

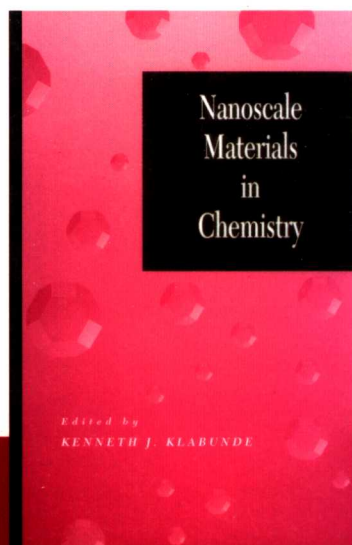


国外优秀科技著作出版专项基金资助

纳米材料化学

[美] K. J. 克莱邦德 主编
陈建峰 邵磊 刘晓林 等译
文利雄 等校

Chemical Industry Press



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

纳米材料化学/[美] 克莱邦德(Klabunde, K. J.) 主编; 陈建峰等译. —北京: 化学工业出版社, 2004. 5
书名原文: Nanoscale materials in chemistry
ISBN 7-5025-5554-4

I. 纳… II. ①克…②陈… III. 纳米材料-应用化学 IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 037852 号

Nanoscale materials in chemistry/Edited by Kenneth J. Klabunde

ISBN 0-471-38395-3

Copyright © 2001 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Authorized translation from the English Language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons 出版公司授权化学工业出版社出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-7003-7162

纳米材料化学

[美] K. J. 克莱邦德 主编

陈建峰 邵磊 刘晓林 等译

文利雄 等校

责任编辑: 白艳云 杜春阳

责任校对: 顾淑云 李军

封面设计: 潘峰

*

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](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 16½ 字数 305 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5554-4/TQ · 1987

定 价: 38.00 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

国外优秀科技著作出版专项基金

FUND FOR FOREIGN BOOKS OF
EXCELLENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY
(FFBEST)

管理委员会名单

名 誉 主 任：成思危 全国人大常委会副委员长
主 任 委 员：谭竹洲 中国石油和化学工业协会会长
副主任委员：李学勇 王心芳 阎三忠 曹湘洪
潘德润 朱静华 王印海 龚七一
俸培宗 魏 然

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)：

王子镐	王光建	王行愚	申长雨
冯 霄	冯孝庭	朱家骅	刘振武
杨晋庆	李 彬	李伯耿	李静海
吴剑华	辛华基	汪世宏	欧阳平凯
赵学明	洪定一	徐静安	黄少烈
曹 光	盛连喜	葛 雄	焦 奎
曾宝强	戴猷元		

秘 书 长：魏 然

副 秘 书 长：徐 宇

中国石油天然气集团公司协助出版

参与撰写者

DR. ABBAS KHALEEL, Dept. of Chemistry, UAE University, Al-Ain, United Arab Emirates

PROFESSOR KENNETH J. KLABUNDE, Dept. of Chemistry, Kansas State University, Manhattan, KS 66506

DR. OLGA KOPER, Nanoscale Materials, Inc., 1500 Hayes Drive, Manhattan, KS 66502

DR. RAVICHANDRA S. MULUKUTLA, Department of Chemistry, Kansas State University, Manhattan, Kansas 66506

DR. PAUL MULVANEY, Advanced Mineral Products, School of Chemistry, University of Melbourne, Parkville, VIC 3052, Australia

DR. JOHN C. PARKER, 1588 Clemson Dr., Naperville, IL 60565

PROFESSOR MARIE PILENI, Department of Chemistry, Laboratoire SRSI, URA CNRS 1662, Université P. et M. Curie (Paris VI), BP52, 4 Place Jussieu, 75231 Paris Cedex 05, France

DR. RYAN RICHARDS, Dept. of Chemistry, Max Planck Institute, Kaiser Wilhelm Platz 1, 45470 Mülheim an der Ruhr, Germany

