

打造我们的纳米时代

范军峰 张忠锁

(河南大学物理系 开封 475001)

“毫无疑问,当我们得以对细微尺度的事物加以操纵的话,将大大扩充我们可能获得物性的范围。”

1959年,理查德·费恩曼最早地提出了纳米尺度上的科学和技术问题。40年后的今天,“纳米热”遍及全球,声势夺人。科学家和各国政府将纳米科技和信息技术、生物技术同列为引导21世纪工业革命的主流和关键技术。

1. 何为纳米科技

纳米科技是指在纳米尺度上研究物质的特性和相互作用,以及利用这些特性开发新产品的一门多学科交叉融合的科学和技术。纳米尺度指显微结构小于100nm,包括微粒尺寸、晶粒尺寸、晶界带宽、第二相分布、气孔尺寸、缺陷尺寸等均达到纳米水平。微粒尺寸在纳米级时,由于量子尺寸效应、小尺寸效应、表面和界面效应及物理宏观量子隧道效应,物质的很多性能将发生质变,呈现出既不同于宏观物体又不同于单个独立原子的奇异现象:低熔点,高比热容,高热膨胀系数;高反应活性,高扩散率;高强度,高韧度,高塑性;奇特磁性;极强的吸光性等。

快速发展的纳米科技将物理、化学、生物等诸多学科与材料有关的工程领域融入其中,向世人展现了一个前景诱人的神奇的纳米时代。就涉及的学科

领域分,纳米科技包括纳米体系物理学,纳米化学,纳米材料学,纳米生物学,纳米电子学,纳米加工学和纳米力学7大分支;就研究领域和功用分,纳米科技可分为纳米材料,纳米器件,纳米检测与表征3大类。

2. 发展纳米科技的意义

纳米科技将促进人类认知的变革。作为诸多学科交叉融合的纳米尺度内的物质世界及其特性是人类较为陌生的领域,诸多的原理和规律有待揭示,新的物理范式有待建立,这将会引起人类对世界认知的变革。

纳米科技将引发一场新的工业革命。纳米科技是未来信息技术和生物技术等学科深入发展的坚实基础,本身又可形成一个很大的新兴产业,有着极大的市场前景。

3. 纳米科技的研究领域

纳米科技的核心领域是纳米材料。纳米材料学是原子物理、凝聚态物理、胶体化学、固体化学、配位化学、化学反应动力学和表面界面科学等多种学科交叉汇合而出现的新学科生长点。纳米金属晶体材料,纳米微晶软磁材料,纳米微晶永磁材料,纳米磁记录材料,磁性液体,纳米磁性颗粒膜材料,巨磁电

的熔接,高温材料的切割和铸造。

目前太阳能的研究和利用所取得的成就,比前述要多得多。但还需进一步开发。

太阳能开发、利用的重要性及其潜力怎样强调也不过分。70年代世界燃料学会开过一次会议,建议到2000年我们的能源中应用30%来自太阳能,30%来自核能,40%由普通方法承担。而目前中国远未达此目标。我认为目前重要能量来源的研究方向应为太阳能的研究、开发、利用。这项任务很艰巨,但人类该是从自己的错误中得到教训的时候了。

4 太阳能还有很多的其他用途,这里不多介绍。

下面简单介绍太阳能的一些特殊用途:

在有些应用中,太阳辐射能的利用尽管成本很高,还是不能由任何其他热的形式来代替的。太阳炉的各种用途就属于这样的范畴。利用太阳炉对某些材料进行高温处理,如稀土族、超耐火氧化物、钨一类金属进行高温处理。

——单晶硅的生长;

——区域溶炼提纯;

——温差电偶和陶瓷的高温制造。陶瓷对金属

阻材料, 纳米陶瓷材料, 有机-无机纳米复合材料, 纳米传感材料, 纳米医用材料, 纳米催化剂, 介孔材料等研究将影响着人类科技、文明的进程。

微电子、光电子和计算机领域内, 纳米光电子器件将更小(集成度更高)、更快(响应速度更快)、更冷(器件功耗更小, 温升低), 并使微电子和光电子紧密结合, 在光电信息传输、存储、处理、运算和显示方面的应用, 使光电器件性能大大提高。

