

纳米技术的发展与市场

孙晋伟¹, 张长鑫²

(1. 南京粤华轮箍有限公司, 江苏 南京 210032; 2. 北京科技大学 理化系, 北京 100083)

摘 要: 综述了纳米科技目前世界发展状况、发达国家争夺主导权的激烈竞争以及世界市场状况, 叙述了纳米技术在电子信息、生物医药等各方面的应用, 最后, 概括介绍了纳米材料的制备方法。

关键词: 纳米科技, 发展状况, 市场, 应用
中图分类号: TB383 **文献标识码:** A
文章编号: 1008-5548(2003)05-0047-04

Development and Market Status of Nanoscale Science and Technology

SUN Jinwei¹, ZHANG Changxin²

(1. Nanjing Yuehua Wheels Co. Ltd., Nanjing 210032; 2. Department of Physicochemistry, University for Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: The recent development and market status and keen competition between the flourishing countries fighting for first place in worldwide for nanotechnology are reviewed. The electronic information and pharmaceutical and biomedical uses etc. are described. The manufacture methods for nanomaterials are briefly discussed.

Key words: nanoscale science and technology; development status; market; application

纳米为长度单位, 是一个尺度的度量。1 nm 为 3~4 个原子宽度、10 个氢原子宽度, 人类的发丝直径仅为 6~8 万 nm, 一般细菌病毒尺寸仅几十纳米, 血液中红血球为 200~300 nm, 可见光波长为 400~760 nm。

纳米材料自然界存在不多, 大多人工制造。我国古代利用燃油灯燃烧的烟雾炭黑作为制墨及着色染料就是最早的纳米材料。

收稿日期: 2003-01-17, 修回日期: 2003-05-06

第一作者简介: 孙晋伟(1970-), 男, 工程师。

纳米颗粒和纳米粉体材料为准零维纳米材料, 都在 100 nm 以下; 纳米管、棒、线、电缆为准一维纳米材料; 纳米颗粒膜、薄膜、多层膜为准二维纳米材料; 由纳米颗粒和纳米纤维构成三维体纳米材料, 通常又称块体材料。

因纳米科技涉及现有的所有科学技术领域, 因而出现了纳米材料科学、纳米电子学、纳米机械加工学、纳米生物学、纳米化学、纳米力学、纳米物理学和纳米测量学等密切相关而又自成体系的科技新领域。

纳米技术能够把人类带入一个奇迹不断出现的时代。纳米技术能够改变材料制造业和产品制造业的传统方式, 研究人员认为, 若在原子尺寸基准上控制纳米机器的结构造型, 那么纳米技术将给我们带来数不尽的新产品、新工艺、新技术和巨大的潜在的经济效益和物质利益。

1 纳米材料的奇特性能

小尺寸效应: 纳米颗粒表面层附近原子密度减小, 导致声、光、电、磁、热、力学等性能出现小尺寸的效应。如熔点: Cu 由块状的 1 053 ℃ 降至 750 ℃, 降低了 303 ℃ (40 nm);

表面效应: 纳米颗粒尺寸小, 表面能高, 位于表面的原子占有相当大的比例, 随着粒径减小, 表面原子数迅速增加, 表面积急剧变大。可见表 1。

表 1 纳米铜粒的某些性质

粒径 <i>d</i> /nm	铜的比表面积 /m ² ·g ⁻¹	表面原子/全 部原子/%	一个纳米粒子 中的原子数	比表面能 /J·mol ⁻¹
100	6.6		8.46×10 ⁷	5.9×10 ²
20		10		
10	66	20	8.46×10 ⁴	5.9×10 ³
5		40	1.06×10 ⁴	
2		80		
1	660	99		5.9×10 ⁴

综 述

其它还有量子尺寸效应、宏观量子隧道效应等性能。从理论计算得到, Ag 颗粒直径 $d_0 \leq 14 \text{ nm}$ 时, 其将变为绝缘体, 这已为实验证明。

2 纳米技术世界发展状况

2.1 美、日、欧竞争激烈

纳米科技研究的领域是介于宏观与微观之间的领域, 是人类过去未曾涉及的处女地, 经过近 20 多年的研究开发充分证明在此领域是大有作为的, 因而世界各国普遍重视该技术的发展。

(1) 1997 年美国国防部把纳米技术提到战略研究的高度, 1998 年美国科学顾问尼尔·莱恩在国会听证会上说: “未来会取得重大成就和最有可能的科学技术是纳米技术”, 1999 年 1 月美国国家科技委员会设立了纳米技术工作小组, 领导全国纳米技术研究开发工作。同年 9 月又推出国家纳米技术主导权计划 (NINI)。2000 年 1 月克林顿总统宣布把纳米技术研究列为重点政策, 成立国家纳米研究机构。2 月美政府发表了关于纳米科学、纳米工程学和纳米技术的报告, 标题是“面对第二次产业革命”, 震撼了全世界。

