

UV 광배향법을 통한 광폴리머와 수직 폴리이미드 혼합 배향막의 수직 배향 특성 연구

이진우^{1,a}

¹ 전자부품연구원

Study of Homeotropic Liquid Crystal Characteristics Using Photo-polymer and Homeotropic Polyimide Blended Alignment Layer via UV Irradiation Method

Jin-Woo Lee^{1,a}

¹ Technology Policy Department, Korea Electronics Technology Institute, Seongnam 463-816, Korea

(Received November 2, 2012; Revised November 20, 2012; Accepted November 24, 2012)

Abstract: From UV irradiation, we achieved homeotropic liquid crystal alignment on blended photo-polymer layer which is composed of polyvinyl-cinnamate (PVCi) and homeotropic polyimide (PI). From vertical alignment (VA) mode, we measured threshold voltages by various PVCi doping concentration. Also, the rise time and fall time of VA cells were measured to verify the best doping concentration. Transmittance curves showed about 70% value between 380 nm and 780 nm wavelength which mean visible region.

Keywords: PVCi (Polyvinyl-cinnamate), Homeotropic polyimide, Liquid crystal display, Liquid crystal

1. 서 론

디스플레이는 인간과 정보기기 사이의 인터페이스를 담당하고, 정보를 표시하는 장치로 최근 정보 사회로 접어들어 따라 공간과 시간에 구애받지 않고, 많은 정보를 표현할 필요성이 커지게 되었다. 최근 CRT (cathode ray tube)가 디스플레이의 주력이었을 때, 불가능했던 일이 평판 디스플레이 (flat panel

display) 기술의 개발로 가능하게 되었다. 그 중 TFT (thin film transistor)-LCD (liquid crystal display) 산업은 반도체 공정 및 회로, 광학 기술의 발전으로 인해 우수한 해상도와 낮은 전력 소모 등의 특징을 제공할 수 있는 장점이 있다. 액정 디스플레이 (liquid crystal display)는 휴대폰, 캠코더, PDA (personal digital assistance) 등의 소형 디스플레이에서 노트북 PC, 데스크 탑 모니터, TV 등의 대형 디스플레이에 이르기까지 폭넓게 사용됨으로써 대표적인 평판 디스플레이로 자리잡고 있다.

액정 표시소자에서 액정의 균일한 배향은 매우 중요하다 [1]. 현재 LCD 제작 공정에서 사용되고 있는 방법은 PI (polyimide) 고분자 막표면에 러빙을 통하여 액정을 배향시키는 러빙법이다 [2]. 러빙법은 이미

a. Corresponding author; ljw73@dreamwiz.com

Copyright ©2012 KIEEME. All rights reserved.
 This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

많은 경험의 축적으로 안정적인 배향이 가능하나, 러빙천과 기판 사이에서 생겨나는 정전기와 먼지나 오물의 발생이 문제가 되고 있으며, 균일한 배향의 한계가 지적되고 있다. 발생하는 먼지는 LCD 패널에 기판 셀갯을 변화시켜 착색을 일으키는 등, 화면에 영구적인 불량을 발생시킨다. 또한 마찰에 의한 정전기는 높은 전압으로 인하여 기판 위의 transistor를 파괴시키는 원인이다. 러빙법으로 인해 발생하는 먼지와 정전기를 제거하기 위해서는 추가적인 장비의 도입과 각 공정 간의 세정작업이 필요하기 때문에, 패널 단가의 상승으로 이어진다. 또한, 7세대 이상의 기판에서는 마찰에 의해 균일한 배향을 구현하기 힘들다는 한계를 가지고 있다. 현재 LCD 시장은 수율 향상과 원가절감에 의한 경쟁력이 필요하기 때문에 러빙법을 대체하는 액정배향 공정이 지속적으로 연구되어 왔다. 비접촉식 배향방식에는 UV를 이용한 광배향법 [3-6], 무기박막을 경사 증착하는 방법, 이온빔을 조사 [7-9]하여 배향하는 방법이 연구되어 왔다.

