

논문 16-9-13

수직 복합폴리머 표면을 이용한 Advanced VA- π cell의 전기 광학 특성

EO Characteristic in the Advanced Vertical Alignment (VA)- π Cell a Homeotropic Blended Polymer

황정연, 이경준, 조용민, 서대식*

(Jeoung-Yeon Hwang, Kyung-Jun Lee, Yong-Min Jo, and Dae-Shik Seo)

Abstract

Blending effects for generating a pretilt angle in nematic liquid crystal (NLC) with negative dielectric anisotropy on the blended polyimide (PI) of homeotropic and homogeneous alignment surface were studied. Also, we investigated the EO performances for the advanced VA- π cell using this homeotropic blended PI surface. A many decrease of tilt angle on the polymer surface to blend homeotropic PI and homogeneous PI with side chain type was measured, and the tilt angle decreased as blended ratio and rubbing strength increase. However, a small decrease of tilt angle on the polymer surface to blend homeotropic PI and homogeneous PI with main chain type was measured. The blended effects for generating a pretilt angle were clearly observed, and the many decrease of tilt angle can be achieved by using the blended PI surface. The electro-optical (EO) characteristics using the advanced VA- π cell using the homeotropic blended PI surface than that of conventional VA cell can be improved. We suggest that the developed advanced VA- π cell on a homeotropic blended PI surface is a promising technique for the achievement of a fast response time, and a high contrast ratio.

Key Words : Advanced vertical alignment (VA)- π cell, Homeotropic blended polyimide (PI), Pretilt angle, Electro-optical (EO) characteristics, Fast response time

1. 서론

현재 정보화 사회를 선도하고 있는 액정디스플레이(liquid crystal display; LCD)는 PDA, 노트북 PC, 액정모니터등에 주로 사용되고 있으며, 앞으로 TV시장으로 그 영역이 확대될 것이다. LCD가 TV 영역으로 진입하기 위해서는 동영상의 완벽한

구현이 필요하다. 하지만 현재 가장 광범위하게 사용되고 있는 Twisted Nematic(TN) mode[1]는 액정의 응답속도가 느리기 때문에 동영상 구현이 어렵다. 또한 기타 다른 LCD 모드인 IPS[2,3], VA[3-5], OCB[6]에서도 만족할 만한 해결방법이 제시되고 있지 않다. 그러므로, 동영상 구현이 가능한 LCD mode에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다.

본 연구팀은 기존의 VA 모드와 OCB 모드의 장점을 극대화한 새로운 "VA- π mode"를 개발하여, 광시야각 및 고속응답에 대하여 보고하였다[7]. 하지만, 수직배향막의 틸트가 거의 90°를 나타내기 때문에 고속응답 구현에 어려움이 있었다.

* : 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134,
Fax: 02-3147-1351
Corresponding Author : dsseo@yonsei.ac.kr
2002년 10월 21일 접수, 2003년 1월 15일 1차 심사완료,
2003년 4월 23일 최종 심사완료

그래서, 본 연구에서는 수직배향막과 수평배향막을 복합한 수직 복합 폴리이미드 표면에서의 액정의 고프리틸트각 제어에 대하여 검토하였고, 이러한 복합폴리머를 이용한 advanced VA- π 모드의 전기광학특성에 대해서 연구하고자 한다.

2. 실험

본 실험에서는 복합 폴리이미드를 만들기 위하여 수직 배향막과 수평배향막을 다음과 같은 3종류의 폴리머를 각각 사용하였다.

- PI-1 : PI, for homeotropic alignment
(from Japan Synthetic Rubber Co., Ltd.)
- PI-2 : PI as side chain type, for homogeneous alignment (from Nissan chemical Industries Co., Ltd)
- PI-3 : PI as main chain type, for homogeneous alignment (from Nissan chemical Industries Co., Ltd)

표 1은 복합 폴리이미드의 구성비율을 나타낸다. 2종류의 수직 복합 폴리이미드는 ITO (indium-tin-oxide) 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 코팅하였다. 180°C에서 1시간 동안 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 폴리이미드 표면은 러빙법을 이용하여 상중하의 강도로 각각 러빙처리하였다. 러빙강도에 대하여는 이전의 논문에서 논의하였다[8,9]. 프리틸트각 측정을 위하여 러빙처리된 폴리이미드 표면을 anti-parallel 구조의 샌드위치형으로 제작하였으며 두께는 약 60 μ m 정도로

조절하였다. 수직 복합 폴리머 polymer-1(1:5)표면을 이용하여 Advanced VA- π 셀을 제작하였고, 셀 두께는 4.25 μ m로 조절하였으며, 사용한 네마틱 액정은 유전율 이방성이 부의 액정 ($\Delta\epsilon = -4$, for Merck)을 각각 사용하였다. 프리틸트각은 결정화 전법을 사용하여 실온에서 측정하였으며, 제작한 advanced VA- π 셀의 전압-투과율 및 응답 특성은 실온에서 측정하였다.

