

特殊纳米结构的化学自组装

谢 毅

(中国科学技术大学结构中心, 化学系, 合肥 230026)

本文介绍了近年来国际上--维纳米材料的制备方法的最近进展, 如模板法、激光剥蚀法、分子束外延法、有机溶剂中溶液-液体-固体生长法等, 同时还介绍了利用新的化学自组装路线制备一维核/壳结构、无机半导体/高分子纳米电线、金属硫化物纳米空球和花生状纳米结构等工作。

关键词: 纳米结构 自组装 控制生长
分类号: O614

纳米材料是20世纪80年代中期发展起来的一种具有全新结构的材料^[1], 它所具有的独特性质, 使它在磁学、电学、光学、催化以及化学传感等方面具有广阔的应用前景^[2]。90年代中期以后, 以下一代量子器件和纳米结构器件为背景的纳米结构设计和合成成为纳米材料科学领域新的研究热点^[3]。自组织与分子自组织技术、模板合成技术、介孔内延生长、液滴外延生长、平板印刷术等方面的突破, 制备了金属、半导体、氧化物、氮化物、碳化物及异质结构等多种纳米阵列结构和纳米花样结构。人们发现这些特殊纳米结构具有许多奇异的物性, 并且可以通过调整纳米结构单元的尺寸和相互作用参数, 实现人工对物性的控制, 取得了一系列重大成果。

纳米结构的自组装体系的出现, 标志着纳米材料科学研究进入了一个新的阶段, 人们可以把纳米结构单元按照事先的设想, 依照一定的规律在二维或三维空间构筑成形形色色的纳米结构体系。目前, 纳米材料的自组装方法主要是通过先制备纳米颗粒材料, 再通过后续自组装过程来获得各种超结构, 而且许多自组装过程对原料和实验条件的要求都较苛刻。寻找反应条件温和、易于操作, 一步就能完成纳米材料和纳米结构的合成与组装的化学方法将对纳米材料的工业化生产和应用有重大意义。

维数对材料的性质有重大影响, 比如电子在三

维、二维和一维结构中的相互作用方式是不一样的^[4]。对低维纳米材料的研究, 特别是一维或准一维纳米材料的研究, 被认为是研究其它低维材料的基础。在所有特殊的纳米结构中, 人们对一维纳米材料研究得较为深入, 已发展了一些制备一维材料的方法。

1 模板法^[5]

多孔膜为模板的方法在概念上比较浅显, 即在膜的孔中合成想要的材料。使用的膜有两类: 一是“轨迹蚀刻”聚合物膜 (“Track-etch” Polymeric Membrane); 二是多孔氧化铝 (Porous Alumina)。新的纳米孔材料正在不断地开发出来, 比如 Tonucci 等人^[6]描述了一种纳米通道阵列玻璃, 孔径可小到 33nm, Beck 等人^[7]制备了较大孔径的分子筛。另外, Ozin^[8]已经对各种能用作模板材料的纳米孔固体作了讨论。

“轨迹蚀刻”聚合物膜是通过核裂变碎片轰击所要材料的薄片 (如聚脂类) 来产生破坏性轨迹, 然后用化学方法将这些轨迹蚀刻成孔。多孔氧化铝是通过电解金属铝来制备。

模板法最初通过电化学或化学还原相应的金属离子来制备一维金属纳米线^[9]; 电化学沉积时需要先在模板的一面镀上一层金属膜, 该金属膜用作电

收稿日期: 2001-10-11。收修改稿日期: 2001-11-07。

国家自然科学基金资助项目 (No. 29825101)。

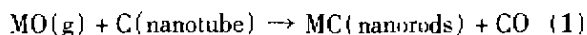
E-mail: yxie@ustc.edu.cn

作者: 谢毅, 女, 34岁, 教授, 博士生导师; 研究方向: 纳米材料的化学制备。

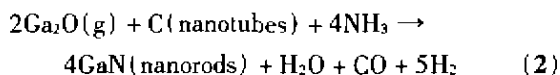
解时的阴极,该方法已经制备了 Cu, Pt, Au, Ag 和 Ni 纳米线;在模板中进行化学还原时则必须在孔壁上加上合适的催化剂^[10]。

