

임프린팅법을 이용한 YSnO 박막의 표면 이방성 획득과 액정 배향 특성 연구

오병윤 

BMC Co., Ltd.

Homogeneous Liquid Crystal Alignment on Anisotropic YSnO Surface by Imprinting Method

Byeong-Yun Oh

BMC Co., Ltd., Gwangju 62074, Korea

(Received August 5, 2019; Revised September 8, 2019; Accepted September 23, 2019)

Abstract: We investigated a solution-driven Yttrium Tin Oxide (YSnO) film that was imprinted using a parallel nanostructure as a liquid crystal (LC) alignment layer. The imprinting process was conducted at the annealing temperature of 100°C. To evaluate the effect of this process, we conducted surface analyses including atomic force microscopy (AFM). During imprinting, the surface roughness was reduced, and anisotropic characteristics were observed. Planar LC alignment was observed at a pretilt angle of 0.22° on YSnO film. Surface anisotropy induced by imprinting method forces LC to align along the direction of the parallel nanostructure, which is an alternative to conventional polyimide treated using a rubbing process.

Keywords: Yttrium tin oxide, Imprinting method, Liquid crystal alignment

1. 서론

지난 수십 년 동안 액정 디스플레이(liquid crystal display, LCD)는 디스플레이 산업의 비약적인 발전을 이끌어 왔다. 최근에는 양자 점(quantum dot) 컬러 필터를 이용한 향상된 품질은 유기 발광 소자와의 경쟁에서 우위를 점하는 데 중요한 역할을 했다 [1,2]. 액정 디스플레이는 구동 회로부, LCD 패널 및 백라이트 유닛으로 구성된다. 액정 배향 기술은 LCD 패널과 관련된 핵심 기술 중 하나이다. 균일하고 고품질의 액정 디스플레이 구현을 위해서 균일한 액정 분자의 정렬은 필수적이다 [3,4]. 액정 분자의 균일한 정렬을 위

하여 사용한 종래의 배향법은 러빙법이다 [3]. 러빙법은 폴리이미드 배향막 상에서 천으로 둘러싸인 롤러를 회전시켜 표면 이방성을 주는 방법으로, 비용 효율적이고, 우수한 액정 배향 특성을 보인다. 하지만 러빙 공정에서 발생하는 정전기로 인하여 TFT 소자의 파손 및 파편 발생 등의 단점도 존재한다 [5]. 따라서 경사 증착 [6], 광배향 [7] 및 전사공정법 [8]과 같은 대체 정렬 기술에 대한 연구가 진행되어 왔다.

본 연구에서는 졸겔 공정을 이용하여 박막을 제작하고, 임프린팅 방법을 이용하여 균일한 액정 배향을 위한 표면 이방성을 획득하도록 하였다. 졸겔 공정은 금속산화물의 유기금속 전구체를 사용한다 [9]. 유기금속 전구체는 용매에 용해 시켜 졸(sol) 상의 금속산화물을 얻고, 코팅을 통해 겔(gel) 상변환 후 열처리를 통해 금속 산화물 박막을 만든다. 열처리 전 겔 상의 금속산화물 위에 미리 패턴이 제작되어 있던 실리콘 기판을 전사하여 표면 이방성을 획득하도록 하였다. 졸겔

✉ Byeong-Yun Oh; ohnleeu@gmail.com

Copyright ©2020 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.

공정과 임프린팅법은 비용 면에서 매우 효율적인 방법이며, 대면적 제조가 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서 사용한 금속산화물은 YSnO (yttrium tin oxide)이다. SnO는 3.6 eV의 큰 밴드 갭을 갖는 투명한 물질이며 열적 및 화학적 안정성으로 우수한 전기 특성을 가지므로 광전자 소자에 대해 널리 연구되어 왔다 [10]. SnO에 광학 및 전기적 성능을 향상시키기 위하여 금속 양이온의 도핑이 연구되어 왔다 [11]. Y 금속 양이온은 SnO에 도핑하여 배향막으로 사용하였다. 배향 특성은 편광 광학 현미경(POM)에 의해 조사되고, 프리 틸트 각은 결정 회전 방법을 사용하여 측정하였다. 표면은 원자 현미경(AFM)으로 조사하였다.

