



欧盟委员会

欧洲共同体研究

纳米技术 明日世界之创新技术



纳米技术与纳米科学
知识型多功能纳米材料
新型产品工艺流程和设备

您对欧洲调查感兴趣吗？

RDT info 是我们发行的一份季刊，可帮助您及时了解重要的进展（结果、计划、活动等）。它有英语、法语和德语三种版本。您可以从以下机构获得免费样本或免费订阅：

European Commission
Directorate-General for Research
Information and Communication Unit
B-1049 Brussels
传真：(32-2) 29-58220
电子邮件： research@cec.eu.int
网站： http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo/index_en.html

Editor: EUROPEAN COMMISSION (编辑者：欧盟委员会)

Directorate-General for Research (科研总处)
Directorate G - Industrial Technologies (工业技术组)
Unit G.4 - Nanosciences and Nanotechnologies (G.4 - 纳米科学及纳米技术小组)

Contacts: Dr. Renzo Tomellini, Dr. Angela Hullmann (联络人)

E-mails: renzo.tomellini@cec.eu.int, angela.hullmann@cec.eu.int (电子邮件)

Url: www.cordis.lu/nanotechnology

欧盟委员会

纳米技术

明日世界之创新技术

这本小册由德国联邦教育及研究部 (BMBF) 的一个项目资助，由德国工程师协会科技中心 (VDI-TZ) 负责编印。欧盟委员会感谢 BMBF 允许将此刊物加以翻译并提供给欧洲公众参阅。我们特别要感谢 BMBF 的 Rosita Cottone 博士和 VDI-TZ 的 Wolfgang Luther 博士，感谢他们的协调工作。



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

出版者： European Commission (欧盟委员会) , Research DG (科研总处)

制作者： Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Berlin (柏林)

协调单位： 未来科技组，VDI 科技中心，杜塞多夫

作者： Dr. Mathias Schulenburg, Cologne (科隆)

编排设计： Suzy Coppens, BergerhofStudios, Cologne (科隆)

**Europe Direct 作为一种服务，
可帮助您回答有关欧洲联盟的问题**

免费电话号码：

00800 6 7 8 9 10 11

法律声明

欧盟委员会或任何代表该委员会行事的个人均不对下列信息的使用承担任何责任。

此出版物中所述观点仅为作者本人的观点，不一定代表欧盟委员会的观点。

因特网上提供有大量有关欧盟的其他信息。
通过 Europa 服务器 (<http://europa.eu.int>)可访问这些信息。

本出版物的末尾提供有目录数据。

卢森堡：欧洲共同体官方出版物办公室，2005年

ISBN 92-79-00092-6

© European Communities, 2005
在注明来源的情况下允许复制本出版物。

Printed in Belgium

印刷纸张：白色无氯纸

序言

纳米技术是一种有关了解与掌握在纳米规模时之物质性质的新知识：一个纳米（即十亿分之一米）是一个小型分子的长度。在这样的情况下，物质的性质表现得不同而且经常很奇妙；现有各种科学与技术的区分界限也消失了。因此，纳米技术的一种重要特性就是跨学科的。



纳米技术经常被描述为在工业生产方式上可能具有一种“破裂性”或“革命性”的能力。纳米技术可能可以透过更小，更轻，更快，和更好的各种材料，组件，以及系统来解决许多目前的难题。这可以开发出新的致富之道与就业机会。利用纳米技术也预计可以开发出更能够和用途密切配合的各种产品和工序，节约能源，减少垃圾和废气，从而解决重要的地球与环保难题。

目前，全世界的纳米技术研究进展很快。欧洲在 1990 年代中期到后期即早已开始资助许多纳米科研项目。因此，已经累积了强大的纳米基本知识，现在是需要确保让欧洲工业界和社会都能享受这种知识带来的丰硕收获——开发出新型的产品和工序。

纳米技术是最近的欧盟通讯上的一个专题（《欧洲纳米技术策略研究》）。在这份通讯中，不但建议纳米科学和纳米技术的研究应该加强，而且还有其他几种互相有关的动态也应该一同列入：

