

High aspect ratio 팁의 비접촉모드에서의 측정

신영현*(한국기계연구원), 한창수(한국기계연구원)

Non-contact mode measurement of high aspect ratio tip

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

ABSTRACT

This paper present experimental results by non-contact mode Atomic Force Microscopy using high aspect ratio tips (HAR-T). We fabricated the carbon nanotube tip based on dielectrophoresis and the carbon nano probe by focused ion beam after dielectrophoretic assembling. In this paper, we measure AAO sample and trench structure to estimate HAR-T's performance and compared with conventional Si tip. We confirmed that results of HAR-T's performance in non contact mode was very superior than conventional tip.

Key Words : Non-contact mode AFM (비접촉식 원자간력 현미경), Carbon nanotube (탄소 나노튜브), FIB(Focused Ion Beam), dielectrophoresis (유전영동)

1. 서론

탄소나노튜브(Carbon Nanotube)는 고유한 성질로 인하여 많은 응용분야 적용을 위해 연구되고 있으며, 특히 AFM(Atomic Force Microscopy)용 탄소나노튜브 팁에의 응용은 나노 및 바이오 분야에서 기반이 되는 기술 중 하나이다. 이러한 탄소나노튜브 팁의 제작 방법중 하나인 유전영동(Dielectrophoresis)을 이용하는 것은 제작의 편리성과 저비용으로 대량생산의 장점이 있지만 균일한 품질의 팁을 생산하기 어려운 단점이 있다^{1,2}. 유전영동을 사용한 팁의 제작에서 약 25%의 수량은 접합 형태의 불량으로 카본 나노튜브 팁으로 사용하기에는 무리가 있다. 부착된 카본 나노튜브의 길이가 다소 긴 형태이거나 다발형태인 카본 나노튜브 팁의 길이와 굵기를 줄이는 방법으로 FIB(Focused Ion Beam)를 이용하여 팁을 에칭하게 되면 팁의 길이와 굵기를 조절하여 카본나노프로브(Carbon Nano Probe)가 생산된다. 본 논문에서는 비접촉식 원자간력 현미경을 이용하여 카본나노프로브의 특성을 살펴보았다.

2. 카본 나노프로브의 제작 및 실험

유전영동으로 제작된 팁에서 카본나노튜브 팁으로 적합하지 않은 팁을 선택하여 FIB를 이용하여 에칭하게 되면 선택 영역에서 전체적으로 에칭되지만 특히 카본나노튜브가 부착된 부분에서 카본나노튜브의 길이와 측면이 크게 에칭되어 고세정비(High

aspect ratio)를 가지는 카본나노팁(carbon nano tip)를 얻을 수 있다. Fig. 1은 유전영동으로 제작된 카본나노튜브 팁의 초기형태와 동일 팁을 FIB를 이용하여 길이와 굵기를 조절한 후의 형태를 나타내고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 팁의 끝단의 굵기는 그대로 유지하면서 팁의 전체적인 길이와 굵기가 작아짐을 확인할 수 있다.

제작된 카본나노팁의 특성을 파악하기 위하여 비접촉식 원자간력 현미경을 사용하여 생산된 카본나노팁과 일반 Si으로 제작된 상용팁의 측정 결과를 비교하였다. 동일 조건에서의 비교를 위해 측정 속도와 Z servo gain 값을 동일하게 설정하여 AAO 코팅 시료의 표면을 500nm 이하 영역에서 각각 비교 측정하였고 trench 구조의 측정을 통하여 측정 결과의 정밀도를 평가하였다.

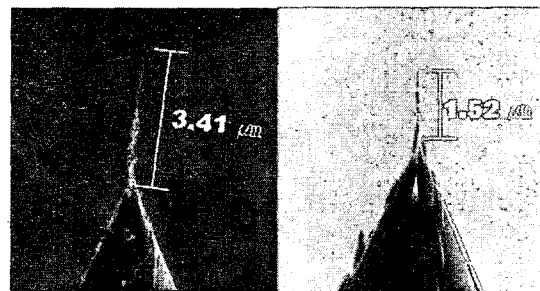


Fig. 1 Carbon Nanotube Tip (left) using dielectrophoresis and Carbon Nano tip using FIB (right)

