

材料科学与工程学科
研究生教学用书

纳米材料科学导论

(第二版)

Introduction to Nanomaterials Science
(Second Edition)

陈敬中 刘剑洪 孙学良 陈 瀛 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

材料科学与工程学科
研究生教学用书

纳米材料科学导论

NAMI CAILIAO KEXUE DAOLUN

(第二版)



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

ISBN 7-03-018781-0
定价：28.00元

内容简介

20 世纪末,纳米科学和纳米技术的产生催生了纳米物理学、纳米化学、纳米生物学、纳米材料科学等新型学科。

本书是在第一版的基础上修订而成的,介绍了纳米科学与纳米技术,自然界中的纳米结构与纳米材料,纳米材料的结构及物理、化学性质,纳米固体材料的微结构,纳米结构组装,纳米微粒的制备与表面修饰,金属纳米材料的晶体学,碳纳米球和碳纳米管,石墨烯的制备、功能化及其应用,计算机中的纳米芯片,DNA 联姻纳米技术,粘土矿物及其纳米复合材料。

本书符合教学要求,富有启发性,有利于学生素质、能力的培养和提高;理论论证科学,实践性强,能及时、准确地反映国内外先进成果。

本书可作为高等院校材料科学、应用物理、应用化学等专业的本科生和研究生教学用书,也可供有关专业的教学和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

纳米材料科学导论/陈敬中等编著.—2 版.—北京:
高等教育出版社,2010.9

ISBN 978-7-04-029781-2

I. ①纳… II. ①陈… III. ①纳米材料-材料科学-
研究生-教材 IV. ①TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 126162 号

策划编辑 宋 晓 责任编辑 王素霞 封面设计 李卫青
责任绘图 尹 莉 版式设计 余 杨 责任校对 刘 莉
责任印制 尤 静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 化学工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 28.25
字 数 530 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 8 月第 1 版
2010 年 9 月第 2 版
印 次 2010 年 9 月第 1 次印刷
定 价 53.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 29781-00

第二版前言

20 世纪末,物理学、化学、生物学、材料学、地质学等学科的发展,促进了纳米科学和纳米技术的产生,催生了纳米物理学、纳米化学、纳米生物学、纳米材料学、纳米矿物学等新型学科。培养一批社会建设所需要的不同层次的纳米科技、纳米材料专业人才已成为各高校的一项重要任务。

纳米科学与纳米技术是 21 世纪的新兴学科,为适应学科发展,本书是在第一版的基础上修订而成的,对一些内容进行了增删,注重现代科技、现代教学与时俱进发展的新成果。

2006 年起,本书作者已在本科生、研究生中讲授纳米材料科学的相关内容。近年来,作者在纳米科技和纳米材料方面进行了深入研究,收集了大量的国内外资料和研究成果,并作了认真整理。本书共分为 12 章,主要包括:

第 1 章纳米科学与纳米技术(陈敬中编写),从纳米世界里的大科学、纳米物理学、纳米电子学、纳米科技与医学、微型纳米机器制造、微观世界中的纳米结构等方面,介绍纳米科学与纳米技术。

第 2 章自然界中的纳米结构与纳米材料(官斯宁、陈敬中编写),从自然界中的纳米科学、生物纳米结构与纳米仿生材料、生物纳米材料中有机相的多功能性、自然界中的纳米材料、纳米仿生材料科学、病毒的纳米结构及自然界中的矿物纳米结构,介绍自然界中的纳米结构与纳米材料。

第 3 章纳米材料的结构及物理、化学性质(陈敬中编写),从物质结构对称新理论、新兴的纳米材料科学、纳米物质结构单元、纳米微粒的基本理论、纳米微粒的物理特性及纳米微粒的化学特性,介绍纳米材料的结构及物理、化学性质。

第 4 章纳米固体材料的微结构(陈敬中编写),从纳米固体的结构特点、纳米固体界面的结构模型及纳米固体界面的研究方法,介绍纳米固体材料的微结构。

第 5 章纳米结构组装体系(陈敬中编写),从人工纳米结构组装体系、纳米结构自组装和分子自组装合成、厚膜模板合成纳米阵列、介孔固体和介孔复合体的合成,介绍纳米结构组装。

