

폴리이미드막 표면에 직선 편광된 UV 광을 조사한 액정셀에서의 프리틸트각 발생과 전기광학특성

이창훈, 이정호, 서대식
 송실대학교 공과대학 전기공학과

Pretilt Angle Generation and EO Performance in LC Cell with Linearly Polarized UV Light Irradiation on Polymer Surface

Chang-Hoon Lee, Jeong-Ho Lee, and Dae-Shik Seo
 Dept. of Electrical Eng., Soongsil University

Abstract - In this paper, we obtained that the monodomain alignment of nematic liquid crystal (NLC) increases with increasing irradiation time with linearly polarized ultraviolet (LPUV) light irradiation on polyimide (PI) surfaces. It was found that the monodomain alignment of NLC is obtained in a cell with normally LPUV light irradiated on PI surface at 30 min. and then oblique LPUV is secondly irradiated on PI surfaces rotated by 90°. The pretilt angle of NLC is generated about 2.5° with oblique angle of 60° and then decreased with increasing the oblique angle of UV light irradiation. It is considered that the pretilt angle of NLC is attributed to the photo-depolymerization of polymer with the oblique angle of UV light. The voltage-transmittance and response time characteristics of photo-aligned twisted nematic (TN) - LCD with UV light irradiation time of 60 min. were almost same in comparison with rubbing treated TN-LCD.

1. 서 론

액정배향처리 LCD 소자에 있어서 고체 기판 위에 액정분자를 균일하게 배열시키기 위한 필수적인 요소이다. 현재 전계효과를 이용한 구동방식의 LCD 소자의 액정배향처리는 개발 초기부터 러빙천 등을 이용하여 고분자 표면을 문지르는 러빙처리법이 사용되어 왔다.^{1,5)} 그러나, 이 러빙처리법은 기판과 기계적으로 접촉하는 방식으로서 러빙시 오물 및 정전기 등이 발생하여 TFT (thin-film-transistor) 소자를 파괴하는 등의 영향을 미치고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 기계적인 러빙을 하지 않는 너러빙처리법(rubbing-free treatment)이 강하게 요구되고 있다.⁶⁾ 현재, 여러 종류의 너러빙배향법 중에서도 광배향법이 큰 기대를 모으고 있다.

광배향법은 광분해법, 광중합법, 광이성화법 등이 알려져 있다. 최근 본 저자 등은 폴리이미드막 표면에 UV 광을 경사지게 조사시킨 셀에서의 액정배향 및 프리틸트각의 발생에 관하여 보고하였다.^{7,9)} 본 연구에서는 폴리이미드막 표면에 직선 편광된 UV 광을 조사하여 셀에서의 네마틱 액정의 프리틸트각 발생과 전기광학특성 등에 관하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험

본 연구에서는 측색기를 가지고 있는 극성이 중간정도인 폴리이미드를 사용하였다 (Nissan Chemical Industries Co., Ltd. 제공). 사용한 폴리머의 분자구조를 그림 1에 나타내었다.

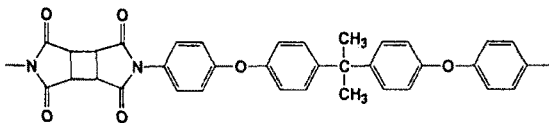


Fig. 1. The used molecular structure of polymer.

그림 1에 나타낸 프리커서는 ITO (indium-tin-oxide) 전극이 코팅된 유리 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 균일하게 도포

