

플라스틱 기판에 고분자 격벽 형성

Formation of Polymer Walls on Plastic Substrate

도수민*, 최태훈, 허재원, 오승원, 최연규, 윤태훈

부산대학교, 전자공학과

We report a method for the formation of a polymer walls on a plastic substrate. Polymer walls were formed on a specific location through the phase separation of the liquid crystal (LC) mixture induced by a spatial difference of the elastic energy and electric field intensity. The aspect ratio of the fabricated polymer walls was about 12.9, with a height of $10.3 \mu\text{m}$ and a width of $0.8 \mu\text{m}$.

높은 종횡비를 가지는 구조물은 다양한 공정을 통해 제작이 가능하며, 종횡비를 향상시키기 위한 연구가 지속되고 있다. 이러한 경향은 X선 위상격자, 마이크로 모세관 필터, 마이크로-기어, X선 망원경 등과 같은 미세 공정 제품의 필요성이 증가하고 있기 때문이다.

액정은 전계를 이용하여 광학적 특성을 제어할 수 있는 재료로, 디스플레이뿐만 아니라 다양한 광학소자로 널리 응용되고 있다. 액정/reactive mesogen (RM) 복합체는 액정 층 내부에 고분자 구조물을 형성하여, 응용범위를 더욱 넓히고 있다. 기존의 상분리 방법은 경화 반응에 의한 상분리, 온도에 의한 상분리, 용매에 의한 상분리 방법이 있다.

하지만 고분자를 형성하는 기존의 상분리 방법은 고분자의 위치를 제어할 수 없다. 최근에 고분자 구조물을 특정 위치에 상분리 하는 방법이 보고되었다 [1, 2]. 고분자 구조물의 형성 위치를 제어할 수 있는 물리적인 원리는 이론적인 또는 실험적인 방법들에 의해 증명되었다 [3, 4]. 그 중 하나는 전기장 세기의 공간적인 차이로 인해 유도된 상분리이며 [3], 또 다른 방법으로는 공간 탄성에너지 차이로 유도되는 상분리가 있다 [4].

본 논문에서는, 이전에 보고된 액정/RM 혼합물의 상분리 원리들에 기반하여, 가상 격벽에 의한 2D confine된 액정 셀에서의 공간 탄성에너지와 전기장 세기의 차이를 이용한 액정/RM 혼합물의 상분리로 고분자 격벽들을 형성할 수 있는 방법에 대해서 기술한다. 플라스틱 기판에 형성된 폴리머 구조물은 bio-MEMS, 위상격자, 광학 필름 및 액정 디스플레이의 내구도를 향상시키는 역할로 다양하게 활용 될 수 있다.

수직 배향된 상부 플라스틱 기판과 패턴 전극이 있는 하부 유리 기판을 결합한 셀에 액정/RM 혼합물을 주입한다. 수평전계를 인가하면, 양의 유전율 이방성을 가지는 액정분자들은 전계의 방향을 따라 배열하게 되고, 액정 방향자의 극각의 변화가 없는 경계가 만들어진다. 그림1에서처럼 수평전계가 인가되었을 때, 패턴 전극에 직교한 방향으로 큰 공간 탄성에너지와 공간 전기장 차이가 유도된다. 경계 A에서는 상대적으로 높은 탄성에너지가 형성되고, 경계 B에서는 상대적으로 높은 탄성 에너지 및 강한 전기장이 형성된다. RM은 상대적으로 강한 공간 탄성 에너지와 약한 공간 전기장이 형성된 곳으로 이동한다. 또한, 패턴 전극이 있는 하부 유리 기판에만 전계가 인가되기 때문에, 상대적으로 약한 전계가 형성되는 상부 플라스틱 기판으로 RM이 이동한다. 따라서 경화 반응을 통해 형성된 고분자 격벽은 그림 2에서처럼 상부 플라스틱 기판의 경계 A에 형성되는 것을 주사 전자 현미경 (SEM)을 통해 확인할 수 있었다. 고분자 격벽의 종횡비를 확인하기 위해서, 백색광 주사 간섭계 (LSI)를 이용하여 고분자 격벽을 관측하였다. 고분자 격벽은 높이는 약 $10.3 \mu\text{m}$, 폭은 약 $0.8 \mu\text{m}$ 의 구조물로, 약 12.9의 종횡비를 가졌다.

우리는 370 nm 의 파장을 갖는 자외선을 이용하여 약 12.9 종횡비의 고분자 격벽을 형성하는 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 특정 액정과 RM이 사용되었지만 액정의 유전율 이방성의 차이와 액정의 변형에 의한 탄성 에너지 차이에 의해 상분리가 유도되기 때문에 다양한 재료가 액정과 함께 사용될 수 있다. 또한, 공간적인 탄성 에너지를 형성하기 위해 사용되는 패턴 전극은 중합체 벽을 형성하는 마스크로서 계속 재사용 될 수 있다. 이 방법은 다양한 micro-구조 및 nano-구조의 제작에 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 패턴 전극의 모양을 바꿈으로써 탄성 에너지를 제어할 수 있기 때문에 다양한 모양의 고분자 구조물을 형성할 수 있을 것으로 기대된다.

