

## 경사진 자외선조사를 이용한 셀의 프리틸트각의 입사각도 의존성

### Liquid crystal alignment and pretilt angle generation using oblique UV light irradiation on polymer surface

서대식 송실대학교 공과대학 전기공학과  
한정민\* 송실대학교 공과대학 전기공학과  
황울연 한국전자 LCD 사업부 개발 그룹  
박두석 송실대학교 공과대학 전기공학과  
박태규 송실대학교 공과대학 전기공학과

Dae-Shik Seo Dept. of Electrical Eng., Soongsil University  
Jeong-Min Han\* Dept. of Electrical Eng., Soongsil University  
Lyul-Yeon Hwang Development group L.C.D. Division, Korea Electronics Co., Ltd.  
Doo-Seok Park Dept. of Electrical Eng., Soongsil University  
Tae-Kyu Park Dept. of Electrical Eng., Soongsil University

#### Abstract

In this study, we investigated the generation of pretilt angle for nematic liquid crystal (NLC) in a cell with oblique non-polarized ultraviolet (UV) light irradiation on polyimide (PI) surfaces. It was found that the monodomain alignment of the NLC is obtained in a cell with an angle of incidence of 70~85° on PI surface. We consider that the monodomain alignment of NLC is attributed to anisotropic dispersion force effect due to photo-depolymerization of polymer on PI surfaces. Also, pretilt angle of NLC is generated about 3° with an angle of incidence of 70~75°. It is considered that the pretilt angle generation in NLC is attributed to interaction between the LC molecules and the polymer surfaces.

#### 1. 서 론

최근 휴대용 정보기기나 노트북 PC등에서 사용이 증가하고 있는 액정디스플레이(LCD : liquid crystal display)소자의 제조공정에 있어서 고체기판위에 액정분자를 균일하게 배열시키는 액정배향기술은 LCD의 전기광학특성 등을 좌우할 뿐만 아니라 소자의 성능 향상에도 매우 큰 기여를 하고 있다.

액정배향이란 액정분자를 일정하게 배열시키기 위해서는 고분자막 표면에 이방성을 주는 것이라고 할 수 있다. 또한 기판 표면 위에 액정분자가 기판표면과 이루는 경사진 각도를 프리틸트각 (pretilt angle)이라고 하는데 이 프리틸트각은 TN(twisted nematic)-LCD 소자에 있어서 분자도메인의 불연속으로 인한 디스클리네이션 (reverse tilted disclination) 등의 결함을

방지하는 역할을 할 뿐만 아니라 소자의 특성을 좌우하는 중요한 역할을 하고 있다.<sup>1-6)</sup>

LCD의 액정배향법으로는 일반적으로 러빙처리법 (rubbing treatment)이 많이 사용되고 있으며 이것은 고분자막 위를 섬유질 등으로 한 쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배향시키는 방법이다. 이 러빙처리법은 배향처리가 간단하며 비교적 안정된 배향을 얻을 수 있을 뿐더러 대량생산에 매우 적합하므로 현재 LCD제조공정에서 거의 이 방법을 사용하고 있다. 그러나, 러빙처리법은 섬유질과 고분자막 표면이 직접적으로 접촉하기 때문에 이 과정에서 생기는 먼지나 오물에 의한 기판 표면의 오염과 이를 위한 세척공정이 추가되며, 또한 최근 많이 사용되고 있는 TFT(thin film transistor)-LCD의 TFT소자를 파괴하는 정전기를 발생시켜 LCD

소자의 표시품질을 저하시키는 직접적인 원인이 되고 있다. 따라서 최근 직접 러빙을 하지 않고 액정분자를 배향시키는 너러빙처리법에 대한 기술이 요구되고 있다.<sup>7)</sup>

이러한 너러빙 액정배향처리법은 폴리이미드 (PI)를 Langmuir-Blodgett (LB)법을 이용하여 액정분자를 한 쪽 방향으로 배열시킨 PI-LB 법에 관한 연구로부터 시작되어 그 중요성이 인식되게 되었다.<sup>8)</sup>

