

何丹农 编著

材料与工程领域应用 纳米技术研究报告 (2010~2020年)



科学出版社
www.sciencep.com

材料与工程领域应用 纳米技术研究报告 (2010~2020 年)

何丹农 编著

国家自然科学基金项目(No. E0724503)资助

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书通过收集、分析、总结过去 10 年来纳米技术相关的文献、专利以及各国的纳米技术发展政策,从社会发展需求的角度,提出了未来 10 年材料与工程领域应用纳米技术发展方向的建议,同时还从政策、制度、措施、人才、宣传和市场等多个方面对促进纳米技术产业化发展提出了一系列有益的建议。

本书可供材料、物理、化学、钢铁冶金、建筑工程、电子信息、能源技术、环境技术等不同领域和行业的科学工作者及科技管理者参考。

图书在版编目(CIP)数据

材料与工程领域应用纳米技术研究报告:2010~2020 年/何丹农编著.
—北京:科学出版社,2009
ISBN 978-7-03-024772-8

I. 材… II. 何… III. 纳米技术-应用-工程材料-研究报告-中国-2010~2020 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 097389 号

责任编辑:刘宝莉 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:赵 博 / 封面设计:鑫联必升

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 6 月第 一 版 开本:B5 (720×1000)
2009 年 6 月第一次印刷 印张:16 1/2
印数:1—2 500 字数:319 000

定价:60 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

序

纳米技术已逐渐发展成为 21 世纪的三大主流技术之一,也是世界各国研究的热点领域。它的迅猛发展将在世界范围内引发一场包括生命科学、信息技术、生态环境技术、能源技术在内的几乎覆盖所有工业领域的大革命。世界主要发达国家(地区)纷纷将纳米技术的研发视作 21 世纪技术创新的主要驱动器,相继制定了发展战略和计划,从战略的高度部署纳米技术的发展,目前世界上已有 60 多个国家(地区)制定了国家级的纳米技术发展规划。我国政府高度重视纳米技术的发展,将纳米技术与产业的发展水平视作国家在未来世界经济中能否处于有利地位的关键问题,在国家层面制定了一系列纳米技术的发展规划,以推动纳米技术在我国的健康跨越发展。

近年来,我国通过相关纳米技术发展规划的实施,培养壮大了从事纳米技术研究的队伍,在纳米技术前沿研究方面取得了快速发展,并在纳米科技的基础研究方面已处于世界先进水平,部分领域已处于领先水平,整个国家的纳米科技研究处于一个活跃、有序和快速发展的态势。但是我们也应当看到,我国的纳米技术发展水平与发达国家相比依然存在不足之处,主要体现在纳米技术与成果的产业化方面明显落后于国外。未来 10~20 年内,我国要在纳米技术发展方面实现世界领先地位,对纳米科技的研究布局,必须要更加适合市场经济的发展,更加注重在纳米技术产业化方面的研究投入。何丹农教授撰写的《材料与工程领域应用纳米技术研究报告(2010~2020 年)》通过收集、分析、总结过去 10 年来关于纳米技术的文献、专利以及各国的纳米技术发展政策,从社会发展需求的角度,提出了未来 10 年材料与工程领域应用纳米技术发展方向的建议,同时还从政策、制度、措施、人才、宣传和市场等多个方面对促进纳米技术产业化发展提出了一系列有益的建议。何丹农教授长期从事纳米科技与产业发展的相关工作,在纳米技术的研究、应用开发和产业化方面有多年的经验和深刻的体会,该报告研究和分析引用的资料既丰富又翔实,极具参考价值。

当前对纳米技术的研究与应用正处于一个千载难逢的大好时机,挑战严峻,但也充满了机遇。相信该书的出版将对我国纳米技术的进一步发展、纳米材料的研究开发,以及纳米技术的产业化起到积极的推动作用。

解思清

2009 年 5 月 8 日

前 言

在充满活力的 21 世纪,信息、生物、能源、环境、先进制造、国防等领域的高速发展对材料提出了新的需求和挑战,元器件的小型化、智能化、高集成、高密度存储和超快传输等对材料的尺寸要求越来越小,而性能要求越来越高;航空航天、新型军事装备及先进制造技术等对材料的性能要求有时甚至高于本征材料本身。新材料的创新以及在此基础上诱发的新技术创新是未来 10 年对社会发展、经济振兴、国力增强最有影响力的战略研究领域。纳米技术是在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初逐步发展起来的前沿、交叉性新兴学科,它包含丰富的科学内涵,开辟了人们认识自然的新层次,为上述诸多领域新的发展提供了广阔的创新空间。