在生物学与医学, 环境和能源, 航空航天等方面, 纳米科技都将有着深刻的影响。

目前, 纳米科技研究大都限于实验室内, 对人类生产生活将产生重要影响的研究要形成产业化还有很长一段路要走。估计 10~20 年后, 许多技术将成熟并产业化, 届时国际纳米市场容量将达数万亿美元。

4. 纳米材料的制备方法

纳米材料分纳米粉末和纳米固体两个层次。纳米固体是用粉末冶金工艺以纳米粉末为原料, 经过成型和烧结制成。纳米粉末制备有物理方法(蒸发-冷凝法, 机械-合金法)和化学方法(化学气相法, 化学沉积法, 水热法, 溶胶-凝胶法, 溶剂蒸发法, 电解法, 高温蔓延合成法)。

5. 国际纳米科技发展战略及我国研究状况和举措

1990 年 7 月, 在美国巴尔的摩召开第一届国际纳米科技会议。迄今已召开了 6 次大型国际会议。

1991 年, 美国正式把纳米技术列入“国家关键技术”和“2005 年的战略技术”。

1996 年, 以美国科学基金会(NSF)为首的十几个联邦政府机构委托世界技术评估中心(WTEC), 对纳米粒子、纳米结构材料和纳米器件的研究开发的现状和趋势, 在全球范围内进行为期 3 年的调研。

2001 年 1 月, 美国总统克林顿正式宣布美国纳米技术倡议(NNZ), 拨资 5 亿美元用于发展纳米技术。

1991 年起, 日本实施了一项为期 10 年, 耗资 2.25 亿美元的纳米技术研究开发计划。2001 年起开始实行“官产学”联合攻关的方法加速开发这一高新技术。

欧盟从 1998 年起在纳米材料上投入约 5.4 亿欧元用于改变材料的生产工艺, 提高材料和产品性能, 扩大其应用领域。目前, 欧洲已有 50 所大学、100 个国家级研究机构在开展纳米技术的研究。

我国从“八五”“九五”开始设立“攀登计划”项目

和相关的重点重大项目, 纳米技术获得了重要发展。1995 年, 德国科技部把我国的纳米材料方案与法国同列第五等, 仅次于日本、德国、美国、英国和西欧。我国每年用于纳米科技领域的经费不足 1000 万美元, 与发达国家相比, 有很大的差距。由于科研条件限制, 我国的研究工作只能集中在一些硬件要求不太高的领域, 属世界首创的、具有独立知识产权的成果还很少; 研究主要在纳米材料的合成和制备, 扫描探针显微学, 分子电子学以及极少数纳米技术的应用等方面。我国已建立了 10 多条纳米材料生产线, 涉及纳米科技的企业达 100 余家。

2000 年, 中国科学院公布了我国纳米科技基础研究的领域和方向。(1) 纳米空间的化学反应过程, 物质传输和能量转换机制。包括纳米空间限制对物质传输、能量传递和化学反应的方向和速度的影响; 介孔组装体纳米微腔中异质交互作用, 微腔空间限域, 界面耦合效应, 表面效应, 氧化还原, 吸附脱附等基本物理化学问题; 无机/有机纳米复合体系中, 纳米基元与基体间的物理相互作用, 化学耦联及分子自组织纳米相互形成的原理。(2) 纳米尺度下各种性质的探测、表征及监测新方法。包括开发新型探针显微分析技术, 实现在纳米尺度上原位研究材料表面及纳米结构的电、力、磁、光学特性的探测; 纳米空间的化学反应过程、物理传输过程监测新方法。(3) 纳米结构奇异性的起因及机理。包括纳米范围内分子或原子排列的演变等与奇异物性的关系; 介观领域已建理论模型的普适性。

纳米时代正向我们走来。中国科学界应奋起拼搏, 在未来的纳米时代中占据重要席位。