너러빙처리법의 하나인 광배향법으로는 Hasegawa 등이 제시한 연구되어 제시된 폴리이미드막 표면 위에 편광된 UV광을 조사시켜 편광된 방향과 직교 방향으로 액정분자를 배열시키는 광분해에 의한 액정배향법 등이 있으며<sup>9)</sup>, Yamamoto연구 그룹에 의하여 고분자막 표면에 편광되지 않은 UV광을 경사지게 조사하여 균일한 액정배향을 얻은 것이 보고 되었다<sup>10)</sup>. 최근, 본 연구그룹은 폴리이미드막 표면 위에 편광되지 않은 UV광을 경사지게 조사시킨 액정셀에서 균일한 액정배향을 얻을 수 있었으며, 액정의 프리틸트각이 3° 이상 발생시키는데 성공하였다.<sup>11)</sup>

본 연구에서는 편광되지 않은 UV광을 폴리이미드막에 조사하여 UV광의 입사각도와 프리틸트각의 발생과의 관계에 대하여 연구하였다.

## 2. 실험

본 연구에서는 UV광의 입사각도와 프리틸트각 발생의 상호의존성을 연구하였다. 이 실험에는 그림 1에 나타낸 것과 같은 측쇄기를 가지는 폴리머를 사용하여 폴리이미드막을 제조하였다(Nissan Chemical Industries Co., Ltd. 제공). 배향막은 ITO 전극이 형성된 유리기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 배향제를 코팅한 후, 핫플레이트에서 80℃로 10분간 열처리후 다시 250℃의 오븐에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다.

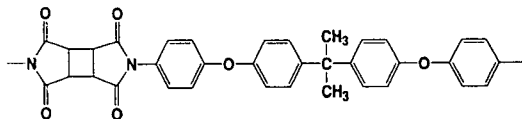


그림 1. 실험에 사용한 폴리머의 구조.

Fig. 1. The molecular structure of the polymer.

그림 2에서는 폴리이미드막 표면위에 UV광을 경사지게 조사시키는 방법을 나타내었다. UV광의 파

장 영역은 365nm이고, 광원은 1kW 출력의 UV램프를 사용하였다. UV광은 1시간과 2시간을 조사하였으며, 램프와 기판과의 거리는 30cm 이다.

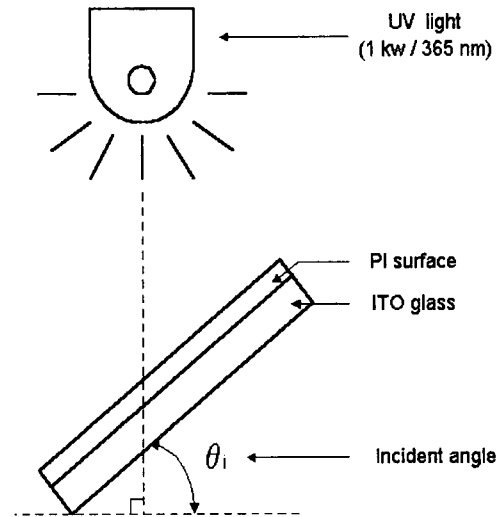


그림 2. 사용된 UV광 조사 장치의 개략도.

Fig. 2. Schematic diagram of used UV light irradiation system.

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

액정배향의 상태를 평가하기 위하여 편광현미경을 사용하여 배향상태를 관찰하였다. 그리고, 네마틱 액정의 프리틸트각은 결정회전법 (crystal rotation method)<sup>12)</sup>을 이용하여 실온에서 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 3에 경사진 UV광을 조사시킨 셀의 편광현미경 사진을 나타내었다. 편광현미경 관찰시 2개의 편광자를 직교상태(crossnicols)상태로 두고 그 사이에 액정셀을 두었다. 그림 3과 같이 80° 에서 2시간 UV광을 조사한 셀에서는 균일한 배향이 얻어지는

것이 관찰되었다. 경사지게 UV광을 조사한 액정셀에서의 액정배향은 폴리이미드막 표면에 UV광의 조사와 함께 폴리머의 부분절단이 이루어짐으로써 광학이방성이 발생하고, 그방향으로 액정분자가 배열하는 것으로 생각 할 수 있다.<sup>11,13)</sup>