PROFESSOR GÜNTER SCHMID, Institute für Anorganische Chemie, Universität Essen, Essen, Germany

PROFESSOR CHRIS SORESENSEN, Dept. of Physics, Cardwell Hall, Kansas State University, Manhattan, KS 66506

DR. SŁAWOMIR WIŃECKI, Nanoscale Materials, Inc., 1500 Hayes Drive, Manhattan, KS 66502

前 言

纳米技术今天几乎成为了一个家喻户晓的名词，至少与“纳米”有关的一些名词如此，如纳米尺度、纳米粒子、纳米相、纳米晶或纳米机械。这个领域已引起了世界范围的广泛关注，国家纳米计划（National Nanotechnology Initiative, NNI）也即将推出。

这个领域得益于 19 世纪 70 年代和 80 年代对反应物质（自由原子、团簇、反应粒子）的研究，以及涌现出的新技术和设备（脉冲团束，在质谱、真空技术、显微镜等方面的革新）。

由此引发的高涨的热情波及众多领域，包括化学、物理、材料科学、工程和技术。由于纳米材料代表了物质的一个新的领域，而且具有利用相关知识从事令人感兴趣的基础科学研究的潜力，以及利用有用的技术服务于社会等方面得以迅速扩展并不断成为现实，这些都进一步推动了人们的这种研究热情。

尽管这一领域存在如此多令人感兴趣的地方，但目前仍然没有相关专著满足基础科学研究者，特别是化学家的需要。

作者写作这本书的目的，首先是为高年级的本科生和研究生的“纳米化学”课程提供一本高级的教材；其次是为从事这一领域研究工作的化学家和其他科学家提供一本参考书。因此，读者们将会发现这本书章节的写作方式有利于教师讲授某一主题，而不是仅仅按照一本参考书来写作。故此，我们希望这本书能用做纳米技术、材料化学和相关领域众多高级课程的教材。

这本书的内容如下：首先，详细介绍了纳米技术并简述了其发展历史；接着的精彩章节论述了纳米金属（Gunter Schmid）、半导体（Marie Pileni）和陶瓷（Abbas Khaleel 和 Ryan Richards）；随后的章节更多涉及性质，如光学性质（Paul Mulvaney）、磁性质（Chris Sorensen）、催化和化学性质（作者本人和 Ravi Mulukutla）、物理性质（Olga Kopper 和 Slawomir Winecki）；最后简短的一章介绍了纳米晶体的应用（John Parker）。

本人感谢本书的撰稿者，他们都是纳米技术领域的世界上著名的专家。本人非常感激他们的热情和辛勤工作。本人也同样感谢我的学生和同事的帮助以及我的家庭的耐心和理解。

Kenneth J. Klabunde

译者前言

纳米科技的发展将深刻影响和改变人类的生活。作为纳米科技的一个重要组成部分的纳米材料，正引起科学家和工业界研究者们前所未有的关注和兴趣，近年来在此领域的研究进展日新月异，备受瞩目。

鉴于目前这种形势，迫切需要一本专著系统地阐述纳米材料领域的最新研究进展，科学地揭示纳米材料诸多特异性质的本质原因和应用可能性。《纳米材料化学》则是满足这一需要的应时之作。

本书由国际上相关领域的著名学者撰写而成，系统地介绍了纳米金属、半导体纳米晶、纳米陶瓷等各类重要的纳米材料，阐述了纳米材料的光、电、磁、催化性质等特性，以及纳米材料的各种表征方法和评价手段等，并从分子层面和量子化学的角度深入地阐释了纳米材料的机理。在系统地总结国际上最新研究成果的基础上，深刻而科学地阐明了纳米材料特性的本质原因，具有很高的理论水平和重要的现实指导意义。

