

## 저온배향막을 이용한 Flexible 액정디스플레이의 액정 배향 효과

황정연, 남기형, 김종환, 김강우, 서대식, 서동학\*  
연세대학교, 한양대학교\*

### Liquid Crystal Alignment Effect of Flexible Liquid Crystal Display with Low Temperature Alignment Layer

Jeoung-Yeon Hwang, Ki-Hyung Nam, Jong-Hwan Kim, Kang-Woo Kim, Dae-Shik Seo, and Dong Hack Suh\*  
Yonsei Univ., Hanyang Univ.\*

#### Abstract

We have investigated the generation of pretilt angle for a nematic liquid crystal (NLC) alignment with rubbing alignment method on two kinds of polyimide (PI) surfaces using thin plastic substrates. The generated NLC pretilt angles on the pre-imidized type PI are about  $3.8^\circ$  by the rubbing alignment method with thin plastic substrates. However, the pretilt angle measured at about  $2.8^\circ$  lower on the polyamic acid type PI than by pre-imidized type PI surface with thin polymer film. The tilt angle increases as increasing curing temperature for making polyimide layer using polyamic acid type PI. It was concluded that pretilt angle in the polyimide surface is attributable to the increasing of imide ratio.

**Key Words** : pre-imidized type polyimide, polyamic acid type polyimide, thin plastic substrate, pretilt angle, imide ratio

#### 1. 서론

평판 디스플레이에서는 ITO (indium tin oxide)가 코팅된 유리기판이 투명전극으로 사용되어 왔다. 최근 들어 박형, 경량 및 유연한 디스플레이 (flexible display)를 구현하기 위해서는 유리 기판 대신에 고분자 기판 (polymer substrate)을 사용하는 연구가 많이 진행되고 있다. 고분자 필름을 사용하게 되면, 유리를 사용한 액정표시소자(LCD)에 비해 두께는 3분의1 (0.7mm두께의 유리 대비), 중량은 5분의 1이 된다. 즉 고분자 기판을 사용함으로써 유리기판에 비해 부피가 줄고 무게가 줄면서 휴대용 디스플레이, 유연성 (flexibility)이 커지면서 곡면 위의 디스플레이 (flexible display)로의 응용이 가능하다. 그러므로 경량, 박형을 최우선으로 하는 휴대정보통신단말기분야 뿐만 아니라 PDA, 노트북, 모니터등에서 고분자 필름을 이용한 액정표시소자의 개발이 필요하다. 액정을 실제 표

시 장치로 사용하기 위해서는 액정분자의 균일 배향이 필수적이라 할 수 있으며, 현재 양산에 사용되고 있는 것은 폴리이미드(PI) 표면에 액정분자를 배향시키는 러빙(rubbing)법이다. 러빙법은 기판에 도포한 액정 배향막을 테이블 위에 놓고, 테이블을 이동시키면서, 러빙천을 감은 롤러(roller)를 회전시키면서 문지르는(rubbing) 방법이다.

액정 배향막의 소성온도와 이미드율은 액정배향에 밀접한 관계를 가지고 있다. 일반적으로 이미드화가 클수록 양호한 배향성을 나타낸다. 보통 LCD에 사용되는 PI는 보통  $220^\circ\text{C}$ 에서 열처리를 한다. 하지만, flexible LCD에 사용되는 고분자 필름의 낮은 내열성 때문에 저온 공정이 필요하다. 또한, 유연한 재질로 인한 소자 공정시 유리 기판을 사용할때와 달리 coating, rubbing 및 cell gap 유지 등의 공정등에서 많은 문제가 발생한다.

이러한 고분자 필름에 사용시 러빙된 폴리이미드 표면에서의 프리틸트각 발생에 관한 연구는 미

미한 실정이다.

본 연구에서는 고분자 기판에 러빙된 폴리이미드 표면의 프리틸트각 발생에 관하여 검토하였다.

## 2. 실험

본 실험에서는 표1에서와 같이, polyamic acid type과 Pre-imidized type 계열의 폴리이미드를 사용하였다. Polyamic acid type의 PI는 일본 Nissan chemical Industrial Co.의 폴리이미드를 사용하였으며, Pre-imidized type 계열의 폴리이미드는 직접 합성하였다. 사용한 폴리이미드의 구조식은 그림 1에 나타내었다. 고분자 기판은 polycarbonate (PC) 이다. 폴리이미드는 ITO (indium-tin-oxide) 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 코팅하였다. 고분자 기판은 120℃에서 1시간 동안 오븐에서 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 또한 유리기판은 120~250℃까지 온도를 조절하여 1시간동안 오븐에서 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 폴리이미드 표면은 러빙법을 이용하여 러빙처리 하였다. 러빙강도 (Rubbing strength :RS)는 아래와 같이 정의한다[1].

