

N-002

단일벽 탄소나노튜브의 직경 분포에 미치는 합성 템플레이트 및 공정변수의 영향

곽은혜¹, 윤경병², 정구환^{1*}

¹강원대학교 나노응용공학과, ²서강대학교 화학과

단일벽 탄소나노튜브(Single-walled nanotubes, SWNTs)는 나노스케일의 크기와 우수한 물성으로 인하여, 전자, 에너지, 바이오 분야로의 응용이 기대되고 있다. 특히 SWNTs의 직경을 제어하게 되면 튜브의 전도성 제어가 훨씬 수월하게 되어, 차세대 나노전자소자의 실현을 앞당길 수 있으며 이러한 이유로 많은 연구들이 현재 행해지고 있다. SWNTs의 직경제어 합성을 위해서는 현재 열화학기상증착법(Thermal chemical vapor deposition; TCVD)이 가장 일반적으로 이용되고 있으며, 합성 촉매와 합성되는 튜브의 직경과의 크기 연관성이 알려진 후로는, 촉매의 크기를 제어하여 SWNTs의 직경을 제어하고자 하는 연구들이 활발하게 보고되고 있다. 특히, 촉매 나노입자의 직경이 1~2 nm 이하로 감소될 경우, SWNTs의 직경 분포가 어떻게 변화할 것인가가 최근 가장 중요한 관심사로 남아 있으나, 이러한 크기의 금속입자는 나노입자의 용접저하 현상이 발생하는 영역이므로, SWNTs의 합성온도 영역에서 촉매 금속입자는 반액체(Semi-liquid) 상태로 존재할 것으로 추측하고 있다. 본 연구에서는 고온의 SWNTs 합성환경에서 금속나노촉매의 유동성을 제한하기 위하여 나노사이즈의 기공이 규칙적으로 정렬된 다공성 물질인 제올라이트를 촉매담지체로 이용하였고, 이 때 다양한 합성변수가 SWNTs의 직경에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. SWNTs의 합성을 위해 실리콘 산화막 기판 위에 제올라이트를 도포한 후, 합성 촉매로서 전자빔증발법을 통하여 수 Å에서 수 nm 두께의 철 박막을 증착하였다. 합성은 메탄을 원료가스로 하여 TCVD법으로 실시하였다. 주요변수로는 제올라이트 종류, 증착하는 철 박막의 두께, 합성온도를 설정하였으며, 이에 따라 합성된 SWNTs의 합성수율 및 직경분포의 변화를 체계적으로 살펴보았다. SWNTs의 전체적인 합성수율의 변화는 SEM 관찰결과를 이용하였으며, SWNTs의 직경은 AFM 관찰 및 Raman 스펙트럼의 분석에서 도출하였다. 실험결과, 제올라이트 종류에 따라서는 명확한 튜브직경 분포의 변화 없이 비교적 좁은 직경분포를 갖는 SWNTs가 합성되었으며, 합성온도가 850°C 이하로 감소되면 합성수율이 현저히 감소되는 것을 알 수 있었다. 촉매박막의 두께가 1 nm 이상인 경우에는 직경 5 nm 전후의 나노입자가 형성되었으며, 이때 SWNTs의 합성수율은 높았으나 다양한 직경의 튜브가 합성이 된 것을 확인할 수 있었다. 반면, 촉매입자의 크기가 2 nm 이하에서는 합성수율은 다소 저하되었으나, SWNTs의 직경분포의 폭이 상대적으로 훨씬 좁아지는 것을 알 수 있었다. 추후, 극미세 촉매와 저온합성 환경에서의 합성수율 향상을 위한 합성공정의 개량이 지속적으로 요구된다.

Keywords: 단일벽 탄소나노튜브(SWNTs), 제올라이트(Zeolite-L, MCM-41), 철 촉매