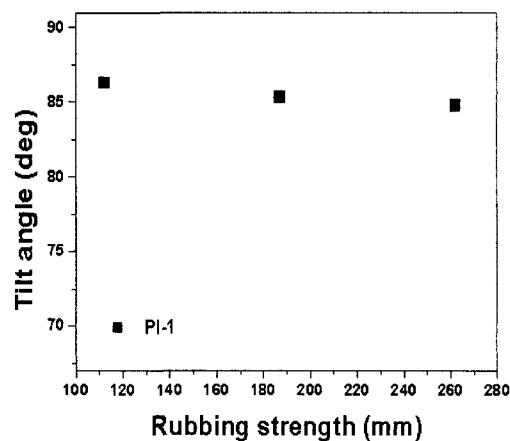
3. 결과 및 고찰

그림 1(a)에서는 수직배향용 PI-1 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱 액정의 틸트각 발생을 나타내었다. 그림에서와 같이 PI-1 표면에서는 러빙강도가 증가할수록 틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다. 그림 1(b)는 수평배향용 PI-2, 와 PI-3 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱액정의 프리틸트각 발생을 나타내었다. 그림에서와 같이, PI-2 막을 사용한 경우 네마틱 액정의 경우 러빙강도(RS)가 매우 약한 110mm에서 약 8°의 큰 값을 나타내었으며, 러빙 강도가 증가함에 따라서 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 PI-3 막을 사용한 경우 네마틱 액정의 프리틸트각은 넓은 러빙강도 영역에 있어서 약 2° 이하의 낮은 프리틸트각을 나타내었다. 즉 side chain을 함유하고 있는 폴리이미드인 PI-2는 main chain을 함유하고 있는 폴리이미드인 PI-3보다 높은 프리틸트를 나타냄을 알 수 있다. 따라서, 폴리이미드에 함유되어 있는 side chain이 네마틱 액정의 프리틸트각 발생에 기여함을 알 수 있었다.

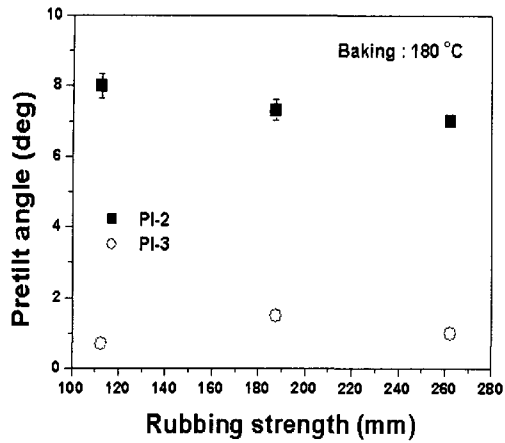
표 1. 수직 복합 폴리이미드의 구성.

Table 1. Compositions of the homeotropic blended polyimide.

Alignment Layer	blending polyimide		blending ratio	
	homeotropic	homogeneous	homeotropic	homogeneous
Polymer-1	PI-1	PI-2	1	1
			1	5
			1	10
Polymer-2	PI-1	PI-3	1	1
			1	5
			1	10



(a) Homeotropic PI-1



(b) Homogenous PI-2 및 3

그림 1. 수직배향용 PI-1의 러빙강도에 따른 액정의 틸트각과 수평배향용 PI-2와 PI-3 표면에서의 러빙강도에 따른 액정 프리틸트각.

Fig. 1. LC tilt angle on a PI-1 surface for homeotropic alignment as a function of rubbing strength, and LC pretilt angle on PI-2 and PI-3 surfaces for homogenous alignment as a function of rubbing strength.

