

광경화성 수지의 국부적 점성 신장을 이용한 고세장비 마이크로 구조물 제작에 관한 기초공정 연구

A Study on the basic process for fabrication of high aspect ratio micro structure using partial viscous extension of photoresist

*김성진¹, #박상후², 이동규¹, 박인백¹, 이석희¹

*S. J. Kim¹, #S. H. Park.(sanghu@pusan.ac.kr)², D. K. Lee¹, I. B. Park¹, S. H. Lee¹

¹부산대학교 기계공학부, ²부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구소/기계공학부

Key words : High aspect ratio, Partial viscous extension, Buckling, Young's modulus

1. 서론

게코 도마뱀(Gecko lizard) 발바닥의 건식 접착 특성은 벽면과 나노 스케일의 지름을 가지는 무수한 강모들(나노 헤어)의 분자간 힘 (Van der waals force)에서 기인하는데, 이러한 게코 도마뱀 발바닥의 나노 헤어를 모방한 건식접착 구조물 개발분야는 자연 모사 공학의 대표적인 연구분야 가운데 하나로서 활발한 연구가 진행되고 있다.¹

나노 헤어 건식접착 구조가 높은 접착 성능을 가지기 위한 필요조건들로는 고세장비, 기울기, 마이크로-나노 계층구조, 헤어 끝의 돌기 형상 등이 있다. 이러한 필요조건들을 효과적으로 제작하기 위해서 크게 2 가지 방법이 제안되어 왔으며, 이중에서 CNT 기반의 상향식(bottom-up) 방식보다는 특히, 폴리머 기반의 하향식(top-down) 방식에서 보다 다양한 제작 방법들이 적용되고 있다.²⁻⁶

그러나, 기존의 연구결과들에서는 고세장비를 가지면서 헤어 끝에 돌기 형상이 있는 등의 조합구조를 제작하기 위해서는, 최소한 조합되는 구조의 수의 공정을 진행해야 하는 한계점이 있다.

조합구조를 가지는 나노 헤어의 경제적 제작 공정 개발을 위한 예비적 연구로서, 본 연구에서는 자외선 노광중에서의 광경화성 수지의 점성신장특성을 이용한 간단한 공정을 통해, 고세장비를 가지면서 헤어 끝에 주걱모양의 돌기를 가지는 마이크로 헤어를 제작하였다.

2. 실험방법

실험장치에 대한 개략도는 Fig. 1 과 같다.

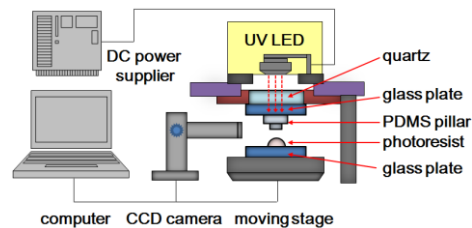


Fig. 1 Schematic of experiment device

실험에 사용된 3 축 이송 스테이지의 X, Y 축 이송 분해능은 10 μm , Z 축 이송 분해능은 0.4 μm 이다. 또한 측면 카메라는 3 축 이송이 가능하며, 배율 x6 렌즈를 사용 시 픽셀(pixel)의 분해능을 1.27~0.32 μm 까지 조정할 수 있다. 광원은 P8D237 UV LED 모델 2 개를 조합하여 사용하였으며 LED 1 개는 375 nm 파장의 자외선을 300 mW의 출력으로 방출한다.

PDMS 기둥 구조물의 직경은 200 μm , 높이는 100 μm 이며, 유리 기판에 부착한 후 유리 기판을 진공이 걸리는 quartz 판에 부착한다.

다음으로, 아래쪽의 진공이 걸리는 평판 위에 수지를 떨어뜨린 유리 기판을 부착한 후 스테이지를 서서히 상승시켜 PDMS 기둥 윗면과 접촉시키고 노광을 시작하면서 4 $\mu\text{m}/\text{sec}$ 의 속도로 스테이지를 하강시키고 파단이 일어날 때까지의 광경화성 수지의 점성신장을 관찰한다.