第 6 章纳米微粒的制备与表面修饰(陈敬中编写),从纳米微粒的气相制备方法、纳米微粒的液相制备方法、纳米微粒的固相制备方法,及纳米微粒表面修饰,介绍纳米微粒的制备与表面修饰。

第7章金属纳米材料晶体学(孙学良、陈瀛编写),从纳米晶体、纳米晶体的多面体形态、纳米晶体的自组装、粒子的溶液相自组装、纳米自组装技术、自组装纳米晶体的性能、模板辅助纳米自组装及纳米微粒多重分数维准晶结构模型,介绍纳米金属材料。

第8章碳纳米球和碳纳米管(陈瀛、孙学良、陈敬中编写),从 C_{60} 、 C_n 及其衍生物研究现状,碳纳米球和碳纳米管的结构及特性,自然界的富勒烯碳球和碳管,碳纳米管,纳米管的制备方法,纳米管非电子器件的应用,碳纳米管的性质,新型碳纳米管,介绍碳纳米球和碳纳米管。

第9章石墨烯的制备、功能化及其应用(陈瀛、孙学良、陈敬中编写),从碳元素及其石墨烯材料、石墨烯的制备方法、石墨烯带、石墨烯的修饰,功能化石墨烯的相关应用、纳米石墨烯的未来,介绍石墨烯的制备、功能化及其应用。

第10章计算机中的纳米芯片(陈敬中编写),从第一代纳米芯片、计算机全力加速、缩小计算机线宽、新老计算机的结合、计算机纳米芯片制造,介绍计算机中的纳米芯片。

第11章DNA 联姻纳米技术(陈敬中、刘剑洪编写),从DNA 纳米技术概述、分枝状DNA、系列六臂节点组成三维结构的分子晶体、棒状条组成立方体DNA 分子模型、稳固的DNA 序列、纳米机械、DNA 用做触发器、对未来的展望,介绍DNA 联姻纳米技术。

第12章粘土矿物及其纳米复合材料(刘剑洪、陈敬中编写),从粘土矿物的晶体结构、粘土矿物的性质及胶体化学、纳米复合的溶胶-凝胶法、插层反应法、插层复合方法,介绍粘土矿物及其纳米复合材料。

本书由中国地质大学陈敬中、深圳大学刘剑洪,加拿大西安大略大学孙学良,中国和加拿大联合培养博士生陈瀛、官斯宁等共同编写。

本书的内容符合多种学科的教学要求,符合学生认识科学的基本规律,富有启发性,有利于学生能力的培养。本书结构完整合理,理论和实例配合适当;本书内容结构、体系安排均具有明显的特点和创新。

纳米科学和纳米技术是21世纪飞速发展的新兴学科,涉及物理学、化学、生物学、材料学、地质学等各个学科领域,纳米材料科学已成为该学科中的主力军。纳米科学的理论在不断发展和创新,纳米技术也在不断更新和突破,新兴的高科技纳米产品层出不穷,希望本书可为纳米科技人才的培养作出贡献。

