

揽尽天下秘趣



探尽世间传奇

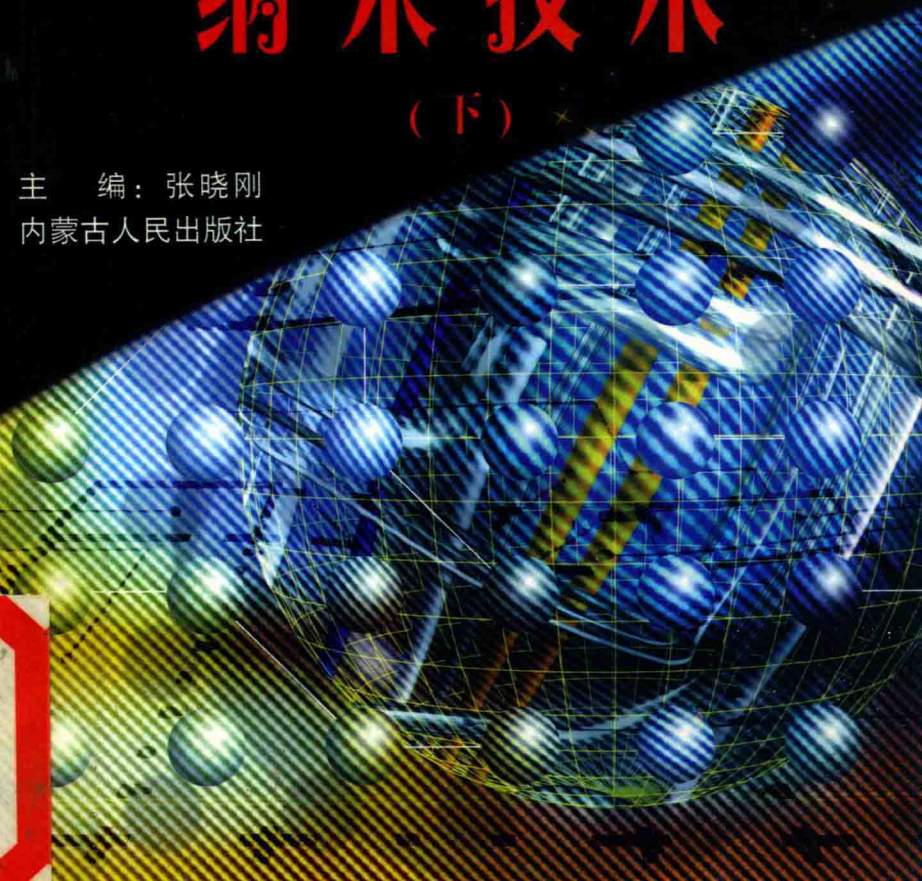


魅力科学

前途无量的 纳米技术

(下)

主 编：张晓刚
内蒙古人民出版社



中国科技馆 2005 年科普活动

中国科技馆 2005 年科普活动

● 魅力科学

前途无量的 纳米技术

中国科技馆 2005 年科普活动

中国科技馆 2005 年科普活动
中国科技馆 2005 年科普活动



魅力科学——

前途无量的纳米技术

(下)

主编 张晓刚

内蒙古人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

前途无量的纳米技术. 下/张晓刚主编. —呼和浩特:
内蒙古人民出版社, 2008. 5

(魅力科学)

ISBN 978-7-204-09575-9

I. 前… II. 张… III. 纳米材料—普及读物
IV. TB383-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 067507 号

书 名:魅力科学

主 编:张晓刚

出版发行:内蒙古人民出版社

社 址:内蒙古呼和浩特市新城西街道 20 号

印 刷:天津泰宇印务有限公司

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/32 开

印 张:280

版 次:2008 年 5 月第 1 版

印 次:2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数:0001—5000 套

书 号:ISBN 978-7-204-09575-9/Z·544

定 价:1120.00 元(四十册)

(如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换)

什么是分子马达

要想获得微观世界里的可以装配原子的机器，首先我们需要造出它的各个零部件。这一点和我们日常生活中所见到的机器的制造没有太大的区别，只不过这回我们要制造的部件要小得多。