한 후 핫 플레이트에서 80°C에서 10분간 열처리를 한 후에 오븐에서 250°C에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 형성하였다. 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광을 수직으로 조사하는 방법을 그림 2에 나타내었다. 광원은 1 kW 용량의 UV 램프를 사용하였으며 UV의 파장 영역이 365nm에서 가장 높은 흡수치를 가진다. UV 광 조사는 기판에 5~60분 동안 기판 표면에 수직으로 조사한 경우와 직선 편광된 UV 광을 수직으로 30분을 조사한 후(1차 조사), 다시 이 기판을 90°로 회전한 후 10°~80°의 경사각으로 조사시킨(2차 조사) 경우를 사용하였다. 그리고 셀은 약 60μm의 두께로 하여 anti-parallel 구조로 제작하였다. 또한 직선 편광된 UV 광을 수직으로 조사한 TN-LCD를 5μm의 두께로 제작하였다. 사용한 액정은 불소계열의 mixture형의 네마틱 액정 (T_c=87°)으로 진공중에서 nematic phase 및 isotropic phase로 각각 주입하였으며, 97°C에서 30분간 열처리한 후 서빙시켰다. 프리틸트각은 실온에서 결정회전법을 이용하여 측정하였으며, 광배향을 이용한 TN-LCD의 전기광학특성을 평가하기 위하여 전압-투과율 (V-T) 특성 및 응답특성을 측정하였다.

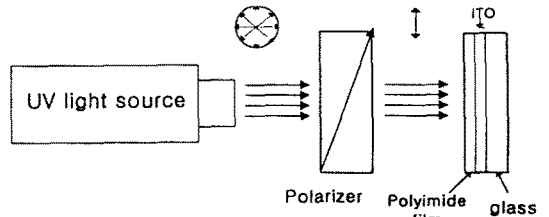


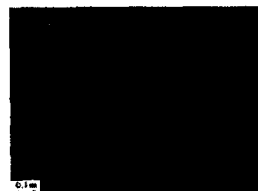
Fig. 2. The system of used UV light irradiation.

2.2 결과 및 고찰

그림 3은 폴리이미드막 표면에 직선 편광된 UV 광을 조사시킨 셀의 네마틱 액정의 편광 현미경 사진을 나타낸다.



(a) irradiation time of 10min. (b) irradiation time of 30min.



(c) irradiation time 60min.

Fig. 3. The microphotographs of aligned NLC in a cells with LPUV light irradiation on PI surface (in crossnicols).

그림 3에 나타낸 바와 같이 UV 광의 조사시간이 증가할수록 디스클리네이션 (reverse tilt disclination) 이 없는 균일한 배향상태가 얻어지는 것을 알 수 있다. 러빙처리한 액정셀에서는 러빙방향으로 고분자가 연신되어 재배열된 폴리머의 방향으로 액정분자가 배열되지만, 직선 편광된 UV 광을 조사한 액정셀에서는 UV 광의 조사방향의 직교방향으로 액정분자가 배열된다. 이것은 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광의 조사에 의하여 고분자의 알킬기 등이 광분해되고 그 부분과 직교방향으로 액정분자가 배열하는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광의 조사에 따른 광분해 반응으로 인하여 액정분자가 배열되는 것으로 생각할 수 있다.

그림 4에 폴리이미드막에서의 네마틱 액정의 프리틸트각의 러빙강도 의존성을 나타내었다. 러빙강도 RS가 262mm까지는 프리틸트각이 0.5° 정도이고, 그 이상에서는 약 1.5° 정도의 프리틸트각이 발생하는 경향을 나타내고 있다. 이것은 러빙강도 RS가 작을 때는 폴리머의 배향성이 떨어져, 러빙강도가 증가하면 배향성이 증가하여 프리틸트각이 발생하는 것으로 생각할 수 있다.

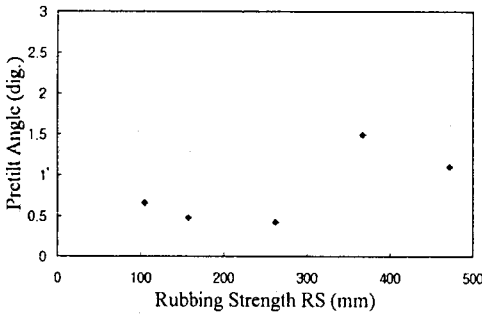


Fig. 4. The generation of pretilt angle in aligned NLC on PI surface with side chain as a function of rubbing strength.

