

CVD를 이용한 수직으로 정렬된 탄소나노튜브의 합성과 성장한계에 관한 메커니즘

박상은, 송우석, 김유석, 송인경, 이수일, 박종윤

성균관대학교 물리학과

탄소나노튜브(carbon nanotubes; CNT)는 강철보다 10~100배 견고할 뿐만 아니라 영률과 탄성률은 각각 1.8 TPa, 1.3 TPa에 달하는 매우 우수한 기계적 강도를 지니고 있으며, 구리보다 좋은 전기전도도와 다이아몬드의 2배에 이르는 열전도도를 지닌 물질이다. 이러한 탄소나노튜브의 우수한 특성을 이용하여 나노섬유, 고분자-탄소나노튜브의 고기능 복합체, 나노소자, 전계방출원(field emitter), 가스센서 등 다양한 분야로의 활용을 위한 연구가 진행되고 있다. 특히, 수백 μm 이상의 길이로 수직 성장된 탄소나노튜브(VA-CNTs)의 합성은 길이 대 직경의 비(aspect ratio)가 비약적으로 증가하여 앞서 언급한 분야로의 활용이 더욱 유리하며, 그 중에서도 대량 생산, 나노섬유 및 나노복합체로서의 활용에 극히 유용하다. 최근에는 열 화학기상증착(thermal chemical vapor deposition; TCVD)법을 이용하여 탄소나노튜브의 구조를 제어하는 연구들이 많이 보고 되고 있다. 열 화학기상증착을 이용한 수직 정렬된 탄소나노튜브의 합성에서 합성조건의 변화는 탄소나노튜브의 길이, 벽의 수, 직경, 결정성 등 구조에 큰 영향을 미친다. 탄소나노튜브는 이러한 구조에 따라 물리적 특성이 달라지기 때문에 다양한 분야로의 응용을 위해서는 합성에 대한 근본적인 이해가 절실히 요구된다. 본 연구에서는 열 화학기상증착법을 이용한 합성에서 성장압력의 변화에 따른 탄소나노튜브의 구조적 특성을 조사하였다. 성장압력의 변화는 탄소나노튜브의 밀도, 길이, 결정성에 큰 영향을 미치는 것을 주사전자현미경과 라만분광법을 이용하여 확인하였다. 이러한 결과는 탄소나노튜브 박막(CNT forest)의 가장자리(edge)에 비정질 탄소(amorphous carbon)의 흡착으로 인한 나노튜브사이의 간격(intertube distance)이 좁아짐에 따른 가스공급 차단 효과로 설명이 가능하다. 또한, 마이크로웨이브 플라즈마 화학기상증착법을 이용하여 탄소나노튜브를 합성하였다. 합성과정 중 산소(O₂)를 주입 하였을 경우, 그렇지 않은 경우에 비하여 성장 속도가 증가하여 3시간 합성 시 2 mm가 넘는 수직 정렬된 탄소나노튜브를 합성 할 수 있었다. 이러한 결과는 과잉 공급되어 탄소나노튜브로 합성되지 못하고 촉매금속의 표면과 탄소나노튜브의 벽에 비정질의 형태로 붙어있는 탄소 원자들을 추가 주입해 준 산소에 의하여 CO 또는 CO₂ 형태로 제거해 줌으로써 활성화된 촉매금속의 반응 시간을 향상 시켜주어 탄소공급이 원활하게 이루어졌기 때문이라 생각된다.

Keywords: 탄소나노튜브, 화학기상증착법, 성장압력