近年来,发展到利用氧化铝模板来电化学合成 II ~ VI 半导体纳米线^[11]。制备方法是首先在模板中沉积 Ni 晶须,然后在 Ni 晶须上沉积半导体晶须,现在正尝试在直径小于 10nm 的孔中制备有量子尺寸效应的半导体纳米线。

最近基于碳纳米管的模板转换法制备一维纳米材料取得了很大进展。Dai 等人^[12]报道用氧化物和碳纳米管反应来制备碳化物纳米管:



这里 MO 是易挥发的金属氧化物或非金属氧化物。进一步的研究显示性质稳定的 C 纳米管可能起到模板的作用,使反应控制在纳米管内进行从而形成纳米棒^[13]。清华大学范守善教授则将该方法进一步扩展到氮化物(GaN, Si₃N₄)的制备^[14]:



最近 Braun 等人^[15]报道了另一种新的方法:利用 DNA 分子为模板来生长直径为 100nm 的金属线。

2 激光剥蚀法^[16]

激光剥蚀法(Laser Ablation Method)制备半导体纳米线最早由 Lieber 及其合作者^[17]报道,其 Vapor-Liquid-Solid 生长模型如图 1 所示。

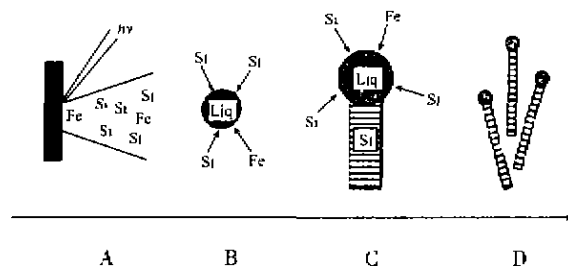


图 1 VLS 生长机理

Fig. 1 VLS growth mechanism

(A) 激光产生的光子剥蚀目标靶(Si_{0.9}Fe_{0.1})形成高温高密度的 Si 和 Fe 蒸汽。(B) Si 和 Fe 蒸汽与载气碰撞而温度下降后凝聚成小的簇,通过控制炉子的温度而使得 Si-Fe 纳米簇(nanocluster)保持在液态。(C) 当液态 Si-Fe 纳米簇中的 Si 达到过饱和时 Si 纳米线开始生长,只要 Si-Fe 纳米簇还保持在液

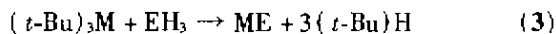
态,而且 Si 反应物还有的话, Si 纳米线就可以继续生长。Fe 在这里起到催化剂的作用,更为重要的是已有的相图可以用来指导催化剂的选择,例如通过 Au-Si 相图和 Fe-Si 相图的比较,发现在 Au-Si 体系中三相线的温度(363℃)远低于 Fe-Si 体系中三相线(1207℃)。实验结果证实了这一点:可以在 370 ~ 500℃ 利用 Au 催化剂制备单晶 Si 纳米线。

3 分子束外延法(MBE)

物理学家则更倾向于使用分子束外延(Molecular Beam Epitaxy)及其相关的方法来制备半导体纳米线。这些方法制得的纳米线容易操作,对于研究物质的性质与尺寸、形貌关系特别合适,最近人们利用该法制得了很长的 CdTe 纳米线^[18]。

4 有机溶剂中溶液-液体-固体(SLS)生长法

该方法首先由 Buhro 及其合作者^[19]在制备 III ~ V 族化合物(InP, InAs, GaAs)中发现的。涉及的有机金属反应为:



此方法的优点是能在较低的温度下制得结晶的一维 III ~ V 半导体材料,其生长机理与传统的气-液-固(Vapor-Liquid-Solid)机理类似。

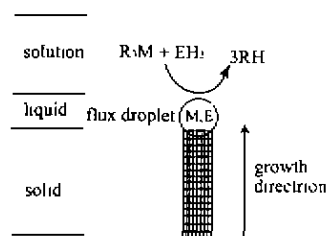


图 2 SLS 生长机理

Fig. 2 SLS growth mechanism

助熔剂小球为 In 球, III ~ V 族组成元素 M、E 溶解在 In 球中。结晶的产物和 In 球均悬浮在溶剂中。

本课题组一直重视新的化学反应的设计和实现,曾在溶剂热合成条件下制备了多种新的纳米材料如 GaN 纳米晶^[20]、CuInSe₂ 纳米晶须^[21]等,还通过选择不同的溶剂和络合剂,控制纳米材料的取向生长,成功地获得了多种一维纳米材料^[22,23]。近年来,我们不断开拓新的思路,设计新的化学自组装路线,