平常我们见到的很多机器都有齿轮，我们能不能造出纳米尺度的齿轮呢？据海外媒体报道，日本东京大学已经研制成功了世界上第一个可自动控制转速的分子齿轮。

据介绍，这种分子齿轮的结构是在两个直径约为 1 纳米的卟啉分子中间夹一个直径约为 0.1 纳米的金属离子。卟啉分子主要存在于植物的叶绿素中。将卟啉分子和金属离子放入一种溶液中，并在特定的条件下将这种溶液加热，就可以制成分子齿轮。

日本专家介绍，如果要达到实用化的目的，就必须将多个单独旋转分子齿轮结合起来，组成一个力的传动系统。因此，研究小组必须进一步研究分子齿轮的组合技术。

要想让我们得到的小机器能够工作，必须给它提供动力，这就需要制造一个小马达——分子马达。两位旅美中国学者已经在分子马达研究领域取得新的突破，首次利用单个 DNA 分子制成了分子马达。这一成果使得纳米器件向实用化方面又迈进了一步。

科学家曾经利用多个 DNA 分子制造出了分子马达，但这些马达存在着效率不高、难以控制的缺陷。美国佛罗里达大学教授谭蔚泓和助理研究员李建伟新研制出的分子马达，采用的是人工合成的单个杂交 DNA 分子。这种分子在一种生物环境中处

于紧凑状态，但在生物环境发生变化后，又会变得松弛。谭蔚泓和李建伟进行的实验证实，采用这一原理制造出的单 DNA 分子马达具有非常强的工作能力，可以像一条虫子一样伸展和卷曲，实现生物反应能向机械能的转变。谭蔚泓等的成果已经在美国《纳米通讯》杂志上发表。

“在紧凑和松弛这两个状态之间进行变化，使得分子可以做功，从而可以把一些小物体从一个地方搬运到另一个地方。”谭蔚泓接受新华社记者采访时解释说。他认为，这一特性使得“分子马达可以为未来的纳米器件提供一种能量源泉”。

DNA 是生物遗传物质的载体。DNA 分子马达的优点是可以直接将生物体的生物化学能转换成机械能，而不像通常意义上的马达需要电力。因此，从理论上说，DNA 分子马达可以借助一些生物化学变化而进行药物和基因等的传递，比如说，将药物分子直接输送至癌细胞的细胞膜。与多分子 DNA 马达相比，单 DNA 分子马达应用起来更为方便。谭蔚泓等的研究成果使得分子马达离实际应用更近。

研究人员指出，他们采用人工合成的单 DNA 分子来制造分子还有一个好处，即可以根据不同要求而有针对性地设计出 DNA 分子，使制造出的马达具备各种性能。他说：“这些马达可以有不同方向的效率，并且可能从而把物体搬运到更远的距离。”

现在还很难预测分子量级的马达什么时候能真正投入实用。科研人员的下一步目标，是要让单 DNA 分子马达真正移动一个微小物体，并进一步提高其工作效率。

此外，康奈尔大学的科学家把一些镍制螺旋桨安装在 400 个分子马达的中轴上。当把这些马达浸入三磷酸腺苷溶液中时，有 395 个马达没有动静，但是有 5 个开始旋转，使螺旋桨能够以每秒钟 8 转的速度旋转。该大学生物工程教授卡洛·蒙泰马尼奥说：“这是一台真正的纳米机器。”

由于这台马达也是从给细胞提供能量的分子中获得能量，

所以蒙泰马尼奥教授认为有朝一日科学家也许能够制造出比细菌还小的机器人。这类机器人将能够修复细胞损伤，制造药物并且攻击癌细胞。

这些螺旋桨的长度为 750 纳米，这使研究人员能够用摄像机拍摄下螺旋桨的旋转。在一段录像中能够看到一粒尘埃被吸入螺旋桨中，后来又被打了出来。

研究人员说：“今天是螺旋桨，明天我们就能把其他的东西安装在马达上。这项技术现在正朝着实用的方向发展，这为制造在细胞中运转的机器打开了大门。它将使我们把设计好的装置与生命系统融合起来。”

《科学》杂志还描述了另外一种微观运动：一块锡在化学力的推动下，像变形虫一样在铜的表面四处游走，留下一条由铜的合金组成的纤维轨迹。

桑迪亚国家实验所的诺曼·巴特尔特博士说：“锡块仿佛活了一样，在铜的表面到处找食吃。它会运动到光洁的区域，吃下表层的铜原子同时吐出以合金形式存在的铜原子。在微观世界中这种没有生命的系统竟然能够模仿生命系统真是令人感到惊奇。”

