

소성 온도 변화를 이용한 네마틱 액정의 틸트 제어

이경준, 황정연, 김강우, 서대식

연세대학교

Control of tilt angle in the Nematic Liquid Crystal as a Function of the Baking Temperature

Kyung-Jun Lee, Jeoung-Yeon Hwang, Kang-Woo Kim and Dae-Shik Seo
Yonsei Univ.

Abstract

The control of tilt angle for nematic liquid crystal (NLC) with negative and positive dielectric anisotropy on the rubbed homeotropic polyimide (PI) using baking method by hot plate equipment was investigated. LC tilt angle decreased with increasing baking temperature and time. Especially, the low LC tilt angle of positive type NLC ($\Delta \epsilon > 0$) on the rubbed homeotropic PI surface by increasing temperature and time was measured. The tilt angle of positive type NLC ($\Delta \epsilon > 0$) is smaller than that of the negative type ($\Delta \epsilon < 0$) on rubbed PI with increasing baking temperature and time. We consider that the tilt angle of NLC is decreased due to increasing the steric interaction between horizon component of permittivity $\epsilon =$ of NLC and the stress of polymer side chain by high temperature.

Key Words : Nematic liquid crystal, tilt angle, dielectric anisotropy, rubbed homeotropic PI, baking method

1. 서 론

현재 다양한 정보 디스플레이 소자로 사용되는 TFT(thin film transistor)-LCD(liquid crystal display)를 액정 TV에 적용하기 위해서는 화면의 대형화와 고속응답 등을 해결할 필요가 있다. 이러한 고화질을 구현하기 위하여 액정의 틸트각 (tilt angle) 제어는 LCD의 소자 특성을 향상시키는데 있어서 매우 중요하다. 러빙처리법은 폴리이미드 표면을 형질 등을 사용하여 기계적으로 문지르는 방법으로 현재 가장 많이 사용되고 있다. 현재 러빙처리법을 이용한 액정의 틸트각 제어기술에 관하여 여러 연구자들에 의하여 많은 연구보고가 이루어지고 있다 [1-5].

그래서 본 연구에서는 수직배향막 표면에서 새로운 배향방법을 이용하여 네마틱 액정의 틸트각 제어 방법에 대하여 검토하였다.

2. 실험

본 실험에서는 일본 JSR 회사의 수직 폴리이미드를 사용하였다. 수직 폴리이미드는 ITO(indium-tin-oxide) 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 코팅하였다. 일반 배향법은 180℃에서 1시간 동안 오븐에서 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 새로운 배향법은 Hotplate의 온도를 180~250℃까지 조절하고, 각각의 온도에서 1분에서 60분까지 폴리이미드막을 소성 하였다. 폴리이미드 표면은 러빙법을 이용하여 러빙처리 하였다. 러빙강도 (Rubbing strength :RS)는 아래와 같이 정의한다 [1].

$$RS = NM \left(\frac{2\pi rn}{v} - 1 \right) \dots\dots (1)$$

(N=러빙회수, M=섬유 기판과의 접촉거리, n=러빙롤러의 회전수, v=기판의 이동속도)

실험에 사용한 러빙강도는 54mm로 조절하였다. 프리틸트각 측정을 위하여 러빙처리된 폴리이미드 표면을 anti-parallel 구조의 샌드위치형으로 제작하였으며 두께는 약 60 μ m 정도로 조절하였다. 액정은 유전율 이방성이 정(+)양인 네마틱 액정 ($\Delta\epsilon = -8.2$)과 유전율 이방성이 부(-)의 네마틱 액정 ($\Delta\epsilon = -4$)을 사용하였다. 프리틸트각은 결정회전법을 사용하여 실온에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1에 일반 배향법을 이용한 수직 폴리이미드 표면에서의 양과 음의 네마틱액정의 틸트각 발생을 나타내었다. 수직 폴리이미드 표면에서는 양의 네마틱 액정을 사용하는 경우 틸트각이 감소하는 경향을 나타냈다.

그림 2는 Hot plate의 온도가 180 $^{\circ}$ C ~ 250 $^{\circ}$ C에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 부(-)의 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 소성 온도 180 $^{\circ}$ C에서는 소성 시간에 관계없이 틸트각이 일정하였으나, 220 $^{\circ}$ C인 경우에는 소성시간이 증가함에 따라 틸트각이 조금 감소하였고, 250 $^{\circ}$ C인 경우에는 소성시간 증가에 따라 틸트각이 약 80 $^{\circ}$ 까지 감소하였다. 이러한 부(-)의 네마틱 액정의 틸트각의 발생은 소성 온도와 시간 증가에 따라 폴리머의 side chain에 stress에 의해 수직배향력이 감소한 것으로 생각 할 수 있다[2].

