직선편광된 UV광을 폴리이미드막에 조사한 경우의 프리틸트각의 발생과 편광성분의 상호관계

서 대 식, 박 두 석, 한 정 민
숭실대학교 공과대학 전기공학과

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

Dae-Shik Seo, Doo-Seok Park, and Jeong-Min Han
Dept. of Electrical Eng., Soongsil University

Abstract - In this paper, we investigated the generation of pretilt for nematic liquid crystal (NLC) in a cell with linearly polarized ultraviolet (UV) light irradiation on polyimide (PI) surface. The pretilt angle of the NLC increases with increasing the incident angle in the cells with S-wave polarized UV light irradiation on PI surface. It is considered that the pretilt angle of the NLC increased due to decreasing the UV light intencity. We suggest that the pretilt angle of the NLC is attributed to asymmetry triangular of the polymer surface with S-wave polarized UV light irradiation on PI surface. Also, we consider that the asymmetry triangular of the polymer not formed with P-wave polarized UV light irradiation on PI surface. Therefore, the pretilt angle of the NLC is attributed to asymmetry triangular of the polymer surface with UV light irradiation on PI surface.

1. 서 론

LCD의 액정배향법으로는 러빙처리법이 많이 사용되고 있으며 이 방법은 배향처리가 간편하며 비교적 안정된 배향이 실현되어 현재 거의 이 방법을 사용하고 있다.[1,2] 그러나, 러빙처리법은 섬유질과 고분자막 표면이 직접적으로 접촉하기 때문에 이 과정에서 생기는 먼지나 오물에 의한 기판 표면의 오염과 이를 위한 세척공정이 추가되며, 정전기를 발생시켜 LCD 소자의 표시품질을 저하시키는 직접적인 원인이 되고 있다.[3] 따라서 최근 직접 러빙을 하지 않고 액정분자를 배향시키는 넌러빙처리법에 대한 기술이 요구되고 있다. 이러한 넌러빙 배향처리법은 단분자를 Langmuir-Blodgett(LB)법을 이용하여 액정분자를 한 쪽 방향으로 배열시키는 폴리이미드 (PI)-LB 법에 관한 연구로부터 시작되어 그 중요성이 인식되게 되었다.[4]

넌러빙법의 한 종류인 광배향법은 여러종류의 광반응현상을 이용하고 있으며, 고분자막 표면에 편광되지 않은 UV광을 경사지게 조사하여 균일한 액정배향의 실현을 Yamamoto 등이 보고하였다.[5] 최근, 본 연구그룹은 폴리이미드막 표면위에 편광되지 않은 UV광을 경사지게 조사시킨 셀에서 균일한 액정배향을 얻을 수 있었으며, 프리틸트각을 3° 이상을 실현한 것을 보고하였다.[6,7]

본 연구에서는 폴리이미드막에 직선편광된 S파 및 P파성분의 UV광을 경사지게 조사한 경우의 네마틱액정배향과 프리틸트각의 발생에 관하여 연구하였다

2. 본 론

2.1 실 험

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

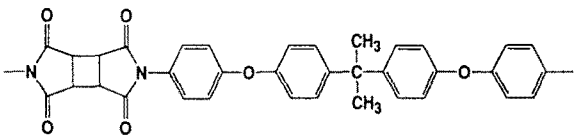
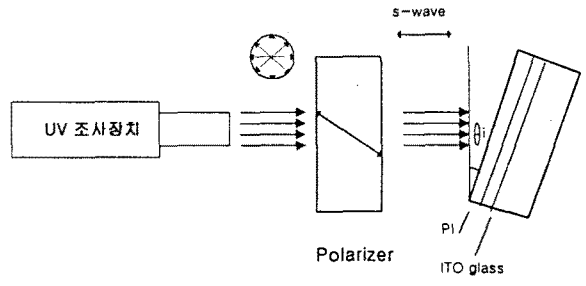


Fig.1. The used molecular structure of the polymer.
그림1. 실험에 사용한 폴리머의 분자구조.

