

## Cholesteryl 기를 함유한 수직배향용 광폴리머 재료의 합성 및 배향 효과

### Liquid crystal alignment effect and synthesis of photo-polymer material containing cholesteryl moiety for homeotropic alignment

황정연\*, 서대식\*, 한은주\*\*

(Jeoung-Yeon Hwang\*, Dae-Shik Seo\*, Eun-Joo Hahn\*\*)

#### Abstract

A new photo-polymer material of the copoly (PM4Ch-ChMA), copoly (poly (4-methacryloyloxy) chalcone-cholesteryl methacrylate) for homeotropic alignment was synthesized and the electro-optical (EO) performance for the photo-aligned vertical-aligned (VA)-LC display (LCD) was studied. Good thermal stabilities of synthesized copolymer were obtained by TGA (Thermogravimetric Analysis) measurement. Good voltage-transmittance (V-T) and response time characteristics for the photo-aligned VA-LCD with polarized UV exposure in oblique direction ( $\theta_i=30^\circ$ ) on a copolymer-1 (2%) surfaces for 1 min were observed. but, light leakage in the off-state was observed. Therefore, we achieved excellent V-T and response time characteristics for the photo-aligned VA-LCD with UV exposure on a copolymer-3 (30%) surfaces for 3 min.

**Key Wards(중요용어)** : Copoly(PM4Ch-ChMA), copoly(poly(4-methacryloyloxy chalcone-cholesteryl methacrylate)), EO characteristics (전기 광학 특성), liquid crystal alignment (액정 배향), photodimerization (광중합), response time (응답 시간)

#### 1. 서 론

액정 디스플레이(LCD)의 액정 배향에 많이 사용되고 있는 러빙처리법은 배향이 안정하며 대량 생산이 용이하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 러빙 처리법은 러빙시 발생하는 먼지 및 오물 등이 발생하는 단점을 가지고 있다. 그래서 기계적인 러빙 처리를 하지 않는 광배향법이 검토되고 있다.

최근, 여러 연구자들에 의해 광중합법을 이용한 액

정 배향 효과가 보고되고 있다.<sup>1-5)</sup> 본 연구에서는 cholconyl과 cholesteryl 기를 copolymer로 하여 새로운 수직 배향용 광배향 재료인 copoly(PM4Ch-ChMA), (copoly(poly(4-methacryloyloxychalcone-chalconemethacryl)를 합성하고, 이를 이용한 광배향 VA-LCD의 전압-투과율 및 응답 특성 등에 대하여 검토하였다.

#### 2. 실험

그림 1 에 cholconyl 과 cholesteryl 기의 공중합체인 copoly(PM4Ch-ChMA)의 분자 구조를 나타내었다. Copoly(PM4Ch-ChMA)는 광중합 반응에 의해 수평 배향을 나타내는 cholconyl 기와 수직 배향을 나타내는 cholesteryl 기를 side chain으로 하여 공중합체 고분자로 만든 것이다. 표 1에 사용한 copoly (PM4Ch-ChMA)의 구성 비율에 따른 copolymer-1,

\* 연세대학교 전기·전자 공학과  
(서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교,  
Fax: 02-362-6444  
E-mail : dsseo@bubble.yonsei.ac.kr)

\*\* 수원대학교 물리학과  
2000년 6월 21일 접수, 2000년 8월 18일 심사완료

2, 3 을 나타내었다.

폴리머는 스핀 코팅법을 이용하여 ITO(indium-tin-oxide) 전극이 부착된 기판위에 코팅되었으며, 150 ℃에서 1시간 동안 열처리되었다. 실험에 사용한 편광된 UV광 조사 시스템을 그림 2에 나타내었다. 사용한 UV 광원의 파장은 365 nm이다. UV 광원은 500 W의 Xe 램프를 사용하였으며 UV광 조사는 30° 경사 조사하였으며, UV 광의 조사 시간은 1분, 3분, 7분 등으로 하였다. VA-LCD의 제작은 UV 광 조사의 입사 방향을 기준으로 하여 서로 반대 방향으로 마주보게 셀을 제작하였으며 두께는 약 4.25 μm로 하였다. 사용한 액정은 부의 유전을 이방성을 가진 네마틱 액정(Δε=-3.8)이다. 제작한 VA-LCD의 배향 상태를 평가하기 위하여 편광 현미경 사진을 관찰하였으며 전기 광학 특성을 평가하기 위하여 전압-투과율(V-T) 및 응답 시간 등을 측정하였다.