纳米材料和纳米技术向各个领域的渗透日益广泛和深入,根据其发展趋势以及在 21 世纪高科技发展中的战略地位,世界发达国家的政府都在部署未来 10~15 年有关纳米科技发展的战略研究规划,政府和企业都在对纳米科技的研发进行大量投入,试图抢占这一 21 世纪科技战略制高点。针对国内和国际纳米科技发展的现状,我国也相应制定了《国家纳米科技发展纲要(2001~2010)》,该计划成为我国纳米科技的旗帜性战略研究计划。近几年来,我国又进一步加大了在纳米科技方面的投入,部署了一批重大专项。与此同时,科技部、国家自然科学基金委员会、中国科学院和教育部都从不同层面上支持了大量重大项目、重点项目和面上项目,各级地方政府也在不同程度上投入资金支持当地纳米科技的发展。例如,上海市科学技术委员会从 2001 年起专门设立了纳米科技专项。国家和地方政府在纳米科技研究方面的不断投入和部署,使我国纳米科技的发展得到快速发展。

从过去 10 年间我国纳米技术方面在国际上所发表的学术论文和申请的专利来看,在纳米技术所涉及的所有领域中中国都已处于世界前三名,部分领域论文发表量或专利申请量更是占据世界第一。这表明,在过去 10 年中,中国在纳米科技的研究方面取得了非常大的发展,在基础研究和应用开发方面都处于世界前列。特别是 2000 年我国开始实施纳米科技战略以后,纳米科技研究在几年中取得了较为显著的成果,纳米技术相关论文发表和专利申请都得到飞速的增长。但是,就事实来讲,国内与国外先进水平相比,由于起步较晚,在材料基本理论研究、材料性能、新材料体系的开发、相关的工艺技术、设备水平等多方面与发达国家相比都存在一定差距,这显然制约着我国在相关产业上的国际竞争力。并且,在专利的申请中,我国的申请机构还主要集中在大学、中国科学院等科研机构,企业所占比重较少,而国外在纳米技术专利的申请方面,企业占了很大的比重。这说明,我国纳米

技术成果还主要停留在科研机构,企业参与度不高。这也表明,中国纳米技术在产业化方面与国外还存在很大的距离。

中国科学院常务副院长白春礼院士指出,在 21 世纪前 20 年,纳米技术的产业发展水平决定着一个国家在世界经济中的地位,也是我国实现第三个战略目标、成为世界先进国家的机遇,是关系到我国在未来世界政治、经济竞争格局中能否处于有利地位的关键问题。21 世纪已经过去近 10 年,未来 10 年将真正成为各国纳米技术发展的关键时期,将对调整国民经济产业的布局、新产品的的设计、新兴产业的形成以及改造传统产业带来决定性影响。因此,迫切需要全面了解和掌握纳米材料及技术在过去几十年间在社会经济各领域的主要发展情况和预测未来 10 年的基本发展趋势,为国家制定下一步的纳米技术发展战略奠定基础,也为社会经济各领域的知识创新、技术创新和产品创新提供参考。

针对纳米材料和技术在各社会经济领域的发展,本书在国家自然科学基金委员会的资助和支持下,着眼于国内外纳米材料和技术未来发展的战略高度,较为系统地开展了在材料与工程领域纳米技术应用情况的研究。

本书调查了世界各主要国家在纳米技术方面制定的发展战略和计划,利用美国科技信息研究所知识网(ISI Web of Knowledge)中的 SCI-EXPANDED 数据库(SCI-E)和 Derwent Innovations Index 数据库(DII),对过去 10 年来国内外纳米材料及技术相关的发明专利和在国际刊物上发表的主要学术论文进行了全面分析和总结,同时综合大量的文献书籍以及部分网站相关信息,从纳米技术在各领域的国内外研究和应用现状以及在国家各支柱产业和支撑产业的应用前景等方面出发,分不同层次和领域开展了系统性的战略研究,针对纳米材料不同领域以及国家各支柱、支撑行业提出了纳米科技未来 10 年的发展方向和研究对策,列出了部分国家近中期有望实现应用的纳米材料与纳米技术,并提出了拟开展的纳米科技重点研究方向的建议。此外,分析了当前国内外纳米技术及其产业化方面的现状,提出了应从制度方面促进我国纳米技术发展的一些建议。

