

美国纳米技术 创新进展

张明龙 张琼妮 ◎著

UO NAMI JISHU CHUANGXIN JINZHAN



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

美国纳米技术创新进展

张明龙 张琼妮 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

美国纳米技术创新进展/张明龙, 张琼妮著—北京: 知识产权出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-5130-2672-7

I. ①美… II. ①张… ②张… III. ①纳米技术—研究—美国 IV. ①TB383

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 060088 号

内容提要

本书以新世纪美国纳米技术领域的创新活动为研究对象, 从媒体报道和科技成果管理部门搜集和整理资料, 博览与之相关的论著, 在充分研究原始资料的基础上, 提炼出典型材料, 细加考辨, 取精用宏, 实现同中求异、异中求同, 精心设计成美国纳米技术创新进展的分析框架。本书分析了美国在纳米原理、纳米性质、纳米结构与功能、纳米制造及产品、纳米技术与设备等方面取得的创新成果, 并分析了美国在电子信息、光学、材料、能源、生命健康、航空航天和环境保护等领域纳米技术的创新进展状况。本书内容深入浅出, 通俗易懂, 宜于雅俗共赏。

本书适合科技开发与管理人员、企业界人士、政府机关工作者和高校师生阅读。

责任编辑: 王 辉 责任出版: 刘译文

美国纳米技术创新进展

MEIGUO NAMI JISHU CHUANGXIN JINZHAN

张明龙 张琼妮 著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司	网 址: http://www.ipph.cn
电 话: 010-82004826	http://www.laichushu.com
社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号	邮 编: 100088
责编电话: 010-82000860 转 8381	责编邮箱: wanghui@cnipr.com
发行电话: 010-82000860 转 8101/8029	发行传真: 010-82000893/82003279
印 刷: 北京市凯鑫彩色印刷有限公司	经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店
开 本: 720mm×960mm 1/16	印 张: 27.5
版 次: 2014 年 6 月第 1 版	印 次: 2014 年 6 月第 1 次印刷
字 数: 448 千字	定 价: 89.00 元

ISBN 978-7-5130-2672-7

出版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

纳米技术表现为,采用单个原子或分子来制造物质产品的一种工艺方法。同时,它还研究产品结构大小,在 0.1 至 100 纳米范围内材料的性质和应用。纳米技术是现代科技的一项综合产物,它体现着混沌物理、介观物理、量子力学、分子生物学等现代科学思想,体现着计算机技术、微电子技术、光子扫描隧道显微镜技术、核分析技术等现代技术工艺。同时,它的发展,又会导致一系列新颖科技成果的诞生,并促使科学技术朝着纵深挺进,形成纳米物理学、纳米化学、纳米生物学、纳米电子学、纳米光子学、纳米计量学,以及纳米制造技术、纳米加工技术、纳米组装技术等新理论。

作为世界头号科技强国的美国,高度重视发展纳米技术,多年来,在纳米技术研究开发方面,占据资金投入和人才供给优势,从而使其拥有的纳米技术及物质成果,一直保持世界领先水平。

1999 年,美国在学术界、工业界和政府部门遴选 150 多位专家,专题讨论本国纳米技术发展问题,进而确定这项技术的研究和发展方向,在此基础上,制定美国国家纳米技术研发的长期发展规划,用以指导全国纳米技术及其相关产业的发展。到 2003 年 12 月,布什总统签署《21 世纪纳米研发法案》,掀起美国纳米技术发展的新高潮,使纳米话题在美国备受人们关注,成为基础科学研究和应用技术开发的新热点,纳米产业也成为风险投资的一道热门风景线。

为了保证纳米技术快速成长、优势发展,美国采用的一项重要措施,是加强纳米技术领域的资金投入。2001 年,美国国家纳米技术发展规划的预算为 4.65 亿美元,到 2004 年猛增到 9.61 亿美元,在短短 3 年时间内实现投入资金翻一番。在美国联邦政府大力扶持纳米技术发展的同时,各州地方政府也努力推进当地的纳米产业建设,有关资料显示,2004 年美国各州投入纳米技术研发的科研经费,已达 4 亿美元。此外,美国企业