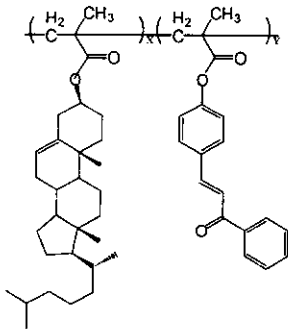


그림1. Copoly(PM4Ch-ChMA)의 분자 구조.

Fig.1. Molecular structure of copoly(PM4Ch-ChMA).

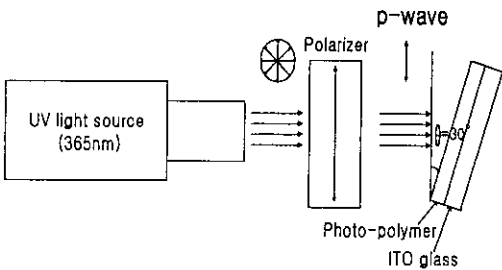


그림 2. UV 조사 시스템.

Fig. 2. UV exposure system.

표 1. 공중합체의 구성

Table 1. Compositions of the copoly(PM4Ch-ChMA).

	X (%)	Y (%)
copolymer-1	2	98
copolymer-2	8	92
copolymer-3	20	80

### 3. 결과 및 고찰

그림 3에 공중합체의 Thermogravimetric Analysis (TGA) 곡선을 나타내었다. copolymer-1, 2, 3의 공중합체 모두 약 200℃까지 열적으로 안정한 것을 알 수 있었다.

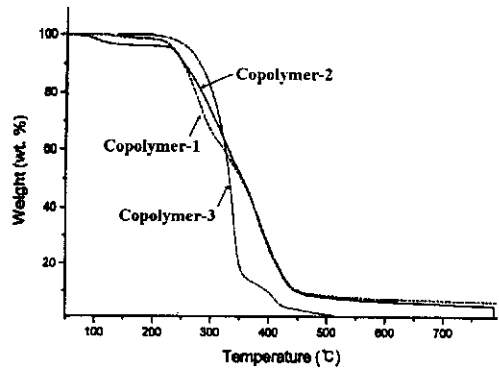
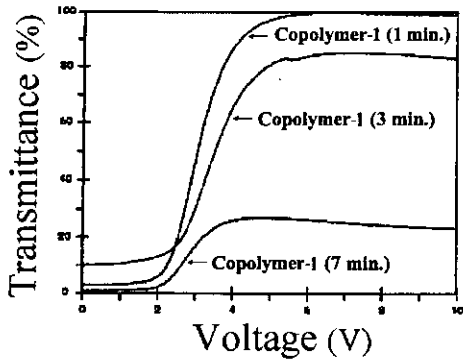


그림 3. 3종류의 공중합체의 TGA 특성.

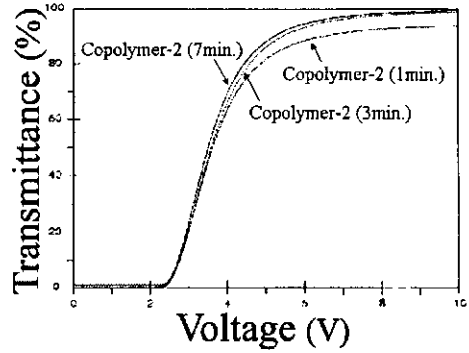
Fig 3. TGA characteristics of three kinds of a copoly(PM4Ch-ChMA).