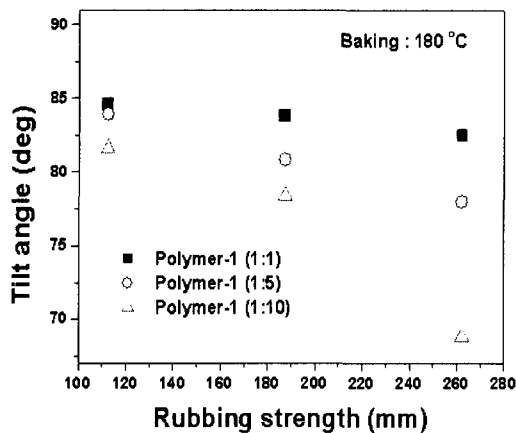


그림 2. 수직배향용 polymer-1 표면에서의 러빙강도에 따른 액정의 틸트각.

Fig. 2. LC tilt angles on a polymer-1 surface for homeotropic alignment as a function of rubbing strength.

그림 2는 수직배향용 polymer-1 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱액정의 틸트각 발생을 나타내었다. 러빙강도가 증가함에 따라 틸트 각이 감소하는 경향을 나타내었으며, 또한 수평배향막의 blending한 비율이 증가할수록 틸트각이 감소함을 알 수 있었다. 복합 폴리이미드이것은 수직배향막에 수평배향막이 많아질수록 수평쪽의 영향이 증가하여 네마틱 액정의 틸트각이 감소하는 것을 생각 할 수 있다.

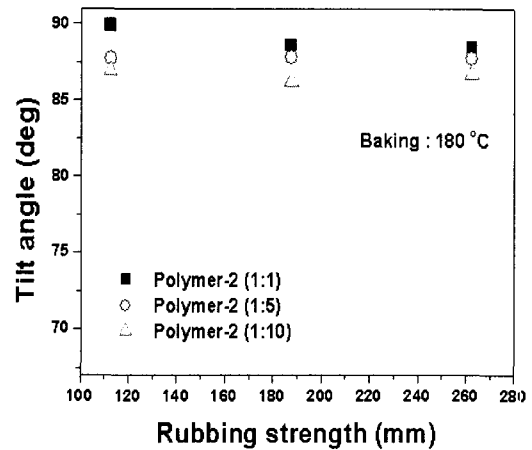


그림 3. 수직배향용 polymer-2 표면에서의 러빙강도에 따른 액정의 틸트각.

Fig. 3. LC tilt angles on a polymer-2 surface for homeotropic alignment as a function of rubbing strength.

그림 3은 수직배향용 polymer-2 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱액정의 틸트각 발생을 나타내었다. Blending한 수평배향막의 비율이 증가할수록 틸트가 조금 감소하였다.

그림 4는 250°C에서 1시간 소성한 수직배향막용 polymer-2 표면에서의 러빙강도에 따른 네마틱 액정의 틸트각 발생을 나타내었다. 러빙강도가 증가함에 따라 틸트 각이 감소하는 경향을 나타내었으며, 또한 수평배향막의 blending한 비율이 증가할수록 틸트각이 감소함을 알 수 있었다. 폴리이미드 PI-3는 250°C에서 소성하여야 높은 이미드율을 얻을 수 있다. 그러므로, 수평배향막의 이미드율이 복합폴리머에서 틸트변화에 영향을 주는 것으로 생각 할 수 있다.

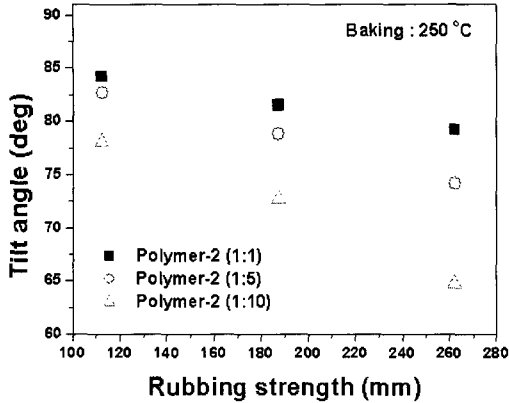


그림 4. 250°C에서 1시간 소성한 polymer-2 표면에서의 러빙강도에 따른 액정의 틸트각.

Fig. 4. LC tilt angles on a polymer-2 surface by imidizing at 250°C for 1h as a function of rubbing strength.

