

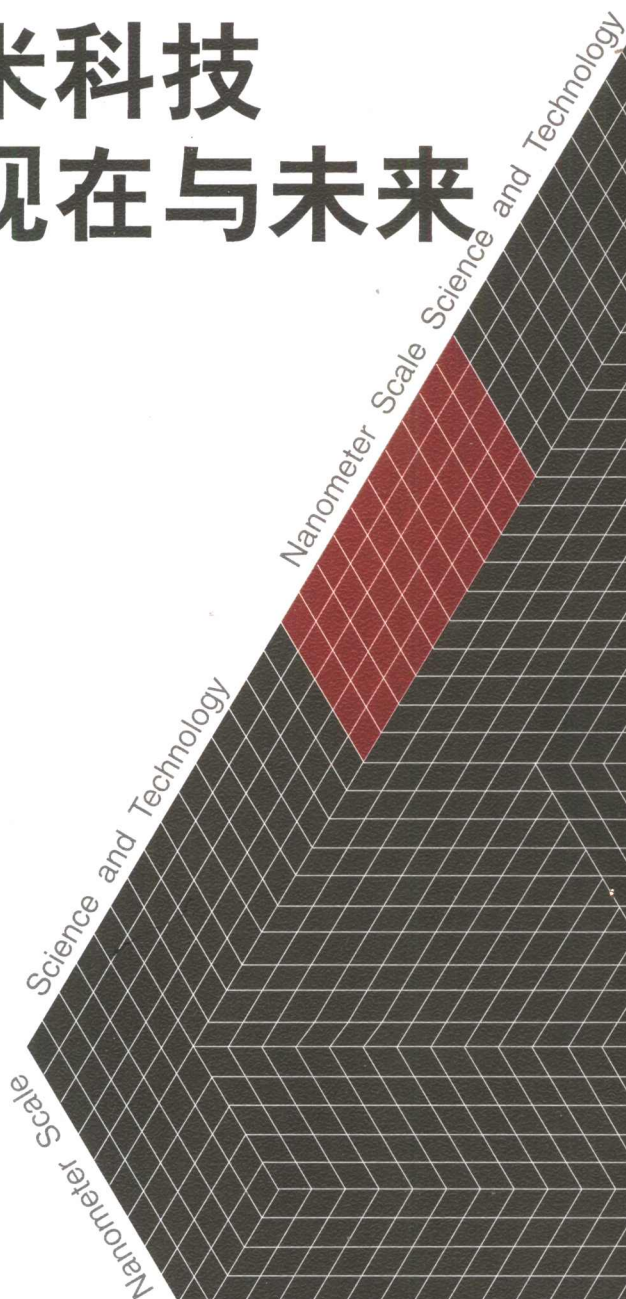
白春礼 著

纳米科技 现在与未来

Nanometer Scale Science and Technology

Science and Technology

Nanometer Scale Science and Technology

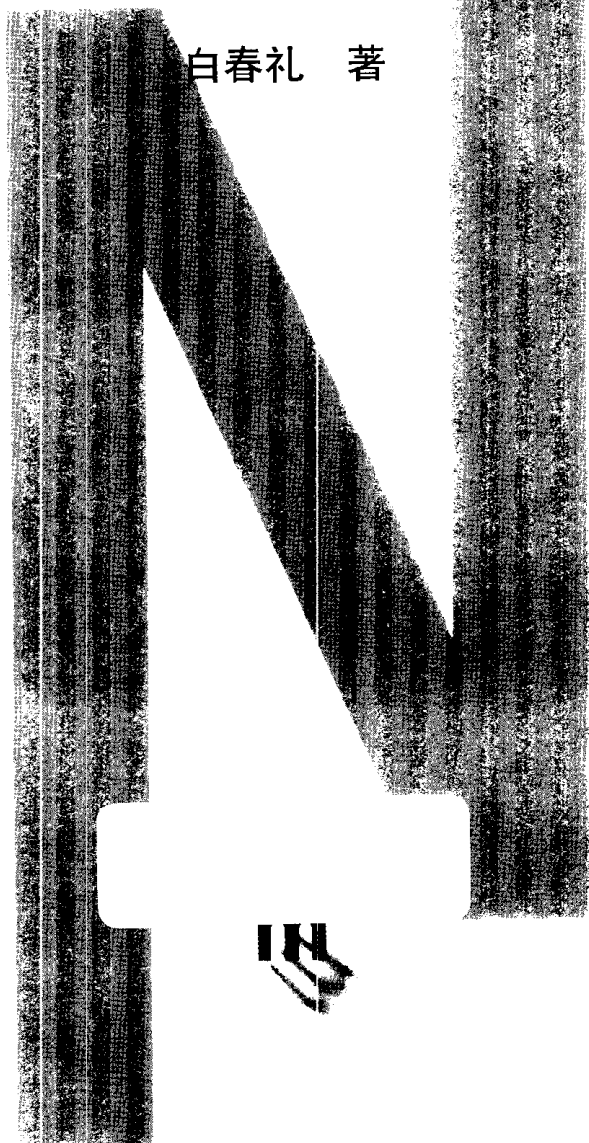


713.383
V316

Nanometer Scale Science and Technology

纳米科技现在与未来

白春礼 著



四川教育出版社

2001年·成都

图书在版编目(CIP)数据

纳米科技现在与未来/白春礼著. —成都: 四川教育出版社,
2001

ISBN 7-5408-3600-8

I. 纳... II. 白... III. 纳米材料—技术
IV. TB383

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第047259号

责任编辑: 刘 玲

装帧设计: 顾求实 何一兵

责任印制: 姜 卫

责任校对: 王立戎

纳米科技现在与未来 白春礼 著

出版发行: 四川教育出版社
(益道街3号 邮政编码: 610012)

制 版: 四川美达柯式印刷制版有限公司

印 刷: 四川新华印刷厂
(人民北路一段16号 邮政编码: 610081)

版 次: 2001年7月第1版
2001年7月第1次印刷

开 本: 880mm × 1235mm 1/32

书 号: ISBN 7-5408-3600-8/G · 3377

印 张: 5.25

印 数: 5000册

定 价: ¥48.00元

绪 论 8

- 一、引言 9