和其他私营部门在纳米技术领域的投资，更是十分可观，多年来，其资金量都超过联邦和地方政府的总和。

在高投入的刺激下，美国纳米技术新成果大量涌现，成为世界上申请有关纳米技术专利最多的国家，到 2005 年年初，美国已拥有近 8000 个纳米技术专利。这些专利主要集中在半导体材料及芯片、癌症诊断与治疗、光学新材料和生物分子追踪技术等方面。

近年来，在美国，纳米技术专利，推动纳米产品持续增长，并迅速进入生命周期的快速成长阶段，占据越来越大的消费市场份额。所谓纳米产品，是指在生产加工过程中，应用了纳米技术或纳米级原材料的制成品。目前，在美国市场上随处可见纳米产品，如纳米刀具、纳米玻璃、纳米布料、纳米染料、纳米黏合剂等。美国有个专门统计纳米技术产品的机构，2006 年 3 月，开始建立全球首个在线纳米技术产品目录时，产品总数只有 212 种。到 2008 年 4 月 28 日，它发布的已登记纳米消费产品目录，已上升到 609 种。这段时间里，平均每周有三四种新纳米技术消费产品进入美国市场。

2010 年以后，美国纳米技术向着更加广阔的纵深拓展，其中表现之一，是纳米产品原料来源更加丰富。此间，美国除了继续开发纳米级银微粒、碳纳米管、纳米级氧化锌、纳米级二氧化钛、纳米级硅、纳米级金微粒等纳米原料外，又动用大量科研力量和资金，集中研制典型纳米材料石墨烯，以及用它为原料生产的产品，并取得长足进展。就电子产品来说，2011 年开发出石墨烯晶体管、石墨烯集成电路，2012 年研制成超强功能石墨烯电容器，2013 年制造出全石墨烯无缝集成电路架构。

本书密切跟踪美国纳米技术研发的前沿信息，所选材料限于本世纪以来的创新成果，其中 98% 以上集中在 2004 年至 2013 年的十年期间，部分内容由于写作需要，适当向前面的年份延伸。本书披露了大量鲜为人知的纳米技术创新信息，可为遴选纳米技术研究开发项目和制定相关科技政策提供重要参考。

本书由 9 章内容组成，大体可以分为两个部分。构成第一部分的是第一章至第三章，主要从一般意义上阐述纳米技术领域的创新信息。第二部分，包括第四章至第九章，共有六章内容。先分章阐述电子信息、光学、新能源、新材料，以及生命健康领域纳米技术的新进展。最后一章，由于搜集到的材料有限，把航空航天和环境保护领域纳米技术的创新信息组合

在一起。本书的内容梗概大体如下：

第一章纳米原理与功能研究的新进展。美国在纳米原理研究领域的新成果：破解碳纳米管形成的奥秘，揭开“纳米金刚石”的秘密，用计算机模型预测纳米管破裂机制。直接观察纳米尺度下磁性原子的相互作用，发现铁电体的“敏感”来自其材料内部的混乱，发现可提高光电效能的黄金纳米粒子微观通道。在纳米尺度上研究爆炸物的内在机制，运用纳米原理首次打破黑体辐射定律。

美国在纳米性质研究领域的新成果：发现纳米量子点能够互相通讯，发现纳米管可释放电子，发现“纳米管水”近绝对零度时也不结冰。发现圆柱形纳米颗粒在病人体内运输药物效果优异，发现核糖核酸递送纳米粒子系统能关闭特殊基因，发现纳米粒子可伪装成血细胞对抗细菌感染。发现铁电纳米盘和纳米棒记忆存储新特性，发现纳米催化剂电荷转移的证据，首次证实微生物纳米线具有导电性。

