

그림 1. PCEMA의 분자 구조  
Fig. 1. Molecular structure of the PCEMA used

표 1. 사용한 PCEMA의 구성  
Table 1. The composition ratio of the PCEMA's used

	X (%)	Y (%)
PCEMA-1	94	6
PCEMA-2	75	25
PCEMA-3	27	73
PCEMA-4	1	99

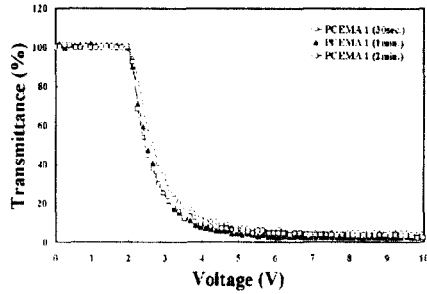
고분자는 스핀코팅법을 이용하여 ITO(indium-tin-oxide) 전극이 부착된 기판위에 코팅되었으며, 150℃에서 1시간 동안 열처리되었다. 배향막의 두께는 400Å 이다. 기판표면에 수직 조사된 UV광은 500W의 Xe램프를 사용하였으며, 사용한 필터의 파장은 365nm이다. 광배향 셀과 비교하기 위하여 중간정도로 러빙처리된 (러빙강도 M=0.5mm) 폴리이미드 (PI) 표면을 이용한 러빙처리셀을 제작하였다. 제작한 TN-LCD의 셀 두께는 5 μm으로 조절하였으며 사용한 네마틱 액정은 불소계열의 혼합형 네마틱 액정 (fluorinated type mixture; T<sub>c</sub>=87℃) 이다. 액정배향상태를 평가하기 위하여 편광현미경을 사용하였으며 전압-투과율 (V-T) 특성, 응답 특성 등은 실온에서 측정하였다.<sup>[4]</sup>

### 3. 결과 및 고찰

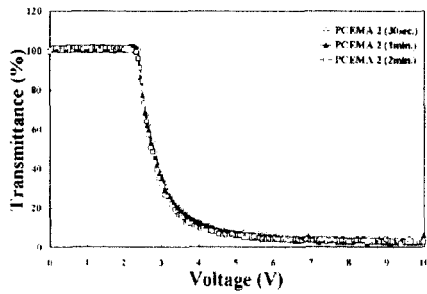
그림 2에 1 분간 광중합된 PCEMA-1, PCEMA-2, PCEMA-3, PCEMA-4 등을 이용한 광배향 TN-LCD의

그림 2. 4종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 편광현미경 사진  
Fig. 2. Microphotographs for the photo-aligned TN-LCD's on four kinds of the PCEMA surfaces (in crossed Nicols)

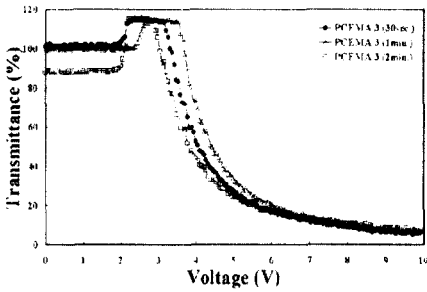
on-off 특성을 나타내었다. PCEMA-1과 PCEMA-2는 인가 전압 5 (V)에 대한 on-off 특성은 매우 양호한 콘트라스트를 나타내었으나, PCEMA-3과 PCEMA-4는 다소 떨어진 콘트라스트를 나타내었다. 이것은 cinnamoly group이 많은 PCEMA-1과 PCEMA-2가 균일한 배향을 나타내었고, 반면에 cinnamoly group이 적은 PCEMA-3과 PCEMA-4는 디스크레이션 결함이 많이 발생하였다. 즉 cinnamoly group이 적은 경우에는 배향성이 감소하는 것을



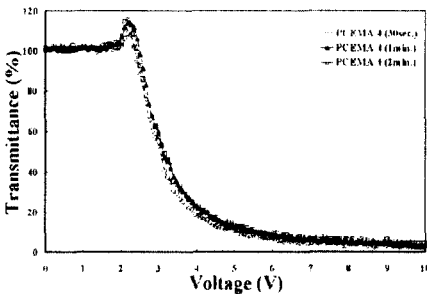
(a) PCEMA-1



(b) PCEMA-2



(c) PCEMA-3



(d) PCEMA-4

그림 3. 4종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 V-T 특성

Fig 3. V-T characteristics for the photo-aligned TN-LCD's on four kinds of the PCEMA surfaces

