

# 纳米科学技术及纳米材料科学的发展趋势

易学华 冯 硕

(惠州大学理工学院 广东 516015)

在当代,随着高新技术的发展,材料和器件的微型化成为一个重要的发展方向。这样在从宏观走向微观的过程中,出现了介于宏观与微观之间的纳米学。

## 一、纳米科学技术的含义和包含范围

纳米是物理学中一个长度计量单位,即1纳米(nm)= $10^{-9}$ 米(m)。纳米尺度(0.1~100纳米)比原子尺寸略大(约为十几个原子排列起来那么长),大约相当于一根头发丝直径的万分之一。纳米世界是相当微观的世界。

纳米科技包括:纳米电子学、纳米物理学、纳米化学、纳米材料学、纳米生物学、纳米显微学、纳米机械学、纳米加工和纳米测量等多种学科。

## 二、纳米科技的发展及其重要性

纳米科技是在现代物理学和新兴的高工程技术相互融合的基础上,于20世纪80年代后期发展起来的。它是以介观体系物理、量子力学、混沌物理等为代表的现代科学和以趋细微加工、计算机、扫描探针显微镜等为代表的先进工程技术相结合的多方位和多学科的技术。其最终目的是人类能够按照自己的意愿直接操纵单个原子、分子,设计和制造具有特定功能的产品,以实现生产方式的重大变革。由于纳米科学技术在材料科学、机械制造、微电子学、计算机技术、生物技术、医学与健康、环境与能源、高分子化学、航空航天以及国家安全等领域有着广阔的发展前景,致使受到全世界各国的高度重视。如美国政府从1999年开始决定把纳米科技研究列入21世纪前10年11个关键领域之一,同时国家委员会为此还专门成立了由各部门专家组成的纳米科学与工程小组,提出了名为“国家纳米技术倡议”的研究报告。该报告认为纳米技术将对21世纪经济、国防和社会产生重大影响,可能引发一场工业革命,应把它放在科学技术的最优先发展地位。2000年2月美国总统克林顿宣布启动“国家纳米科技计划(NNI)”,联邦政府将以4.95亿美元优先支持。日本每年投资2亿美元推动纳米科技计划和新的研究中心建设。中国政府也表示要积极支持我国纳米科

技的发展。一场围绕纳米技术的世界性竞争已经开始。

## 三、纳米材料科学的含义及纳米材料的奇异特性

材料是人类赖以生存和发展的物质基础。人类已经历了石器、陶器、青铜器、铁器时代,现在已进入新材料时期,而纳米材料又是当今材料科学研究中的一个极为活跃的前沿,被人们誉为“21世纪最有发展前途的材料”。纳米材料是指尺寸在1~100nm范围内的超细微颗粒组成的固态或液态材料。纳米材料科学主要研究纳米材料的制备方法、物理性能和技术应用,它是纳米科技的重要组成部分。

纳米材料具有显著不同于常规块状材料的优异性能。如其硬度、强度、韧性、耐高温、耐压、导电性等比常规材料高得多,在磁、光、声、热等方面的性能也都有很大的变化,在一定条件下,还会出现一些特异的性质。例如:将 $Al_2O_3$ 纳米颗粒加入橡胶中,可以大大增强其介电性能和耐磨性能;将纳米铁粉掺加到钕铝石榴石或钕镓石榴石中,可以制成工作温度为20K的磁制冷材料;纳米固体铁的断裂应力比常规铁材料提高了近12倍;由石墨原子层卷曲成的碳纳米管,其导电性高、韧度高,强度比钢铁高100倍,比重仅为钢的1/6,且还有非常好的储氢性能,是一种广泛的新材料;大块的硅是不发光的,当它的体积缩小到纳米尺度时它就会发光,且光吸收系数比普通单晶硅增大几十倍;普通陶瓷材料又硬又脆,而纳米 $TiO_2$ 陶瓷材料却变成韧性材料,在室温下可以弯曲,塑性形变高达100%。

## 四、纳米材料科学的发展趋势

70年代纳米颗粒材料问世以来,纳米材料至今已有30多年的历史。纳米材料研究经历了三个阶段。第一阶段:人们主要是在实验室里探索用多种手段制备各种材料的纳米颗粒粉体,并合成为纳米块体材料。第二阶段:是利用纳米颗粒材料的物理化学特性和力学特性来设计制备纳米复合材料。第三阶段:纳米组装体系,如人工组装合成的纳米结构材料和纳米尺度图案材料。以纳米颗粒以及纳米

