

In-situ 광배향법을 이용한 액정 배향

Liquid Crystal Alignment Using a In-situ Photoalignment Method

서대식*, 김형규*, 김재형**, 한은주***

(Dae-Shik Seo*, Hyung-Kyu Kim*, Jae-Jyung Kim**, Eun-Jo Hahn***)

Abstract

Effects of liquid crystal (LC) alignment using a *in-situ* photoalignment method by polarized UV exposure on a polyimide (PI) surface with medium side chain were studied. The generated pretilt angle in nematic (N) LC using a *in-situ* photoalignment method was smaller than that of a conventional photoalignment method for short UV exposure time. Also, the pretilt angle of NLC using a *in-situ* photoalignment method increases with increasing UV exposure time on the PI surfaces. Finally, the pretilt angle of NLC can be improved by annealing treatment.

Key Words(중요용어) : Nematic liquid crystal(네마틱 액정), polyimide(폴리이미드), annealing effect(어닐링 효과), *in-situ* photoalignment method(*in-situ* 광배향법), pretilt angle(프리틸트 각), photo-dissociation method(광분해법)

1. 서 론

최근, 액정 디스플레이 (LCD)의 개발에 있어서 러빙 처리법을 대신하여 광배향법이 큰 기대를 모으고 있다. 광배향법으로는 광분해법¹⁻⁶⁾ 및 광중합법⁷⁻⁹⁾ 등이 연구되고 있다. 광분해법은 일정 온도로 소성된 폴리이미드 표면에 편광 또는 비편광 UV광을 조사하여 폴리머의 광분해 반응을 이용하여 액정분자를 배열시킨다. 본 저자 등은 이러한 일반 광분해법과 달리 폴리머를 소성하면서 UV광을 조사하는 *in-situ* 광배향법을 이용한 액정 배향 효과에 대하여 연구 보고하였다.¹⁰⁾

본 연구에서는 측쇄기의 길이가 중간정도인 폴리이미드를 소성하면서 UV광을 조사하는 *in-situ* 광배향법을 이용한 액정 배향 효과 및 프리틸트각 제어에 대하여 검토하였다.

2. 실험

본 실험에서는 폴리머 재료로 측쇄기의 길이가 중간정도인 SE-7492 폴리머 (Nissan Chemical Industries Co., Ltd 제공)를 사용하였다.

폴리머는 스핀 코팅법을 사용하여 ITO (indium-tin-oxide) 전극 위에 균일하게 도포하였다. 일반 광분해법은 폴리머를 180℃에서 1시간 소성 하였으며, *in-situ* 광 배향법은 80℃에서 30분간 초기 소성 하였다. 폴리이미드막 두께는 약 500Å으로 조절하였다. 실험에 사용한 UV광 조사 시스템을 그림 1에 나타내었다. 기관에는 365nm의 파장을 가진 UV광을 경사 조사시켰다. *In-situ* 광 배향법은 80℃로 초기소성된 폴리머 표면을 150℃로 소성 하면서 편광된 UV광을 조사시켰다. 사용한 UV 에너지 밀도는 15.5mW/cm²이다. 일반적인 광배향법에서는 180°로 소성된 폴리이미드 표면에 편광된 UV광을 조사시켰다. 액정 셀은 샌드위치 형태로 제작하였으며 셀 두께는 60μm로 조절하였다. 셀 제작 후 네마틱 액정의 혼합물 (T_c=87℃)을 nematic phase 및 isotropic phase에서 각각 주입하였다. 액정 배향 평가는 편광현미경의 관찰을 이용하였다. 프리틸트 각은 결정 회전법을 이용하여, 실온에서 측정하였다.

* 연세대학교 전기·전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134, 연세대학교,
Fax : 02-362-6444

E-mail: dsseo@yonsei.ac.kr)

