

李玲 向航 编著

Functional Materials &  
Nano-Technology

# 功能材料 与

# 纳米技术



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

Functional Materials &  
Nano-Technology

功能材料与纳米技术

李 玲 向 航 编著

化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北 京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

功能材料与纳米技术/李玲,向航编著. —北京:  
化学工业出版社, 2002.7  
ISBN 7-5025-4222-1

I. 功… II. ①李…②向… III. ①功能材料-技术-  
研究-概况②纳米材料-技术-研究-概况 IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 069778 号

---

Functional Materials & Nano-Technology

功能材料与纳米技术

李玲 向航 编著

责任编辑: 梁虹 孙绥中

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社 出版发行  
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10¼ 插图 2 字数 266 千字

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月北京第 1 次印刷

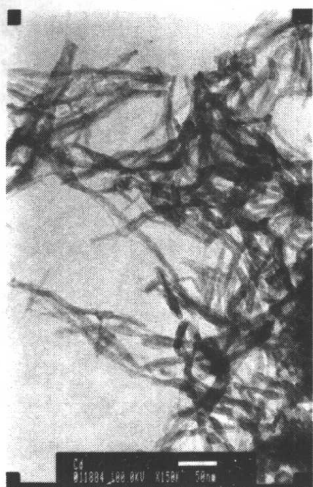
ISBN 7-5025-4222-1/TQ·1657

定 价: 28.00 元

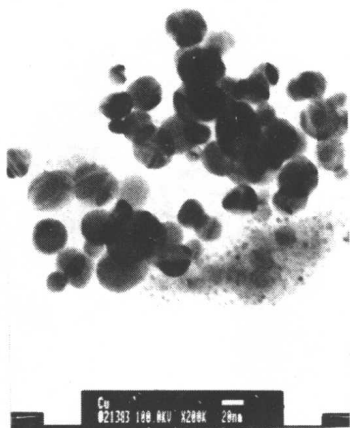
---

版权所有 违者必究

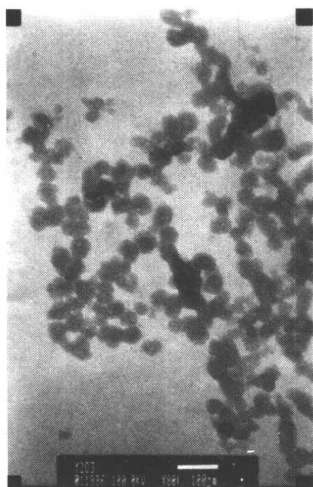
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换