美国在纳米结构与功能研究领域的新成果：发现高分子纳米复合材料的三维分子结构，发现纳米材料结构塑性形变的新现象，发现氢可调控氧化石墨烯的化学结构和特性，发现珠母贝的纳米级复杂结构。发现金纳米粒子可作为微小的加热器，发现金纳米粒子层可改善太阳能电池转换效率，发现石墨烯可成为防金属腐蚀的理想涂层。发现纳米级铁镍合金磁盘可杀死癌细胞，发现磁性纳米粒子和交变磁场可“联手”治癌，发现纳米银微粒能抗艾滋病病毒。

第二章纳米制造及产品的新进展。美国在纳米粒子制造领域取得的新成果：用纳米刻蚀技术研制出能充分伸展的单晶硅，研制出能增强光线的双层纳米晶体。利用 DNA 分子装配纳米颗粒，用纳米粒子与 DNA 按照设计制造出全新晶体，开发出可关闭疾病相关蛋白质的编程纳米粒子，制成可传递药物直入大脑的磁电纳米粒子。用碳纳米微粒巴基球研制抗辐射药物，用纳米粒子制造出半导体气凝胶。

美国在纳米管制造领域取得的新成果：研制成高性能纳米管，研制出数百米超长碳纳米管，提高微型磁纳米管实际效用。合成杀死细菌的纳米管，用碳纳米管仿制骨胶原纤维，用碳纳米管研制可感知冷热的人造皮肤。用纳米管制成晶体管，研制出纳米管存储器，开发出第一款碳纳米管集成电路，建成世界第一台碳纳米管计算机。用碳纳米管制成可快速分离水与油的过滤网，用碳纳米管制成类似壁虎脚底的黏合材料，制造出以碳

纳米管为基础的世界最小白炽灯。

美国在纳米产品制造领域取得的新成果：制作有助于测量机械张力的纳米图案，研制出世界第一辆单分子纳米汽车，给单分子纳米汽车装上发动机。制成运转速度最快的纳米级晶体管，制成世界上首个分子晶体管，研制出模拟生物生长的蛋白质纳米级电路，用纳米技术研制出可用于远程供电的微流体芯片，用纳米颗粒制造超级化学传感器，研制成功迄今频率最高的纳米振荡器。利用纳米微粒发明衣物自动清洁染料，发明使玻璃不起雾的纳米涂料，研制出钻石型分子结构的纳米级防护涂料，制造出世界上第一个纳米阀门，首次用纳米棒研制出能自愈聚合物凝胶。用纳米材料研制出超强的人造肌肉，开发出可快速检测高危血栓的纳米尿检试纸，研制出新的纳米银抗菌整理剂，发明能搭载细胞修复伤口的可降解纳米球。

第三章纳米技术与设备的新进展。美国在开发纳米技术领域的新成果：发明低温量子点纳米合成新技术，找到精确黏结纳米粒子的新方法，开发出控制药物载体纳米粒子形状的新方法，发明纳米粒子印刷组装技术，用 DNA 作为纳米粒子印刷模板的新技术。找到一种用活细菌制造纳米材料的技术，发明能控制纳米材料性质的合成技术，发明制造有序排列纳米纤维的技术，开发芯片生产中的自组装纳米技术。发明制造生物超材料的沾笔纳米光刻技术，开发生产碳纳米芯片的新技术，发明用纳米粒子在石墨样品上挖出世界最小隧道的技术。

美国在应用纳米技术领域的新成果：用纳米技术开发出“十字插锁”电子元件，利用纳米技术研制超导线，用纳米技术开发出可制造微型机器人的“铁磁纸”，用纳米技术研制出量子密码分发系统样机。用金纳米微粒开发新的医学成像技术，用纳米技术研制癌症快速检测生物芯片，研究纳米管进入癌细胞的新技术，用碳纳米管与红外射线共同治疗癌症。用纳米技术开发新型锂离子电池，用纳米技术研制出超薄太阳能电池，用纳米技术开发体内微型生物燃料电池，利用纳米技术生产生物燃料。用纳米技术开发出乙烯低温制备新方法。