** 인제대학교 물리학과

*** 수원대학교 물리학과

2000년 5월 15일 접수, 2000년 8월 31일 심사완료

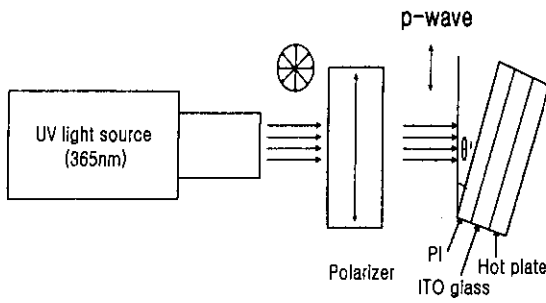


그림 1 UV 조사 시스템
Fig. 1 UV exposure system

3. 결과 및 고찰

그림 2 에 폴리이미드 표면에 편광된 UV광을 20분간 경사 조사시의 조사각도에 따른 액정의 프리틸트각 발생을 나타내었다. UV광의 입사각도가 30° 일 때, 가장 큰 프리틸트 각이 발생하였으며, 그 이상에서는 입사각도의 증가에 따라 프리틸트는 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 짧은 시간 내에서의 UV조사에 따른 프리틸트 각은 일반 광분해법을 이용한 경우가 *in-situ* 광배향법을 이용한 경우보다 크게 발생하는 경향을 나타내었다. 이 결과는 측쇄기가 긴 폴리이미드를 이용한 결과와 잘 일치하였다.¹⁰⁾ 따라서 이 결과로부터 *in-situ* 광배향법은 측쇄기를 가진 폴리머를 이미드화 시키면서 광분해 반응을 일으키기 때문에 이때의 폴리머의 표면구조가 안정화되지 않은 상태이므로 프리틸트 발생에 기여가 작은 것으로 생각할 수 있다. 그러나, 일반 광분해법은 180°C에서 이미드화가 되어 있는 상태에서 UV광을 조사하기 때문에 폴리머의 광분해 반응이 잘 일어나며 이 때의 폴리머의 표면구조가 프리틸트 발생에 크게 기여한다고 생각할 수 있다.

그림 3은 폴리이미드 표면에 편광된 UV광을 30° 경사 조사시의 조사시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생을 나타낸다. 일반 광분해법으로 UV광을 조사한 경우의 프리틸트는 UV 조사시간이 20분일 때 최대치를 나타냈으며, 조사시간이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 즉 20분 정도의 UV광 조사가 프리틸트의 발생에 가장 적당한 에너지밀도로 생각할 수 있다. 한편, *in-situ* 광배향법을 이용한 셀에서는 UV 조사시간이 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 즉 UV 조사시간이 증가할수록 프리틸트가 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 *in-situ* 광배향법은 폴리머를 이미드화 시키

면서 UV조사를 하므로 폴리머가 이미드화 되기 위한 충분한 시간이 필요하기 때문에 조사시간이 증가함에 따라 프리틸트 각이 증가한다고 생각할 수 있다. 이러한 결과로부터, 측쇄기를 가진 폴리머를 사용한 경우, 짧은 UV 조사시간으로 고 프리틸트를 발생시키기 위해서는 *in-situ* 광배향법보다 일반 광배향법이 유리하다고 생각할 수 있다. 이 결과는 측쇄기가 긴 폴리이미드를 이용한 결과와 매우 잘 일치함을 알 수 있다.¹⁰⁾

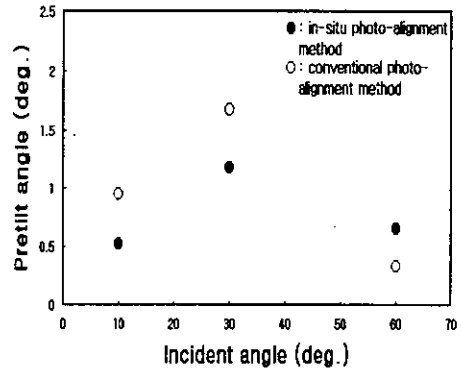


그림 2 폴리이미드 표면에 편광된 UV광을 20분간 경사 조사시의 조사각도에 따른 네마틱 액정의 프리틸트 각의 발생

Fig. 2 Generation of pretilt angle in NLC by obliquely polarized UV exposure on the PI surfaces with medium side chain for 20 min as a function of incident angle

그림 4에 폴리이미드 소성 시에 UV조사를 이용한 액정의 프리틸트 각의 어닐링 시간 의존성을 나타내었다. 그림 4에 나타난 바와 같이 네마틱 상태에서 액정을 주입 후 어닐링 처리한 경우 어닐링 처리에 의하여 프리틸트 발생이 향상됨을 알 수 있다. 이것은 광분해 반응에 의해 절단된 폴리머가 원래의 위치로 되돌아오려는 작용으로 인하여 프리틸트가 증가하는 것으로 생각할 수 있다. 또한 isotropic 상태에서 액정을 주입한 경우 역시 어닐링을 하지 않은 경우 프리틸트가 0° 를 나타내었으나, 어닐링 시간이 증가함에 따라 프리틸트가 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 광분해 반응을 이용한 액정 배향에는 *in-situ* 광배향법과 일반 광배향법 모두 어닐링 효과가 프리틸트 발생에 크게 기여함을 알 수 있다.