본 연구에서는 비접촉 배향 방식인 UV를 이용한 광배향법을 사용하여 기존 러빙 공정 시 발생하는 정전기나 먼지 문제를 해결하였을 뿐 아니라, 기존의 광배향막 재료로 사용되어온 PVCi (polyvinyl-cinnamate) [10]에 수직 PI (polyimide)를 서로 다른 비율별로 혼합하여 수직배향 특성을 구현하였다. 또한 그에 따른 VA (vertical alignment) 모드를 구현하여 전기광학 특성을 분석하여 배향 특성 평가를 확인하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용할 광배향막 재료로 수직 PI에 PVCi (RMS 03-015, Merck)를 20%, 40%, 50%, 60%, 80% 비율별로 혼합시켜, 스펀코터를 이용하여 ITO가 코팅된 글라스 기판에 스펀코팅을 3,000 rpm에서 30초 간 코팅한다. 이후 UV 광배향 기기 (UV Exposure 66921, Oriel Co.)에서 3분 간 UV 조사 후 광경화된 글라스 기판을 상, 하판 사이에 수직 계열 액정을 주입 후 분당하여 VA 모드 cell을 만든다. PVCi는 광중합 고분자 재료로써 PVCi의 농도에 따라 수직 PI를 중합시키는 정도를 결정한다. PVCi의 최저 도핑 농도 20%에서도 광중합이 잘되어 균일한 배향막 구현이 가능하였다. 편광현미경 (BXP 51, Olympus) 사진을 통하여 액정의 배향상태를 확인하고, 선경사각 측정기를 통하여 수직배향 선경사각도를 측정한다.

전기광학 특성을 살펴보기 위해 VA 모드 cell 상, 하판에 편광필름을 부착 후 LCMS-200을 통해 응답속도와 문턱전압 값을 측정하였다. 투과도 측정을 위해 UV Transmittance 기기 (UV-3101PC, SHIMADZU)를 통하여 각 비율별 투과도 변화를 살펴보고, 열적 안정성을 테스트하기 위해 핫플레이트 위에 60도에서 210도까지 30도 간격으로 측정 결과를 비교하여 고정 에너지를 간접적으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

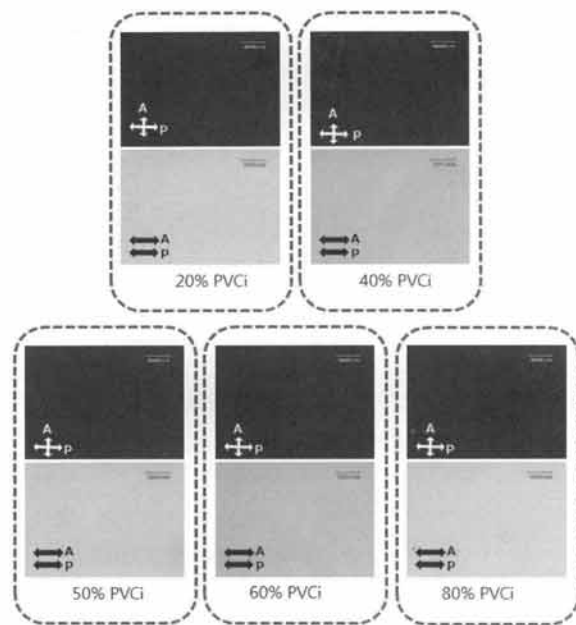


Fig. 1. POM image of alignment states by PVCi doping concentration.

그림 1은 PVCi 도핑 농도 별 LC 셀의 배향 상태를 확인하기 위해 편광현미경으로 관찰한 사진이다. 각 도핑 농도에 따라 전체적으로 빛샘 현상 없이 균일한 배향 특성이 관찰되었으며 이를 통해 PVCi와 수직PI 혼합 농도와 상관없이 혼합 배향막의 배향 상태가 균일함을 알 수 있다.

그림 2에서 액정 셀의 선경사각도를 측정한 결과 PVCi 도핑 농도가 20%, 40%, 50%, 60%, 80%에 따라 90.03°, 89.87°, 90.21°, 89.93°, 90.07°로 각각 측정되었으며, 이는 수직배향 특성이 거의 일치하는 결과값으로 볼 수 있다. 즉, 선경사각도에 있어서 수직 PI

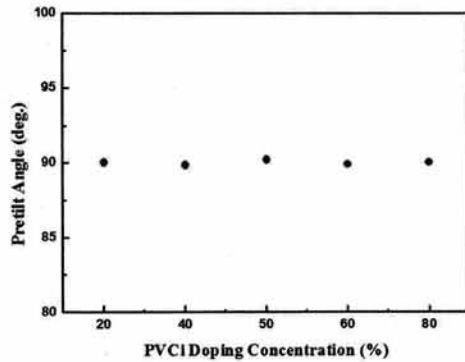


Fig. 2. Pretilt angle of LC cells by PVCi doping concentration.

