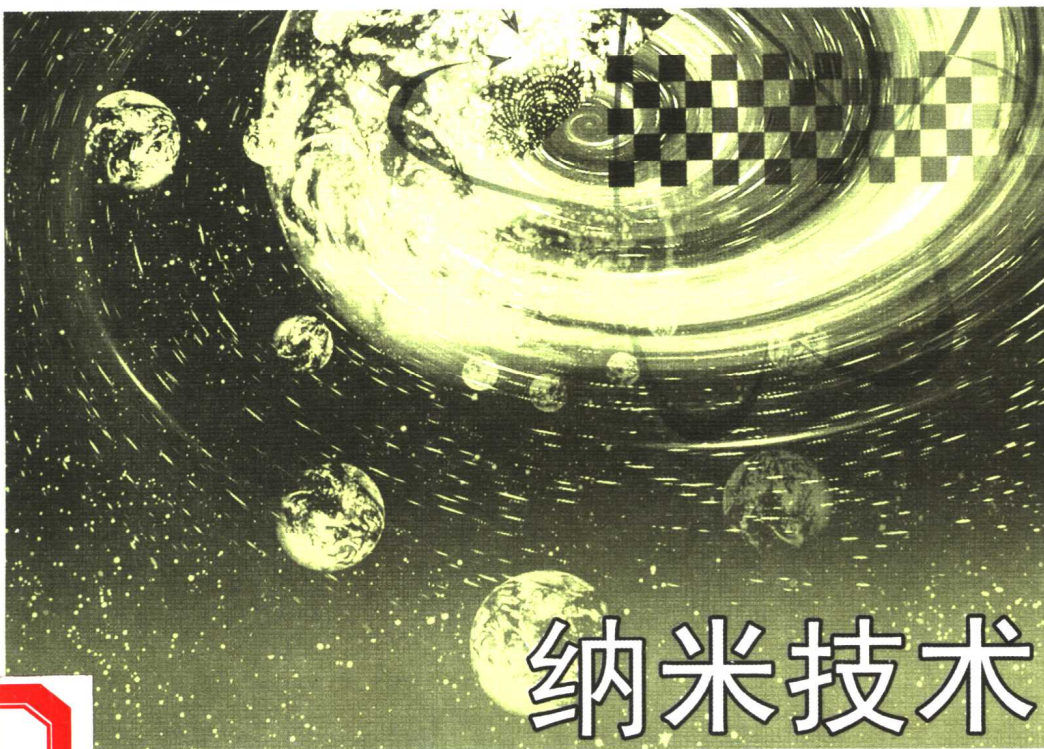


科学大视野丛书  JIAGONG YUANZI DE JISHU

加工原子的技术



纳米技术

■ 罗 蕾 编著 ■

-49

江西科学技术出版社



科学大视野丛书

加工原子的技术

纳米技术



A1039921

罗 蕾 编著

江西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

加工原子的技术:纳米技术(科学大视野丛书)/罗蕾编著. —南昌:江西科学技术出版社, 2002. 12

ISBN 7-5390-2205-1

I. 加… II. 罗… III. 纳米材料-技术-普及读物 IV. TB383-49
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 110306 号

国际互联网(Internet)地址:

HTTP://WWW.NCU.EDU.CN:800/

加工原子的技术:纳米技术 (科学大视野丛书)

罗蕾编著

出版 发行	江西科学技术出版社
社址	南昌市新魏路 17 号
	邮编:330002 电话:(0791)8513294 8513098
印刷	江西科佳图书印装有限责任公司
经销	各地新华书店
开本	850mm × 1168mm 1/32
字数	110 千字
印张	4.125
印数	3000 册
版次	2002 年 12 月第 1 版 2002 年 12 月第 1 次印刷
书号	ISBN 7-5390-2205-1/TB·33
定价	10.00 元

(赣科版图书凡属印装错误,可向出版社发行部或承印厂调换)



序

我国九部委颁布的《2000~2005年科学技术普及工作纲要》指出：“大力宣传和普及自然知识、社会人文知识的基本常识，包括各种自然现象和天文现象的科学解释，宇宙起源、地球形成、生命起源和人类进化的有关知识，各种自然灾害的科学成因，人类文明的发展史等，促进社会公众建立起科学的自然观和宇宙观，树立唯物主义世界观、人生观和历史观。”

为贯彻这一纲要，江西科学技术出版社推出由林德宏教授主编的《科学大视野丛书》。这套丛书选取当代一些重大而民众又应当了解的科学问题，进行通俗的介绍，叙述科学理论建立、探索、完善的历史过程，深入浅出地解释科学发现的内容，使读者扩大科学视野，受到生动的科学思想、科学方法的教育，激发读者的科学兴趣和创新意识。

