

Focus Ion Beam을 이용한 탄소나노튜브 팀의 조작

윤여환(한국기계연구원), 한창수(한국기계연구원)

Using Focus Ion Beam Carbon Nanotube Tip Manipulation

Y. H. Yoon, C. S. Han (Dept. of intelligent Precision Machine, KIMM)

ABSTRACT

This paper reports on the development of a scanning probe microscopy(SPM) tip with carbon nanotubes. We used an electric field which causes dielectrophoresis(DEP), to align and deposit CNTs on a metal-coated SPM tip. Using the CNT attached SPM tip, we have obtained an enhanced resolution and wear property compared to that from the bare silicon tip through the scanning of the surface of the bio materials. The carbon nanotube tip align toward the source of the ion beam allowing their orientation to be changed at precise angles. By this technique, metal coated carbon nanotube tips that are several micrometer in length are prepared for scanning probe microscopy.

Key Words : CNT (탄소나노튜브), DEP (이중전기영동), FIB (집속이온빔) (SPM (원자현미경), AFM tip(원자현미경팀))

1. 서 론

탄소나노튜브(Carbon Nanotube; CNT)는 우수한 기계적 특성, 전기적 선택성, 뛰어난 전계방출 특성, 고효율의 수소저장매체 특성 등을 지니며 현존하는 물질 중 결함이 거의 없는 완벽한 신소재로 알려져 있다. 이렇게 다양하고 우수한 성질을 가지고 있어서 새로운 물질특성의 구현이 가능하여 기초연구의 중요성과 산업적 응용성이 동시에 크게 각광을 받고 있다. 특히 SPM(Scanning Probe Microscope)에서 원자현미경(Atomic Force Microscopy; AFM)의 프로브에 탄소나노튜브가 부착된 팀을 이용한 측정은 이상적인 도구로 인식되어져 일반팀과는 확연한 효과를 내는 것 중 하나다.[1-2]

원자력간 현미경(Atomic Force Microscope; AFM) 팀에 탄소나노튜브를 접합하는 이전연구는 대부분 화학기상증착법(Chemical Vapor Deposition; CVD)방법으로 이루어졌으며 탄소나노튜브의 길이와 직경을 조절할 수 있다는 것이 장점이나 고가의 장비와 고온의 챔버 내에서 이루어진다는 문제점을 가지고 있다.[3] 또한 나노 조작기(Nano Manipulator)를 이용하여 전자현미경(SEM)내에서 프로브에 직접 부착하는 방법이 있는데 이 방법은 매우 작은 크기의 탄소나노튜브를 제어하기 매우 어려우며 반복적으로 작업하기 어려워 수율이 떨어진다.[4]

본 논문에서는 제작의 편리성과 저비용으로 대량 생산이 용이한 유전영동(Dielectrophoresis; DEP) 방법을 이용하였으며, 이 방법은 탄소나노튜브 팀을 제작하는 방법 중 간단하면서도 높은 수율을 가진다.

원자력간 현미경(AFM) 팀의 탄소나노튜브가 적

당한 길이와 직진성을 가지면서 팀의 기울기와 정렬되어 접합되면 이상적인 탄소나노튜브 팀이 되지만 그렇지 못 할 경우에는 오히려 악영향을 줄 수 있다. 따라서 선행연구들에서 제시된 개념적 연구를 바탕으로 AFM의 팀 끝에 탄소나노튜브를 접합하고 후처리 과정을 통해 탄소나노튜브의 길이, 직진성, 팀의 기울기와의 정렬 및 접합력 개선을 위한 연구를 수행하였다.

2. 결 론

원자력간 현미경(AFM) 팀에 탄소나노튜브를 부착하는 방법 중 간단하고, 저렴하며, 수율이 비교적 높은 유전영동(dielectrophoresis; DEP)방법을 이용하였다. 유전영동방법으로 제작된 탄소나노튜브 팀들 중 이상적인 탄소나노튜브 팀의 조건으로 탄소나노튜브가 부착된 팀은 수율적인 부분에서 한계가 있다. 따라서 이상적인 탄소나노튜브 팀의 조건인 길이, 직진성 및 팀의 기울기와 정렬되지 못한 탄소나노튜브 팀의 경우 세척을 하여 다시 탄소나노튜브를 부착시키거나 원자력간 현미경 팀으로 사용하였다.

본 논문에서는 집속이온빔(focus ion beam; FIB)을 이용하여 원하지 않는 조건을 가진 탄소나노튜브 팀을 후처리 과정을 시행하여 이상적인 조건에 부합하도록 제작하였다.

2.1 탄소나노튜브 팀의 정렬

유전영동 방법을 이용하여 탄소나노튜브 팀을 제작한 후 정렬되지 않은 팀의 경우, Fig. 1에서 보는

바와 같이 탄소나노튜브 텁에 집속이온빔(focus ion beam; FIB)을 조사하여 정렬시키는 과정을 SEM을 이용하여 촬영하였다. 최초 탄소나노튜브를 정렬시키고자 하는 방향에서 탄소나노튜브 텁을 이미지 모드와 이온빔 집속위치와 정렬한 후 이온빔을 조사하게 되면 수 초 내의 짧은 시간으로 휘어있던 탄소나노튜브가 이온빔의 집속방향으로 펴지면서 빠르게 정렬된다.