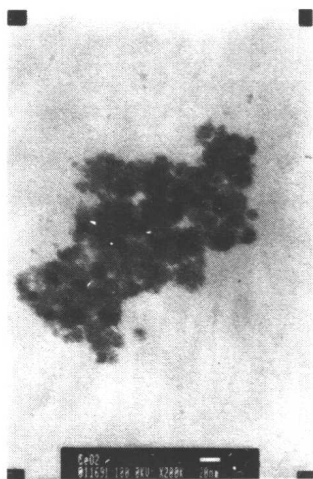
纳米铜线



球状纳米铜

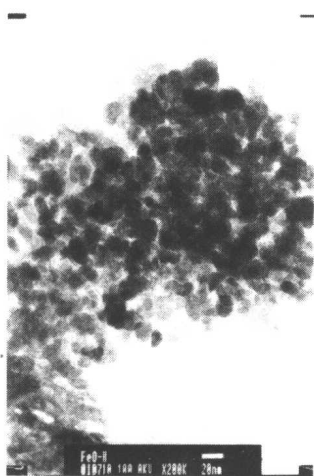


纳米氧化钪



纳米氧化铈

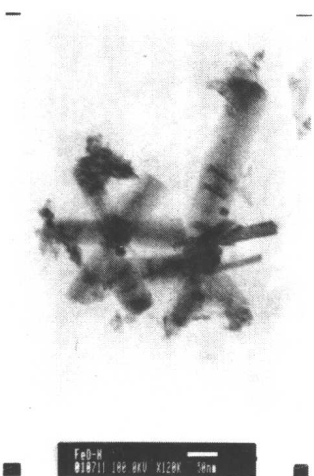
作者研制的部分纳米材料电镜照片



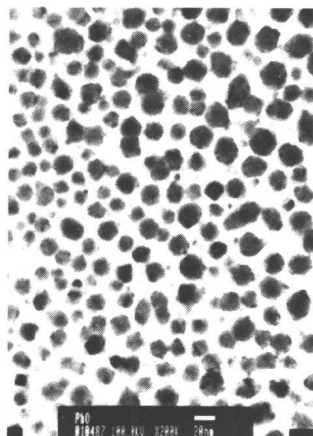
球状纳米氧化铁



带状纳米氧化铁



棒状纳米氧化铁

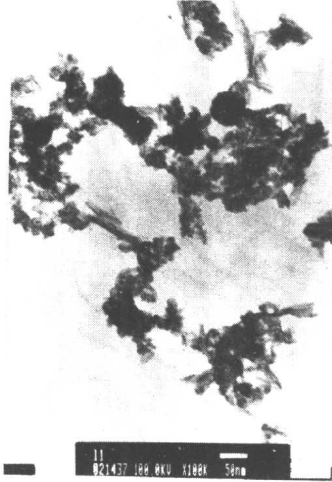


纳米氧化铅

作者研制的部分纳米材料电镜照片



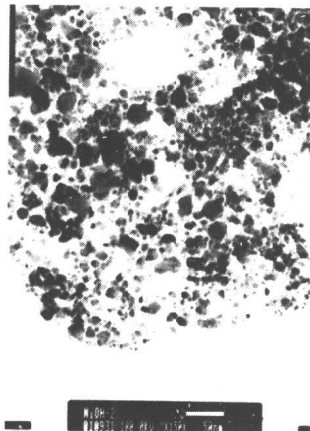
纳米羟基磷灰石



纳米抗静电剂

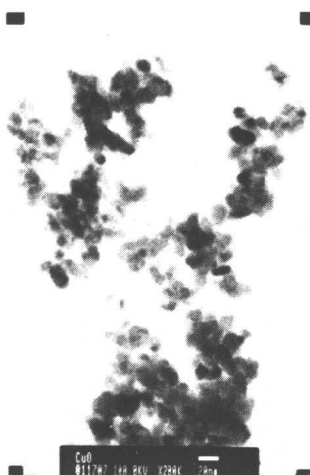


针状氢氧化镍

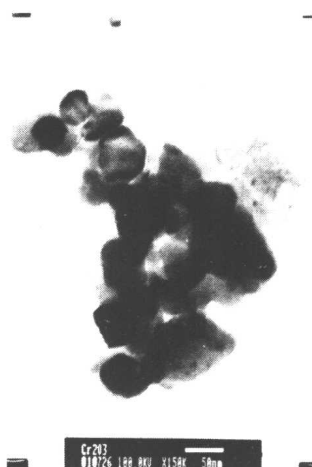


不规则形状纳米氢氧化镍

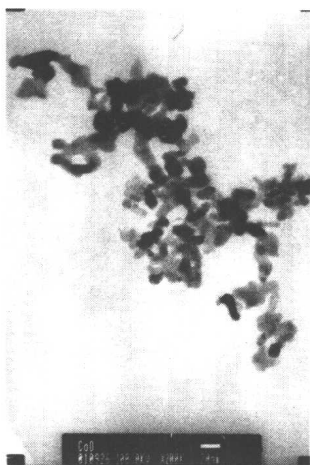
作者研制的部分纳米材料电镜照片



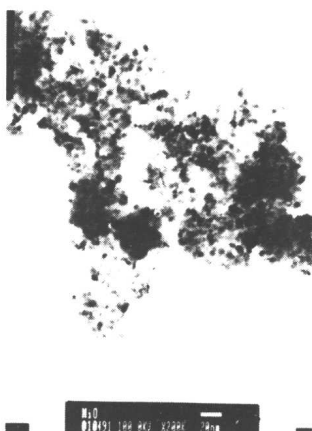
纳米氧化铜



纳米氧化铬



纳米氧化钴



纳米氧化镍

作者研制的部分纳米材料电镜照片

## 前 言

从 2000 年开始，作者在暨南大学网选课开设了“功能材料与纳米技术”课程。经过两年的教学发现，随着我国对纳米科技的重视和世界各国对纳米科技越来越多的投入，纳米科技不仅限于纳米材料的研究和纳米技术进步，纳米材料在各个领域的应用越来越广，纳米科技的发展如火如荼。学生们是抱着对功能材料和纳米技术的极大热情来学习这门课的，开这门课的初衷是希望通过这门课的学习，引领学生走入新世纪的新科技领域，让学生了解科技发展最前沿的动态和功能材料的基本原理。教学的结果表明：我们的目的基本达到了。这门课至今还在暨南大学开设。因此，我们认为应该有一本全面系统反映功能材料与纳米技术研究进展的图书，奉献给那些有志于功能材料与纳米技术研究、开发的人们。本书就是在对原有教材不断进行调整、充实、改进的基础上完成的，书中还包括作者近年来所合成纳米材料的部分电镜照片，以期起到抛砖引玉的作用。