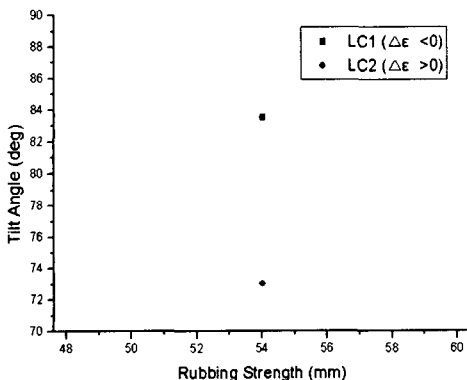


그림 1. 수직 폴리이미드 표면에서의 액정의 유전율 이방성에 따른 네마틱액정의 틸트각.

Fig. 1. NLC tilt angles on homeotropic polyimide surface as a function of dielectric anisotropic of LC.

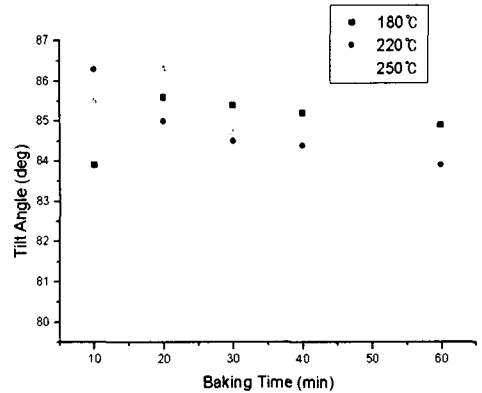


그림 2. 부(-)의 액정을 이용하여 수직 폴리이미드 표면에서의 소성 온도 및 시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 2. Generation of tilt angle in NLC on the homeotropic polyimide surface as a function of hotplate temperature and time using negative type NLC.

그림 3는 Hot plate의 온도가 180 $^{\circ}$ C ~ 250 $^{\circ}$ C에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 정(+)의 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 정(+)의 네마틱 액정을 사용시 틸트각은 부(-)의 액정을 사용했을 경우와 달리 전체적으로 낮은 틸트각을 나타내었다. 또한, 소성 온도 180 $^{\circ}$ C에서는 부(-)의 네마틱 액정을 사용했을 때와 마찬가지로 소성 시간에 관계없이 틸트각이 일정하였으나, Hot plate 소성 온도가 220 $^{\circ}$ C인 경우에는 소성시간이 증가함에 따라 틸트각이 크게 감소하였다. 특히 소성 온도가 250 $^{\circ}$ C인 경우에는 소성 시간의 증가에 따라 틸트각이 약 16 $^{\circ}$ 까지 감소하였다. Hot plate 소성법에 의한 러빙된 폴리이미드에서의 네마틱 액정의 틸트각은 정(+)의 유전율 이방성을 가진 네마틱 액정 쪽이 낮은 틸트각을 나타내었다. 이것은 네마틱 액정의 수평방향의 유전율이 현저하게 증가함에 따라 배제체적 상호작용이 크게 증가함으로써 낮은 틸트각이 발생한다고 생각 할 수 있다. 또한 소성 온도와 시간이 증가함에 따라 폴리머의 side chain에 stress에 의해 수직 배향력의 감소로 인하여 정(+)인 네마틱 액정에서 매우 낮은 틸트각이 발생한다고 생각할 수 있다. 결국, Hot plate의 소성법을 이용한 러빙된 폴리이미드에서의 네마틱 액정 분자

배향은 소성온도와 소성시간이 증가함에 따라 수직배향에서 수평배향으로 배향 형태가 옮겨지는 것을 알 수 있었다.

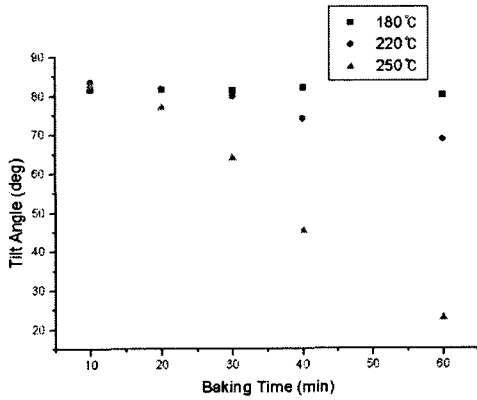


그림 3. 정(-)의 액정을 이용하여 수직 폴리이미드 표면에서의 소성 온도 및 시간에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 3. Generation of tilt angle in NLC on the homeotropic polyimide surface as a function of hotplate temperature and time using positive type NLC.

그림 4는 일반 오븐과 hot plate에서 각각 1시간 동안 온도 180°C~250°C에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 정(+)의 액정을 사용한 액정셀의 현미경 사진을 나타낸다. 그림 4에서 나타낸 바와 같이 오븐과 Hot plate의 모든 소성온도에서 양호한 배향 상태를 나타내었다.