표 2. 4종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD와 러빙처리된 TN-LCD의 임계 전압

Table 2. Threshold voltages for the photo-aligned TN-LCD on four kinds of the PCEMA and rubbing-aligned TN-LCD

Orientation Film	Voltage	$V_{90}$
PCEMA-1 (30sec.)		2.16
PCEMA-1 (1 min.)		2.10
PCEMA-1 (2 min.)		2.10
PCEMA-2 (30sec.)		2.44
PCEMA-2 (1 min.)		2.41
PCEMA-2 (2 min.)		2.40
PCEMA-3 (30sec.)		3.44
PCEMA-3 (1 min.)		3.82
PCEMA-3 (2 min.)		3.30
PCEMA-4 (30sec.)		2.53
PCEMA-4 (1 min.)		2.64
PCEMA-4 (2 min.)		2.62
rubbed PI		1.99

\* PCEMA-3 (2 min.)은 투과율이 90% 정도.

알 수 있다. 그림 3에는 cinnamoly group 조성 비율별로 합성된 PCEMA에 UV를 조사하여 제작한 광배향 TN-LCD의 V-T 특성을 나타내었다. PCEMA-1과 PCEMA-2는 모든 UV시간에서 우수한 V-T 특성을 나타내었다. 1분간 UV광을 조사한 PCEMA-1(1min.)과 PCEMA-2(1min.)의 경우가 매우 우수한 V-T 특성을 나타내었다. 특히 PCEMA-1(1min.)의 경우가 가장 우수한 V-T 특성을 나타내었다. 그러나 PCEMA-4는 다소 떨어진 V-T 특성을 나타내었으며, PCEMA-3은 가장 나쁜 V-T 특성을 나타내었다. 즉 빛에 민감한 cinnamoly group이 많을 수록 편광된 UV에 의해 배향성이 증가한다고 생각할 수 있다. 결국 cinnamoly group에 의한 광중합 반응이 OH group에 의한 광분해 반응보다 액정 배향에 크게 기여한다고 생각할 수 있다. PCEMA-3의 경우, OH group의 편광된 UV에 의한 배향이 cinnamoly group의 편광된 UV에 의한 배향을 방해하기 때문에 4종류의 PCEMA중에서 가장 나쁜 V-T 특성을 나타낸다고 생각할 수 있다.

표 2에 4종류의 PCEMA의 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 임계 전압을 나타내었다. 임계 전압을 나타내는

$V_{90}$ 의 크기는 PCEMA-1 표면을 이용한 광배향 TN-LCD가 가장 낮은 경향을 나타내었으며, 특히 1분에서는 약 2.1(V)로 러빙 처리한 PI 표면을 이용한 TN-LCD와 같은 특성을 나타내었다. 그리고 PCEMA-2 표면을 이용한 TN-LCD, PCEMA-4의 표면을 이용한 TN-LCD의 순으로 임계치 전압이 증가하였으며, PCEMA-3을 이용한 광배향 TN-LCD가 3.82(V)로 가장 높은 임계치 전압을 나타내었다.

