

저온 공정의 Si를 이용한 PI 배향 막의 전기광학 특성 향상에 대한 연구

김대현^{1,a}

¹ 연세대학교 그린기술연구원

Si Induced Polymer Based Alignment Layer for Liquid Crystal Orientations with High Electro-Optic Properties at Low Temperature

Dai-Hyun Kim^{1,a}

¹ Yonsei Institute of Green Technology, Seoul 120-749, Korea

(Received August 5, 2013; Accepted August 12, 2013)

Abstract: Apart from the deposition of alignment layer, alignment process needs to be involved for alignment of liquid crystal (LC) molecules. To simplify manufacturing process, several method were used such as rubbing, ion-beam irradiation, UV irradiation, and lithography. But, eventually it needs another treatment for LC alignment. Here, we suggested Si induced polyimide (PI) alignment layer at low temperature. Using this method, we are able to eliminate the alignment process and found that the alignment and electro-optic performance are much better than that of the rubbed PI LC cells. Compared to the rubbed PI cells, the response time was decreased by 70% and C-V characteristics have hysteresis-free.

Keywords: Liquid crystal (LC) alignment, Si induced polyimide (PI), Electro-optic performance

1. 서 론

최근 스마트폰에 사용되고 있는 액정 소자 (LCD)의 제작에 있어서 균일한 액정 배향은 매우 중요한 기술이다. 오늘날의 액정 표시 소자의 제조공정에 사용되고 있는 러빙 방법은 고분자를 유리기판 위에 250도 이상에서 소성시켜 코팅된 고분자 표면을 러빙 천을 사용하여 한쪽 방향으로 고분자를 연신 처리하여 고분자의 연신에 의한 광학이방성을 이용하여 액

정분자를 배열시킨다 [1,2]. 이러한 폴리이미드 (PI) 러빙 법은 액정배향 특성이 매우 안정적이며 전기광학 특성 등의 신뢰성이 높아서 이미지 구현을 자유롭게 할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 러빙 시에 발생하는 오물이나 정전기 발생이 문제되고 있으며, 특히 정전기는 LCD에 전압 인가 시 트랩 전위를 형성하여 소자에 더 큰 문턱전압을 걸리게 함으로서, 큰 전력 소모를 가져오고, 액정 자체에 걸리는 전압이 낮아져 모션블러와 이미지 스티킹의 우려가 있었다. 이러한 러빙 시의 문제점을 보완하고자 오늘날까지 이를 대체할 수 있는 액정배향 공정이 지속적으로 연구되고 되어 왔다. 기판 표면과 러빙 천이 직접적으로 접촉하는 러빙 법을 대신하여 연구되어온 비접촉식 배향방식으로는 고분자 모노머에 UV 조사를 이용

a. Corresponding author; kdh978@hanmail.net

Copyright ©2013 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.

하여 광학이방성을 발생시켜 액정분자를 배열시키는 광중합법 [3,4], SiO 박막을 경사 증착하는 방법 [5], 무기박막에 이온빔을 조사하는 이온빔 배향법 [6-10] 등이 연구되어 왔다. 그러나 이러한 비접촉식 배향법도 배향 막을 증착 또는 코팅한 후에 광학이방성을 유도하기 위하여 외부에서 자외선이나 이온빔을 인가하여야 하는 추가 공정이 필요로 했다.

본 연구에서는 Si 웨이퍼를 사용하여 액정을 배향시키는 신규 배향 방법을 고안하였다. 배향 특성을 확인하기 위하여 anti-parallel 액정 셀을 제작하여 배향 상태와 프리틸트 각을 측정하였다. 또한, 전기광학 특성을 평가하기 위하여 ECB (electrically controlled birefringence) 모드를 제작하여 전압-투과율, 응답속도, 전압-용량 특성 등을 평가하였으며 이들 특성과 기존의 러빙한 PI막과 비교하여 특성 평가를 진행하였다.

