

집속이온빔에 의해 변형된 CNT 팁의 성능평가

*신영현¹, 한창수²
한국기계연구원

Performance evaluation of CNT tips that is deformed by FIB

*Y. H. Shin¹, C. S. Han²

Dept. of intelligent Precision Machine, KIMM

Key words : Non-contact mode AFM, Carbon nanotube, FIB(Focused Ion Beam), dielectrophoresis

1. 서론

나노기술의 발전으로 인하여 초미세, 초정밀 측정 기술이 요구되고 있다. 이러한 요구에 부응하는 측정 장비로서 원자간력 현미경은 시료의 3차원 데이터를 가장 정확하게 측정하는 장비중 하나이다. 현재 원자간력 현미경의 정밀도 향상을 위하여 측정 장비 자체의 발전과 더불어 측정 결과의 정밀도에 직접적인 영향을 주는 캔틸레버의 제조 기술이 크게 발전하고 있다[1-13]. 일반적인 실리콘 캔틸레버의 팁을 집속이온빔을 이용하여 높은 중횡비를 가지는 팁으로 변환하거나 실리콘 팁에 CNT를 접합하여 측정의 정밀도가 대폭 향상되었다. 하지만 고세정비 실리콘 팁의 경우 수명이 매우 짧고 CNT팁의 경우 일반 실리콘 팁에 비하여 매우 고가라는 단점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 선행연구의 유전영동 방법을 이용하여 실리콘 팁에 CNT를 부착하고 집속이온빔을 이용하여 새로운 고세정비의 팁을 개발하였다[14,15]. 본 연구에서는 비접촉 원자간력 현미경 측정을 통하여 개발된 팁의 성능을 평가하였다.

2. 집속이온빔을 이용한 팁의 제조

유전영동을 이용하여 실리콘 팁에 카본나노튜브를 부착하고 집속이온빔을 이용하여 카본 나노팁을 생산하였다. 카본 나노튜브가 부착된 초기 형태에 따라 Fig. 1의 개념도에서 보는 바와 같이 팁에 수직으로 애칭하거나 측면에서 팁을 잘라 최종적인 팁의 길이와 두께를 조절하였다. Fig. 2는 카본나노튜브가 실리콘 팁에 부착된 초기상태에서부터 집속이온빔에 의해 수정된 후 최종적인 팁이 제조되는 과정을 보여준다.

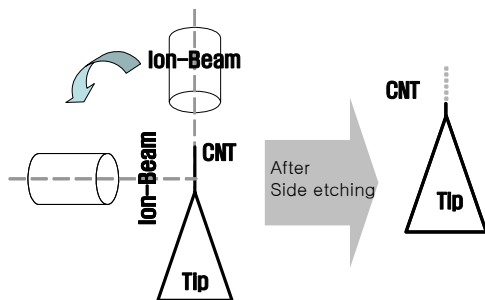


Fig. 1 Modification process of the carbon nanotube on a Si tip using focused ion beam

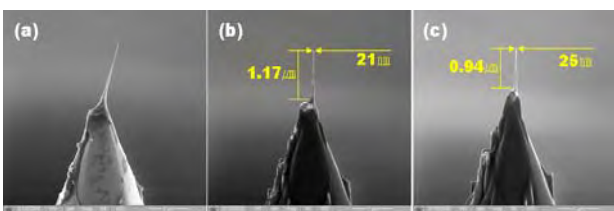


Fig. 2 (a)SEM image of carbon nanotube tip fabricated by dielectrophoresis. (b) Sequential process results of FIB etching. (c) CNT tip after final etching

3. 비접촉 원자간력 현미경을 이용한 성능평가

제작된 팁의 성능 평가를 위하여 싱글월 카본나노튜브 코팅 필름의 표면을 측정하였다. 측정은 일반적인 비접촉식 측정방법을 사용하였고 미세 영역의 특성과 일반적인 측정에서의 특성을 살펴보기 위하여 500×500nm²의 영역과 10×10μm²의 영역을 측정하였다. 또한 측정 결과의 상대적인 평가를 위하여 비접촉식에서 일반적으로 사용하는 범용 팁을 이용하여 같은 크기의 영역을 측정하였다. Fig 3은 500×500nm²영역에서 일반상용팁과 개발된 카본 나노팁과의 측정 결과를 살펴보면 우선 일반 상용 팁의 경우 번들형태인 것을 감안하여도 각각의 카본나노튜브의 경계면이 상당히 모호하고 굵기가 상당히 과장된 것을 확인할 수 있다. 이에 반하여 제작된 카본나노팁으로 측정한 결과에서는 비교적 각각의 카본 나노튜브의 경계가 확실하게 드러나고 굵기 역시 일반 팁에 비하여 상대적으로 적은 오차를 가지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 팁의 형상에 의한 특성상 경계면에서 수직적인 단차가 있는 부분에서 바운드 현상이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 이 현상은 측정 영역이 작아지면 작아질수록 크게 나타난다. Fig. 4에서 10×10μm²의 측정영역에서 결과를 비교하였다. 측정 영역이 대폭 커짐에 따라 일반적으로 사용되는 실리콘 팁과 개발된 카본 나노팁의 측정 결과는 큰 차이가 없다. 여기서 주목할 것은 카본나노팁의 경우 500×500nm²영역을 측정하였을 때 발생한 바운드 현상이 제거되었다는 것이다.

