

研究快讯

双壁纳米碳管的制备及其结构研究*

王 森¹⁾ 李振华²⁾ 齐藤弥八³⁾

¹⁾ 浙江大学物理系 杭州 310027)

²⁾ 浙江大学力学系 杭州 310027)

³⁾ 日本三重大学工学部 津 514-8507)

(2003 年 3 月 12 日收到, 2003 年 4 月 22 日收到修改稿)

用含有铁族金属硫化物的复合石墨棒作阳极, 在氢气氛围下实施电弧放电, 制备出了双壁纳米碳管. 经透射电子显微镜观察与分析, 发现在蒸发室内壁及阴极周围的附着物中, 都含有双壁纳米碳管.

关键词: 双壁纳米碳管, 透射电子显微镜

PACC: 5280, 6146, 8110

纳米碳管(carbon nanotube, CNT)是由碳原子排列成六角网面的石墨片卷曲而成的圆筒状、直径为纳米量级的中空管. 根据构成管子原子层的厚度(石墨的层数), 一般分为单壁纳米碳管(single-wall nanotube, SWNT)和多壁纳米碳管(multiwall nanotube, MWNT). 最近, 也可以制备处于这两种尺寸之间的双壁纳米碳管(double-wall nanotube, DWNT). 单壁纳米碳管的管径仅为 1—3nm, 多壁纳米碳管中其外径一般在 5—50nm, 而双壁纳米碳管在二者中间, 其直径为 3—4nm. 无论哪种纳米碳管, 其长度一般在微米量级, 但近几年也出现了毫米量级的纳米碳管^[1].

1991 年, Iijima 发现了纳米碳管^[2], 它以其独特的形态、优异的机械强度及独特的电子性质, 成为世界各国科学家的研究热点. 作为 21 世纪新材料和纳米工艺的典型材料, 从电子学领域到能源的广泛领域, 纳米碳管的应用将成为世人瞩目的焦点^[3—5]. 如同扫描探针显微镜的探针和电场发射型显示器(FED)用的阴极材料那样, 纳米碳管的应用已经开始进入实用化阶段^[6,7].

目前, 纳米碳管的制备方法有电弧放电法、激光蒸发法和化学气相沉积(CVD)法等. 最近, 在 Fe, Ni, Co 的三元催化剂中加入硫磺, 在氢气和氩气的混合气体中实施电弧放电, 得到了双壁纳米碳管^[8]. 本文采用传统的电弧放电法^[9—11], 利用含有铁族金属硫

化物(FeS, NiS, CoS)的复合石墨棒作为阳极, 在氢气氛围下实施电弧放电, 制备出了双壁纳米碳管.

具体的制备工艺如下: 按一定比例在直径为 6mm 的高纯石墨棒中掺入铁族金属硫化物, 制成复合石墨棒作为阳极, 直径为 10mm 的高纯石墨棒作阴极, 并可以从蒸发室的外部向内部移动. 在蒸发室进行真空排气后, 关闭真空阀, 通入 13330—80000 Pa 间所定压力的氢气. 接通电源后, 通过调整阴极阳极之间的距离, 使之在此低压气体中产生电弧放电. 放电电流控制在 50—100A 之间, 放电时间均在 5min 内完成. 充分水冷后, 在蒸发室内壁及阴极的周围, 获得了大量含有双壁纳米碳管的生成物.

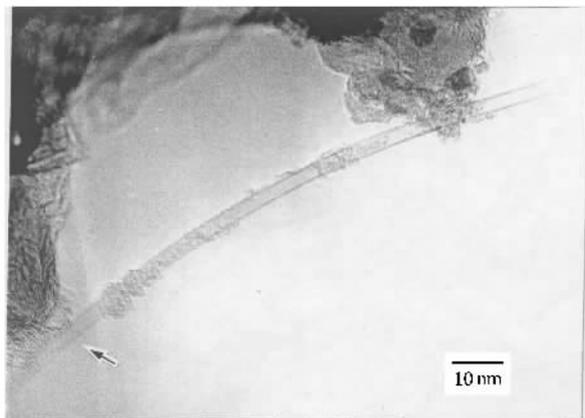


图 1 双壁纳米碳管 TEM 图

* 国家自然科学基金(批准号: 60271009)及浙江省自然科学基金(批准号: 501109)资助的课题.

把含有双壁纳米碳管的生成物制成样品,在透射电子显微镜(TEM)下进行分析和观察,发现了双壁纳米碳管.图1为氢气压力为53200Pa、放电电流为50A时所得生成物的TEM图.图1中箭头所示是一根双壁纳米碳管,其外径为3.3nm,两层的石墨间距为0.39nm,与通常的多壁纳米碳管的层间距相比增加了10%左右.

用CoS作催化剂,在氢气中实施电弧放电制备单

壁纳米碳管时,发现有非常少量的双壁纳米碳管生成^[12].用三元铁族硫化物作催化剂,在氢气中实施电弧放电时,在蒸发室内壁及阴极周围的附着物中,双壁纳米碳管的生成量增加,但大多都是单根存在.另外,用铁族元素作催化剂在氢气中放电时,没有发现双壁纳米碳管生成.由此可见,在双壁纳米碳管的生成条件中,铁族元素的硫化物和氢气必不可少.有关双壁纳米碳管的大量制备,目前正在研究之中.

- [1] Pan Z W *et al* 1998 *Nature* **394** 631
 [2] Iijima S 1991 *Nature* **354** 56
 [3] Saito R *et al* 1998 Imperial College Press **3**
 [4] 藤弥八、坂东俊治 1998 カーボンナノチューブの基 (东京:日本コロナ社) [in Japanese] 齐藤弥八、坂东俊治 1998 纳米碳管的基础(东京:日本科罗纳出版社)
 [5] 田中一义 2001 カーボンナノチューブ — ナノテクノロジーへの挑戦 東京:日本化学同人 [in Japanese] 田中一义 2001 纳米碳管——向纳米器件的挑战(东京:日本化学同人)
 [6] Saito Y *et al* 2002 *Physica B* **323** 30
 [7] Saito Y *et al* 2002 *Surf. Sci.* **499** 119
 [8] Hutchison J L *et al* 2001 *Carbon* **39** 761
 [9] Li Z H *et al* 2002 *Chin. Phys. Lett.* **19** 91
 [10] Wang M *et al* 2000 *Acta Phys. Sin.* **49** 1160 (in Chinese) 王 森等 2000 物理学报 **49** 1160
 [11] Wang M *et al* 2001 *Acta Phys. Sin.* **50** 790 (in Chinese) 王 森等 2001 物理学报 **50** 790
 [12] Kiang C H *et al* 1994 *J. Phys. Chem.* **98** 6612

Investigation of the fabrication and structure of double-wall carbon nanotubes*

Wang Miao¹⁾ Li Zhen-Hua²⁾ Saito Yahachi³⁾

¹⁾ Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

²⁾ Department of Mechanics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China

³⁾ Department of Electrical and Electronic Engineering Mie University, Tsu Japan 514-8507

(Received 12 March 2003; revised manuscript received 22 April 2003)

Abstract

Using the composite graphite rods with the sulphide of iron group metals as anode, the double-wall carbon nanotubes have been fabricated by arc discharging under hydrogen atmosphere. By means of transmission electron microscope, it was found that the double-wall carbon nanotubes were formed in the inner-walls of the evaporation chamber and around the cathode.

Keywords: double-wall carbon nanotubes, transmission electron microscope

PACC: 5280, 6146, 8110

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 60271009), and the Natural Science Foundation of Zhejiang Province, China (Grant No. 501109)