本书在撰写过程中,得到多位来自高校、科研院所从事纳米技术研究的专家和学者的帮助和指导。本书可直接面向广大读者,不仅包括材料科学与工程领域的工作者,而且包括其他学科如物理、化学、钢铁冶金、建筑工程、电子信息、能源技术、环境技术等不同领域的科学工作者,还包括国家各级政府科技部门的科技管理者。同时本书也可供国家各级政府有关部门在决策纳米科技与产业发展时参考。相信本书的发行将对我国纳米材料的研究开发、纳米科技的进一步发展以及纳米科技的产业化发展起到积极的促进和推动作用。

目 录

序 前言

第 1 篇 纳米技术在材料与工程领域应用的总体现状分析

第 1 章	国外在纳米技术方面的总体应用现状分析	3
第 2 章	国内在纳米技术方面的总体应用现状分析	7
第 3 章	世界各国制定的纳米技术研究计划及主要目标	13
第 4 章	机遇与挑战	22
第 5 章	世界各主要国家纳米技术相关专利、论文分析	24
5.1	纳米电子信息技术	24
5.2	纳米生物医药技术	44
5.3	纳米能源材料技术	65
5.4	纳米环境材料技术	85
5.5	纳米功能材料技术	103
5.6	总结	122
第 6 章	发展趋势	125
6.1	纳米技术投入由基础研究向应用研究及产业化的转变	125
6.2	纳米技术向多学科交叉和融合的方向发展	125
6.3	纳米技术向集团化和国际化方向发展	126
6.4	更加依赖于新的仪器设施	127

第 2 篇 未来 10 年纳米技术在材料与工程领域的应用前景分析

第 7 章	未来 10 年纳米技术在材料领域的应用前景分析	131
7.1	能源材料	131
7.2	环境材料	141
7.3	生物与医药材料	152
7.4	电子信息材料	160
7.5	新型复合材料	170
7.6	其他功能材料	186

第 8 章 未来 10 年纳米材料及技术在工程领域的应用前景分析	189
8.1 钢铁与冶金领域	189
8.2 交通领域	195
8.3 轻工纺织领域	203
8.4 市政建筑领域	206
8.5 微电子领域	211
8.6 表面工程领域	218
8.7 航空航天领域	223

第 3 篇 促进纳米技术与成果产业化的措施

第 9 章 我国纳米技术与成果产业化现状	229
第 10 章 用市场需求引导科研活动	232
第 11 章 根据纳米技术特点制定科技政策	234
11.1 注重基础研究和重大行业关键技术攻关	234
11.2 注重学科交叉和系统集成	235
11.3 注重纳米技术研发平台的建设	236
11.4 注重纳米技术标准的建立	237
11.5 完善科技中介服务功能	239
参考文献	241
致谢	253

第 1 篇 纳米技术在材料与工程 领域应用的总体现状分析

纳米(nanometer)是一个长度单位,用 nm 表示。 $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$,即 1 纳米等于十亿分之一米。我们知道,原子是组成物质的最小单位,自然界中氢原子的直径最小,仅为 0.08nm ,非金属原子直径一般为 $0.1\sim 0.2\text{nm}$,金属原子直径一般为 $0.3\sim 0.4\text{nm}$ 。因此 1nm 大体上相当于数个纳米金属原子直径之和。由几个至几百个原子组成的粒径小于 1nm 的原子集合体称为原子簇或团簇。当前能大量制备的团簇有 C_{60} ,是由 60 个碳原子组成的足球结构中空球形分子,由三十二面体构成,其中 20 个六边形、12 个五边形。 C_{60} 的直径为 0.7nm ,一般细菌如大肠杆菌的长度为 $200\sim 600\text{nm}$,而引起人类发病的病毒一般仅为几十纳米,因此纳米颗粒比红细胞和细菌还要小,而与病毒大小相当或略小些。

