

수직 광폴리머를 이용한 VA-1/4 π 셀의 전기 광학 특성

Electro-optical Characteristics in the Vertical-Alignment 1/4 π Cell Using Homeotropic Photopolymer

황정연*, 서대식*, 김재형**

(Jeoung-Yeon Hwang*, Dae-Shik Seo*, Jae-Hyung Kim**)

Abstract

The electro-optical (EO) performance in the vertical-alignment (VA) - 1/4 π cell photoaligned with polarized UV exposure on a homeotropic photopolymer surfaces was investigated. Excellent voltage-transmittance curve in the VA - 1/4 π cell photoaligned with polarized UV exposure for 3 min on the photopolymer containing cholesteryl group of 8% can be achieved. The V-T characteristics in the VA-1/4 π cell photoaligned on the photopolymer surface can be improved by increasing cholesteryl group. For response time measurement, the transmittance characteristics of the VA -1/4 π cell photoaligned on the photopolymer surface was better than that of the VA-1/4 π cell rubbingaligned on a polyimide(PI) surface.

Key Words : vertical alignment, VA-1/4 π cell, nematic liquid crystal, electro-optical characteristics photopolymer, polyimide

1. 서 론

최근 TFT (thin-film-transistor)-LCD (liquid crystal display)를 이용한 노트북 PC 및 액정모니터의 시장이 급격히 확대되고 있다. 그러나 이러한 TFT-LCD는 화면의 대형화가 과제로 되고 있다. 특히 TFT-LCD에 사용되고 있는 TN(twisted nematic) 모드는 좁은 시야각의 개선과 CRT 수준의 고품질화가 요구되고 있다. 이러한 고품질을 실현하는데 있어서 고콘트라스트비, 광시야각 그리고 고속응답등의 특성이 매우 중요하다. 이러한 특성을 실현하는 액정의 동작모드로서 가장 높은 콘트라스트비를 기대할 수 있는 수직 배향형, 즉 VA(vertical-alignment)

모드[1-2]가 유망하다. 그러나 일반적인 VA 모드는 단일 셀로는 광시야각 특성을 실현 할 수 없기 때문에 화소를 분할하는 방법[3], 돌기를 이용하는 방법 [4], 전극 패턴에 의한 왜곡 전계를 이용한 멀티도메인 방법[5]등이 사용되고 있다. 최근 상하기판의 러빙방향을 45도 각도로 어긋나게 조합한 VA-1/4 π 셀의 전기광학특성이 보고되었다[6].

그래서 본 연구에서는 VA-1/4 π 셀에 일반적인 러빙법을 사용하지 않고 UV 광배향법[7]을 이용한 광배향 VA-1/4 π 셀의 전압-투과율 (V-T) 및 응답 특성에 대하여 검토하였다.

2. 실험

본 실험에서는, 수직 광배향제로 copoly (M4Ch-ChMA), (copoly(4-methacryloyloxy chalcone-cholesteryl methacrylate)를 사용하였으며, 분자구조

* : 연세대학교 전기전자공학과
(서울시 서대문구 신촌동 134 연세대학교,
Fax : 02-362-6444
E-mail : dsseo@yonsei.ac.kr)

** : 인제대학교 물리학과
2001년 5월 22일 접수, 2001년 6월 12일 1차심사완료

를 그림 1에 나타내었다[8]. 표 1은 사용한 copoly (M4Ch-ChMA)의 구성비율을 나타낸다. 폴리머는 스핀 코팅법에 의해 indium-tin-oxide (ITO) 전극위에 500Å으로 균일하게 코팅되었으며, 150°C에서 1시간 동안 열처리하였다. 기판에는 365nm의 파장을 가진 UV광을 경사 조사시켰다[5]. UV 조사 시간은 조사시간별로 광중합 반응에 의한 배향 및 전기광학 특성의 차이를 분명히 하기 위하여 1분, 3분, 7분 등으로 조절하였으며, 에너지 밀도는 15.5 mW/cm² 이다. 제작한 광배향 VA-1/4π 셀의 두께는 4.25 μm로 조절하였다. 사용한 네마틱 액정의 굴절율 이방성(Δn)은 0.0756이다. 제작한 광배향 VA-1/4π 셀의 전압-투과율과 응답속도는 실온에서 측정하였다.