- 二、纳米尺度的定义 14
- 三、纳米科技概念的提出 16
- 四、纳米科技的重要意义 18
- 五、纳米科技的研究领域 25

目 录

N a n o m e t e r S c a l e S c i e n c e a n d T e c h n o

纳 米 材 料 27

- 一、纳米材料的结构特点 28
- 二、纳米材料的优异性能 30
 - 1. 表面效应与化学活性 30
 - 2. 小尺寸效应与光学、电学、磁学、力学特性 31
 - 3. 吉布斯-汤姆逊效应与热力学特性 40
 - 4. 量子尺寸效应与隧道效应 40
 - 5. 超双亲与超双疏特性 41
- 三、纳米材料的研究方向 42
 - 1. 纳米晶合金软磁功能材料 46
 - 2. 纳米晶稀土永磁材料 46
 - 3. 纳米金属润滑添加剂 47
 - 4. 纳米磁性液体 43
 - 5. 纳米陶瓷材料 43
 - 6. 纳米复合材料 49
 - 7. 纳米材料及结构的设计与模拟 55
 - 8. 纳米材料的应用开发 56

纳 电 子 技 术 与 纳 米 器 件 60

- 一、纳电子技术 61
- 二、纳米器件的制作路线 63
- 三、纳米计算机与分子器件 71
- 四、量子器件 73
- 五、纳米级高密度信息存储技术及器件 81
- 六、纳米光电子器件 84
 - 1. GaN基光电器件与新一代照明光源 86
 - 2. 自组装量子点及其发光器件 86
 - 3. 硅基纳米发光器件 89
 - 4. 纳米探测器件 89
 - 5. 纳米光子器件 89
 - 6. 单分子、团簇场致发射器件 90
 - 7. 相干光电子器件 90
- 七、纳米生物器件与纳米生物医学技术 91
 - 1. 纳米生物分子器件 91
 - 2. 纳米生物医学技术 97