그림 5에 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광을 수직으로 조사시킨 셀에서의 UV 광의 조사시간에 대한 프리틸트각 의존성을 나타내었다. UV 광의 조사시간이 5~60분의 영역에서 프리틸트각이 1° 미만을 나타내고 있다. 이것은 직선 편광된 UV 광을 폴리이미드막에 수직으로 조사시키기 때문에 액정분자에 한쪽으로 방향성을 주는 것이 감소하기 때문에 프리틸트각이 작게 나타나는 것으로 생각할 수 있다.

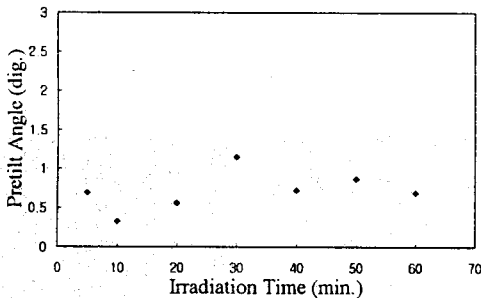


Fig. 5. The pretilt angle generation of aligned NLC on PI surface as a function of PUV light irradiation time.

폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광을 30분간 1차 조사하고 기판을 90° 회전시켜 2차로 UV 광 조사시의 네마틱 액정의 배향을 편광현미경으로 관찰한 결과 균일한 배향이 얻어짐을 알 수 있었다. 즉, UV 광의 1차 조사는 폴리머의 광분해 반응으로 인해 직교방향으로 광학이방성을 주고 그 방향으로 액정분자가 배열하는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 직선 편광된 UV 광을 폴리이미드막에 30분간 조사(1차)하고 기판을 90° 회전시켜 UV 광을 경사조사(2차)시의 프리틸트각의 경사각 의존성을 그

림 6에 나타내었다. 2차 조사시킨 UV 광의 조사시간이 10분인 경우 경사각이 증가할수록 프리틸트가 증가하며, 60°의 경사각에서 약 1.5°가 얻어졌으며, 그 이상의 경사각에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 UV 광을 2차 조사시 경사각도가 작으면 UV 광의 에너지가 많이 입사되어 폴리머의 광분해가 많이 발생되고 비대칭 삼각구조를 만들기 어렵게 되어 프리틸트가 작게 발생한다. 그리고, 경사각이 60°에서는 에너지가 감소되어 광분해 반응이 다소 감소되며 존재하는 알킬기에 의해 비대칭 삼각구조가 비교적 많이 형성되어 프리틸트각이 발생하는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 경사각이 70° 이상에서는 에너지가 더욱 감소되어 광분해가 적게 발생되며 비대칭 삼각구조가 형성되기 어려워 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내고 있다. 즉, UV 광의 2차 조사에 의한 폴리머의 부분 절단에 의해 비대칭 삼각구조가 발생되어 액정분자와의 상호작용에 의하여 프리틸트각이 발생한다고 생각할 수 있다. 프리틸트각이 발생한다고 생각할 수 있다. 이러한 광분해법을 이용한 액정셀에서의 프리틸트각은 러빙처리한 셀에서의 크기와 거의 같은 정도를 나타내고 있는 것을 알 수 있었다.

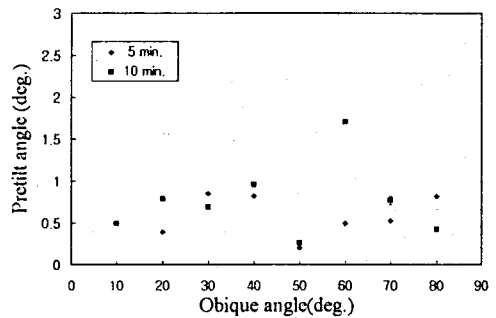


Fig. 6. The oblique angle dependence of pretilt angle in NLC in a cell with LPUV light (first) is normally irradiated on PI surface for 30 min. and then oblique LPUV is secondly irradiated on PI surfaces rotated by 90°.