그림 4는 4종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 응답 특성을 나타내었다. 그림 4 (a)~(d)에서 보는 바와 같이, 2종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD 경우는 하강시간에서 모두 backflow bounce 현상을 나타내고 있다. 이것은 광배향 TN-LCD 제작시 chiral dopant를 첨가하지 않았기 때문에 액정 분자의 트위스트 힘에 의해 이러한 현상이 나타난다고 생각 할 수 있다. 그리고 배향의 불균일성에 의해 처음 기준의 투과율보다 증가하여, 이러한 backflow bounce 현상이 나타나는 것으로 생각 할 수 있다. 즉 cinnamoly group이 많은 PCEMA-1과 PCEMA-2 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 경우가 안정적인 응답특성을 나타내었으며, 특히 cinnamoly group이 94% 붙어 있는 PCEMA-1의 표면에 UV를 1분 및 2분간 조사한 PCEMA-1 (1 min.)과 PCEMA-1 (2min.)의 경우는 backflow bounce 현상이 나타나지 않았으며, 4종류의 PCEMA중에서 가장 안정적인 응답특성을 나타내었다. 그리고 PCEMA-2의 응답특성의 경우는 약간의 backflow bounce 현상을 나타내었다. 그리고 OH group이 많이 붙어 있는 PCEMA-3과 PCEMA-4 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 경우 큰 backflow bounce 현상을 나타내었으며, 특히 PCEMA-3의 경우는 4종류의 PCEMA의 응답 특성 중에서 가장 큰 backflow bounce 현상을 나타내었다. 일반적으로 응답 특성에는 액정의 유전율이 크게 기여하며, 이외에도 네마틱 액정과 배향층 표면과의 결합 강도가 기여한다. 따라서 cinnamoly group이 많은 PCEMA-1(1min.)과 PCEMA-1(2 min.)의 경우, backflow bounce 현상이 없는 안정적인 응답 특성을 나타내는 것은 광중합 반응을 이용한 액정 배향의 결합 강도가 강하기 때문인 것으로 생각 할 수 있다. 또한 cinnamoly group의 광중합 반응을 이용한 액정 배향이 OH group을 이용한 광분해 반응보다 결합 강도가 강하기 때문에 PCEMA-3과 PCEMA-4의 응답 특성이 감소한다고 생각 할 수 있다.

표 3은 4종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 응답 시간을 나타내었다. PCEMA-1 (1 min.) 및 PCEMA-2 (2min.)을 이용한 광배향 TN-LCD는 러빙 처리된 TN-LCD와 같은 응답 시간을 나타내었다. 또한 cin-

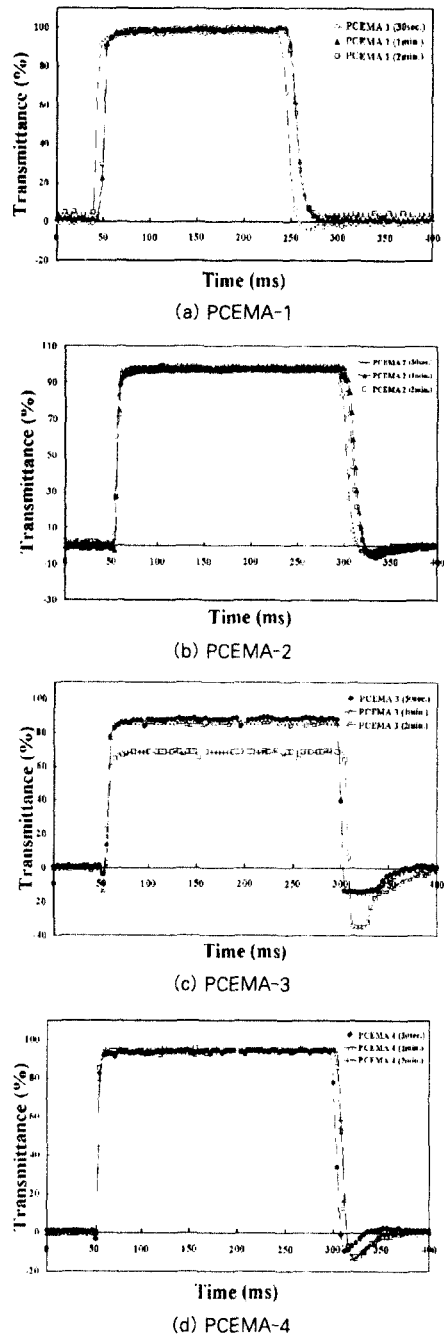


그림 4. 4종류의 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 응답 특성  
 Fig. 4. Response time characteristics for the photo-aligned TN-LCD's on four kinds of the PCEMA surfaces

표 3. 4종류의 PCEMA를 이용한 광배향 TN-LCD와 러빙처리된 TN-LCD의 응답속도  
 Table 3. Response times for the photo-aligned TN-LCD on four kinds of the PCEMA and rubbing-aligned TN-LCDs

