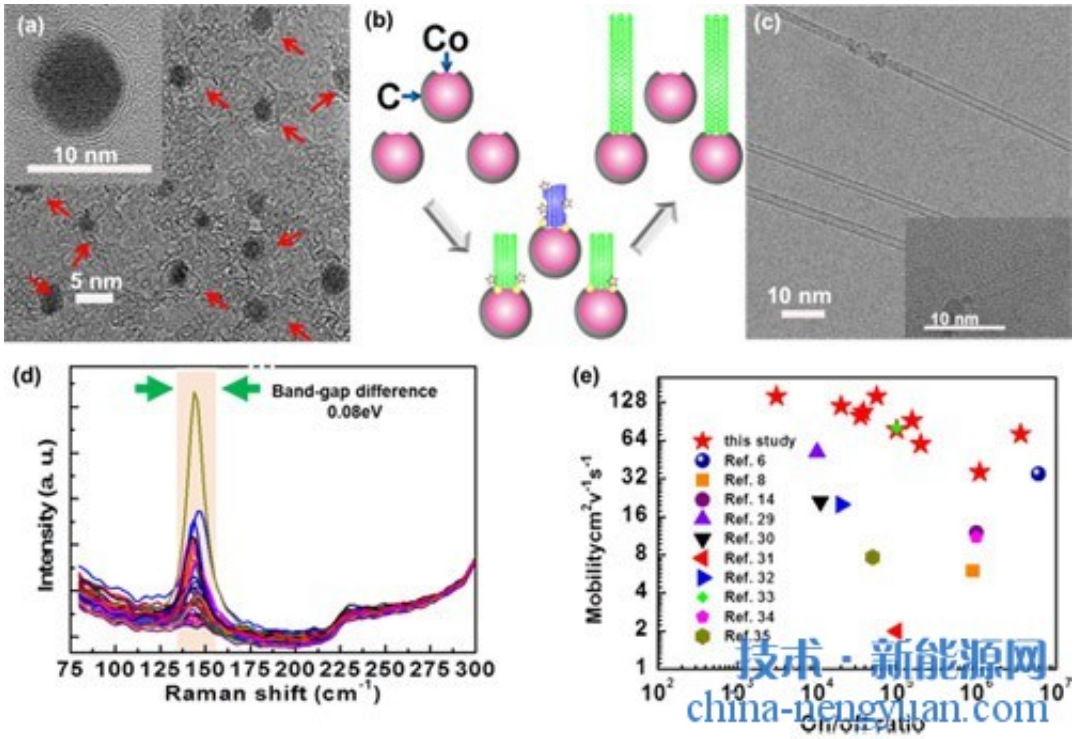
金属所研制出窄带隙分布半导体性单壁碳纳米管



(a) 部分碳包覆Co催化剂的TEM照片；（b）窄带隙分布半导体性SWCNT的生长示意图；（c）所得SWCNT的TEM照片；（d）所得半导体性SWCNT的激光拉曼光谱图（激发光波长为532 nm）；（e）以所得SWCNT为沟道材料制备的薄膜晶体管的器件性能。

单壁碳纳米管（SWCNT）因碳原子排布方式不同可表现为金属性或半导体性，其中半导体性SWCNT具有纳米尺度、良好的结构稳定性、可调的带隙和高载流子迁移率，被认为是构建高性能场效应晶体管的理想沟道材料，并可望在新一代柔性电子器件中获得应用。然而，金属性和半导体性SWCNT的结构和生成能差异细微，通常制备得到的碳纳米管中含有约三分之一金属性和三分之二半导体性SWCNT，这种不同导电属性SWCNT的混合物无法用于高性能电子器件的构建。因此，高质量半导体性SWCNT的可控制备是当前碳纳米管研究的重点和难点。

中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家（联合）实验室先进炭材料研究部的研究人员利用金属性与半导体性SWCNT在化学稳定性上的微弱差异，提出了浮动催化——原位刻蚀方法，在SWCNT生长过程中引入适量气体刻蚀剂（如氧气或氢气）优先反应刻蚀金属性SWCNT，获得了纯度90%以上的半导体性SWCNT（Journal of the American Chemical Society 2011, 133: 5232; ACS Nano 2013, 7: 6831）。半导体性SWCNT的带隙与直径直接相关，精确控制其直径不仅可以实现SWCNT的带隙调控，而且有利于金属性SWCNT的选择性刻蚀，进一步提高半导体性SWCNT的纯度。通常用于生长SWCNT的过渡金属催化剂在高温生长过程中易发生团聚，尺寸均一性较差；另一方面，SWCNT从纳米颗粒形核生长遵循不可控的“切线生长”或“垂直生长”模式，即所得SWCNT的直径可能等于或小于催化剂颗粒。这使得SWCNT的直径控制十分困难，所得半导体性SWCNT的带隙分布较宽。

最近，金属所先进炭材料研究部的研究人员与芬兰Aalto大学合作者设计并制备了一种部分碳包覆的Co纳米颗粒催化剂，包覆碳层可以有效阻止催化剂颗粒团聚长大，而部分暴露的Co纳米颗粒可实现SWCNT仅以垂直模式形核生长，同时，采用嵌段共聚物自组装法制备的催化剂颗粒具有优异的均一性和单分散性。他们采用这种催化剂首先实现了窄直径分布SWCNT的可控生长（平均直径1.7 nm，90%以上分布在1.6-1.9 nm范围内），进而采用H2原位刻蚀方法获得了窄带隙分布（~0.08 eV）、高纯度（>95%）、高质量的半导体性SWCNT。以制得的半导体性SWCNT为沟道材料，构建了高性能薄膜场效应晶体管器件，在电流开关比大于3×103时，平均载流子迁移率可达95.2 cm2v-1s-1。

部分碳包覆金属复合结构催化剂的研制为可控生长SWCNT提供了新思路，所得高质量、高纯度、窄带隙分布半导体性SWCNT为其在场效应晶体管等器件中的应用奠定了基础。该工作的主要结果于3月30日在Nature Communications

在线发表（Nature Communications 2016, 7: 11160）。该工作得到了国家自然科学基金创新群体、重点项目、面上项目及中科院重点部署项目、创新团队国际合作项目等的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/91868.html