그림 4에 copolymer-1 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 V-T 및 응답 특성 등을 나타내었다. 그림 4(a)에서 보는 바와 같이, 1분간 UV 조사된 광배향 VA-LCD가 우수한 V-T 특성을 나타내고 있으나 초기 전압에 있어서 광 누설이 발생하였다. 그리고 3분, 7분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD는 투과율이 저하되는 경향이 관측되었다. 즉 UV 조사 시간이 증가할수록 광배향 VA-LCD의 투과율이 감소하는 경향을 나타내었다. 따라서, 광중합 반응이 1분 정도의 짧은 시간에서 좋은 V-T 특성을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

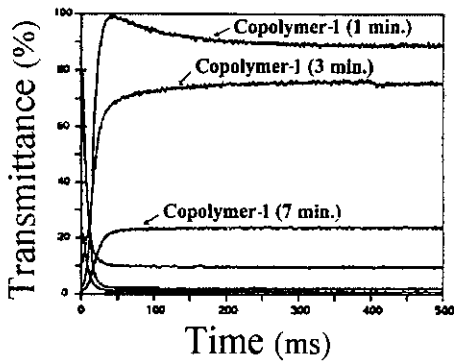
그림 4(b)는 copolymer-1 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 응답 특성을 나타낸다. 1분간 UV 조사



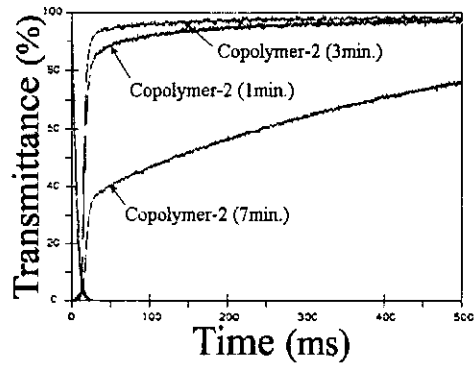
(a) V-T



(a) V-T



(b) Response time



(b) Response time

그림 4. Copolymer-1 표면을 이용한 광배향VA-LCD의 V-T 및 응답 특성.

Fig. 4. Voltage-transmittance and response time characteristics for the photo-aligned VA-LCD's on a copolymer-1 surface.

한 광배향 VA-LCD가 가장 양호한 응답 특성을 나타내고 있다. 그러나 UV 조사 시간이 증가할수록 투과율이 크게 감소함을 알 수 있다. 이것은 copolymer가 chalcone인 광중합 반응기와 수직 배향기인 콜레스티크를 나타내는 분자를 copolymer로 합성한 것이기 때문이다. 그러므로 콜레스티크 함유가 가장 적은 copolymer-1(2%)은 UV 조사 시간이 짧을 때에는 광중합된 chalcone이 수직 배향기인 콜레스티크에 안정적으로 도움이 되지만 UV 조사 시간이 증가할수록 광중합된 chalcone의 양이 증가하고 증가된 광중합된 chalcone이 액정의 반응 속도를 감소시

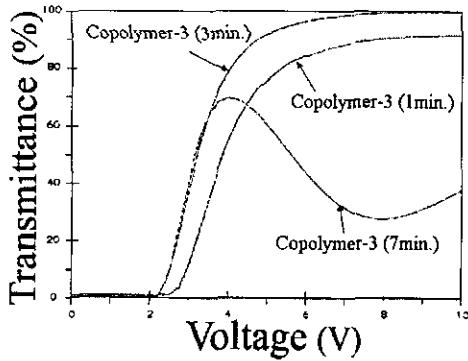
그림 5. Copolymer-2 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 V-T 및 응답 특성.

Fig. 5. Voltage-transmittance and response time characteristics for the photo-aligned VA-LCD's on a copolymer-2 surface.

