

폴리이미드표면에 편광된 UV광을 경사조사시의 프리틸트각의 발생과 편광성분의 상호관계

논문
12-1-11

Relationship between the pretilt angle generation and the polarization component with oblique polarized UV light irradiation on polyimide surface.

서대식*, 박두석*
(Dae-Shik Seo, Doo-Seok Park)

Abstract

In this study, we have investigated the relationship between the generation of pretilt angle and the polarization component in cells with UV light irradiation on polyimide (PI) surface. It was found that the generated pretilt angle is about 1.4° with S-polarized UV light irradiation of 75° on PI surface; it may be attributed to the asymmetry triangular of polymer surface with oblique S-polarized UV light irradiation on PI surface. Also, we measured that the generated pretilt angle is about 2.0° with oblique P polarized UV light irradiation of 75° on PI surface. Consequently, we suggest that the generated pretilt angle of the NLC is attributed to the interaction between the LC molecules and the polymer surface with oblique polarized UV light irradiation on PI surface.

Key Words(중요용어) : Pretilt angle(프리틸트각), Nematic liquid crystal(네마틱액정), Polyimide surface(폴리이미드 표면), Photo-alignment(광배향), Polarized UV light (편광된 자외선)

1. 서 론

액정디스플레이(liquid crystal display : LCD)에 있어서 액정분자를 한쪽 방향으로 균일하게 배열할 필요가 있다. 이러한 액정배향법으로는 러빙처리법이 가장 많이 사용되고 있으며, 이 방법은 배향처리가 간편하며 매우 안정된 배향이 실현되어 현재 거의 이 방법을 사용하고 있다.¹⁻⁴⁾ 그러나, 러빙처리법은 섬유질과 고분자막 표면이 직접적으로 접촉하기 때문에 이 과정에서 생기는 먼지나 오물에 의한 기판 표면의 오염과 이를 위한 세척공정이 추가되며, 정

전기를 발생시켜 LCD 소자의 표시품질을 저하시키는 직접적인 원인이 되고 있다.⁵⁾ 따라서 최근 기계적인 러빙을 하지 않고 액정분자를 배열시키는 너러빙처리법에 의한 배향 기술이 요구되고 있다. 이러한 너러빙 배향처리법은 단분자를 Langmuir-Blodgett(LB)법을 이용하여 액정분자를 한쪽 방향으로 배열시키는 폴리이미드(PI)-LB 법에 관한 연구로부터 시작되어 그 중요성이 인식되게 되었다.⁶⁾ 그리고, 최근 LCD의 광시야각화 기술과 관련하여 화소의 분할화 등에 있어서 너러빙 배향기술이 강하게 요구되고 있다.⁷⁾ 너러빙배향법의 한 종류인 광배향법은 여러 종류의 광반응현상을 이용하고 있다. 최근, 고분자막 표면에 비편광 UV광을 경사 조사하여 균일한 액정배향의 실현을 Yamamoto등이 보고하였다.⁸⁾ 그리고 본 저자들은 폴리이미드 표면에 편광되지 않은 UV광을 경사 조사시킨 셀에서 균일한 액정배향을 얻을 수 있었으며, 프리틸트각이 3° 이상 발생한 결과들을 보고하였다.^{9,10)}

* : 숭실대학교 공대 전기공학과
(서울시 동작구 상도 5동 1-1, Fax: 02-820-0667
E-mail : dsseo@elecpril.soongsil.ac.kr)
1998년 8월 20일 접수, 1998년 10월 28일 심사완료

본 연구에서는 편광된 S파 및 P파성분의 UV광을 폴리이미드표면에 경사조사시의 네마틱액정의 배향 특성과 프리틸트각의 발생에 관하여 연구하였다

2. 실험

실험에는 그림 1에 나타낸 바와 같이 측쇄기를 가지는 폴리머를 사용하였다.(Nissan Chemical Industries Co., Ltd. 제공). 배향막은 ITO 전극이 형성된 유리기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 폴리머를 코팅한 후, 핫플레이트에서 80℃로 10분간 열처리한 후 다시 250℃의 오븐에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다.

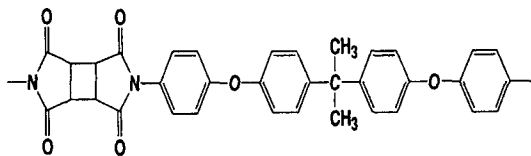


그림 1. 실험에 사용한 폴리머의 분자구조.

