

走近纳米科技

武步宇 武步宙 史晓菲
(山东理工大学东校区 淄博 255012)

纳米科技于 20 世纪 70 年代兴起,进入 21 世纪越来越被大家耳熟。纳米科技在促进科技进步,提高社会文明程度,改善人类生存质量,更新对物质世界的认知及观念上扮演了举足轻重的角色。

纳米是长度单位。一纳米为一米的十亿分之一,如果你的拇指指甲盖宽 14 毫米,这个比例就相当于拇指指甲盖宽度与地球直径间的比例。纳米科技所接触、研究、开发的是 100 纳米~ 0.1 纳米范围内物质的性质和应用。一个分子或一个原子大小的数量级大致在 10 纳米。因此,纳米科技也可以说是在分子水平上观察、分析、研究物质的物理、化学性质并加以开发利用。100~ 0.1 纳米是介于微观与宏观之间的一个范围,现在称此范围为介观世界。

中,上世纪 40~ 50 年代发展起来的“发电机理论”,目前被认为是地磁场起源理论中最为合理的和有希望的一个。

地球由地壳、地幔和地核组成,而地核又由液态的外核和固态的内核构成。液态外核里的铁镍成分可能具有高导电性能,提供了由物质运动和磁场相互作用维持地磁场的有利因素。图 5 表示一单圆盘发电机,导电圆盘 A 在轴向外磁场 B_0 中以角速度 ω 绕轴旋转,电刷 B 与圆盘 A 的边缘相接触,并与环形回路相连接,回路的另一端由电刷 C 与轴相连接。导电圆盘在磁场中运动,将产生径向的动生电

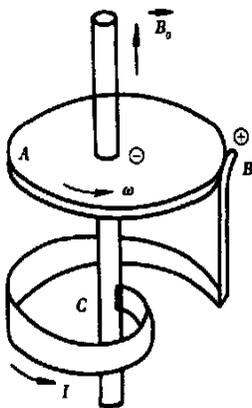


图 5 单圆盘发电机模型

尺寸在此范围内的物质由于具有大的比表面积、小尺寸效应、量子效应和宏观量子隧道效应等及至今尚不清楚的其他原因,使得这些纳米级物质的物理、化学性质突变,表现出非常奇特的性质。介观世界是一个人类目前尚不熟悉的世界,也是一个充满神奇魅力和机遇的世界。撩开介观世界的迷人面纱,不仅会创造更多明天的奇迹,恐怕掀起的还有认知和伦理上的一场革命。

纳米科技主要涵盖这样几方面的内容:纳米物理学,纳米化学,纳米力学,纳米材料学,纳米电子学,纳米生物学和纳米加工学等。纳米材料是纳米科技中极其重要的物质基础。纳米材料是指材料的几何尺寸达到纳米尺度并具有因理化性质突变而产生的特殊性能。根据纳米尺度在维度上的体现,纳米材料分为三种类型:三维空间尺寸在纳米数量级的,称零维基本单元或量子点,如纳米颗粒、原子团簇等;二维空间尺寸在纳米数量级的,称一维基本单

动势,于是有电流 I 在环形回路中流动。若环形回路方向选择适当,电流产生的磁场与外磁场 B_0 同方向,若圆盘旋转速度足够大,则磁场将不断增强,若旋转速度过小,则磁场将不断衰减。在稳定状态中,得到的场强维持一常量值。

现在要问,原始外磁场 B_0 来自何方? 现在人们认为地球内部存在铁磁体,而铁磁体绕轴旋转可以产生一个弱磁场。根据理论计算,若铁磁体绕轴旋转频率为 n ,铁磁体沿其旋转轴方向磁化的磁化强度 M 为

$$M = 1.5 \times 10^{-3} n (\text{A} \cdot \text{m}^{-1}),$$

对于地球, $n = \frac{1}{8.64} \times 10^{-4} (\text{s}^{-1})$, 则有

$$M = 1.78 \times 10^{-8} (\text{A} \cdot \text{m}^{-1}).$$

虽说这个数值比前述地球的平均磁化强度 $7.3 \times 10 \text{A} \cdot \text{m}$ 小很多,但它毕竟提供了在“发电机理论”中必不可少的原始外磁场。

后来又有学者提出双圆盘发电机模型来代替单圆盘发电机模型,它不仅说明有一个相对恒定的地磁场,且很好解释了地磁场的长期变化和地磁场方向反转的事实,增强了人们对发电机模型信念,当然这种理论与地核内部可能的真实过程相差很远。

元或量子线,如纳米丝、纳米管、纳米棒等;若只有一维空间尺寸在纳米数量级的则为二维基本单元或量子阱,如超薄膜、多层膜、超晶格等。

纳米材料的制备方法不下 30 多种。例如制备碳纳米管的方法,就有石墨电弧放电法、化学气相沉积法、激光蒸发石墨法等多种。大量制备目标单纯、排列整齐、结构均匀、有序可控、稳定的、高质量的纳米材料,是制备方法的追求。

