

전사 공정을 이용한 산화막 정렬 패턴 제작과 액정 배향 특성 연구

Parallel pattern fabrication on metal oxide film using transferring process for liquid crystal alignment

오 병 윤*

Byeong-Yun Oh*

Abstract

We demonstrate an alternative alignment process using transferring process on solution driven HfZnO film. Parallel pattern is firstly fabricated on a silicon wafer by laser interference lithography. Prepared HfZnO solution fabricated by sol-gel process is spin-coated on a glass substrate. The silicon wafer with parallel pattern is placed on the HfZnO film and annealed at 100 °C for 30 min. After transferring process, parallel grooves on the HfZnO film is obtained which is confirmed by atomic force microscopy and scanning electron microscopy. Uniform liquid crystal alignment is achieved which is attributed to an anisotropic characteristic of HfZnO film by parallel grooves. The liquid crystal cell exhibited a pretilt angle of 0.25 ° which showed a homogeneous alignment property.

요 약

HfZnO 박막 위 패턴 전사 기법을 이용하여 기존의 러빙법을 대체하는 배향 공정에 대하여 연구하였다. 정렬 패턴은 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 실리콘 웨이퍼 위에 제작하였다. 졸겔 공정을 이용하여 HfZnO 용액을 제작하였고, 유리기판 위에 스핀코팅하였다. 미리 제작한 정렬패턴을 스핀코팅된 HfZnO 위에 올려놓고, 100 °C에서 30분간 소성하였다. HfZnO 박막에 평행한 그루브가 형성되었음을 atomic force microscopy 와 scanning electron microscopy로부터 확인할 수 있었다. HfZnO 박막을 이용하여 액정 셀을 제작하였으며, POM 분석으로부터 액정이 균일하게 정렬되었음을 확인할 수 있었다. 액정은 0.25 °의 프리틸트 각을 가졌으며, 수평배향 특성을 보여주었다. 액정 분자는 평행한 그루브에 의한 HfZnO 박막 표면 이방성에 의하여 균일하게 정렬되었음을 확인할 수 있었다.

Key words : HfZnO film, parallel pattern, liquid crystal alignment, sol-gel process, transferring process

1. 서론

균일하고 고화질의 액정디스플레이(liquid crystal display : LCD) 구현을 위하여 액정 배향 기술은 액

정디스플레이의 가장 핵심적인 기술 중 하나이다. 러빙 공정은 회전하는 천을 배향 막에 접촉하여 표면 이방성을 획득 하는 방법으로 산업에서 가장 많이 사용되고 있는 액정 배향 방법이다[1, 2]. 하지

* BMC Co., Ltd.

★ Corresponding author

E-mail : ohnleeu@gmail.com, Tel : 82+62-603-3799

※ Acknowledgment

Manuscript received May. 17, 2019; revised, Jun. 12 2019; accepted Jun. 14, 2019.

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.

만 표면 접촉에 의하여 발생하는 정전기발생 및 표면 결함 발생은 균일한 액정 배향을 방해하여 액정 디스플레이 성능을 떨어트리는 결과를 초래하였다 [3]. 이에 따라 이를 대체하여 광 배향법[4], 경사 증착법[5], 이온빔 배향법[6], 전사 공정법[7] 등이 연구되어 왔다. 이중 전사 공정은 비용효율적인 공정으로써, 대면적 공정이 가능하며, 연속공정에도 사용할 수 있는 장점이 있다. 또한 비용이 적게 들어 비용 효율적인 방법 중 하나이다.

본 연구에서는 전사공정과 함께 줄 깎기 공정을 통해 얻은 HfZnO 박막을 결합하여, 표면 이방성을 획득하고 이를 액정 배향에 적용하는 연구를 진행하였다. HfZnO 박막은 약 3.6 eV의 넓은 밴드 갭을 갖고 있으며[8], 우수한 전기 광학 특성으로 인하여 다양한 전기 광학 소자에 연구 되어온 물질이다[9-11]. 또한 atomic layer deposition과 sputtering으로 제작되어 많은 연구가 되어왔다. 줄 깎기 공정은 위의 방식과는 달리 진공공정이 필요하지 않으며, 대면적 공정이 가능하고, 전사 공정과 함께 결합하여 사용할 수 있는 장점이 있다. 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 정렬된 패턴을 실리콘 웨이퍼 위에 제작하고, HfZnO 박막을 스펀 코팅하여 제작된 패턴을 전사 하였다. 소성온도는 100°C에서 진행하였고, 30분 동안 소성하였다. 액정 셀을 제작하였고 polarized optical microscopy(POM)를 이용하여 배향특성을 확인하였다. 결정 회절법을 이용하여 액정의 프리틸트각을 측정하였다. 표면 이방성 확인을 위하여 atomic force microscopy(AFM)와 scanning electron microscopy(SEM)을 이용하였다.