附在这篇研究报告后的评论说，实验中锡块的运动可以看成一种新的纳米马达，这个马达把化学能转化成机械能的效率大致与汽车的效率相当。

康奈尔大学的研究工作把几年来纳米技术研究的两个方向结合了起来。正如电子工程师把越来越小的晶体管刻到芯片上一样，纳米技术科学家也造出了越来越薄的雕刻品，其中包括杠杆，柱子、悬空的电线和宽度为 100 个硅原子的一个吉他模型。但是，如果没有办法使它们运动，这些结构充其量也只能算微型艺术品。

美国哈佛大学前不久研制出一种新型的微型工具，它成功地抓住了直径约 500 纳米的聚苯乙烯原子团，人们称它为纳米

镊子。

这种镊子终有一天将成为微细工程的得力工具，如用来拨弄生物细胞，制造纳米机械，进行显微外科手术，也可以从大量缠住的导线上取下 20 纳米线宽的半导体导线等等。这种镊子的工作端是一对由电控制的纳米碳管。由于纳米碳管不仅强度高，而且导电性好，因此也可用于测量，例如测量纳米组织的电阻。

以前，日本科学家曾研制出一对化学镊子，也能一次夹起一个分子。但这种化学镊子只能识别和紧紧夹住特定的分子即糖分子，对其他分子则“无能为力”。而哈佛大学的这种镊子则可以夹住任何分子。

如果有一种超微型镊子，能够钳起分子或原子并对它们随意组合，制造纳米机械就容易多了。将来这种镊子还可以成为纳米机械的一个组成部分。科学家的最新研究成果是，用 DNA 制造出了一种纳米级的镊子。

搬动原子的机器

平常我们看到一辆卡车，它能装运几十吨的货物，远远超过了我们人类所能达到的力量。正是有了各种大型机械，我们人类才能开山洞、筑大坝、架大桥、建高楼，才能有我们今天丰富多彩的物质文明。可是这些机器尽管力量很大，它们也有不足。如果你让这些机器每次搬运几个原子它们可能无法做到，因为它们本身比原子大得太多了。然而，蓬勃发展的纳米技术正在努力建造这样的机器。

你可曾想过利用纳米机器将可以一次一个原子地制作钻石吗？从表面上看，这样的说法不现实：某一项技术的用途多得令人难以置信，它可以治疗疾病，延缓衰老，清除体内废物，增加人类的食品供应，分解各种废物，为你打扫房间，消灭害虫，而且，这只是开始。然而这恰恰就是纳米技术支持者预测能够实现的现实，甚至是可能在 21 世纪上半叶结束之前就变成现实的预言。

尽管有关纳米技术的想法听起来很难理解，但它确实属于主流科学，遍布全世界的实验室都在设法使其发挥作用。事实上，早在 1959 年，被认为是爱因斯坦之后拥有最高智慧的理论物理学家理查德·费曼发表了一个题为《底部有很大空间》的谈话，在谈话中他提到也许有一天人们会造出几千个原子组成的微型工具。

这样一台机器的好处有很多。它可以使用分子甚至是单个原子作为基本构件，建设规模最小的建筑工程。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结构的改变和原子重排，而制造只不过是聚集大量原

子并使它们组成有用物品的过程。

事实上，每个细胞都是活生生的纳米机器的例子。它们不仅可以将养分转变成能量，还能根据 DNA 上的信息制造并输出蛋白质和酶。

但是，由于细胞各自具有固有的功能，使用生物技术制造纳米机器很受限制。而纳米技术的预测者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分子逐个排列，制成完美无缺的钻石；另一种机器可将有毒物质的分子逐一分解；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杂草改造成面包。事实上，世界上从电脑到汽车的每一件实物都是由分子或原子组成的，而纳米机器原则上可以制造出所有这些物品。

当然，从理论到实践是一个相当艰巨和困难的过程。但是，纳米科学家和工程师们已经证明，可以利用扫描隧道电子显微镜等工具移动原子个体，使它们形成在自然界中永远不可能存在的排列方式，比例为百亿分之一的世界地图，或一把琴弦只有 50 纳米粗的亚显微镜吉他。他们还设计了由几十个分子构成的微型齿轮和发动机。

