

다층 나노/마이크로 구조물의 사출성형에 관한 연구 A Study on an Injection Molding of Multi-layer Nano-Micro Structures

*#유영은¹, 박덕수², 윤재성¹, 전은채¹, 장성환¹

*#Y.-E. Yoo(yeyoo@kimm.re.kr)¹, D.S. Park², J. S. Yoon¹, E.C. Jeon¹, S.H. Chang¹

¹한국기계연구원 나노공정장비연구실, ²서울과학기술대학교 금형설계공학과

Key words : injection molding, multi-layer, nano-micro structures, structural color

1. 서론

자연에 존재하는 나노 혹은 마이크로 크기의 다양한 구조는 그 구조에 의한 고유의 특성으로 인하여 많은 연구의 대상이었다. 나노/마이크로 구조에 의한 연꽃 잎의 우수한 자가세정표면, 나방눈의 저반사 표면 및 나노 헤어 구조에 의해 우수한 접착력을 가지는 도마뱀의 발바닥 등은 대표적인 자연에서의 나노/마이크로 구조물이 적용된 사례라 할 수 있다. 이러한 자연에서의 나노/마이크로 구조물의 또 하나의 대표적인 예는 나비나 조개껍질 등에서 볼 수 있는 다채로운 색상을 나타내는 광결정성(photonic crystal) 구조를 들 수 있다 (Fig.1). 일반적으로 색의 발현은 안료나 염료 물질을 통해서 나타나게 되나, 적절한 광결정성 구조 혹은 나노/마이크로 구조가 배열되어 있는 경우 간섭 등에 의해 화학적 안료나 염료 없이 다양한 색상이 나타나게 되는데, 이렇게 구현되는 색을 구조적 색상(structural color)이라고 정의할 수 있다 [1,2].

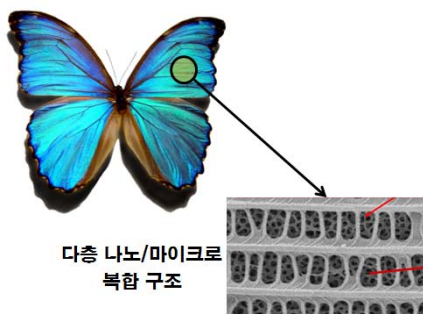


Fig. 1 Structural color and photonic crystal structure of butterfly

이러한 structural color는 유기 용제 등의 사용이 요구되는 안료 및 염료에 의한 기존의 색상 구현

방식과 달리 유기 용제 등의 적용이 필요없어 친환경적인 색상 구현 기술로의 가능성이 크며, 고유한 특성을 이용하여 위조 방지 등 다양한 공학적 응용이 가능할 것으로 기대되고 있다.

이와 같이 다채로운 색을 발현하는 자연에서의 나노/마이크로 구조물은 대량 생산이 요구되는 공학적인 제품에 직접 적용하기에는 매우 어려운 형태 및 구조를 가지고 있다. 따라서 이의 공학적 응용을 위해서는 structural color를 위한 공학적 모델 및 이를 구현할 수 있는 가공/성형 기술에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 다층의 나노/마이크로 모델 패턴을 설계하고 이에 대한 패턴 마스터 및 니켈 스탬퍼를 제작하여 고분자 소재의 사출 성형을 통해 structural color 특성에 대해 실험적 연구를 수행하였다.

2. 패턴 설계 및 스탬퍼 제작

Fig.2 에 나타낸 바와 같이 structural color 구현을 위해서 단층 및 다층의 나노/마이크로 패턴을 설계하였다. 패턴의 크기는 150nm ~ 10um의 범위를 가지며 패턴 영역은 2mm x 2mm 및 10mm x 10mm이다. 각각의 패턴은 UV 및 E-beam lithography 공정에 의해 가공되었으며, 가공된 마스터에 대한 니켈 전주 공정을 통해서 사출 성형 금형에 적용될 니켈 스탬퍼를 제작하였다. Fig. 3 에는 제작된 패턴 마스터 및 니켈 스탬퍼에서의 패턴 형상을 나타내었다.