2. 실험 방법

실험에 사용한 배향 막 재료는 수평 PI (SE-7492, Nissan Chemical Industry Co., Ltd.)로 스핀코터를 이용하여 3,000 rpm으로 30초 간 코팅하였다. 이 후 솔벤트를 증발시켜 주기 위해 90°C에서 1시간 소성시켜 주었다. 이 때, 실리콘 웨이퍼를 PI가 코팅된 기관 (ITO 코팅된 glass)에 접촉시켜 실리콘 웨이퍼의 결정 방향대로 액정 분자가 배향되도록 하였다. 제작된 기관을 60 μm 의 두께를 두고 anti-parallel 방향으로 접촉하여 그 사이에 네마틱 액정 (MJ1001929, $T_c = 72^\circ\text{C}$, Merck Co.)을 주입하였다. 액정배향 상태를 확인하기 위해 2장의 편광자가 직교로 된 편광현미경을 사용하였다. 프리틸트 각은 Crystal Rotation Method (TBA 107, Tilt-Bias Angle Evaluation, from Autronic Co.)를 이용하여 측정하였다. 또한 전기광학 특성을 살펴보기 위해 2.5 μm 의 두께를 갖는 ECB 셀을 제작하여 전압-투과율, 응답 속도, 전압-용량 특성 등을 분석하였다. ECB 셀의 전압-투과율과 응답 특성은 LCD EOMS (Electro-Optical Measurement System; LCD-700, Otsuka Electronics)을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 Si를 사용한 러빙 처리하지 않은 PI 배향막과 러빙 처리한 PI 배향 막을 이용한 액정 셀의 배향 특성을 나타낸다.

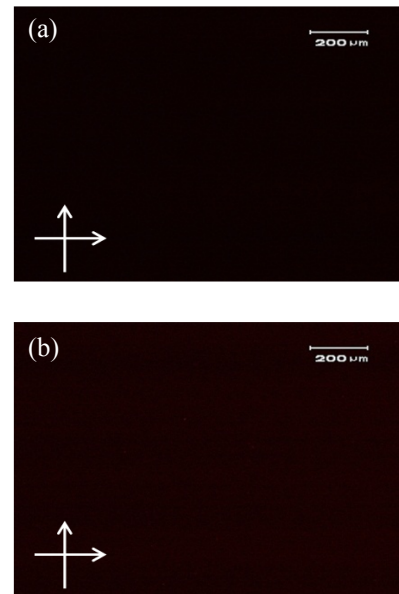


Fig. 1. Microphotographs of aligned LC in crossed Nicols. (a) Si induced PI, (b) Rubbed PI.

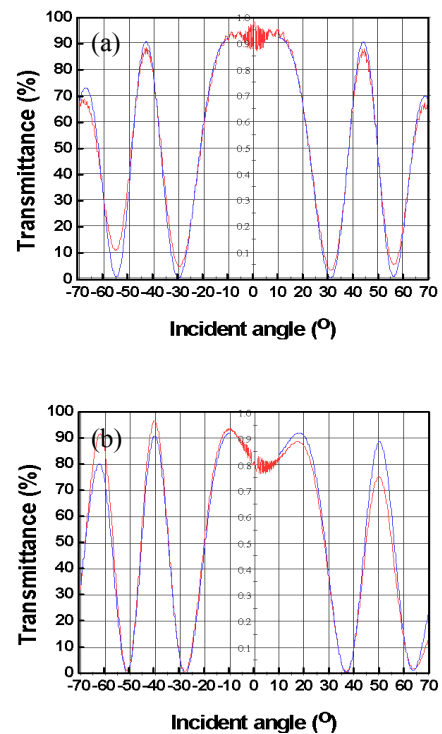


Fig. 2. Transmittance versus incident angle for LC cells on the two kinds of alignment methods. (a) Si induced PI LC cell, (b) Rubbed PI LC cell.

