

## 저온 공정을 이용한 플라스틱 STN 셀의 전기 광학 특성

김강우, 황정연, 김종환, 서대식

연세대학교

### Electro-Optical Characteristics of Plastic STN Cell using Low Temperature Process

Kang-Woo Kim, Jeoung-Yeon Hwang, Jong-Hwan Kim and Dae-Shik Seo

Yonsei Uni.

#### Abstract

We investigated the electro-optical(EO) performances of the super twisted nematic liquid crystal display(STN-LCD) on the polyimide(PI) surface using polymer film. The NLC pretilt angles generated are about 18° by the rubbing alignment method on thin plastic substrates. However, the pretilt angle are at about 13° lower on the glass substrate than on thin plastic substrate. Monodomain alignment of the plastic STN-LCD can be observed. A stable voltage-transmittance(V-T) curve of the plastic STN-LCD was observed on the polyimide(PI) surfaces using polymer film. Also, a faster response time for the plastic STN-LCD on the polyimide(PI) surfaces using polymer film can be achieved.

**Key Words :** polymer film, electro-optical(EO), super twisted nematic(STN) liquid crystal display (LCD), polyimide(PI)

#### 1. 서론

최근에 유리 기판 대신에 고분자 기판(polymer substrate)을 이용하는 plastic STN 디스플레이에 관한 연구가 많이 진행되고 있다[1,2]. Plastic STN을 채용한 액정표시소자는 고분자 기판을 사용함으로써 유리기판에 비해 부피가 줄고 무게가 줄면서 휴대용 디스플레이, 유연성(flexibility)이 커지면서 곡면 위의 디스플레이(flexible display)로의 구현이 가능해 차세대 휴대용 액정표시소자로서 기대된다[3]. 하지만, 이러한 plastic 기판의 사용시 장점은 오히려 제작공정을 복잡하게 만들고 있다. 먼저 plastic 기판은 열에 약하기 때문에 전체적으로 저온공정을 해야만 한다. 두번째로 유연한 기판이기 때문에 이로 인해 handling 하기가 유리 기판에 비해 상당히 어렵다. 이러한 문제로 인해 많은 재료와 제작 장비가 plastic 기판에 적합하

것으로 바뀌어야만 하는 어려운 문제를 가진다. 그리고, 아직도 glass 기판을 이용한 디스플레이보다 plastic 기판을 이용한 디스플레이의 성능이 떨어진다.

따라서 본 연구에서는 plastic 기판을 이용한 STN의 전기광학 특성에 대하여 검토하였다.

#### 2. 실험

본 실험에서 사용한 플라스틱 기판은 polycarbonate(PC)이다. 또한 일본 Nissan chemical Industrial Co.의 수평 폴리이미드를 사용하였다. 폴리이미드는 ITO(indium-tin oxide) 기판 위에 스펀코팅법을 이용하여 코팅하였다. 120℃에서 1시간 동안 소성하여 폴리이미드막을 제작하였다. 폴리이미드 표면은 러빙법을 이용해 상중하의 강도로 각각 러빙처리 하였다. 러빙강도 (Rubbing

strength:RS)는 아래와 같이 정의한다[4].

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

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

프리틸트각 측정을 위하여 러빙처리된 폴리이미드 표면을 anti-parallel 구조의 샌드위치형으로 제작하였으며 두께는 약 60μm 정도로 조절하였다. 전기광학 특성 측정용을 위한 plastic STN을 제작하기 위해, 셀 두께를 3.0~5.0μm로 조절하였으며, 사용한 네마틱 액정은 유전율 이방성이 양의 액정 (Δn=0.1626 with pitch for Merck)을 각각 사용하였다. 프리틸트각은 결정회전법을 사용하여 실온에서 측정하였으며, 제작한 plastic STN 셀의 전압-투과율 및 응답 특성은 실온에서 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1에 플라스틱 기판과 유리기판을 이용한 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정 셀의 편광 현미경 사진을 나타내었다. 그림 1에 나타낸바와 같이, 고분자 기판을 사용한 것과 유리기판 사용한 경우 모두 우수한 배향상태를 나타내었다.

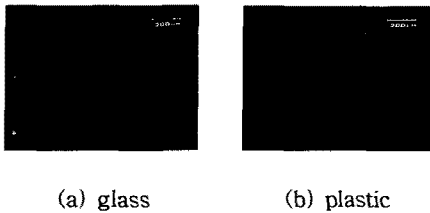


그림 1. 2종류의 기판을 이용한 러빙 배향 액정 셀의 편광 현미경 사진(편광자는 직교상태).