3. 사출성형 결과

제작된 니켈 스탬퍼 및 금형을 이용하여 사출 성형을 수행하였다. 성형 소재로는 검정 색상의 고풍택 PMMA를 사용하였다. 나노 구조의 성형을 위해서 성형 공정 중 스탬퍼를 가열/냉각할 수 있는

금형을 적용하였으며, 충전 과정에서 스탬퍼 온도는 150℃, 냉각 과정에서의 온도는 60℃ 이하로 제어하였다.

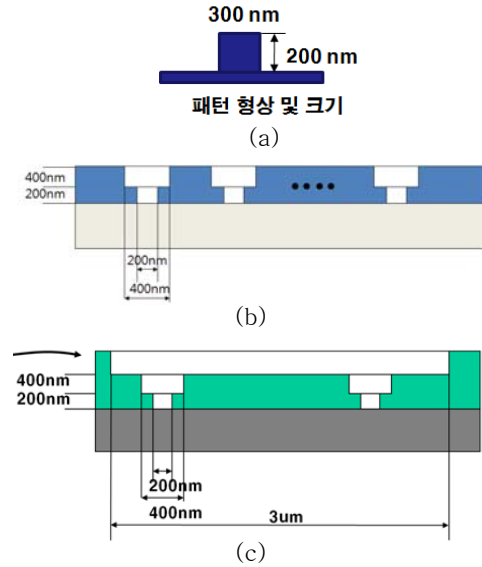


Fig. 2 Model pattern designs for structural color

Fig.4에는 성형품에서 패턴 형상에 따라 구현되는 색을 나타내었다. 단층 나노 패턴의 경우 투명 소재에 대해서 무지개 색상의 구현이 가능하였으나 색 강도가 크지 않음을 볼 수 있다. Fig.5에는 2층 및 3층 나노/마이크로 패턴을 적용한 성형 결과를 나타내었다. 사진에서 알 수 있듯이 단층 패턴에서의 색상에 비해 더 선명한 색상이 구현됨을 알 수 있었다. 또한 패턴의 크기나 배열에 따라 구현되는 색상에 차이가 발생함을 확인하였다.

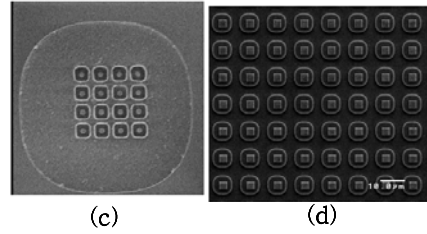
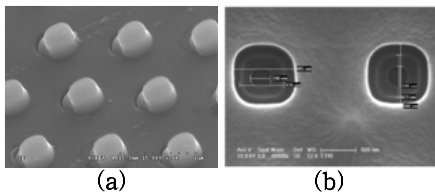


Fig. 3 Pattern images on the pattern masters and Ni-stamper (a) Mono-layer nanopattern(Ni-stamper), (b) double layer nanopattern(PR master), (c) triple layer nano/micro pattern(PR master), (d) triple layer nano/micro pattern(Ni-stamper)

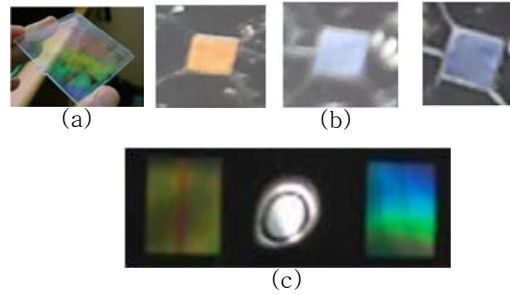


Fig. 4 Colors for injection molded patterns

후기

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 21세기 프론티어연구개발사업의 일환인 나노메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. huichiKinoshita, Shinya Yoshioka and Kenji Kawagoe, "Mechanisms of structural colour in the Morpho butterfly : cooperation of regularity and irregularity in an iridescent scale", Proc. R. Soc. Lond. B (2002)269, 1417-1421
2. Pete Vukusic and J. Roy Sambles, "Photonic structures in biology", Nature, Vol. 424, 14 AUGUST, 2003