

纳米科学技术概述

米丽琴

一、历史背景

在 20 世纪 90 年代的科技报刊上,经常出现“纳米材料”和“纳米技术”这种名词。什么是“纳米材料”呢?通俗一点说,就是用尺寸只有几个纳米的极微小的颗粒组成的材料。1 纳米为 10 亿分之一米,用肉眼根本看不见。但用纳米颗粒组成的材料却具有许多特异性能。因此,科学家又把它们称为“超微粒”材料和“21 世纪新材料”。而纳米材料并非完全是最近才出现的。最原始的纳米材料在我国公元前 12 世纪就出现了,那就是中国的文房四宝之一——墨,墨中的重要成分是烟。实际上,烟是由许多超微粒炭黑形成的,而制造烟和墨的过程中就包含了所谓的纳米技术。

1984 年,一位德国科学家格莱特(Gleiter)把一些极其细微的肉眼看不见的金属粉末用一种特殊的方法压制成一个小金属块,并对这个小金属块的内部结构和性能做了详细的研究。结果发现这种金属竟然呈现出许多不可思议的特异的金属性能和内部结构。他制出的这种材料的特殊性在于,一般的物理概念认为晶体的有序排列为物质的主体,而其中的缺陷、杂质是次要的,要尽力除去。格莱特把物质碾成极小微粒再组合起来,实际上是把界面上的缺陷作为物质的主体,由微小颗粒压制成的金属块是一种双组元材料,有晶态组元和界面组元,界面组元占 50%,在晶态组元中原子仍为原来的有序排列,而在界面组元中,界面存在大量缺陷,原子的排列顺序发生变化,当把双组元材料制到纳米级时,这种特殊结构的物质就构成了纳米材料;由此开始了对纳米材料及纳米科学技术的研究。

1987 年,德国和美国同时报道制备成功二氧化钛纳米陶瓷(颗粒大小为 12 纳米),这种陶瓷比单晶体和粗晶体的二氧化钛陶瓷的变形性能和韧性好得多。例如,纳米陶瓷在 180℃ 下能经受弯曲变形而不产生裂纹,纳米陶瓷零件即使开始时带有裂纹,在经受一定程度的弯曲变形后,裂纹也不会扩大。1989 年,美国商用机器公司(IBM)的科学家用 80 年代才发明的扫描隧道显微镜(STM)移动氩原子,用它们拼成 IBM 3 个字母,接着又用 48 个铁原子排列组成

了汉字“原子”两字。1990 年,首届纳米科学技术大会在美国成功举行,标志着一个把微观基础理论与当代高科技紧密结合的新型学科——纳米科学技术正式诞生了。1991 年,IBM 的科学家制成了速度达每秒 200 亿次的氩原子开关。1996 年,IBM 设在苏黎世的研究所又研制出世界上最小的“算盘”,这种“算盘”的算珠只有纳米级大小,由著名的“碳”巴基球 C₆₀ 制成。

二、发展现状

纳米技术的发展现状十分乐观,世界各国纷纷制定发展纳米科学技术的战略,纳米科技成为世界科技竞争的一个热点领域。1981 年日本就启动了第一个关于超细粒子的 5 年计划,1992 年,开始启动微型机械技术计划,研制能进入人体血管的微型机器人,还启动了“原子与分子终极利用技术”计划,上世纪末又设立了纳米材料研究中心,把纳米技术列入新 5 年科技开发重点;美国也不甘落后,2001 年在纳米科学技术研究上投入 50 亿美元,其中 5 亿美元优先实施新的“全国纳米科技计划”;德国建立了纳米技术研究网,计划投资 5000 万美元建立一个科学中心,重点为纳米技术研究;1994 年,英国启动了第一个纳米材料研究的 5 年计划。

中国对纳米科学技术也非常重视,中国科学院在 2000 年成立了由其所属的 20 个研究所组成的中国科学院纳米科技中心,开通了纳米科技网站(<http://www.casnano.net.cn>、<http://www.casnano.org.cn>、<http://www.casnano.com.cn>),并在化学研究所建成纳米科技楼。纳米科技中心围绕纳米科技领域的重点问题和国家、院重大科技计划,组织分布在不同领域不同单位的科技工作者,利用纳米科技网站纳米科技中心研究实体,实现有关科技信息、技术软件和仪器设备的共享,在中科院知识创新工程中,将纳米材料列入首批 20 个重大项目之一,支持力度为 2000 万元人民币。据不完全统计,在纳米科学研究方面,中国论文总数(以 2000 年科学引文索引 SCI 为准)继美、日、德之后位于世界第 4 位,在碳纳米管方面论文居世界第三。