科普工作对科学知识的传播，科学思想、科学精神的弘扬和培养富有创新精神和创新能力的人才，具有重要的



意义。这也是一项难度很大的工作。对现代一些重大科学发现和重要科学理论,作出准确而又通俗的解释,看似简单,实非易事。希望大家都能来关心和支持科普工作。

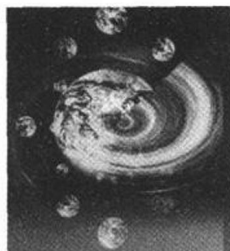
正因为如此,所以我欢迎这套丛书的出版,希望读者能从中学到一些知识,受到一些启迪。

黄顺基

中国人民大学哲学系教授
科学技术哲学博士生导师



目 录



序/1

引言 奇思妙想中发现的真实世界/1

1 纳米是什么/6

2 纳米技术的工具——扫描探针显微镜/11

3 纳米技术的载体——纳米材料/34

4 纳米生物工程/64

5 纳米电子器件/88

6 纳米机器人技术展望/105

尾声 纳米技术的更多思考与遐想/119

后记/128

纳米概念是科学家创造的术语,可纳米物质却不是人类的新发明,人类永远不清楚自然界还有多少未知的东西

引言

奇思妙想中发现的真实世界

150 亿年的宇宙与 45 亿年的地球。地球上的人类历史与漫长的宇宙年龄相比,就像是刚满一岁的婴儿与五千岁的超级寿星(如图 0-1)。

强烈的求知欲望与征服欲望,使人类从诞生之时起便一刻不停地探求着、思考着、行动着。然而与生俱来的时空隔断使人类永远不清楚自然界究竟还有多少未知的东西。

1959 年,著名物理学家理查德·费曼发表了一篇题为《在底部还有很大空间》的演讲,这位诺贝尔奖获得者提出了一个令人震惊的想法:从石器时代开始,人类从磨尖箭头到光刻芯片的所有技术,都与一次性地削去或融合数以亿计的原子物质做成有用形态有关,“为什么我们不可以从另外一个方向出发,从单个分子甚至原子开始进行组装,以达到我们的要求?”“至少依我看来,物理学的规律不排除一个原子一个原子地制造物体的可能性。”人类可以用小的机器制作更小的机器,最后将变成根据人类意愿,

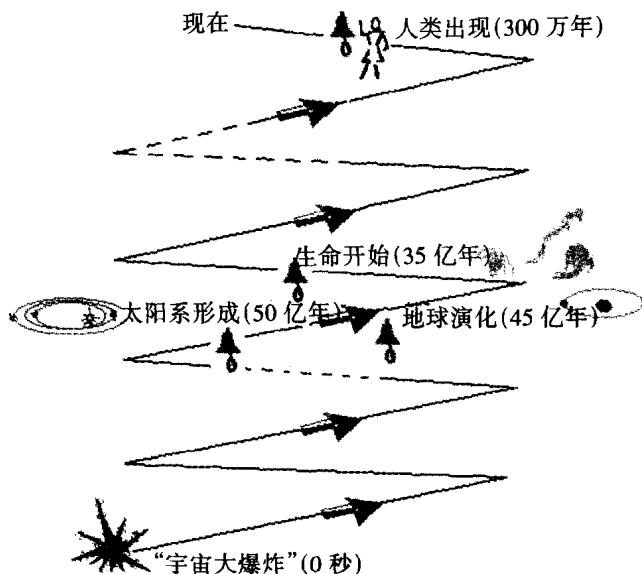
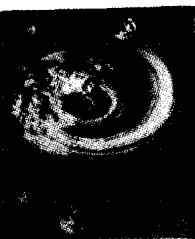


图 0-1 时间之矢

逐个地排列原子,制造产品。这被公认为纳米技术思想的来源。

也许是过于超前,费曼关于纳米技术的“梦想”并没有引起人们的广泛关注。直到 27 年后,才得到一个专门以展望未来为职业的科学“巫师”——埃里克·德雷克斯勒的理解。

1986 年,埃里克·德雷克斯勒在出版的《创造的发动机》一书中,运用更为通俗的形象描述,更加清楚地表述了费曼的奇思妙想。他说:我们为什么不制造出成群的、肉眼看不见的微型机器人,让它们在地毯或书架上爬行,把灰尘分解成原子,再将这些原子组装成餐巾、电视机呢?也许嫌不够刺激,疯狂的德雷克斯勒还进一步预言:这些