纳米科技是 20 世纪 80 年代末至 90 年代初逐步发展起来的前沿性、交叉性的新兴学科,它是在纳米尺度($1\sim 100\text{nm}$)上研究物质(包括原子、分子的操纵)的特性和相互作用,以及利用这些特性的多学科交叉的科学和技术。纳米科技特别重视通过观察原子和分子,在纳米尺度上操纵原子和分子,因此它和普通化学学科存在显著不同。但是,却涵盖了所有基本化学、大部分物理学和分子生物学的知识。

纳米科技给予我们更为广阔的思路,使我们可以在纳米尺度上设计全新的结构和器件,比如可以利用小块晶体或生物材料进行加工,而不一定要将物质拆分到单个原子。纳米科技的发展和应用进程将是缓慢的,因为我们需要时间来确定物质的临界点,在这一临界点我们只需要改变物质中为数不多的几个原子就会得到不同的材料。相对于“自上而下”的加工过程,用单个原子组建纳米器件会更加有效,这样可以在原子水平上控制物质结构和性能。

纳米科技与众多学科密切相关,是一门体现多学科交叉性质的前沿领域。现在已不能将纳米科技划归为任何一个传统学科。如果将纳米科技与传统学科相结合,可产生众多新的学科领域,并派生出许多新名词。若以研究对象或工作特点来分类,纳米科技可分为三个研究领域:纳米材料、纳米器件和纳米尺度的检测与表

征。其中纳米材料是纳米科技的基础;纳米器件的研制水平和应用程度是人类是否进入纳米科技时代的重要标志;纳米尺度的检测与表征是纳米科技研究不可或缺的手段和理论与实验的重要基础。只有在物理、化学、材料科学、电子工程学以及其他学科的很多方面得到充分发展的情况下,才能真正形成一项具体的纳米科技。

纳米材料的特性与其构成单元的性质密切相关,而这些介于微观和宏观之间的纳米颗粒体系作为一类新的物质层次,出现了许多独特的性质和新的规律,如量子尺寸效应、小尺寸效应、表面效应和宏观量子隧道效应等。

第 1 章 国外在纳米技术方面的总体应用现状分析

2000 年 3 月,美国政府向全世界公布了纳米技术的启动计划,在这个由美国 26 名科学家工作半年完成的几万字的报告中,明显地陈述了一个观点,这就是纳米技术将引发 21 世纪新的工业革命。经过近 20 年的发展,纳米技术向信息、生物医药、能源环境、航空航天、海洋和先进制造技术等高科技领域渗透已崭露头角,纳米技术向国防领域的全方位渗透已初见成效,纳米技术向传统产业的交叉融合已显示出巨大的潜力。纳米技术在传统产业的改造提升、增加高科技含量、提高产品的竞争力方面,正发挥着巨大的作用。纳米技术注入到传统产业,增强了传统产业的活力,前途方兴未艾。这说明纳米技术已经在许多研究领域凸显出巨大的应用潜能。

纳米技术在电子信息产业中的应用主要表现在以下几个方面:纳米信息材料制造技术、纳米结构器件、传感器、芯片技术以及高清晰度数字显示技术;光电子器件、分子电子器件、巨磁阻电子器件;网络通信的关键纳米器件;压敏电阻、非线性电阻等。在电子信息产业,纳米技术的应用为电子信息产业的发展克服以强场效应、量子隧穿效应等为代表的物理限制,以功耗、互联延迟、光刻等为代表的技术限制和制造成本昂贵、用户难以承受的经济限制,制造出基于量子效应的新型纳米器件和制备技术。具有量子效应的纳米信息材料将提供不同于传统器件的全新功能,从而产生出新的经济增长点。这将对信息产业和其他相关产业的一场深刻革命。例如,美国研制出以碳纳米管为导电通路的场效应晶体管及逻辑电路,为计算机电路纳米化提供了一线曙光,制造出电子流动性比现有半导体材料高 25%、比硅晶体管高 70% 的碳纳米管晶体管,向纳米管成为新一代功能更强大、尺寸更小的电子产品迈出重要一步。开发出由单分子碳纳米管构成的世界最小发光元件,直径 1.4nm,可发出波长 1.5 μ m 的光,是分子元件研究领域的重大进展,将推动碳纳米管在纳米级电子工程学和光学元件领域的应用研究,有可能在电子和光电领域开辟新的应用前景。英国兰卡斯特大学科学家设计出一款纳米马达,由双壁碳纳米管构成,以电子或光子中的动量变化产生的电子“风”来驱动。这种新型驱动机制也许会对未来的纳米机电结构技术研发有所帮助。纳米技术在电子信息产业中的应用,将成为 21 世纪经济增长的一个主要发动机。