그림 7에 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광을 1차로 30분간 조사한 후 기판을 90° 회전시켜 2차로 UV 광을 60° 경사 조사시의 프리틸트각의 조사시간 의존성을 나타내었다. 프리틸트각은 UV 광의 2차 조사시간이 10분까지는 증가하는 경향을 나타내며 20분 이상의 시간에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 일정한 경사각에서의 UV 광의 2차 조사시 폴리머의 절단의 정도에 따라서 프리틸트각이 변화하고 있는 것을 나타내고 있다. 즉, 직선 편광된 UV 광을 폴리이미드막에 조사한 경우 프리틸트각은 1차 조사로 인하여 액정분자의 방향성을 주고, 2차 조사로 인하여 프리틸트를 주는 것으로 생각할 수 있다.

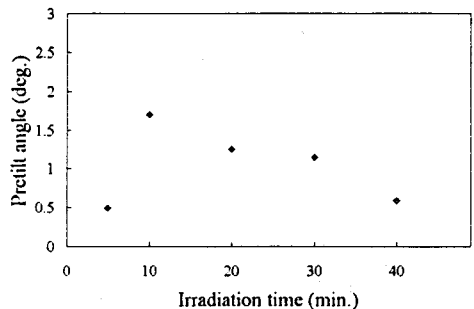


Fig. 7. The irradiation time dependence of pretilt angle in a cell with LPUV light (first) is normally irradiated on PI surface for 30 min. and then LPUV light of 60° is secondly irradiated on PI surfaces rotated by 90°.

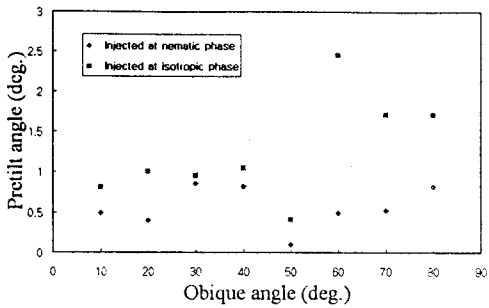


Fig. 8. The generation of pretilt angle in a cell with LPUV light (first) is normally irradiated on PI surface for 30 min. and then LPUV light (second) is obliquely irradiated on PI surface rotated by 90° at 5 min. as a function of oblique angle.

- ◆ injected at nematic phase;
- injected at isotropic phase.

그림 8에 직선 편광된 UV 광을 폴리이미드막에 30분간 조사(1차)하고 기판을 90° 회전시켜 UV 광을 5분간 경사조사(2차)시의 nematic phase 과 isotropic phase로 각각 액정을 주입한 경우의 프리틸트각 발생을 나타내었다. 그림 8에 나타난 바와 같이 isotropic phase에서 주입한 경우 경사각이 50° 까지는 작은 프리틸트를 나타내었다. 그리고 경사각 60° 에서 약 2.5° 의 큰 값을 나타내었다. 그 이상의 경사각에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 그림 6의 경사 UV 광의 10분 조사에 대한 결과와 같은 경향을 나타냄을 알 수 있다.

본 연구에서는 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광을 조사시킨 셀에서의 프리틸트각 발생 및 전기광학특성에 관하여 검토하였다. 폴리이미드막에 UV 광을 수직으로만 조사한 셀에서의 액정의 프리틸트각은 UV 광의 조사시간이 증가하여도 일정한 경향을 나타내었다. 또한, 폴리이미드막에 UV 광을 1차로 30분간 조사시킨 후 기판을 90° 회전시켜 2차로 UV 광을 경사 조사시킨 셀에서 2차 UV 광의 경사각이 증가함과 함께 프리틸트각이 증가하는 것을 알 수 있었다. 이것은 UV 광의 조사각도에 따라서 입사되는 UV 광의 에너지가 차이에 따라서 비대칭 삼각구조가 발생하여 프리틸트각이 변화하는 것으로 생각할 수 있었다. 그리고 UV 광을 60° 로 2차 조사시킨 경우 프리틸트각은 조사시간이 10분까지는 증가하였으나, 그 이상에서는 감소하는 경향을 알 수 있었다. 그리고, 폴리이미드막에 직선 편광된 UV 광을 10~60분간 수직으로 조사한 TN-LCD의 전기광학 특성은 직선 편광된 UV 광의 조사시간이 증가할수록 V-T 특성과 응답특성이 더욱 증가함을 알 수 있었으며, 특히 60분 조사에 대한 광배향 TN-LCD는 러빙처리한 TN-LCD의 특성과 거의 동등한 결과를 나타내었다.