有鉴于此，我们觉得有必要将这本书引入国内，以满足广大读者的需求。本书既可作为相关专业高年级本科生和研究生的教材，也可作为相关领域的研究者和科技工作者的参考书。

本书由北京化工大学教育部超重力工程研究中心的教师和研究生们共同翻译完成。除封面中署名参加者外，参加翻译工作的还有：乐园、沈志刚、张纪尧、宋继瑞、王洁欣、闫涛、李珠柱、胡婷婷、张维维、丁浩旻、彭旭慧、刘凡、张雪琴、杨海健、程靖、周月、余银霞。译者在此对所有参与这项工作的人员的辛勤劳动表示由衷的感谢。

纳米材料是一门涉及多学科的新学科和新技术，由于时间仓促，加之译者的专业背景的限制，对本书中翻译不足之处请读者及同行斧正，以便及时修订。

译 者

2004年3月于北京

内 容 提 要

本书系统地阐述了纳米材料领域的最新研究进展，科学地揭示了纳米材料诸多特殊性质的本质原因，并总结了其潜在的应用领域。

本书由国际上相关领域的著名学者撰写而成，系统地介绍了纳米金属、半导体纳米晶、纳米陶瓷等各类重要的纳米材料及其光、电、磁、催化性质等特性和各种表征方法、评价手段等。在系统地总结国际上最新研究成果的基础上，深刻而科学地阐明了纳米材料特性的本质原因，具有很高的理论水平和重要的现实指导意义。

本书可作为相关专业的高年级本科生和研究生的教材，也可供从事纳米科技领域研究工作的科学研究人员参考。

目 录

第 1 章 纳米技术概论	1
1.1 纳米导论	1
1.2 物质处于化学和固态物理学之间的新领域	5
1.3 纳米材料的历史背景	7
1.4 纳米材料的分类	9
参考文献	11
第 2 章 金属	13
2.1 引言	13
2.1.1 结构和键合	13
2.1.2 性能	15
2.2 尺寸的缩小	17
2.2.1 概述	17
2.2.2 与尺寸有关的性质	19
2.2.3 应用	32
2.3 金属纳米粒子的合成和结构	35
2.3.1 概述	35
2.3.2 气相合成	36
2.3.3 化学合成	37
2.4 排列方式	41
2.4.1 三维排列	41
2.4.2 二维排列	43
2.4.3 一维排列	44
参考文献	50
第 3 章 半导体纳米晶体	53
3.1 引言	53
3.2 量子点半导体的研究背景	53
3.3 反胶束溶液的研究背景	54

3.4 合成	55
3.4.1 球状纳米晶体的合成	55
3.4.2 三角形纳米晶体的合成	56
3.5 碲化镉纳米晶体	56
3.6 CdS 纳米晶体	57
3.6.1 球状纳米晶体	57
3.6.2 三角形 CdS 纳米晶体	58
3.7 半导体合金	61
3.7.1 $\text{Cd}_{1-y}\text{Zn}_y\text{S}$ 固溶体	61
3.7.2 II-VI 型弱磁性半导体	61
3.8 Ag_2S 纳米晶体的二维和三维超晶格	68
3.9 结论	71
致谢	72
参考文献	73
第 4 章 陶瓷	76
4.1 引言	76
4.2 合成	78
4.2.1 物理/气溶胶法	79
4.2.2 化学方法	85
4.3 键	92
4.3.1 概述	92
4.3.2 缺陷	93
4.3.3 金属氧化物	94
4.3.4 SiC 和 SiN	96
4.3.5 TiO_2	97
4.3.6 其他	98
4.4 选择性	98
4.4.1 化学性质	99
4.4.2 物理/力学特性	100
参考文献	102
第 5 章 金属纳米粒子：双电层、光学特性和电化学	108
5.1 引言	108
5.2 胶体稳定性	109
5.2.1 胶体粒子周围的双电层	109