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

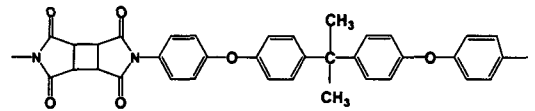
(N=러빙회수, M=섬유 기판과의 접촉거리, n=러빙롤러의 회전수, v=기판의 이동속도)

고분자 기판의 두께가 200 μm로 매우 얇으므로 러빙강도는 러빙롤러의 회전수를 변화시켰다. 실험에 사용한 러빙강도는 75ms, 112ms, 150ms로 조절하였다. 프리틸트각 측정을 위하여 러빙처리된 폴리이미드 표면을 anti-parallel 구조의 샌드위치 형태로 제작하였으며 두께는 약 60 μm 정도로 조절하였다. 액정은 유전을 이방성이 정(+)양인 네마틱 액정 (Δε=-8.2)을 사용하였다. 프리틸트각은 결정회전법을 사용하여 실온에서 측정하였다.

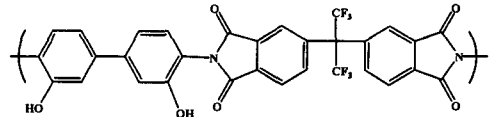
표1. 두가지 종류의 PI의 구성.

Table 1. Composition of two kinds of PIs

No	Type	Material
PI-1	polyamic acid type	Nissan chemical Industrial Co. Ltd
PI-2	pre-imidized type	Itself synthesis



(a) polyamic acid type PI



(b) Pre-imidized type PI

그림 1. 사용한 폴리머의 화학구조.

Fig. 1. Chemical structure of the polymer.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2에 고분자 기판과 유리기판을 이용한 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정셀의 편광 현미경 사진을 나타내었다. 그림 2에 나타낸바와 같이, 고분자 기판을 사용한 것과 유리기판을 사용한 경우 모두 우수한 배향상태를 나타내었다.



(a) polymer substrate



(b) glass substrate

그림 2. 2종류의 기판을 이용한 러빙 배향 액정셀의 편광 현미경 사진(편광자는 직교상태).

Fig. 2. Microphotographs of Rubbing-aligned LC cell on the two kinds of substrate (in crossed Nicols).

그림 3은 폴리이미드에서의 소성온도와 이미드화율 사이의 관계를 나타내었다. 그림에서와 같이 polyamic acid type의 PI는 소성온도가 120℃일 때 이미드화율이 거의 0%를 나타내었다. 소성온도가 증가할수록 PI의 이미드화율을 증가하였는 경향을 나타내었다. 하지만, 소성온도가 220℃일 때 까지도 55%의 이미드화율을 나타내었다. 반면에

pre-imidized type의 PI는 소성온도가 120°C일 때 68%의 이미드화율을 나타내었다. 그러므로 pre-imidized type의 PI가 저온공정을 필요로 하는 고분자 기판을 이용할 때 유리함을 알 수 있었다.

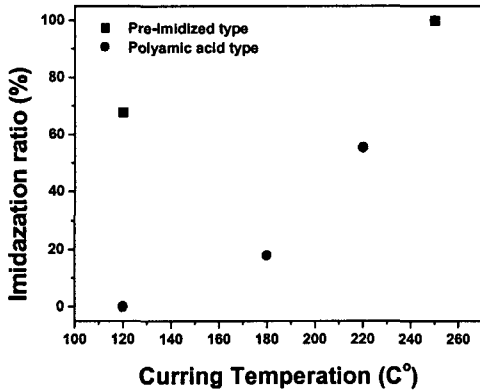


그림 3. 폴리이미드의 소성온도와 이미드화율 사이의 관계.

Fig. 3. Relationship between curing temperature and imidization ratio of polyimides.

그림 4은 고분자 및 유리기판을 이용한 경우 두 가지 종류의 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 그림 3에서와 같이 고분자 기판을 이용한 경우 pre-imidized type의 폴리이미드 표면에서 러빙에 의한 프리틸트각은 약 3.8°을 나타내었으며, 러빙강도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나, polyamic acid type의 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 프리틸트각은 약 2.8°을 나타내었다. 이것은 그림 2에서와 같이 polyamic acid type의 폴리이미드는 낮은 소성온도에서 낮은 이미드화율을 나타내기 때문에 낮은 틸트를 나타낼 수 있었다.

고분자 기판과 유리기판을 이용한 경우 같은 종류의 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각은 고분자 기판을 이용한 경우가 유리기판을 이용한 경우보다 높은 프리틸트를 나타내었다. 이것은 고분자 기판의 표면의 거칠기 (Surface roughness=5nm)가 유리보다 크기 때문에 폴리이미드 막 표면에 러빙시 생기는 microgroove가 더 크게 형성되므로 더 높은 프리틸트가 발생

한다고 생각할 수 있다. 결국 고분자막 표면처리에 의한 액정의 표면 분자배향은 고분자막의 표면형성이 프리틸트 발생에 기여한다고 생각할 수 있다.