微型机器人不仅是只懂得搬运原子建筑的“工人”，而且还具有绝妙的自我复制和自我维修能力，由于它们同时工作，因此速度很快，而且十分廉价。

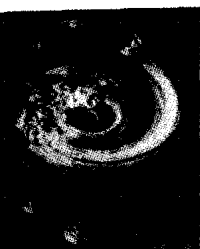
对于德雷克斯勒的想法，多数主流派科学家不屑一顾，认为是一派胡言。但德雷克斯勒仍然著书立说，阐述自己的观点。

在人类的全体中，特别喜欢思考又总是善于思考的人不多，特别喜欢行动又总是善于行动的人也不多，出类拔萃的总是太少，但这样的情形似乎很不错。对于同一个问题，当理论家们孜孜不倦地寻找更有力的论据时，实践者们也在兢兢业业地进行着各种试验性研究。

IBM 公司苏黎世研究所的宾尼和罗尔就是两位行动的巨人，他们致力于揭开微观物质面纱的新型仪器的研制。

终于在 1981 年，世界上第一台具有原子分辨率的观察仪器终于诞生了。当人类用宾尼和罗尔新近制造的扫描隧道显微镜重新审视周围物质时，惊异地发现了过去无从相识的纳米层次物质及其特殊性质。在开启微观世界大门的同时，扫描隧道显微镜这类不同凡响的“观察仪器”，因其特殊功能而实现了费曼的纳米技术“梦想”。

与传统的观察仪器不同，扫描隧道显微镜不仅具有很高的空间分辨率，能直接观察到物质表面的原子结构，而且还能对原子和分子进行操纵，从而将人类的主观意愿施加于自然。1989 年，IBM 公司实验室科学家首先用一台扫描隧道显微镜在镍表面搬移了 35 个氩原子，拼装成了世界上最小的三个英文字母“I-B-M”，后来又用 48 个铁原子排列组成了汉字“原子”两字。4 年后，美国西北大学的化学教授查德·米尔金利用一台纳米级的设备把费曼演讲的大部分内容刻在了一个大约只有 10 个香烟微粒大小的表



面上。过去被认为异想天开的纳米技术,变成了一项严肃认真的研究工作。

很快,一门以 0.1 纳米至 100 纳米这样尺度为研究对象的前沿学科建立起来。1990 年 7 月,首届国际纳米科学技术会议在美国巴尔的摩举行,这标志着纳米技术的正式诞生。

纳米概念是科学家创造的术语,可纳米物质却不是人类的新发明,纳米材料在自然界早就存在。动物的牙齿、骨骼、海底的藻类、天上的陨石都是由纳米材料构成的。中国古代的人们已经知道用收集到的蜡烛燃烧的烟尘来制造精墨。其实这种烟尘就是纳米尺寸的碳黑。中国古代制造的铜镜表面,有一层薄薄的防锈层,经过检验,就是纳米氧化锡构成的一层薄膜。

生物体内也存在着纳米尺寸的颗粒。最新的科学研究发现,蜜蜂的腹部存在着磁性纳米粒子,这种磁性的纳米粒子具有类似指南针的功能,蜜蜂利用这种“罗盘”来确定其周围环境,利用在磁性纳米粒子中存储的图像来判明方向。当蜜蜂采蜜归来时,实际上就是把自己原来存储的图像和所见到的图像进行对比,直到两个图像达到一致,由此来判断自己的蜂巢。科学工作者发现海龟也是依靠自己头部的纳米磁性颗粒进行导航来完成几万公里的迁徙的。

人们还发现,鸽子、海豚、蝴蝶、蜜蜂以及水中生活的趋磁细菌等生物体之所以具有回归本领,也是因为它们体内存在的超微磁性颗粒,使这类生物在地磁场导航下能辨别方向。

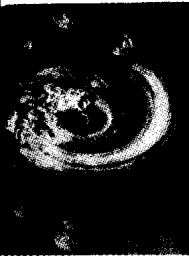
全新的视野、成功的喜悦给人们更多的鼓舞或遐想。既然通过特殊的工具可以实现对微观层次物质的观察和



操作,那么为何不再前进一步,让新发现的纳米世界给沉闷的现状带来更多的新意呢?然而,无限的欲望和雄心总是无法逾越知识的空白地带。

人类对纳米究竟了解多少!





纳米是一个尺度单位,然而纳米世界的确是真实存在的物质层次

1 纳米是什么

用“咫尺天涯”来形容纳米世界与人的距离,是再恰当不过的了。纳米世界非常地贴近我们,而我们凭“肉眼”却看不见,也不能“亲手”触摸到。纳米究竟是什么?