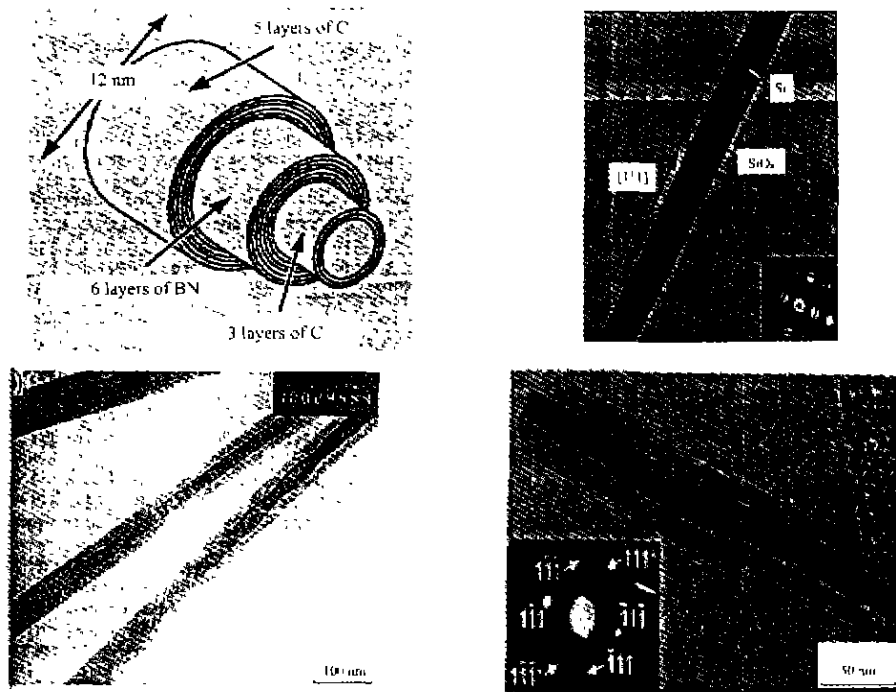


图 3 几种纳米电线

Fig. 3 Several kinds of nanocables

在纳米结构的化学制备方面取得了一系列的进展:

1 一维核/鞘纳米结构^[26]

一维纳米线的制备对基础研究和纳米装置等技术应用都有重大价值。轴向和径向的复合纳米线结构是实现纳米装置的必要条件。最近 II ~ VI 族半导体的零维核/壳结构(Core/Shell Structure)的制备方法发展得很快, 已经报道的核/壳结构的有 CdS/Cd(OH)₂^[29]、CdSe/ZnS^[30]、CdSe/ZnSe^[31]、CdS/HgS/CdS^[32]和 CdSe/CdS^[33]。这些体系也称无机包敷体系, 与一般的采用有机基团包敷的纳米晶比起来有较高的稳定性、较短的荧光寿命和电子可进入性(electronic accessibility)。但核/鞘纳米结构鲜有报道, 它可能兼有核/壳包覆结构和一维结构的性质。

我们成功地设计了“化学剪刀法”^[24]、利用单源前驱物 [Cd(DDTC)₂]₂ 的亲核进攻剪去其中多余基团, 制备了具有量子尺寸效应的 4 × 200 nm 的 CdS 纳米线^[25], 这为制备 CdS/CdSe 核/鞘纳米结构奠定了基础。

由于有机磷的硫族化合物如 TBPSe、Et₃PSe 和 TOPSe 经常被用作合成 II ~ VI 族半导体中的硫族原料, 我们设计了化学输运法, 使用 TBP 对 Se 进行化学输运, 成功地在 CdS 纳米线表面生长出一层 CdSe