纳 米 尺 度 的 检 测 与 表 征 106

- 一、单原子、分子尺度的观察 108
- 二、扫描探针显微镜对表面的纳米级加工 118
- 三、原子和分子的操纵与“量子幻影” 122
- 四、分子识别与纳米微区各种性质的检测 129
- 五、新方法和新技术的研发 131

附 录 135

国外纳米科技战略部署 136

后 记 167

TB383
1316

Nanometer Scale Science and Technology

纳米科技现在与未来

白春礼 著



A1057817



四川教育出版社

2001年·成都

图书在版编目(CIP)数据

纳米科技现在与未来/白春礼著. —成都: 四川教育出版社,
2001

ISBN 7-5408-3600-8

I. 纳... II. 白... III. 纳米材料—技术

IV. TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047259 号

责任编辑: 刘 玲

装帧设计: 顾求实 何一兵

责任印制: 姜 卫

责任校对: 王立戎

纳米科技现在与未来 白春礼 著

出版发行: 四川教育出版社
(盐道街 3 号 邮政编码: 610012)

制 版: 四川美达柯式印刷制版有限公司

印 刷: 四川新华印刷厂
(人民北路一段 16 号 邮政编码: 610081)

版 次: 2001 年 7 月第 1 版
2001 年 7 月第 1 次印刷

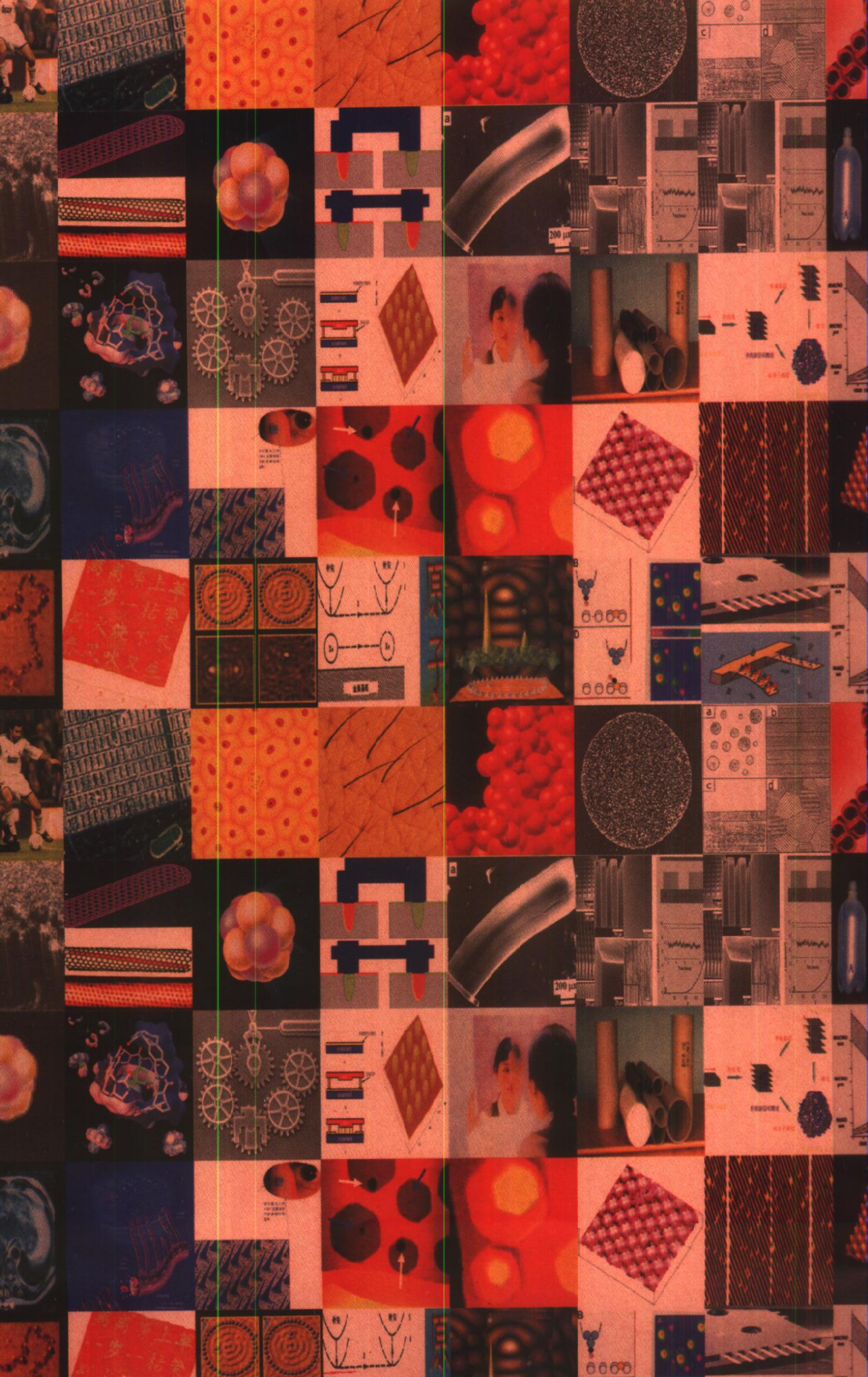
开 本: 880mm × 1235mm 1 / 32

书 号: ISBN 7-5408-3600-8/G · 3377

印 张: 5.25

印 数: 5000 册

定 价: ¥48.00 元