纳米技术的专家期望在 25 年内超越这些科学的预测，制造出真正的、实用的纳米机器，这些机器具有可以操纵分子的微型“手指”和指挥这些手指如何寻找、如何改造所需原材料的微型电脑。这些手指完全可以由碳纳米管制成。碳纳米管是 1991 年发现的一种管状的碳结构，其强度是钢的 100 倍，直径只有头发的 5 万分之一。

纳米机器中电脑也可以由纳米管制成，纳米管既可以用做晶体管，也可以用作接晶体管的导线。电脑也可以由 DNA 制成，通过改变这些 DNA 的结构，可以使其执行人为的指令。如果配备了适当的软件，并具备充分的灵活性，纳米机器人可以制造任何东西。

纳米机器人

我们平时常见的机器和工具，最小能够达到的程度，是以我们的肉眼可以看见的外形为依据的。1986年，美国福赛特研究所的德雷克斯勒博士在自己的著作《创世的引擎》中提出了分子纳米技术的概念。他所说的分子纳米技术，就是使组合分子的机器实用化，从而可以任意组合所有种类的分子，并可以做出任何种类的分子结构。仅就他提倡的分子纳米技术来说，其后并未取得重大进展。他的观点是，微型机器可以利用自然界中存在的所有廉价材料制造任何东西。这种观点在专家的议论中出现，显得太离奇了。但从另一个角度看，他却揭示了一个人类在21世纪中将会大规模进军的领域——微观机器人领域。

自机器人问世以来，人们已一致公认机器人是“解放人类的工具”。那么，什么样的机器才称得上是机器人呢？一般说来，机器人是指靠自身动力并有控制能力来实现各种功能的一种机器。联合国标准化组织采纳了美国机器人协会给机器人下的定义：“一种可编程和多功能的，用来搬运材料、零件、工具的操作机；或是为了执行不同的任务而具有可改变和可编程动作的专门系统。”

机器人是一个总称，它种类繁多，按发展过程可以分为三代。第一代指只有“手”的机器人，以固定程序或可编程序工作，不具有外界信息的反馈。这种机器人也称“示教再现型”机器人。第二代对外界信息有反馈能力，具有触觉、视觉、听觉等功能，叫“感觉型”机器人，又称“适应型”机器人。第三代具有高度的适应性，有自行进行学习、推理、决策、规划等功能，这种机器人被称为“智能型”机器人。

微型机器人又称为“明天的机器人”，它是机器人研究领域

的一颗新星，它同智能机器人一起成为科学追求的目标。发展微型和超微型机器人的指导思想非常简单：某些工作若用一台结构庞大、价格昂贵的大型机器人去做，不如用成千上万个非常低廉的细小而极简单的机器人去完成，这正如一大群蝗虫去“收割”一片庄稼，要比使用一台大型联合收割机快。微型机器人的发展依赖于微加工工艺、微传感器、微驱动器和微结构四个支柱。这四个方面的基础研究有三个阶段：器件开发阶段、部件开发阶段、装置和系统开发阶段。现已研制出直径 20 微米、长 150 微米的铰链连杆，200 微米 × 200 微米的滑块结构，以及微型的齿轮、曲柄、弹簧等。贝尔实验室已开发出一种直径为 400 微米的齿轮，在一张普通邮票上可以放 6 万个齿轮和其他微型器件。德国卡尔斯鲁核研究中心的微型机器人研究所，研究出一种新型微加工方法，这种方法是 X 射线深刻蚀、电铸和塑料膜铸的组合，深刻蚀厚度是 10 ~ 1000 微米。

微型机器人的发展，是建立在大规模集成电路制造技术的基础上的。微驱动器、微传感器都是在集成电路技术基础上用标准的光刻和化学腐蚀技术制成的。不同的是集成电路大部分是二维刻蚀的，而微型机器人则完全是三维的。微型机器人和超微型机器人已逐步形成牵动众多领域向纵深发展的新兴学科。

微型机器人可以在原子级水平上工作。例如，外科医生能够遥控微型机器人做毫米级视网膜开刀手术，在眼球运动的条件下，进行切除弹性网膜或个别病理细胞，接通切断的神经，在病人体内或血管中穿行，发现癌细胞立即把它们杀死以及刮去主动脉上堆积的脂肪等。用微型机器人胃镜可以放进胃内对胃进行全面检查。