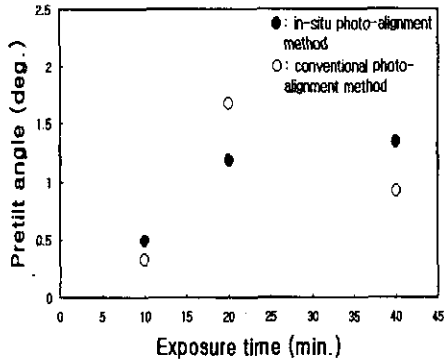
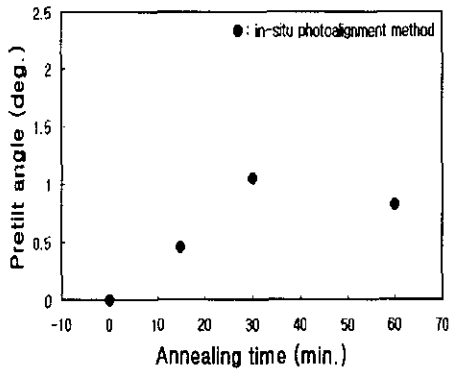
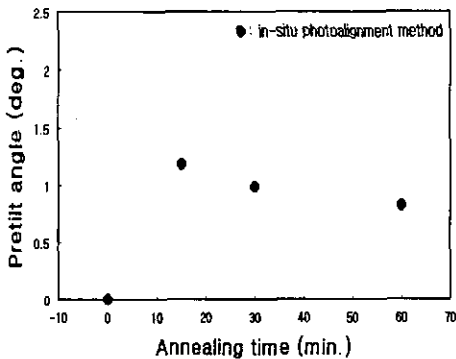


그림 3 폴리이미드 표면에 편광된 UV 광을 20분간 30° 경사 조사시의 조사시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트 각의 발생
 Fig. 3 Generation of pretilt angles in NLC by obliquely polarized UV exposure of 30° on the PI surfaces for as a function of UV exposure time



(i) filling in nematic phase



(ii) filling in isotropic phase

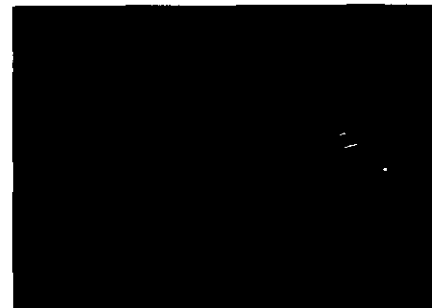
그림 4 폴리이미드 표면에 UV광을 20분간 30° 경사 조사시의 네마틱액정의 프리틸트 각의 어닐링시간 의존성

Fig. 4 Dependence of annealing time of NLC pretilt by UV exposure of 30° on the PI surfaces for 20 min

그림 5 (a)에 *in-situ* 광배향법을 이용하여 네마틱 상태에서 액정을 주입한 경우의 편광현미경 사진을 나타내었다. 어닐링을 하지 않은 경우 편광성분과 직교 방향으로 유동배향과 유사한 경향이 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 그림 5 (b)에 나타낸 바와 같이, 100°C에서 60분간 어닐링 처리한 경우 매우 균일한 액정배향을 나타내었다. 그림 5 (a)에 나타난 바와 같이 네마틱 상태에서 액정을 주입하면 유동배향과 유사한 효과가 일어나며, 이것은 절단된 고분자에 의하여 표면 질서도가 감소하기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 그리고 어닐링 처리에 의하여



(a) filling in nematic phase



(b) annealing for 60 min. after filling in nematic phase

그림 5 *In-situ* 광배향법을 이용하여 네마틱 상태에서 액정 주입시 편광현미경 사진

Fig. 5 Microphotographs of aligned NLC filling in nematic phase using a *in-situ* photo alignment method

액정이 잔존한 고분자의 방향으로 재배열되며 본래의 상태로 되돌아오려는 성질에 의하여 배향이 향상되는 것으로 생각할 수 있다.

그림 6 (a)에 *in-situ* 광배향법을 이용한 셀에 isotropic 상태에서 액정을 주입한 경우의 편광현미경 사진을 나타내었다. 그림 6 (a)는 isotropic 상태에서 액정을 주입한 경우로 디스클리네이션이 무수히 발생하고 있지만 유동배향과 유사한 효과가 없는 것을 알 수 있다. 또한 이것을 60분간 어닐링 처리하면 그림 6 (b)와 같은 균일한 배향이 얻어짐을 알 수 있다. 즉, 많은 디스클리네이션 결함이 어닐링에 의하여 없어짐을 편광현미경 사진을 통해 확인할 수 있다. 이것은 폴리이미드 표면에 경사진 UV 광 조사시 고분자의 부분절단에 의하여 측쇄기가 폴리이미드 표면에서 질서도가 낮아지며, 여기에 액정을 주입하면 디스클리네이션 결함이 발생하게 된다. 그리고 어닐링을 하면 잔존하는 측쇄기의 방향으로 액

정분자가 배열하려는 성질이 증가하기 때문에 배향이 균일하게 되는 것으로 생각할 수 있다.