本书共分十七章，第一章对功能材料与纳米技术的定义、分类进行了总体概述，并对功能材料和纳米技术的关系进行了阐述，同时介绍纳米材料和纳米技术的最新发展动态、纳米技术在功能材料中的应用等。第二章主要介绍材料的基础知识，分别对固体材料结构、高分子结构与性能进行介绍，同时对材料的显微结构及其测试进行介绍。在前两章的基础上，第三、四两章专门介绍纳米材料制备技术和测试技术，纳米制备技术除介绍物理法、化学法和综合法外，具体制备技术则按最终材料形态进行分类，例如纳米粉体制备技术、纳米膜制备技术等，本书把所有可能的纳米材料的制备都进行了介绍，例如纳米微囊制备技术、纳米质脂体制备技术等。纳米测试技术主要按材料的粒子、粒子表面、纳米晶、纳米膜等的表征



方法进行介绍，把可能对纳米材料测试的方法都进行了介绍。第五、六、七章为电、磁、光基本功能材料，对这些基本功能材料的新型材料分别介绍，例如激光材料、光纤材料、太阳能电池等，在此基础上，对纳米技术对这些功能材料的改进和创新进行了相关介绍，例如纳米导电材料、纳米磁致冷工质等；第八、九、十章分别为超导、智能、储氢等先进材料，这三章分别对三种材料的工作原理、特性和类别进行了叙述，同时，对纳米材料在超导、智能储氢中的应用也进行了叙述，特别是纳米碳管作为储氢材料的原理和应用都有相应的论述。第十一、十二、十三章分别是生物医学材料、组织工程材料、纳米药物载体，这三章为一个体系，前一章系统简要介绍生物医学工程材料的分类、评价、人工器官及其材料等，后两章是近年来发展起来的学科，组织工程是一个新兴学科，本书对组织工程的定义、研究内容和其最新的发展状况进行了较为系统的论述，纳米药物载体是当前纳米技术中最前沿的纳米生物技术中的一个分支，它的研究正在世界兴起，本书对其进行了相关介绍。第十四、十五、十六、十七是纳米技术在传统材料中的应用，并有良好效果的几类材料，功能膜、功能陶瓷、功能塑料、功能纤维是目前人们应用纳米技术最多并已开始产业化的领域，本书从材料的基本功能出发对这些材料的研究应用进行了比较详细的论述。

纳米科技是一个飞速发展的领域，本书参考的文献截止到2002年7月，但作者认为本书仍不能概括所有的新功能材料及其制备技术；由于时间仓促，很多参考文献来不及列入；加之水平有限，本书可能会有许多疏漏和错误，希望广大读者不吝赐教。

在本书的出版过程中，化学工业出版社的编辑提出了宝贵的修改意见，华南理工大学吴兆强编辑进行了初步的校审，在此，作者对他们表示真诚的感谢！

作 者

2002年7月

于广州暨南大学

# 目 录

<b>第一章 功能材料与纳米技术的发展概况</b> .....	1
第一节 功能材料和纳米技术.....	1
第二节 纳米材料的特性.....	3
一、小尺寸效应.....	3
二、表面效应.....	4
三、量子尺寸效应.....	4
四、宏观量子隧道效应.....	5
第三节 功能材料和纳米材料的分类.....	5
一、功能材料的分类.....	5
二、纳米材料的分类.....	7
第四节 纳米科技的发展状况 .....	10
一、国外纳米技术的发展现状 .....	10
二、我国纳米技术的发展现状 .....	12
第五节 功能材料和纳米技术的发展趋势与应用前景 .....	13
一、纳米科技的发展前景 .....	13
二、我国纳米科技的研究与进展 .....	13
三、纳米材料的应用 .....	15
四、纳米科技的发展趋势 .....	17
参考文献 .....	17
<b>第二章 材料结构基础</b> .....	19
第一节 固体结构 .....	19
一、晶体结构 .....	19
二、无定型结构 .....	20
三、液晶结构 .....	21
第二节 高分子材料结构 .....	24