美国在研制纳米设备领域取得的新成果：研制出简单价廉的纳米控制器，研制破解粒子快速排列难题的“纳米钢笔”，研制出世界最小的超微纳米刷。发明用于电子设备的纳米液体散热装置，研制出快速制造多层纳米级导电薄膜的自旋喷射系统。发明能操控单个细胞或纳米粒子的多功能声学镊子，开发出可测量单个细胞的纳米温度计，研制出含有纳米微粒的

体内肿瘤实时监控装置。

第四章电子信息领域纳米技术的新成果。美国微电子领域纳米技术的新进展：运用纳米技术开发出把光子和等离子体混合在一起的准粒子；研制出能诱捕、探测和操纵单个电子旋转的纳米量子设备，合成出捕获纳米离子的分子笼。研制成能自行重构电路的多维导控电流纳米材料，进一步完善铜纳米导线的制造方法。用纳米技术研制出首个高温电子自旋场效应晶体管，用纳米技术制成以单个苯分子为材料的分子晶体管，通过纳米技术研制出新型生物纳米电子晶体管。研制出世界首个纳米碳管电路开关，研制成以碳纳米管为基础的全晶片数字电路。研制出由单一碳纳米管构成的收音机，研制首例光能驱动的纳米发动机，研制成世界上首个单分子电动马达，发明为纳米设备充电的装置。

美国电子元器件领域纳米技术的新进展：把复合半导体纳米线成功整合在硅晶圆上，开发出纳米级砷化铟二维半导体量子膜，发明以纳米管为基础的固态超级电容器，研制出纳米级忆阻器芯片，研制出非硅基纳米级全门三维晶体管，研发有望突破摩尔定律限制的纳米级真空晶体管。用镍蒸汽制造可直接连接的纳米电子元件电路，用纳米技术开发出大规模集成电路低耗电化技术，拟用 DNA 纳米结构开发功能更强大的微处理芯片。

美国电子设备领域纳米技术的新进展：用纳米技术研制微型计算机，开发出提供巨大存储空间的纳米存储技术，推出可保存数据 10 亿年的存储芯片，推出世界首款可编程纳米处理器，用纳米技术研制新型非易失性铁电存储器。推出功耗最低的纳米功率运算放大器，试制新型“激声”放大器，研制出负折射率等离子纳米天线。

第五章光学领域纳米技术的新成果。美国光学研究与光学技术领域的纳米新成果：通过纳米技术用飞秒成像首次观察到等离子波运动，通过纳米技术首次证实二维半导体存在普适吸光规律。发明固体沉浸透镜纳米探针光刻技术，发明达到纳米级分辨率的光学显微成像技术，首次实现在纳米光缆中传输可见光，用纳米粒子发明可随意改变颜色的光电技术，用纳米技术提高光负折射率超材料性能。

美国光电子元器件领域纳米技术的新进展：用碳纳米管开发出光吸收率最高的材料，用纳米技术研制以光造激子为基础的电路，用纳米技术研制由光子电路元件组成的“超电子”电路。用纳米天线开发出发光真空管，利用纳米碳管成功研制出超亮发光二极管，开发纳米线紫外发光二极

管，开发出超快纳米级发光二极管。

美国光学仪器设备领域纳米技术的新进展：研制出具有超高分辨率的超材料纳米镜头，研制出新型 X 光纳米显微镜。研制出可用于激光器的高反射率纳米镜子，制造出高效的无阈值纳米激光器。研制成有机发光二极管“纳米显示器”，用纳米技术研制出首个可见光隐身斗篷。发明可捕获多种粒子的纳米光学天线，研制出迄今最薄的纳米捕光器。研制出纳米激光热电探头，用多壁碳纳米管“最黑”材料制成高精度激光功率检测器。发明把光子变为机械能的纳米装置，用纳米技术开发出彩色等离子偏振器。