本书可作为大学本科相关专业高年级学生和相关专业研究生教学用书,也可供从事纳米科学、纳米技术以及纳米材料教学和科研的人员参考。

由于纳米科学、纳米技术和纳米材料正在快速发展,限于编者水平,书中难免有不足之处,恳请同行和读者批评指正。

特别感谢中国地质大学研究生院、教育部纳米矿物材料与应用工程研究中心以及深圳大学化学与化工学院对于本书编写和出版的联合资助。

陈敬中

2009年12月于武汉

目 录

第 1 章 纳米科学与纳米技术	1
1.1 纳米世界里的科学	1
1.1.1 人类对自然界的认识	1
1.1.2 纳米科技研究的尺度	1
1.1.3 介观领域中的纳米科技	2
1.1.4 纳米材料和纳米结构	2
1.1.5 纳米材料的特征	4
1.1.6 纳米科技研究的领域	5
1.1.7 纳米科技的未来	7
1.1.8 纳米科技发展中的重要事件	9
1.2 纳米物理学	10
1.2.1 新兴的纳米物理学	10
1.2.2 纳米器件构筑	12
1.2.3 纳米器件的挑战	14
1.2.4 纳米放大器	16
1.2.5 诺贝尔物理学奖与纳米科技	16
1.3 纳米电子学	18
1.3.1 纳米电子器件	18
1.3.2 机器小型化	19
1.3.3 纳米线	20
1.3.4 分子器件和纳米器件的连接	21
1.3.5 大数定律	22
1.3.6 DNA 计算图像说明	22
1.4 纳米科技与医学	24
1.4.1 纳米有机分子量子点的荧光	24
1.4.2 形形色色的复合体	25
1.4.3 生物纳米技术	27
1.4.4 原子力显微镜	30
1.4.5 奇异的有机树形聚合物	30
1.5 微型纳米机器制造	31
1.5.1 微型纳米机器制造技术的未来	31

1.5.2	纳米机器和纳米装配机	33
1.5.3	分子复制机	33
1.5.4	模拟宏观机器的纳米机器	35
1.5.5	超越生物进化	37
1.5.6	纳米科技的应用前景	38
1.6	微观世界中的纳米结构	41
1.6.1	纳米结构的提出	41
1.6.2	纳米结构组装体系	41
1.6.3	纳米结构构筑方法	42
1.6.4	微观世界中计算机芯片的建造	43
1.6.5	纳米芯片建造技术	44
1.6.6	操纵原子和分子	47
1.6.7	“从上到下”法和“从下到上”法	49
1.6.8	纳米结构体系与新量子效应器件	50
1.6.9	纳米结构制造的未来	51
第2章	自然界中的纳米结构与纳米材料	53
2.1	自然界中的纳米科学	53
2.1.1	自然界中的纳米现象	53
2.1.2	从微米到纳米科学的发展	53
2.2	生物纳米结构与纳米仿生材料	55
2.2.1	生物纳米材料中的多尺度有序性和功能	55
2.2.2	天然纳米材料的层次有序性	55
2.3	生物纳米材料中有机相的多功能性	60
2.3.1	有机相对力学性能的贡献	60
2.3.2	矿物分子直接自组装	61
2.3.3	无机相与有机相	62
2.3.4	传感、制动和响应	63
2.3.5	动原蛋白、丝纤维和微管	64
2.3.6	制动蛋白的运动	66
2.3.7	纳米结构和肌肉响应	67
2.4	自然界中的纳米材料	69
2.4.1	生物材料的力学性能	70
2.4.2	生物材料的光学性能	70
2.4.3	生物的特殊器官:复眼和陷窝器等	71
2.4.4	生物体纳米层次的组装	72
2.4.5	生物体纳米磁性材料	73
2.5	纳米仿生材料科学	74

601	2.5.1	碳酸钙的矿化作用	74
701	2.5.2	螺旋状碳酸钡的矿化作用	75
801	2.5.3	模板的协同作用	76
801	2.5.4	仿生光子晶体	77
811	2.5.5	人造光学系统	77
811	2.5.6	仿生功能材料	78
811	2.5.7	仿生材料的未来	78
711	2.6	病毒的纳米结构	79
811	2.6.1	天花病毒	79
711	2.6.2	SARS 病毒	80
811	2.6.3	甲型 H1N1 流感病毒	80
611	2.6.4	艾滋病病毒	81
751	2.6.5	磁敏感菌的磁力	82
651	2.7	自然界中的矿物纳米结构	83
171	2.7.1	纳米矿物材料和纳米高新矿物材料	83
771	2.7.2	与纳米科学密切相关的矿物学现象	84
661	2.7.3	现代晶体化学研究	88
721	2.7.4	自然环境中的多元配合物	91
741	2.8	生命起源中的纳米尺度进程	91
641	2.8.1	太阳与地球的形成	92
741	2.8.2	地球上生命的形成	92
641	2.8.3	地球上生命的起源学说	92
	第 3 章	纳米材料的结构及物理、化学性质	94
631	3.1	物质结构对称新理论	94
681	3.1.1	对称性的哲学定义	94
781	3.1.2	对称性的范围	95
121	3.1.3	对称性的尺度	95
181	3.1.4	简单对称性和复合对称性	95
691	3.1.5	对称性与对称性理论	96
531	3.2	新兴的纳米材料科学	100
621	3.2.1	纳米材料科学的发展	100
421	3.2.2	纳米材料的维数	101
721	3.2.3	纳米材料的表征方法	102
621	3.2.4	纳米级的表面和界面	103
781	3.2.5	晶体中的缺陷	104
861	3.3	纳米物质结构单元	105
571	3.3.1	团簇	105