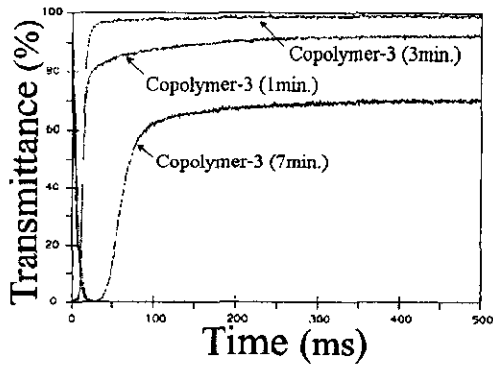
키고 있음을 알 수 있다.

그림 5에 copolymer-2 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 V-T 및 응답 특성을 나타내었다. 그림 5(a)에서 보는 바와 같이, 1분, 3분 그리고 7분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD 모두 양호한 응답 특성을 나타내고 있다. 그러나 1분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD는 투과율이 약간 감소함을 알 수 있다.

그림 5(b)는 copoly(PM4Ch-ChMA) 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 응답 특성을 나타낸다. 3분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD가 가장 양호한 응



(a) V-T



(b) Response time

그림 6. Copolymer-3 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 V-T 및 응답 특성.

Fig. 6. Voltage-transmittance and response time characteristics for the photo-aligned VA-LCD's on a copolymer-3 surface.

답 특성을 나타내고 있으며, 7분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD가 가장 나쁜 응답 특성을 나타낸다. 이것은 copolymer-2는 수직 배향을 나타내는 콜레스틱 함유가 8%로 copolymer-1의 2%보다 많기 때문에 copolymer-1보다 더 수직 배향성을 나타내므로 V-T 특성은 UV 조사시간에 따른 큰 차이가 없는 것으로 생각 할 수 있다. 그러나 응답 특성은 UV 조사 시간이 3분인 경우가 가장 좋고, UV 조사 시간이 7분일 경우 오히려 광중합된 chalcone이 배향성을 나쁘게 하여 액정의 반응 속도를 감소시킴을 알 수 있다.

그림 6에 copolymer-3 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 V-T 및 응답 특성을 나타내었다. 그림 6(a)에서 보는 바와 같이, 3분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD가 가장 양호한 응답 특성을 나타내고 있다. 그러나 7분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD는 투과율이 감소함을 알 수 있다.

그림 6(b)는 copolymer-3 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 응답 특성을 나타낸다. 3분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD가 가장 양호한 응답 특성을 나타내고 있으며, 7분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD가 가장 나쁜 응답 특성을 나타낸다. 또한 UV 조사 시간이 3분인 경우 V-T 및 응답 특성이 3종류의 copolymer 중에서 가장 우수한 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 콜레스틱은 수직 배향을 광중합된 chalcone은 방향성을 주기 때문인 것으로 생각할 수 있다. copolymer-3은 수직 배향을 나타내는 콜레스틱 함유가 가장 많은 20%이기 때문에 3종류의 copolymer 중에서 가장 안정한 수직 배향성을 나타내므로 광중합된 chalcone에 의한 배향성이 UV 조사시간이 3분일 때 가장 우수한 배향성을 나타낸다.

표 2에 copolymer-1, 2, 3 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 임계치 전압을 나타내었다. 여기서 임계치 전압  $V_{th}$ 는 투과율이 10%일 때의 전압을 나타낸다. copolymer-1 표면을 1분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD는 임계치 전압이 약 2.34 (V)로 낮으나 V-T 특성(그림4(a))에 있어서 초기 전압에서 완전한 암상태를 이루지 못하고 빛이 누설됨을 알 수 있다. 또한 copolymer-1 (7분)과 copolymer-3 (7분)을 이용한 광배향 VA-LCD는 임계치 전압이 약 2.18 (V), 약 2.45(V)로 낮은 경향을 나타내지만, 이것은 투과율이 매우 저하된다. 그러므로, copolymer-3 표면을 3분간 UV 조사한 광배향 VA-LCD의 임계치 전압이 약 2.49(V)로 가장 낮음을 알 수 있다.

