

카본나노튜브의 유동장에서의 이동에 관한 Multi-physics 현상 해석

권순근*(KAIST), 김수현(KAIST), 유영은(한국기계연구원), 한창수(한국기계연구원)

주제어 : 이중전기영동, 탄소 나노튜브, Multi-physics

탄소나노튜브는 고중형비, 10nm이하의 매우 작은 직경, 높은 전기전도도 및 열전도도, 금속 및 반도체 특성 등의 우수한 특성 때문에 많이 사용되고 있다. 최근에는 전기적 소자나 화학적, 기계적 센서 그리고 측정용 프로브로 사용될 목적으로 탄소 나노 튜브를 전극들 사이나 끝 단이 날카로운 탐침의 끝에 위치시키는 연구가 진행되고 있다. 탄소나노튜브를 끝 단이 날카로운 탐침의 끝에 위치시켜 CNT tip을 만드는 경우, 지금까지는 수동 조작(manipulation)에 의한 방법과, 화학기상증착법(Chemical Vapor Deposition: CVD)에 의한 성장방법이 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 DNA나 생화학적 물질과 같은 미세 입자를 혼합하거나, 분리해내는데 매우 유용하게 사용되어온 이중전기영동법을 이용하여, 탄소 나노튜브를 실리콘 탐침 끝에 접촉시켜 나노튜브 팁을 만드는 과정을 이론적으로 해석하였다.

본 논문에 제시된 이론적인 해석 내용은 크게 세가지로 구성되어 있다. 첫 번째로, 전기 포텐셜이 걸려있는 용액 내에서의 전기장 분포를 해석하였다. 이중전기영동 현상은 주어진 영역 내에서의 비균일한 전기장(non-uniform electric field) 조건 속에서 발생하게 되므로, 실리콘 탐침과 전극으로 이루어진 영역 내에서 전기장 분포를 조사하였다. 그리고 두 번째로 전기장에 의한 용액의 흐름을 해석하였다. 마지막으로, 용액 속에 위치한 탄소나노튜브의 거동 해석을 수행하였다. 탄소나노튜브의 거동해석을 위해서, 용액의 흐름이 존재하는 상황에서, 탄소나노튜브가 용액 내에서 받게 되는 힘들을 찾아보고, 탄소나노튜브의 시간에 따른 용액 내에서의 위치를 구하여보았다.

이론적인 해석 결과, 전극의 형태로 끝 단이 날카로운 실리콘 탐침을 사용한 경우, 탐침의 끝 단 쪽에서 높은 전기장 크기가 얻어지는 결과를 확인하였다. 이중전기영동에 의하여 나노 입자가 힘을 받게 되는 경우, 이 크기는 전기장의 변화에 비례하여 증가하는데, 탐침의 끝 단에 가까워질수록 힘의 크기가 증가하는 결과를 얻었고, 작용하는 힘의 방향이 탐침의 끝 단을 향하는 방향임을 알 수 있었다. 또한 본 연구에서는 실리콘 탐침의 끝 단의 형상을 다양하게 바꿔가면서, 전기장의 분포 및 이중 전기영동에 의해 나노튜브에 작용하는 힘을 구하여 보고 서로 비교해 보았다. 최종적으로 본 논문의 해석 결과를 이용하여 나노튜브 팁을 제작하는데 실험적 최적화 조건을 찾을 수 있는 자료를 확보할 수 있었으며, 이 외에도 나노튜브 관련된 유체이동 현상에 대해 타 연구분야에의 적용이 가능할 것으로 기대된다.

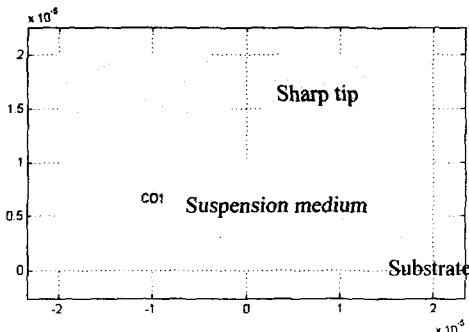


Fig.1 Schematic for nanotube tip assembling

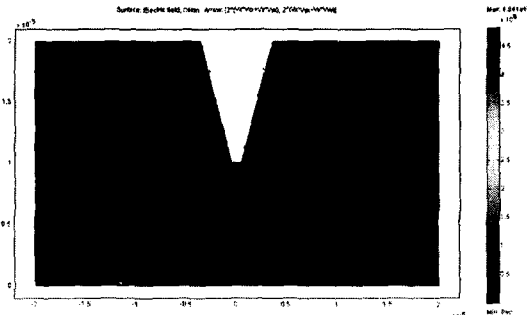


Fig.2 Analyzed electric field and dielectrophoretic force vector in dielectric medium