鞘。高分辨透射电镜可以直接观察到 CdS/CdSe 纳米线由一个直径为 7.7 nm 的核和厚度为 0.75 nm 的鞘组成。

2 无机半导体/高分子纳米电线

随着纳米材料科学技术的发展, 人们关注的热点已转向如何利用纳米材料来挖掘出奇特的物理、化学和力学性能, 设计纳米复合材料等。纳米组装材料体系、人工组装合成低维纳米材料更是吸引了广泛的兴趣。迄今为止, 已有多种方法用于设计合成并控制纳米材料的形貌, 模板法具有简便易行的优点, 是研究得最深入、最广泛的一种方法, 最常用的模板有 C 纳米管和多孔阳极氧化铝。

近年来纳米电线的制备引起了广泛的兴趣, 如 C/BN/C^[34]、Si/SiO₂^[35]、SiC/SiO₂^[36]、SiC/SiO₂/BN/C^[37]。寻找合适的易获得的模板制备纳米电线是一个极富挑战性的工作。

我们首次提出了软-硬模板转换法制备同轴无机半导体/高分子纳米电线的方法, 选用醋酸乙烯酯-聚醋酸乙烯酯为模板 γ-射线辐射法室温合成了一系列无机半导体/高分子纳米电线。下面以 CdSe/PVAc 纳米电线^[38]制备的过程为例来介绍醋酸乙烯酯-聚醋酸乙烯酯模板合成的原理。

我们利用醋酸乙烯酯有憎水部分和一个亲水的

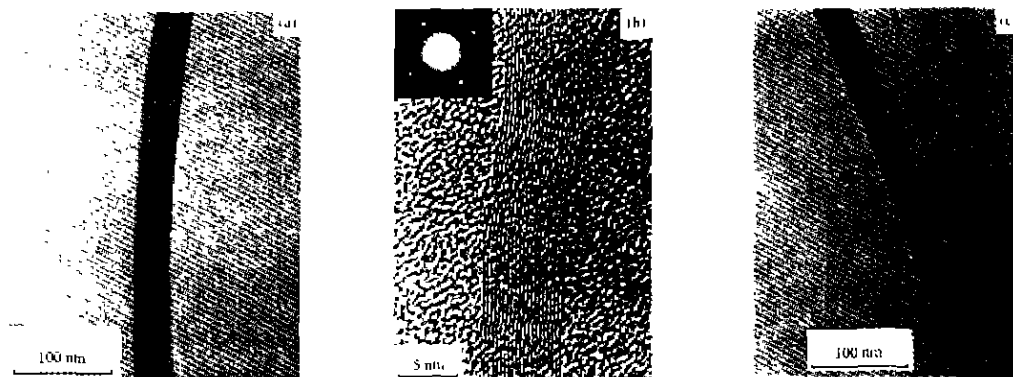


图 4 (a) CdSe/PVAc 纳米电线透射电镜照片, (b) CdSe/PVAc 纳米电线高分辨电镜照片, (c) CdS/PVAc 纳米电线透射电镜照片

Fig. 4 (a) TEM image of CdSe/PVAc nanocable, (b) HRTEM image of CdSe/PVAc, (c) TEM image of CdS/PVAc nanocable

C=O 基团,在一定程度上具有表面活性剂的特征结构。因此设计了醋酸乙烯酯/水的非均相体系,由于醋酸乙烯酯与水之间有一定的互溶性,这少量的水使醋酸乙烯酯形成类似表面活性剂的胶束,相邻的醋酸乙烯酯的亲水头以氢键连接,并形成柱状超分子。在 γ -射线作用下,聚合成为聚醋酸乙烯酯纳米管,又由于聚醋酸乙烯酯的密度比水大,聚合后聚醋酸乙烯酯沉于水中,而溶于水中无机前驱物在 γ -射线作用生成半导体。这个单体-超分子-聚合物过程实质上是一个由软(超分子)到硬(聚合物)的转换过程,因此我们称它为软-硬转换模板合成。在整个过程中,离子被限制在所形成的柱状超分子和聚醋酸乙烯酯纳米管中亲水的内腔,使半导体限制在管内并定向生长成为纳米线。