1. 纳米是一个长度单位

纳米(nm),又称毫微米,如同厘米、分米和米一样,是长度的度量单位。一米的千分之一是一毫米,一毫米的千分之一是一微米,一微米的千分之一是一纳米,一纳米是十亿分之一米的长度,即 $1 \text{ 纳米} = 10^{-9} \text{ 米}$ 。大家知道,物质结构的最小单元是原子,那么原子有多大?打个比方,把一个原子放大一亿倍,它的大小就如一乒乓球,可见原子之小,而一纳米只相当于五个原子并排起来的长度。我们普通人的一根头发丝的直径约为五十微米,那么一纳米相当于头发丝直径的五万分之一。形象地讲,一纳米的物体放到乒乓球上,就像一个乒乓球放在地球上一一般。这就是纳米长度的概念。

迄今为止,在人类所认识的物质层次结构图中,一直存在着一个巨大的断层。断层的下方是以原子、分子为主体的微观世界,断层的上方是人类活动的宏观世界。两个世界之间不是直接而简单的联结,而是存在一个过渡区,



这就是纳米世界(图 1-1)。

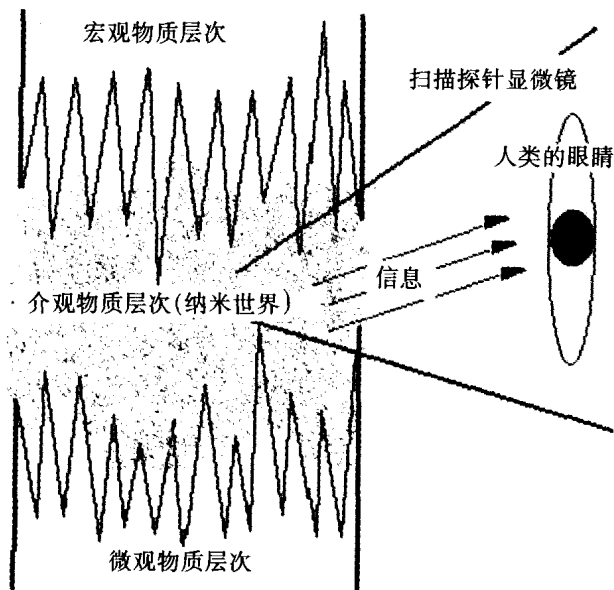
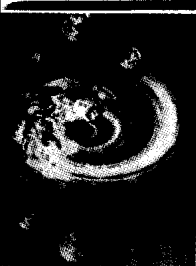


图 1-1 纳米世界所处的层次

2. 纳米粒子

纳米粒子(nano particle)也叫超微颗粒,一般是指尺寸在 1~100 纳米间的粒子,是处在原子簇和宏观物体交界的过渡区域,从通常的关于微观和宏观的观点看,这样的系统既非典型的微观系统亦非典型的宏观系统,是一种典型的介观系统。

通常纳米粒子具有表面效应、小尺寸效应和量子效应,因而表现出既不同于单个原子、分子的性质,也不同于大块物体的性质,它的光学、热学、电学、磁学、力学以及化学方面的性质和大块固体时相比将会有显著的不同。



3. 纳米材料

纳米材料(nano material)是纳米技术发展的重要基础。

纳米材料是指其尺寸介于1~100纳米范围之内,并且具有特殊性能的材料。纳米材料的尺寸大于原子簇,小于通常的微粒,包含的原子不到几万个。一个直径为3纳米的原子团包含大约900个原子,几乎是英文里一个句号的百万分之一,这个比例相当于一艘300多米长的帆船与整个地球的比例。

纳米材料的主要类型为:纳米颗粒(粉体)、纳米管、纳米线、纳米薄膜、纳米微晶、纳米颗粒块材。

对于纳米材料的研究包括两个方面:一是系统地研究纳米材料的性能、微结构和光谱学特征,通过和常规材料对比,找出纳米材料特殊的规律,建立描述和表征纳米材料的新概念和新理论;二是发展新型纳米材料。目前纳米材料应用的关键技术问题是在大规模制备的质量控制中,如何做到均匀化、分散化、稳定化。



4. 纳米器件

纳米器件是应用纳米材料或纳米技术制造出来的功能元件。根据工作原理的差异,纳米器件可分为两类:纳米生物器件和纳米电子器件。纳米生物器件基于生物分子的活性发挥作用,可广泛应用于医药领域和微型机械制造及光电子领域,例如纳米生物芯片、分子马达、硅虫晶体管等;纳米电子器件主要基于电子量子效应的新器件。