그림 5에 보상 필름을 사용하지 않은 VA- π 셀의 구조를 나타내었다. VA- π 셀은 VA와 π 셀의 장점을 이용한 모드이다. 그림 5에 나타낸 바와 같이, 전압 무인가시 ($V=0$) 네마틱 액정의 방향은 유리 기판에 수직으로 배향되어 있다. 그래서 편광자를 교차시킨 상태에서 상광선만이 존재하며 위상 지연은 일어나지 않는다. 따라서 셀에 전압을 인가하지 않은 상태에서는 암 상태를 나타낸다. 한편, 전압 인가시($V > V_{th}$)는 인가 전압에 의해서 네마틱 액정이 전계와 수직 방향으로 변화하여 빛이 투과된다.

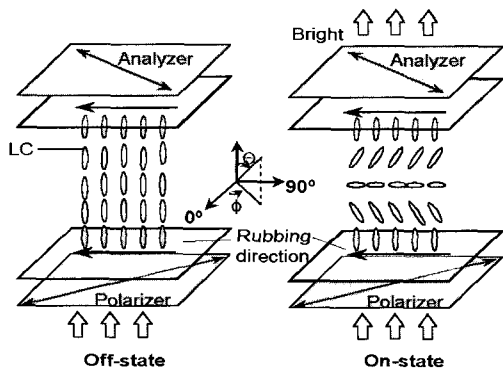


그림 5. 보상 필름을 사용하지 않은 VA- π 셀의 구조.

Fig. 5. Schematic diagram of the VA- π cell without a negative compensated film in the off- and on-state.

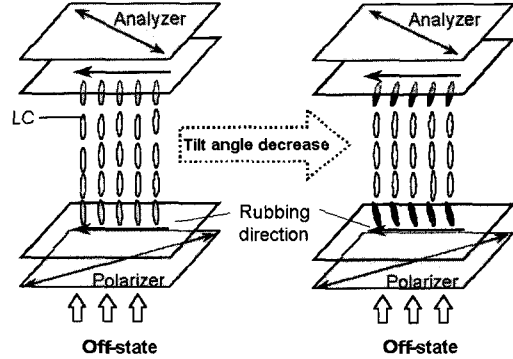


그림 6. Advanced VA- π 셀의 원리.

Fig. 6. Principle of the advanced VA- π cell.

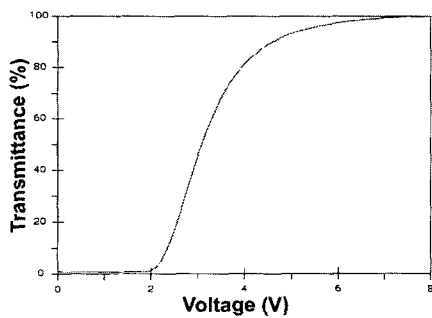
그림 6에 보상필름을 사용하지 않는 advanced VA- π 셀의 원리를 나타내었다. 일반적으로 수직배향막의 틸트는 거의 90°를 나타낸다. 또한 이러한 배향막을 이용했을 경우 액정의 틸트는 약 80°까지 한계로 알려져 있다. 그러므로 VA- π 셀은 π 셀의 액정분자들의 자체 광학보상특성 및 고속응답의 특성의 장점을 이용하는데 한계가 있었다. 그러나, 본 연구에서는 복합수직배향막을 사용하여 액정의 틸트를 약 65°까지 제어할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 그림 6에서와 같이 기존 수직복합폴리이미드를 사용하여 수직배향막의 틸트를 80도 이하로 나타내는 수직복합폴리머 표면을 이용하는 advanced VA- π 셀을 제안한다. 그러나 액정의 틸트가 낮을수록 응답속도 및 전압 투과율 특성은 증가하나 상대적으로 contrast가 감소하는 경향이 있다. 그러므로 적절한 액정의 광학설계가 필요하다.

그림 7은 3가지 종류의 VA 셀의 전압-투과율 ($V-T$) 특성을 나타낸다. 그림 7(a)은 advanced VA- π 셀의 $V-T$ 특성을 나타낸다. 그림에서와 같이 우수한 $V-T$ 곡선이 관측됨을 알 수 있다. 전압 무인가시 광 누설 (light leakage) 현상이 관찰되었으며, 이것은 편광축을 잘 맞추어 주고, 부의 광학 보상 필름을 사용하면 좋은 암 상태를 얻을 수 있다. 그림 7(b)는 VA- π 셀은 급격한 $V-T$ 특성을 나타내었다.