第六章材料领域纳米技术的新成果。美国无机材料领域纳米技术的新成果：合成用于硅晶片抛光的球形陶瓷纳米材料，用石墨研制下一代纳米电子设备的碳素新材料，利用纳米技术发明能自我清洁的玻璃，借助纳米技术研制出按需透光的智能玻璃。

美国有机材料领域纳米技术的新进展：开发出纳米苯乙烯与丙烯共聚物纤维材料，用纳米技术发明高科技“智能纺织面料”，利用纳米技术研制抗菌防臭纺织品。研制出多功能可自我清洁的纳米塑料，发明可加快生物降解的纳米改良塑料，开发出性能优异的纳米电光聚合物。开发能粘接难连接材料的纳米黏合剂，发明超黏超薄的新型纳米胶。

美国复合材料领域纳米技术的新成果：研制可导电的纳米柔软复合材料，用纳米技术开发出抗撕裂的纺织复合材料，用硅胶纳米颗粒研制液态性防弹服材料。研制出聚合物与纳米粘土相结合的复合塑料，研制成用于防护和阻燃的粘土纳米复合织物。研发超强的碳基纳米纸复合材料，用纳米技术研制出光控碳基水凝胶。

美国典型纳米材料石墨烯研制的新进展：发现在石墨烯表面能激发出等离子体振子；开发印证摩尔定律的石墨烯新技术；推进石墨烯纳米电路技术研究，生产形状尺寸可控石墨烯量子点的新方法，研制出开关频率提高千倍的石墨烯晶体管，研制出有望替代硅晶片的首款石墨烯集成电路，制造出全石墨烯无缝集成电路架构。用石墨烯解决半导体材料的散热问题，研制出廉价石墨烯海绵传感器，研制出超快高敏石墨烯光电探测器。开发出石墨烯太赫兹设备样机，创造石墨烯太阳能电池能量转化率纪录，发明用“石墨烯筛子”淡化海水的新方法。

第七章能源领域纳米技术的新成果。美国电池领域纳米技术的新进

展：用纳米材料研制成轻薄柔韧的质纸锂电池，通过纳米新技术提高锂电池十倍的储电量和充电率，用碳纳米管制成可折叠纸基高密度锂离子电池。利用混合的纳米材料改进钠离子充电电池，采用纳米工艺制成可用甲醇的燃料电池。研制出成本低寿命长的“纸电池”，研制出采用三维纳米电极的新型电池。

美国太阳能开发利用领域纳米技术的新成果：研制出能捕获 90% 以上光能量的纳米太阳能薄片，研制出能让房屋外墙发电的纳米太阳能涂料。用纳米棒制成高质量新型管状太阳能电池，用硅纳米颗粒提升太阳能电池性能，用碳纳米管研制自我修复的太阳能电池，用纳米晶体制成可印刷的微型液体太阳能电池。发明可制造太阳能电池的纳米柱，研制出能降低硅太阳能电池成本的纳米锥。研制出增强纳米薄膜太阳能电池吸光技术，发明能大幅降低太阳能电池硅用量的纳米蚀刻技术。

美国氢能与其他能源领域纳米技术的新进展：用纳米管发明光电解水造氢新技术，用纳米粒子催化剂让制氢过程一氧化碳接近零排放，用纳米重力计发掘出新储氢材料。研制出可利用人体运动来发电的纳米纤维。制成碳纳米管增强型风电叶片。利用玉米棒芯制成纳米孔天然气储存装置。利用纳米技术使海藻细胞生产电流。试用纳米材料把放射线转换为电能。制成可把人体热量转换成电能的纳米“动力毡”热电装置。