当物质的尺寸降到纳米数量级时,由于小尺寸效应、量子尺寸效应等,使得物质的声、光、电、热、磁等性能,与宏观粒子有明显的不同甚至突变。物质熔点的变化就是一个例子。通常金的熔点为摄氏 1064 度;当金粒子尺寸降到 10 纳米,比表面积为每克 90 平方米,熔点为摄氏 940 度;当尺寸降到 5 纳米,比表面积为每克 180 平方米,熔点为摄氏 840 度;若尺寸降到 2 纳米,比表面积为每克 450 平方米,摄氏 33 度就熔化了。俗语说“真金不怕火炼”,但尺寸在 2 纳米的金纳米颗粒,攥在手心里就能熔化了。这是因为颗粒越小,比表面积越大,表面能升高,相应熔点则降低。纳米水的沸点比汽油的低,将纳米水搀和到汽油里,在汽缸压缩升温点火中,水把汽油炸成更小的油滴,使汽油燃烧充分,既节约了燃油,又减少了排污,还提高了效率,真是一举三得的好事。都知道银是良导体,但当银颗粒的尺寸小于 14 纳米,温度低于摄氏零下 272 度时,银就成为绝缘体。这是量子尺寸效应。当银粒子尺寸在此范围内时,金属费米能级附近的电子能级间距,增大成为离散能级,不再连续,使电子跃迁不顺畅,是出现这种突变的根本原因。而有些绝缘体,如氧化硅和二氧化硅在这样的小尺寸下,竟然具有导电性能。金属都有美丽的光泽,当他们制成纳米颗粒时,就呈现出黑色。是因为纳米颗粒的尺寸小于光波的波长,使光透射加强,反射干涉相消;另外颗粒小,表面积大,使吸收率增高。因此,可将多种重量轻的超微粒子附着在飞机表层,形成宽频带的对微波与红外线的吸收能力,逃避雷达监视,再与机内信号控制装置相配合,使雷达反射波畸变,达到隐身目的。可见,在纳米尺寸下,物质性质有了重大奇异的变化。利用这些奇特的性质,可以制造出各种品质优异的材料,创造出前所未有、闻所未闻的奇迹。

在众多的纳米材料中,碳纳米管因其独特优良的品质,倍受人们的青睐。碳纳米管由石墨的碳原子层卷曲而成,属一维量子线。在碳纳米管中由于

量子限域效应,电子在碳纳米管中只能沿轴向运动,加上管径和手性角的影响,致使碳纳米管具有奇特的电学性质。碳纳米管可以是导体性的,电导高于铜;也可以是半导体性的。甚至在一根碳纳米管的不同部分呈现出不同的导电性,两不同电性的交结处形成异质结,可以起整流作用。根据这种特性,可以在纳米尺度下,制成碳末大小的电子器件,例如隧道二极管、单电子开关等,这无疑是奏响微电子学的革命前奏。碳纳米管与其他材料形成的复合材料,电导大大增强,可以用作导电漆或导电涂层。

碳纳米管具有无与伦比的优良的力学性质。它的抗张强度比钢高 100 倍,密度仅为钢的 1/6;韧性极好,即使将其弯曲成环,也能完全恢复原状;其延伸性、抗断裂性都是很优秀的。碳纳米管具有良好的热导性、热稳定性及高强度,有人设想用碳纳米管制成通天的长梯,将从天上采集的能量源源不断地传输到地面,以供使用。无论热机还是电机的能量转换效率都远远低于肌肉的效率,人类一直在设法制作类似肌肉的高性能、高效率的能量转换机。碳纳米管以其优良的导电性和力学性质,使得模拟肌肉工作的人造肌肉得以实现。高性能、高效率的碳纳米管人造肌肉工作机将是经济利用能源的福音。

经适当处理后的单壁碳纳米管是良好的储氢材料。它所储存的 78.3% 的氢,可以在常温常压下被方便地取出使用。残存在碳纳米管中的氢,稍微加热后,就能释放出来。这为交通工具提供了安全、可靠的储氢设备,为清洁能源的安全储运,使用,开辟了广阔前景。

应用碳纳米管非凡,奇特的力学和电学性质,可以做成扫描隧道显微镜或原子力显微镜的电子探针或针尖,可以成为场发射源,可以制成测微的纳米秤,称量一个病毒,甚至一个原子的重量;还可以作为其他复合材料的强化剂,制造出性能优越的复合材料,创造材料史上的奇迹……

纳米科技将在 21 世纪中扮演重要角色,在方方面面创造出骄人的业绩。纳米科技在微电子学方面的作为是令人瞩目的,使电子计算机运算速度更快、性能更优、更趋小型化。纳米科技也为量子计算机、生物计算机的问世铺平道路。经擦耐磨、永远鲜艳的涂料,穿不脏的衣服,质轻料薄的防寒服,除菌保鲜的冰箱……人类尽享纳米科技为我们带来的方便、优越的生活。

尤为神奇的是,纳米科技为我们人类自身所做

和将做的一切。人类是大自然创造的奇迹。尽管人类自身的某些秘密仍有待进一步发现和认识,但纳米科技对人类疾病诊治,器官及肢体的修复、移植、再生等提供了实际和诱人的发展前景。