5.2.2	扩散层	113
5.2.3	微米粒子的扩散层	114
5.2.4	纳米粒子的扩散层	115
5.2.5	纳米粒子的稳定性	116
5.3	电荷迁移	119
5.3.1	传质控制反应	119
5.3.2	活化控制的电子迁移	122
5.3.3	金属胶体上氢的生成	124
5.4	光学性能	127
5.4.1	胶体的光吸收	127
5.4.2	自由电子金属的简单介电响应	128
5.4.3	尺寸的影响	131
5.4.4	溶剂折射率的影响	132
5.4.5	电子迁移和等离子波带的位移	135
5.4.6	温度的影响	136
5.4.7	核-壳结构粒子	138
5.5	胶体电化学	142
5.5.1	电极-胶体平衡	142
5.6	结论	145
	致谢	147
	参考文献	147
第 6 章	磁学	149
6.1	引言	149
6.2	基本概念	149
6.2.1	磁学的原子起源	149
6.2.2	磁变量和单位	150
6.2.3	磁化系数和磁导率	151
6.3	磁性材料	152
6.3.1	抗磁性	155
6.3.2	顺磁性	156
6.3.3	铁磁性	160
6.4	铁磁性材料的磁现象	170
6.4.1	磁的各向异性	170
6.4.2	磁畴	172

6.4.3 磁滞现象	173
6.5 小颗粒的磁性	176
6.5.1 单畴粒子	176
6.5.2 单畴粒子的矫顽力	177
6.5.3 超顺磁性	180
6.5.4 小粒子的矫顽力	184
6.6 对纳米尺度磁学的某些问题的讨论	186
符号术语表	192
参考文献	193
第7章 纳米晶体的化学性质与催化性能	195
7.1 引言	195
7.2 纳米催化材料	197
7.2.1 金属	197
7.2.2 最新进展	199
7.3 纳米结构的吸附剂	208
7.3.1 金属	208
7.3.2 尺寸可控的孔材料	209
7.3.3 球形纳米晶体	212
7.4 作为新型化学试剂的纳米粒子	212
7.4.1 金属	212
7.4.2 金属氧化物反应	214
7.4.3 纳米复合高聚物	219
7.4.4 流体、油墨和染料	220
7.4.5 嵌段共聚物和树枝状聚合物	221
7.4.6 纳米晶超晶格	221
7.5 结论	222
参考文献	223
第8章 纳米晶体材料的比热容和熔点	227
8.1 引言	227
8.2 比热容	227
8.2.1 多晶材料的比热容	228
8.2.2 纳米晶体的比热容	230
8.3 纳米材料的熔点	233
8.3.1 纳米材料熔点的热力学预测	233

8.3.2 用原子振动来描述纳米材料的熔融温度	235
8.4 结论	238
参考文献	238
第9章 纳米晶体的应用	239
9.1 引言	239
9.2 历史背景	239
9.3 结构和力学材料	240
9.4 染料和颜料	241
9.5 生物医学应用	242
9.6 电子学和磁学应用	243
9.7 结论	244
中英文对照	245

第 1 章 纳米技术概论

KENNETH J. KLABUNDE

1.1 纳米导论

据说, 纳米是“在长度尺度上的一个有魔力的点, 因为在该点处最小的人造器件与自然界的原子和分子结合在一起^[1]”。

实际上, “纳米技术热潮”正在席卷科学和工程的各个领域。人们正逐渐地意识到化学家、诺贝尔奖得主 Richard Smalley 的预言: “让我们拭目以待——下个世纪将令人难以置信, 我们将通过逐个原子, 在尽可能小的尺度上来合成物质, 这些微小的纳米物质将使我们的工业和生活发生翻天覆地的变化^[2]”。