II. 실험 공정 방법

1. HfZnO 박막 제조 방법

그림 1은 평행 패턴 전사 방법 및 액정 셀 제작 공정을 도시한다. 2ME(2-methoxyethanol)을 용매로 사용하고 Zinc acetate dihydrate와 hafnium chloride을 녹여 0,1M의 HfZnO 용액을 제작하였다. 제작된 용액은 65°C에서 4시간 동안 교반한 후, 24시간 동안 에이징(aging) 하였다. HfZnO 용액은 박막형성을 위하여 스펀 코팅 법으로 유리기판 위에 코팅한다. 30초간 3000 rpm에서 스펀코팅을 하였다. 패턴 간격 750 nm, 높이 30 nm의 정렬 패턴

을 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 실리콘 위에 제작하고, 이를 유리 기판 위 스펀 코팅된 HfZnO 위에 전사하여 100°C에서 30분간 소성하였다.

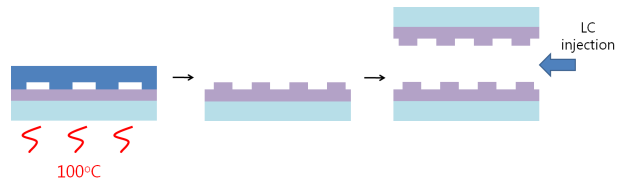


Fig. 1. Schematic of the fabrication of transferred HfZnO film and LC cell.

그림 1. HfZnO 박막위 패턴 전사 과정 및 액정셀 제작과정

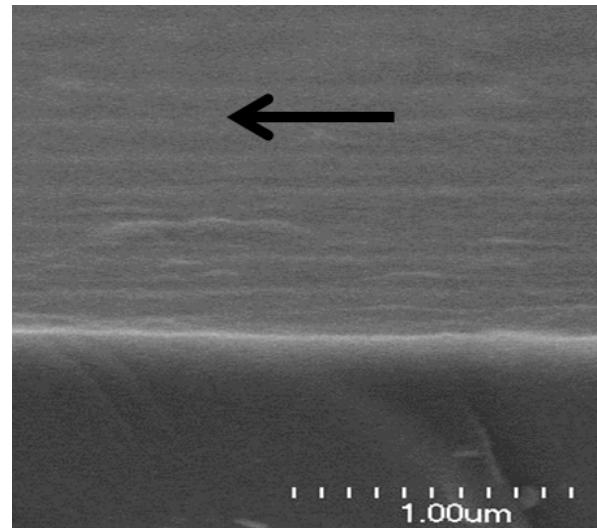


Fig. 2. SEM image of HfZnO film after transferring process. 그림 2. 전사 공정 후 HfZnO 박막의 SEM 이미지

2. HfZnO 박막을 이용한 액정 셀 제작 방법

상, 하판의 패턴 방향이 평행하도록 위치시켜, 액정 셀을 제작하였다. 이때, 셀 갭을 60 µm로 유지하도록 하였다. 액정은 수평액정(MJ001929, $n_e = 1.5859$, $n_o = 1.4872$ and $De = 8.2$, Merck)을 사용하였다. 액정 배향 특성배향 특성 확인을 위하여 polarized optical microscopy(POM, Olympus, Japan)를 이용하였고, 액정의 프리틸트 각은 결정 회절법(TBA 107, Autronic, Germany)을 이용하여 측정 하였다. Atomic force microscopy(AFM, XE-BIO, Park systems)와 scanning electron microscopy(SEM, JEOL-7800F, JEOL Ltd.)을 이용하여 표면 형상을 관측하였고, 전사된 패턴을 확인하였다. 박막의 투과도는 UV-visible-near infrared spectrometric measurement(V-650, JASCO)으로 측정하였다.