본 연구는 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 국가선도 기술개발사업(차세대 평판표시장치기반기술 개발사업)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다

(참 고 문 헌)

- [1] J. Cognard, "Alignment of nematic liquid crystals and their mixtures", Mol. Cryst. Liq. Cryst. Supplement, 1, 1982.
- [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, 2045, 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, 223, 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 spectroscopy for chemical analysis", Appl. Phys. Lett., Vol. 61, 2392, 1992.
- [5] D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, "Effect of the molecular structure of weakly rubbed organic solvent soluble polyimide with trifluoromethyl moieties on anchoring strength of liquid crystals", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 34, 4896, 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, 23, 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, 923, 1997.
- [8] 서대식, 황윤연, 이보호, "폴리이미드막표면위에 경사진 자외선 조사를 이용한 네마틱액정의 배향에 관한 연구", 전기전자재료학회지, Vol. 10, 461, 1997.
- [9] D.-S. Seo and L.-Y. Hwang, "Pretilt angle generation on nematic liquid crystal with slanted non-polarized ultraviolet light irradiation on polymer surface", Molecular Electronic and Devices, Vol. 8, 123, 1997.

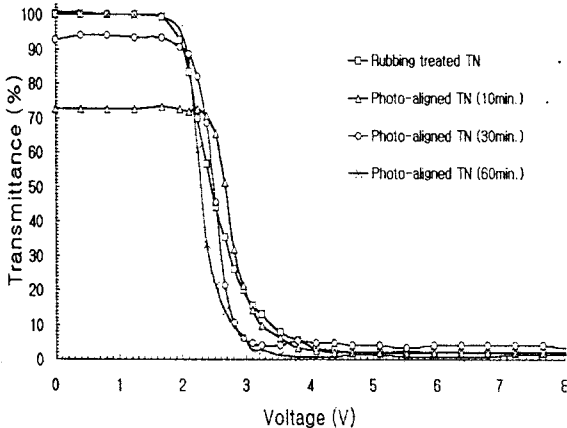


Fig. 9. The voltage-transmittance characteristics for photo-aligned TN-LCD with LPUV light irradiated on PI surface and rubbing treated TN-LCD.

그림 9에 직선 편광된 UV 광의 조사시간이 다른 광배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD와의 V-T 특성을 나타내었다(편광관은 직교상태). 그림 9에 나타난 바와 같이 UV 광의 조사시간이 증가할수록 V-T특성이 향상되며, 60분 조사한 광배향 TN-LCD는 임계치전압(V_{th})이 2.07(V)로써 러빙처리한 TN-LCD의 특성과 거의 동등함을 알 수 있다.

폴리이미드막 표면에 직선 편광된 UV 광의 조사시간을 변화시킨 광배향 TN-LCD와 러빙처리한 TN-LCD와의 응답특성을 측정된 결과, UV 광의 조사시간이 증가할수록 응답특성이 향상되는 경향을 나타내었다. 그리고 직선 편광된 UV 광을 10분과 30분 조사한 광배향 TN-LCD의 응답특성이 backflow 효과에 의한 bounce가 나타남을 알 수 있었다. 그렇지만 60분 조사에 대한 광배향 TN-LCD는 약 48.9ms로 러빙처리한 TN-LCD와 응답특성이 거의 동등한 경향을 나타내었다.