2. 실험 방법

정렬 패턴은 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제작하였다. 실리콘 몰드 위에 간격 750 nm 높이 30 nm의 패턴을 제작하였다. YSnO 박막은 졸겔 공정을 이용하여 제작하였다. 2ME (2-methoxyethanol) 용액에 yttrium nitrate hexahydrate와 tin chloride를 녹이고, monoethanolamine과 acetic acid를 첨가하여 용액을 안정화시켰다. 4시간 동안 70°C에서 400 rpm으로 교반하였다. 용액은 1일 동안 에이징하여 졸상이 되도록 하였다. 제작된 용액은 30초간 3,000 rpm에서 유리기판 위에 스펀코팅 하였다. 이후, 그림 1과 같이 정렬 패턴의 실리콘 몰드를 스펀코팅 된 YSnO 막 위에 올려놓고 100°C의 열을 가하여 박막을 형성하였다. 액정 셀은 상측과 하측 기판의 패턴 전사 방향을 동일하게 맞춘 액정 셀을 제작하였고 셀 갭을 60 μm 로 유지하도록 한 상태에서 액정(MJ001929, $n_e = 1.5859$, $n_o = 1.4872$ and $De = 8.2$, Merck)을 주입하였다. 박막의 투과율은 자외선-가시광선 분광기(UV-VIS spectrometric measurement, V-650, JASCO, USA)

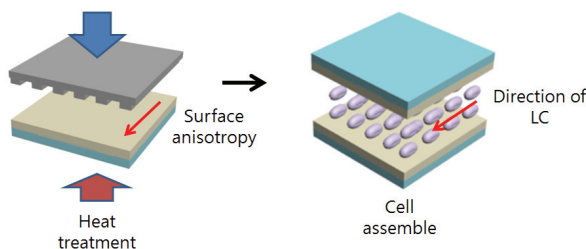


Fig. 1. Schematic of LC cell based on the YSnO.

를 이용하여 측정하였다. 액정 배향 특성을 확인하기 위하여 polarized optical microscopy (POM, Olympus, Japan)를 이용하였다. 액정의 프리틸트 각은 crystal rotation method (TBA 107, Autronic, Germany)을 이용하여 측정하였다. 표면 변화를 조사하기 위하여 AFM (atomic force microscopy, XE-BIO, Park system)을 이용하여 표면 형상을 관측하였다.

3. 결과 및 고찰

박막의 투명성은 디스플레이 어플리케이션에 적용하는 데 매우 중요하다. 그림 2는 박막으로 사용한 YSnO 박막의 자외선-가시광선 투과율 스펙트럼을 보여준다. YSnO 필름의 가시 영역(350~780 nm) 평균 투과율은 81.8%였다. 패턴 전사 후 YSnO의 투명도는 러빙 처리된 폴리이미드(rubbed PI) 박막의 투과도 81.1%와 거의 유사한 것을 알 수 있다. 러빙 처리된 폴리이미드 박막은 기존의 액정 디스플레이에서 주로 사용되는 액정 배향막으로, 가시 영역에서 YSnO 박막을 배향막으로 사용하기에 부족함이 없다는 것을 보여준다 [12].

그림 3은 패턴 전사 전과 후 표면 AFM 이미지를 나타낸다. 표면 거칠기는 Rq (root mean square, RMS)

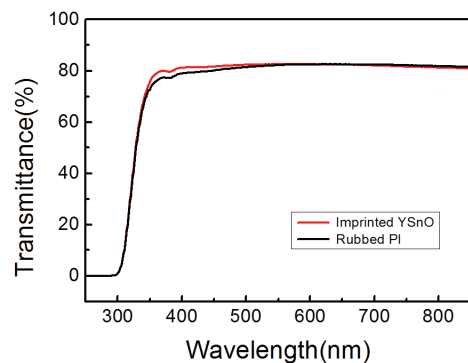


Fig. 2. Transmittance of imprinted YSnO and rubbed PI.

