

광배향기술을 이용한 액정배향의 기구 및 폴리이미드의 분자구조가 프리틸트각에 미치는 영향

Liquid Crystal Alignment and Generation of Pretilt Angle by Using Photo-alignment Techniques on Different Polymer Molecules

황율연* 송실대학교 공과대학 전기공학과
이창훈 송실대학교 공과대학 전기공학과
박지호 송실대학교 공과대학 전기공학과
서대식 송실대학교 공과대학 전기공학과

Lyul-Yeon Hwang* Dept. of Electrical Eng., Soongsil University
Chang-Hoon Lee Dept. of Electrical Eng., Soongsil University
Ji-Ho Park Dept. of Electrical Eng., Soongsil University
Dae-Shik Seo Dept. of Electrical Eng., Soongsil University

Abstract

In this paper, we investigated the liquid crystal(LC) alignment and generation of pretilt angle by using photo-alignment techniques on two kinds of polyimide(PI) surface. It was found that the uniform alignment for nematic(N) LC is obtained in a cell with slanted UV light irradiation on PI surface without side-chain. We successfully observed that the pretilt angle of NLC is generated about 3.3 degrees in a cell with an incidence angle of 70 degrees on PI surface without side chain. It is considered that the pretilt angle generation in NLC is attributed to interaction between the LC molecular and the polymer.

1. 서 론

정보통신시대에서의 정보기기는 휴대가 용이하고 전력소모가 적어야 된다. 평판디스플레이(Flat panel display) 중에서 LCD는 경박단소이고 전력소모가 적기 때문에 가장 많이 사용되고 있다. 이러한 LCD에 있어서 고체기판위에 액정분자를 균일하게 배열시키는 액정배향은 LCD의 전기광학 특성 등에 중요한 역할을 담당하고 있다.

액정배향에 있어서 액정분자를 일정하게 배열시키기 위해서는 반드시 고분자막 표면에 이방성을 주는 것이 필요하다. 그리고 고체 기판 표면 위에 액정 분자의 경사진 각도를 나타내는 액정의 프리틸트각(pretilt angle)은 TN(twisted nematic)-LCD 소자에 있어서 도메인의 불연속, 즉 역방향으로 기울어진 도메인을 나타내는 디스클리네이션(disclination) 등의 결함을 방지하는 역할을 하며, 소자의 응용에 중요한 기여를 하고 있다.

LCD의 액정배향방법으로는 고분자막 위를 섬유

질 등으로 한 쪽 방향으로 문지름으로써 그 방향으로 액정분자를 배열시키는 방법인 러빙처리법(rubbing treatment)이 있다.¹⁻³⁾ 이 러빙처리법은 배향처리가 간편하고, 배향이 안정하며, 대량생산에 적합하여 LCD 제조 공정에는 현재까지 거의 이 방법이 쓰이고 있다. 그러나, 이 방법은 러빙시에 발생하는 먼지나 정전기⁴⁾ 등으로 인하여 이전부터 너러빙처리법(non-rubbing treatment)에 의한 액정배향 기술이 요구되어 왔다. 최근, Hasegawa 등에 의하여 폴리이미드막 기판 표면 위에 편광된 자외선(UV)을 조사시켜 편광된 방향과 직교 방향으로 액정분자를 배열시키는 광분해법에 의한 액정배향기술이 제안되었다.⁵⁾

본 연구에서는 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV 광을 조사시켜 액정분자를 균일하게 한 쪽 방향으로 배열시킬 수 있는 너러빙처리에 의한 액정배향 기술을 이용한 액정셀의 제작과 액정배향 상태의 평가, 그리고 프리틸트각의 발생 등에 관하여 검토하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용한 폴리이미드는 분자구조가 다른 2 종류의 폴리이미드를 사용하였다. 사용한 2 종류의 폴리이미드의 분자구조를 그림 1에 나타내었다. PI-A는 극성이 강한 CONH기를 가지고 있으며 측쇄(side chain)가 없는 주쇄(mainchain)형의 폴리이미드이다. PI-B는 측쇄기를 가지고 있으며 극성이 중간정도의 폴리이미드이다.

ITO 전극이 형성된 유리기판 위에 스펀 코팅법을 이용하여 배향제를 균일하게 코팅한 후, 오븐에서 250 °C에서 1시간 동안 열처리하여 폴리이미드막을 제작하였다. 폴리이미드막 위에 경사진 UV 광을 조사하는 방법을 그림 2에 나타내었다. 광원은 자외선 램프를 사용하였으며 UV 광의 파장 영역은 365 nm이며, UV 광의 조사시간은 3시간이다. 램프와 기판과의 거리는 30 cm 이다. 액정셀의 제작은 UV 광 조사의 입사각을 기준으로 서로 반대 방향으로 셀을 제작하고 두께는 약 50 μm로 조절하여 셀을 제작하였다.