现代物理知识

线、纳米管为基本单元在 1 维、2 维或 3 维空间中按一定的方式有序排列、组装成为具有纳米结构的体系。

新世纪高科技的迅速发展对高性能材料的要求越来越迫切,而纳米材料的合成为发展高性能的新材料和对现有材料性能的改善提供了一个新的途径。早在 1994 年美国材料科学学会举办的一年一度的 MRS 会议上已正式提出“纳米材料工程”的新概念,其目的是为加快纳米材料转化为高技术企业的进程,缩短基础研究、应用研究和开发利用的周期,这是当今新材料研究的重要特点。谁在这方面下功夫,谁就能占领 21 世纪的新材料研究的“制高点”,就会在新世纪新材料的研究中处于优势地位。在这方面,纳米复合材料的发展已经成为纳米材料工程的重要组成部分。下面介绍当前纳米材料发展的新趋势。

### 1. 高强、高韧、高硬度的纳米复合深层材料有新的进展

纳米涂层材料由于具有高强、高韧、高硬度特性,在材料表面防护和改性上有着广阔的应用前景,近年来纳米涂层材料发展的趋势是由单一纳米涂层材料向纳米复合涂层材料发展。如美国桑迪亚国家实验室的杰夫·布林克尔最近研制出一种表面巨大且具有完全规则的纳米结构的超薄涂层,其孔隙设计得只允许一定尺寸的分子通过,这种涂层可以用作化学传感器,其检测分子的灵敏度比普通材料高 500 倍;中国科学院化学所工程塑料国家重点实验室利用纳米复合涂层技术研制出纳米塑料,并实现部分工业化生产。纳米塑料呈现出优异的物理力学性能,具有强度高、耐热耐磨性好,比重较低。另外还呈现出良好的透明度和较高的光泽度,其耐磨性是黄铜的 27 倍。国家 973 纳米领域首席科学家张立德表示:“纳米塑料将是我国最有希望实现产业化的纳米技术之一”。以实际应用为目标的纳米复合材料的研究在未来的一段时间内将有很强的生命力。也是新材料发展的一个重要部分。

### 2. 纳米材料光学特性研究的新动向

纳米材料诞生以后,人们发现在原来不发光的材料中,当粒子尺寸达到纳米级时,在紫外到可见光范围以及近红外范围观察到了新的发光现象。由中国科技大学材料系与中国科学院固体物理研究所合作研究的把纳米  $Al_2O_3$  和纳米  $Fe_2O_3$  掺合在一起,所获得的纳米粉体或块体在可见光范围的蓝绿光波段

出现一个较宽的光致发光带。

### 3. 纳米贮氢材料

纳米贮氢材料的优点是不经过活化就能吸氢。加拿大科学家用高能球磨法制备出  $MgNi$ 、 $LaNi_5$ 、 $TeTi$  及  $Ti$  纳米粉体。在球磨状态下就能表现出比常规材料高得多的吸氢能力,加少量  $Pb$  进行粉体表面改性,吸氢效果更好。中国科学院金属研究所的研究小组,采用与众不同的新方法,快速合成出大量高质量的碳纳米纤维和单壁碳纳米管,在室温条件下具有优异的储氢性能,储氢能力达到 4% 以上(至少为稀土材料的 2 倍),是迄今世界上制造的储氢能力最强的碳纳米材料。

### 4. 减少纳米材料的维数已成为新的发展方向

在近几年,纳米材料维数的研究已由 3 维向 2 维(量子阱)、1 维(量子线)和 0 维(量子点)转化。对于材料来说,维数越少,其调节就越好。如果 2 维材料是有前途的,那么 1 维或 0 维材料会有更好的前途,电子通过量子导线时散逸更小,达到更高的迁移率))) 因而能制造出速度更快的原子电子开关,制成单电子晶体管、单电子逻辑器件等。这类器件将是量子计算机的重要组成部分。这种计算机将小如谷粒,其计算能力可为奔腾芯片的 1000 亿倍,处理能力相当于拥有 100 个工作站的超级计算中心。

一种材料的维数能通过将其夹在另外一种具有较高能量电子的材料的两薄层之间而得以减少。这种约束方式改变了电子状态密度,即特定能级。从一块薄层(厚度不超过  $2 \times 10^{-7}$  cm)平面上切下狭窄长条将是一根 1 维线,再对 1 维线进行切割便得到维数的极限))) 0 维点。一个 0 维点即量子点被认为类似于一些特别设计的原子。纳米技术专家现已能够将电子限制在点状结构(0 维量子点),这可能会导致产生出下一代新型的电子和光学器件。

约束于平面上的电子有 2 维运动自由度,约束于量子线上的电子仅具有 1 维运动自由度,而约束在一个量子点之内的电子则在任何维上都没有运动自由度。

纳米科技是一门新兴的尖端科学技术。它将是 21 世纪最先进、最重要的科学技术之一,它的迅速发展有可能迅速改变物质产品的生产方式,引发一场新的产业革命,导致社会发生巨大变革。正像自来水、电、抗生素和微电子的发明带来的变革一样,对人类认识世界和改造世界将会发挥不可估量的作用。