纳米技术在生物医学、药学、人类健康等生命科学领域也有重大应用。目前,国际上纳米生物技术在医药领域的研究已取得一定的成绩。美国、日本、德国等国家均已将纳米生物技术作为 21 世纪的科研优先项目重点发展。在纳米生物材料、

微细加工、光学显示、生物信息和分子生物学等技术积累的基础上,发展生物芯片技术、形成新型生物分子识别的专家系统、临床疾病检测系统、药物筛选系统和生物工业活性监测系统实用化技术,具有重要的社会与经济前景,特别是纳米药物载体与靶向药物输运,纳米生物传感器和成像技术以及微型智能化医疗器械等有着广泛的应用和明确的产业化前景,将在疾病的诊断、治疗和卫生保健方面发挥重要作用。例如,在利用纳米传感器诊断癌症方面,美国科学家已经在实验室环境下利用纳米技术制成的传感器实现了对前列腺癌、直肠癌等多种癌症的早期诊断。纳米传感器灵敏度很高,在进行血液检测时,当传感器中预置的某种癌细胞抗体遇到相应的抗原时,传感器中的电流会发生变化,通过这种电流变化可以判断血液中癌细胞的种类和浓度。科学家估计,今后可能会有多种纳米传感器集成在一起被置入人体,以用来早期检测各种疾病。在纳米生物技术方面,美国科学家开发出一种磁共振成像仪(MRI),其分辨率要比常规 MRI 高出 1 亿倍,为研究纳米级的复杂三维结构,特别是生物纳米结构等提供了重要的支持。以色列技术学院机械工程系和海法卢瑟贝瑞纳米技术研究所的科学家利用牛血中提取的天然蛋白,制成一种可用于生产新一代医用缝合线和绷带的纳米纤维,其生物兼容性好,持久耐用。日本松下公司、东北大学、东北工业大学和大阪大学联合,为了使极小的金属微粒能够规则排列,利用了蛋白质所具有的特殊的自组织现象开发出高性能蛋白质存储技术。预计到 2015 年,纳米技术在生物医药领域中的应用,全球市场将达到 2000 亿美元。

纳米能源技术的开发,将在很大程度上缓解能源的短缺状况,提高现有能源的使用效率,为整个世界的发展提供新的动力。纳米材料和技术在能源中的应用领域不断扩展,已开始人类寻找新能源与解决资源危机的实践中扮演着重要的角色,特别是纳米技术在清洁能源、能量转换和高效电池等方面的应用已经取得很大效益。目前,纳米技术已开始用于太阳能电池和太阳能转化器件,镍氢电池、锂电池和燃料电池中的工作电极、离子交换器等,以提高能量转化的效率。纳米级的锂离子电池正极材料能够显著提高材料的脱/嵌锂容量和延长电极的循环使用寿命及改善电极材料与电解质溶液的浸润性;在镍氢电池中,纳米 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 比普通微米 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 具有更高的质子迁移速率、更小的晶粒电阻、更快的活化速度。纳米能源材料在解决 21 世纪日益突出的能源危机问题上,已经获得重大进展,形成一个新的经济增长点。2006 年,韩国蓄电池制造商 Global Battery 公司成为第一家为混合动力车开发新型镍氢电池的韩国公司,其性能与日本丰田和本田混合动力车使用的电池很相似。将储氢合金的晶粒大小做到纳米量级上所得到的纳米晶储氢合金可以提高材料的高倍率性能。松下、三洋公司在镍氢电池负极活性材料方面申请了诸多专利,并且已转化为生产力,使用新型储氢材料制造出了高容量、长寿命的镍氢电池,广泛用作数码相机、MP3 等数码产品的便携式电源。最近,通用