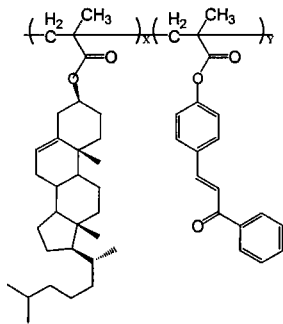


그림 1. 공중합체의 분자구조.
Fig. 1. Molecular structure of copoly(M4Ch-ChMA).

표 1. 공중합체의 구성.
Table 1. Compositions of the copoly (M4Ch-ChMA).

| Alignment Layer | X (%) | Y (%) |
|------------------|-------|-------|
| photoalignment-1 | 2 | 98 |
| photoalignment-2 | 8 | 92 |

3. 결과 및 고찰

그림 2에 보상 필름을 사용하지 않은 광배향 VA-1/4π 셀의 구조를 나타내었다. 그림 2에 나타낸 바와 같이, 전압 무인가시 (V=0) 네마틱 액정의 방향은 유리 기판에 수직으로 배향되어 있다. 그래서 편광자를 교차시킨 상태에서 상광선만이 존재하며 위상 지연은 일어나지 않는다. 따라서 셀에 전압을 인가하지 않은 상태에서는 암 상태를 나타낸다. 한편, 전압 인가시(V>V_b)는 인가 전압에 의해서 네

마틱 액정이 전계와 수직 방향으로 변화하여 빛이 투과되며, 상하기판의 비틀림 효과에 의해 자연스럽게 액정분자가 전계 방향으로 놓게 된다.

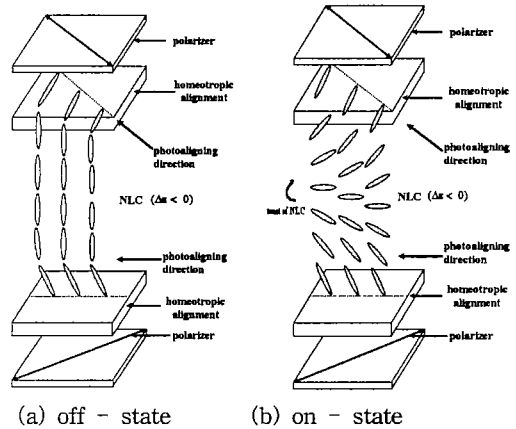


그림 2. 보상 필름을 사용하지 않은 광배향 VA-1/4π 셀의 구조.

Fig. 2. Schematic diagram of the VA-1/4π cell photoaligned without a negative compensated film in the off- and on-state.

그림 3은 광배향 VA-1/4π 셀의 구조를 위에서 본 구조이다. 2장의 편광판은 직교로 되어 있으며 배향축을 상하기판이 45도 어긋나도록 하였고, 위기판에는 러빙축과 편광축이 일치하도록 하였다. 전압 인가시 비틀림에 의하여 안정된 전압-투과율 곡선을 얻을 수 있게 하였다.