이러한 현상은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 이온빔에 의하여 탄소나노튜브의 결정상이 비결정화가 탄소나노튜브 외곽부터 진행되어 펴지면서 탄소나노튜브가 직진성이 나타나게 되는 것으로 사료된다

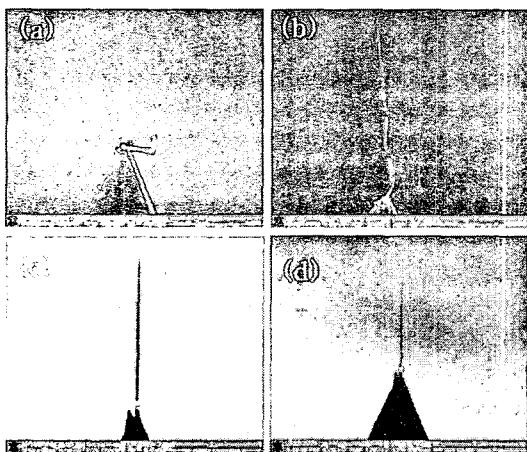


Fig. 1. (a) SEM image of an AFM cantilever with carbon nanotube on the si-tip. The arrow shows the direction of the FIB. (b) and (c) carbon nanotube tip before (d) alignment with FIB.

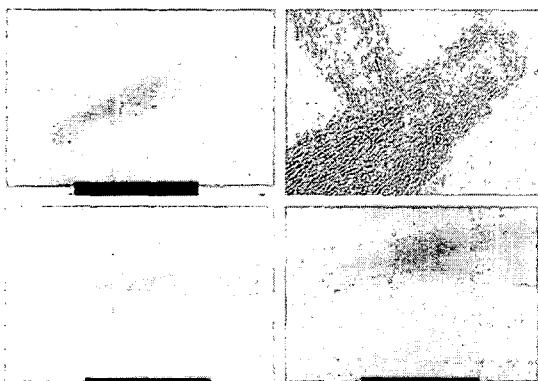


Fig. 2. TEM images of multiwall carbon nanotube

2.2 탄소나노튜브 텁의 절단

탄소나노튜브 텁을 정렬시키면 텁 끝에 붙어있는 탄소나노튜브의 길이를 측정할 수 있는데 수백 나노미터에서 수 마이크로의 크기를 가진다. 선행연구들에서 밝혀진 바와 같이 이상적인 탄소나노튜브 텁의 길이는 다중벽 탄소나노튜브의 경우 $1\mu\text{m}$ 이하에서

좋은 해상도를 가진다. 따라서 $1\mu\text{m}$ 이상인 텁의 경우 해상도에 악영향을 미치므로 절단하여야 한다.

본 연구에서는 수 μm 이상의 길이를 가지는 탄소나노튜브 텁을 집속이온빔을 이용하여 정렬시킨 후 수직 또는 수평방향에서 조사하여 $1\mu\text{m}$ 이하의 길이로 절단 하였다.

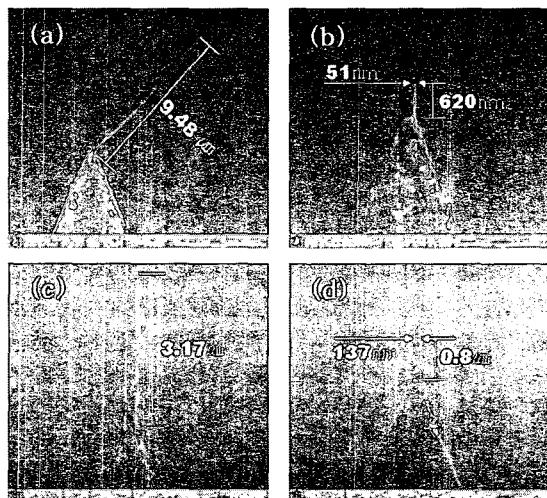


Fig. 3. SEM images of cut carbon nanotube using FIB
(a) and (c) before, (b) and (d) after

후기

이 논문은 과학기술부의 21세기 프론티어 사업인 나노 메카트로닉스의 지원에 의해 이루어진 것입니다

참고문헌

1. S. Iijima, Helical microtubules of graphitic carbon, Nature(London) 1991, Vol .354, p.56
2. J. Kong, N. R. Franklin, C. Zhou, M. G. Chapline, S. Peng, K. Cho, and H. Dai, "Nanotube molecular wires as chemical sensors," Science, Vol. 287, pp.622-625, 2000.
3. H. Dai, J. H. Hafner, A. G. Rinzler, D. T. Colbert, and R. E. Smalley, "Nanotubes as nanoprobes in scanning probe tips," Nature, Vol 384, pp.147-150, 1996.
4. S.S. Wong, A. T. Woolley, T. W. Odem, J. Huang, P. Kim, D. V. Vezenov, and C. M. Lieber, "Single-walled carbon nanotube probe for high-resolution nanostructure imaging," Appl. Phys. Lett., Vol. 73, pp.3465-3467, 1998.