

# 극각 방향의 결합강도와 표면질서도에 관한 네마틱 액정의 분자구조 변화의 효과

Effect of Conjugation of Mesogenic Core of Nematic Liquid Crystals for Polar Anchoring Strength on Rubbed Polyimide Films.

서 대식<sup>0</sup>, 곽 희로  
승실대학교 공과대학 전기공학과

Dae-Shik Seo<sup>0</sup> and Hee-Ro Kwak  
Department of Electrical Engineering, Soong Sil University.

## ABSTRACT

We have studied the effect of the mesogenic core of nematic liquid crystals (NLCs) for polar (out-of-plane tilt) anchoring strength and surface order parameter on rubbed polyimide (PI) films. The order of polar anchoring strength for NLCs on rubbed PI films is 5CB > PCH5 > CCH5. This order is the same for all rubbing strengths investigated.

The surface order parameter for NLCs is 5CB > PCH5 > CCH5 on rubbed PI films. From these results, we suggest that the polar anchoring strength is strongly related to the surface order parameter.

## 1. 서 론

액정 디스플레이(LCD)는 경량, 평면형, 저소비전력, full color화가 가능하다는 장점을 가지고있어 큰 각광을 받고 있다. 특히 최근 들어 22인치급의 고휘질 TFT(박막트랜지스터)-LCD가 개발되는 등 대형화면의 응용도 가능한 것으로 예상된다. LCD의 기초 및 응용기술에 있어서 고체

기판위에서의 표면액정 배향효과는 대단히 중요한 역할을 한다.

많은 LCD소자들은 경사진 수평 액정배향으로 이루어지며 액정배향 기술로서는 리빙처리된 폴리이미드(PI)막<sup>[1]-[5]</sup>, 진공증착된 SiO<sup>[6]</sup>, PI-Langmuir-Blodgett(LB)막<sup>[7]-[8]</sup>, 리빙처리된 폴리스타이렌(polystyrene)막<sup>[9]</sup>, 그리고 리빙처리된 폴리파이롤(polypyrrole)막<sup>[10]</sup> 등을 이용하고 있다. 현재 일반화된 배향기술은 리빙처리된 폴리이미드막이며 가장 안정된 배향상태를 가지고 있다. 많은 연구자들에 의해서 한쪽 방향으로 리빙(기판 표면위를 섬유질 등을 이용하여 한쪽방향으로 문지르는 것)한 것에 의한 액정 배향효과가 연구 발표되었다.

액정 분자배열에 관하여 리빙처리된 고분자막은 폭넓게 사용되고 있으나 리빙 프로세스에 의한 구체적인 액정 배향의 메카니즘에 관하여는 아직도 완전히 이해하지 못하고 있다. 액정분자와 표면배향층 사이의 결합강도는 액정배향의 메카니즘을 이해하는데 있어서 대단히 중요하다. 최근 우리들은 많은 배향막에 있어서 네마틱액정인4-cyano-4'-n-pentylbiphenyl(5CB)의 극각(out-of-plane tilt) 방향의

결합강도 및 표면질서도에 관하여 연구 보고하였다. 본 연구에서는, 러빙처리된 폴리이미드막에 있어서의 분자구조가 다른 3 종류의 네마틱액정의 극각방향의 결합강도와 표면 질서도에 관하여 연구하였다.

## 2. 실험

그림 1에 본 실험에서 사용한 폴리머의 분자구조(Japan Synthetic Rubber Co., Ltd. 제공)를 그림 1에 나타내었다.

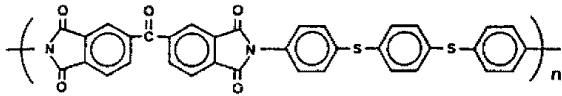


Fig 1. The polymer molecular structure.

