

Synthesis of millimeter-thick carbon nanotube arrays by oxygen-assisted MPCVD

김유석, 송우석, 이승엽, 최원철, *박종윤

나노튜브 및 나노복합구조 연구센터, BK21 물리연구단, 성균관대학교, 수원 440-776

탄소나노튜브(carbon nanotubes, CNTs)는 강철 보다 10 - 100배 견고할 뿐만 아니라 영률(Young's modulus)과 탄성률(elastic modulus)은 각각 1.8 TPa, 1.3 TPa에 달하는 매우 우수한 역학적, 기계적 강도를 지니고 있다. 이러한 특성을 이용한 나노섬유, 고분자-탄소나노튜브의 고기능 복합체 (composites), 나노소자, DNA 검출을 위한 나노전극 등 많은 분야로의 활용을 위한 연구가 진행되고 있다. 또한 mm 이상의 길이로 수직 성장된 탄소나노튜브의 합성은 길이 대 직경의 비가 비약적으로 증가하여 앞서 언급한 분야로의 활용이 더욱 유리하며, 그 중에서도 대량 생산, 나노섬유 및 나노복합체로서의 활용에 극히 유용하다. 최근에는 열 화학 기상증착(thermal chemical vapor deposition, TCVD)법을 이용하여 합성된 탄소나노튜브의 길이를 증가시키기 위해 성장 과정 중 탄화수소(hydrocarbon) 외에 물, 알코올 등을 주입하여 활성화된 촉매금속의 반응시간을 증가시키는 방법들이 보고된 바 있다. [1, 2]

본 연구에서는 Si 기판 위에 금속 촉매인 Fe을 증착한 후 마이크로웨이브 플라즈마 화학기상증착(microwave plasma CVD)법을 이용하여 탄소나노튜브를 합성하였다. 탄소공급원인 메탄(CH₄)가스와 함께 물(H₂O) 또는 미량의 산소(O₂)가스를 주입하여 탄소나노튜브를 성장 시켰으며, 열처리 과정을 통해 합성된 탄소나노튜브의 순도를 향상시켰다. 실험결과, 3시간 만에 3 mm 이상의 길이를 지니며 기판에 수직 정렬된 얇은 다중벽 탄소나노튜브(thin multi-walled CNTs)를 합성할 수 있었다. 이러한 결과는 적절한 양의 산소가스 공급으로 인한 비정질 탄소(amorphous carbon)의 산화반응에 의해 촉매의 활성화 시간이 증가된 것이라 예상된다. 따라서 같은 시간에 물과 산소를 공급해주지 않은 경우에 비해 성장률 및 길이가 증가된 것을 확인할 수 있었다. 성장된 탄소나노튜브의 표면 형상과 내부 구조를 주사전자 현미경(scanning electron microscopy, SEM)과 투과전자현미경(transmission electron microscopy, TEM)을 통해 측정하였고, 결정성의 향상 및 순도를 라만 분광법(Raman spectroscopy)과 열분석(thermogravimetric analysis, TGA)을 통해 분석하였다.

[참고문헌]

1. R. Saito et al, "Physical Properties of Carbon Nanotubes" Imperial College, London (1998)
2. Kenji Hata et al., *Science*, 306, 1362-1364 (2004)