그림 4는 결정회전법을 이용하여 측정한 액정셀에서의 입사각도와 투과율과의 관계를 나타낸 그래프이며 그림 4(a)는 UV광 조사각도 75° 일때의 결과로서 대칭축이 중심에서 이동되어 있으며 이를 계산하면 약 3° 정도의 값이 얻어지는 것을 알 수 있으며 그림 4(b)는 UV광 조사각도 80° 일때의 결과이며 역시 중심에서 이동되어 있음을 알 수 있다. 그림 4. (b)를 통해서 프리틸트각을 계산하면 약 2° 이다. 이러한 결과를 바탕으로 입사각도와 시간을 변화시킨 셀에서의 프리틸트각의 발생을 그림 5에 나타내었다. 그림 5(a)는 1시간 UV광을 조사하였을때의 결과로 비교적 낮은 UV광의 조사 각도에서 액정의 프리틸트각이 발생했음을 알 수 있으며 그림 5(b)는 2시간 UV광을 조사하였을 때의 조사각도에 따른 프리틸트각의 발생의 결과로서 비교적 높은 입사각도에서 프리틸트각이 발생했음을 알 수 있다.

이러한 결과로부터 경사지게 UV광을 조사한 폴리이미드막에서의 프리틸트각의 발생은 UV광의 조사에 따른 폴리머의 부분절단이 이루어져 액정분자와 폴리머의 표면구조와의 상호작용에 기인한 것으로 생각 할수 있으며, 이것은 배제체적효과가 크게 기여하고 있는 것으로 생각 할수 있다. 또한 시간이 증가함에 따라 높은 각도에서 프리틸트각이 발생하는 것은 폴리이미드막 표면에 도달하는 편광되지 않은 UV광의 에너지 밀도가 각도의 증가에 대해서  $\cos \theta$ 의 관계로 감소하기 때문에 UV광의 입사각도 80° 에서 75° 와 같은 양의 UV광을 조사시키기 위해서는 약 1.4배정도의 시간이 더 필요하기 때문이라고 생각된다. 즉 상대적으로 많은 에너지를 받는 75° 에서는 조사시간이 짧아지지만, 80° 에서는 75와 유사한 효과를 내기 위해서는 보다 많은 조사시간을 필요로 하기 때문이다.

이러한 광배향법을 이용한 액정배향기술은 LCD소자에 있어서 폴리이미드막을 직접적으로 마찰하면서 기

계적으로 문지르는 러빙처리법에 대신할 수 있는 너러빙처리에 의한 액정배향으로 기대가 크다고 할수 있다.

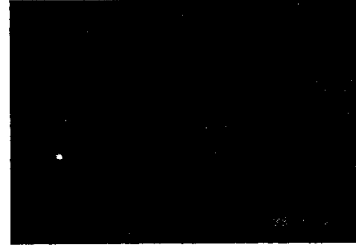
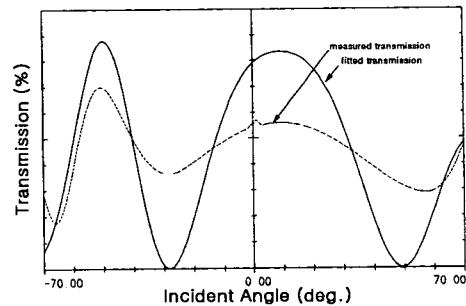
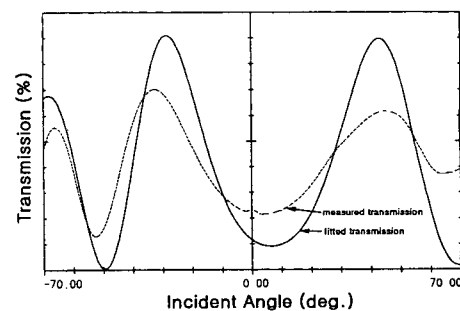


그림 3. 폴리이미드막에 편광되지 않은 경사진 UV광을 조사시킨 셀의 네마틱 액정의 편광현미경 사진 (2시간 조사에 입사각도가 80° 인 경우).

Fig. 3. The microscopic textures of aligned NLC in a cell with oblique non-polarized UV light irradiation on polyimide surface (in crossnicols) ; 2 h., incident angle of 80° .