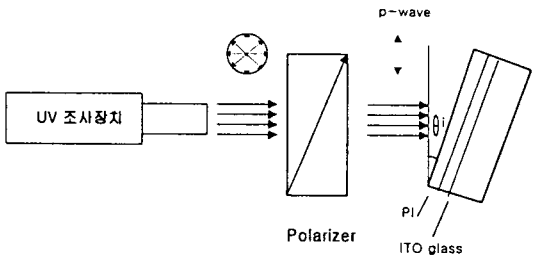
그림 2에 실험에 사용한 편광된 UV광의 조사장치의 개략도를 나타내었다. UV광원의 파장은 365㎚이며, 기판과의 거리는 30㎝이다. UV광원은 1㎾ 출력의 광원을 사용하였다. UV광의 조사시간은 30분으로 하였다. UV광조사에 있어서 편광자는 수직,수평성분을, 그리고 편광자없이 경사진 조사를 이용하였다.

액정셀의 제작은 UV광 조사의 입사방향을 기준으로 하여 서로 반대 방향으로 마주보게 셀을 제작(anti-parallel structure)하였으며 두께는 약 60㎛로 하였다. 사용한 액정은 불소계열의 혼합형 네마틱 액정(네마틱-등방상태의 상전이 온도 T_c=87℃) 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.



(a) S-wave polarized



(b) P-wave polarized

Fig. 2. A schematic diagram of UV light irradiation system.
그림 2. UV 광조사 시스템.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 편광되지 않은 UV광을 경사조사한 경우

그림3에 폴리이미드막에 편광되지 않은 UV광을 경사조사한 경우의 셀에서의 네마틱액정의 프리틸트각발생을 나타내었다. 그림3에 나타낸 바와같이 입사각도가 75° 까지는 프리틸트각이 작은 경향을 나타내고 있으며, 80° 이상에서는 약 1° 정도 발생하였다.편광현미경을 사용하여 위의 액정셀을 관찰한 결과 작은 크기의 도메인이 발생하는 것을 알 수 있었다.

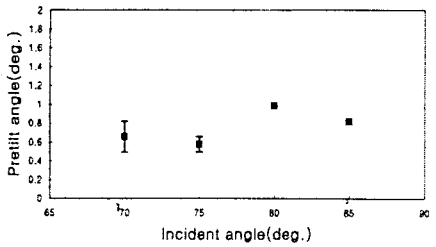


Fig. 3. The generation of pretilt in NLC with oblique non-polarized UV light irradiation on PI surface as a function of incident angle.
그림 3. 폴리이미드막에 편광되지않은 경사진 UV광조사를 이용한 셀에서의 네마틱액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성.

2.2.2 편광방향을 기판과 수평으로 입사(S파 성분)한 경우

경사진 기판에 수평방향으로 직선편광된(S파성분) UV광조사시의 (그림2(a)) 네마틱액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성을 그림4에 나타내었다. 액정의 프리틸트각은 입사각도가 60° 까지는 프리틸트각은 작은 값을 나타내었다. 그리고 75° 에서 약 1.4° 가 발생하였으며, 80° 부터는 감소하는 경향을 나타내었다.

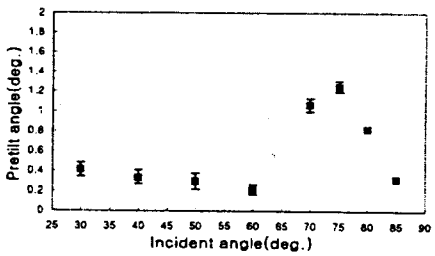
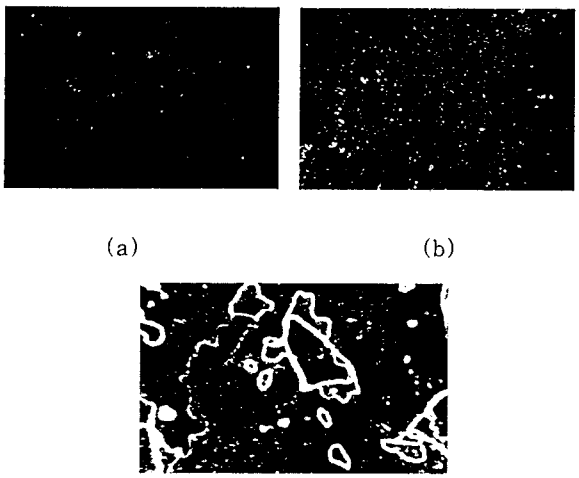