最近, 在美国国家科学基金会给总统科技政策办公室提交的一份报告中这样描述: “纳米科学和技术将在 21 世纪改变几乎所有人造物质的本质^[3]”。

而究竟是什么样的纳米物质将会改变我们生活呢? 也许, 阐述这些可能性的最好方法就是列出纳米技术有望影响的主要领域。

(1) 药剂

有可能创制出具有“细胞中的药房”的生物分子^[1], 它可以针对来自病变细胞的病变信号释放出抗癌的纳米粒子或化合物。

(2) 治疗的药物

目前, 通过把一般药物简单地纳米化来生产新的固态药是有可能的。这些微小颗粒的高比表面积使它们能溶于通常微米级或更大的颗粒所不能溶的血液中。由于超过 50% 的新药配方可能是因溶解度的问题而不能投放市场, 所以这种简单的药物纳米化的方法就为药物合成和应用开辟了新的广阔的可能性^[3]。

(3) DNA 标识和 DNA 片段

采用纳米粒子分析 DNA 已有可能通过在 DNA 序列上包覆金纳米粒子来实现。当这些金纳米颗粒置于互补的 DNA 中时, 会发生交联 (交配) 现象, 这使胶态金颗粒聚集, 最后发生颜色的变化^[4,5]。

现已建立了检测和帮助识别 DNA 样本的微型排列, 这是通过制造拥有多达 10 万个不同的已知 DNA 序列的装置来实现的。当未知的目标 DNA 序列与任一 DNA 片段的排列相匹配时, 交联 (交配) 就会发生, 未知序列就可根据其排列中的位置被识别^[3]。

(4) 信息储存

超细染料颗粒由于其颜色、应用范围和颜色牢固性的特点常常可生成较高质量的油墨^[6]。“纳米笔”(原子力显微镜探头)可以写出小至 5 nm 的字^[1]。

事实上, 在现今的视听录像带和磁盘领域, 纳米粒子也有了用武之地, 因为录像带和磁盘是依赖于超细粒子的磁学和光学性质的。随着颗粒尺寸越来越小以及磁性矫顽力和光学吸收的可控性的发展将产生更进一步的进展, 所以生产更高密度的存储介质应是可能的^[6]。

(5) 冷藏

在小尺度上, 我们已经验证了熵的优势可在磁性粒子场的逆转中获得。因此, 一旦施加磁场, 磁性材料的熵就会发生变化, 而如果保持隔热条件, 磁场的应用将会导致温度的变化。这种温度的变化 (ΔT) 是磁热效应, 其大小依赖于磁化时的磁力矩、热容和温度。如果我们可以获得具有大磁力矩和足够矫顽力的纳米粒子, 利用磁热效应的冷藏方法就可能具有实用价值^[7]。

无需制冷流体 (氟利昂, HFC 等) 的磁性纳米粒子冰箱已吸引了许多研究者, 如果它研究成功, 就可能会给社会和环境带来巨大的好处。

(6) 化学/光学计算机

金属或半导体纳米粒子的二维或三维的有序排列显示出独特的光学和磁学性质, 这些材料在电子工业的众多领域 (包括光学计算机) 中具有巨大的应用前景^[8,9]。

(7) 改良的陶瓷和绝缘体

对纳米陶瓷粒子的压结会产生更有弹性的固体, 显然, 这是由于存在大量的晶粒边界^[3,10]。而压结技术的进一步发展有助于合成高密度的非孔材料, 这些新材料可能在许多场合取代金属。

(8) 更坚硬的金属

纳米化的金属颗粒在压缩成固体后会展现出不同寻常的表面硬度, 有时其硬度高达普通微晶金属的 5 倍^[3,10]。

(9) 薄膜前躯体

与在油墨中的应用相类似, 当纳米液态金属胶体溶液用做喷涂涂料时可作为形成金属薄膜的前躯体使用^[11]。特别地, 采用金-丙酮胶体已实现了银制品的镀金^[12,13]。

(10) 环境/绿色化学

- 太阳能电池 带隙大小可调的半导体纳米粒子具有制备更加有效的太阳能电池的潜力,该太阳能电池既可用于光伏电池(电的生产),也可用于水的裂解(氢的生产)^[14,15]。