(a)



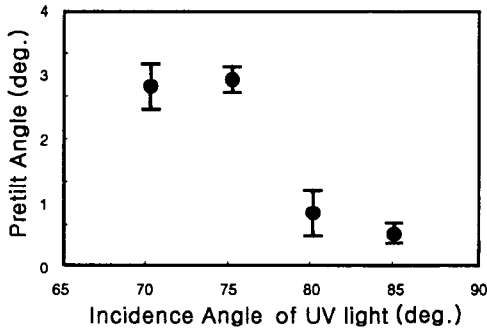
(b)

그림 4. 액정의 프리틸트각의 측정에 있어서 투과율과 입사 각도와의 관계.

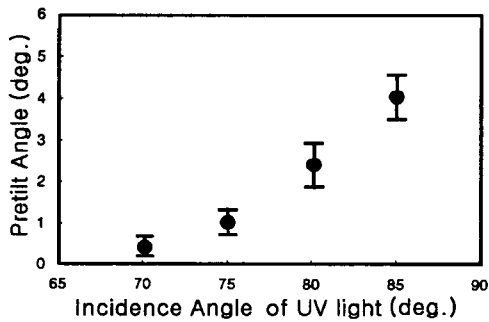
(a) 1시간 조사에서 UV광의 입사 각도가 75° 일 때 ;  
(b) 2시간 조사에서 UV광의 입사 각도가 80° 일 때

Fig. 4. The transmission versus incident angle on pretilt angle measurement.

- (a) 1 h., incident angle of 70° ;  
 (b) 2 h., incident angle of 85°



(a)



(b)

그림 5. 네마틱 액정의 프리틸트각의 UV광의 입사각도 의존성.

- (a) 1시간 조사; (b) 2시간 조사

Fig. 5. The pretilt angle of NLC versus incident angle on PI surfaces.

- (a) 1 h. ; (b) 2 h.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 폴리이미드막 표면에 UV광을 경사지게 조사시킨 셀에서의 프리틸트각의 UV광의 조사각도와 조사시간에 따른 의존성을 연구 하였다. UV광을 경사지게 조사시킨 셀에서의 균일한 배향은 UV광 조사에 따른 폴리머의 부분절단이 이루어짐으로써 광학이방성이 발생하고, 그 방향으로 액정 분자가 배열하는 것을 알 수 있었으며 또한 이러한 UV광을 조사시킨 셀에서의 배향은 조사각도와 시간에 따라서 관계가 있음을 알 수 있었다. 그리고 액정의 프리틸트각은 1시간 조사시에는 UV광의 입

사 각도가 75° 에서 약 3° 가 발생하였으며 2시간 조사시에는 80° 에서 약 2° 가 발생하였다. 이것은 UV광의 조사에 따른 폴리머의 부분절단으로 인한 액정분자와 폴리머의 표면구조와의 상호작용으로 인한 것으로 배체체적효과가 기여한 것으로 생각할 수 있다.

#### 감사의 글

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

#### 참고 문헌

- [1] M.Schadt and W.Helfrich, *Appl. Phys. Lett.* **18**, 127 (1971).
- [2] J. Cognard, *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Supplement*, **1** (1982)
- [3] T. Sugiyasra, S. Kuniyasu, D.-S. Seo, H. Fukuro, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **29**, 2045 (1990).
- [4] D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **213**, 223 (1992)
- [5] D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 2392 (1992)
- [6] D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M.Nishikawa, and Y. Yabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 4896 (1995).
- [7] H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yoshida, K. Fujibayashi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **264**, 23 (1995)
- [8] D.-S. Seo, H. Matuda, T. Ohi-Ide, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **224**, 13 (1993)
- [9] M. Hasegawa and Y. Taira, *SID digest paper*, **213** (1994).
- [10] T. Yamamoto, M. Hasegawa and H. Hatoh, *SID digest paper*, 642 (1996).
- [11] 서대식, 황울연, 이보호, *전기전자재료학회지* **10**, 461 (1997).
- [12] T. J. Scheffer and Y. Nehring, *J. Appl. Phys.* **48**, 1783 (1977).
- [13] D.-S. Seo, L.-Y.Hwang, and S.Kobayashi, *Liquid Crystals* **22** (1997).