3.3.2	人造原子	106
3.3.3	纳米微粒	107
3.4	纳米微粒的基本理论	108
3.4.1	电子能级的不连续性	108
3.4.2	量子尺寸效应	114
3.4.3	小尺寸效应	115
3.4.4	表面效应	115
3.4.5	宏观量子隧道效应	117
3.4.6	库仑堵塞与量子隧穿	118
3.4.7	介电限域效应	119
3.5	纳米微粒的物理特性	119
3.5.1	热学性能	119
3.5.2	磁学性能	121
3.5.3	光学性能	126
3.5.4	纳米微粒悬浮液和动力学性质	131
3.5.5	纳米微粒表面敏感特性	133
3.5.6	光催化性能	133
3.6	纳米微粒的化学特性	137
3.6.1	吸附	137
3.6.2	纳米微粒的分散与团聚	140
3.6.3	流变学	143
第4章	纳米固体材料的微结构	149
4.1	纳米固体的结构特点	149
4.2	纳米固体界面的结构模型	150
4.2.1	类气态模型	150
4.2.2	有序模型	151
4.2.3	结构特征分布模型	151
4.2.4	纳米微粒多重分数维准晶结构模型	151
4.3	纳米固体界面的研究方法	152
4.3.1	X射线研究	152
4.3.2	纳米界面结构的电子显微镜观察	154
4.3.3	纳米界面结构的穆斯堡尔谱	154
4.3.4	纳米固体结构的内耗研究	157
4.3.5	正电子湮没	159
4.3.6	纳米材料结构的核磁共振	165
4.3.7	拉曼光谱	168
4.3.8	电子自旋共振(ESR)	172

4.3.9 纳米材料结构中的缺陷	180
4.3.10 康普顿轮廓法	186
第5章 纳米结构组装体系	192
5.1 人工纳米结构组装体系	192
5.1.1 超微型开关	192
5.1.2 发光可调制性	193
5.1.3 量子点磁开关	193
5.1.4 纳米结构组装	193
5.2 纳米结构自组装和分子自组装合成	193
5.2.1 胶体晶体的自组装合成	194
5.2.2 金属胶体自组装纳米结构	195
5.2.3 多孔纳米结构的自组装合成	197
5.2.4 半导体量子点阵列体系(膜)的合成	197
5.2.5 分子自组装合成纳米结构	198
5.3 厚膜模板合成纳米阵列	199
5.3.1 厚膜模板的制备和分类	199
5.3.2 纳米结构的模板合成方法	201
5.4 介孔固体和介孔复合体的合成	206
5.4.1 介孔固体的合成	206
5.4.2 介孔固体和介孔复合体的荧光增强效应	211
第6章 纳米微粒的制备与表面修饰	219
6.1 纳米微粒的气相制备方法	219
6.1.1 气体冷凝法	219
6.1.2 活性氢-熔融金属反应法	220
6.1.3 溅射法	221
6.1.4 流动液面上真空蒸镀法	221
6.1.5 电加热蒸发法	222
6.1.6 混合等离子法	223
6.1.7 激光诱导化学气相沉积法	224
6.1.8 爆炸丝法	225
6.1.9 化学气相凝聚法和燃烧火焰-化学气相凝聚法	226
6.2 纳米微粒的液相制备方法	228
6.2.1 沉淀法	228
6.2.2 喷雾法	234
6.2.3 水热法(高温水解法)	234
6.2.4 溶剂挥发分解法(冻结干燥法)	235