5. 纳米技术

纳米技术(nanotechnology)是指在纳米尺度下对物质进行制备、研究与应用的一门综合性的技术体系,其最终目的是操纵与控制原子、分子制备成人工功能材料。

纳米技术的广义范围可包括纳米材料技术、纳米加工



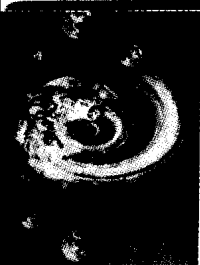
技术、纳米测量技术、纳米应用技术等方面。其中纳米材料技术着重于材料生产(超微粉、镀膜等),性能检测技术(化学组成、微结构、表面形态、物、化、电、磁、热及光学等性能)。纳米加工技术包含精密加工技术(能量束加工等)及扫描探针技术。

至于纳米技术的确切内涵,不同研究领域的观点大相径庭。从迄今为止的研究状况来看,纳米技术的基本概念大体上分为三种。

第一种概念就是德雷克斯勒博士提出的“分子纳米技术”的概念。即在 0.1 ~ 100 纳米尺度上对物质(存在的种类、数量和结构形态)进行精确的观测、识别与控制的研究与应用的高新技术。它的最终目标是直接以分子、原子在纳米尺度上制造具有该特定功能的产品,实现生产方式的飞跃。

第二种概念把纳米技术定位为微加工技术的极限。也就是通过纳米精度的“加工”来人工形成纳米大小的结构的技术。

第三种概念是从生物的角度出发而提出的。生物在细胞和生物膜内本来就存在纳米级的结构。事实上,每个细胞都是活生生的纳米机器的例子,它们不仅可以将食物转变成能量,还能根据其 DNA 上的信息制造并输出蛋白质和酶。通过将不同物种的 DNA 重新组合,基因工程师已经学会了如何制造新的纳米装置。但是,由于细胞各自具有固有的功能,使生物技术的应用大受限制。而纳米技术的梦想家们却有许多雄心勃勃的想法。设想中的一种纳米机器可以把天然碳的分子逐个排列,制成完美无瑕的钻石;另一种机器可将致癌的二恶英分子逐个分解;一种可以在人体血液中运动的装置,它能发现并分解血管壁上沉



积的胆固醇;还有一种装置可将剪下的草屑改造成面包……这就意味着人类可以从零开始制造几乎任何东西。因为化学和生物学说到底就是分子的改变和重排,而制造只不过是聚集大量分子并使它们组成有用物品的过程。

其实,从何种角度或以何种形式来定义纳米技术,并不十分重要,况且随着人们的认知能力和实践水平的不断增强和提高,纳米技术本身的内涵和外延都会不断地加深和扩展。我们只需要明白,纳米技术总是与纳米尺度的物质特性、结构、功能、应用等密切相关的。

纳米技术的研究无论是在基础科学还是在应用技术上都面临着许多新的挑战,任重道远。

纳米技术的发展主要有以下六大领域:纳米结构的性能;材料合成、制备和控制;表征和操纵;计算机模拟;纳米器件;系统组装和界面匹配。绝大多数有关纳米技术的研究是集中在前五个领域,仍处于基础科学探讨和概念性发展阶段,然而实现产业化决定于系统组装和界面匹配。这是一个在世纪之交备受关注、亟待开发的新领域。



一个个偶然发明出的工具,让人类获得了“芝麻开门”的秘诀,于是窥视到一个个充满知识财宝的宝库,并不断地采摘着人类智慧的硕果——知识,

可是巴斯德说:机遇只垂青于有准备的头脑

2 纳米技术的工具 ——扫描探针显微镜

技术的进步总是与工具的进步密切相关的。

纳米技术的诞生要归功于一种先进的仪器——扫描隧道显微镜的发明。

1981年,IBM公司苏黎世研究所的宾尼和罗尔利用原子之间的隧道电流效应,发明了扫描隧道显微镜(简称STM)。STM不仅具有很高的空间分辨率,能直接观察到物质表面的原子结构,而且还能对原子和分子进行操纵,从而将人类的主观意愿施加于自然。

STM是人类眼睛和双手的延伸,是人类智慧的结晶。STM的问世,实现了人类长期追求的直接观察原子、分子真面目的愿望,为现代科技在微观领域的突破提供了必要的工具,为纳米技术的兴起创造了条件。

为了表彰宾尼和罗尔发明扫描隧道显微镜而对科学