在这个软-硬转换模板合成法制备纳米电线的过程中,关键是控制聚合速度和体系的稳定性。可采用两种途径控制聚合速度:(1)低剂量下辐照,(2)加入异丙醇。 γ -射线引发醋酸乙烯酯聚合为自由基聚合,包括链引发、链增长、链终止三个反应历程。当加入异丙醇后,自由基聚合的引发剂 $\text{H}^\cdot$ 和 $\cdot\text{OH}$ 将与异丙醇反应,体系中 $\text{H}^\cdot$ 和 $\cdot\text{OH}$ 含量降低,从而降低了聚合速度。

基于上述路线,选用 CdCl_2 为镉源,新制 Na_2SeSO_3 为硒源,成功制得了 $6\text{nm}/80\text{nm}$ CdSe/PVAc 长 $5\mu\text{m}$ 纳米电线,其高放大倍数透射电镜下观察发现纳米电线是直径为 80nm 的纳米管内包有直径为 6nm 的线(如图 4a)。高分辨电镜下直接观察到了内芯 6nm CdSe 纳米线的晶格条纹(如图 4b)。改变溶液体系可得到 6nm CdS/ 80nm PVAc(如图 4c),长度均可达 $5\mu\text{m}$ 。

通过改变硫源,如选用 CS_2 作硫源,成功地调节内芯的半径,得到了 $30\text{nm}/80\text{nm}$ PbS/PVAc 纳米电线(如图 5)。



图 5 PbS/PVAc 纳米电线透射电镜照片

Fig. 5 TEM image of PbS/PVAc nanocable

3 CdS 空球^[27]和花生状纳米材料^[39]

人们越来越重视各种各样特殊的纳米结构和纳米尺度上的特殊形貌的材料,其中之一就是空心球型纳米结构材料(Hollow Spheres, 简称 HS)。由于这类材料的空心部分可容纳大量的客体分子或大尺寸的客体,从而产生一些奇特的基于微观“封装”、“包裹”效应的性质,纳米或微米尺度的空心球结构的材料在很多技术领域都有重要的应用。空球通常是由他们的前身一核/壳复合结构材料演化而来的。这种核/壳复合结构是由核与包敷在其外表的不同化学成分的薄层外壳组成。已有大量的研究表明可以通过调节异质核/壳复合粒子的结构、尺寸及成分达到对其性质的可控调节,从而实现对其光学、电学、热学、力学、光电学、磁学及催化性质的大范围“裁剪”。

常用制备空球结构的方法一般需要用球型模板, 包括胶体、胶束粒子模板、液滴模板、高分子聚合物粒子模板、金属胶粒模板、无机化合物粒子模板等等。典型的制备过程可以描述如下: 首先设法形成以模板材料为核, 目标化合物或其前驱物为外壳涂层的核/壳复合结构; 然后去掉模板, 就可得到内径由模板直径所决定的空球。

我们设计了一种“原位-前驱物模板-界面反应路线”(In-situ Source-Template Interface-Reaction Route, ISTIR Route), 合成路线是基于乙二胺和二硫化碳之间的反应, 该反应十分剧烈, 具有爆炸性, 而且反应产物 $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CS}-\text{SH}$ 很容易进行缩聚反应, 聚合的同时伴随着 H_2S 的释放。我们知道 H_2S 是制备金属硫化物最直接的硫源, 但由于 H_2S 的毒性限制了它的使用, 也带来了很多安全保障、小心操作等方面的考虑。因此乙二胺和二硫化碳的反应可被视为一种原位硫源。但是反应的爆炸性对其应用提出了挑战, 我们需要找到合适的控制其反应

速率的方法, 如减少反应物的直接接触, 降低反应温度以及及时释放反应热等等。一个很方便的办法就是引入第三种液体作为缓冲试剂, 经过一系列实验和比较, 我们选用了最简单的缓冲试剂-水。

基于以上分析思路, 我们设计了一个微乳体系, 用 CS_2 作硫源, 乙二胺进攻它来释放 S^{2-} , 同时, 将 Cd^{2+} 与 H_2S 的反应限制在油-水界面之上。