그림 2은 플라스틱 및 유리기판을 이용한 경우 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각을 나타내었다. 그림 1에서와 같이 유리기판을 이용한 경우 폴리이미드 표면에서의 러빙에 의한 네마틱 액정의 프리틸트각을 러빙강도에 관계없이 약 13°을 나타내었다. 그러나 플라스틱 기판을 이용한 경우에는 러빙강도가 112ms일 때 약 18°를 나타내었으며, 러빙강도가 증가할수

록 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다. 즉 플라스틱 기판을 이용한 경우가 유리기판을 이용한 경우보다 높은 프리틸트를 나타내었다.

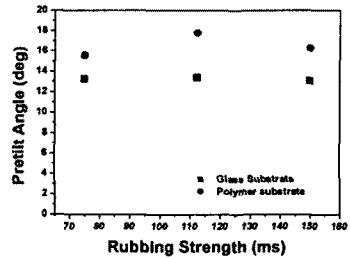


그림 2. 폴리이미드 표면에서 두종류의 기판종류에서의 러빙강도에 따른 네마틱액정의 틸트각.

그림 3에 플라스틱 및 유리기판을 이용한 경우 러빙처리된 STN-LCD의 편광현미경 사진을 나타내었다. 그림에서와 같이 플라스틱과 유리기판을 이용한 STN-LCD의 모두 인가 전압에 대한 on-off 특성이 매우 우수함을 알 수 있었다.

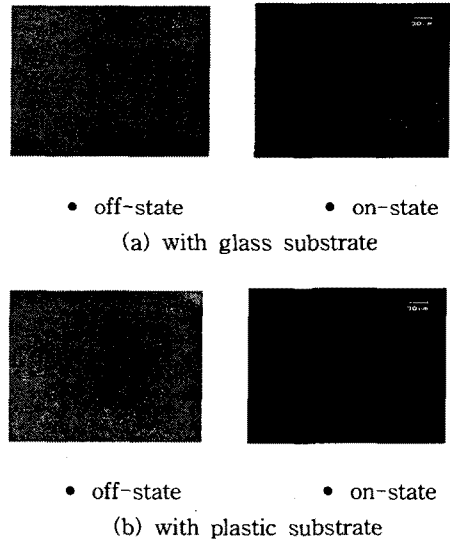
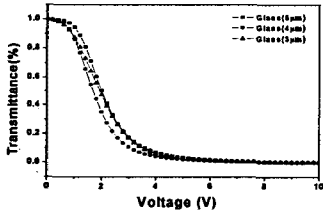
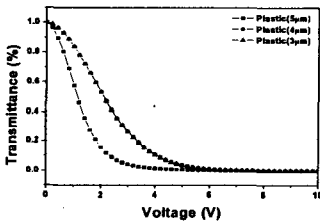


그림 3 2종류의 기판을 이용한 위상차 필름을 사용하지 않은 러빙처리된 STN-LCD의 편광현미경 사진(편광자는 직교상태).

그림 4는 플라스틱 및 유리기판을 이용한 경우 폴리이미드 표면에서의 러빙처리된 STN-LCD의 셀갭별 전압-투과율 곡선을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 2가지 종류의 기판을 이용한 STN-LCD는 모두 전압 인가시 완전한 암상태를 나타내지 않고 미세한 광 누설(light leakage) 현상이 관찰되었으며, 이것은 위상차 필름을 사용하면 좋은 암 상태를 얻을 수 있다. 그림 4(a)에서와 같이, 유리기판을 이용한 STN-LCD는 셀 갭에 관계없이 안정적인 전압-투과율 곡선을 나타내었다, 그러나 플라스틱 기판을 이용한 STN-LCD는 셀 갭이 낮은 경우 V-T 곡선이 완만하게 나타내었다. (그림 4(b)). 이것은 플라스틱 STN-LCD에서 균일한 셀 갭을 유지하기 위하여 사용한 스페이서의 양이 상대적으로 낮은 셀 갭에서는 많이 사용됨에 의해서 전압 인가시 액정의 변형에 방해를 주어서 생기는 현상으로 생각할 수 있다. 이 문제는 차후 해결해야 할 문제라고 생각되어진다.



(a) with glass substrate



(b) with plastic substrate

그림 4. 2종류의 기판을 이용한 위상차 필름을 사용하지 않은 러빙처리된 STN-LCD의 V-T 곡선.

