

저온 공정을 이용한 플라스틱 STN 셀의 전기 광학 특성

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

김강우¹, 황정연¹, 김종환¹, 서대식^{1,a}

(Kang-Woo Kim¹, Jeoung-Yeon Hwang¹, Jong-Hwan Kim¹, and Dae-Shik Seo^{1,a})

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(Nematic Liquid Crystal) 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. 서 론

최근 들어 휴대용 액정 표시소자의 수요가 늘고 소비자의 욕구가 고급화됨에 따라 얇고 가벼우며 소비전력이 적게드는 액정 표시소자에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그래서 최근에 유리 기판 대신에 고분자 기판(polymer substrate)을 이용하는 plastic STN 디스플레이에 관한 연구가 많이 진행되고 있다[1,2]. Plastic STN을 채용한 액정 표시소자는 고분자 기판을 사용함으로써 유리 기판에 비해 부피가 줄고 무게가 줄면서 휴대용 디스플레이, 유연성(flexibility)이 커지면서 곡면 위의 디스플레이(flexible display)로의 구현이 가능해 차세대 휴대용 액정 표시소자로서 기대된다. 이러한

고분자 기판을 사용하면, 유리기판보다 두께는 1/4, 무게 1/2 정도 줄일 수 있으며, 외부 충격에도 강하다는 장점을 가진다[3-6]. 하지만, 이러한 plastic 기판을 사용할 경우 연계 되는 장점은 오히려 제작공정을 복잡하게 만들고 있다. 먼저 plastic 기판은 열에 약하기 때문에 전체적으로 저온공정을 해야만 한다. 둘째로 유연한 기판이기 때문에 이로 인해 handling 하기가 유리기판에 비해 상당히 어렵다. 이러한 문제로 인해 많은 재료와 제작 장비가 plastic 기판에 적합한 것으로 바뀌어야만 하는 어려움이 있다. 그리고 아직도 glass 기판을 이용한 디스플레이보다 plastic 기판을 이용한 디스플레이의 성능이 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 plastic 기판을 이용한 STN의 전기광학 특성에 대하여 검토하였다.

1. 연세대학교 전기전자공학과

(서울시 서대문구 신촌동 134)

a. Corresponding Author : dsseo@yonsei.ac.kr

접수일자 : 2004. 4. 26

1차 심사 : 2004. 5. 29

심사완료 : 2004. 8. 23

2. 실험

본 실험에서 사용한 플라스틱 기판은 poly-

carbonate(PC)이다. 또한 수평 폴리이미드인 PIA 2091(Nissan chemical Industrial Co.)을 사용하였다. 폴리이미드는 ITO(indium-tin oxide) 기판 위에 스프인코팅법을 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].

$$RS = NM \left(\frac{2\pi r n}{v} - 1 \right) \quad (1)$$

(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 60 μm 정도로 조절하였다. 액정은 (Δn=0.1701 for Merck) 전기광학 특성 측정 용을 위한 plastic STN을 제작하기 위해, 셀 두께를 3.0~5.0 μm로 조절하였으며, 사용한 네마틱 액정은 유전을 이방성이 양인 액정 (Δn=0.1626 with pitch for Merck)과 Chiral Dopant를 첨가한 액정을 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 액정셀의 편광 현미경 사진을 나타내었다. 그림 1에 나타낸바와 같이, 고분자 기판을 사용한 것과 유리기판을 사용한 경우 모두 우수한 배향상태를 나타내었다.

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

Fig. 1. Microphotographs of rubbing-aligned LC cell on the two kinds of substrate(in crossed Nicols).

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 °를 나타내었다. 그러나 플라스틱 기판을 이용한 경우에는 러빙강도가 112 ms 일 때 약 18 °를 나타내었으며, 러빙강도가 증가할수록 프리틸트각이 감소하는 경향을 나타내었다. 즉 플라스틱 기판을 이용한 경우가 유리기판을 이용한 경우보다 높은 프리틸트를 나타내었다. 플라스틱 기판의 표면 거칠기(Surface roughness=5nm)가 유리보다 크기 때문에 폴리이미드 막 표면에 러빙시 생기는 microgroove가 더 크게 형성되므로 더 높은 프리틸트가 발생한다고 생각할 수 있다. 결국 고분자막 표면처리에 의한 액정의 표면 분자 배향은 고분자막의 표면형성이 프리틸트 발생에 기여한다고 생각할 수 있다[7].

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

Fig. 2. NLC tilt angles on homeotropic polyimide surface with two kinds of substrates as function of rubbing strength.

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.