样品的透射电子显微镜照片(如图6), 可以看到样品是由直径在 $150 \sim 250\text{nm}$ 的空心球组成的, 还可以观察到一些孪生的、“头碰头”的空球, 球的边缘和中心衬度上的显著差异为是空球的一个验证。产物的扫描电镜照片(如图7), 也可见空球的中心部分略显透明, 还可观察到一些破的球壳, 进一步证明了产物的中空结构。

从高分辨电镜照片(如图8)可以清楚地看到所制得的 CdS 球是空心的, 高分辨电镜观测还向我们揭示了球壳的构造, 球壁是由 CdS 纳米晶组成的, 在更高的放大倍数下我们可以看到这些 CdS 纳米



图6 CdS 空球的透射电镜照片
Fig. 6 TEM image of CdS hollow spheres

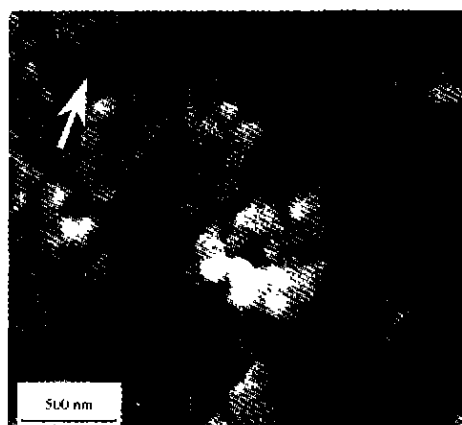


图7 CdS 空球的扫描电镜照片
Fig. 7 SEM image of CdS hollow spheres

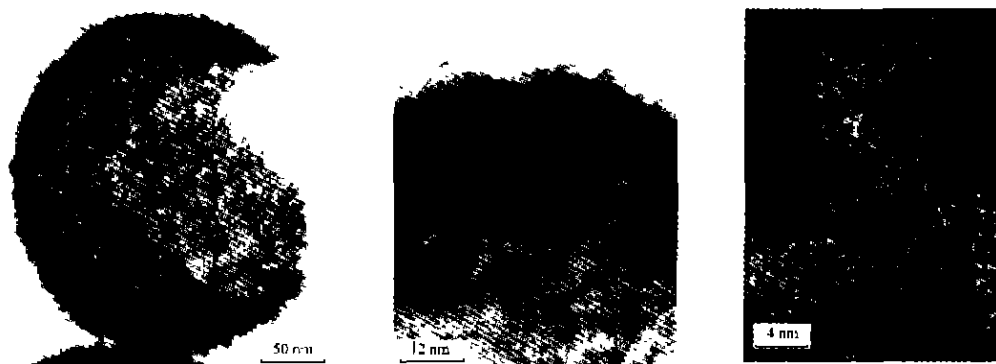


图8 CdS 空球的高分辨电镜照片
Fig. 8 HRTEM images of CdS hollow spheres

晶的粒径约为 3nm。

类似的过程还获得了其他硫化物如硫化锌、硫化锡以及磷铜化物的空球、胶囊型结构。

将上面所提出的原位-前驱物模板-界面反应路线加以改进,我们成功地制得了 II~VI 族半导体 CdS 和 ZnS 奇特的花生状自包含纳米结构。其特点是:核被同种材料的外壳所包含,但是在内核与外壳之间有一层空隙将他们分开,当两个单元团聚在一起是就形成了外观类似花生的纳米结构。透射电镜照片清楚地观察到自包含结构,样品中同时可观察到连体的花生和分体的花生状结构(如图 9)。

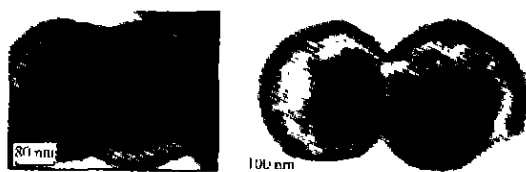


图 9 CdS 花生状纳米结构的透射电镜照片

Fig. 9 TEM images of CdS peanut-like nanostructures

在高分辨电镜直接观测到了“花生”的外壳厚度约为 30nm,而且外壳是由 CdS 纳米晶组成的,晶核半径约为 4nm,外壳与内核之间的空隙约为 10~20nm(如图 10)。