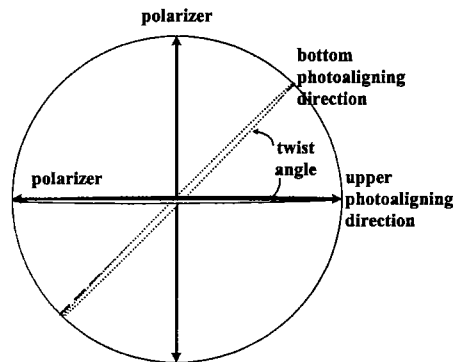
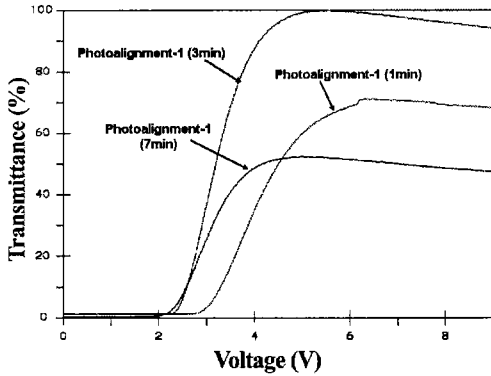
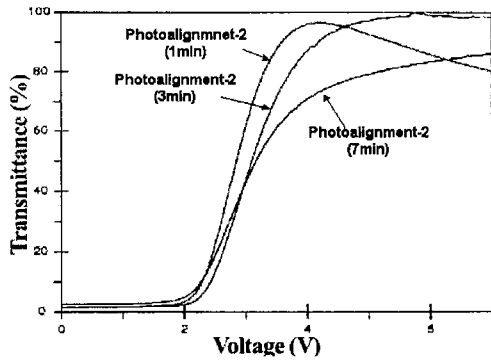


그림 3. 광배향 VA-1/4π 셀의 top view.
Fig. 3. Top view of VA-1/4π cell photoaligned.



(a) Photoalignment-1



(b) Photoalignment-2

그림 4. 수직광폴리머 표면에서의 VA-1/4 π 셀의 V-T 특성.

Fig. 4. V-T characteristics in the VA-1/4 π cell photoaligned on a homeotropic photo-polymer surface.

그림 4(a)는 cholesteryl을 2% 함유한 광배향막 표면을 이용한 광배향 VA-1/4 π 셀의 V-T 특성을 나타낸다. Photoalignment-1(3 min)이 가장 좋은 V-T 특성을 나타내고 있다. 그러나 전압이 증가할수록 V-T 곡선이 포화되지 않고 감소하는 경향을 나타내었다. 그림 4(b)는 cholesteryl을 8% 함유한 광배향막 표면을 이용한 광배향 VA-1/4 π 셀의 V-T 특성을 나타낸다. Photoalignment-2 (3 min)이 가장 좋

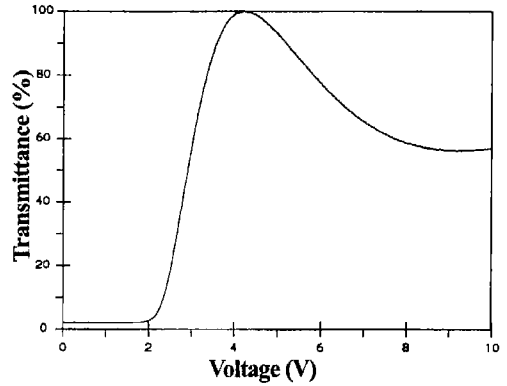


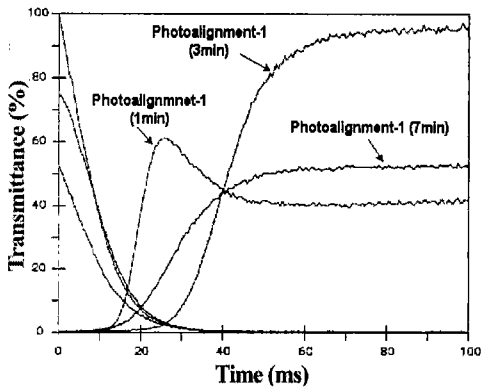
그림 5. 수직 폴리이미드 표면에서의 러빙 VA-1/4 π 셀의 V-T 특성.

Fig. 5. V-T characteristics of the VA-1/4 π cell rubbingaligned on a homeotropic PI surface.