一、高分子结构特点 .....	24
二、高分子的链结构和聚集态结构 .....	25
第三节 高分子结构与性能 .....	32
一、力学性能 .....	32
二、热学性能 .....	33
三、高分子电学性能 .....	36
第四节 材料的显微结构 .....	37
一、显微结构的范围 .....	37
二、观察显微结构的工具 .....	38
三、立体显微技术 .....	39
参考文献 .....	39
<b>第三章 纳米材料制备技术 .....</b>	<b>41</b>
第一节 纳米材料制备技术分类 .....	42
第二节 纳米材料制备技术 .....	44
一、纳米粉体制备方法 .....	44
二、纳米膜的制备方法 .....	52
三、纳米块材的制备方法 .....	53
四、高分子纳米材料制备方法（无机-有机杂化技术） .....	53
五、纳米微囊制备技术 .....	55
六、纳米碳管制备技术 .....	57
第三节 纳米材料表面修饰和改性 .....	59
一、纳米粉体表面结构及状态 .....	59
二、纳米粉体的表面及其形貌 .....	60
三、纳米粉体材料的制造方法及其对表面状态的影响 .....	60
四、纳米颗粒表面修饰和改性方法 .....	61
五、纳米粒子的性能与应用 .....	62
六、纳米粉体材料表面研究进展 .....	62
第四节 纳米结构材料制备技术 .....	63
一、纳米结构材料自组装和分子自组装合成 .....	64
二、厚膜模板合成纳米阵列 .....	65

参考文献 .....	65
<b>第四章 纳米材料测试技术</b> .....	<b>66</b>
<b>第一节 纳米测试技术的起源和分类</b> .....	<b>66</b>
<b>第二节 纳米材料测试主要仪器简介</b> .....	<b>67</b>
一、X 射线光电子能谱仪 .....	67
二、俄歇电子能谱仪 .....	68
三、激光散射 .....	69
四、透射电子显微镜 .....	69
五、扫描电子显微镜 .....	69
六、扫描隧道显微镜 .....	70
七、原子力显微镜 .....	70
八、近场光学显微镜 .....	71
<b>第三节 纳米材料表征方法</b> .....	<b>71</b>
一、化学成分表征 .....	71
二、纳米颗粒的表征 .....	72
三、纳米颗粒表面分析 .....	73
四、晶态的表征 .....	76
五、复合材料和自组装材料的表征 .....	77
六、纳米测试技术的发展 .....	77
参考文献 .....	77
<b>第五章 电功能材料</b> .....	<b>78</b>
一、能带理论简介 .....	78
二、材料导电行为的能带理论解释 .....	78
<b>第一节 金属导电材料</b> .....	<b>79</b>
<b>第二节 高分子导电材料</b> .....	<b>81</b>
一、导电高分子材料结构特点 .....	81
二、导电高分子材料类型 .....	82
三、导电高分子的应用 .....	83
<b>第三节 其他电功能材料</b> .....	<b>84</b>
一、离子导电和快离子导体材料 .....	84

二、电阻材料 .....	85
三、电热材料和热电材料 .....	86
第四节 电功能材料的研究进展 .....	87
一、超高纯度铜 (UHPC) .....	87
二、高电导率高强度合金 .....	88
三、导电性 $\text{MoSi}_2$ 材料 .....	88
四、光透明导电膜材料 .....	89
五、巨磁电阻 (CMR) 材料 .....	89
六、纳米导电聚合物 .....	90
参考文献 .....	92
<b>第六章 磁功能材料 .....</b>	<b>93</b>
第一节 磁学基本概念和磁性分类 .....	93
一、磁场及其特征参量 .....	93
二、磁性的分类 .....	94
第二节 典型磁性材料 .....	96
一、软磁性材料 .....	96
二、硬磁性材料 (永磁材料) .....	99
三、矩磁性材料 .....	99
四、压磁材料 .....	99
五、旋磁材料 .....	100
六、磁记录介质和磁头材料 .....	100
七、磁泡材料和磁光材料 .....	101
八、复合功能磁性材料 .....	102
第三节 纳米技术在磁功能材料中的应用 .....	103
一、纳米药物磁粒子 .....	103
二、纳米磁记录材料 .....	103
三、纳米巨阻材料 .....	103
四、纳米磁流变液 .....	104
五、纳米微晶软磁材料 .....	104
六、纳米微晶稀土永磁材料 .....	105