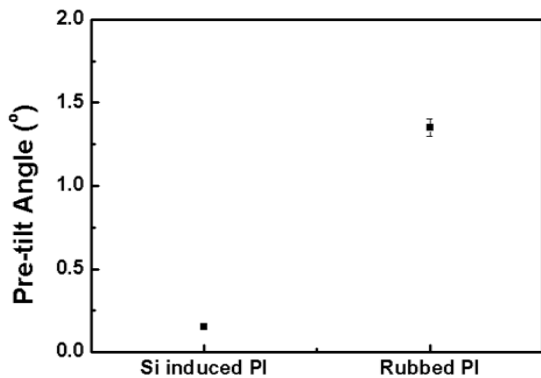


Fig. 3. Pretilt angles of LC cells with Si induced PI and rubbed PI.

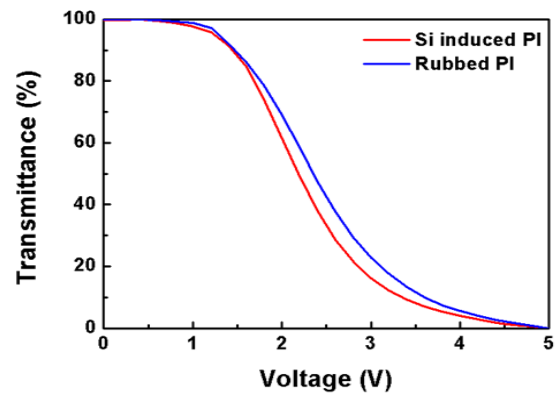


Fig. 5. Voltage-Transmittance characteristics of ECB cells on the Si induced PI and rubbed PI surfaces.

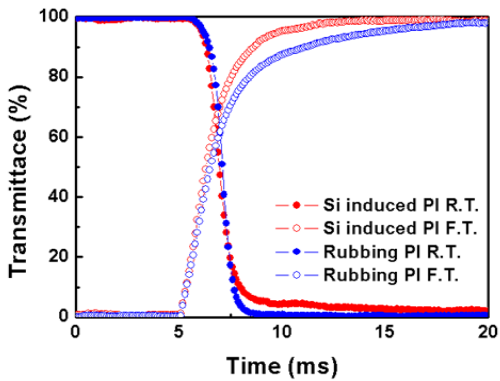


Fig. 4. Response time of ECB cells on Si induced PI and rubbed PI surfaces.

편광자는 직교로 되어 있으므로 검은색을 나타낼수록 배향이 잘되는 것을 나타낸다. 2개의 배향 방법을 이용한 액정 셀에서 모두 균일한 액정 배향을 나타내는 것을 알 수 있다. 즉, Si을 사용하여 러빙 처리하지 않은 PI 배향 방법을 이용한 액정 셀이 액정 배향상태가 우수하다는 것을 알 수 있다.

그림 2는 Si을 사용한 PI 배향 법과 러빙 처리한 입사각도와와의 관계를 나타낸다. 2종류의 액정 셀 모두에서 입사각도에 대하여 투과율이 균일하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 기판으로부터 극각 (polar) 방향에 대하여 액정분자가 균일하게 배열되어 있음을 의미한다. 그림 2의 액정 셀에서의 투과율의 입사각도 의존성으로부터 액정분자의 기판 상에서의 기울기를 나타내는 프리틸트 각을 계산하여 그림 3에 나타내었다. 러빙 처리한 PI 배향 막에서는 프리틸트 각이

약 1.4° 정도를 나타내었으며, 이는 러빙 처리에 의하여 고분자의 연신과 고분자가 가지는 형상이 프리틸트 각 발생에 기여한다는 생각할 수 있다 [11,12]. 그러나 Si을 사용한 PI 배향 막에서는 프리틸트 각이 0.3°로 작게 발생하였다. 이는 Si을 이용한 러빙 처리하지 않은 PI 배향 법에서는 고분자의 연신이 없으며, 고분자의 형상도 각자는 가지고 있으나, 한 방향으로의 모아지는 힘이 미치지 않으므로 고분자의 형상에 의한 액정분자의 프리틸트 각이 작게 발생하는 것으로 생각할 수 있다.