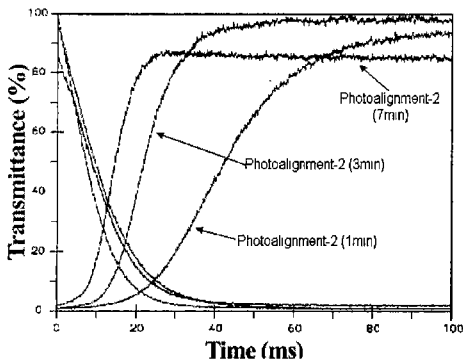
은 V-T 곡선을 나타내었으며, 전압이 증가할수록 V-T 곡선이 포화됨을 알 수 있다.

따라서 cholesteryl 을 많이 함유한 광배향막이 더욱 우수한 V-T 특성을 얻을 수 있었다. 그리고 광배향 VA-1/4 π 셀은 인가전압이 증가함에 따라서 V-T 곡선이 감소하는 전압 불안전성이 나타나지 않음을 알 수 있다. 반면에 그림 5에 나타낸 바와 같이, 러빙 VA-1/4 π 셀의 V-T 곡선은 매우 급격하여 계조 표시가 어렵다. 그러나 Photoalignment-2 (3 min)의 V-T 곡선은 등간격 계조 전압 특성이 좋을 수 있다. 결국 광배향 VA-1/4 π 셀은 러빙에 의해 생기는 전압 불안전성과 V-T 곡선의 급격한 경사에 의한 계조 표시의 단점을 해결할 수 있다. 한편 전압 무인가시 광 누설(light leakage) 현상이 관찰되었으며, 이것은 편광축을 잘 맞추어 주고, 부의 광학 보상 필름을 사용하면 좋은 암 상태를 얻을 수 있다.

광배향 VA-1/4 π 셀의 임계치 전압은 photoalignment-1 (3 min)의 V_{10} 은 2.61[V], V_{90} 은 4.10[V]이고, photoalignment-2 (3 min)의 V_{10} 은 2.45[V], V_{90} 은 4.18[V]로 러빙 VA-1/4 π 셀(그림 5)과 비교하여 거의 비슷한 구동 전압을 나타내었다.



(a) Photoalignment-1



(b) Photoalignment-2

그림 6. 수직광폴리머 표면에서의 광배향VA-1/4π 셀의 응답 특성.

Fig. 6. Response time characteristics of the VA-1/4π cell photoaligned on a homeotropic photopolymer surface.

그림 6은 cholesteryl이 2% (a)와 cholesteryl이 8% (b) 함유된 광배향막 표면을 이용한 광배향 VA-1/4π 셀의 응답특성을 나타낸다. Photoalignment-1의 경우, 모든 광배향 VA-1/4π 셀의 응답속도가 60ms 이하로 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이것은 적은 양의 cholesteryl 때문에 수직 anchoring이 상대적으로 낮아져 액정분자의 배향 규제력이 약해져서 off시 응답속도가 저하되는 것으로 생각할 수 있다.

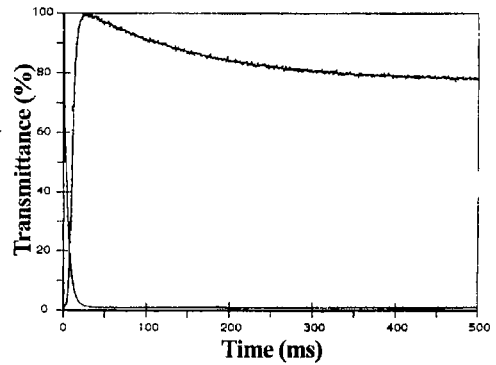


그림 7. 수직 폴리미드 표면에서의 러빙 VA-1/4π 셀의 응답특성.

Fig. 7. Response time characteristics of the VA-1/4π cell rubbingsaligned on a homeotropic PI surface.