七、纳米磁致冷工质·····	106
参考文献·····	106
<b>第七章 光功能材料</b> ·····	<b>108</b>
<b>第一节 激光材料</b> ·····	<b>108</b>
一、激光产生的机理简介·····	108
二、激光材料·····	109
<b>第二节 发光材料</b> ·····	<b>112</b>
一、发光原理·····	113
二、发光的特征·····	113
三、发光类型·····	114
<b>第三节 光纤材料</b> ·····	<b>117</b>
一、光纤的结构及分类·····	117
二、光在光纤中传输的基本原理·····	119
三、主要光纤材料·····	120
<b>第四节 其他光功能材料</b> ·····	<b>121</b>
一、红外材料·····	121
二、电光材料·····	122
三、磁光材料·····	123
四、声光材料·····	124
五、光致色变材料·····	126
<b>第五节 纳米技术在光功能材料上的应用</b> ·····	<b>127</b>
一、纳米晶太阳能电池·····	127
二、纳米发光功能材料·····	130
三、纳米碳管在发光显示技术中的应用·····	132
参考文献·····	132
<b>第八章 超导材料</b> ·····	<b>134</b>
<b>第一节 超导电性和超导机理</b> ·····	<b>134</b>
一、超导电性产生机理·····	134
二、超导电性的隧道效应·····	134
<b>第二节 超导材料的基本性质</b> ·····	<b>135</b>

一、零电阻现象	135
二、完全抗磁性 (迈斯纳效应)	136
三、库柏电子对	136
四、BCS 理论	137
第三节 超导体的三个临界参数	137
一、临界温度 $T_c$	137
二、临界磁场 $H_c$	138
三、临界电流 $I_c$	138
第四节 超导材料类型	139
一、常规超导体	139
二、高温超导体	140
三、其他超导体简介	142
第五节 超导材料的应用	143
一、低温超导材料的应用	143
二、高温超导材料的应用	145
第六节 超导材料的研究进展	147
参考文献	150
<b>第九章 智能材料</b>	<b>151</b>
第一节 形状记忆合金	151
一、形状记忆合金的特性	152
二、形状记忆合金的应用	153
第二节 电流变液和磁流变液	155
一、电流变液	155
二、电流变液材料	155
三、磁流变液	158
第三节 智能药物释放体系	160
一、化学刺激响应体系	161
二、物理刺激响应体系	162
三、生物信号响应体系	164
四、靶向药物释放体系	164

第四节	新型智能材料	165
一、	智能皮肤	165
二、	生物传感器	165
三、	仿生陶瓷	166
四、	智能窗户	167
五、	智能纤维	167
六、	化学组装纳米计算机	168
七、	自愈合组织工程材料	169
	参考文献	170
第十章	储氢材料	172
第一节	储氢材料的定义和分类	172
一、	储氢材料的定义	172
二、	储氢材料的分类	173
第二节	储氢原理	174
一、	金属储氢原理	174
二、	纳米碳管储氢原理	176
第三节	典型储氢材料	178
一、	金属储氢材料	178
二、	纳米碳管	182
第四节	储氢材料的应用	183
一、	氢化物-镍电池	183
二、	氢燃料发动机	184
三、	热-压传感和热液激励器	184
四、	氢同位素分离和核反应堆中的应用	185
五、	储氢合金氢化物热泵	185
第五节	储氢材料的研究进展	186
一、	新型催化剂	186
二、	新电极材料	186
三、	纳米技术在储氢材料中的应用	188
	参考文献	188



<b>第十一章 生物医学材料</b> ·····	190
<b>第一节 生物医学材料的定义和分类</b> ·····	190
一、生物医学材料的定义和研究内容·····	190
二、生物医学材料的分类·····	190
<b>第二节 生物医学材料的表征和评价</b> ·····	191
一、生物相容性·····	191
二、生物医学材料的评价·····	195
<b>第三节 人工器官与生物医学材料</b> ·····	196
一、人工心脏与人工心脏瓣膜·····	196
二、人工肺·····	198
三、人工膀胱·····	198
四、人工皮肤·····	200
五、人工肾·····	204
六、人工骨·····	210
<b>第四节 生物医学材料的发展趋势</b> ·····	211
一、生物医学材料向仿生材料发展·····	211
二、生物医学材料向智能材料发展·····	211
三、生物材料评价体系更加完善·····	212
<b>第五节 纳米技术在生物材料中的应用</b> ·····	212
一、纳米技术用于制备骨组织工程材料·····	212
二、纳米技术用于合成活性人工皮肤·····	213
三、纳米材料用于合成仿生材料·····	213
<b>参考文献</b> ·····	213
<b>第十二章 组织工程材料</b> ·····	215
<b>第一节 组织工程研究内容</b> ·····	215
一、种子细胞研究·····	216
二、细胞外基质的研究·····	217
三、组织和器官的构建·····	218
四、组织工程临床应用·····	220
<b>第二节 组织工程支架材料</b> ·····	220