第八章生命健康领域纳米技术的新进展。美国生命领域纳米技术的新成果：发明把 DNA 解链为纳米级有序结构的技术，纳米阵列技术使基因测序成本大幅度下降，研制出可测量单个 DNA 分子质量的纳米级设备，发明利用纳米通道精确检测 DNA 的新技术，发明纳米隧道电穿孔基因治疗技术。利用蛋白酶促使纳米微粒聚合，用纳米线研制出检测蛋白的新装置，利用纳米技术合成可修复皮肤疤痕的蛋白。发明能看清活细胞内活动的纳米成像技术，利用肌细胞与纳米技术相结合研制成功超微机器人，研发用于细胞疗法的可编程纳米机器人。研制出可称量病毒质量的纳米级超灵敏仪器，结合纳米和生物技术研制迅速检测隐秘细菌的检测装置，发明在纳米尺度上观察植物细胞壁的新方法。

美国癌症防治领域纳米技术的新进展：发明纳米导线检测癌症的新方法，发明快速检测癌症的纳米传感器，利用纳米粒子研制出体内肿瘤实时监测微型装置。利用纳米粒子运送基因治疗卵巢癌，开发让黄金纳米粒子在脑部肿瘤“安家”的新技术，发明纳米粒子与转铁蛋白结合的治癌新

技术，利用红外线和纳米微粒组合治疗癌症，试用光纳米技术和生物分子联手治疗癌症。研究能穿越细胞膜的治癌纳米药物，研制出可杀癌细胞的纳米胶囊，制成定点“爆破”癌细胞的纳米“炸弹”，制成首个杀死癌症细胞的纳米机器人，研制出兼具双重抗癌功效的纳米药物递送系统。

美国其他疾病防治领域纳米技术的新进展：推出能提高心肌导电性的金纳米线心脏补丁。研制把纳米电缆接到大脑神经元的新技术，用碳纳米管制造出模拟大脑突触功能的电路。利用纳米技术使转基因蛋白质能够抑制流感病毒，用纳米粒子开发出大肠杆菌超灵敏快速检测方法，利用纳米技术发明以泪珠测试糖尿病的新装置，首次在碳纳米管上培育出骨细胞，用纳米粒子帮助治疗青光眼。

第九章其他领域纳米技术的新成果。美国航空航天领域纳米技术的新进展：加强谱段探测器阵列、芯片级光网络、用于空间的紧凑型能源等快速响应技术方面的研究。运用纳米技术提高航空器性能，如用纳米技术增强飞机外壳强度。发射只有面包块大小的纳米级人造卫星，着手研制接近光速的纳米飞船，用纳米技术研制铝冰火箭推进剂。

美国环境保护领域纳米技术的新进展：研制出有重大突破的饮用水纳米除砷技术，发明利用碳纳米管去除水中的高氯酸盐，用纳米材料制成可同步除盐的便携净水装置，用纳米粒子在废水中低成本提取“可再生”氢气。运用纳米原理研究以细菌清理铀废物，发明可加快生物降解的纳米杂交技术。发明可以清除水中油污的“纳米纸巾”，制成能清除有毒金属的纳米海绵，用碳纳米管合成可清除漏油的纳米亲油物质。提出要研究纳米材料废物对环境的潜在影响，研究纳米材料对环境和安全的影响，发明用蠕虫及癌细胞吸收碳纳米管的测量方法。

张明龙 张琼妮

2014年3月26日

目 录

第一章 纳米原理与功能研究的新进展	1
第一节 纳米原理研究的新成果	1
一、纳米材料原理研究的新进展	1
二、电子材料纳米原理研究的新成果	5
三、运用纳米原理拓展的新成果	10
第二节 纳米性质研究的新成果	12
一、纳米材料一般性质研究的新进展	12
二、纳米材料医学性质研究的新进展	14
三、电子材料纳米性质研究的新成果	19
第三节 纳米结构与功能研究的新成果	24
一、纳米结构研究的新进展	24
二、纳米材料功能研究的新发现	33
三、纳米材料医学功能研究的新发现	37
第二章 纳米制造及产品的新进展	43
第一节 纳米粒子的制造及其产品	43
一、用物理方法制造纳米粒子	43
二、用生物化学方法制造纳米粒子	44
三、用纳米粒子制造产品的新进展	53
第二节 纳米管的制造及其产品	55
一、高质量纳米管的研制及技术	55
二、医用纳米管的制造及其产品	59
三、用纳米管制造电子产品	65
四、用纳米管制造其他产品	72