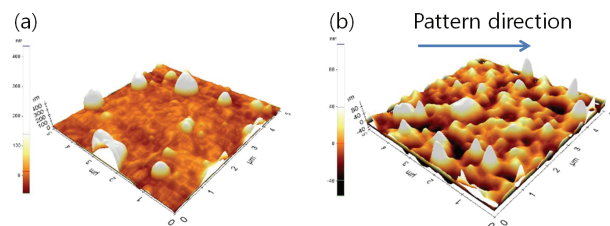


Fig. 3. AFM images of YSnO (a) before and (b) after imprinting process.

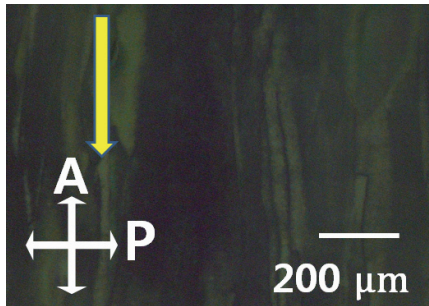


Fig. 4. POM image of LC cell based on the anisotropic YSnO film.

로 표현하였다. 산술평균 표면 거칠기인 Ra와 비교하여 표면 높낮이 변화에 민감하게 반응하는 파라미터로서, 표면 정보를 나타내는 데 많이 사용하는 방식이다. 패턴 전사 전 표면 거칠기 Rq는 54 nm이고, 패턴 전사 후 표면 거칠기는 38 nm이다. 패턴 전사 후 낮아진 Rq로부터 박막 표면 위 개별적으로 뾰족하게 나오거나, 움푹 들어간 부분이 많이 줄어들었다는 것을 의미한다. 이는 실리콘 몰드의 패턴 높이에 의하여 심하게 뾰족한 파티클의 높이가 낮아졌으며, 상대적으로 고른 표면 형상을 얻을 수 있었다. 파란색 방향은 정렬된 패턴의 전사 방향이며, 패턴 전사 후 확인한 AFM 이미지로부터 동일한 방향으로 패턴의 봉우리가 (AFM 이미지의 하얀색 부분) 형성됨을 확인할 수 있다. 패턴에 의하여 형성된 표면 이방성을 확인할 수 있다.

그림 4는 정렬된 나노 패턴을 전사한 YSnO를 배향막으로 사용하는 액정 셀의 POM 이미지를 나타낸다. 100°C의 어닐링 온도에서 상측과 하측의 교차 편광자 (crossed polarizers) 사이에서 검은색 이미지와 함께 상하 방향으로 긴 oily streaks를 볼 수 있다. 이는 표면 이방성에 의하여 액정 주입 시 발생하는 강한 모세관 힘에 의해 나타나는 것으로 정렬 패턴의 전사 후 YSnO 박막 표면에 이방성이 발생하여 액정 분자들이 배향됨을 보여준다 [13].

그림 5는 광 회절법을 이용하여 측정된 액정 셀의 투과율이다. 광 회절법은 액정 셀을 회전시키면서 쏘인 빛의 투과율을 측정하는 방법으로, 위상지연을 측정하여 박막 위 정렬된 액정 분자의 프리틸트 각을 계산할 수 있다 [14]. 그림 5에서 보이는 파란색과 빨간색 그래프는 각각 시뮬레이션에 의하여 그려진 투과율과, 측정된 투과율이다. 두 투과율이 일치할 경우 액정분자는 균일하게 정렬되었음을 나타내며, 신뢰성 있는 액정 프리틸트 각을 계산할 수 있다. 측정된 그래프로부터 계산된 액정 프리틸트 각은 0.22°로 측정되었으며, 패턴

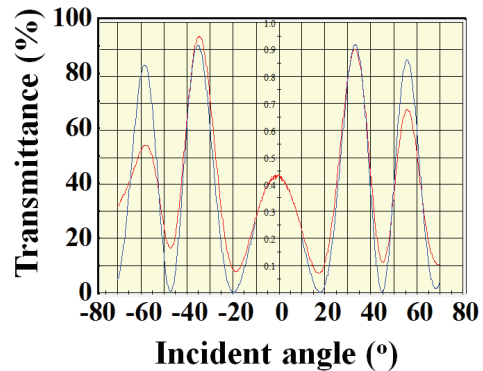


Fig. 5. Oscillated transmittance of LC cell based on the anisotropic YSnO measured by crystal rotation method.