6.2.5	溶胶-凝胶法(胶体化学法)	236
6.2.6	辐射化学合成法	238
6.3	纳米微粒的固相制备方法	239
6.3.1	热分解法	240
6.3.2	固相反应法	244
6.3.3	火花放电法	245
6.3.4	溶出法	246
6.3.5	球磨法	246
6.4	纳米微粒表面修饰	257
6.4.1	纳米微粒表面物理修饰	257
6.4.2	纳米微粒表面化学修饰	258
第7章	金属纳米材料晶体学	261
7.1	纳米晶体	261
7.2	纳米晶体的多面体形态	262
7.2.1	四面体纳米晶体	263
7.2.2	类立方体纳米晶体	264
7.2.3	八面体和平截八面体纳米晶体	265
7.2.4	孪晶和堆垛层错	266
7.2.5	二十面体和十面体粒子	268
7.2.6	纳米棒、纳米线、纳米管和纳米球	269
7.2.7	纳米晶体的表面缺陷	270
7.2.8	纳米晶体的表面重构	272
7.2.9	超微粒的幻数	272
7.3	纳米晶体的自组装	274
7.3.1	纳米粒子的表面钝化	275
7.3.2	纳米粒子间的键合	276
7.4	粒子的溶液相自组装	277
7.4.1	纳米金属晶体	277
7.4.2	纳米半导体晶体	278
7.4.3	磁性纳米金属晶体	280
7.4.4	纳米氧化物晶体	281
7.5	纳米自组装技术	282
7.5.1	单分散纳米晶体的尺寸	282
7.5.2	固定尺寸/相的纳米晶体粒子的组装	283
7.5.3	纳米晶体自组装的生长机理	284
7.6	自组装纳米晶体的性能	285
7.7	模板辅助纳米自组装	287

7.7.1	纳米孔道阵列辅助自组装	287
7.7.2	纳米自然结构在自组装中的应用	288
7.7.3	碳纳米管阵列的催化辅助生长	288
7.8	纳米微粒多重分数维准晶结构模型	289
7.8.1	准晶结构研究	289
7.8.2	具有5次对称性的准晶结构模型	290
7.8.3	二维准晶结构几何特征	292
7.8.4	二维准晶结构模型	294
第8章	碳纳米球和碳纳米管	300
8.1	C_{60} 、 C_n 及其衍生物研究现状	300
8.1.1	碳纳米球和碳纳米管的发现	301
8.1.2	碳纳米球和碳纳米管的研究	301
8.2	碳纳米球和碳纳米管的结构及特性	304
8.2.1	碳纳米球(C_{60})分子、晶体的结构及特性	304
8.2.2	碳纳米管的结构与特性	305
8.2.3	多层碳纳米球的结构与特性	305
8.3	自然界的富勒烯碳球和碳管	306
8.3.1	富勒烯碳球和碳管的形成条件	306
8.3.2	自然界中富勒烯碳球、碳管和碳洋葱的存在性	306
8.3.3	研究碳纳米球、碳纳米管和碳洋葱的地质学意义	307
8.4	碳纳米管——电子器件的新秀	307
8.4.1	螺旋状的碳纳米管	308
8.4.2	纳米电路	309
8.4.3	纳米管场致发射	310
8.5	纳米管的制备方法	311
8.5.1	火花法	312
8.5.2	热气法	312
8.5.3	激光轰击法	313
8.6	纳米管非电子器件的应用	313
8.6.1	化学和遗传学探针	313
8.6.2	机械存储器	313
8.6.3	纳米钳子	314
8.6.4	超灵敏传感器	314
8.6.5	氢和离子的储存	315
8.6.6	清晰的扫描显微镜	315
8.6.7	超硬材料	315
8.7	碳纳米管的性质——向极限推进	316