표 2. 3종류의 copolymer 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 임계치 전압.

Table. 2. Threshold voltages for three kinds of photo-aligned VA-LCD's on copolymer surfaces.

Voltage Alignment	V <sub>th</sub>		
	1 min.	3 min.	7 min.
Copolymer-1	2.34	2.52	2.18
Copolymer-2	2.75	2.76	2.77
Copolymer-3	2.94	2.49	2.45

표 3에 3종류의 copolymer의 광중합을 이용한 광배향 VA-LCD의 응답 시간을 나타내었다. copolymer-1에서는 UV광이 1분간 조사된 광배향 VA-LCD가 39.3(ms)이며, copolymer-2, 3에서는 UV광이 3분간 조사된 광배향 VA-LCD가 각각 33.5(ms), 33.1(ms)가 얻어졌으며, 이 결과는 러빙 처리된 VA-LCD와 거의 같은 정도이다. 그러나 copolymer-2, 3의 경우 UV 조사 시간이 7분일 경우에는 326.7(ms)와 117.7(ms)로 응답 시간이 매우 저하되는 경향을 나타내었다. 특히 상승시간  $\tau_r$ 에서 느려짐을 알 수 있었다. 이것은 이러한 콜리스타틱이 수직배향을 광중합된 chalcone이 방향성을 주기 때문에 UV 조사 시간이 3분일때에는 광중합된 chalcone이 배향성을 증가시키나 UV 조사 시간이 7분일때는 오히려 증가된 광중합된 chalcone이 배향성을 저하시켜 응답 시간을 감소시키고 있음을 알 수 있다.

표 3. 3 종류의 copolymer 표면에서 광배향 VA-LCD의 응답 시간.

Table 3. Response times for three kinds of the photo-aligned VA-LCD's on copolymer surfaces.

(a) Copolymer-1

Time Alignment	Rise time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
Copolymer-1 (1min.)	23.1	16.2	39.3
Copolymer-1 (3min.)	50.4	16.1	66.5
Copolymer-1 (7min.)	40.3	18.4	50.7

(b) Copolymer-2

Time Alignment	Rise time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
Copolymer-2 (1min.)	35.4	10.9	46.3
Copolymer-2 (3min.)	22.4	11.1	33.5
Copolymer-2 (7min.)	314.0	12.7	326.7

(c) Copolymer-3

Time Alignment	Rise time $\tau_r$ (ms)	Decay time $\tau_d$ (ms)	Response time $\tau$ (ms)
Copolymer-3 (1min.)	34.4	10.1	44.5
Copolymer-3 (3min.)	19.5	11.8	31.3
Copolymer-3 (7min.)	103.3	14.4	117.7

#### 4. 결 론

본 연구에서는 새로운 광배향 재료인 3종류의 copolymer을 합성하였으며, 광중합된 copolymer 표면을 이용한 광배향 VA-LCD의 V-T 및 응답 특성에 대하여 검토하였다. Copolymer의 TGA 특성을 통해 약 200℃까지 열적으로 안정한 것을 알 수 있었다. 또한 콜레스틱 함유가 적은 copolymer-1 (2%)에서는 UV 조사시간이 1분의 경우 V-T 및 응답 특성이 우수하나, 초기 전압에 있어서 광 누설이 발생하였다. 따라서 copolymer-3 (20%) 표면에 3분간 UV 조사한 경우가 가장 좋은 V-T 및 응답 특성을 나타내었다.

#### 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. Imura, 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] D. Shenoy, K. Grueneberg, J. Naciri, M.-S. Chen, and R. Shashidhar, "A photo-dimerized monolayer as a non-rubbed alignmnet layer for LCDs", SID 97, pp. 730-733, 1997.
- [5] S. Song, M. Watabe, T. Adachi, T. Kobae, Y. Chen, M. Kawabata, Y. Ishida, S. Takahara, and T. Yamaoka, "Photoalignmnet films of polyesters with photoreactive main chain", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 37, pp. 2620-2624, 1998.