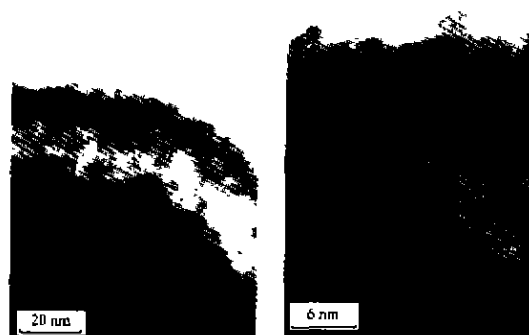


图 10 CdS 花生状结构的高分辨电镜照片

Fig. 10 HRTEM images of CdS peanut-like nanostructures

类似的过程还合成了 ZnS 花生状纳米结构,其透射电镜照片如图 11 所示。

研究纳米材料和纳米结构的重要科学意义在于它开辟了人们认识自然的新层次,是知识创新的源泉。由于纳米材料具有一系列的优异特性,系统地研究和开发新型纳米材料具有重要的实际意义,同时深入研究和开发新型纳米材料的各种物性及其与微观结构的内在联系,在纳米领域发现新现象,认识新规律,提出新概念,建立新理论,为构筑纳米材料



图 11 ZnS 花生状结构透射电镜照片

Fig. 11 TEM images of ZnS peanut-like nanostructures

科学体系新框架奠定基础,也将极大丰富纳米物理和纳米化学等新领域的研究内涵。纳米结构设计,异质、异相和不同性质的纳米基元(零维纳米微粒、一维纳米管、纳米棒和纳米丝)的组合,纳米尺度基元的表面修饰改性等形成了当今纳米材料研究新热点,人们可以有更多的自由度按自己的意愿合成具有特殊性能的新材料。利用新物性、新原理、新方法设计纳米结构原理性器件以及纳米复合传统材料改性正孕育着新的突破。这方面的研究需要材料科学、物理和化学等基础学科及化学工程等多方面的密切配合和协作。

参 考 文 献

- [1] Bringer R., Gleiter H., Klein H. P., Marquit P. *Phys. Lett. A*, **1984**, *102*, 365.
- [2] GONG Xiong(巩雄), ZHANG Gui-Lan(张桂兰), TANG Guo-Qing(汤国庆) et al *Huaxue Jinchuan (Progress in Chemistry)*, **1997**, *9*, 349.
- [3] CHEN Wei(陈伟), WANG Zhan-Guo(王占国), LIN Lan-Ying(林兰英) et al *Wulixue Jinchuan (Progress in Physics)*, **1997**, *17*, 83.
- [4] Voit J. *Rep. Prog. Phys.*, **1994**, *57*, 977.
- [5] Martin C. R. *Science*, **1994**, *266*, 1961.
- [6] Tonucci R. J., Justus B. L., Campillo A. J., Ford C. E. *Science*, **1992**, *258*, 783.
- [7] Beck J. S. *J. Am. Chem. Soc.*, **1992**, *114*, 10834.
- [8] Ozin G. A. *Adv. Mater.*, **1992**, *4*, 612.
- [9] Possin G. E. *Rev. Sci. Instrum.*, **1970**, *41*, 772.
- [10] Brumlik C. J., Menon V. P., Martin C. R. *J. Mater. Res.*, **1994**, *9*, 1174.
- [11] Klein J. D. *Chem. Mater.*, **1993**, *5*, 902.
- [12] Dai H., Wong E. W., Lu Y. Z., Fan S., Lieber C. *Nature*.

