

마이크로-나노 복합구조로 이루어진 표면의 젖음 특성

Wetting property on micro- and nanostructured surfaces

*박용민¹, #김병희¹, 서영호¹

*Y. M. Park¹, #B. H. Kim(kbh@kangwon.ac.kr)², Y. H. Seo²

¹강원대학교 기계메카트로닉스공학과

Key words : Micro- and nanostructure, super-hydrophobic state, petal effect

1. 서론

최근 많은 연구진들의 마이크로-나노 구조로 이루어진 표면에 대한 관심이 증가되고 있다. 이 같은 연구는 초 미세 제작기술의 발달과 생체모방기술(biomimetics)의 수준이 향상됨에 따라 각광받게 되었으며, 특히 자연계에 존재하는 식물의 잎과 꽃잎에서 나타나는 초소수성(super-hydrophobic) 표면은 기초연구로서의 가치뿐만 아니라 그 이상의 연구 활동에 영향을 주고 있다.[1] 초소수성 표면은 150° 이상의 접촉각을 가지는 표면을 말하며 연잎에서 나타나는 자가세정(self cleaning) 현상을 보이게 된다. 이 같은 현상을 연잎 효과(lotus effect)라고 말하며 초소수성표면의 대표적인 예로 들고 있다[2]. 하지만 초소수성 특성을 가진 모든 표면에서 자가세정 현상이 일어나는 것은 아니다. 장미꽃잎의 경우 150° 이상의 접촉각을 갖는 초소수성 표면이지만 자가세정현상은 관찰되지 않는다. 이 같은 현상은 장미꽃잎이 어원이 되어 장미꽃 효과(petal effect)라고 보고된바 있다[3].

본 논문에서는 실리콘 KOH 식각 공정과 알루미늄 양극산화공정을 이용하여 패턴 성형용 몰드를 제작하고 폴리머 표면에 전사시켜 젖음 특성을 분석하고자 한다.

2. 본론

2.1 마이크로-나노 복합구조 제작

3 차원 마이크로-나노 복합구조를 제작하기 위하여 KOH 식각공정을 통해 피라미드 형태의 마이크로 홈 구조를 제작하였다.(Fig.1 step 1) 제작된 마이크로 홈 구조상에 나노 패턴을 제작하기 위해 알루미늄 양극산화공정을 수행

하였으며 공정수행 하기에 앞서 제작된 피라미드형태의 마이크로 홈 구조 상에 순수 알루미늄(99.999%)을 1 μm 두께로 증착 시켰다.(Fig.1 step 2) 그 후 알루미늄 양극산화공정을 수행하여 Fig.2(a,c)와 같은 형상과 단면을 갖는 마이크로-나노 복합구조가 제작되었으며 각각에 대한 확대사진은 Fig.2(b,d)와 같다. 마이크로 피라미드 구조의 한 변의 길이는 15μm 이며, 나노 홈의 직경은 200nm 정도가 된다.

2.2 마이크로-나노 복합구조 복제

KOH 식각공정과 알루미늄 양극산화공정을 이용하여 제작된 마이크로-나노 복합구조를 몰드로 사용하여 핫엠보공정을 통해 PMMA 기관상에 패턴을 복제하였다. 핫엠보공정의 개념도는 Fig.1 (step 4)와 같으며 Fig.3(a-d)은 핫엠보공정을 통해 PMMA 기관으로 복제된 마이크로-나노 복합구조의 배열과 이에 대한 확대사진을 나타낸 것이다.

2.3 복제된 표면에서의 젖음 특성

PMMA 표면에 대한 젖음 특성을 확인하기 위하여 접촉각 측정을 수행 하였다. 접촉각 측정은 패턴이 복제되지 않은 표면과 마이크로-나노 복합구조가 복제된 표면에 대해 수행되었으며 각각의 표면에 대해서 표면 화학처리(Trichloro-silane, Sigma-Aldrich Inc.) 전후의 접촉각 변화와 표면을 뒤집었을 때 나타나는 현상을 Fig.4 로 제시하였다. 표면 거칠기가 증가됨에 따라 표면에너지의 감소로 접촉각이 70±2° 에서 134±2° 로 증가되었으며 표면 화학처리에 의해 접촉각은 표면화학처리 전보다 급격히 증가되어 최대 159±2° 까지 증가되어 초소

수성표면의 특성을 나타내었다. 또한 표면화학 처리된 마이크로-나노 복합구조가 복제된 표면에서는 초소수성특성을 나타내는 동시에 표면을 뒤집어도 물방울이 떨어지지 않고 구형을 유지한 상태로 표면에 붙어있는 전형적인 장미꽃 효과를 확인 할 수 있다.