随着纳米科技的发展,人们越来越认识到,只要

控制结构颗粒的大小,就能制造出强度、颜色和可塑性都能满足用户要求的纳米材料。纳米材料无与伦比的特性,使它在无数领域有着良好的应用前景。

三、应用前景

由于纳米材料的表面效应、量子尺寸效应及宏观量子隧道效应等,使得纳米材料在许多领域呈现出常规材料所不具备的特性,“纳米材料”、“纳米技术”不再是科学家或实验室的专有词汇,它已经悄然进入寻常百姓生活,渗透到衣、食、住、行等领域。因此,纳米材料具有十分广泛的应用前景。

作为磁性材料的应用 磁性超微粒由于尺寸小、具有单畴结构、矫顽力很高等特性,已被用作高贮存密度的磁记录磁粉,大量应用于磁带、磁盘、磁卡等。用这样的材料制作的磁记录材料可以提高信噪比,改善图像质量。此外,磁性纳米材料还可用作光快门、光调节器、病毒检测仪等仪器仪表,复印机墨粉材料以及磁墨水和磁印刷材料等。

作为传感器材料及微电子器件材料的应用 传感器是超微粒的最有前途的应用领域之一,例如,用纳米二氧化锡膜制成的传感器,可用于可燃性气体泄露报警器和湿度报警器。用金超微粒沉积在基板上形成的膜可用做红外线传感器,金超微粒膜的特点是可见至红外整个范围的光吸收率都很高。大量红外线被金属膜吸收后转变成热,由膜和冷接点之间的温差可测出温差电动势,因此可制成辐射热测量器。

作为跨世纪的新材料,纳米材料将用于下一步的微电子器件,使未来的电脑、电视、卫星、机器人等的体积变得越来越小。例如,北京大学用单壁碳纳米管做成了世界上最细、性能最好的扫描探针,获得了精美的热解石墨的原子形貌像;利用单壁短管作为场电子显微镜(FEM)的电子发射源,拍摄到过去认为不可能获得的原子像;复旦大学已经研制出50纳米的新材料,居国际领先地位,这些材料将用于制造电子器件中的极板、存储器和导线。电子通讯方面,纳米技术将使电子元件体积更小、速度更快、能耗更低,可以制造出存储密度和运算速度比现在大3至6个数量级的全频道通讯工程和计算机用器件。1999年,美国乔治亚理工学院电子显微镜实验室主任王中林教授与其他科学家发明了电子秤,电子秤的发明打开了纳米科学与技术的新研究领域,对生物学和医学研究来说,它可以测量单个病毒或

生物大分子的质量,从而提供一种用质量来判别病毒种类的新方法,开辟了在生物学和医学上有应用前景的纳米测量技术的新天地。

纳米材料在催化方面的应用 超微粒的表面有效活性中心多,这就为做催化剂提供了基本条件。在聚合物聚合物的氢化和脱氧反应中,纳米铜粉催化剂有很高的活性和选择性;在汽车尾气净化处理的过程中,纳米铜粉作为催化剂可以用来部分代替贵金属铂和铑。

作为光学材料的应用 纳米微粒具有常规大块材料不具备的光学特性,如光学非线性、光吸收、光反射、光传输过程中的能量损耗等,使得用纳米材料制备的光学材料在日常生活和高技术领域得到广泛的应用,在现代通讯和光传输方面占有极其重要的地位。用纳米微粒作光纤材料可以降低光导纤维的传输损耗。纳米微粒在红外反射材料上的应用主要是制成薄膜和多层膜来使用,有纳米微粒制成的红外膜有透明导电膜、多层干涉膜。例如,用纳米二氧化硅和纳米二氧化钛微粒制成的多层干涉膜,总厚度为微米级,衬在灯泡罩的内壁,不但透光率好,而且有很强的红外反射能力。

在医学、生物工程方面的应用 纳米技术引入现代医学即形成了载药纳米微粒,纳米微粒的尺寸一般比生物体内的细胞小得多,这就为生物学研究提供了一个新的研究途径,即利用纳米微粒进行细胞分离及利用纳米微粒制成特殊药物或新型抗体进行局部定向治疗等。日本大阪科学家使用激光技术,用合成树脂制成了迄今为止世界上最小的牛。他们这样做是为今后使用纳米技术制造能在血管中移动的“纳米机器”做准备,这是因为牛有很尖的尖角,周身既有平滑部分,又有弯度很大的部分,对制作技术提出了挑战,能完美造出“纳米牛”,也就能造出各种各样的纳米机器。与此同时,大阪的科学家用同样的方法造出了一个“纳米弹簧”,科学家希望,这样的弹簧能成为未来纳米机器的部件。

复合材料的应用 纳米材料在复合材料的制备方面也有广泛的应用。例如把金属的纳米颗粒放入常规陶瓷中可大大改善材料的力学性能,将金属超微粒掺入合成纤维中可防止带静电,在塑料中掺入金属超微粒可不改变其强度而控制其电磁性质等。超微粒也有可能作为梯度功能材料的原材料,例如,材料的耐高温表面为陶瓷,与冷却系统相接触的一