사용한 액정은 mixture된 네마틱 액정 ZLI-4792(Tc=91 °C)이며 110 °C로 조절된 핫 플레이트 위에서 등방(isotropic) 상태에서 주입하고 30 분간 유지한 후, 냉각시켜 네마틱 액정상태로 하여 액정셀을 완성하였다. 그리고 UV 광을 조사시켜 제작한 액정셀과 러빙처리한 액정셀과의 프리틸트각을 비교하기 위하여 러빙처리한 액정셀을 제작하였다. 사용한 러빙조건은 섬유질의 표면과 기판과의 접촉 거리인 M이 0.5 mm이고, RS는 262 mm이다. 그리고, 사용한 러빙회수는 1회이다. 액정배향의 상태를 평가하기 위하여 편광현미경을 사용하였다. UV 광을 조사한 액정셀의 배향기구를 규명하기 위하여 배향막 표면의 광학리타데이션을 측정하였다. 네마틱 액정의 프리틸트각은 결정회전법(crystal rotation method)을 이용하여 실온에서 측정하였다.

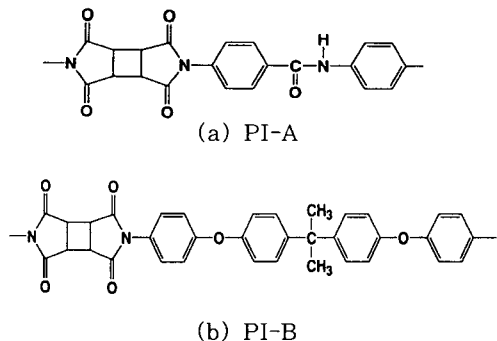


그림 1. 사용한 2종류의 폴리이미드의 구조
Fig. 1. The molecular structure of two kinds of the polymer

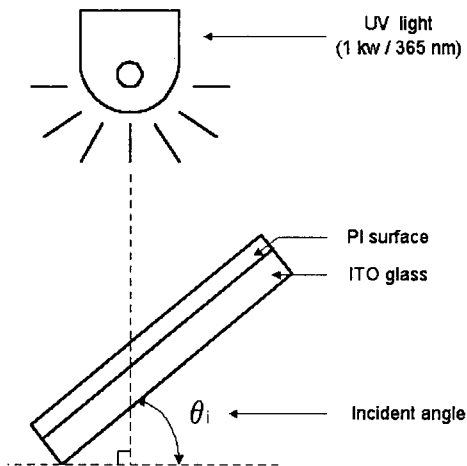


그림 2. 사용된 UV 조사 장치
Fig. 2. The Used UV light irradiation system

3. 결과 및 고찰

그림 3은 2 종류의 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV 광을 조사시킨 액정셀의 네마틱 액정의 편광 현미경 사진을 나타낸다. 편광현미경의 관찰은 2개의 편광자를 직교로 하고 그 사이에 액정셀을 둔 상태에서 액정배향 상태를 평가하였다. 그림 3(a)에서 보는 바와 같이 측쇄를 가지지 않는 폴리이미드막(PI-A) 표면 위에 70°로 경사진 UV 광을 조사시켜 제작된 액정셀의 네마틱 액정의 배향상태는 매우 양호하며, 액정셀 전체에서 균일한 액정배향을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 그리고, 액정의 프리틸트각이 작을 때에 나타나는 디스클리네이션 등의 결함이 없는 균일한 배향을 얻을 수 있다. 그러나, 그림 3(b)에서 보는 바와 같이 측쇄를 가진 폴리이미드막(PI-B)에 UV 광을 80°로 조사시킨 액정셀에 있어서는 배향상태도 균일하지 못하며 디스클리네이션 관찰되었다. PI-A와 PI-B에서의 조사각도 70°와 80°는 각각의 폴리이미드막에서 좋은 배향상태와 프리틸트각이 발생하는 UV 광의 입사각도였다. 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV 광을 조사시킨 셀에서의 배향기구를 규명하기 위하여 광학리타데이션을 측정할 결과 PI-A 막에 UV 광을 70°로 입사시킨 배향막에서 UV 광의 입사방향으로 약 0.05 deg를 나타내었다. 이것은 같은 배향막을 러빙처리한 경우의 0.3 deg보다는 약 10분의 1정도이나 광학이방성을 나타내는 것을 확인하였다.

즉, 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV 광을 조사시킨 액정셀에서의 액정배향은 UV 광 조사에 따른 고분자의 부분절단으로 광학이방성이 발생하고, 이방성 분산력이 균일한 액정배향에 기여하는 것으로 생각할 수 있다.