- 1995, 375, 769.
- [13] Wong W., Maynor B. W., Burns L. D., Lieber C. M. *Chem. Mater.*, **1996**, **8**, 2041.
- [14] Han W. Q., Fan S. S., Li Q. Q., Hu Y. D. *Science*, **1997**, **277**, 1287.
- [15] Braun E., Eichen Y., Sivan U., Ben-Yoseph G. *Nature*, **1998**, **391**, 775.
- [16] Hu J., Odom T. W., Lieber C. M. *Acc. Chem. Res.*, **1999**, **32**, 435.
- [17] Morales A. M., Lieber C. M. *Science*, **1998**, **279**, 208.
- [18] Zhang B. P., Wang W. X., Yasuda T., Segawa Y., Yaguchi H., Onabe K., Edamatsu K., Itoh T. *Mater. Sci. Eng. B*, **1998**, **51**, 224.
- [19] Trentler T. J., Hickman K. M., Goel S. C., Viano A. M., Gibbons P. C., Buhro W. E. *Science*, **1995**, **270**, 1791.
- [20] Xie Y., Qian Y. T., Wang W. Z., Zhang S. Y., Zhang Y. H. *Science*, **1996**, **272**, 1926.
- [21] Li B., Xie Y., Huang J. X., Qian Y. T. *Adv. Mater.*, **1999**, **11**, 1456.
- [22] Xie Y., Yan P., Lu J., Wang W. Z., Qian Y. T., *Chem. Mater.*, **1999**, **11**, 2619.
- [23] Xie Y., Li B., Su H. L., Liu X. M., Qian Y. T., *Nanostructured Mater.*, **1999**, **11**, 539.
- [24] Xie Y., Yan P., Qian Y. T. *Chem. Lett.*, **1999**, 655.
- [25] Yan P., Xie Y., Qian Y. T., Liu X. M. *Chem. Commun.*, **1999**, 1293.
- [26] Xie Y., Yan P., Lu J., Qian Y. T., Zhang S. Y. *Chem. Commun.*, **1999**, 1969.
- [27] Huang J. X., Xie Y., Li B., Liu Y., Qian Y. T., Zhang S. Y. *Adv. Mater.*, **2000**, **12**, 808.
- [28] Braun P. V., Stupp S. I. *Mater. Res. Bull.*, **1999**, **34**, 463.
- [29] Spanhel L., Haase M., Weller H., Henglein A. *J. Am. Chem. Soc.*, **1987**, **109**, 5649.
- [30] Hines M. A., Guyot-Sionnest P. *J. Phys. Chem.*, **1996**, **100**, 468.
- [31] Danek M., Jensen K. F., Murray C. B., Bawendi M. G. *Chem. Mater.*, **1996**, **8**, 172.
- [32] Mews A., Eychemüller A., Giersig M., Schooss D., Weller H. *J. Phys. Chem.*, **1994**, **98**, 934.
- [33] Revaprasadu N., Malik M. A., O'Brien P., Wakefield G. *Chem. Commun.*, **1999**, 1573.
- [34] Suenaga K., Colliex C., Kemoncy N., Loiseau A., Pascard H., Willaime F. *Science*, **1997**, **278**, 653.
- [35] Morales A. M., Lieber C. M. *Science*, **1998**, **279**, 208.
- [36] Meng G. W., Zhang L. D., Mo C. M., Zhang S. Y., Qin Y., Feng S. P. *J. Mater. Res.*, **1998**, **13**, 2533.
- [37] Zhang Y., Suenaga K., Colliex C., Iijima S. *Science*, **1998**, **281**, 973.
- [38] Xie Y., Qiao Z. P., Chen M., Liu X. M., Qian Y. T. *Adv. Mater.*, **1999**, **11**, 1512.
- [39] Xie Y., Huang J. X., Li B., Liu Y., Qian Y. T. *Adv. Mater.*, **2000**, **12**, 1523.
- [40] Asher A. *J. Am. Chem. Soc.* **1994**, **116**, 6739.

Chemical Self-assembly Routes to Special Nanostructures

XIE Yi

(Structure Research Lab, Department of Chemistry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

This article mainly reviews the latest progress in the preparation of one-dimensional nanostructures via novel methods such as template method, laser ablation method, molecular beam epitaxy and solution-liquid-solid growth in organic solvents. And some novel chemical self-assembly routes are also introduced in the preparation of one-dimensional core/sheath nanostructures, inorganic semiconductor/polymer nanocables, metal sulfides hollow spheres and peanut-like nanostructures.

Keywords: nanostructures self-assembly controlled growth