프리카서는 ITO(indium-tin-oxide)가 코팅된 유리판위에 코팅하였고, 2종류의 다른 온도(300[℃]와 250[℃], 1시간)에서 이미드화하여 폴리이미드막을 제작하였다. 이 폴리이미드막은 나일론(Yo-15-N, Yoshikawa Chemical Industries Co., Ltd.)이 감긴 회전기를 이용하여 표면을 한쪽 방향으로 러빙처리하였다. 러빙의 강약을 나타내는 러빙강도(RS)의 정의는 앞의 논문<sup>[183]</sup>에 기술하였다.

$$RS = NM(2\pi r/v-1) \dots\dots\dots(1)$$

여기서, N은 러빙한 회수(여기서는 N = 1), M은 누르는 양(mn), n은 톨러의 회전수(1000/60(s<sup>-1</sup>)), v는 기판의 이동 속도(7.0(mm/s)), r은 톨러의 반경을 나타낸다. 여기서는 누르는 양인 M을 변화시켜서 러빙강도를 변화시켰다. 실제로, 단위면적당의 러빙에 의한 일의양 W는 W = a · RS 이며, RS에 비례한다. 여기서 a는 마찰계수를 나타낸다.

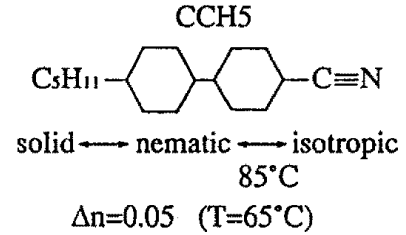
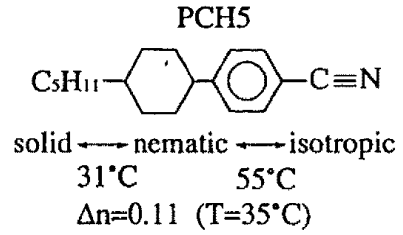
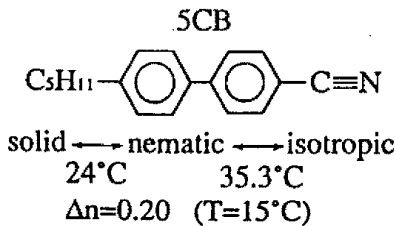


Fig 2. The molecular structure of three kinds of nematic liquid crystals used.

그림 2에 본 실험에서 사용한 3종류의 네마틱액정의 분자구조를 나타내었다. 사용한 액정의 종류로는 5CB, PCH5 그리고 CCH5 등인데 이것들의 복굴절은 각각 5CB가 0.19(25[℃]), PCH5 가 0.11(35[℃]) 그리고 CCH5 가 0.05(65[℃])등이다. 액정은 2장의 유리·판이 반대방향으로 러빙된 표면을 이용하여 제작되었다. 모든 샌드위치형의 액정셀은 액정층이 약 60±0.5μm 의 두께로 균일하게 제작되었다.

본 연구에서는 극각방향의 결합강도를 평가하기 위하여 우리들은 강전장법(high electric-field technique<sup>[11]</sup>)를 이용하였다. 강전장법을 이용하여 극각방향의 결합강도를 측정하기 위하여 인가한 전압(V)에 대한 캐패시턴스(C)와 광학 적위상차(R)를 측정하였다. 강전장법에의하면 V>6V<sub>th</sub> 의 조건에 있어서 extrapolation length(de)는 다음과 같이 정의되었다.

$$\frac{R}{R_0} = \frac{I_0}{CV} - \frac{2de}{d}$$

$$V > 6V_{th} \text{ 일 때 } \dots\dots\dots(2)$$

여기서, I<sub>0</sub> 는 액정재료에 의존하는 비례상수이며, V와 d 는 각각 인가된 전압과 액정층의 두께를 나타낸다. 우리들은 다음식으로부터 극각방향의 결합에너지 A(강도) 를 결정하였다.

$$A = \frac{K}{de} , \dots\dots\dots(3)$$

여기서  $K$ 는 탄성계수( $K=K_1\cos^2\theta_0+K_3\sin^2\theta_0$ 이며  $K_1, K_3$  그리고  $\theta_0$ 는 각각 splay 와 bend 변형의 탄성계수를, 그리고 프리틸트각을 나타낸다)이다.