美国把纳米技术提升为“第二次产业革命”, 不能不说纳米技术的重要性。众所周知, 第一次产业革命使资本主义得到飞速的发展, 使社会生产力、人民生活水平得到前所未有的提高。那么纳米技术作为“第二次产业革命”就意味着, 它的实现将使社会生产力、GDP、人民生活水平等各方面实现新的跨越。2000 年, 美国投入经费 2.7 亿美元, 2001 年增加了 54% 为 4.63 亿美元, 2002 年批准为 5.78 亿美元, 而实际为 6.04 亿美元。2003 年, 预算增到 7.10 亿美元, 增幅为 17.5%。美国之所以这么做, 其目的很明确:

①以未来世界经济发展和国家实际需要为目标, 推动纳米材料与纳米技术的基础研究和应用研究与开发, 占领世界技术主导权。

②以未来世界战争和目前国内军备的需要开发和研究纳米材料及纳米技术在军事领域上的应用, 掌握先进的武器装备, 从而在世界上继续保持和占据警察的地位。

③除了由纳米材料和纳米技术开发出新的工艺、新的产品以外, 还要改造传统产业, 提高其技术含量, 增加附加值及生产能力, 具有强大的竞争力, 从而占领世界市场。

④由于纳米材料、纳米科技的广泛应用, 使人民生活更加方便、舒适, 水平将大幅提高。

(2) 日本在纳米技术的研究开发上一直处于领先地位, 所以也不甘落后。日本经济团体联合会在 2000 年 7 月 18 日拟定了“开创 21 世纪纳米技术”的报告, 敲响了进军纳米技术的警钟。同年 8 月, 大阪大学教授川合知二向日本科技厅长说明了日本纳米科学和纳米技术战略及其重要性。2001 年 4 月建立了国立研究机构, 科技厅下属机构设立了“纳米材料研究中心”, 建立大学、企业、政府的三方结合的研究体系。日本科学技术政策最高决策机构——科学技术会议还设立了“推进纳米技术战略有关措施的恳谈会”, 拟定了以纳米技术研究重点课题为主要内容的报告, 并将纳米技术研究列为下一个科学技术基本计划的重点课题之一。日本政府 2000 年投入经费 280 亿日元 (约合 2.38 亿美元), 2001 年增加 25% 为 382 亿日元 (约合 3.15 亿美元)。2002 年预算为 550 亿日元 (约合 4.46 亿美元), 经上年中了 4 成多。

(3) 欧洲

德国: 纳米技术作为 21 世纪科研创新领域, 争取占据世界领先地位, 全国 19 家研究机构签署了合作协议建立全德研究网, 共同研究纳米技术。

英国: 20 世纪 90 年代初期已实施了 3 项纳米研究计划, 现有上千家企业、30 多所大学、7 个研究中心积极进行纳米技术的应用开发。

瑞士: 制订 TOPNANO²¹ 计划, 作为下一代基础领域。

欧盟: 着眼于应用, 力争实现材料与生物工程的结合。2000 年欧盟各国共投入 1.68 亿美元的经费。

(4) 其他国家: 韩国、以色列、新加坡、澳大利亚等都投入较大, 并在具体领域创造优势中心。

由发达国家发展纳米技术进程可以看出, 他们都把“主导权”放在首位, 力争取得这个制高点, 这样不受控于人, 才能发展自己国家的经济, 占领市场, 增强国防, 改善人民的生活。为此把纳米技术研究开发提高到一个重要的战略高度, 首先在组织机构上进行调整, 专门设立领导机构加强领导, 设立国家级专门研究开发体制, 并提出产、官、学多方面协作, 其次不惜投入。

2.2 中国

在“七五”、“八五”、“九五”相关的高科技研究中

都列有超细粉末的研究。20 世纪末,政府把纳米技术列入国家“攀登计划”和国家“重大攻关项目”并委托有关单位召开纳米技术专门会议,制定计划、部署方案、调拨资金进行纳米技术研究。这些年来,国家共投入 8 000 万美元进行研发。2001 年初,国家成立了“纳米科技协调委员会”,不久,国务院又批准了《国家纳米发展纲要》,全国有 1/2 省市将纳米材料作为本省“十五”发展的重点项目。“十五”国家将投入 10 亿人民币支持纳米技术的研发。