汽车在 2007 高新技术能源动力技术展上展示了“零油耗、无排放”的雪佛兰燃料电池车。2007 年 11 月,东芝公司在日本东京举行的展会上展示了接近成品的笔记本电脑燃料电池最新原型机。瑞士 Gratzel 教授成功研制纳米 TiO_2 化学太阳能电池,其光电效率稳定在 10% 以上,制造成本仅为硅太阳电池的 $1/5 \sim 1/10$,寿命能达到 20 年以上。

随着全世界工业化进程的迅速发展,大量工业废水、废气排放到自然界,使人类的生存环境受到严重污染。纳米科技为环境保护和环境治理方面提供了新途径。纳米技术与环境保护的有机结合,正逐步解决许多环保难题:大气污染、污水处理、噪声污染控制、固体废弃物的处理等。近几年,纳米科技在环保方面的应用急剧增长,越来越多的纳米环境新材料应用于现实生产和生活中,新型的纳米吸附材料正广泛用于污水的处理和净化;碳纳米管不仅能提供一种有效而清洁的储氢方式,还能处理污水中的重金属离子和一些有害的无机物;纳米光催化材料如纳米 TiO_2 能降解空气中的有害物质、废水中的有机物,在空气净化和废水处理等方面具有广阔的应用前景。美国把纳米技术向环境领域切入,作为纳米技术启动的重要内容,并注意发展纳米环境产业和能源产业。美国把海水淡化应用纳米技术列为重点发展的九大技术之一,并重点发展纳米技术在清洁能源、能量转换和高效电池等方面的应用。德国特别重视太阳能利用中的纳米技术的应用,并重视发展生活垃圾和工业垃圾处理技术。德国的奔驰公司在新一代汽缸设计中应用纳米技术,提高燃烧温度,实现对有害气体进行降解,达到节省资源和从源头上治理有害气体排放的目的。从全世界范围来看,日本在汽车尾气处理上全方位地采用纳米技术。韩国从 1999 年开始有光催化方面的专利出现,近年成倍增长,起初重点为纳米光催化材料,近年开始涉及水处理和空气净化领域。英国伦敦和安大略核子技术环境公司开发了一种新的常温光催化技术,利用纳米 TiO_2 催化剂,能将工业废液和被污染地下水中的多氯联苯类分解为 CO_2 和水。英国皮尔金顿公司生产出了自洁净玻璃,在玻璃表面镀一层具有光催化作用的纳米 TiO_2 薄膜,经紫外线照射后可有效降解附着在玻璃表面的有机污染物,同时具有亲水性,使玻璃长期保持自洁净效果。一批新型由纳米技术支撑的节能环保型的产业正在兴起。

国际上纳米技术的产业化始于 20 世纪 90 年代。自 1993 年开始欧共体(1993 年 11 月 1 日后为欧洲联盟,简称欧盟)每年举行一次纳米材料和技术的应用会议,为建立纳米材料和技术产业做准备。美国 1994 年 11 月和 1995 年 3 月连续召开两次纳米材料和技术商业会议,由政府出面组织企业家和科学家共同商讨纳米材料和技术产业化问题。美国商业部、能源部、国防部都制定了支持纳米技术产业化的措施,美国著名的大公司通用、福特、美孚、施乐、惠普、IBM 都有纳米技术的产品。日本东芝、松下、住友公司,韩国的三星公司,德国的西门子公司都纷纷建立了自己的纳米产业。俄罗斯、加拿大、澳大利亚、墨西哥、以色列等相继建立了一

些纳米产业。

目前美国、日本及欧盟等国家和地区虽然在纳米科技领域占据领先地位,但由于纳米科技领域范围宽广,未来的争夺方兴未艾。事实上,我国的科技人员已在纳米科技领域取得了一批具有显示度的基础研究和应用研究的成果,并有若干成果在国际上已有了一定的影响力,有望在未来部分领域占据领先地位。