Orientation Film \ Time	Rising time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
PCEMA-1 (30 sec)	9.2	18.6	27.8
PCEMA-1 (1 min.)	6.8	22	28.8
PCEMA-1 (2 min.)	11.2	23.2	34.4
PCEMA-2 (30 sec)	5.6	14.4	20.0
PCEMA-2 (1 min.)	5.9	19	24.9
PCEMA-2 (2 min.)	6.1	20.9	27
PCEMA-3 (30 sec)	4.8	4.8	9.6
PCEMA-3 (1 min.)	6.0	5.6	11.6
PCEMA-3 (2 min.)	5.0	5.0	10.0
PCEMA-4 (30 sec)	3.4	7.6	11.0
PCEMA-4 (1 min.)	4.0	9.4	13.4
PCEMA-4 (2 min.)	4.6	8.8	13.4
rubbed PI	8.4	26.0	34.4

namoly group이 많은 PCEMA-1 및 PCEMA-2 표면을 이용한 광배향 TN-LCD 보다 OH group이 많은 PCEMA-3 및 PCEMA-4 표면을 이용한 광배향 TN-LCD가 응답 시간이 더 느리게 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 그림 4의 backflow bounce 현상에 따른 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 광배향 재료인 4종류의 PCEMA를 합성하였으며, PCEMA의 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 V-T 및 응답특성 등에 대하여 검토하였다. Cinnamoly group이 많은 광중합된 PCEMA 표면에서의 광배향 TN-LCD의 V-T 특성은 매우 우수한 특성을 나타내었으며, 응답 특성 또한 안정된 특성을 나타내었다. 반면에 OH group이 많은 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 V-T 특성은 나쁜 특성을 보였으며, 응답 특성 또한 큰 backflow bounce 현상을 나타내었다. 이는 cinnamoly group이 많을수록 편광된 UV에 의해 광중합된 TN-LCD의 전기 광학 특성이 우수함을 알 수 있다. 이것은 cinnamoly group을 이용한 광

중합 반응이 OH group의 광분해 반응을 방해하기 때문인 것으로 생각 할 수 있다. 즉, cinnamoly group을 이용한 광중합 반응이 OH group을 이용한 광분해 반응보다 액정 배향에 크게 기여를 한다고 생각 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 합성한 4종류 PCEMA 표면을 이용한 액정 배향은 cinnamoly group이 많을수록 우수하다는 것을 알 수 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 98학제간연구 (E00022)의 연구비지원에 의하여 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- [1] M. Schadt, K. Schmitt, V. Kozinkov, and V. Chigrinov, "Surface-induced parallel alignment of liquid crystals by linearly polarized photopolymers", *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 32, pp.2155-2164, 1992.
- [2] T. Hashimoto, T. Sugiyama, K. Katoh, T. Saitoh, H. Suzuki, Y. Iimura, and S. Kobayashi, "TN-LCD with quartered subpixels using polarized UV-light-irradiated polymer orientation films", *SID 95 digest paper*, 41.4, pp.877-880, 1995.
- [3] Y. Makita, T. Ogawa, S. Kimura, S. Nakata, M. Kimura, Y. Matsuki, and Y. Takeucchi, "New photo alignment materials containing chalcone structures", *IDW 97*, pp.363-366, 1997.
- [4] 황 정 연, 서 대 식, 광 회 로, 서 동 학, "광중합된 PCEMA 표면을 이용한 광배향 TN-LCD의 전기광학 특성", *전기전자재료학회논문지*, Vol. 12, No. 7, pp. 635-638, 1999.
- [5] 황 정 연, 서 대 식, 서 동 학, 김 향 립, "광중합된 PM4Ch 표면을 이용한 액정 배향 효과", *전기전자재료학회논문지*, Vol 12, No. 10, pp. 926 -930, 1999.
- [6] Y. Makita, T. Ogawa, S. Kimura, S. Nakata, M. Kimura, Y. Matsuki, and Y. Takeucchi, "New photo alignment materials containing chalcone structures", *IDW 97*, pp.363-366,

1997.

- [7] X. Wang and J. L. West, "The mechanism of pretilt generation on polarized ultraviolet light aligned polyimide film", SID'97 digest paper, pp. 5-8, 1997.
- [8] 서대식, 유문상, 황정연, 김형규, "광분해반응을 이용한 액정배향 및 프리틸트각발생에 대한 어닐링 효과", 전기전자재료학회논문지, Vol. 12, No. 5, pp. 468-475, 1999.
- [9] P. J. Shannon, W. M. Gibbons, and S. T. Sun, "Patterned optical properties in photo polymerized surface-aligned liquid-crystal films", Nature, Vol. 368, pp.532-533, 1994.