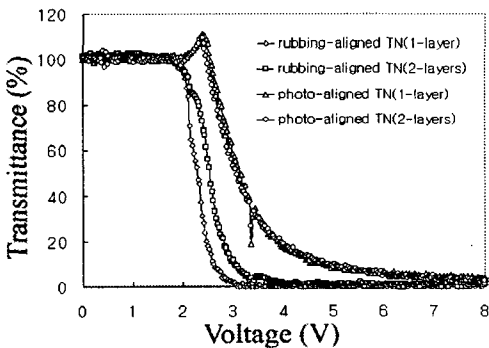


그림 3. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서 러빙 처리 및 광배향을 이용한 TN-LCD의 전압-투과율 특성
Fig. 3. Voltage-transmittance characteristics for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

을 나타내고 있음을 알 수 있다⁹⁾. 그리고 배향층의 수에 따른 차이는 나타나고 있지 않은 것을 알 수 있다.

그림 4와 표 2에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙 처리한 TN-LCD의 응답 특성 및 응답 속도를 나타내었다. 러빙 처리한 TN-LCD는 양호한 응답 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나 광배향을 이용한 TN-LCD는 하강 시간에 있어서 역트위스트 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 광배향 TN-LCD의 제작시 chiral dopant를 첨가하지 않았으므로 이러한 현상은 TN셀에서의 액정 분자의 트위스트 힉과 관계가 있는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 배향층의 수에 따른 효과는 나타나

표 1. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙 처리를 이용한 TN-LCD의 인가 전압에 따른 투과율.

Table 1. The applied voltage versus transmission for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

| TN | rubbing-aligned TN-LCD (1-layer) | rubbing-aligned TN-LCD (2-layers) | photo-aligned TN-LCD (1-layer) | photo-aligned TN-LCD (2-layers) |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| V ₉₀ | 2.06 | 2.13 | 2.63 | 2.57 |
| V ₁₀ | 2.60 | 3.00 | 4.40 | 4.50 |

* V₉₀은 투과율이 90%일 때의 전압, V₁₀은 투과율이 10%일 때의 전압

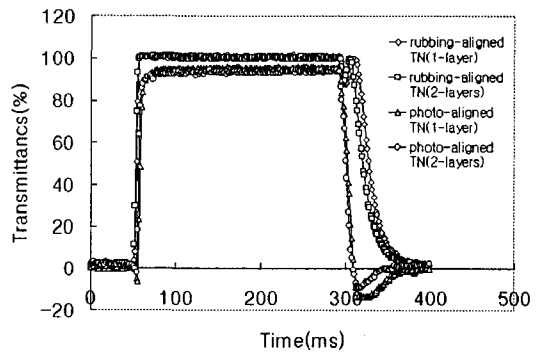


그림 4. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙 처리한 TN-LCD의 응답 특성
Fig. 4. Response time characteristics for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

고 있지 않는 것을 알 수 있다. 한편, 표 2에서의 폴리이미드 표면을 러빙 처리한 TN-LCD의 응답 시간은 58 ms를 넘고 있으며 이것은 셀 두께가 크기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 그리고 광배향 TN-LCD에서의 응답 시간이 빠른 것은 그림 4의 역트위스트 현상에 따른 것으로 생각할 수 있다. 따라서 광배향 셀이 응답 속도가 빠른 것으로는 생각할 수 있다. 결과적으로 이러한 응답 속도에는 배향층의 수가 그리 영향을 미치지 않는 것으로 생각할 수 있다.

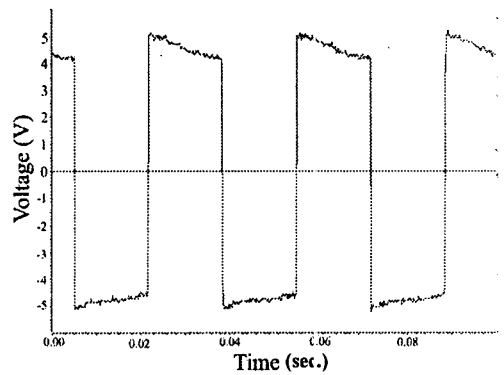
표 2. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙처리를 이용한 TN-LCD의 응답속도.