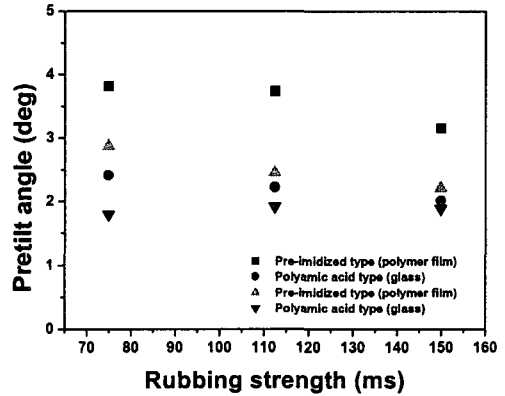


그림 4. 두가지 종류의 폴리이미드 표면에서 기판 종류와 러빙강도에 따른 네마틱액정의 틸트각.

Fig. 4. NLC tilt angles on two kinds of polyimide surface with different substrates as function of rubbing strength.

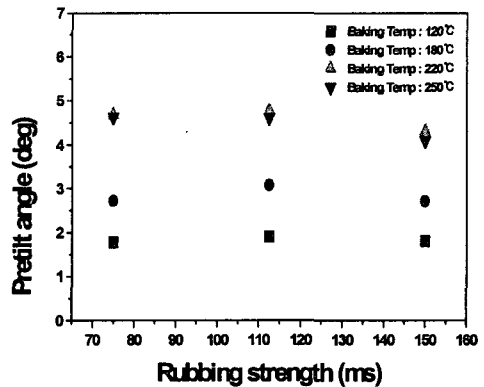


그림 5. 유리기판을 이용하여 폴리이미드 표면에서의 소성 온도에 따른 네마틱 액정의 프리틸트각의 발생.

Fig. 5. Generation of pretilt angle in NLC on the polyimide surface with different baking temperature as a function of rubbing strength using glass substrate.

그림 5는 유리기판을 이용한 경우, 180℃~250℃에서 소성한 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 그림 4에서와 같이, 소성온도가 증가할수록 러빙에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각은 증가하는 경향을 나타내었으며, 소성온도가 220~250℃에서는 프리틸트각이 약 5도를 나타내었다. 이것은 낮은 소성온도에서는 폴리이미드의 이미드화율이 낮기 때문에 낮은 틸트를 나타내고, 소성온도가 증가함에 따라 폴리이미드의 이미드화율도 증가하기 때문에 액정의 프리틸트각도 증가함을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 고분자 기판을 이용한 경우 pre-imidized type과 polyamic acid type의 폴리이미드 표면에서 러빙에 의한 프리틸트각 발생에 대해서 검토하였다. Pre-imidized type의 폴리이미드 표면을 이용한 경우의 프리틸트각이 polyamic acid type의 폴리이미드를 이용한 경우보다 높은 프리틸트각을 나타내었다. 이것은 pre-imidized type의 폴리이미드가 낮은 소성온도에서 polyamic acid type의 폴리이미드 보다 높은 이미드화율을 나타냈기 때문에 더 높은 프리틸트각을 나타낸다고 생각할 수 있다. 또한 고분자 기판을 이용한 러빙된 폴리이미드 표면을 이용한 프리틸트각은 유리 기판을 이용한 러빙된 폴리이미드 표면을 이용한 경우보다 약 1.0° 정도 더 높은 프리틸트각을 나타내었다. 이것은 기판 표면의 microgroove의 의한 표면형상 형성이 프리틸트 형성에 기여한다고 생각할 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실사업(M1-0203-00-0008)의 일환으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] M. Forhna, J. Brill, V. Frey, M. Randler, M. Muecke, and E. Lueder, Proc. Euro Display 99, p. 401, 1999.
- [2] M. Yanaka and Y. Tsukahara and T. Okabe and N. Takeda, J. Appl. Phys., Vol. 90, No.

2, p. 713, 2001.

- [3] Letterier, Y., Boogh, L., Andersons, J., and Manson, J-A.E., J. Polym. Sci. B: Polym. Phys., Vol. 35, p. 1449, 1997.
- [4] D. R. Cairns, R. P. Witte II, D. K. Sparacin, S. M. Sachsman, D. C. Paine, G. P. Crawford and R. R. Newton, Appl. Phys. Lett., Vol. 76, No. 11, p. 1425, 2000.
- [5] D. -S. Seo, S. Kobayashi and M. Nishikawa, Appl. Phys. Lett., Vol. 61, 2392, 1992.