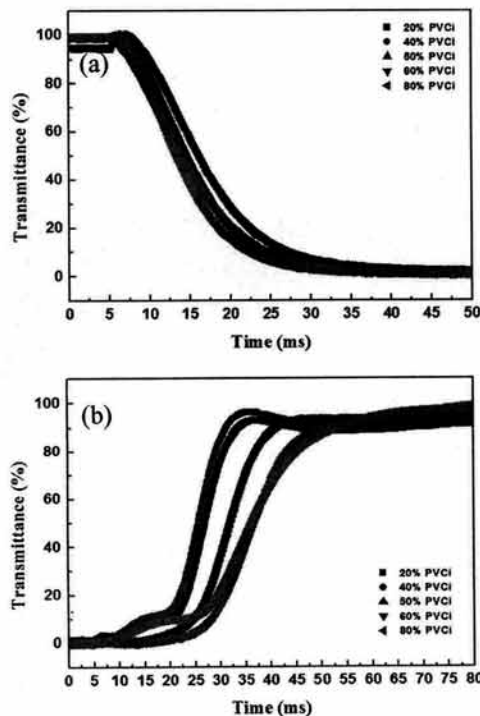


Fig. 3. Response time of LC cells by PVCi doping concentration. (a) rise time (RT), (b) fall time (FT).

배향막 안의 PVCi 도핑 농도가 영향을 주지 않았음을 확인하였다. 이는 PVCi가 수직 PI의 광중합 촉매 역할을 하지만 배향 특성에 영향을 주지 않음을 시사한다.

LCD의 성능 특성 평가에 있어서 응답 속도는 매우 중요한 요소이다. 빠른 응답 속도를 가질수록 화면의 잔

Table 1. Response time of LC cells by PVCi doping concentration.

wt. (%)	20	40	50	60	80
RT (ms)	14.68	15.08	16.89	16.94	13.65
FT (ms)	16.41	16.86	16.56	23.32	30.34

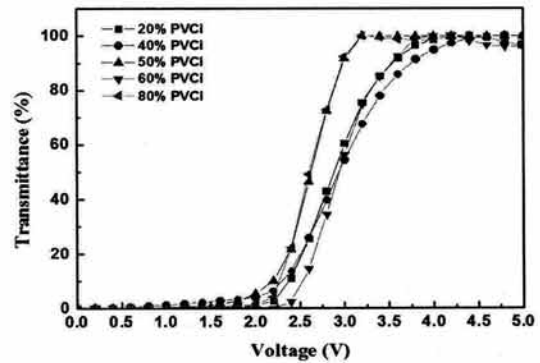


Fig. 4. Threshold voltage of LC cells by PVCi doping concentration.

상이 줄어들어 선명한 화질 구현이 가능하기 때문이다.

그림 3은 PVCi 도핑농도 별 응답 속도 변화를 비교한 결과이다. 상승 시간의 경우 인계전압에 따른 투과도가 90%에서 10%까지 변할 때까지 걸린 시간을 말하며, 하강 시간의 경우 그 반대로 정의한다. PVCi 도핑 농도가 20%, 40%, 50%, 60%, 80%에 따라 상승 시간의 경우 14.68 ms, 15.08 ms, 16.89 ms, 16.94 ms, 13.65 ms, 하강 시간의 경우 16.41 ms, 16.86 ms, 16.56 ms, 23.32 ms, 30.34 ms로 측정되었다.

그림 4에서는 문턱 전압 값 변화를 관찰하였다. 문턱전압의 경우 투과도가 10% 변하기 시작하는 지점에서의 인계 전압값을 말하며 PVCi 도핑 농도가 20%, 40%, 50%, 60%, 80%에 따라 2.371 V, 2.298 V, 2.191 V, 2.525 V, 2.264 V로 측정되었다. 즉, 50% PVCi에서 가장 저전력으로 구동하는 LCD 특성을 나타내었다. 전기광학 특성을 살펴본 결과 PVCi는 도핑양에 따라 응답 특성에 나쁜 영향을 주나 50%의 PVCi는 저전력 구동을 고려하면 상충점이 될 수 있다.

그림 5에서는 투과도 특성을 비교해 보았다. 가시 파장 영역에서 순수한 수직 PI 배향막에 비해서 투과도 특성은 조금 낮아지는 특성을 보였다.

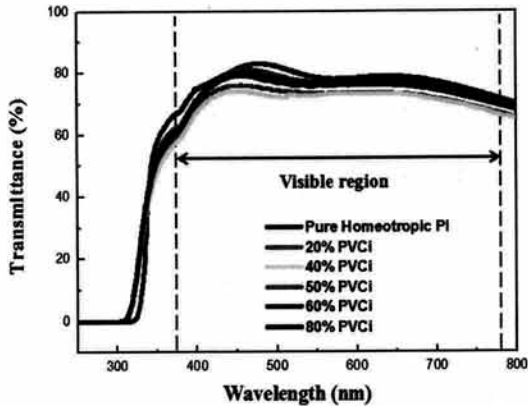


Fig. 5. Transmittance curves of LC cells by PVCi doping concentration.