Table 2. The response time for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

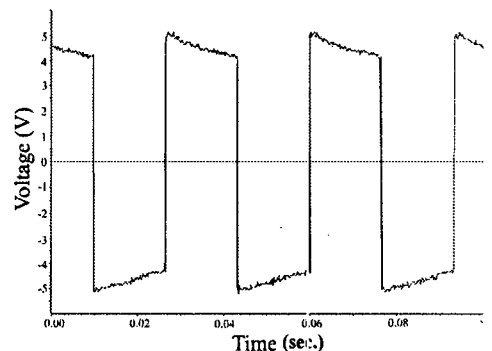
| TN | rubbing-aligned TN-LCD (1-layer) | rubbing-aligned TN-LCD (2-layers) | photo-aligned TN-LCD (1-layer) | photo-aligned TN-LCD (2-layers) |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Rising time τ_r (ms) | 4.30 | 5.00 | 7.00 | 7.60 |
| Decay time τ_d (ms) | 62.0 | 53.2 | 14.4 | 13.2 |
| Response time τ (ms) | 66.3 | 58.2 | 21.4 | 20.8 |

그림 5(a)와 (b)에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 러빙 처리한 TN-LCD의 전압 보유율 측정결과를 나타내었다. 그림 5에 나타낸 바와 같이 폴리이미드 표면층이 1층인 경우와 2층인 경우 거의 유사한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한, 그림 6(a)와 (b)에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광분해 반응을 이용한 TN-LCD의 전압 보유율 특성을 나타내었다. 폴리이미드 표면을 광배향 처리한 경우 역시 배향층을 1층 및 2층 사용한 경우 거의 유사한 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 러빙 및 광배향 처리한 경우의 배향층의 수에 따른 전압 보유율은 동등한 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 표 3에 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 러빙 및 광배향 처리한 TN-LCD의 전압 보유율을 나타내었다.

러빙 처리한 경우보다 광배향 처리한 경우가 전압 보유율이 높은 경향을 나타내었다. 광배향을 이용한 TN-LCD의 전압 보유율은 94%로 우수한 특성을 나타내었다. 반면, 러빙처리한 TN-LCD는 88%로 광배향 TN-LCD보다 다소 낮은 전압 보유율을 나타내었다. 이러한 경향은 러빙 셀의 경우, 러빙처리에 따른 고분자의 라디칼의 발생이 광배향보다 많이 발생하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 라디칼은 배향층의 불순물로써 작용함으로써 이것이 전압보유율의 감소에 영향을 미치는 것으로 생각할 수 있다.

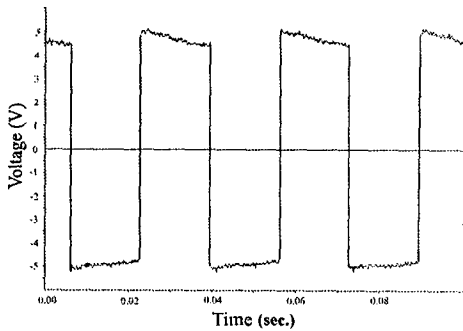


(a) 1-layer

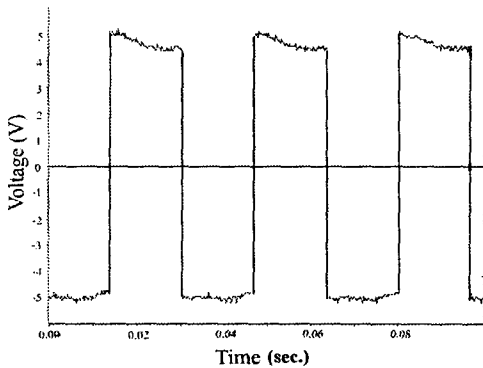


(b) 2-layers

그림 5. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙 처리한 TN-LCD의 응답 특성
Fig. 5. VHR characteristics for rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.