在疾病诊断上,纳米科技的介入将带来医疗诊断技术的变革。由于纳米半导体粒子具有超快速的光学非线性响应和光致发光特性,纳米粒子周围的介质可以强烈地影响其光学性质,根据这个道理,可以获得快速、准确、可靠,而且便宜、简单的诊断疾病的方法。例如,将金纳米颗粒小球附着在人工DNA短链上用以诊断,只要根据金纳米小球颜色的变化,就能判断人体基因中哪种碱基有缺陷,对生命构成威胁的所有疾病,几乎都可以用此法检测出来。还可以采用纳米细胞分离技术诊断疾病,较之过去的细胞分离术,要简便、快捷,更容易形成密度梯度,更容易将细胞分离出来,而且不会弄脏生物细胞。这种方法在先进发达国家已用于检测胎儿是否有遗传缺陷,比过去采用的羊水检测法,安全、简单还便宜。纳米细胞分离术对于癌症的早期诊断也在临床实验中。总之纳米传感系统在疾病早期诊断上将大显身手。

对癌症的治疗,传统西医的方法是手术切除肿瘤、全身给药,加上局部化疗。治疗中难免良莠不齐、皂白不辨,将癌细胞与其附近的正常细胞一并铲除。若有一种药物,就象有定向导航仪的炸弹,专门轰击癌细胞,应该是效率最高、最经济安全的治疗方法。纳米科技提供了这种长眼睛的炮弹,那就是磁性纳米粒子。在具有磁性的四氧化三铁的纳米粒子的外面裹上一层高分子,携带上药物和只与癌细胞有亲和作用的生物活性物质,在肿瘤处加上外磁场,磁性纳米粒子就起着导航作用,直奔肿瘤部位,杀灭癌细胞。术后癌症病人要进行放射性治疗,以杀死残存的癌细胞,有些病人因照射部位特殊,为避免具有免疫和造血功能的骨髓细胞受损,需在放疗前将骨髓抽出,放疗后再输回。由于癌细胞常常已扩散至骨髓,为彻底清除骨髓中的癌细胞,可用带有与专门癌细胞有亲和力的磁性粒子将骨髓中的癌细胞分离出来,保证放疗效果。这项技术已在某些发达国家用于临床。

器官移植面临的最大问题是怎样克服术后的排异现象。如果在被移植的器官外涂上一层与本体细胞亲和的纳米涂层,排异现象就能停止。

其实我们人类和其他动物的牙齿、骨骼及一些

器官内,就有纳米微粒形成的纳米结构。应用纳米材料,采用仿生学的手段,复制或再生具有生命活性的、个性化的人造器官并非是遥不可及的梦想。在未来的医院里,为需要器官移植的病人,依据他们的基因信息,量身定做符合自身情况的人体组织或器官。从皮肤、毛发、骨关节到肾、心脏、手臂等等,应是一应俱全,需要什么,就能仿制什么乱真的机体组织或器官。让聋人复聪、盲人复明,让残疾人完全恢复正常人的生活,将成为明日的现实。

应用纳米科技和生物手段,将酶和特定的功能分子与纳米机械组装成纳米机器人,可以为我们清扫血管、疏通心脑血管的栓塞,到给定部位缓释药物,或直接擒拿致病元凶,或将人体各部分的信息迅速传给检测仪器……纳米科技为我们人类自身所做的绝不会仅仅是这些,有许多我们现在想都想不到的事情会发生。

将来的某天,你在路上走,忽然有个异物从眼前飞过,你别以为是什么小飞虫,那是纳米机器人,或许是测定小区微环境的气象监测仪,也可能是刺探情报的微型间谍机。迎面而来的衣冠楚楚、人模人样向你打招呼的可能是邻居家用纳米技术开发的机器人管家……

纳米科技带来的还有更深层次的思考。纳米科技采用与传统人工制造物品截然相反的方式,从分子水平制作物品。尽管目前还做不到用分子、原子来组装、建造各种物品,一旦这个目标实现了,所引起的人类对物质世界本质认知的震撼足以翻天覆地。这并不是危言耸听。既然可以从分子水平制作,那还有什么制不出来的?地球上有的、没有的,有机的、无机的,生物的、非生物的,有思维能力的、无思维能力的等等,统统可以从原子拼装开始。从一粒沙子到一个星球,从一个病毒到复制人本身。复制人既然拥有人的全部信息,就具有意识。我们会惊讶地发现,生命与非生命的界限,竟会如此模糊!他们的不同,可能仅在拼装时,输入的信息不同而已。尤其令人惊诧的是,制作物质的同时,还能获得意识!只有人类得天独厚,拥有意识。但意识是怎样产生的?至今是谜。复制人连带得到意识,可否用纳米技术使某种动物具有意识?真不可思议。好在这种制作、复制距离我们还很遥远。但纳米科技带来的惊喜正在方方面面出现,不在今天,就在明天。

纳米科技正向我们走来,你准备好了吗?