그림 4는 Si을 사용한 PI 배향법과 러빙 처리한 PI 배향 방법을 이용한 ECB 셀의 응답 특성을 나타낸다. Si을 사용한 PI 배향 법은 응답 속도가 4.8 ms이며, 러빙 처리한 PI 배향 법은 6.9 ms를 나타내었다. Si을 사용한 PI 배향 법이 러빙 처리한 PI 배향 법보다 약 70% 이상 빠른 응답 특성을 보여주고 있다. 특히 하강 시간은 Si을 사용한 PI 배향 법은 3.2 ms이며 러빙 처리한 PI 배향 법은 5.8 ms를 나타내었다. 하강시간은 Si을 사용한 PI 배향 법이 거의 90% 정도 빠른 응답 특성을 나타내었다. 하강 시간은 액정 분자와 배향 막 표면과의 결합 강도가 영향을 미치며 결합 강도가 강할수록 하강 시간이 빨라진다고 생각할 수 있다.

그림 5에 Si을 사용한 PI 배향 법과 러빙 처리한 PI 배향 방법을 이용한 ECB 셀의 전압-투과율 특성을 나타내었다. Si을 사용한 PI 배향 법에서의 전압-투과율 특성은 러빙 처리한 PI 배향 법과 거의 동등한 수준의 특성을 나타내었다. 2종류의 ECB 셀에서의 문턱 전압은 약 1.4 V를 나타내었으며 양호한 수준의

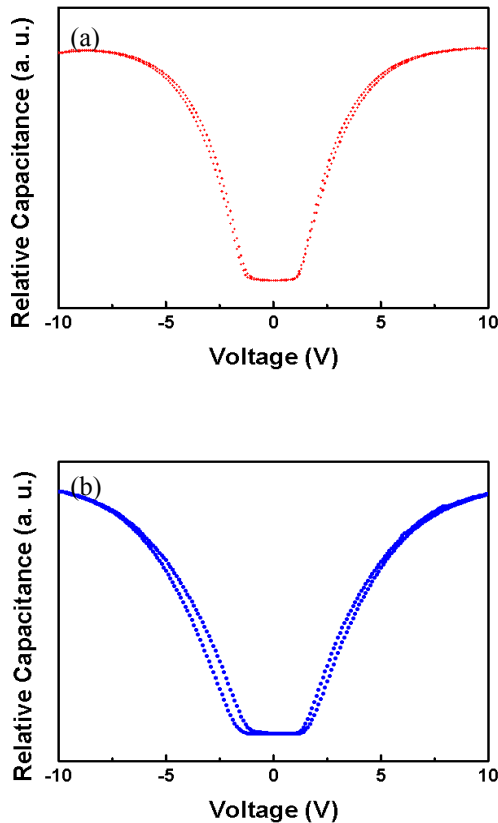


Fig. 6. Hysteresis characteristics of the ECB cells on the two kinds of the alignment methods as a function of applied voltage. (a) Si induced PI surface, (b) Rubbed PI surface.

임계치 전압을 나타내었다. 이러한 문턱 전압은 투과도가 10% 변하기 시작하는 부분에서의 인가 전압을 의미한다.