Fig. 4. The pretilt angle of aligned NLC with S-wave polarized UV light irradiation on PI surface.
그림 4. 폴리이미드막에 직선편광된 S파 성분의 UV광 조사시의 프리틸트각의 입사각도 의존성.

그림5에 폴리이미드막에 직선편광된 S파성분의 UV광을 조사시킨 셀에서의 네마틱액정의 편광 현미경사진을 나타내었다. 입사각도가 60° 및70° 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 광분해가 일어나고, 직교방향으로 분해가 일어나지않은 알킬기가 상대적으로 많기 때문에 그 방향으로 액정분자가 배열한다고 생각할 수 있다. 그리고 편광방향과 직교방향에 있어서 거리에 따른 비대칭 삼각형구조가 형성됨으로써 프리틸트각이 발생하는 것으로 생각할 수 있다. 즉, 프리틸트의 발생은 UV광조사에 따른 비대칭적인 폴리머의 삼각구조와 액정분자와의 상호작용에 기인한 것으로 생각할 수 있다.



(a) (b)

(c)

Fig. 5. The microphotographs of aligned NLC in the cells with S-wave polarized UV light irradiation on PI surface(in crossnicols) at 30min.
(a) incident angle of 60° .
(b) incident angle of 70° .
(c) incident angle of 80° .

그림 5. 폴리이미드막에 직선편광된 S파 성분의 UV광을 30분 조사한 네마틱액정의 편광현미경 사진.
(a) 입사각도 60° ; (b) 입사각도 70° ;
(c) 입사각도 80° .

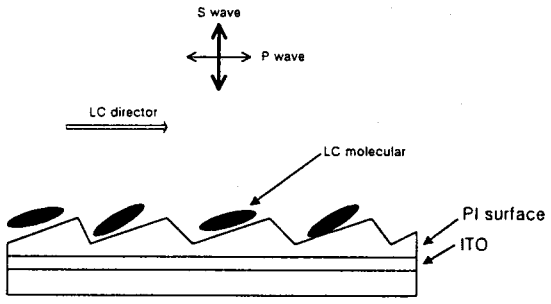


Fig. 6. The LC alignment with an oblique S-wave polarized UV light irradiation on PI surface.

그림 6. 직선편광된 S파성분의 UV광을 폴리이미드막에 조사시의 액정분자의 배열.

2.2.3 편광방향을 기판과 수직으로 입사(P파성분)한 경우

그림 7에 폴리이미드막에 직선편광된 P파성분의 UV광 조사시의(그림2(b))네마틱 액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성을 나타내었다. 그림7에 나타낸바와 같이 프리틸트각은 입사각도가 75° 까지는 약0.5° 정도를 나타내며, 80° 이상에서는 약1° 정도를 나타내었다. 이것은 P파성분의 UV광의 입사각도에 따라서 조사되는 에너지의 차에 의한 것으로 생각할 수 있다.

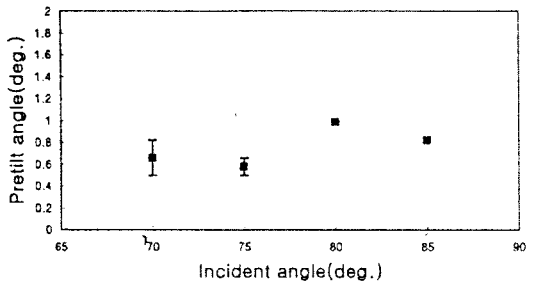


Fig. 7. The pretilt angle versus incident angle in NLC with P-wave polarized UV light irradiation on PI surface.