3. 결론

본연구진은 마이크로-나노 복합구조를 제작하기 위해 KOH 식각공정과 알루미늄 양극산화공정을 이용하여 피라미드형태의 마이크로 홈 구조상에 다공성의 나노패턴을 제작하였다. 또한 이를 핫엠보싱 공정으로 PMMA 표면에 복제하였으며 상기 제작된 표면에서의 젖음 특성을 확인하였다. 표면 거칠기가 증가됨에 따라 접촉각이 $134 \pm 2^\circ$ 로 증가되었으며 표면 화학처리로 인해 접촉각은 159 ± 2 로 급격히 증가되었다. 뿐만 아니라 표면을 뒤집었을 시 물방울이 구형을 유지한 상태로 떨어지지 않고 표면에 붙어있어 연구 보고된 바와 같은 장미꽃 효과를 확인 할 수 있었다.

이 같이 제작된 마이크로-나노 복합구조는 기초연구로서의 가치뿐만 아니라 공학적으로 유용한 기능성 표면을 제공하며 나아가 산업 분야에서 큰 활용가치를 가질 것으로 사료된다.

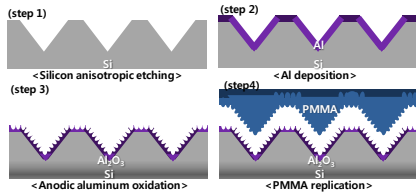


Fig. 1 Schematics of the fabrication process of hierarchical micro- and nanostructures

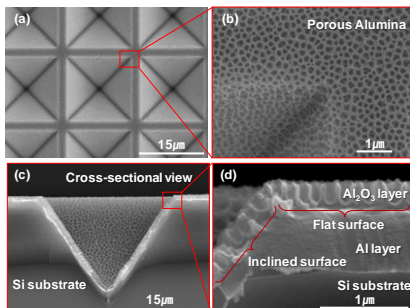


Fig. 2 SEM images of the fabricated concave mold

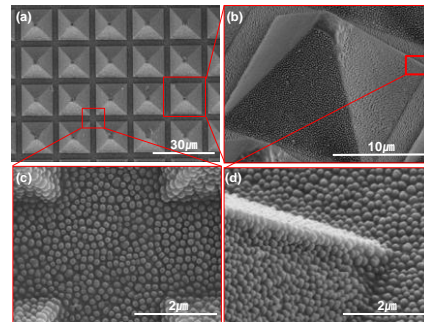


Fig. 3 SEM images of replicated micro- and nanostructures on the PMMA sheet

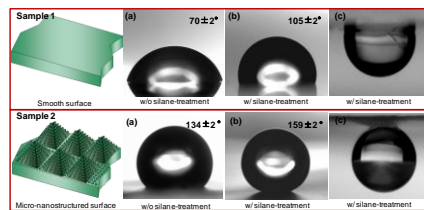


Fig. 4 Water droplet contact angles of smooth and micro- and nanostructured PMMA sheet

후기

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 21 세기 프론티어 연구개발사업의 일환인 나노 메카트로닉스기술개발사업단의 연구비 지원(06L1410-00511)에 의해 수행되었으며 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과입니다.

참고문헌

1. Zhiguang Guo, Weimin Liu, "Biomimic from the superhydrophobic plant leaves in nature Binary structure and unitary structure", Plant Science, 172, 1103-1112, 2007
2. W. Barthlott, C. Neinhuis, " Purity of the sacred lotus or escape from contamination in biological surfaces", Planta, 202, 1-8, 1997
3. Lin Feng, Yanan Zhang, Jinming Xi, Ying Zhu, Nu" Wang, Fan Xia, and Lei Jiang, " Petal Effect-A Superhydrophobic State with High Adhesive Force", Langmuir, 24, 4114-4119,2008