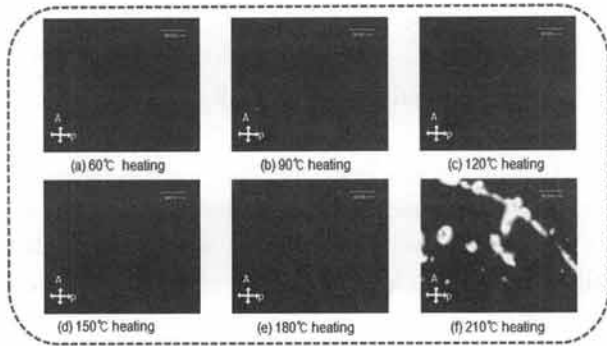


Fig. 6. Transmittance curves of LC cells by PVCi doping concentration.

그러나 PVCi 농도 변화에 따라 투과도 특성은 크게 변하지 않고 평균 72.24%로 측정되었다.

그림 6에서는 제작한 셀 중 50% PVCi 도핑 농도를 가지는 배향막의 열적 안정성을 테스트 결과를 나타낸다. 제작한 액정 셀을 핫플레이트 위에서 60°C, 90°C, 120°C, 150°C, 180°C, 210°C까지의 열을 실온으로부터 10분 간 서서히 가해준 후, 서서히 냉각하는 과정을 거쳐 액정의 고정 에너지를 간접적으로 측정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 180°C까지는 액정이 안정한 배향 상태를 보였으나 210°C 이상에서는 전체적으로 배향성이 파괴되는 것을 알 수 있다. 이는 기존의 수직 PI와 비교하여 동일한 수준의 열적 안정성을 나타내는 것으로, 고정 에너지 또한 비슷한 수준으로 사료된다 [11].

4. 결론

본 연구에서는 기존의 PI 배향막에 광배향막의 재료인 PVCi를 도핑 농도별로 섞어 광배향법을 통해 수직 배향 특성을 갖는 배향막을 구현하였다. 이를 이용하여 VA 액정 셀을 만들고 전기광학 특성을 평가하였다. 배향상태의 경우 전체적으로 안정하였으며, 모두 수직으로 배향되는 특성을 얻었다. 응답 속도의 경우 20% PVCi 배향막에서 고속 응답이 구현 가능하였으며, 문턱전압의 경우 50% PVCi에서 가장 낮은 값을 얻을 수 있었으나 전체적 전기광학 특성을 살펴보았을 때 50%의 PVCi 도핑 농도가 최적임을 알 수 있었다. 또한 열적 안정성 특성을 통하여 고정 에너지를 간접적으로 측정하였으며, 180°C까지 배향성이 유지되는 높은 고정 에너지값을 가지는 배향막으로서 우수한 배향력을 가지는 배향막이 구현 가능함을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] M. Schadt, K. Schmitt, and V. Kozinkov, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 31, 2155 (1992).
- [2] H. Miyata and K. Kuroda, *Chem. Mater.*, 11, 1609 (1999).
- [3] J. Chen, D. L. Johnson, P. J. Bos, X. Wang, and J. L. West, *Phys. Rev.*, E54, 1599 (1996).
- [4] R. M. Hogan, A. R. Tajbakhsh, and E. M. Terentjev, *Phys. Rev.*, E65, 041720 (2002).
- [5] S. Kubo, Z. Gu, K. Takahashi, A. Fujishima, H. Segawa, and O. Sato, *Chem. Mater.*, 17, 2298 (2005).
- [6] K. Ichimura, Y. Akita, H. Akiyama, Y. Hayashi, and K. Kudo, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 35, L992 (1996).
- [7] Y. G. Kang, H. G. Park, H. J. Kim, Y. H. Kim, B. Y. Oh, B. Y. Kim, D. H. Kim, and D. S. Seo, *Opt. Express*, 18, 21594 (2010).
- [8] H. J. Na, J. W. Lee, W. K. Lee, J. H. Lim, H. G. Park, B. Y. Kim, J. Y. Hwang, J. M. Han, and D. S. Seo, *Opt. Lett.*, 35, 1151 (2010).
- [9] H. G. Park, B. Y. Oh, Y. H. Kim, B. Y. Kim, J. M. Han, J. Y. Hwang, and D. S. Seo, *Electrochem. Solid. St.*, 12, J37 (2009).
- [10] D. Ahn, Y. C. Jeong, S. Lee, and J. K. Park, *Opt. Lett.*, 35, 3141 (2010).
- [11] H. G. Park, J. J. Lee, K. Y. Dong, B. Y. Oh, Y. H. Kim, H. Y. Jeong, B. K. Ju, and D. S. Seo, *Soft Matter*, 7, 5610 (2011).