따라서, 그림 5와 그림 6으로부터 *in-situ* 광배향법을 이용한 경우 디스클리네이션의 방지에 어닐링 처리가 매우 효과적이라는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

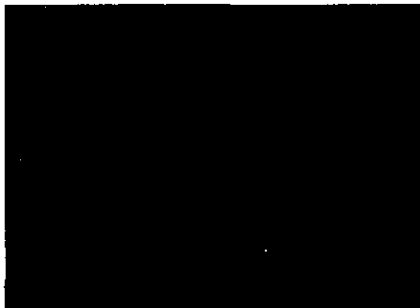
본 연구에서는 중간정도의 측쇄기 길이를 가진 폴리이미드 표면에서 *in-situ* 광배향법을 이용한 액정 배향 효과 및 프리틸트 제어에 대하여 검토하였다. 폴리이미드의 소성 시에 UV 조사를 이용한 *in-situ* 광 배향법에서의 프리틸트 각은 짧은 UV 조사시간 내에서는 일반 광분해법을 이용한 경우보다 작게 발생하는 경향을 나타내었다. 또한 *in-situ* 광 배향법과 일반 광배향법을 이용한 경우 네마틱액정의 프리틸트 각은 어닐링 처리에 의하여 크게 증가하는 경향을 나타내었다. 따라서 측쇄기를 가진 폴리머를 사용한 경우 *in-situ* 광 배향법은 액정 배향의 열적 안정성은 우수하나, 프리틸트각을 발생시키기 위해서는 긴 UV 조사시간이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] M. Hasegawa and Y. Taira, "Nematic homogeneous alignment by photo depolymerization of polyimide", SID Dig., pp. 213-216, 1994.
- [2] M. Nishikawa, B. Taheri, and J. L. West, "Polyimide films designed to produce high pretilt angles with a single linearly polarized UV exposure", SID 98, pp. 131-134, 1998.
- [3] A. Lien, A. John, M. Angelopoulos, and K.-W. Lee, "UV-modification of surface pretilt of alignment layers for multidomain liquid crystal displays", Appl. Phys. Lett., Vol. 67, pp. 3108-3110, 1995.
- [4] 서 대 식, 한 정 민, "폴리이미드막표면위에 경사진 자외선 조사를 이용한 액정셀에서의 고프리틸트각의 발생", 전기전자재료학회논문지, Vol. 11, No. 6, pp.481-485, 1998.
- [5] 서 대 식, 이 정 호, 이 창 훈, "폴리이미드막 표면에 직선 편광된 UV광 조사에 의한 프리틸트각 발생과 전기광학특성", 전기전자재료학회논문지, Vol. 11, No. 10, pp. 878-884, 1998.
- [6] D.-S. Seo, J.-M. Han, and D.-S. Park, "Pretilt



(a) filling in isotropic phase



(b) annealing for 60 min. after filling in isotropic phase.

그림 6 *In-situ* 광배향법을 이용하여 isotropic 상태에서 액정 주입시의 편광현미경 사진

Fig. 6 Microphotographs of aligned NLC filling in isotropic phase using a *in-situ* photo alignment method

- angle generation of NLC and EO performance of photo-aligned TN-LCD using obliqued non-polarized UV light irradiation on polymer surface", J. of KIEEME, Vol. 11, No. 10, pp. 911-917, 1998.
- [7] M. Schadt, K. Schmitt, V. Kozinkov, and V. Chigrinov, "Surface-induced parallel alignment of liquid crystals by linearly polarized photopolymers", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 32, pp. 2155-2164, 1992.
- [8] 황 정 연, 서 대 식, 서 동 학, 김 향 을, "광중합된 PM4Ch 표면을 이용한 액정배향효과", 전기전자재료학회논문지, Vol. 12, No. 10, pp. 926-930, 1999.
- [9] 황 정 연, 서 대 식, "새로운 광중합된 PCEMA 표면을 이용한 액정 배향 효과", 전기전자재료학회논문지, Vol. 13, No. 3, pp. 235-240, 2000.
- [10] D.-S. Seo, H.-K. Kim, "Investigation of pretilt generation by UV light irradiation during imidization of polyimide", J. of KIEEME, Vol. 13, No. 1, pp. 75-79, 2000.