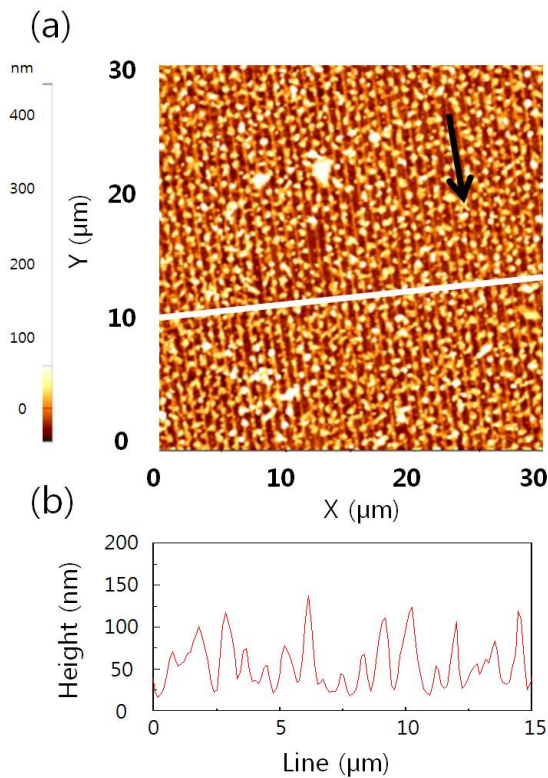


Fig. 3. (a) AFM images and (b) line profile of HfZnO film after transferring process.

그림 3. 전사 공정 후 HfZnO 박막의 (a) 표면 AFM 이미지와 (b) 라인 프로파일

III. HfZnO 박막 측정 및 액정 배향 특성 결과

그림 2는 졸 겔 HfZnO 박막 위 패턴을 전사한 후의 SEM 단면 이미지를 도시한 것이다. HfZnO 박막 위 횡 방향으로 평행한 패턴이 있음을 알 수 있다. 위 그림으로부터 정확한 패턴의 사이즈를 확인 할 수 없으나, 동일한 방향으로 여러 개의 패턴이 존재하고 있음을 알 수 있다. 이는 패턴이 HfZnO 박막 표면에 전사되어 그루브 형상으로 이루어진 것임을 알 수 있다. 동일한 방향성을 갖은 그루브 형상은 액정 분자들의 정렬에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

그림 3은 AFM 이미지를 도시한 것으로 패턴이 전사되어 남은 그루브 형상과 크기를 확인 할 수 있다. 비록 크고 작은 알갱이들이 HfZnO 박막 위에 존재하나, 검은색 화살표 방향으로 그루브 형상이 정렬되어 있음을 알 수 있다. 그림 3(b)는 cross sectional line profile을 도시한 것으로 그림 3(a)의 AFM 이미지의 흰색 선에 해당하는 부분이다. 패턴은 30 nm에서 150 nm 범위의 다양한 높이를 가

졌지만, 패턴 간의 간격은 약 1 μm로 일정한 것을 알 수 있다. 이는 전사 시 사용한 패턴의 간격과 유사하며, 그루브 형상은 정렬 패턴의 전사로부터 형성됨을 알 수 있다.

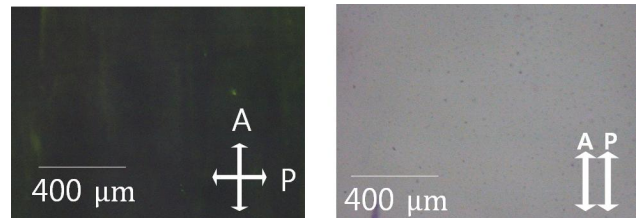


Fig. 4. POM images of LC cells based on HfZnO film after transferring process.

그림 4. 전사 공정 후 HfZnO 박막을 이용하여 제작된 액정 셀의 POM 이미지

그림 4는 그루브 형상을 갖은 HfZnO 박막을 이용하여 제작한 액정 셀의 POM 이미지를 도시하였다. POM 이미지는 위와 아래 박막이 동일한 방향을 갖도록 제작하였다. HfZnO 박막 위에서 균일하게 정렬된 액정배향 특성을 확인 할 수 있었다. 이는 정렬된 그루브 형상에 의하여 HfZnO 박막의 이방성을 증가하였고, 이방 특성의 박막 위에서 액정 분자들이 균일하게 정렬됨을 알 수 있다. 액정 분자들은 흐름성이 있는 결정성 물질로서, 인접한 액정 분자들과 동일한 방향성을 가지려고 하는 성질이 있다. 따라서 박막 위의 이방특성에 의하여 액정 분자들은 동일한 방향으로 정렬 하려는 성질을 갖으며, 이로 인하여 박막 근처의 액정 분자 뿐만 아니라, 액정 셀 내부의 액정 분자들 또한 동일한 방향으로 정렬된다. 결국 액정 셀 내부에서 액정 분자들은 모두 동일한 방향을 갖게 된다. 90°로 틀어진 상, 하측의 편광판은 한 방향으로 균일하게 정렬되어있는 액정분자에 의하여 빛이 투과되지 못하여 검은색으로 보이며, 상, 하측 편광판이 동일한 방향일 경우 빛을 투과하여 흰색으로 보인다.