总之,我国在纳米技术上虽然起步较晚,但在纳米材料的研制方面略显优势。在纳米器件及微加工技术,纳米技术对传统产业改造,以及纳米尺度的表征与检测等方面还存在较大差距。目前,已经得到政府等各方重视,正在奋起直追,迎头赶上。

3 纳米技术市场

由于纳米技术产品比传统产品具有优异的性能,引起了世界各国的注目,从而出现了以下 3 大特点:

(1) 由于世界各国政府都在争夺纳米技术的主导权,对此都加大投入。初步估计,2002 年全球各国政府在纳米技术领域里,共投入资金超过 20 亿美元。

(2) 企业家更看到纳米技术拥有巨大的商机,因而也都纷纷成立研发机构,并加大投入。据日本媒体报道,日本 80 家大公司,有 40% 成立或将要成立纳米技术研发机构进行纳米产品开发。他们的资金投入估计比政府每年的投入还要多 3~4 倍。

(3) 科研单位及大专院校不仅看到纳米技术的无限商机,积极和政府、企业联手研发纳米新产品,还进行纳米技术的基础理论研究,发现新的奇异特性及其规律,进一步指导产品的开发。

由于以上 3 方面的原因,因而不断有性能优异的、价廉的产品投放市场,而且加紧对传统产业的改造,从而促使纳米技术市场看好。

目前,三菱综合研究所预测日本国内纳米产品市场,2005 年约达 402 亿美元,2010 年将为 1071 亿美元。由此可见,纳米技术及其产品的市场潜力巨大。

4 纳米技术的应用

美国科学基金会发表声明说:“当我们进入 21 世纪时,纳米技术将对世界人民的健康、财富和安全产生重大的影响,至少如同 20 世纪的抗生素、集成电路

和人造聚合物那样。”说明了 21 世纪已进入到纳米时代,纳米技术在新世纪的应用前景广阔,前途无限。

4.1 信息化方面

纳米技术将对未来信息化产生重大影响。未来的晶体管及存储器芯片,能使计算机的速度提高数百万倍,使存储器的存储量达到数万亿比特,能耗降低到目前的几十万分之一。通信宽带可能增加几百倍,可折叠显示器将比目前显示器明亮 10 倍。纳米存储器可使整个美国国会图书馆的信息放入一个糖块大小的装置中。

2002 年美国科学促进会年会的纳米科技界权威认为,以纳米级电子元件与纳米计算机为代表的纳米电子时代即将来临!美国目前纳米研究开发的进度已比原来预测的时间提前 5~6 年。

(1) 碳纳米管:碳纳米管强度是钢的 100 倍,质量仅是钢的 1/6,其直径为零点几至几十微米。每个单壁管侧面由碳原子六边形组成,长度一般为几十纳米至微米级。单壁纳米管的电特性随分子结构的变化而变化,它共存在 3 种不同的分子结构:手性、锯齿形、螺旋形。手性为金属性质,锯齿形随管直径而变化,1/3 是金属性质,其余是半导体性质;螺旋形具有半导体性质。可以用来制取电子探针、针尖、复合材料、硅芯片、晶体管。它是由 IBM 在 1991 年发现,目前已产业化。

IBM 已用碳纳米管制成微型晶体管网络,细碳纳米管线制成微型电子开关,直径为 1.4 nm,即 10 个原子宽,科学家已经用碳纳米管研制出直径 0.003 inch 的静电发动机,达每分钟 24 万周。将来可以调节纳米管的长度,以制造出超小型、超高速和更聪明的计算机,IBM 用碳纳米管为基础制造出一个对制造计算机起关键作用的逻辑电路——发挥处理功能的一套电子元件。

(2) 微芯片:IBM 投资 25 亿美元建造世界上最先进的 0.1 μm (100 nm) 硅芯片,包括铜连接技术,绝缘硅片技术(S01)以及在 12 inch (300 mm) 直径晶体上的低 K 技术,用在 INTEL 处理突发性流量设备和网络设备中心的芯片上(2003 上半年全额投产)。

(3) 深亚微米芯片:使数百万个晶体管大规模高度集成,清晰度高。“星光一号”芯片已在我国投产其规模已达 INTEL 奔腾系列水平。

(4) 可发光的纳米硅晶体:科学家已经发现硅在

综 述

控制下可发出蓝光、绿光、红光,可用来制取廉价的硅激光与平板显示器。

(5) 纳米芯片生产线:2002年3月因特尔、IBM、惠普和康柏等公司正式宣布在美国硅谷建立世界上第一条纳米芯片生产线。

4.2 生物医药方面

纳米技术在医药及生物领域大显身手,如可以像现在拦截信号那样识别生物系统的探测器,使得读取分子特征标记和DNA成为可能。生物传感器和新的成像技术的发展,能对癌症和其它疾病进行早期检测和治疗。通过对纳米材料结构的控制,可以制得新型高性能的与生物相容材料,从而延长人造器官的使用寿命。能构造出一种机器在血液中运动,它能发现和分解血管壁上沉积的胆固醇。今后甚至有可能在细胞壁老化时一个分子一个分子地制造出新的细胞,从而能使人生命无限期的延长。