표 1 에 셀갭별 glass 및 plastic STN-LCD의 임계치 전압을 나타내었다. 전체적으로 plastic

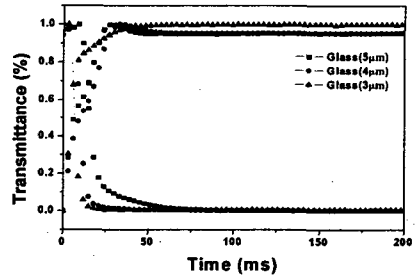
STN 셀의 임계치 전압은 glass STN와 거의 동일하며, 매우 우수한 임계치 전압을 나타내었다.

표 1. 2종류 기판을 이용한 러빙처리된 STN-LCD의 임계치 전압.

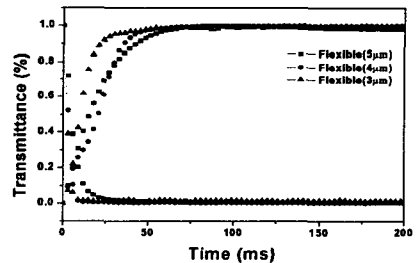
Type	Voltage		V <sub>90</sub>	V <sub>10</sub>
Glass	5.0(μm)		3.61	1.17
	4.0(μm)		3.07	0.90
	3.0(μm)		3.52	0.90
Plastic	5.0(μm)		2.50	0.63
	4.0(μm)		2.59	0.78
	3.0(μm)		2.73	0.84

\* V<sub>90</sub>은 투과율이 90%일 때의 전압, V<sub>10</sub>은 투과율이 10%일 때의 전압

그림 5는 고분자 및 유리기판을 이용한 경우 폴리이미드 표면에서의 러빙처리된 STN-LCD의 셀갭별 응답특성을 나타내었다. Plastic STN은 glass STN보다 안정적인 응답특성을 나타내었다.



(a) with glass substrate



(b) with plastic substrate

그림 5. 2종류의 기판을 이용한 위상차 필름을 사용하지 않은 러빙처리된 STN-LCD의 응답특성.

표 2에서 glass 및 plastic STN-LCD의 응답시간을 나타내었다. 특히, 액정의 Rising time 시간은 플라스틱 기판을 이용한 경우가 유리 기판을 이용한 경우가 상당히 빠른 응답속도를 나타내었다. 이러한 이유로 인하여 플라스틱 기판을 이용한 plastic STN의 응답시간은 유리기판을 이용한 glass STN- LCD 보다 빠른 응답 특성을 나타내었다.

표 2. 2종류 기판을 이용한 러빙 처리된 STN-LCD의 응답속도.

Time Alignment Layer		Rising time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
		Glass	5.0( $\mu\text{m}$ )	16.6
4.0( $\mu\text{m}$ )	6.7		23.56	30.26
3.0( $\mu\text{m}$ )	5.3		18.87	24.17
Plastic	5.0( $\mu\text{m}$ )	5.7	25.01	30.71
	4.0( $\mu\text{m}$ )	7.0	16.41	23.41
	3.0( $\mu\text{m}$ )	9.9	10.26	20.16

#### 4. 결 론

본 연구에서는 유리기판과 플라스틱 기판을 이용하여 폴리이미드 표면에 러빙된 STN 셀의 전기광학 특성에 대하여 검토하였다. 플라스틱 기판을 이용한 러빙된 폴리이미드 표면을 이용한 경우 약 18°의 프리틸트각을 나타내었다. 그러나 유리 기판을 이용한 러빙된 폴리이미드 표면을 이용한 경우 약 13°의 프리틸트각을 나타내었다. 플라스틱 STN 셀은 안정한 전압-투과율 및 응답특성을 나타내었다. 또한, 플라스틱 STN 셀은 빠른 응답시간을 나타내었다.

#### 감사의 글

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

#### 참고 문헌

[1] S. K. Park, J. I. Han, W.K. Kim, M.G. Kwak, S. J. Hong and C. J. Lee, "Novel

Reflective color STN plastic film LCD with high brightness and parallax free image", SID' 01 Digest, p. 658, 2001.

[2] T. Hanada, I. Shiroishi, N. Saito, and T. Yatabe, " Flexible plastic substrate for flat panel displays", IDW '02, p. 401, 2002

[3] D. R. Cairns, R. P. Witte II, D. K. Sparacin, S. M. Sachsman, D. C. Paine, G. P. Crawford and R. R. Newton, "Strain-dependent electrical resistance of tin-doped indium oxide on polymer substrate", Appl. Phys. Lett, Vol. 76, No. 11, p. 1425, 2000.

[4] 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, p. 223, 1992.