Fig. 1. The molecular structure of the polymer.

그림 2에 실험에 사용한 UV광의 조사장치의 개략도를 나타내었다. UV광원의 파장은 365nm이며, 기판과의 거리는 30cm이다. UV광원은 1kW 출력의 광원을 사용하였으며 UV광의 조사시간은 30분으로 하였다. 그리고, liquid filter를 사용하여 적외선을 차단하였다.

액정셀의 제작은 UV광 조사의 입사방향을 기준으로 하여 서로 반대 방향으로 마주보게 셀을 제작(anti-parallel structure)하였으며 두께는 약 60 μ m로 하였다. 사용한 액정은 불소계열의 혼합형 네마틱 액정(네마틱-등방상태의 상전이 온도 $T_c=87^\circ\text{C}$)이며 진공챔버를 사용하여 네마틱상에서 진공주입하였다. 그리고 주입 후에 30분간 핫 플레이트를 사용하여 열처리한 후, 서냉하였다.

액정배향의 상태를 평가하기 위하여 편광현미경을 사용하여 배향상태를 관찰하였다. 그리고, 네마틱 액정의 프리틸트각은 결정회전법(crystal rotation method)을 이용하여 실온에서 측정하였다.

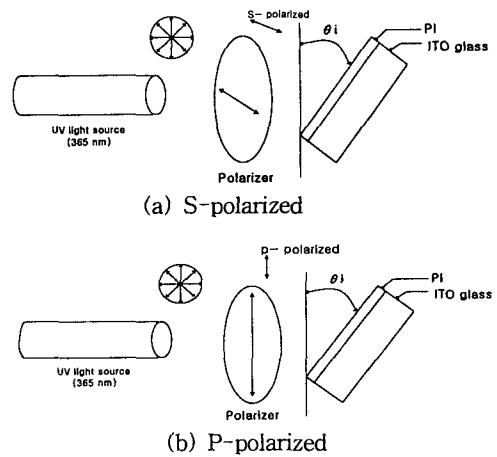


그림 2. UV 광조사 장치의 개략도

Fig. 2. A schematic diagram of UV light irradiation system.

3. 결과 및 고찰

3.1 비편광 UV광을 경사조사한 경우

그림3에 폴리이미드표면에 편광되지 않은 UV광을 30분간 경사 조사한 경우의 네마틱액정의 프리틸트각발생을 나타내었다. 그림3에 나타낸 바와같이 입사각도가 75° 까지는 프리틸트각이 작은 경향을 나타내고 있으며, 80° 이상에서는 약 1° 정도 발생하였다. 이결과는 Yamamoto등이 발표한 내용과 잘 일치하고 있다⁸⁾.

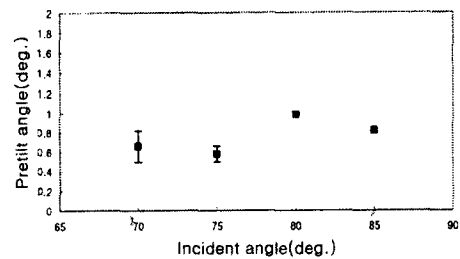


그림 3. 폴리이미드표면에 편광되지 않은 경사진 UV광을 조사한 경우의 네마틱액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성.

Fig. 3. The generation of pretilt in NLC with oblique non-polarized UV irradiation on PI surface at 30min as a function of incident angle.

32 편광방향을 기판과 수평으로 입사(S파 성분)한 경우
 폴리이미드표면에 수평방향으로 편광된(S파성분) UV광을 경사 조사시의 (그림2(a)) 네마틱액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성을 그림4에 나타내었다. 액정의 프리틸트각은 입사각도가 60° 까지는 작은 값을 나타내었다. 그리고 입사각도가 70° 부터 증가하는 경향을 보이고 있으며 75° 에서 약 1.4° 발생하였다. 그리고 입사각도가 80° 부터는 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 조사되는 에너지의 밀도가 입사각도에 따라서 변화하며, 이것이 프리틸트의 발생에 기여하는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 입사각도가 60° 까지는 입사에너지 밀도가 크고 광분해반응이 많이 일어나며, 입사각도가 70~75° 에서 가장 적당한 에너지 밀도가 입사되는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 입사각도가 80° 이상에서는 에너지밀도가 급격히 감소하기 때문에 광분해반응이 감소되어 프리틸트각이 감소되는 것으로 생각할 수 있다.

