

나노 Gripper를 이용한 마이크로/나노 파티클의 조작에 관한 연구

이준석*, 최재성, 강경수, 곽윤근, 김수현(한국과학기술원)

주제어 : 나노 Gripper(Nanogripper), 탄소나노튜브(Carbon Nanotube), 전해에칭(Electrochemical Etching)

초기 직경이 500 μm 인 텅스텐 봉을 전해에칭을 통하여 끝단 직경이 수 μm 인 텅스텐 팁으로 가공하였다. 그리고, 적절한 전처리 과정을 거친 다중벽 탄소나노튜브를 제작된 텅스텐 팁 끝에 적절한 매니플레이션을 통하여 부착하였다. 이렇게 제작된 나노 팁(텅스텐 팁과 탄소나노튜브로 구성)은 매우 긴 탄소나노튜브의 길이때문에 나노 팁으로 사용하기에 부적절한 경우가 많다. 즉, 나노 그리퍼로서 사용하기에는 적합하지 않은 경우가 있다. 이러한 점을 극복하기 위하여 전해에칭을 이용하여 나노 팁의 길이를 나노 그리퍼로 사용하기에 적합하도록 조절하였다. 이 과정은 KOH의 전해질 용액을 사용하였으며, 매우 짧은 가공시간을 가지며, 길이 조절은 수백 nm정도의 분해능을 가진다. 이 과정을 통하여 탄소나노튜브와 텅스텐 팁간의 접착력이 증가되는 효과도 동시에 얻을 수 있었다.

제작된 나노 팁 두개를 고정용 스테이지를 이용하여 상대적으로 적절한 위치에 배치하면, 나노 그리퍼로서의 역할을 할 수 있다. 이때, 나노 그리퍼의 양단에 적절한 전압을 인가하면, 두개의 탄소나노튜브사이의 정전기력에 의하여 서로간의 인력이 발행하고, 이를 이용하여 파티클을 조작할 수 있게 된다.

본 연구에서 사용한 파티클은 폴리에틸렌으로 직경은 약 1 μm 정도이다. Fig.1은 본 연구에서 제시한 전해에칭 방법을 통하여 나노팁의 길이를 적절하게 제어한 모습을 보여주고 있다. 그림에서도 알수 있듯이 탄소나노튜브의 끝단이 나노 그리퍼로서 사용하기에 부적절하거나, 그 길이가 길 경우에는 제시한 방법을 통하여 추가의 가공이 가능하다. 그림에서는 전해질용액과 제작된 나노 팁을 보여주고 있다. 또한, Fig.2는 본 연구에서 제시한 방법을 이용하여 제작된 나노 그리퍼를 이용하여 파티클을 잡은 모습을 보여주고 있다.

향후, 나노 그리퍼에 사용될 나노 팁을 SEM내에서 나노 Aligning 시스템을 이용하여 더 가는 탄소나노튜브를 이용하여 더 정밀한 형태의 나노 그리퍼를 제작하고, 더 작은 크기의 나노 파티클($\approx 100\text{nm}$)에 대해서 조작실험을 SEM내에서 수행할 예정이다.

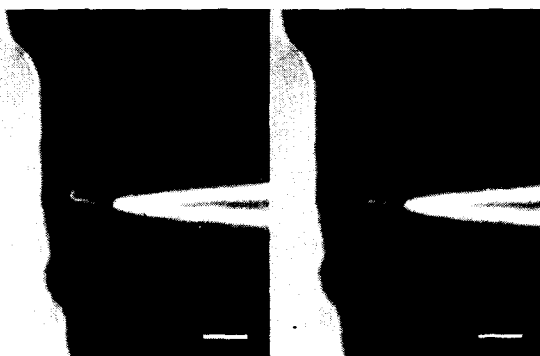


Fig.1 Carbon Nanotube Cutting using Electrochemical Etching(scale bar : 5 μm)

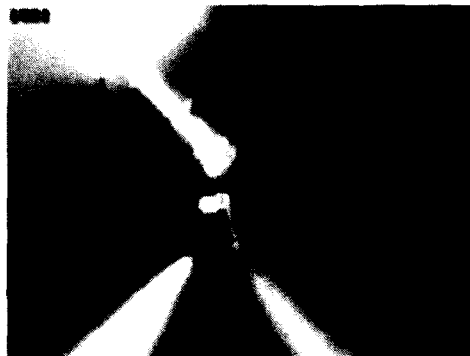


Fig.2 Gripping Test of Nanogripper