(a) 1-layer



(b) 2-layers

그림 6. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광분해 반응을 이용한 TN-LCD의 전압보유율 특성
 Fig. 6. VHR characteristics for photo-aligned TN-LCD on PI surface with side chain by using photo-dimerized reaction.

표 3. 측쇄기를 가진 폴리이미드 표면에서의 광배향 및 러빙 처리를 이용한 TN-LCD의 전압 보유율.
 Table 3. VHR for photo- and rubbing-aligned TN-LCD on PI surface with side chain.

| | rubbing-aligned TN-LCD (1-layer) | rubbing-aligned TN-LCD (2-layers) | photo-aligned TN-LCD (1-layer) | photo-aligned TN-LCD (2-layers) |
|------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 전압 보유율 (%) | 88 | 86 | 92 | 92 |

4. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드 표면에서의 네마틱 액정의 광 프리틸트 발생 및 전기적 특성에의 배향층의 효과에 대하여 검토하였다. 광배향을 이용한 프리틸트는 배향층이 2층일때가 1층일때보다도 큰 경향을 나타내었다. 이것은 러빙 처리와 광분해 반응을 이용한 액정 배향의 메카니즘이 다르기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 따라서 광분해 반응을 이용한 프리틸트는 고분자의 부분 절단에 의한 표면형상 구조가 기여한 것으로 생각할 수 있다. 또한, 전압-투과율 및 응답 특성은 배향층이 1층과 2층과의 차이는 나타나지 않았다. 그리고 전압 보유율 특성에서 1층과 2층과의 차이는 나타나지 않았다. 그러나 광배향 TN-LCD가 러빙 처리한 TN-LCD보다 전압 보유율 특성이 우수한 특성을 나타내었다. 따라서 광분해 반응을 이용한 액정 배향 기술의 LCD에의 응용에서 전압 보유율은 문제가 되지 않을 것으로 사료된다.

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. 4100-4108, 1987.
- [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, pp. 2045-2052, 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, pp. 223-228, 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, pp. 2392-2394, 1992.

- [5] D.-S. Seo, K. Araya, N. Yoshida, M. Nishikawa, Y. Yabe, and S. Kobayashi, "Effect of the polymer tilt angle for generation of pretilt angle in nematic liquid crystal on rubbed polyimide surfaces", *Jpn. J Appl. Phys.*, Vol. 34, pp. L503-L506, 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.*, Vol. 264, pp. 23-31, 1995.
- [7] D.-S. Seo, L.-Y. Hwang, and S. Kobayashi, "Investigation of pretilt angle generation in nematic liquid crystal with slanted non-polarized ultraviolet light irradiation on polyimide surfaces", *Liquid Crystals*, Vol. 23, pp. 923-925, 1997.
- [8] D.-S. Seo, J.-H. Lee, and C.-H. Lee, "Pretilt angle generation and EO performance in NLC with polarized UV light irradiation on polyimide surface", *J. of KIEEME*, Vol. 11, No. 10, pp. 878-884, 1998.
- [9] D.-S. Seo, J.-M. Han, and D.-S. Park, "Pretilt angle generation of NLC and EO performance of photo-aligned TN-LCD using obliquid non-polarized UV light irradiation on polymer surface", *J. of KIEEME*, Vol. 11, No. 10, pp. 911-917, 1998.
- [10] D.-S. Seo and J.-H. Choi, "Generation of high pretilt angle in nematic liquid crystal in cell with single oblique linearly-polarized UV light irradiation on polyimide surfaces", *Liquid Crystals*, Vol. 26, No. 2, pp. 291-293, 1999.
- [11] 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", *J. of KIEEME*, Vol. 12, No. 2, pp. 176-181, 1999.
- [12] D.-S. Seo, T. Oh-ide, H. Matsuda, T. Isogami, K. Muroi, Y. Yabe, and S. Kobayashi, "Surface morphology of the rubbed polyimide and polystyrene films and their liquid crystal aligning capability", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 231, pp. 95-106, 1993.