그림 6에 Si을 사용한 PI 배향 법과 러빙 처리한 PI 배향 법을 이용한 ECB 셀의 전압-용량 특성을 나타내었다. 전압-용량 특성의 히스테리시스 폭으로부터 잔류 DC 전압을 산출할 수 있다. 잔류 DC 전압은 Si을 사용한 PI 배향 법에서는 거의 0에 가까운 0.1 V를 나타내고 있으나, 러빙 처리한 PI 배향 법에서는 0.4 V의 큰 폭의 잔류 DC 전압을 나타내고 있다. 러빙 처리한 PI 배향법이 Si을 사용한 PI 배향법보다 약 4배 정도 큰 잔류 DC 전압을 나타내었다. 러빙 처리한 PI 배향 법은 러빙 처리 시에 발생하는 오물이나 정전기 등으로 인하여 배향 막 표면에 불순물 등이

잔존하여 잔류 DC 전압이 크게 발생하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 잔류DC 전압이 크면 LCD 화면의 잔상이 발생하기 때문에 최대한 줄일 필요가 있다. 본 연구에서 새롭게 제안한 Si을 사용한 PI 배향 법에서는 잔류DC 전압이 매우 작은 특성을 구현하였다.

4. 결론

본 연구에서는 저온공정이 가능한 러빙 처리를 하지 않는 배향 법으로 Si을 사용한 PI 배향 법을 제안하였다. Si을 사용한 PI 배향 법은 우수한 액정 배향 상태를 나타내었으며 러빙 처리한 PI 배향법과 거의 동등한 수준을 나타내었다. 또한, Si을 사용한 PI 배향 법은 응답 속도가 4.8 ms을 나타내었으며, 러빙 처리한 PI 배향법보다 약 70% 이상 빠른 응답 특성을 구현하였다. 그리고 Si을 사용한 PI 배향 법에서의 전압-투과율 특성은 러빙 처리한 PI 배향법과 거의 동등한 수준의 특성을 나타내었다. 마지막으로 잔류DC 전압은 Si을 사용한 PI 배향 법에서는 거의 0에 가까운 0.1 V를 나타내고 있으나, 러빙 처리한 PI 배향 법에서는 0.4 V의 큰 폭의 잔류DC 전압을 나타내었다. 따라서 Si을 사용한 PI 배향 법에서 응답 속도가 빠르며 잔류 DC 전압이 매우 작은 LCD를 구현하였다.

REFERENCES

- [1] D. S. Seo, S. Kobayashi, and M. Nishikawa, *Appl. Phys. Lett.*, **61**, 2392 (1992).
- [2] W. K. Lee, Y. S. Choi, Y. G. Kang, J. Sung, D. S. Seo, and C. Park, *Adv. Funct. Mater.*, **21**, 3843 (2011).
- [3] M. Schadt, K. Schmitt, and V. Kozinkov, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **31**, 2155 (1992).
- [4] J. Y. Hwang, D. S. Seo, J. Y. Kim, and T. H. Kim, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **42**, 194 (2003).
- [5] J. Janning, *Appl. Phys. Lett.*, **21**, 173 (1972).
- [6] Y. G. Kang, H. J. Kim, H. G. Park, B. Y. Kim, and D. S. Seo, *J. Mater. Chem.*, **18**, 21594 (2010).
- [7] 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).
- [8] 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).

- [9] P. Chaudhari, J. Lacey, J. Doyle, E. Galligan, S. C. A. Lien, A. Callegary, G. Hougham, N. D. Lang, P. S. Andry, R. John, K. H. Yang, M. Lu, C. Cai, J. Speidell, S. Purushothaman, J. Ritsko, M. Samant, J. Stöhr, Y. Nakagawa, Y. Katoh, Y. Saitoh, K. Sakai, H. Satoh, S. Odahara, H. Nakano, J. Nakagaki, and Y. Shiota, *Nature London*, **411**, 56 (2001).
- [10] J. Stöhr, M. G. Samant, J. Lüning, A. C. Callegari, P. Chaudhari, J. P. Doyle, J. A. Lacey, S. A. Lien, S. Purushothaman, and J. L. Speidell, *Science*, **292**, 2299 (2001).
- [11] D. S. Seo, K. Araya, N. Yoshida, M. Nishikawa, Y. Yabe, and S. Kobayashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **34**, L503 (1995).
- [12] J. M. Geary, J. W. Goodby, A. R. Kmetz, and J. S. Patel, *J. Appl. Phys.*, **62**, 4100 (1985).