그림 5는 결정 회절 법으로 측정된 투과율 그래프로, phase retardation에 의하여 액정의 프리틸트 각을 측정 할 수 있다[12]. 파란색 그래프와 빨간색 그래프는 각각 시뮬레이션 데이터와 측정된 데이터로, 두 그래프가 일치 할 경우 신뢰성 있는 액정 프리틸트각을 산출할 수 있다. 측정된 프리틸트 각은 0.25° 이다.

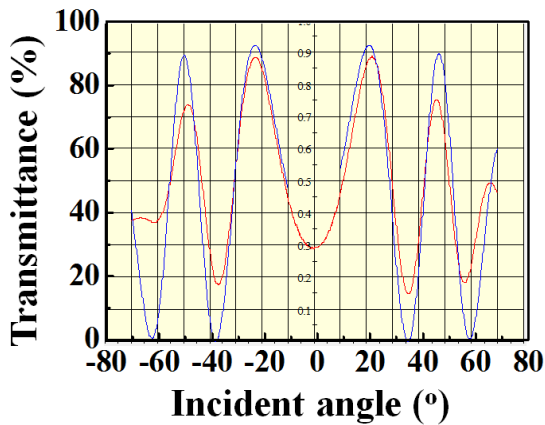


Fig. 5. Transmittance vs light incident angle of the LC cell based on transferred HfZnO.

그림 5. 빛 입사각도에 따른 액정 셀의 투과율 변화

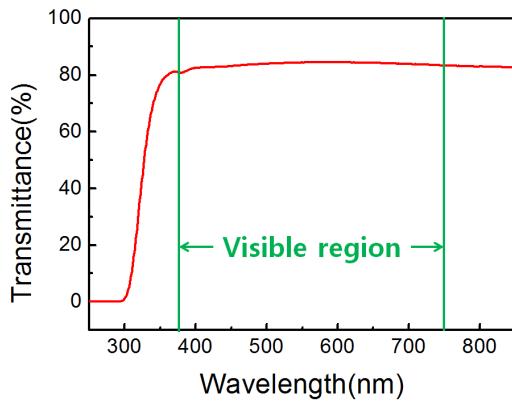


Fig. 6. Transmittance spectra of HfZnO film after transferring process.

그림 6. HfZnO 박막의 투과율 그래프

그림 6은 광학 투과율 측정으로 디스플레이 소자에 적용되는 박막의 경우 높은 투과율을 요구한다. 기존의 러빙 PI의 경우 가시광선 영역에서 약 83%의 투과율을 나타냈다[13]. 가시광선 영역(파장대역 380 nm~780 nm)에서 측정된 투과율은 약 84%의 높은 투과율을 나타낸다. 따라서 액정 디스플레이에 적용하기에 적합한 배향막임을 알 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서 정렬 패턴 전사를 통한 HfZnO 박막 위 이방 특성의 그루브 형성을 확인하고, 액정 배향 특성을 확인하였다. AFM과 SEM 분석으로부터 평행한 그루브가 패턴 전사로부터 형성되었음을 확인할 수 있었다. 형성된 박막을 이용하여 액정

셀을 제작하였고, 이로부터 액정 배향이 균일하게 되었음을 POM 분석으로부터 확인할 수 있었다. HfZnO 박막이 평행한 그루브에 의하여 표면 이방성을 갖게 되었으며, 액정 분자가 표면 이방성에 의하여 정렬되었음을 나타낸다. 산화 막 전사에 의한 액정 배향 공정은 균일한 액정 배향이 가능한 공정 효율적인 방법으로써, 기존의 러빙법을 대체 가능할 것으로 보인다.

