

## 광폴리머 표면을 이용한 플렉서블 액정디스플레이의 전기광학 특성

최성호\*, 황정연\*, 이휘원\*, 김종환\*, 김영환\*, 김태호\*\*, 서대식\*  
연세대학교 전기전자공학과\*, 성균관 대학교 고분자 공학과\*\*

### Electro-Optical characteristics of Flexible Liquid Crystal Display using Photopolymer Surface

Sung-Ho Choi\*, Jeoung-Yeon Hwang\*, Whee-won Lee\*, Jong-Hwan Kim\*, Young-Hwan Kim\*,  
Tae-Ho Kim\*\* and Dae-Shik Seo\*  
Yonsei Univ\*, Sung Kyun Kwan Univ\*\*

#### Abstract

We have investigated the EO characteristics generation of pretilt angle for a nematic liquid crystal (NLC) alignment with photoalignment method on three kinds of photopolymer surfaces using polymer substrates. The LC homogeneous alignment were observed on the PMI3CA (N-(phenyl)maleimide with 3-carbon chain cinnamoyl group) and PMIF (N-(phenyl)maleimide including fluoro cinnamoyl group). However, the homeotropic alignment on the PMI5CA(N-(phenyl)maleimide with 5-carbon chain cinnamoyl group) was obtained. Also, EO characteristics of the flexible photoaligned TN-LCD using PMIF surface are better than that of the flexible TN-LCD using PMI3CA surface. Also, the stable EO performances of flexible photoaligned VA-LCD using the PMI5CA surface was observed

**Key Words** : polymer substrate, photopolymer, liquid crystal, EO characteristics, TN-LCD, VA-LCD

#### 1. 서 론

평판 디스플레이에서는 ITO (Indium Tin Oxide)가 코팅된 유리기판이 투명전극으로 사용되어 왔다[1-4]. 최근 들어 박형, 경량 및 유연한 디스플레이(flexible display)를 구현하기 위해서 유리 기판대신에 고분자 기판 (polymer substrate)을 사용하는 연구가 많이 진행되고 있다 [5]. 액정표시소자(LCD) 제작에 고분자 필름을 사용하게 되면, 유리를 사용했을 경우에 비해 두께는 3분의1 (0.7mm두께의 유리 대비), 중량은 5분의 1 이 된다. 즉 고분자 기판을 사용함으로써 유리기판에 비해 액정표시소자의 부피와 무게가 줄면서 휴대성, 유연성 (flexibility)이 커지며 곡면 위의 디스플레이 (flexible display) 구현이 가능하다. 그

러므로 경량, 박형을 최우선으로 하는 휴대 정보통신 단말기분야 뿐만 아니라 PDA, 노트북, 모니터 등에서 고분자 필름을 이용한 액정표시소자의 개발이 필요하다. 액정을 실제 표시 장치로 사용하기 위해서는 액정분자의 균일 배향이 필수적이라 할 수 있으며, 현재 양산에 사용되고 있는 액정 배향법은 폴리이미드(PI) 표면에 액정분자를 배향시키는 러빙법이다[6-8]. 러빙법은 기판에 도포한 액정 배향막을 테이블 위에 놓고, 테이블을 이동시키면서, 러빙천을 감은 롤러(roller)를 회전시키면서 문지르는 방법이다.

액정 배향막의 소성온도와 이미드올은 액정배향에 밀접한 관계를 가지고 있으며, 일반적으로 배향막의 이미드화가 클수록 양호한 액정 배향성을

나타낸다. 보통 액정표시소자(LCD)에 사용되는 PI는 보통 220℃에서 열처리를 한다. 하지만, flexible LCD에 사용되는 고분자 필름은 내열성이 낮기 때문에 소자 제작시 저온 공정이 필요하다. 또한, 유연한 재질로 인하여 coating, rubbing 및 cell gap 유지 등의 제작 공정등에서 많은 문제가 발생한다.