微型机器人的作业能力达到了分子、原子级水平，已远远超过了艺术家在头发丝上作画的程度了。微型机器人还可以用于精密制造业的加工，用它制造存储量更大的电脑存储芯片，

以及加工精度极高的“超平面磨床”等。

应用微型机器人技术，可以便各种各样的航天测量变得更为轻巧，磁带录音机之类的家用电器也会变得更加小巧和多用，电视屏幕可以做得既大又薄，其上各点的光亮度，可以用微型机器人自动控制。微型机器人也将使机械学发生一场革命。

微型和超微型机器人的应用领域非常广阔，它可以用于航海、农业、通信、航空航天、家庭和医疗等方面。例如：扔下成千上万个微型机器人去咀嚼轮船底部的贝类和苔藓，能节省航行能源。将成千上万个微型机器人撒在土豆地内，让它们去咬死害虫，使土豆有好收成。飞行微型机器人载着湿度仪和红外传感器在田野上飞翔，当发现农田有干旱现象时，便降落在灌溉系统的阀门上，将干旱信息传输给传感器，打开阀门，定量灌溉农田。

微型机器人可以携带摄像机和微型光纤，进入人类无法到达的地方去观察环境，存储或传输图像。当地下电缆断了以后，让成千上万个微型机器人沿着电缆爬行，爬到断头时，便让双手搭在前端断头上，于是微型机器人便成为连接导线，永久留在电缆上。

微型机器人可以清洁、修理空间望远镜，检查宇宙飞船热屏蔽罩，给飞机机罩除冰。如果将大量的飞行微型机器人部署在其他星球上，机器人则可以发回各种所需的信息。

每天晚上可以放出微型机器人在商店和仓库附近放哨，防止盗窃者进入。微型机器人还可以在住房隐蔽处除尘，进入家用电器内部检查和维护。

微型机器人能力的评价标准有：智能，指感觉和感知，包括记忆、运算、比较、鉴别、判断、决策、学习和逻辑推理等；机能，指变通性、通用性或空间占有性等；物理能，指力、速度、连续运行能力、可靠性、联用性、寿命等。因此，可以说微型机器人是具有生物功能的三维机器。

尽管迄今尚未出现智能微型机器人，但是大部分的机器人研究机构的科学家都认为到 2040 年，智能微型机器人将达到人的智力水平，也许还能达到人的意识水平。然后，智能机器人会得到进一步改进。人与机器之间最终将建立一种共生关系，两者合并为能够大大扩展智力的“后生物体”。美国麻省理工学院人工智能专家马文·明斯基预见到未来的智能机器人：人将把大脑的思维下载给计算机控制的机器替身，形成几乎无限的信息和数据。这种状况标志着人类一个新的开发阶段的开始。

另有一种微型机器人，是由东芝公司和名古屋大学制造的。这个只有 1.5 厘米大小的微型机器人是靠液体压力驱动橡皮制成的动作器而自由行动的，这种微型机器人不带供给能源的缆线，可在内径只有 6 毫米的细管内移动，且今后可能发展成为在血管中自行移动，是一种能治疗或诊断疾病的微型机器人。

对于微型机器人，有的科学论著把其说成是一个模仿人的动作的微型机器，其实不完全如此。美国麻省理工学院电动机工程师阿尼塔·弗林研制成功了一台精密型机器人，它借助自身的动力，能爬行、步行、跳跃、旋转，而且还具有视觉锐利、听觉灵敏、感觉准确的特点。现在科学家们正试图研制超微型机器人。他们预言，到 21 世纪这种超微型机器人如果研制成功，它可以像红细胞那样注入人体内，从溶解在血液内的葡萄糖和氧气中获得能量，并按照编好的程序，探试、辨识、过滤、清除人体内的病毒，保持肌体的健康。1994 年 8 月，美国麻省理工学院的专家们开始研制高 4 毫米的带马达的微型机器人，据他们估计，这种微型机器人由于非常微小，能进入人体做手术，再用十几年时间，这种机器人就能试制成功，投入生产和使用。