3. 카본 나노 프로브의 평가

측정의 정밀도 평가를 위하여 AAO 코팅 시료를 사용하였다. 측정영역을 500nm, 300nm, 100nm 순으로 줄여가며 측정하였고 상대적인 비교를 위해 측정 속도와 Z servo gain을 동일하게 적용하였다. 측정 결과 500nm 측정의 결과 일반 상용팁과 별다른 차이점은 보이지 않았지만 측정 영역이 300nm, 100nm 순으로 작아지면서 일반 팁의 경우 측정 결과에서는 일그러짐이 발생하였으며 AAO구조의 경계면이 모호해짐을 확인할 수 있었다. Fig. 2는 300×300nm²의 측정에서 일반 상용 팁과 카본 나노 프로브의 결과를 보여주고 있다. 또한 trench 구조의 측정에서 경계면의 각도를 보게 되면 일반 상용 팁의 경우 약 50~60° 사이의 각도를 가지는데 비해 카본 나노 프로브의 경우 약 65~75° 사이의 각을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

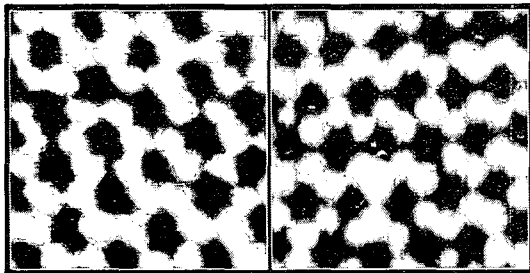


Fig. 2 AAO sample measurement using General Tip (left, size 300×300nm²) and Carbon Nano tip (right, size 300×300nm²)

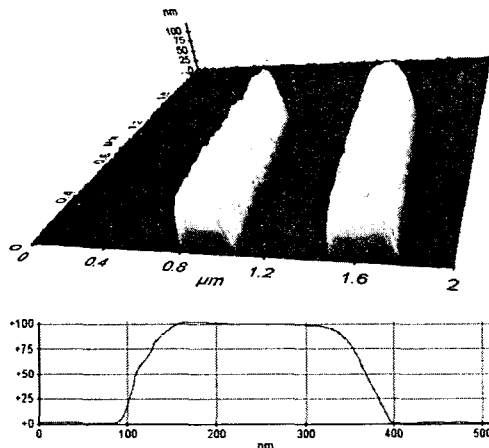


Fig. 3 Trench structure measurement using General Tip (size 2000×2000nm²)

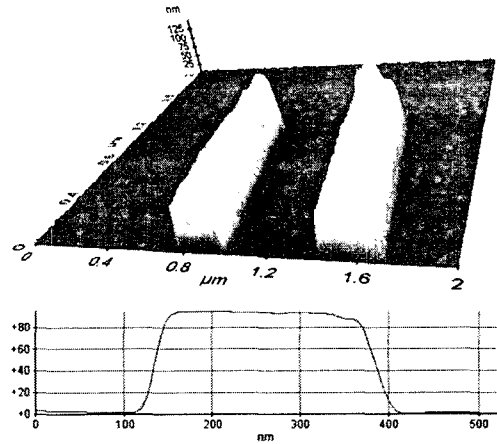


Fig. 4 Trench structure measurement using Carbon Nano Probe (size 2000×2000nm²)

Fig. 3과 Fig. 4는 각각 일반 상용 팁과 카본 나노 프로브를 이용하여 동일 위치에서 측정한 동일 형상이다. 각각의 line profile은 측정된 패턴에서 오른쪽 패턴의 대표적인 단면 형상을 나타내고 있으며 profile의 형태에서 보이는 바와 같이 카본 나노 프로브의 측정 결과가 상당히 우수함을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 카본 나노 프로브의 특성을 평가하기 위하여 비접촉식 방법으로 미세 구조의 측정과 trench 구조의 측정을 하였다. 측정 결과 카본 나노 프로브의 성능이 일반 상용 팁에 비하여 매우 우수함을 확인 하였다.

후기

본 연구는 21세기 프론티어 사업인 나노 메카트로닉스의 후원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 박준기, 김지은, 한창수, 박영근, 황규호, "SPM용 카본 나노튜브 팁 조립의 실험적 연구," 한국정밀공학회지, 제 21권, 2004.
2. S. Iijima, Helical microtubules of graphitic carbon, Nature(London) 1991, Vol .354, p.56
3. J.K. Park, J.E. Kim, C.S. Han#, Y.G. Park, K. H. Hwang, "Experimental study of assemble of the carbon nanotube tip for AFM," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2005, Vol. 6, No.1