본 실험에 있어서 탄성계수는 우리들이 직접측정한 탄성계수를 사용하였다. 또, 상전 온도(clearing temperature)로부터 각각 5~10[ $^{\circ}\text{C}$ ] 이하에서 극각방향의 결합강도를 측정하였다. 네마틱액정의 표면질서도는 상전이온도( $T_c$ ) 이상의 온도에서 광학적 리타레이션의 온도의존성을 측정함으로써 평가하였다.<sup>[12]</sup>

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 3(a)는 이미드된 온도가 300[ $^{\circ}\text{C}$ ]의 폴리이미드막에 있어서 3종류의 네마틱액정의 극각방향의 결합에너지(A)와 러빙강도(RS)와의 관계를 나타낸다. 러빙된 폴리이미드막에 있어서 5CB의 극각방향의 결합에너지(A)는 모든 러빙강도에 대해 상당히 큰 (약  $\geq 1 \times 10^{-3}$  ( $\text{J}/\text{m}^2$ )) 수치를 나타내었다. 그러나 CCH5의 극각방향의 결합에너지(A)는 모든 러빙강도에 있어서 대단히 작은 것을 보여주었다. 앞의 논문에서 의하면 네마틱 액정의 극성률(polarizability)은 네마틱 액정의 멘젠징의 수가 증가함과 동시에 증가하는 것이 알려져 있다.<sup>[13]</sup> 결과적으로 러빙된 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정에 관한 극각방향의 결합에너지는 네마틱 액정의 극성률이 증가함과 동시에 증가한다.

이미드된 온도가 250[ $^{\circ}\text{C}$ ]의 폴리이미드막에 있어서 3종류의 네마틱액정의 극각방향의 결합에너지(A)와 러빙강도(RS)와의 관계를 그림 3(b)에 나타낸다. 5CB와 PCH5의 극각방향의 결합에너지(A)는 대단히 크나, CCH5의 극각방향의 결합에너지는 모든 러빙강도에 대해 대단히 작은 수치를 나타내었다. 이 결과는 그림 3(a)의 결과와 같은 경향을 보여주었다.

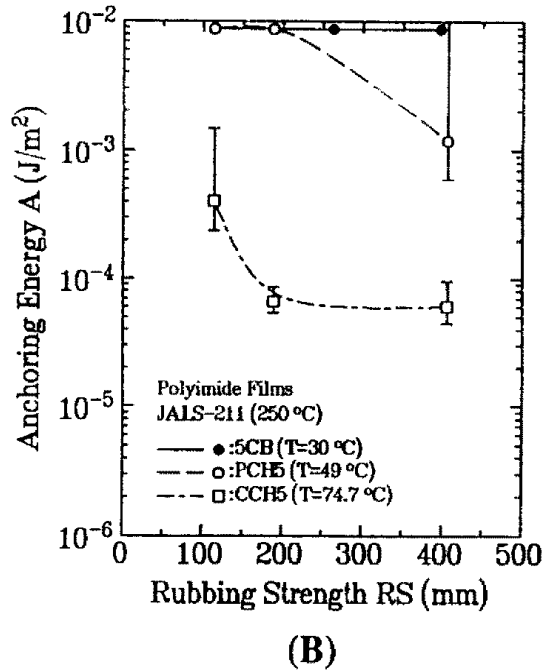
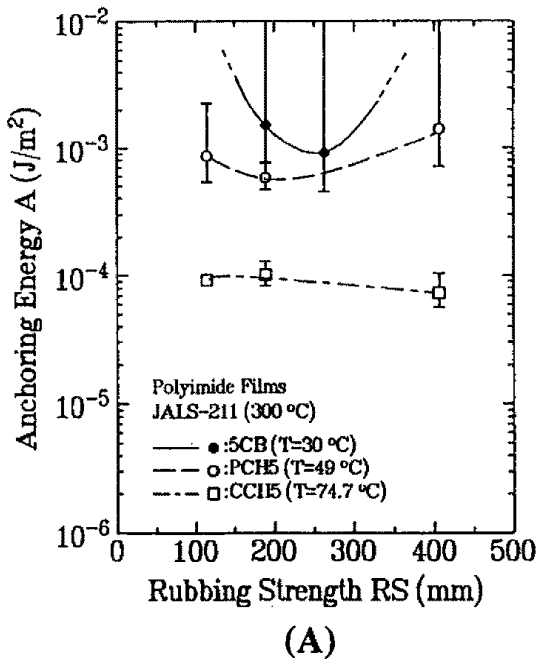


Fig 3. The polar anchoring energies for three kinds of NLCs on rubbed PI films as a function of RS. Imidization temperatures are (a) 300 $^{\circ}\text{C}$  (b) 250 $^{\circ}\text{C}$ .