绪 论 8

- 一、引言 9
- 二、纳米尺度的定义 14
- 三、纳米科技概念的提出 16
- 四、纳米科技的重要意义 19
- 五、纳米科技的研究领域 25

目 录

N a n o m e t e r S c a l e S c i e n c e a n d T e c h n o

纳 米 材 料 21

- 一、纳米材料的结构特点 23
- 二、纳米材料的优异性能 32
 - 1. 表面效应与化学活性 32
 - 2. 小尺寸效应与光学、电学、磁学、力学特性 31
 - 3. 吉布斯-汤姆逊效应与热力学特性 40
 - 4. 量子尺寸效应与隧道效应 46
 - 5. 超双亲与超双疏特性 47
- 三、纳米材料的研究方向 45
 - 1. 纳米晶合金软磁功能材料 46
 - 2. 纳米晶稀土永磁材料 46
 - 3. 纳米金属润滑添加剂 47
 - 4. 纳米磁性液体 48
 - 5. 纳米陶瓷材料 48
 - 6. 纳米复合材料 49
 - 7. 纳米材料及结构的设计与模拟 55
 - 8. 纳米材料的应用开发 56

纳 电 子 技 术 与 纳 米 器 件 60

- 一、纳电子技术 61
- 二、纳米器件的制作路线 63
- 三、纳米计算机与分子器件 72
- 四、量子器件 73
- 五、纳米级高密度信息存储技术及器件 87
- 六、纳米光电子器件 88
 - 1. GaN基光电器件与新一代照明光源 88
 - 2. 自组装量子点及其发光器件 86
 - 3. 硅基纳米发光器件 89
 - 4. 纳米探测器件 84
 - 5. 纳米光子器件 83
 - 6. 单分子、团簇场致发射器件 90
 - 7. 相干光电子器件 90
- 七、纳米生物器件与纳米生物医学技术 91
 - 1. 纳米生物分子器件 91
 - 2. 纳米生物医学技术 91