- 环境治理 光激发半导体超细粒子能产生有利于污染物氧化和还原的电子空穴对,以用于污水的净化^[14~16]。

- 水的净化 在含水环境中,反应性的金属超细粉末(Fe, Zn)对氯化化合物显示出高的反应活性,这导致了多孔金属粉末-沙膜在地下水处理方面的成功应用^[17]。

- 相消吸附剂 纳米化的金属氧化物显示出固有的高表面反应活性和大表面积,并能强烈地化学吸附酸性气体和极性有机物。由于可离解的化学吸附是常见的,这些新材料就被称做“相消吸附剂”。它们可用于反化学和生物战^[18],空气净化^[19],以及有毒物质的焚化^[20]。

(11) 催化剂

成功的催化工艺过程经过60多年的发展,已形成了一个重要工业,它产生的经济效益至少占了国民生产总值(GDP)的20%^[21]。

纳米结构材料化学内涵的重要意义是指异相催化依靠于金属纳米粒子。其粒子尺寸(指作为衡量处于催化剂表面,可与反应物反应的金属原子部分的比例分布)和形貌(指可引起粒子表面反应活性增强的晶面、边缘、角、缺陷等)对催化性能影响的研究已经成为热门领域并将继续下去。

(12) 传感器

指通过低负荷压结法合成的半导体纳米粒子的多孔聚集体。这些材料保持了它们的高表面积,同时当它们吸附不同气体时,它们的电导性会发生变化。与普通工艺压结的粉末相比,由于该材料每单位质量吸附被检测气体(如二氧化硫)的量更多,因而电导性的变化更为明显。因此纳米粒子应用于传感技术具有相当大的优势。

(13) 容错的化学辅助构件

如果电子器件的尺寸继续快速地缩小下去,几十年后电子器件就将达到分子的大小。然而,当尺寸达到分子尺度或纳米尺度时,这些电子器件就成为量子力学意义上的物质,这意味着基于这些器件的物理学将发生巨大的变化。同时制造工艺也必将发生巨大的改变。一种设想是通过分子电子学实现这一转变,此时分子将不得不作为量子电子器件,并被合成和自组装成有用的电路。而近来的努力也已有所成就;例如,人们已测量了单一的固定苯-1,4-硫醇分子的电性能^[22]。此外,实验合成了采用轮烷分子制作的分子开关^[9,23]。

(14) 纳米电极

纳米金属晶体可使用快速的电沉积法来生长,这是因为电沉积有很快的成核速率,并因此减缓了晶体(晶粒)的生长。像铁这样的磁性金属可形成具有软磁性的稠磁固体(具有低矫顽力和高饱和磁化强度),这些材料非常适合用于变压器中^[24,25]。

(15) 改良的聚合物

纳米粉末加到聚合物基体中会产生神奇的影响。纳米粉末可以以超细颗粒,针状结构或板状形式存在。由于纳米粉末具有补强作用,因而聚合物的强度会大大增加。

纳米粉末的补强机理目前还不清楚。然而,随着进一步的研究,对聚合物和塑料改进后的潜在结果是显而易见的。通过补强,我们有望得到更硬、更轻的材料,如耐磨轮胎、耐磨涂料、身体部件的替代品、阻燃塑料、金属替代品等等^[3]。

(16) 具有自清洁功能和特种颜色的涂料

当涂料掺杂了吸光性的纳米粒子如 TiO_2 时,涂料就有自清洁功能,这已得到验证^[3]。其机理与 TiO_2 在水中引起污染物的光氧化有关。粘附在涂料上的有机油脂类材料,会被纳米 TiO_2 因吸收太阳光而形成的电子空穴对氧化。这样,有机物就会从漆膜上被除掉。令人惊奇的是,该涂料本身不会受到这种强力氧化/还原对的影响,但这种涂料的寿命可能短于没有掺杂 TiO_2 的纳米粒子的涂料。