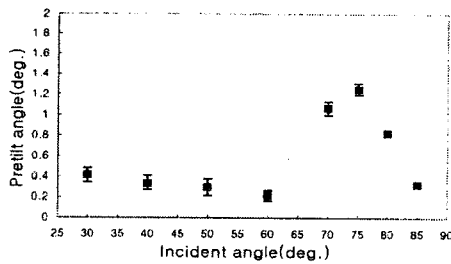


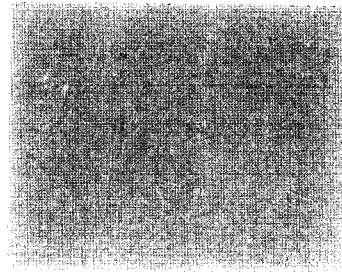
그림 4. 폴리이미드표면에 경사진 S파 성분의 UV광을 30분 조사시의 프리틸트각의 입사각도 의존성.

Fig. 4. The generation of pretilt angle in NLC with S- polarized UV light irradiation on PI surface at 30min.

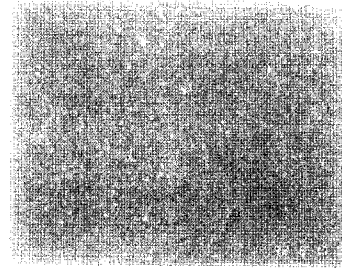
그림5에 폴리이미드표면에 경사진 S파성분의 UV광을 30분간 조사시킨 셀에서의 네마틱액정의 편광현미경사진을 나타내었다. 입사각도가 60° 및 70°에서는 균일한 배향이 얻어지고 있으나 80°에서는 디스클리네이션이 다수 발생하는 것을 알 수 있다. 이러한 UV광조사시의 액정배향은 그림6과 같이 설명할 수 있다.

즉, UV광의 편광방향으로 광분해반응이 일어나고, 직교방향으로 광분해반응이 일어나지 않은 알킬기 등이 상대적으로 많이 존재하기 때문에 그 방향

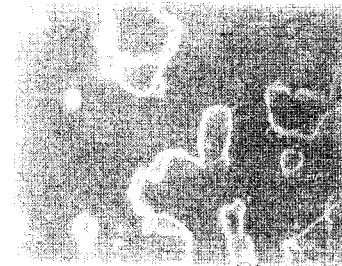
으로 액정분자가 배열한다고 생각할 수 있다. 그리고 편광방향과 직교방향에 있어서 UV광 조사의 거리에 따른 비대칭 삼각구조가 형성됨으로써 프리틸



(a) incident angle of 60° .



(b) incident angle of 70° .



(c)incident angle of 80° .

그림 5. 폴리이미드표면에 경사진 S파 성분의 UV광을 30분 조사시의 네마틱액정의 편광현미경 사진

Fig. 5. The microphotographs of aligned NLC in cells with oblique S-polarized UV light irradiation on PI surface (in crossed Nicols) at 30min.

트각이 발생하는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 프리틸트의 발생은 폴리이미드표면에 UV광 조사에 따른 비대칭적인 폴리머의 삼각구조와 액정분자와의

상호작용에 기인한 것으로 생각할 수 있다.

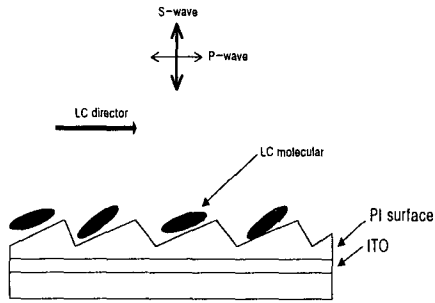


그림 6. 폴리이미드표면에 경사진 S파성분의 UV광을 조사시의 액정분자의 배열.
Fig. 6. The LC alignment with an oblique S-polarized UV light irradiation on PI surface.

3.3 편광방향을 기관과 수직으로 입사(P파성분)한 경우

그림 7에 폴리이미드표면에 경사진 P파성분의 UV광 조사시의(그림2(b))네마틱 액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성을 나타내었다. 그림7에 나타난 바와 같이 프리틸트각은 입사각도가 60°까지는 약 0.5° 정도를 나타내고 있다. 그리고 입사각도가 75°에서 2° 정도로 가장 크게 발생하는 경향을 나타내었다. 그리고 입사각도가 80° 부터는 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 프리틸트각의 입사각도의존성은 S파성분 때와 매우 유사한 경향을 나타내고 있으며, 이것은 P파성분의 UV광의 입사각도에 따라서 조사되는 에너지의 차에 의한 것으로 생각할 수 있다. 즉, 입사각도가 60°까지는 입사에너지 밀도가 너무 커서 광분해반응이 너무 일어나며, 입사