8.7.1	碳纳米管的性质	316
8.7.2	高新纳米材料——碳纳米管	316
8.8	新型碳纳米管	319
8.8.1	多种结构形式的碳纳米管	319
8.8.2	针尖状碳纳米管	320
8.8.3	竹节状碳纳米管	320
8.8.4	掺氮碳纳米管	321
第9章 石墨烯的制备、功能化及其应用		323
9.1	碳元素及其石墨烯材料	324
9.2	石墨烯的制备方法	326
9.2.1	机械分离法	326
9.2.2	CVD 气相沉积法	326
9.2.3	加热 SiC 法	327
9.2.4	化学法	328
9.3	石墨烯带	332
9.4	石墨烯的修饰	334
9.4.1	共价键修饰	334
9.4.2	石墨烯的非共价键修饰	337
9.4.3	金属及金属氧化物修饰石墨烯	339
9.5	功能化石墨烯的相关应用	340
9.5.1	聚合物复合材料	340
9.5.2	光电功能材料与器件	341
9.5.3	生物医药应用	342
9.6	纳米石墨烯的未来	344
第10章 计算机中的纳米芯片		345
10.1	第一代纳米芯片	345
10.2	计算机全力加速	345
10.3	缩小计算机线宽	346
10.4	新老计算机的结合	349
10.5	计算机纳米芯片制造	349
10.5.1	微处理器的创新性	349
10.5.2	场效应晶体管	349
10.5.3	芯片制造的基本工艺	350
10.5.4	纳米芯片切割	352
10.5.5	原子层沉积法	353

10.5.6 极紫外光光刻法	353
第 11 章 DNA 联姻纳米技术	355
11.1 DNA 纳米技术概述	355
11.2 分枝状 DNA	356
11.3 系列六臂节点组成三维结构的分子晶体	359
11.4 棒状条组成立方体 DNA 分子模型	361
11.5 稳固的 DNA 序列	362
11.6 纳米机械	363
11.7 DNA 用做触发器	365
11.8 对未来的展望	367
第 12 章 粘土矿物及其纳米复合材料	368
12.1 粘土矿物的晶体结构	368
12.1.1 粘土矿物的分类和化学组成	368
12.1.2 主要粘土矿物的晶体结构	369
12.2 粘土矿物的性质及胶体化学	378
12.2.1 粘土矿物的电性	378
12.2.2 粘土的水化作用	382
12.2.3 粘土矿物的吸附特性	385
12.2.4 阳离子固定作用	388
12.2.5 粘土-有机物的相互作用	388
12.2.6 粘土胶体化学	389
12.3 纳米复合的溶胶-凝胶法	400
12.3.1 制备金属纳米颗粒的方法	400
12.3.2 制备纳米稀土的方法	401
12.3.3 制备高分子有机-无机纳米功能材料的方法	402
12.4 插层反应法	403
12.4.1 插层方法的指标与标准	404
12.4.2 层间插入法的要点	406
12.4.3 层间插入型纳米复合材料制备方法的改进	407
12.4.4 插层交换制备处理粘土	408
12.5 插层复合方法	409
12.5.1 层状化合物的插层复合方法	409
12.5.2 插层复合纳米前驱体负载催化剂的制备与应用	411
12.5.3 插层复合纳米前驱体负载聚烯烃催化剂	414
参考文献	418

第1章 纳米科学与纳米技术

1.1 纳米世界里的大科学

纳米科学与纳米技术简称纳米科技,是一个新兴的科学研究领域。

1.1.1 人类对自然界的认识

人类对自然世界的认识始于宏观物体,又溯源于原子、分子等微观粒子,然而对纳米微粒却缺乏深入细致的研究。

客观世界主要为两个层次:一是宏观领域,二是微观领域。在宏观领域和微观领域之间,存在着一片有待开拓的介观领域,也称为中等尺度领域。这个领域包括了从微米、亚微米、纳米到团簇尺寸的范围。介观领域中出现了许多奇异的、崭新的物理、化学特性,成为当今凝聚态物理学的热点。