하지만, 광폴리머는 저온 공정이 가능하기 때문에 이러한 flexible display 적용에 유리하다. 뿐만 아니라, 고분자 필름을 이용한 광폴리머 및 광배향을 이용한 flexible display에 관한 연구는 미미한 실정이다.

본 연구에서는 고분자 기판에 광폴리머 표면을 이용한 flexible 광배향 twisted nematic (TN)-LCD 전기광학특성에 관하여 검토하였다.

## 2. 실험

본 실험에서 사용한 고분자 기판은 polycarbonate (PC) 이다.

또한 광배향 재료로써 fluoro cinnamoyl group을 함유한 *N*-(phenyl)maleimide계 광폴리머 (PMIF)와 3-carbon chain cinnamoyl group를 함유하는 *N*-(phenyl) maleimide계 광폴리머 (PMI3CA) 그리고 5-carbon chain cinnamoyl group를 함유하는 *N*-(phenyl)maleimide계 광폴리머 (PMI5CA)를 사용하였다. 그림 1은 3종류의 *N*-(phenyl)maleimide계 광폴리머의 화학구조를 나타내고 있다.

광폴리머는 스�핀 코팅법을 이용하여 ITO (Indium-Tin-Oxide) 전극 위에 500Å의 두께로 균일하게 코팅되었으며, 120℃에서 1시간 동안 열처리되었다. 그림 2는 실험에 사용한 편광된 UV 조사 시스템을 나타내고 있다. 기판 표면에 조사된 UV 광은 1000 W의 Mercury 램프를 사용하였다. 사용한 UV 에너지 밀도는 3.5 mW/cm<sup>2</sup> 이다. 전기광학 특성을 측정하기 위하여, TN 모드의 액정 셀을 제작하였으며, 셀갭의 두께는 5μm로 조절하였다. Merck사의 유전율 이방성이 (+)8.4인 네마틱 액정을 사용하였다. 또한, VA 모드를 제작하였으며, 셀갭은 4μm로 조절하였다. Merck사의 유전율 이방성이 (-)4.0인 네마틱 액정을 사용하였다. 광폴리머의 열적 안정성을 평가하기 위하여 TGA

(thermo-gravimetric analysis)를 측정하였다. 또한, 액정의 전기광학 특성인 전압-투과율, 응답속도를 측정하였다.

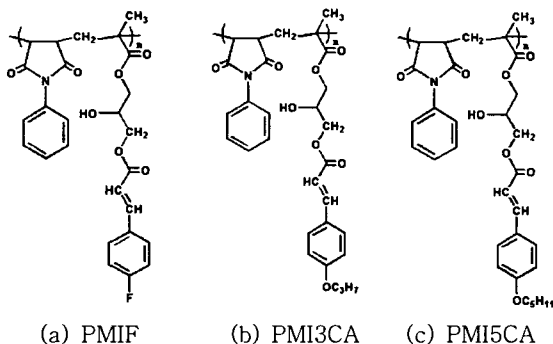


그림 1. 사용한 폴리머의 화학구조.

Fig. 1. Chemical structure of photo-photoplayer

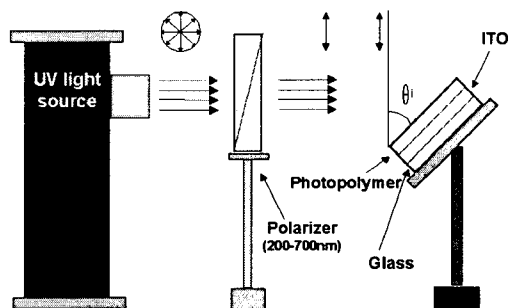


그림 2. UV 조사 시스템.

Fig. 2. UV exposure system.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3에 3종류의 *N*-(phenyl)maleimide계 광폴리머의 열중량 분석 곡선을 나타내었다. PMI5CA와 PMI3CA는 약 300℃ 부근까지 열적으로 안정한 것을 알 수 있다. 또한 PMIF는 350℃ 근처에서 급격한 무게 감소를 나타냄으로써 열적으로 매우 안정한 것을 알 수 있었다.