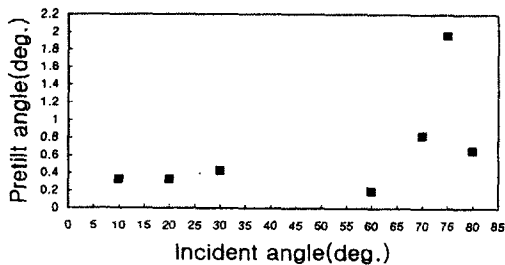
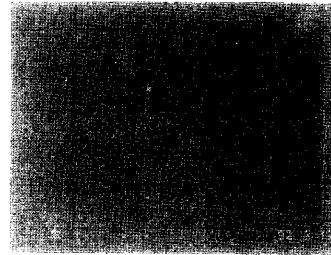


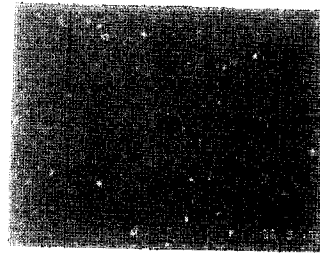
Fig. 7. The pretilt angle versus incident angle in NLC with oblique P-polarized UV light irradiation on PI surface at 30min.

그림 7. 폴리이미드표면에 경사진 P파성분의 UV광을 30분 조사시의 네마틱 액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성

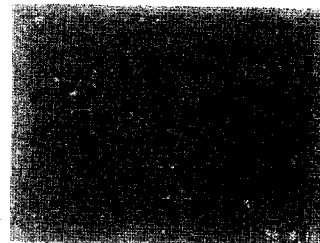
각도가 75°에서 가장 적당한 에너지밀도가 되는 것으로 생각할 수 있다. 그리고 입사각도가 80° 이상에서는 에너지밀도가 급격히 감소하기 때문에 광분



(a) incident angle of 60°



(b) incident angle of 70°



(c) incident angle of 80°

그림 8. 폴리이미드표면에 P파 성분의 UV광을 30분 조사시의 네마틱액정의 편광현미경사진.

Fig. 8. The microphotographs of aligned NLC in cells with oblique P-polarized UV light irradiation on PI surface at 30min (in crossed Nicols).

해반응이 감소되어 프리틸트각이 감소하는 것으로 생각할 수 있다.

그림8에 폴리이미드표면에 편광된 P파성분의 UV광을 30분간 조사시의 편광현미경사진을 나타내었다. 입사각도가 60°, 70°, 그리고 80°에서 모두 균일한 네마틱액정의 배향이 실현되는 것을 알 수 있다. 그

림9에 폴리이미드표면에 편광된 P파성분의 UV광을 폴리이미드막에 조사시의 액정분자의 배열을 나타내었다. 액정분자는 P파성분의 직교방향으로 배열되는 것을 알 수 있다.

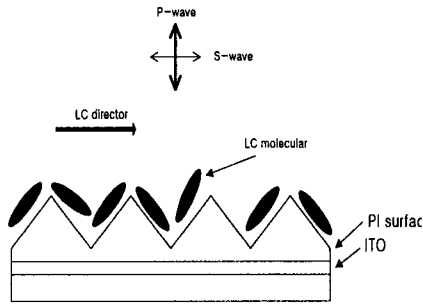
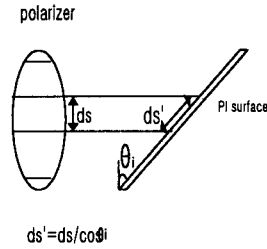


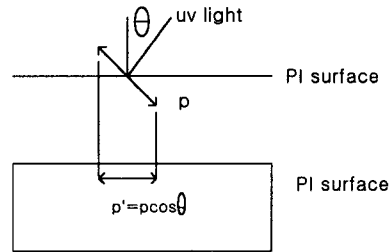
그림 9. 폴리이미드표면에 P파 성분의 UV광을 경사 조사시의 액정 분자의 배열.

Fig. 9. The LC alignment with an oblique P-polarized UV light irradiation on PI surface.