그림 7. 폴리이미드막에 P파성분의 UV광 조사시의 네마틱 액정의 프리틸트각의 입사각도 의존성

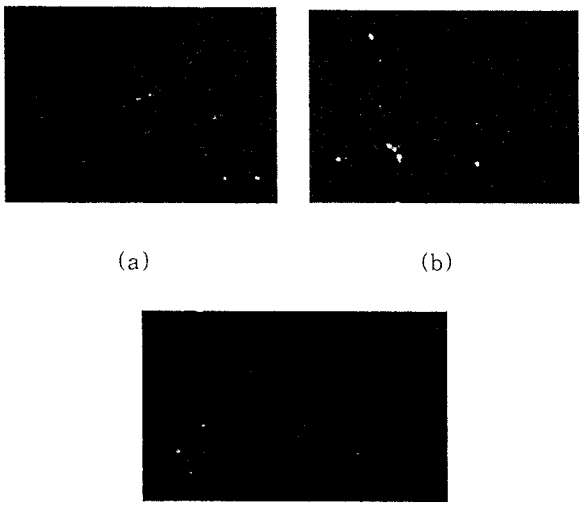


Fig. 8. The microphotographs of aligned NLC in the cells with P-wave polarized UV light irradiation on PI surface at 30min (in crossnicols).
(a) incident angle of 60° ;
(b) incident angle of 70° ;
(c) incident angle of 80° .

그림 8. 폴리이미드막에 P파 성분의 UV광을 30분 조사시의 네마틱액정의 편광현미경사진.
(a) 입사각도 60° : (b) 입사각도 70° :
(c) 입사각도 80°

그림8에 P편광된 UV광을 폴리이미드막에 30분간 조사시의 편광현미경사진을 나타내었다. 경사각도가 60° ,70° , 그리고 80° 의입사각도에서 모두 균일한 네마틱액정의 배향이 실현되는 것을 알 수 있다. 그림9에 P편광된 UV광을 폴리이미드막에 조사시의 액정분자의 배열을 나타내었다. 액정분자는 P파성분의 직교방향으로 배열되는 것을 알 수 있다.

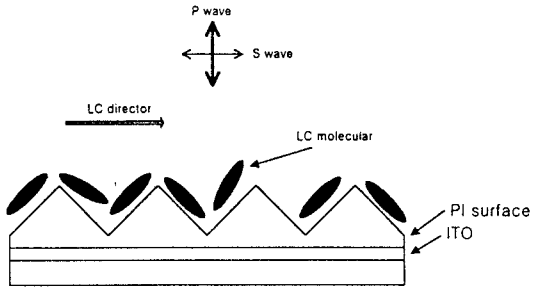
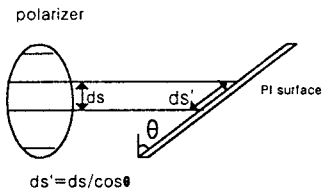


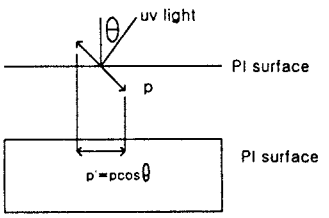
Fig. 9. The LC alignment with an oblique P-wave polarized UV light irradiation on PI surface.

그림 9.P파성분의 UV광을 폴리이미드막에 조사시의 액정분자의 배열.