第三节 纳米产品制造的新进展	77
一、纳米机械产品制造的新成果	77
二、纳米电子产品制造的新进展	80
三、纳米化工产品制造的新成果	94
四、纳米医学产品制造的新进展	102
第三章 纳米技术与设备的新进展	111
第一节 开发纳米技术的新进展	111
一、开发纳米粒子出现的新技术	111
二、开发纳米材料技术的新进展	120
三、开发其他纳米技术的新进展	128
第二节 应用纳米技术的新进展	134
一、电子信息领域应用纳米技术的新进展	134
二、医学领域应用纳米技术的新进展	140
三、新能源开发领域应用纳米技术的新进展	147
四、生产领域应用纳米技术的新进展	150
第三节 纳米设备研制的新进展	152
一、纳米产品生产设备的新进展	152
二、电子领域纳米设备的新进展	155
三、生物和医学领域纳米设备的新进展	157
第四章 电子信息领域纳米技术的新成果	163
第一节 微电子领域纳米技术的新进展	163
一、微电子研究领域纳米技术的新成果	163
二、微电子材料领域纳米技术的新进展	169
三、微电子晶体管领域纳米技术的新成果	173
四、微电子电路领域纳米技术的新成果	177
五、微电子设备领域纳米技术的新进展	180
第二节 电子元器件领域纳米技术的新进展	187
一、基础性电子元器件领域纳米技术的新成果	187
二、集成电路领域纳米技术的新进展	197

第三节 电子设备领域纳米技术的新进展	200
一、用纳米技术开发计算机及其部件	200
二、用纳米技术研制放大器与通信设备	205
第五章 光学领域纳米技术的新成果	208
第一节 光学研究与光学技术领域的纳米新成果	208
一、光学研究领域纳米技术新进展	208
二、光学技术领域的纳米新成果	213
第二节 光电子元器件领域纳米技术的新进展	219
一、用纳米技术研制光学材料与光子电路	219
二、用纳米技术研制发光管	224
第三节 光学仪器设备领域纳米技术的新进展	229
一、显微镜领域纳米技术的新进展	229
二、激光器领域纳米技术的新进展	233
三、显示器与隐形设备领域纳米技术的新进展	237
四、捕光设备领域纳米技术的新进展	242
五、探测和检测设备领域纳米技术的新进展	245
六、其他光学设备领域纳米技术的新进展	248
第六章 材料领域纳米技术的新成果	252
第一节 无机材料领域纳米技术的新成果	252
一、金属与陶瓷材料领域纳米技术的新成果	252
二、碳素材料领域纳米技术的新成果	255
三、玻璃领域纳米技术的新成果	257
第二节 有机材料领域纳米技术的新进展	260
一、纤维与织物领域纳米技术的新成果	260
二、塑料与聚合物领域纳米技术的新进展	264
三、涂料与胶黏剂领域纳米技术的新进展	268
第三节 复合材料领域纳米技术的新成果	270
一、树脂基复合材料领域纳米技术的新进展	270
二、金属基与黏土基复合材料领域纳米技术的新成果	273
三、碳基复合材料领域纳米技术的新进展	276