전사 후 YSnO 박막은 수평배향 특성을 나타냄을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서 임프린팅 방법을 이용하여 YSnO 박막의 표면 이방성을 획득하고, 이를 액정 배향막으로 사용하여 액정 분자의 균일한 정렬에 대하여 조사하였다. YSnO 박막은 졸겔법을 이용하여 제작하였고, 100°C에서 소성하였다. AFM 이미지를 통해 정렬 패턴을 전사한 방향으로 표면 굴곡이 발생됨을 확인하였고, 이로 인하여 액정 셀을 제작하였을 때, 액정 분자가 정렬됨을 확인할 수 있었다. 또한 0.22°의 수평 배향 특성을 갖는 것을 확인하였다. 대면적 공정이 가능하고, 공정 비용 효율적인 임프린팅법과 졸겔 제작법을 이용하여 기존의 러빙 배향막을 대체할 수 있음을 확인하였다.

ORCID

Byeong-Yun Oh

<https://orcid.org/0000-0002-6638-8947>

REFERENCES

- [1] J. S. Steckel, R. Colby, W. Liu, K. Hutchinson, C. Breen, J. Ritter, and S. Coe-Sullivan, *J. Soc. Inf. Disp.*, **44**, 943 (2013). [DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2168-0159.2013.tb06377.x>]
- [2] J. S. Steckel, J. Ho, C. Hamilton, J. Xi, C. Breen, W. Liu, P. Allen, and S. Coe-Sullivan, *J. Soc. Inf. Disp.*, **23**, 294 (2015). [DOI: <https://doi.org/10.1002/jsid.313>]

- [3] N. Nishikawa, B. Taheri, and J. L. West, *Appl. Phys. Lett.*, **72**, 2403 (1998). [DOI: <https://doi.org/10.1063/1.121390>]
- [4] Y. Liu, J. H. Lee, D. S. Seo, and X. D. Li, *Appl. Phys. Lett.*, **109**, 101901 (2016). [DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4962329>]
- [5] P. Chaudhari, J. Lacey, J. Doyle, E. Galligan, S.C.A. Lien, A. Callegari, 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*, **411**, 56 (2001). [DOI: <https://doi.org/10.1038/35075021>]
- [6] N. Fukuchi, B. Ye, Y. Igasaki, N. Yoshida, Y. Kobayashi, and T. Hara, *Optical Review*, **12**, 372 (2005). [DOI: <https://doi.org/10.1007/s10043-005-0372-8>]
- [7] J. H. Kim, B. R. Acharya, and S. Kumar, *Appl. Phys. Lett.*, **73**, 3372 (1998). [DOI: <https://doi.org/10.1063/1.122754>]
- [8] R. Lin and J. A. Rogers, *Nano Lett.*, **7**, 1613 (2007). [DOI: <https://doi.org/10.1021/nl070559y>]
- [9] L. L. Hench and J. K. West, *Chem. Rev.*, **90**, 33 (1990). [DOI: <https://doi.org/10.1021/cr00099a003>]
- [10] S. C. Lee, J. H. Lee, T. S. Oh, and Y. H. Kim, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **75**, 481 (2003). [DOI: [https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(02\)00201-5](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(02)00201-5)]
- [11] V. Štengl, S. Bakardjieva, and J. Bludská, *J. Mater. Sci.*, **46**, 3523 (2011). [DOI: <https://doi.org/10.1007/s10853-011-5262-9>]
- [12] M. F. Toney, T. P. Russell, J. A. Logan, H. Kikuchi, J. M. Sands, and S. K. Kumar, *Nature*, **374**, 709 (1995). [DOI: <https://doi.org/10.1038/374709a0>]
- [13] W. K. Lee, S. J. Hwang, M. J. Cho, H. G. Park, J. W. Han, S. Song, J. H. Jang, and D. S. Seo, *Nanoscale*, **5**, 193 (2013). [DOI: <https://doi.org/10.1039/c2nr32458j>]
- [14] S. J. Hwang and M. H. Hsu, *J. Soc. Inf. Disp.*, **14**, 1039 (2006). [DOI: <https://doi.org/10.1889/1.2393028>]