그림 4는 2 종류의 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각과 UV 광의 입사 각도와 의 관계를 나타내었다. 측쇄를 가지지 않는 폴리이미드막(PI-A)에 있어서 UV 광의 입사 각도가 70° 일 때 액정의 프리틸트각이 3° 이상의 가장 큰 프리틸트각을 얻을 수 있었다. 그리고, 같은 배향막을 러빙처리한 액정셀에 있어서는 액정의 프리틸트각이 약 4° 정도로 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한, 측쇄를 가진 폴리이미드막(PI-B)에 있어서는 UV 광의 입사각도가 80° 에서 액정의 프리틸트각이 약 1° 정도 발생하는 것을 알 수 있었다. 이 결과들로부터 폴리이미드막 표면에 UV 광을 경사지게 조사시킨 액정셀에서는 일반 폴리이미드에서의 러빙처리법과는 달리 측쇄를 가지지 않는 폴리이미드막에서 큰 프리틸트각을 얻을 수 있었다.

이것은 UV 광의 입사 각도에 따라서 폴리이미드 표면으로부터 UV 광의 조사와 함께 고분자의 부분절단이 증가하여 액정분자가 그 방향으로 배열 하는 확률이 증가하여 프리틸트각이 증가한 것으로 생각할 수 있다. 즉, UV 광의 입사 각도가 클수록 액정의 프리틸트각이 증가하는 것은 기판면에 대하여 조사되는 UV 광의 입사 각도가 클수록 UV 광의 입사 각도와 수직인 폴리머가 수평한 폴리머 보다 광분해가 많이 일어나기 때문인 것으로 생각된다. UV 입사 각도가 기판에 대해서 법선 방향으로 조사될 때는 흡수율의 차이가 없이 등방성이다. 그러나, UV 입사 각도가 클수록 흡수율의 차가 발생한다. S 편광축보다 P 편광축이 흡수율이 커지고 이에 따라서 광분해 효과가 커지고 이방성이 상대적으로 크기 때문에 P 편광축의 방향으로 액정이 배열한다고 생각할 수 있다. 경사진 UV 광을 폴리이미드막에 조사한 액정셀에 있어서 액정의 프리틸트각 발생은 UV 광의 흡수율이 큰 P 편광축에 일치하는 폴리이미드 분자가 부분절단이 많이 이루어져 이방성으로 액정분자가 배열하여 액정의 프리틸트각이 발생한다⁶⁾.

폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV 광을 조사시킨 셀에서 배향막의 분자구조에 따라서 프리틸트각이 변화하는 것은 액정분자와 폴리머 표면과의 상호작용으로 생각할 수 있으며 특히, 폴리머의 주쇄가 크게 기여하고 있는 것으로 생각할 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. 2 종류의 폴리이미드막 표면에 UV를 경사지게 조사한 액정셀에서의 편광현미경사진(편광자는 직교)

Fig. 3. The microscopic photographs in the cells with slanted UV light irradiation on two kinds of the PI surfaces (in crossnicols)

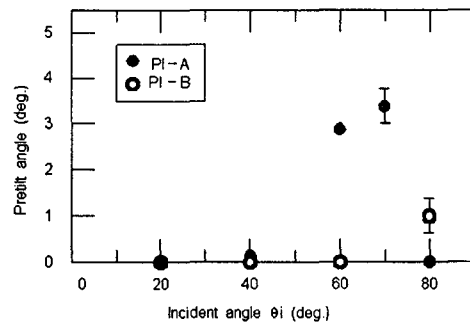


그림 4. 2 종류의 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 프리틸트각과 UV 조사 각도와 의 관계
Fig. 4. The pretilt angle generation in the cells with slanted UV light irradiation on two kinds of the PI surfaces as a function of incident angle

4. 결 론

본 연구에서는 러빙을 하지 않는 너러빙법중 광배향법을 이용하여 균일한 액정배향을 얻을 수 있었으며 액정의 프리틸트각도 3° 이상 얻을 수 있었다. 폴리이미드막 표면 위에 경사진 UV 광을 입사시킨 셀에서의 배향은 이방성 분산력이 크게 기여한 것으로 생각할 수 있었다. 그리고, 프리틸트각의 발생은 측쇄가 없는 폴리이미드막에서 크게 발생하였으며, 이것은 폴리이미드 표면에 경사진 UV 광을 조사시킨 셀에서는 주쇄가 프리틸트각의 발생에 기여하고 있는 것으로 생각할 수 있었다.

※ 본 연구는 과학기술처 (통상산업부) 에서 시행한 국가선도기술개발사업(G7 연구개발 사업)의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- 1) D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **213**, 223 (1992)
- 2) D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 2392 (1992)
- 3) D.-S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, 4896 (1995).
- 4) H. Matsuda, D.-S. Seo, N. Yoshida, K. Fujibayashi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **264**, 23 (1995)
- 5) M. Hasegawa and Y. Taira, *SID digest paper*, 213 (1994)
- 6) T. Yamamoto, M. Hasegawa and H. Hatoh, *SID 96 Digest*, 642 (1996)