그림 4은 세 종류의 광폴리머 표면을 이용한 flexible 광배향 LC 셀의 전압-투과율 곡선을 나타내었다. 그림에서와 같이 1분간 UV 조사한 광배향 TN-LCD는 chiral dopant가 첨가되지 않고 제작하였다. 그림에서와 같이 PMIF와 PMI3CA의 광

폴리머를 이용하여, TN 셀을 제작하였고, PMI5CA의 광폴리머를 이용하여 VA 셀을 제작하였다. fluoro cinnamoyl group을 가진 PMIF 표면을 이용한 flexible 광배향 TN셀은 back flow effect 효과를 나타내었으나, 3-carbon chain cinnamoyl group를 함유하는 PMI3CA 표면을 이용한 flexible 광배향 TN 셀은 광학적인 뒤틀 현상이 전혀 없는 안정적인 V-T 곡선을 나타내었다. 또한, 5-carbon chain cinnamoyl group 가진 PMI5CA 표면을 이용하는 경우에는 그림에서와 같이 수직배향막의 특성을 나타내었으며, 안정적인 VA 곡선을 나타내었다.

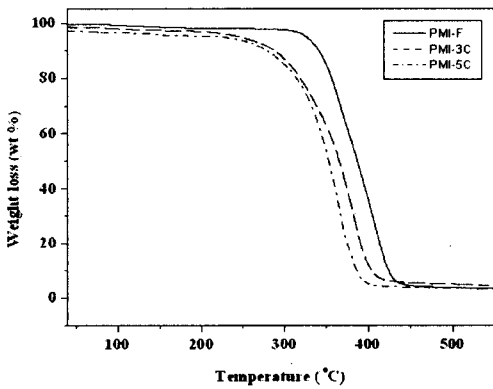


그림 3. N-(phenyl)maleimide계 광폴리머의 TGA 특성.

Fig. 3. TGA characteristics of photopolymer based N-(phenyl)maleimide.

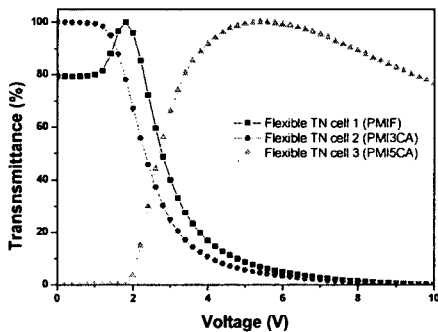


그림 4. 광폴리머 표면을 이용한 플렉서블 광배향 LC 셀의 V-T 곡선.

Fig. 4. V-T curves of the flexible LC cells

photo-aligned on the photopolymer surfaces.

그림 5은 세 종류의 광폴리머 표면을 이용한 광배향 LC 셀의 응답 특성을 나타낸다. 그림5에서와 같이 PMIF 표면을 이용한 flexible TN 셀보다 PMI3CA 표면을 이용한 flexible TN 셀이 안정적인 응답 특성을 나타내었다. 그러나, PMI5CA 표면을 이용한 VA 셀은 시간이 증가함에 따라 투과율 조급씩 감소되는 현상을 나타내었다.

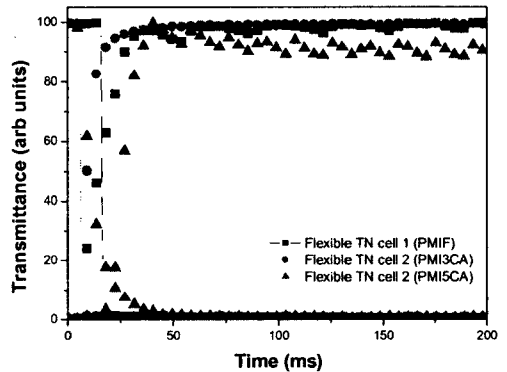


그림 5. 광폴리머 표면을 이용한 플렉서블 광배향 LC 셀의 응답특성.