另一个有趣的发展是将纳米金粒子应用到涂料中,金纳米粒子特殊的光学性质会使涂料形成漂亮的金属状淡红色^[26]。

(17) 智能磁流体

铁流体是一种胶体溶液,它含有通过表面活性剂配体稳定的微小磁性粒子。自从 20 世纪 60 年代以来,铁流体已为人所熟知,它在真空密封,高黏度气闸和除污密封方面有着重要的应用。随着进一步改进,其他应用也会变得重要,如作为冷却流体、纳米轴承、磁控热导体以及磁性酸等应用于采矿业中的矿石分选以及废金属分离等^[3,27]。

(18) 更优异的电池

在锂离子电池中,纳米材料已被证明具有很大的优势。例如,富士公司的研究者发现把纳米锡晶体(7~10nm)放入由玻璃形成的无定形基质中就能产生被无定形氧化物网络包围的纳米锡晶岛,在这样的电极中可以保持导电性。这种纳米结构材料的优势在于在从锡中掺入和除去锂的过程中,玻璃的开放式结构有助于提供与体积膨胀有关的张力。而且,人们认为锡的纳米晶的特性会阻止形成对电池有害的 Li-Sn 合金体积相^[3,28]。

纳米结构材料还有其他优点,如 Li_2CO_3 和 NiO 的快速反应会形成期望的混合氧化物^[29]。Dragieva 和其合作伙伴已合成出了一系列的镍-金属-氢 (Ni-M-H) 电池,他们是借助于氢化硼在水中的还原而形成镍纳米粒子来实现的^[30]。

总之,制备能形成高比表面积电极的金属纳米晶的能力有某些固有的优势,这一领域必将会有进一步的进展。

(19) 增进国家安全

高表面积的反应性纳米粒子作为相消吸附剂可用于清除化学和生物战中试剂的污染,这些吸附剂的使用已证明是非常有效的,它们能快速反应而几乎没有后续的问题^[31~32]。

利用固结的纳米晶的独特吸附性质,可以生产适用于毒物通过风媒和水媒传播的环境中的传感器。事实上在许多领域,通过纳米技术在电子学、光学、催化剂和吸附剂方面的进展可以实现国家安全的增进。

(20) 小结

显而易见,纳米技术对社会、环境和整个世界有着巨大的潜在收益。在此对其中一些只做了简要的描述,但仍有一部分没有涉及。

第2~9章将对纳米材料化学及其相关领域进行更详细的阐述。在此之前,从一个更学术的角度探讨纳米粒子具有独特性质的原因是颇为合适的。

1.2 物质处于化学和固态物理学之间的新领域

对纳米技术进行多方权衡后,将纳米世界置于基础科学的范畴似乎是合适的。化学是研究原子和分子的,是一个研究的物质的尺寸普遍小于 1nm 的领域;而凝聚态物理涉及的是由无限的键合原子或分子排列所形成的尺寸大于 100nm 的物质,在这两个领域之间存在一个显著的断层。图 1.1 显示了这个断层,这种断层指的是研究对象尺寸为 $1\sim 100\text{nm}$ 之间的粒子,或大约每个由 $10\sim 10^6$ 个原子或分子构成的粒子形成的领域^[33,34]。

在纳米尺度领域里,量子化学和传统的物理定律是不适用的^[2]。在强化学键存在的材料里,价电子的离域是广泛的,离域的程度随体系尺寸的不同而变化。这种效应,与由于尺寸变化而引起的结构变化协同作用,会导致依赖于尺寸不同的化学和物理性质。实际上,业已证明材料的很多性质依赖于纳米粒子的尺寸,这些性质包括磁性质、光学性质、熔点、比热容和表面反应性。此外,当这样的超细粒子固结为大尺寸的固体时,这些大块材料有时就会表现出一些新的性质(例如,塑性增强)。