S파성분과 P파성분을 경사를 주지 않은 상태에서 조사를 하면 기판에 대해서는 S파, P파가 모두 같고 폴리머를 대칭적으로 광분해시키게 된다. 그림 10(a)와 같이 S파를 경사 조사한 경우 폴리이미드표면에 도달하기 전의 편광된 UV광 사이의 거리 ds는 폴리이미드표면에 조사될 때의 거리 ds′와 $ds' = ds/\cos\theta$의 관계로 표현할 수 있다. 이 거리의 차에 의해서 폴리머는 그림6과 같이 비대칭적인 분해를 일으키게 되고 S파성분과 직교방향으로 액정분자는 균일한 방향의 프리틸트를 가지고 배열된다. 그림 10(b)와 같이 P파성분을 경사조사시키면 폴리이미드표면에 도달하기 전과 도달한 후의 거리 dp와 dp′는 변함이 없지만 각각의 편광된 UV광은 기판에 도달할 때 $\cos\theta$를 곱한 것 만큼의 에너지밀도가 감소하게 되고 폴리머를 대칭적으로 광분해시키게 되며 P파성분과 직교방향으로 액정분자가 배열한다. 즉 그림.9와 같이 비대칭적 삼각구조가 형성되지 않고, 프리틸트각의 발생이 감소된다. 그리고, 그림 5에 있어서는 S파성분을 80° 로 조사한 것으로 disclination이 발생하고 있으며 이것은 경사를 주지 않을 때보다 거리 d가 5.75배 증가함으로써 광분해가 감소하여 프리틸트는 발생하지만 배향질서가 감소하는 것으로 생각할 수 있다.



(a) S-wave polarized



(b) P-wave polarized

Fig. 10. Two component of polarized UV light irradiation on PI surface.
(a) S-wave polarized UV light on PI surface :
(b) P-wave polarized UV light on PI surface.
그림 10. 직선편광된 UV광을 폴리이미드 표면에 조사.
(a) S파성분 : (b) P파성분.

3. 결 론

본 연구에서는 S파 및 P파 성분의 UV광을 폴리이미드막에 각각 경사조사시의 네마틱 액정의 배향효과 및 프리틸트각 발생에 관하여 연구하였다. 폴리이미드막에 편광된 S파성분의 UV광을 경사조사한 경우, 네마틱 액정의 프리틸트각은 입사각도가 작을 때에는 작은 경향을 나타내었다. 그리고 UV광의 경사각도가 75° 에서 프리틸트각은 약 1.4° 발생하였다. 즉, S파성분의 UV광을 폴리이미드막에 경사조사한 경우 프리틸트각은 UV광조사에 따른 폴리머의 비대칭 삼각구조가 형성되어 발생한 것으로 생각할 수 있다. 또한 P파성분의 UV광을 폴리이미드막에 경사조사한 경우 프리틸트각은 작은 경향을 나타내었으며 이것은 폴리머의 비대칭 삼각구조가 잘 형성되지 않기때문인 것으로 생각할 수 있었다. 즉, UV광의 조사에 따른 폴리머의 비대칭 삼각구조가 프리틸트각의 발생에 크게 기여하고 있슴을 알 수 있었다.

본 연구는 산업자원부 및 과학기술부에서 시행한 국가선도기술개발사업(차세대 평판표시장치기반기술 개발사업)의 일부 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

[1] T. Sugiyasma, 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)
[2] 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. **213**, 223 (1992)
[3] 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. **264**, 23 (1995)
[4] D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohi-Ide, and S. Kobayashi, "Alignment of nematic liquid crystal(5CB) on the treated substrates : characteriztion of orientetion films, generation of pretilt angles, and surface anchoring strength", Mol. Cryst. Liq. Cryst. **224**, 13 (1993)
[5] T. Yamamoto, M. Hasegawa, and H. Hatoh, " Liquid-crytal alignment by slantwise irradiation of non-polarized UV light on a polyimide layer", SID digest paper, 642 (1996)
[6] 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. Cryst. **23**, 923 (1997)
[7] 서대식, 황율연, 이보호, "폴리이미드막표면위에 경사진 자외선 조사를 이용한 네마틱 액정의 배향에 관한 연구", 전기전자재료학회지 **10**, 461 (1997)