그림 4에 상전이온도 이상의 온도에 있어서 분자구조가 다른 3종류의 네마틱 액정에 관한 광학적 리타레이션 온도의존성을 나타내었다.

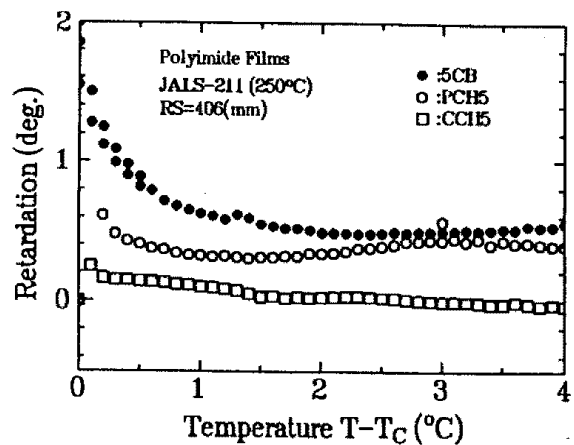


Fig 4. The induced optical retardation for three kinds on NLCs at a temperature above clearing temperature on rubbed PI films in strong rubbing.

PI막은 250°C에 있어서 이미드화되었으며 한 쪽 방향으로 강하게 러빙하였다. 5CB의 잔류 리타데이션이 가장 큰 수치를 나타내었으며 CCH5에 관한 잔류리타데이션은 나타나지 않았다. 즉, 러빙처리된 PI막의 잔류 리타데이션은 네마틱 액정의 벤젠링 수에 크게 의존하는 것을 알 수 있다. Tarzon와 Miyamo 등은 네마틱 액정의 잔류 리타데이션은 표면질서도에 연관이 있는 것으로 연구보고하였다.<sup>[12]</sup> 위의 결과로부터 표면질서도는 네마틱 액정의 극성률에 크게 의존하는 것으로 생각할 수 있다. 끝으로, 러빙처리된 PI막에 있어서 네마틱 액정의 극각방향의 결합강도는 표면질서도에 깊은 연관이 있는 것으로 생각할 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 러빙된 폴리이미드막에 있어서 분자구조가 다른 3종류의 네마틱액정의 극각방향의 결합강도와 표면질서도에 관하여 연구 검토하였다. 결론적으로, 러빙된 폴리이미드막에 있어서 네마틱 액정의 극각방향의 결합에너지(A)는 표면질서도에 깊은 연관이 있는 것으로 생각할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) D.-S. Seo, K. Muroi, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **213**, 223 (1992).
- 2) D.-S. Seo, Y. Iimura, and S. Kobayashi, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 234 (1992).
- 3) D.-S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, *Appl. Phys. Lett.* **61**, 2392 (1992).
- 4) D.-S. Seo, K. Araya, N. Yoshida, M. Nishikawa, Y. Yabe, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **34**, L503 (1995).
- 5) D.-S. Seo and S. Kobayashi, *Appl. Phys. Lett.* **66**, 1202 (1995).
- 6) J. Janning, *Appl. Phys. Lett.* **21**, 173 (1972).
- 7) D.-S. Seo, T. Oh-ide, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **214**, 97 (1992).
- 8) D.-S. Seo, H. Matsuda, T. Oh-ide, and S. Kobayashi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **224**, 13 (1993).
- 9) D.-S. Seo, K. Muroi, T. Isogami, H. Matsuda, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.* **31**, 2165 (1992).
- 10) D.-S. Seo, S. Kobayashi, and A. Mochizuki, *Appl. Phys. Lett.* **60**, 1025 (1992).

- 11) H. Yokohama, S. Kobayashi, and H. Kamei, *J. Appl. Phys.* **61**, 4501 (1987).
- 12) J.C. Tarzon and K. Miyano, *J. Chem. Phys.* **73**, 1994 (1980).
- 13) W. H. de Jeu, *Physical Properties of Liquid Crystalline Materials*, ed. G. Gray (Gordon and Breach, University of Hull, 1980) Chap. 3.