S파성분과 P파성분을 경사를 주지 않은 상태에서 조사를 하면 기판에 대해서는 S파 및 P파가 모두 같고 폴리머를 대칭적으로 광분해시키게 된다. 그림 10(a)와 같이 S파성분을 경사 조사한 경우 폴리이미드표면에 도달하기 전의 편광된 UV광 사이의 거리 ds 는 폴리이미드표면에 조사될 때의 거리 ds' 와 $ds' = ds / \cos \theta$ 의 관계로 표현할 수 있다. 이 거리의 차에 의해서 폴리머는 그림6과 같이 비대칭적인 분해반응을 일으키게 되면 S파성분과 직교방향으로 액정분자는 균일한 방향의 프리틸트를 가지고 배열된다고 생각할 수 있다. 그림 10(b)와 같이 P파성분을 경사조사시키면 폴리이미드표면에 도달하기 전과 도달한 후의 거리 dp 와 dp' 는 변함이 없지만 각각의 편광된 UV광은 기판에 도달할 때 $\cos \theta$ 를 곱한 것만큼의 에너지밀도가 감소하게 되고 폴리머를 광분해시키게 되며 P파성분과 직교방향으로 액정분자가 배열한다. 즉 그림9와 같이 대칭적 삼각구조가 형성되는 것으로 생각할 수 있다. 그리고, 그림 5에 있어서는 S파성분을 80° 로 조사한 것으로 디스클리네이션이 발생하고 있으며 이것은 경사를 주지 않을 때보다 거리 d 가 5.75배 증가함으로써 광분해반응이 감소하여 프리틸트는 발생하지만 배향질서가 감소하는 것으로 생각할 수 있다.



(a) S-polarized



(b) P-polarized

그림 10. 폴리이미드표면에 편광된 UV광을 경사 조사한 경우의 2성분.

Fig. 10. Two components of oblique polarized UV light irradiation on PI surface.

4. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드표면에 경사진 S파 및 P파 성분의 UV광 조사시의 네마틱 액정의 배향특성 및 프리틸트각 발생에 관하여 연구하였다. 폴리이미드표면에 경사진 편광된 S파성분의 UV광을 조사한 경우, 네마틱 액정의 프리틸트각은 입사각도가 작을 때에는 작은 경향을 나타내었다. 그리고 UV광의 입사각도가 75° 에서 프리틸트각은 가장 크게 발생하였다. 이것은 S파성분의 UV광을 폴리이미드표면에 경사조사한 경우 프리틸트각은 UV광조사에 따른 폴리머의 비대칭 삼각구조가 형성되어 발생한 것으로 생각할 수 있다. 또한 경사진 P파성분의 UV광을 폴리이미드표면에 조사한 경우 프리틸트각은 입사각도가 75° 에서 가장 크게 발생하였다. 이것은 S파성분 때와 거의 유사한 결과이다. 즉, 경사진 UV광의 조사에 따른 프리틸트각 발생은 UV광 조사에 따른 폴리머 표면과 액정분자와의 상호

작용이 크게 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

참고 문헌

1. J. M. Geary, J. W. Goodby, A. R. Kmetz and J. S. Patel, "The mechanism of polymer alignment of liquid-crystal material", J. Appl. Phys., vol. **62**, 10 (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. **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. H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yoshida, K. Fujibayashi and S. Kobayashi, "Effect of the molecular structure of weakly rubbed organic solvent soluble polyimide with trifluoromethyl moieties on anchoring strength of liquid crystal", Mol. Cryst. Liq. Cryst., vol. **264**, 23 (1995)
6. D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohi-Ide and S. Kobayashi, "Alignment of nematic liquid crystal(5CB) on the treated substrates characterization of orientation films, generation of pretilt angles, and surface anchoring strength", Mol. Cryst. Liq. Cryst., vol. **224**, 13 (1993)
7. J. Hirata, M. Ishikawa, Y. Morizumi, M. Okamoto, N. Fukuoka, Y. Tanaka and H. Hatoh, "Viewing-angle-improvement in TN-LCDs brought about by various methods", AM-LCD'94 digest of technical papers, **P5-1**, 232(1994)
8. T. Yamamoto, M. Hasegawa and H. Hatoh, "Liquid-crystal alignment by slantwise irradiation of non-polarized UV light on a polyimide layer", SID digest paper, 642 (1996).
9. 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", Liq. Crystals, vol. **23**, 923 (1997).
10. 서대식, 황울연, 이보호, "폴리이미드막표면위에 경사진 자외선 조사를 이용한 네마틱 액정의 배향에 관한 연구", 전기전자재료학회지 **10**권, 461 (1997).