纳 米 尺 度 的 检 测 与 表 征 106

- 一、单原子、分子尺度的观察 108
- 二、扫描探针显微镜对表面的纳米级加工 113
- 三、原子和分子的操纵与“量子幻影” 122
- 四、分子识别与纳米微区各种性质的检测 129
- 五、新方法和新技术的研发 131

附 录 135

国外纳米科技战略部署 136

后 记 167



白春礼副院长在国家科学教育领导小组举办的科技知识讲座上作题为“纳米科技及其发展前景”的学术报告



作者简介

白春礼，男，1953年9月26日出生。中国科学院副院长，中国科学院院士，第三世界科学院院士。现兼任国家纳米科技指导协调委员会首席专家，中国科学院纳米科技中心学术委员会主任。

从20世纪80年代中期在美国开始从事纳米科技的重要领域——扫描探针显微学的研究，回国后于1987年组建了扫描隧道显微学实验室，1994年组建中国科学院纳米科技青年实验室。在此领域获5项国家专利，并出版中英文著作10部，在国内外发表学术论文250余篇。其中包括《扫描隧道显微术及其应用》(1992)、《原子和分子的观察与操纵》(1994)、《纳米科学与技术》(1995)、《扫描力显微术》(2000)、《单分子科学与技术》(2000)等。

现还兼任中国科协副主席、中国化学学会理事长、中国材料学会副理事长、中国青年科技工作者协会会长等职，获得20余项国家及院部级奖励。

者

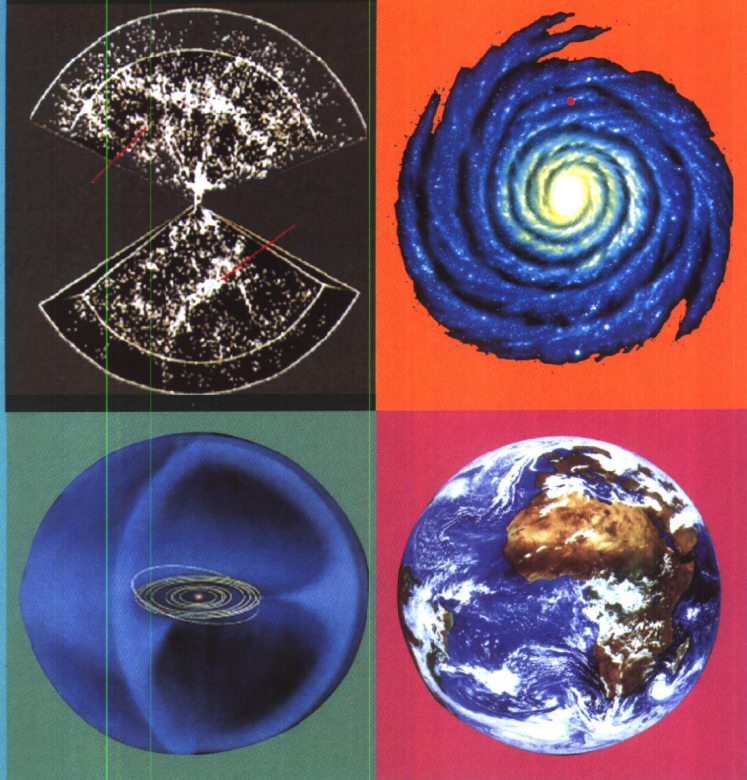
勾

一、引言

著名的科学家爱因斯坦曾说过：“未来科学的发展无非是继续向宏观世界和微观世界进军。”

所谓宏观，是指所研究的对象尺寸很大，例如肉眼所见的物体、人类所居住的地球，乃至行星、恒星、太阳系、银河系等天体。随着科学技术的发展及新型天文观测仪器的出现，人们对宏观世界的探索不断延伸，目前人类已观测到的宇宙的大致范围为 10^{26}m （约为10亿光年）。描述宏观物体的运动及有关现象的科学领域也已经建立起来，如天文学、空间科学、地球科学、力学等。在宏观的时间和空间坐标中上限是无限的，需要科学家不断地向宇宙深处探索，而下限是有限的，一般把人类肉眼可见的物体作为宏观尺度的最小物体。