3. 실험결과

실험에 사용한 광경화성 수지는 Norland 사의 NOA68T 시약(탄성계수: 12,400 psi, 인장강도: 713.8 psi)을 먼저 사용하였으며, 수지의 점성 신장 거동 경향을 Fig. 2 (1~5)에 나타내었다.

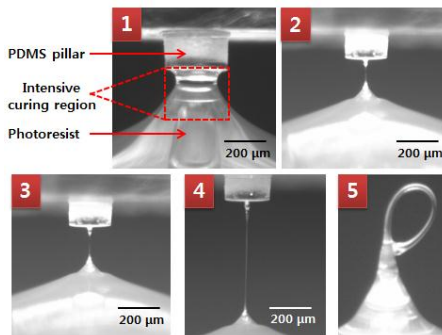


Fig. 2 Behavior of partial viscous extension of photoresist in constant speed drawing

수지와 PDMS 기둥이 접촉 후 노광이 시작되면서 국부적인 지역에 경화가 집중되고(2-1), 신장이 계속되면서 구조물의 지름이 감소하며(2-2~4), 신장 중 PDMS 기둥에 붙어있던 부분이 기둥과 떨어지게 되면서 주걱모양의 머리부를 가지는 구조물이 만들어지나, 머리부가 떨어지면서 구조물이 급격하게 수축되어 좌굴이 심하게 발생하게 된다(2-5).

이에 대한 해결방안으로 강성이 높은 시약으로 시약을 변경하였다. NOA63(탄성계수: 240,000 psi, 인장강도: 5000 psi)으로 변경 후 공정을 실시하여 Fig. 3 과 같은 구조물을 얻었다.

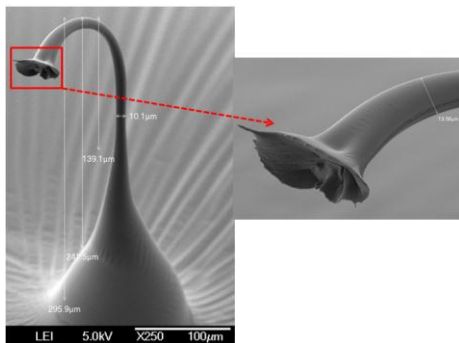


Fig. 3 FE-SEM image of High aspect ratio micro pillar having spatulate head tip

4. 결론

1. 국부적 점성신장 공정으로 주걱모양의 머리 부를 가지는 고세장비 마이크로 헤어를 제작할 수 있었다.

2. 기둥에서 수지가 떨어질 때, 구조물의 수축변형으로 인하여 구조물의 좌굴이 발생하기 쉽다. 이에 대한 방안으로 재료적 관점에서 보았을 때, 강성이 높은 수지를 사용하여야 할 것으로 사료된다.

3. 신장 후 구조물의 강건한 유지를 위한 다른 방안에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다. (과제번호: 2010-0016093)

참고문헌

1. Autumn, K., Liang, Y. A., Hsieh, S. T., Zesch, W., Chan, W. P., Kenny, T. W., Fearing, R., Full, R. J., "Adhesive Force of a Single Gecko Foot-Hair," Nature, Vol. 405, 681-685, 2000.
2. Kim, S., Sitti, M., "Biologically Inspired Polymer Microfibers with Spatulate Tips as Repeatable Fibrillar Adhesives," Applied Physics Letters, Vol.89, No.261911, 2006.
3. Jeong, H. E., Lee, S. H., Kim, P., Suh, K. Y., "Stretched Polymer Nanohairs by Nanodrawing," Nano Letters, Vol.6, No.7, 1508-1513, 2006.
4. Aksak, B., Murphy, M. P., Sitti, M., "Adhesion of Biologically Inspired Vertical and Angled Polymer Microfiber Arrays," Langmuir, Vol.23, No.6, 3322-3332, 2007.
5. Jeong, H. E., Suh, K. Y., "Nanohairs and Nanotubes: Efficient Structural Elements for Gecko-Inspired Artificial Dry Adhesives," Nano Today, Vol.4, 335-346, 2009.
6. Murphy, M. P., Aksak, B., Sitti, M., "Gecko-Inspired Directional and Controllable Adhesion," Small, Vol.5, No.2, 170-175, 2009.