第2章 国内在纳米技术方面的总体应用现状分析

我国纳米科技研究的起步时间早,目前在一些领域已拥有很好的研究基础和研究力量。“九五”期间,随着世界各国对纳米科技战略意义的认识,我国政府明确提出了将纳米科技作为“十五”规划中科技进步和创新的重要任务。第九届全国人民代表大会第四次会议通过的关于国民经济和社会发展第十个五年计划纲要(以下简称“十五纲要”)也明确提出,把纳米科技列为国家重点发展的高技术领域。2001年7月我国政府出台了《国家纳米科技发展纲要(2001~2010)》,在此纲要指导下,科技部、国家发展和改革委员会、国家自然科学基金委员会、中国科学院、教育部等有关部委对纳米科技在相关的材料、信息、能源、生物医学和制造等领域进行了总体部署和重点加强。2006年,国务院发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》,纳米科技被认为是我国“有望实现跨越式发展的领域之一”,并设立了“纳米研究”重大科学研究计划。该计划成为我国纳米科学技术的旗帜性战略研究计划,2006年部署了13项重大项目,2007年部署了16项重大项目,2008年部署了12项重大项目。与此同时,科技部、国家自然科学基金委员会和中国科学院通过“国家科技支撑计划”、“863计划”、“973计划”、“国家自然科学基金”等一系列科技计划,从不同层面部署了一批重大和重点项目,对纳米技术的研究和开发应用给予了支撑,使我国在纳米科技研究方面的部署得到进一步加强。1995年之后,社会上的企业家对纳米材料和技术的开发倾注了浓厚的兴趣,一些有远见的企业家,对纳米粉体材料的规模生产以及纳米技术向各个领域的渗透进行投资,到目前为止,从事纳米技术研究的各类公司超过700个,社会总投资超过60亿,全国从事纳米材料研究与开发的各类人员约几万人。这些都为我国纳米技术及产业的发展奠定了重要的基础。

为了加速推进我国纳米科学和技术的发展,进一步增强我国在纳米科技领域的竞争力,占领世界纳米科技发展的制高点,培育对国民经济有重要带动和辐射作用的纳米科技产业,我国政府对纳米科技与产业发展给予高度重视和支持,并对我国纳米科技与产业的发展方向进行了相关的布局。

北京地区高校、研究所非常集中,纳米科研实力非常雄厚,在基础研究方面具有巨大的优势,因此国家决定在北京建立“国家纳米科学中心”。该中心由中国科学院、北京大学、清华大学三家单位联合组建,主要定位于纳米科学和技术的基础研究和应用基础研究,重点在前瞻性的、具有重要应用前景的纳米科学与技术的基础研究。国家纳米科学中心宗旨是建设成为在纳米科学与技术研究领域,面向国

内外的、开放型的、组织管理与国际接轨的、国际一流水平的公共技术平台和研究基地。上海地区及长江三角洲地区经济活跃,产业基础雄厚,电子信息产业、生物医学产业、装备制造、新能源、环境、石油化工、材料制造业等产业均处于全国发展前列,产业份额均占全国1/3以上,上述产业的发展为纳米技术创造了巨大的市场需求。国家决定在上海建立“纳米技术及应用国家工程研究中心”,该中心依托由上海交通大学、复旦大学、华东师范大学、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、中国科学院上海硅酸盐研究所、上海医药工业研究院、上海紫竹创业投资有限公司、上海宝钢集团公司、上海科技投资公司和上海市纳米科技与产业发展促进中心等十家发起单位共同出资组建而成的上海纳米技术及应用国家工程研究中心有限公司进行管理。纳米技术及应用国家工程研究中心主要定位于纳米技术的应用研究和工程化应用,成为科研与产业之间的“桥梁”。纳米技术及应用国家工程研究中心宗旨是通过开展竞争前关键技术研究,建立工程化研究、验证的设施等为产业技术发展服务,建成产业技术工程化服务平台;通过资源整合、系统集成及技术支持等方式,支持一批纳米技术顺利完成科研成果放大以及产业化工作;通过开展国际合作及交流,技术引进消化吸收及科技项目交流,建设一流的纳米技术的国际交流平台。

另外,统筹战略发展全局,国家还在天津建立了国家纳米技术产业化基地,基地先后与中国科学院、清华大学、北京大学、军事医学科学院、北京航空航天大学、天津大学和南开大学等高校和科研院所分别建立了专业研发中心,确定了以纳米技术在电子信息、生物、医药、精细化工、微机械等领域的应用研发作为切入点,产学研结合,以市场需求为导向,加强应用技术研发,促进传统产业的改造和升级,逐步形成具有代表性的国家纳米科技创新体系的定位和宗旨。为了保证纳米技术的产业化进程,有效解决我国从技术到产业化的瓶颈问题,使科研到产业化能够顺利实施,国家继而批准成立了“国家纳米技术与工程研究院”(以下简称“工研院”)。工研院是在纳米基地建设的基础上,采用创新体制设立的纳米产业技术应用研发机构,其职能是研究开发纳米产业化技术,向企业进行技术转移。我国纳米科技领域将逐步形成由国家纳米科学中心、纳米技术及应用国家工程研究中心、国家纳米技术与工程研究院这样从基础研发到应用研发再到产业化三位一体的技术产业创新模式,这三家单位已成为国家纳米科技创新体系中并驾齐驱的“三驾马车”。