所谓微观是指构成世界万物的分子、原子以及原子内部的原子核、电子，比原子核更小的基本粒子，例如中子、质子等（按照粒子物理的标准模型，粒子世界是由62种粒子构成，其中有60种的存在已被实验证实）。在微观的时空内，上限一般定义为原子和分子，但下限也是无穷尽的。人类目前所研究的物质世界的最小尺度为 10^{-16}m （即0.1阿米，夸克的大小），时间尺度已缩短到飞秒（ 10^{-15} 秒）以下的数量级。一些描述微观体系的学科领域相继建立，如原子核物理、粒子物理、量子力学、飞秒化学等。如果将人类所研究的物质世界对象按照人类的尺度来衡量，图1将给出一个清晰的概念。



①	②
③	④

- ① 10^{26}m 约10亿光年人类已观测到的宇宙大致范围
 ② 10^6m 约10万光年可看到银河系的全貌
 ③ 10^{14}m 1000亿千米可看到冥王星的完整轨道
 ④ 10^7m 1万千米可分辨地球的一部分

图1 以长度单位(m)为坐标的人类所研究的物质世界尺度



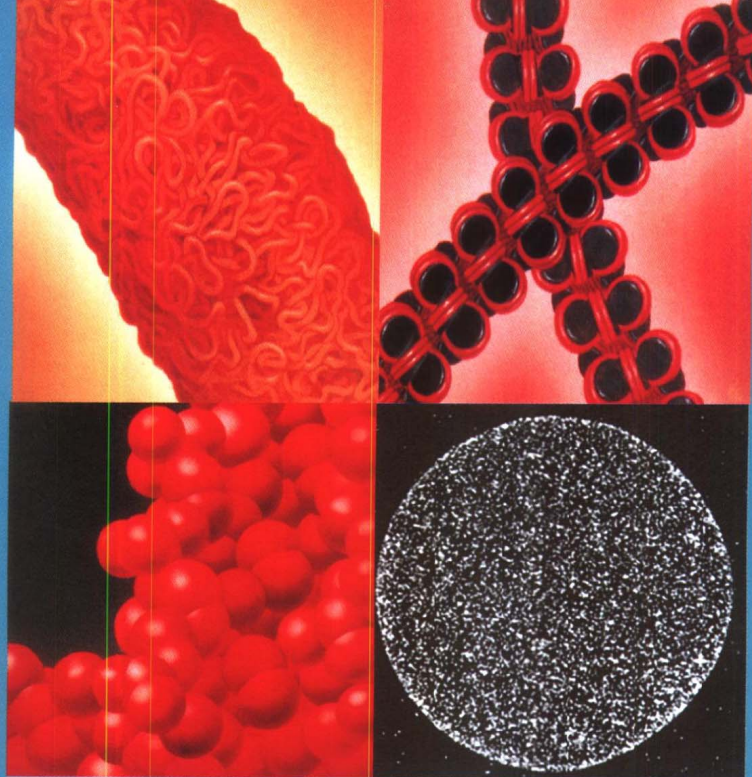
⑤	⑥
⑦	⑧

⑤ 10^3m 1千米可分辨城市居民区的建筑排列

⑥ 10^1m 10米可看清在足球场上的人

⑦ 10^{-2}m 1厘米可分辨皮肤表面皱纹的局部

⑧ 10^{-6}m 100微米可分辨人体细胞，大小约17微米



①	②
③	④

- ① 10^{-6}m 1微米可看到染色体中聚集的染色质
 ② 10^{-7}m 100纳米可分辨染色质的两部分
 ③ 10^{-8}m 1纳米可分辨DNA的分子结构
 ④ 10^{-10}m 1000皮米可看到电子云笼罩下的原子轮廓

图1 以长度单位米(m)为坐标的
人类所研究的物质世界尺度