(a) with glass substrate

(a) with glass substrate

(b) with plastic substrate

(b) with plastic substrate

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

Fig. 3. Microphotographs of the ion beam aligned STN-LCDs without a retardation film using two kinds of substrates (in crossed Nicols).

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.

표 1에 셀갭별 glass 및 plastic STN-LCD의 임계치 전압을 나타내었다. 전체적으로 plastic STN 셀의 임계치 전압은 glass STN와 거의 동일하며, 매우 우수한 임계치 전압을 나타내었다.

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

Fig. 4. V-T curves of the rubbing aligned STN-LCDs without a retardation film using two kinds of substrates.

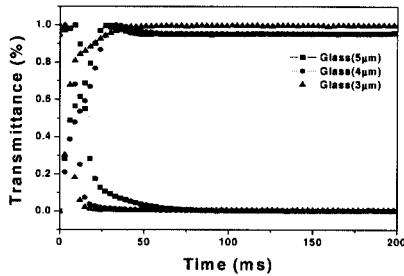
표 1. 2종류 기판을 이용한 러빙처리된 STN-LCD의 임계치 전압.

Table 1. Threshold voltage of the rubbing aligned STN-LCD using two kinds of substrates.

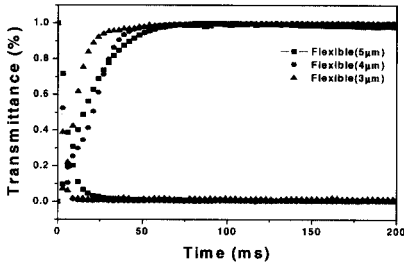
Type		Voltage	
		V ₉₀	V ₁₀
Glass	5.0(μm)	3.61	1.17
	4.0(μm)	3.07	0.90
	3.0(μm)	3.52	0.90
Plastic	5.0(μm)	2.50	0.63
	4.0(μm)	2.59	0.78
	3.0(μm)	2.73	0.84

* V₉₀은 투과율이 90 %일 때의 전압, V₁₀은 투과율이 10 %일 때의 전압

그림 5은 고분자 및 유리기판을 이용한 경우 폴리이미드 표면에서의 러빙처리된 STN-LCD의 셀 갭별 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 응답 특성.

Fig. 5. Response time characteristics of the rubbing aligned STN-LCDs without a retardation film using two kinds of substrates.

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.

일반적으로 프리틸트 각이 증가하면 τ_r 은 빨라지

고 τ_d 은 늦어진다. 특히, 플라스틱 기판을 이용한 경우 액정의 프리틸트각이 유리기판을 이용한 경우보다 더 높다. 이러한 이유로 플라스틱 기판을 STN 셀은 τ_r 은 빨라지고, τ_d 은 늦어졌으나, τ_r 의 값이 상대적으로 유리기판을 이용한 경우보다 빨라서 전체적으로 응답속도가 증가하였다. 그 이유는 STN의 비틀림 각, 프리틸트 각, 사용한 액정, 액정의 피치 등의 여러 가지 요인에 의해서 응답속도가 증가하였다고 사료된다.

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

Table 2. Response time for the rubbing aligned STN-LCD using two kinds of substrates.

Alignment Layer	Time	Rising time	Decay time	Response time
		τ_r (ms)	τ_d (ms)	τ (ms)
Glass	5.0(μm)	16.6	19.95	36.55
	4.0(μm)	6.7	23.56	30.26
	3.0(μm)	5.3	18.87	24.17
Plastic	5.0(μm)	5.7	25.01	30.71
	4.0(μm)	7.0	16.41	23.41
	3.0(μm)	9.9	10.26	20.16

4. 결 론

본 연구에서는 유리기판과 플라스틱 기판을 이용하여 폴리이미드 표면에 러빙처리된 STN 셀의 전기 광학 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(M1-0412-00-0008)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.
- [5] 박준백, 황정연, 서대식, 문대규, 한정인, "다층 박막을 이용한 플라스틱 ITO 필름의 bending 에 따른 전기적 특성 연구", 전기전자재료학회 논문지, 17권, 1호, p. 70, 2004.
- [6] 박준백, 서대식, 이상극, 이준웅, 김영훈, 문대규, 한정인, "고분자 기판의 휨 스트레스에 대한 Encapsulation의 효과", 전기전자재료학회 논문지, 17권, 4호, p. 443, 2004.
- [7] 황정연, 남기형, 서대식, "고분자 필름을 이용한 폴리이미드 표면에서의 프리틸트각 발생", 전기전자재료학회논문지, 16권, 12호, p. 1110, 2003.