四、材料鉴定与检测领域纳米技术的新进展·····	279
第四节 典型纳米材料石墨烯研制的新进展·····	280
一、研究开发石墨烯的新成果·····	280
二、电子信息领域应用石墨烯的新进展·····	290
三、其他领域应用石墨烯的新进展·····	294
第七章 能源领域纳米技术的新成果 ·····	299
第一节 电池领域纳米技术的新进展·····	299
一、锂电池领域纳米技术的新成果·····	299
二、钠电池与燃料电池领域纳米技术的新进展·····	305
三、电池领域其他方面纳米技术的新成果·····	309
第二节 太阳能开发利用领域纳米技术的新成果·····	313
一、太阳能集热领域纳米技术的新进展·····	313
二、太阳能电池方面纳米技术的新成果·····	317
三、太阳能电池材料领域纳米技术的新进展·····	323
四、太阳能电池技术领域的纳米新成果·····	327
第三节 氢能与其他能源领域纳米技术的新进展·····	330
一、氢能领域纳米技术的新成果·····	330
二、机械能与风能领域纳米技术的新成果·····	337
三、天然气与生物质能领域纳米技术的新成果·····	338
四、核能与热能领域纳米技术的新进展·····	340
第八章 生命健康领域纳米技术的新进展 ·····	344
第一节 生命领域纳米技术的新成果·····	344
一、基因领域纳米技术的新进展·····	344
二、蛋白质领域纳米技术的新进展·····	352
三、细胞领域纳米技术的新进展·····	356
四、生物体领域纳米技术的新进展·····	361
第二节 癌症防治领域纳米技术的新进展·····	364
一、癌症检测和监测领域纳米技术的新成果·····	364
二、治疗癌症领域纳米技术的新进展·····	367
三、治癌药物和设备领域纳米技术的新进展·····	374

第三节 其他疾病防治领域纳米技术的新进展·····	382
一、心脏与大脑疾病防治领域纳米技术的新进展·····	382
二、其他疾病防治方面纳米技术的新进展·····	385
三、药物和医疗设备领域纳米技术的新进展·····	390
第九章 其他领域纳米技术的新成果 ·····	394
第一节 航空航天领域纳米技术的新进展·····	394
一、研究以纳米技术促进航空航天业发展·····	394
二、运用纳米技术提高航空器性能·····	396
三、航天器及其配套产品纳米技术的新成果·····	396
第二节 环境保护领域纳米技术的新进展·····	401
一、水体污染防治领域纳米技术的新成果·····	401
二、废物处理方面纳米技术的新成果·····	406
三、除污材料方面纳米技术的新成果·····	407
四、研究纳米材料对环境带来的影响·····	411
参考文献和资料来源 ·····	416
后 记 ·····	421

第一章 纳米原理与功能研究的新进展

本章阐述美国在纳米原理、纳米性质和纳米结构与功能方面的创新信息。21 世纪以来,美国在纳米原理领域的研究,主要集中在揭示纳米材料的形成原理,分析纳米材料的演化机制,直接观察纳米尺度下磁性原子的相互作用,运用纳米原理揭示铁电体“敏感”的原因,分析光电转换材料的内在机理,研究爆炸物的内在机制,并打破黑体辐射定律。美国在纳米性质领域的研究主要集中在纳米量子点性质、纳米管性质、纳米材料的医学性质、电子材料的纳米性质。美国在纳米结构与功能领域的研究主要集中在纳米材料结构、其他材料纳米结构,纳米粒子功能、碳纳米管和石墨烯功能,纳米材料的医学功能等。

第一节 纳米原理研究的新成果

一、纳米材料原理研究的新进展

1. 揭示纳米材料形成原理的新成果

(1) 破解碳纳米管形成的奥秘。2005 年 2 月 10 日,由美国佐治亚理工学院教授德黑尔领导,法国和巴西科学家参与的一个国际研究小组,在《科学》杂志上发表论文,称他们发现了碳纳米管,实际上是在玻璃态碳表层下形成的碳晶体。

由于碳纳米管具有一些出众的特性,它已成为纳米技术领域最重要的材料之一,但科学界一直对其形成过程不甚了解。该研究小组表示,最常见的碳纳米管生产方法是碳电弧法,也就是用碳电弧将封闭在氦气舱中的石墨加热到 5000℃,在一个电极上获得碳纳米管。研究人员曾发现,这样获得的碳纳米管表层有很多微小的碳珠子。

碳珠子是由液体状态的碳形成的,这让科学家提出疑问:为什么液体