Fig. 5. Response time characteristics of the flexible photoaligned LC cells on the photo-polymer surfaces.

표 1 에 세 종류의 광폴리머 표면을 이용한 광배향 LC 셀의 응답속도를 나타내었다. PMIF 표면을 이용한 flexible 광배향 TN 셀의 응답시간은 약 22 ms를 나타내었다. 그러나, PMI3CA 표면을 이용한 광배향 flexible 광배향 TN 셀의 응답시간은 약 14ms로 빠른 응답특성을 나타내었다. 또한, PMI5CA 표면을 이용한 VA 셀은 약 30ms로 세 가지 액정 셀중에서 가장 느린 응답특성을 나타내었다.

표 1. 광폴리머 표면을 이용한 플렉서블 광배향 LC 셀의 응답속도.

Table 1. Response time for the flexible photo-aligned LC cells on the photopolymer surface.

Time Mode	Rising time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
flexible TN cell 1 (PMIF)	0.9	21.6	22.5
flexible TN cell 2 (PMI3CA)	1.1	11.2	13.3
flexible VA cell 3 (PM5CA)	13.0	17.0	30.0

#### 4. 결론

본 연구에서는 3종류의 *N*-(phenyl)maleimide계 광폴리머 표면에 편광된 UV 조사를 이용한 플렉시블 액정 셀의 전기광학 특성에 대하여 연구하였다. 말단에 fluoro chain을 포함한 cinnamoyl group을 함유한 광폴리머를 이용한 플렉시블 TN셀 보다 말단에 3-carbon chain을 포함한 cinnamoyl group을 함유한 광폴리머를 이용한 플렉시블 TN셀의 경우가 더 우수한 전기광학 특성을 나타내었으며, 말단에 5-carbon chain을 포함한 cinnamoyl group을 함유한 광폴리머는 VA 셀을 특성을 나타내었다. 또한, 세 종류의 광폴리머 중에서 3-carbon chain을 포함한 cinnamoyl group을 함유한 광폴리머를 이용한 플렉시블 TN 셀이 가장 빠른 응답특성을 나타내었다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(M1-0203-00-0008)의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

[1] M. Yanaka, Y. Tsukahara, T. Okabe and N. Takeda, "Statistical analysis of multiple cracking phenomenon of a SiO<sub>x</sub> thin film on a polymer substrate", J. Appl. Phys. Vol. 90, No. 2, p. 713, 2001.

[2] M. Yanaka, Y. Kato, Y. Tsukahara, and N. Takeda, "Effects of temperature on the multiple cracking progress of sub-micron thick glass films deposited on a polymer substrate", Thin Solid Films, Vol. 355, p.337, 1999.

[3] P. C. P. Bouten, "Failure test for brittle conductive layers on flexible display substrates", EURODISPLAY, p. 313, 2002.

[4] D. R. Cairns, R. P. Witte II, D. K. Sparacin, S. M. Sachsman, D. C. Paine, G. P. Crawford, and R. R. Newton "Strain-dependent electrical resistance of tin-doped indium oxide on polymer substrate", Appl. Phys. Lett., Vol. 76, No. 11, p. 1425, 2000.

[5] H. Sato, H. Fujikake, H. Kikuchi, Y. Iino, M. Kawakita, and Y. Tsuchiya, "Fluorinated polymer alignment layers formed at low temperature", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 40, No. 1, p. L53, 2001.

[6] 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, p. 2392, 1992.

[7] D.-S. Seo and T.-G. Park, "Investigation of washing process on surface liquid crystal alignment and polar anchoring energy in NLC on rubbed polyimide surfaces", 전기전자재료학회논문지, Vol. 12, No. 12, p. 1180, 1999.

[8] 황정연, 이상극, 서대식, "Fluorine 계열의 폴리머를 함유한 복합 폴리이미드 표면에서의 네마틱액정의 프리틸트 발생의 메카니즘", 전기전자재료학회논문지, Vol. 15, No. 11, p.981, 2002.