将来的纳米机器人可以合成你想要的任何东西，科学家设想在未来纳米机器人的帮助下，我们甚至可以从因特网上下载硬件，这是迈特公司纳米技术权威詹姆斯·埃伦博根作出的预

测。该公司是五角大楼资助的、设在弗吉尼亚州麦克莱思的一家研究中心。

埃伦博根对他提出的下载硬件的景象作了引人入胜的解释：“人们可以想一想当今下载软件是什么情形，是以改变分子团磁性特征的方式重置磁盘的物质结构。如果计算机的内容不超过分子团的体积，就可以通过重新排列磁盘上的分子制造芯片。”埃伦博根说，研究人员已经忙于研制体积只有针头大小的计算机，“这种纳米计算机的各个部件比我们现今用在磁盘驱动器上装载信息的物理结构小得多。因此，在不久的将来，我们将能够像今天下载软件一样从网络里下载硬件。”

从物理意义上再生产一些硬件下载产品将需要新的磁盘驱动器。一种设想是用极为尖细的点束制造一种读写磁头，以某种方式刺激原子和分子。利用十年来在扫描隧道电子显微镜及相关技术方面取得的研究成果，分别由斯坦福大学的卡尔文·奎特和康奈尔大学的诺埃尔·麦克唐纳领导的两个科学家小组从事这方面的研究。

埃伦博根说：“一旦我们掌握了制造体积不超过盐粒大小的计算机的技术，我们就会从根本上处于一种新的形势。”体积如此微小的计算机将非常便宜，因而随处都可使用计算机。嵌在内衣里的计算机将告诉洗衣机应当用什么水温洗涤内衣。圆珠笔笔芯中的墨水即将用完的时候，嵌在笔中的计算机将提醒你更换笔芯。嵌在鞋里的计算机将向汽车发出信号，把主人走过来的信息通知汽车，让汽车调整好座位和反光镜并打开车门。

科学家设想了一个叫做“纳米盒”的东西，来实现上面的下载硬件的想法。这是一种把纳米制造技术与现今所谓的台式制造方法相结合的未来复印机。如果你需要一部新的蜂窝电话，你可以通过网络购买一种制作蜂窝电话的方法。它将告诉你插入一个塑料片，把导电分子注入“色粉”盒中。纳米盒将把塑料片来回移动，记下分子的型式，然后通过一定方法指引分子

自行组装成电路和天线。下一步是，纳米盒利用不同的“色粉”加上号码键、扬声器和麦克风，最后制造外壳。

不要指望在 2020 年以前能出现这种精巧的小装置，下载纳米级计算机电路的试验最早不会早于 2005 年。在随后的 10 年中，纳米制造系统可能用于“写物质”——初步生产纳米芯片。

纳米技术的一个分支分子电子学已经朝着实现这个目标取得了具体的进展。由洛杉矶加利福尼亚大学和惠普实验室科学家组成的研究小组找到了一种由分子自行组装的所谓的逻辑门。惠普实验室研究人员菲利普·库克斯说，这个研究小组下一步的目标是缩小芯片上的线路，旨在生产出“单边为 100 纳米的芯片”。他还说：“目前的芯片生产成本之所以非常昂贵，是因为生产机械需要有极高的精确度。但是采用化学方法制造，我们可以像柯达公司生产胶片那样，生产出长卷，然后只需切成小块就行了。”

这样的设想引起了华盛顿的兴趣。美国国防高级研究计划局已经实施了一项分子电子学研究计划。国会似乎急切地想大大增加纳米技术的研究经费。一项计划将使纳米技术的研究经费在今后几年中翻一番。白宫可能也会表示赞成，因为白宫已经把纳米技术列为 11 个关键研究领域之一。

迈特公司埃伦博根领导的研究人员在最近取得的新成果是设计出一种用于组装纳米制造系统的微型机器人。目前设计出的这种机器人的长度约为 5 毫米。但是，假设能利用纳米制造技术使这种机器人的体积不断缩小，它最终的体积可能不会超过灰尘的微粒。

体积微小的机器人能够像纳米技术的倡导者埃里克·德雷克斯勒设想的那样，用于操纵单个原子。德雷克斯勒在 1986 年出版的《创世的引擎》一书中对纳米技术的潜在用途作了一番引人入胜的描述。应该说是德雷克斯勒开创了纳米技术时代，并启发人们作出如下的种种设想：成群的肉眼看不见的微型机

器人在地毯上或书架上爬行，把灰尘分解成原子，使原子复原成餐巾、肥皂或纳米计算机等诸如此类的东西。

虽然用原子制造计算机仍然是一个相当遥远的梦想，但是埃伦博根认为很快能取得研究成果。他说：“我敢打赌，分子电子学近期内能获得突破。”这似乎是为纳米技术下的一个大胆的赌注。