纳米技术可使化学品生物降解,提高植物营养和保护植物免遭虫害,纳米技术还可以改变动物及植物基因,从而获得人类需要的动植物。

(1) 细胞分离:用纳米微粒很容易将血样中极少量胎儿细胞分离出来,能准确地判断出胎儿细胞是否有遗传缺陷。用50 nm磁性粒子 Fe_3O_4 包覆苯乙烯后直径为3 nm,用于小鼠液骨髓中癌细胞分离试验已获成功,分离度达99.9%。

(2) 芯片与脑细胞接通:德国科学家把蜗牛的多个神经元和微小的硅芯片相连,发现与芯片相通,可以研制人体神经系统延伸出来的人体视网膜或假肢,能帮助盲人重见光明,使瘫痪者能用思想移动物体。

(3) 生物马达:科学家用一个长750 nm镍制螺旋浆,安装在400个微型马达轴上,把这些马达浸入三磷酸腺苷溶液里,有5个马达开始旋转。

(4) 以色列利用生物分子(DNA)制造出一种纳米级计算机,一万亿个同时运行,能进行每秒10亿次计算机,准确率达99.8%。这种微型计算机不是用数字和公式解决问题,而其输入和输出设备和软件是由在活性有机体中储存和处理编码信息的DNA分子所构成,可以在人体的细胞中运行,充当监控装置,发现潜在的致病原因、合成药物等。

(5) 纳米耳:美国航天局的推进实验室已研究出纳米耳样品,能够仅仅通过两种细胞所发出噪声就能把他们分辨出来。若把它注入血液中可以听到患病细胞、

癌症细胞的新陈代谢。可以侦听其它星球上生物、外星海洋中的化学反应等。预计在3年内拥有真样品。

4.3 航空航天及军事上

纳米材料可使飞机、火箭、空间站变轻,而且强度高、稳定性好。美国航天局希望,采用纳米材料后,2020年发射费用由目前1万美元/磅降至200美元/磅,并可制造出成本仅6万美元,大小如一辆小汽车的航天器。纳米材料在武器上应用可使其超微型化,机载、车载的电子战系统可由一个士兵携带,安全性更高。使用纳米材料可使武器系统高智能化,装备系统、控制系统信息获取速度加快,侦视监察精确度大大提高。使用纳米材料可以使武器生产集成化,从而降低成本,可靠性增加,并使武器的研制、生产周期大大缩短。

(1) 隐形飞机:由于纳米材料氧化铝、氧化钛、氧化硅和氧化钛复合物与高分子材料结合(纤维)对红外波段有强的吸收能力,对此波段的红外探测器有好的屏蔽作用,纳米磁性材料如类似铁氧体的磁性材料放入涂料里,既有吸波又有吸收和耗散红外线的功能,加上密度小,应用在隐身上是优良的材料。

(2) 变色龙军服:美国纳米技术最近推出的军服能防弹、随周围环境而改变颜色、测量士兵的心跳、自动调节军服内的温度、并测出生化武器的攻击。它的面料透气,穿着很舒服,但遇到生化武器会自动密闭,与外界隔绝。并计划在衣服内安装微型计算机和灵敏度高的传感器,这样得到预警会避开子弹。另外,该衣服可以长期不用洗。预计两年内推出。

(3) 1995年美国提出纳米卫星,比麻雀略大,质量不足10 kg,采用最先进的微机电一体化,具有可组性和再生性,成本低、质量好、可靠性强。一枚小型火箭可发射数百颗纳米卫星。若在太阳同步轨道上间隔地布置648颗功能不同的纳米卫星,可以在任何时候对地球上任何一点进行连续监视。

(4) 昆虫武器:经预测,若不出意外的话,可以在5年内推出与蝴蝶、蜻蜓、苍蝇、蟑螂、蝗虫、壁虱等昆虫一样的侦察机器人武器,以及形状像螃蟹和鱼的攻击武器。超小型飞机长约20 cm,重约90 g,飞行时间达二、三十分钟,机上的传感器可以将捕捉到的信息传送出去。

(未完待续)