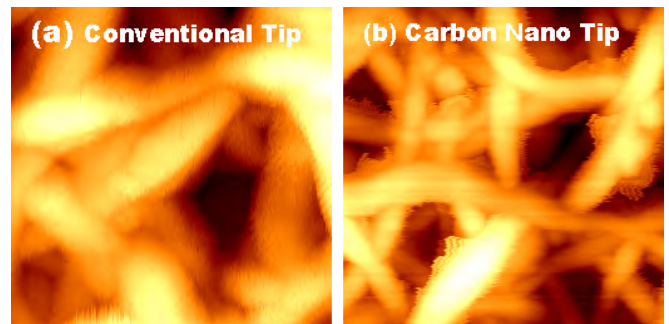


Fig. 3 Non-contact mode AFM image of CNT coating film sample along with scanning area(500×500nm²)

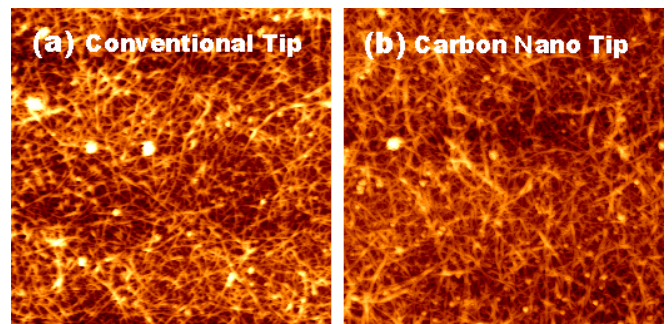


Fig. 4 Non-contact mode AFM image of CNT coating film sample along with scanning area(10×10μm²)

4. 결론

본 논문에서는 개발된 카본나노팁의 성능 평가를 위하여 원자간력 현미경의 비접촉 방법으로 싱글월 카본나노튜브 코팅 필름을 측정하였다. 측정 결과 비교를 위하여 일반적인 실리콘 팁을 사용하여 같은 방법으로 측정하였다. 실험 결과 미세한 영역에서 카본나노팁의 우수한 결과를 확인하였으며 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 영역에서도 사용하기에 무리함이 없이 비교적 정확한 측정이 가능함을 확인하였다. 하지만 높은 중형비에 의해 수직적인 경계면에서 바운드 현상이 발생하게 되므로 이의 개선 방안이 필요함을 확인하였다.

후기

본 연구는 21세기 프론티어 사업인 나노 메카트로닉스의 후원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. S. Iijima, 1991, "Helical microtubules of graphitic carbon," *Nature*, Vol. 354, p.56
2. J. Kong, N. R. Franklin, C. Zhou, M. G. Chapline, S. Peng, K. Cho, and H. Dai, 2000, "Nanotube molecular wires as chemical sensors," *Science*, Vol. 287, pp.622-625.
3. A. Bachtold, P. Hadley, T. Nakanishi, and C. Dekker, 2001, "Logic circuits with carbon nanotube transistors," *Science*, Vol. 294, pp.1317-1320.
4. R. Martel, T. Schmidt, H. R. Shea, T. Hertel, and P. Avouris, 1998, "Single- and multi-wall carbon nanotube field effect transistors," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 73, pp.2447-2449.
5. R. M. Stevens, N. A. Frederick, B. L. Smith, D. E. Morse, G. D. Stucky, and P. K. Hansma, 2000, "Carbon nanotubes as probes for atomic force microscopy," *Nanotechnology*, Vol. 11, pp.1-5.
6. J. H. Hafner, C.L. Cheung, C.M. Lieber, 1999, "Growth of nanotubes for probe microscopy tips," *Nature*, Vol. 398, pp762-763.
7. G. Nagy, M. Levy, R. Scarmozzino, R. M. Osgood, H. Dai, R. E. Smalley, C. A. Michaelis, G. W. Flynn and G. F. Mclane, 1998, "Carbon nanotube tipped atomic force microscopy for measurement of <100nm etch morphology on semiconductors," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 73, pp529-531.
8. T. W. Odom, J. H. Hafner, and C. M. Lieber, 2001, "Scanning Probe Microscopy of Carbon Nanotubes," *Topics in Applied Physics* Vol. 80, pp. 173-211.
9. Z. Deng, E. Yenilmez, J. Leu, K. A. Moler, and H. J. Dai, 2004, "Metal-coated carbon nanotube tips for magnetic force microscopy," *Appl. Phys. Lett.* Vol. 85, pp.6263-6265.
10. H. Dai, J. H. Hafner, A. G. Rinzler, D. T. Colbert, and R. E. Smalley, 1996, "Nanotubes as nanoprobe tips in scanning probe tips," *Nature*, Vol 384, pp.147-150.
11. E. Yenilmez, Q. Wang, R. J. Chen, D. Wang, and H. Dai, 2002. "Wafer scale production of carbon nanotube scanning probe tips for atomic force microscopy," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 80, pp.2225-2227.
12. S.S. Wong, A. T. Woolley, T. W. Odem, J. Huang, P. Kim, D. V. Vezenov, and C. M. Lieber, 1998, "Single-walled carbon nanotube probe for high-resolution nanostructure imaging," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 73, pp.3465-3467.
13. H. Nishijima, S. Kamo, S. Akita, Y. Nakayama, K. I. Hohmura, S. H. Yoshimura, and K. Takayasu, 1999, "Carbon-nanotube tips for scanning probe microscopy; preparation by a controlled process and observation of deoxyribonucleic acid," *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 74, pp.4061-4063.
14. June-Ki Park, Ji-Eun Kim and Chang-Soo Han, 2005, "Use of

- Dielectrophoresis in a High Yield Fabrication of a Carbon Nanotube tip," *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 44, No.5A, pp.3235-3239.
15. Ji-Eun Kim, June-Ki Park and Chang-Soo Han, 2005, "Use of dielectrophoresis in the fabrication of an atomic force microscope tip with a carbon nanotube: a numerical analysis," *Nanotechnology*,