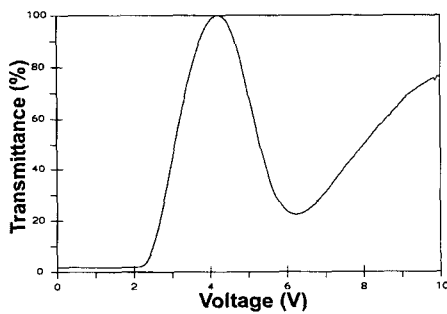
표 2에서는 3가지 종류의 VA 모드의 임계치 전압을 나타내었다. Advanced VA- π 셀의 임계치 전압은 2.37[V]로 VA- π 및 VA 보다 낮은 임계치 전압을 나타내었다.

표 2. 3가지 종류의 VA 모드의 임계치 전압.
Table 2. Threshold voltage for three kinds of VA cell.

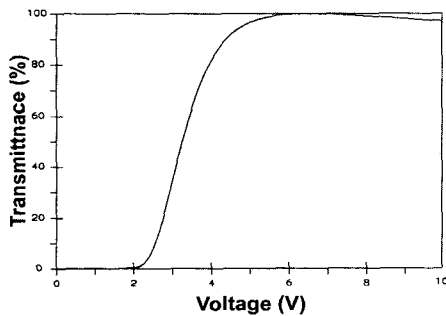
LC operation mode	V ₁₀	V ₉₀
Advanced VA- π	2.37	4.62
Conventional VA- π	2.54	3.72
Conventional VA	2.56	4.39



(a) advanced VA- π cell



(b) VA- π cell

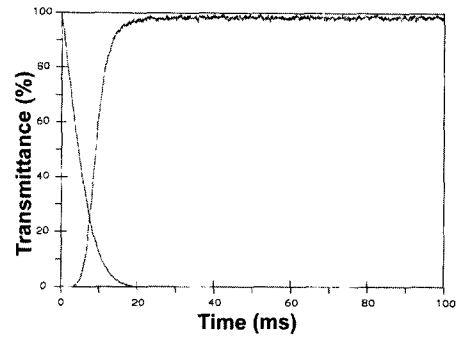


(c) VA cell

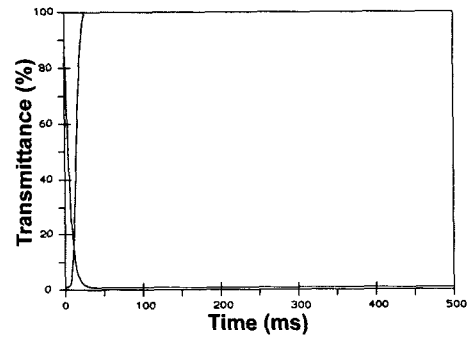
그림 7. 음의 보상 필름을 사용하지 않은 3가지 종류의 VA 셀의 V-T 특성.

Fig. 7. V-T characteristics of the three kinds of VA cell without a negative compensation film on a homeotropic PI surface.

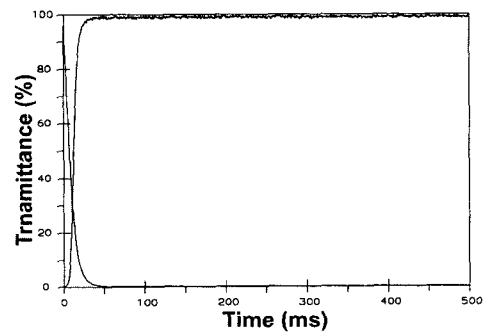
그림 8은 3가지 종류의 VA 셀의 응답특성을 나타낸다. 그림 8(a)은 advanced VA- π 셀의 응답특성을 나타낸다. 그림에서와 같이 좋은 응답특성을 나타내었으며, 그림 8(b)와 그림 8(c)에서와 같이 VA- π 및 VA 셀도 안정적인 응답특성을 나타내었다.



(a) advanced VA- π cell



(b) VA- π cell



(c) VA cell

그림 8. 음의 보상 필름을 사용하지 않은 3가지 종류의 VA 셀의 응답 특성.

Fig. 8. Response time characteristics of the three kinds of VA cell without a negative compensation film on a homeotropic PI surface.

표 3. 3가지 종류의 VA 모드의 응답시간.
Table 3. Response time for three kind of VA cell.