그러나 photoalignment-2의 경우, UV 조사시간이 증가할수록 응답특성이 향상됨을 알 수 있다. 그 이유는 photoalignment-2가 cholesteryl 함유량이 많기 때문에 수직 배향규제력이 상대적으로 photoalignment-1 보다 강하기 때문에 off시 응답시간이 향상됨을 알 수 있다. 그리고 광배향 VA-1/4π 셀에 셀갭과 twist 값에 맞는 적절한 피치를 갖는 카이럴 네마틱 액정을 사용하면 전압인가시 모든 액정분자가 동시에 움직이기 때문에 응답특성을 더욱 향상시킬 수 있다. 또한 시간이 경과됨에 따라 응답특성이 안정적임을 알 수 있다. 한편 그림7에 나타낸 바와 같이, 러빙 VA-1/4π 셀은 광배향 VA-1/4π 셀보다 응답속도는 빠르나 시간이 증가함에 따라 투과율이 20%나 감소하는 특성을 나타내었다. 결국 광배향 VA-1/4π 셀은 러빙 VA-1/4π 셀의 시간에 따른 응답특성의 불안정성을 해결 할 수 있었다. 따라서 광배향 VA-1/4π 셀은 mono-domain으로 좋은 전기광학 특성을 구현할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 2종류의 수직 배향용 광폴리머 표면에서의 광배향 VA-1/4π 셀을 이용한 전기 광학 특성에 대하여 검토하였다. Cholesteryl이 8% 함유된 광폴리머 표면을 이용한 VA-1/4π 셀은 UV 조사시간이 3min인 경우가 우수한 전압-투과율 특성을

나타내었다. 즉 광배향 VA- $1/4\pi$ 셀의 V-T 및 응답 특성은 Cholesteryl기의 함유량을 증가시키므로써 크게 향상 시킬수 있었다. 따라서 UV 광배향법을 이용한 광배향 VA- $1/4\pi$ 셀이 전계 효과나 화소 분할법을 사용하지 않고서도 우수한 전기광학특성을 구현할 수 있는 LCD모드를 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] 황 정 연, 서 대 식, 한 은 주, "Cholesteryl 기를 함유한 수직배향용 광폴리머 재료의합성 및 배향효과", 전기전자재료학회논문지, 13권 9호, pp. 770-775, 2000.
- [2] J.-Y. Hwang, D.-S. Seo, E.-J. Hahn, and J.-H. Kim, "Liquid crystal alignment effects for the photo-aligned VA-LCD on the photo-polymer", Transactions on Electrical and Electronic Materials, Vol. 1, No. 3, pp. 10-13, 2000.
- [3] A. Lien, A. John, M. Angelopoulos and K.-W. Lee, "UV-modification of surface pretilt of alignment layers for multidomain liquid crystal displays", Appl. Phys. lett., Vol. 67, pp. 3108-3110, 1995.
- [4] Y. Koike, S. Kataoka, T. Sasaki, H. Chida, A. Takeda, K. Ohmuro, T. Sasabayashi and K. Okamoto, "A vertically aligned LCD providing super-high image quality", IDW'97, pp. 159, 1997.
- [5] T. Miyashita, Y. Yamaguchi and T. Uchida, "Wide-viewing-angle display mode using bend-alignment liquid crystal liquid crystal cell", Jpn. J. Appl. Phys., Vol 34, pp. 177-179, 1995.
- [6] D.-S.Seo and J.-H.Lee, "Wide viewing angle and response time characteristics of nematic liquid crystal using novel vertical-alignment- $1/4\pi$ cell mode on homeotropic alignment layer", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 38, No. 12A, pp.L1432-L1434, 1999.
- [7] 황 정 연, 서 대 식, 이 상 렬, 김 재 형, 한 은 주, "새로운 광중합 가능한 폴리이미드 폴리이미드계 폴리머를 이용한 액정 배향 특성", 전기전자재료학회논문지, 14권5호, pp.430-434, 2001.
- [8] J.-Y.Hwang, D.-S.Seo, J.-H.Son, and D.H.Suh, "Pretilt angles of vertically aligned nematic liquid crystal (NLC) with the application of copolymers possessing chalconyl and cholesteryl moiety", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 39, No. 11A, ppL1108-L1110, 2000.