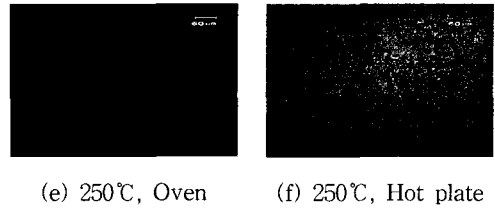
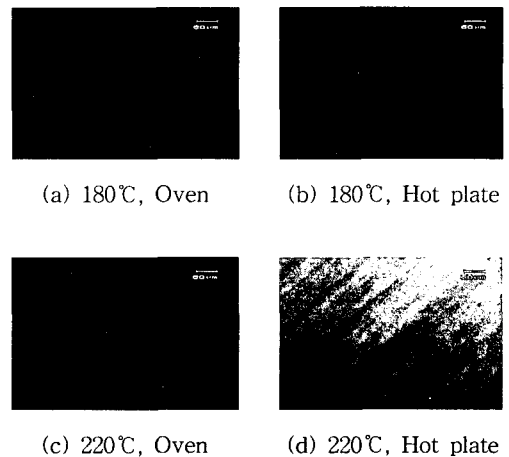
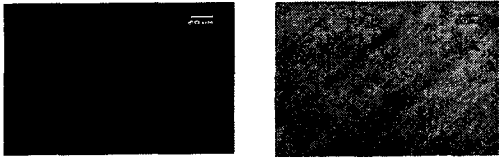


그림 4. Oven 및 Hot plate 소성 온도에 따른 네마틱 액정셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 직교상태).

Fig. 4. Microphotographs of LC cell as a function of the baking temperature on oven and hot plate (in crossed Nicols).

그림 5는 액정셀을 편광판과 검광판의 45° 사이에 위치한 경우, 일반 오븐과 hot plate에서 각각 1시간 동안 온도 180°C~250°C에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 정(+)의 액정을 사용한 액정셀의 현미경 사진을 나타낸다. 그림 5에서와 같이, 일반 오븐에서 소성한 액정셀은 수직 배향 상태이므로 암상태를 나타내었으나, Hot plate에서 소성한 액정셀은 hot plate의 소성 온도가 증가함에 따라 빛의 투과량이 증가함을 알 수 있다. 이것은 hot plate의 온도가 증가함에 따라 폴리이미드 배향막이 수직배향막에서 수평배향막으로 변하는 것을 알 수 있었다.





(e) 250°C, Oven (f) 250°C, Hot plate

그림 5. Oven 및 Hot plate 소성 온도에 따른 네마틱 액정셀의 편광 현미경 사진 (편광자는 45° 교차된 상태).

Fig. 5. Microphotographs of LC cell as a function of the baking temperature on hot plate (between 45° crossed polarizers).

결국, hot plate 소성온도와 시간을 증가함에 따라 액정의 틸트각을 90° ~ 20° 까지 조절 할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 이때 양호한 배향을 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 hot plate에서 소성온도와 시간에 따른 폴리이미드 표면에서의 부(-) 및 정(+의 네마틱 액정에서의 러빙처리한 액정셀의 틸트각의 변화에 관하여 검토하였다. 음의 액정을 이용한 액정셀의 경우 hot plate의 온도 및 소성시간이 증가함에 따라 액정의 틸트각이 조금 감소하였다. 그러나 양의 액정을 이용한 액정셀의 경우, hot plate의 온도 및 소성 시간이 증가함에 따라 액정의 틸트각이 80° 에서 20° 까지 크게 감소함을 알 수 있었다. 결국, hot plate에서 소성한 폴리이미드 표면에서는 부(-)의 유전율을 가진 네마틱 액정보다 정(+의 유전율을 가진 네마틱 액정의 틸트각이 크게 감소하였다. 이것은 hot plate의 소성 온도와 시간이 증가함에 따라 폴리이미드의 side chain에 stress에 의한 폴리이미드의 수직배향력의 감소와 수평방향의 유전율이 큰 정(-)의 액정의 배제체적 상호작용이 틸트 발생에 기여함을 알 수 있었다. 이러한 새로운 소성방법을 이용하여 액정의 틸트각을 조절할 수 있었다.

감사의 글

This work was performed Advanced Backbone

IT technology development project supported by Ministry of Information & Communication in republic of Korea.

참고 문헌

- [1] M. Nishikawa, K. Sano, T. Miyamoto, Y. Yokoyama, N. Bessho, D. S. Seo, Y. Iimura, and S. Kobayashi, "Pretilt angle of nematic liquid crystals on organic solvent soluble polyimide", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 259, pp. 47-53, 1995.
- [2] B. O. Myrvold and K. Kondo, "A population distribution model for the alignment of nematic liquid crystals", *Liquid Crystals*, Vol. 17, pp. 437-455, 1994.
- [3] D. S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, "Generation of pretilt angle in nematic liquid crystal, 5CB, media aligned polyimide films prepared by spin-coating and LB techniques : effect of rubbing", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 213, pp. 223-228, 1992.
- [4] D. S. Seo, N. Yoshida, S. Kobayashi, M. Nishikawa, and Y. Yabe, "Effects of conjugation of mesogenic core of nematic liquid crystals for polar anchoring energy and surface order parameter on rubbed polyimide films", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 33, pp. L1174-L1177, 1994.
- [5] D. S. Seo, "Effects of surface order parameter on polar anchoring energy in NLC on weakly rubbed polyimide surface", *Journal of Electrical and Electronic Materials*, Vol. 11, No. 12, pp1128-1132, 1998.