LC operation mode	τ_r (ms)	τ_d (ms)	τ (ms)
Advanced VA- π	12.9	10.6	23.5
Conventional VA- π	19.1	13.6	32.7
Conventional VA	18.1	18.5	36.6

* τ_r (0%→90%), τ_d (100%→10%)

표 3은 3가지 종류의 VA 셀의 응답시간을 나타내었다. 응답특성은 투과율 90%의 특성으로 나타내었다. 3가지 종류의 VA셀에서 Advanced VA셀은 23.5ms 로 가장 빠른 응답특성을 나타내었다.

결국, 수직 복합폴리머를 이용한 advanced VA- π 은 conventional VA- π 셀의 단점을 극복하여, 좋은 VT 특성과 빠른 응답특성을 구현할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 2종류의 수직배향용 복합 폴리이미드 표면에서의 수평배향막 blending 비율별, 그리고 러빙강도에 따른 프리틸트각의 변화에 관하여 검토하였으며, 이러한 수직복합폴리머 표면을 이용한 advanced VA- π 셀의 전기광학특성에 대하여 연구하였다. 수평배향막 PI-2을 blending한 복합 폴리이미드인 경우 수평배향막의 blending 비율이 많아 질수록 틸트가 감소하였고, 또한 러빙강도가 증가할수록 틸트가 감소하였다. 반면에 PI-2를 복합한 복합 폴리이미드인 경우에는 단독 폴리이미드의 틸트변화와 동일한 결과가 관측되었다. 그러나 250° 에서 1시간 소성한 PI-2를 복합한 복합 폴리이미드의 경우, blending한 복합 폴리이미드인 경우 수평배향막의 blending 비율이 많아질수록 틸트가 감소하였다. 그러므로 폴리이미드의 이미드율이 틸트변화에 영향을 주는 것임을 알 수 있었다.

수직 복합폴리머를 이용한 advanced VA- π 은 전압-투과율(V-T)은 매우 우수하였다. 또한 수직 복합폴리머를 이용한 advanced VA- π 의 응답특성은 일반 VA- π 및 VA셀보다 빠른 응답속도를 나타내었다. 따라서 새로 개발한 advanced VA- π 셀은 고속응답과 고콘트라스트 등을 구현할 수 있

는 매우 획기적인 모드임을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부의 정보통신기초기술연구지원(C1-2002-093-145-3)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] T. Toyooka, E. Yoda, Y. Kobori, T. Yamanashi, and H. Itoh, "Optical design for wide viewing angle TN-LCD with hybrid aligned nematic compensation films", SID 98 digest, p. 698, 1998.
- [2] M. Oh-e and K. Kondo, "Response mechanism of nematic liquid crystal using the in-plane switching mode", Appl. Phys. Lett., Vol. 69, p. 623, 1996.
- [3] Y. Koike, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, A. Takeda, K. Ohmuro, T. Sasabayashi, and K. Okamoto, "A vertically aligned LCD providing super-high image quality", IDW'97, p. 159, 1997.
- [4] 김향울, 서대식, 남상희, "IPS 셀의 전압 보울 및 잔류 DC 특성 연구", 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p. 169, 2002.
- [5] T. Miyashita, Y. Yamaguchi, and T. Uchida, "Wide viewing angle display mode using bend-alignment liquid crystal liquid crystal cell", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, p. 177, 1995.
- [6] 황정연, 박경순, 서대식, 남상희, 서동학, "Polynobornene 유도체 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 전기 광학 특성에 관한 연구", 전기전자재료학회논문지, 15권, 3호, p. 253, 2002.
- [7] 황정연, 이경준, 이재호, 김태호, 이상극, 서대식, "수직 광폴리머 표면에 사진 식각(photolithograph)을 이용한 다중도메인 수직 배향셀의 광시야각 특성", 전기전자재료학회논문지, 16권, 3호, p. 219, 2003.
- [8] D.-S. Seo, J.-H. Lee, and H.-Y. Kim, "Wide viewing angle and fast response time by using novel vertical-alignment-pai cell mode on a homeotropic alignment layer",

J. of KIEEME(in Korean), Vol. 16, No. 9, September 2003.

Liq. Cryst., Vol. 27, No. 9, p. 1147, 2000.

- [9] 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.
- [10] 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 electro spectroscopy for chemical
analysis", Appl. Phys. Lett., Vol. 61, p.
2392, 1992.