面为导热性好的金属,其间为陶瓷和金属的复合体,使其间的成分缓慢连续地发生变化,这种材料可用于温差达 1000℃ 的航天飞机隔热材料,核聚变反应堆的结构材料等。据《科技日报》报道,日本大阪大学研究人员最近把有机化合物“环糊精”与无机硅化合物结合在一起,加以烧结,制作出了具有新物质特性的纳米材料。如果再对这种有机-无机复合物进行烧制,其中的碳和氢被燃烧掉后,就会在纳米级别上合成氧化物陶瓷;而在氩等非活性气体中,再提高温度进行烧结,这种复合物还能够被制成碳纳米管。

人们对纳米材料的物理、化学性质进行了大量的研究,目前纳米材料的某些应用已进入了工业化的生产阶段,但一些新的应用领域还需要进一步开拓。从国内外纳米材料的研制、生产和应用的形势

来看,纳米材料的工业生产和广泛的应用正处在重大突破的前夕。在中国,尤其是以碳纳米管为代表的准一维纳米材料及其阵列方面做了有影响的成果。

纳米技术的发展对人类的生活产生了巨大影响,我们应该清醒地认识到,纳米时代的到来还需要许多科学家的长期不懈努力,有人曾担心说:“纳米时代一旦来临,人类的正常生活将不复存在”,这正如法国科学院院士、诺贝尔物理学奖获得者乔治·夏伯克(Georges Charpak)博士在北京师范大学“教育报告会”上所说的:人们怕核武器,是因为人们不了解核武器,当人们一旦掌握了核武器,就自然不怕核武器。同样,当人们掌握了纳米技术,它就会按人类的意愿服务于人类。

(广东省湛江师范学院物理系 524048)

(上接第 17 页)

$N_1 = N_2$, 这时 $dH/dt = 0$, 这就是说, 不管发生何种情况均无 $dH/dt > 0$ 发生, 即恒有

$$dH/dt \leq 0 \quad (4)$$

这一规律称为 H 定理, 它说明系统的 H 函数在任何情况下均不增加(实际上是减少), 其中 H 函数不变仅对应于平衡情况。

若令熵(较严格一些的引进熵 S 见 3)

$$S = -kH \quad (5)$$

并将 k 取为玻耳兹曼恒量则可得到

$$ds/dt \geq 0 \quad (6)$$

这一规律称为熵增原理, 它说明系统的熵随时间而增加, 即封闭系统的熵在自然过程中恒不减少。式(5)定义的熵略去了一个任意常数。

由跳蚤模型引出玻耳兹曼关系式

下面计算 N_1 个跳蚤在狗 A 身上, N_2 个跳蚤在狗 B 身上所对应的微观状态数。为此假定, 每个跳蚤均可编号, 它们可以彼此区别。根据排列组合原理, N_1 个跳蚤在 A 狗身上, N_2 个跳蚤在 B 狗身上的组合方式数(即微观状态数)为:

$$W = N! / N_1! N_2! \quad (7)$$

利用斯特令公式 $\ln N! = M \ln N - N$ ($N \geq 1$) 可得

$$nW = -H + M \ln N \quad (8)$$

在忽略任意常数 $M \ln N$ 的情况下, 由式(5)可得

$$S = k \ln W \quad (9)$$

17 卷 1 期(总 97 期)

这就是玻耳兹曼关系式, 它说明, 系统的熵与系统的微观状态数(即热力学概率)的对数成正比。考虑到微观状态数 W 永不随时间而减少, 由式(9)即可得到 $ds/dt \geq 0$, 它就是前面说过的熵增原理。

(廖耀发 湖北工业大学物理系 430068; 余守宪 北京交通大学物理系 100044)

科苑快讯

物理学家计算出 宇宙真实“年龄”

在意大利大萨索国家实验室(National Laboratories of Gran Sasso)进行研究的一组意大利和德国科学家成功计算出, 宇宙“年龄”比迄今为止认为的“年龄”大约老 10 亿“岁”。大萨索国家实验室位于地下 1400 米深处, 以避免外界干扰和辐射, 并使科学家能对核反应进行精密测量。

科学家仔细分析了所谓碳-氮-氧循环流量, 碳-氮-氧循环流量能给出的能量对于太阳来说极其微小, 但是对于巨大古老恒星来说非常重要。原来发现, 碳-氧-氧循环比原先认为的要缓慢得多, 而这会对宇宙中最古老恒星“年龄”的估算产生严重影响, 同样, 最古老恒星“年龄”又与宇宙自身“年龄”的估算直接有关。科学家强调指出, 现在宇宙的“年龄”应为 147 亿“岁”, 而不是 137 亿“岁”。

(周道其译自俄《宇宙信息分析高架网》2004/5/21)