References

[1] M. F. Toney, T. P. Russell, J. A. Logan, H. Kikuchi, J. M. Sands and S. K. Kumar, "Near-surface alignment of polymers in rubbed films," *Nature*, vol.374, pp.709-711, 1995. DOI: 10.1038/374709a0

[2] W.-K. Lee, Y. S. Choi, Y.-G. Kang, J. Sung, D.-S. Seo, and C. Park, "Super Fast Switching of Twisted Nematic Liquid Crystals on 2D Single Wall Carbon Nanotube Networks," *Adv. Funct. Mater.*, vol.21, no.20, pp.3843-3850, 2011. DOI: 10.1002/adfm.201101345

[3] 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. stohr, Y. Nakagawa, Y. Katoh, Y. Saitoh, K. Sakai, H. Satoh, S. Odahara, H. Nakano, J. Nakagaki, and Y. Shiota, "Atomic-beam alignment of inorganic materials for liquid-crystal displays," *Nature*, vol.411, pp.56-59, 2001. DOI: 10.1038/35075021

[4] P. J. Shannon, W. M. Gibbons and S. T. Sun, "Patterned optical properties in photopolymerized surface-aligned liquid-crystal films," *Nature*, vol.368, pp.532-533, 1994. DOI: 10.1038/368532a0

[5] M. Lu, "Liquid Crystal Orientation Induced by Van der Waals Interaction," *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.43, no.12, pp.8156-8160, 2004. DOI: 10.1143/jjap.43.8156

[6] B. Y. Oh, K. M. Lee, B. Y. Kim, Y. H. Kim, J. W. Han, J. M. Han, S. K. Lee and D. S. Seo, "Surface reformation and electro-optical characteristics

of liquid crystal alignment layers using ion beam irradiation”, *J. Appl. Phys.*, vol.104, pp.064502-1-064502-5, 2008. DOI: 10.1063/1.2978364

[7] 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, “Homeotropic alignment of liquid crystals on a nano-patterned polyimide surface using nanoimprint lithography,” *Soft Matter*, vol.7, pp.5610-5614, 2011. DOI: 10.1039/C1SM05083D

[8] C.H. Ahn, J.H. Kim, H.K. Cho, “Tunable electrical and optical properties in composition controlled Hf:ZnO thin films grown by atomic layer deposition,” *J. Electrochem. Soc.*, vol.159, no.4, pp.H384 - H387, 2012.

DOI: 10.1149/2.026204jes

[9] W. S. Kim, Y. K. Moon, K. T. Kim, S. Y. Shin, B. D. Ahn, J. H. Lee, and J. W. Park, “The influence of hafnium doping on bias stability in zinc oxide thin film transistors,” *Thin Solid Films*, vol.519, no.15, pp.5161-5164, 2011.

DOI: 10.1016/j.tsf.2011.01.079

[10] C.-H. Li, J.-Z. Chen, and I. Cheng, “Transitions of bandgap and built-in stress for sputtered HfZnO thin films after thermal treatments,” *J. Appl. Phys.*, vol.114, pp.084503-1-084503-6, 2013. DOI: 10.1063/1.4819232

[11] M. Ahmad, E. Ahmed, Z. Hong, Z. Iqbal, N. Khalid, T. Abbas, I. Ahmad, A. Elhissi, and W. Ahmed, “Structural, optical and photocatalytic properties of hafnium doped zinc oxide nanophotocatalyst,” *Ceram. Int.*, vol.39, no.8, pp.8693-8700, 2013.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2013.04.051

[12] T. J. Scheffer and J. Nehring, “Accurate determination of liquid crystal tilt bias angles,” *J. Appl. Phys.*, vol.48, no.5, pp.1783-1792, 1977.

DOI: 10.1063/1.323928

[13] H.-C. Jeong, G.-S. Heo, E.-M. Kim, J. H. Lee, J.-M. Han, and D. S. Seo, “Effect of the ion-beam bombardment and annealing temperature on sol-gel derived yttrium aluminum oxide film as liquid crystal alignment layer,” *Opt. Materials*, vol.64, pp.569-573, 2017.

DOI: 10.1016/j.optmat.2016.12.015

BIOGRAPHY

Byeong-Yun Oh (Member)



2004 : B.S. degree in Physics, Hanseo University.

2006 : M.S. degree in Metallurgical Engineering Yonsei University.

2011 : Ph.D. degree in Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University.

2011~2013 : Director, Optical Device Research Institute, LINKLINE I&C Co., Ltd.

2013~2014 : Research Fellowship, Materials Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology (GIST).

2015~2018 : Chief Executive Officer (CEO), Administration Division, ZeSHTech Co., Ltd.

2018~Present : Director, Research and Development Division, BMC Co., Ltd.