除此之外,中国科学院研究所和很多大学也都纷纷建立自己的纳米研究中心,如中国科学院物理研究所、中国科学院化学研究所、中国科学院金属研究所、北京大学纳米科学与技术研究中心、清华大学微纳米中心、上海交通大学微纳科学技术研究院、北京科技大学表面纳米技术工程中心、浙江大学纳米科学与技术中心,南京大学纳米中心、湖南大学纳米生物技术中心、上海大学纳米科学和技术研究中心、中北大学微纳米中心、武汉大学纳米科技中心、厦门大学纳米中心等。

我国纳米科技与产业的发展也得到各地方政府的大力支持,各省(市)都有相关的纳米技术扶持政策为相关研究机构、企业提供资金、政策、信息等多方面的帮助,在这方面上海走在了国内前列。上海于2001年7月成立了上海市纳米科技与产业发展促进中心,隶属上海市科学技术委员会,接受上海市纳米科技与产业发展联席会议的领导,贯彻落实市纳米科技与产业发展联席会议的有关决策,组织协调各方力量,整合各种资源,推进上海纳米科技与产业化的工作。该中心主要从事以下几方面工作:①项目策划与管理。组织管理科研项目,包括基础研究和应用研究、科技攻关、中试研究和产业化、实验系统建设以及相关基础设施建设项目。②促进产学研联合。通过开展各种形式的活动,沟通产学研关系,搭建桥梁,有效组织上海纳米产学研的联合,推动上海纳米科技的产业化。③平台服务。建立纳米科技服务信息和服务网络,建立资源共享、标准规范的公共服务平台,为上海纳米科技的发展提供信息咨询服务。④开展合作。通过各种渠道,如政府合作、校企合作、项目合作等与国内外建立多方位的合作关系。⑤教育培训。通过系统教育和短期培训相结合,打造合理高效的人才梯队,满足上海纳米科技持续发展的综合需求。⑥提升公众的意识。开展纳米科技的科普活动,通过有效的渗透方式,提升公众对纳米科技的认知和关注。上海市纳米科技与产业发展促进中心为上海在纳米技术与产业发展方面做了很好的布局,使得上海纳米科技在基础研究、应用研究、产业化等方面都走在全国的前列,同时也为上海地区培养了大批纳米技术方面研究及管理人才。

纳米材料与技术在电子信息方面的应用,我国目前主要集中在纳米半导体材料、太阳能电池、砷化镓材料、LED材料、液晶显示材料、OLED有机发光材料、光纤、光纤预制棒材料、电子陶瓷、磁性材料、无铅焊料等方面的材料及相关技术研究。“十一五”期间,我国通过自主技术创新,在材料研究与开发方面取得了许多重要突破并达到世界先进或领先水平;在材料的制备、结构与性能表征等基础研究方面取得了一批具有世界先进水平的成果。2006年电子信息材料全行业工业总值(销售收入)达到776亿元,同比增长约29.1%,出口额约27.2亿美元,其高速增长的主要原因是信息产业快速增长;新能源光伏产业需求的带动;新型元器件技术提升、规模扩大,对高附加值电子信息材料需求增加;提高了对自主创新的认识,高附加值电子信息材料产品逐步增加等。

纳米材料及技术在生物医药方面的应用,我国主要集中在纳米金属材料、纳米磁性材料以及纳米器件的生物医学应用;纳米材料、纳米器件用于生物医学检测、治疗以及新原理的纳米生物表征测量技术。目前,我国科研人员相继开展了相关研究,如核酸纳米机器及其相关理论的研究;生物分子的操纵以及基因手术的研究;生物分子组装以及基于扫描探针显微术等进行分子组装、细胞生物纳米结构与相关生物学等的研究;组织修复用的纳米材料研究;生物医用金属纳米材料的研究