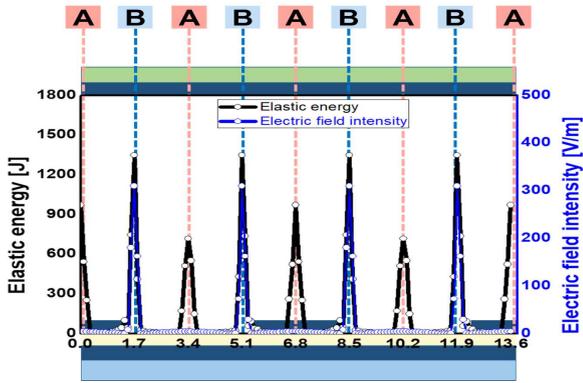


그림 1 탄성 에너지 및 전기장 세기의 분포

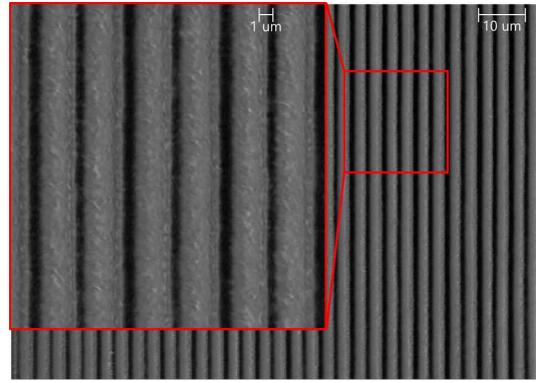


그림 2 SEM image: 상부 플라스틱 기판

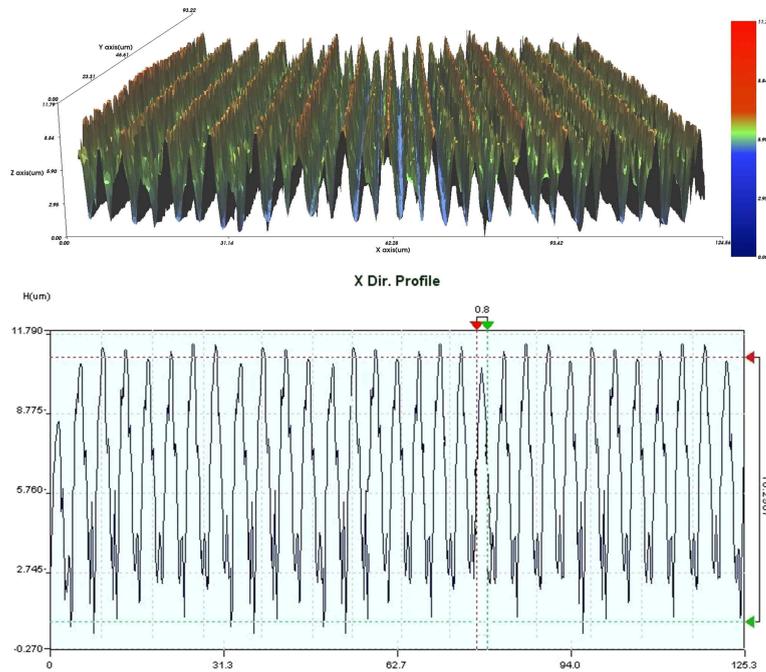


그림 3 LSI image: 고분자 격벽의 3차원 이미지 및 종단면도

참고 문헌

[1] T.-H. Choi, S.-M. Do, B.-G. Jeon, and T.-H. Yoon, *Low-power control of haze using a liquid-crystal phase-grating device with two-dimensional polymer walls*. Opt. express, pp. 3014-3029, 2019.

[2] T.-H. Choi, S.-M. Do, B.-G. Jeon, and T.-H. Yoon, *Formation of polymer walls through the phase separation of a liquid crystal mixture induced by a spatial elastic energy difference*. Sic. Rep., pp. 10288, 2019.

[3] Y. Kim J. Francl, B. Taheri, and J. L. West, *A method for the formation of polymer walls in liquid crystal/polymer mixtures*. Appl. Phys. Lett., pp. 2253-2255, 1998.

[4] D. Voloschenko, O. P. Pishnyak, S. V. Shiyankovskii, and O. D. Lavrentovich, *Effect of director distortions on morphologies of phase separation in liquid crystals*. Phys. Rev. E., pp. 060701, 2002.