纳米微粒是自然界物质结构的一个层次,它的尺度大于原子簇,一般在1~100 nm之间。纳米微粒属于原子簇与宏观物体交界的过渡区域。从微观或宏观看,这种系统既非典型的微观系统,又非典型的宏观系统。

1.1.2 纳米科技研究的尺度

纳米尺度范围一般从形式上界定为1~100 nm,但这并非是严格的科学界定,而应根据不同研究领域,根据纳米尺度范围内物理、化学等特性来确定。一些纳米科技涉及的并非纳米尺度,而是微米尺度上的结构,比纳米尺度大了1 000倍或更多。许多情况下,纳米科技是对纳米结构的基础研究,此类结构至少有一维的长度是1 nm到几百纳米。

原子是组成物质的基本单位,原子的不同排列方式使自然界多姿多彩。1959年,美国物理学家 R. Feynman 设想在原子和分子水平上操纵和控制物质。纳米科技使人们能够直接利用原子、分子制备出仅包含几十个到几万个原子的纳米微粒,把它作为基本构成单元,适当排列成一维的量子线、二维的量子面、三维的纳米固体。纳米固体有一般晶体材料和非晶体材料都不具备的优良特性,它的出现使凝聚态物理理论受到了挑战。

纳米科技是现代科学和先进技术结合的产物,它不仅可为人类提供新颖的装置,而且在物理学、化学、生物学、材料学和矿物学等领域中有广阔的发展前

景,对基础科学和应用科学的研究都具有重要意义。

纳米世界是单个原子和分子的世界与宏观世界之间的神秘的结合部位。前者是量子力学占支配地位,后者则是无数原子的集体行为形成的物质的整体性质。在其小的一端,也就是 1 nm 左右的尺度范围内,纳米尺寸与物质的基本结构单元相近,因此它确定了最小的天然结构,从而成为微型化过程的最终极限值,不可能造出比它更小的结构了。超出 200 nm 的研究问题一般归为微米尺度的问题。

1.1.3 介观领域中的纳米科技

爱因斯坦依据糖在水中扩散的实验,在其博士论文中计算出一个糖分子的直径大约为 1 nm。1 nm 是 1 m 的十亿分之一,是微观尺度的核心。10 个氢原子一个个并排起来,其宽度就是 1 nm,相当于一根细菌长度的千分之一。1 nm 恰好也是一个重大科学研究领域——纳米科技的基本尺度。21 世纪,纳米尺度在科学研究中的重要性迅速显现起来。

1959 年底,物理学家 R. Feynman 在美国物理学会上发表了一篇富有想象力的讲话,他提到,“关于操纵和控制原子尺度上的物质的问题……,这方面确有发展潜力,可以采用切实可行的方式,进一步缩小器件的尺寸”;“现在我们还没有走到这一步,仅仅是因为我们没有在这方面花足够的时间与精力”。R. Feynman 预见到一系列现今科技领域中的重要问题,包括电子束与离子束制造、分子束外延生长法、纳米压印技术、透射电子显微镜、单个原子操作控制、量子效应电子技术、自旋电子技术以及微电子机械系统等,也预见到了新领域中所所谓的“奇特”效力。科学家们对纳米尺度的物理学、化学、生物学和材料学的研究受到了这篇讲话的启发,而认真研究讨论纳米领域问题是在此后 20 多年才兴起的。

纳米科技领域是一个亟待开发的科学园地。纳米科技大量吸取了物理学、化学、生物学以及许多其他学科的重要成果。一大批物理学家、化学家、生物学家和材料学家成了纳米科技方面的专家,一些新颖的、尖端的、前沿的东西已经显现出来。

1.1.4 纳米材料和纳米结构

1.1.4.1 纳米科技和纳米材料

纳米科技研究的基本内容:研究与制备以纳米尺度(1 nm 至数百纳米)为核心的物理学、化学、材料学、生物学、医学等广泛领域的科学和技术的基本问题,研究物质纳米结构的特性,研究原子、分子及纳米结构单元之间的相互作用,以及利用这些具有新特性的、多学科交叉的科学和技术。