- 国家科研项目和投资要有更多的协调，同时要确保欧洲拥有可以和国际水平相竞争的各种小组以及基础建设（“最佳质量的梁柱”）。同时，为达成足够的极限规模，全欧洲各公家和私人科研单位之间的合作极为重要。
- 其他竞争性的因素也不可忽视，例如：有关的度量衡学，规章以及智慧财产权等，这样才能为大型，小型，和中型工业的创新工作都开辟出道路并可在竞争方面获得利益。
- 有关教育和培训的活动非常重要；特别是：欧洲的研究人员需要加强具备商业头脑，而生产工程师也需要以积极态度面对变革。纳米技术的研究要达到真正跨学科的地步，在科研界和工业界也都需要新的教育和培训方式。
- 为确保纳米技术的肯定发展并满足民众的期望，社会方面的考虑（如各种公共信息与交通、卫生医疗和环境问题，以及风险评估）是进一步的重要因素。若要长期发展和丰富利用纳米技术，必须要让民众和投资者对这种新技术存有信心。

这本小册的目的是要说明什么是纳米技术？纳米技术能够为欧洲公民带来什么？

意集欧 安德利达 (Ezio Andreta)

“工业技术”组主任

研究总处

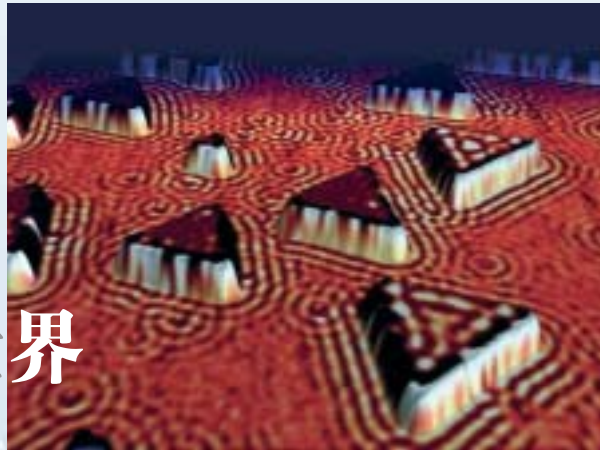
欧盟委员会

目录

3 序言

4-5 目录

进入纳米世界



6-7 **原子：旧观点与新事实**

8-13 **自然界中的纳米技术**

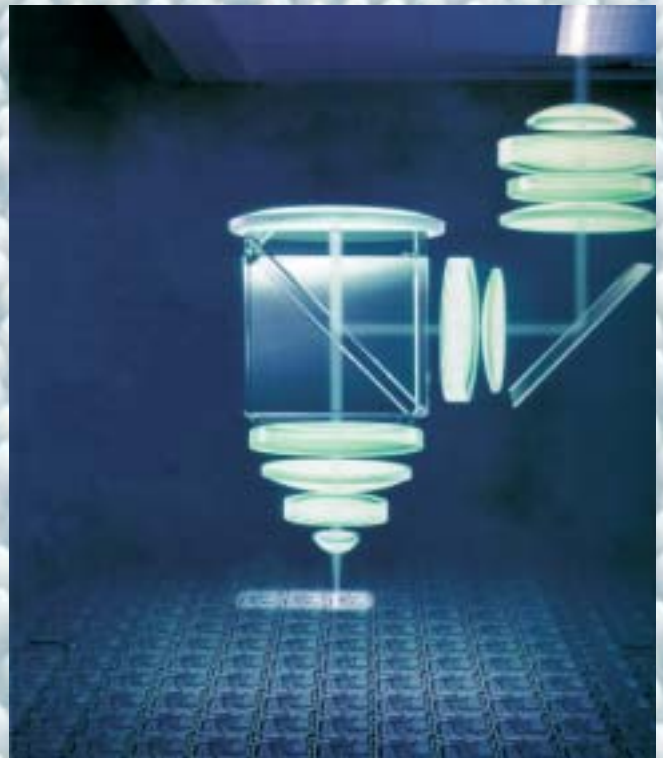
仪器及工艺

14-15 **观察纳米世界**

16-17 **书写工具**

18-19 **科学发展新动力**

20-21 **纳米材料设计**



应用于社会的 纳米技术

22-27

网络世界：纳米电子

28-29

未来日常生活中的纳米技术

30-33

汽车行业

34-37

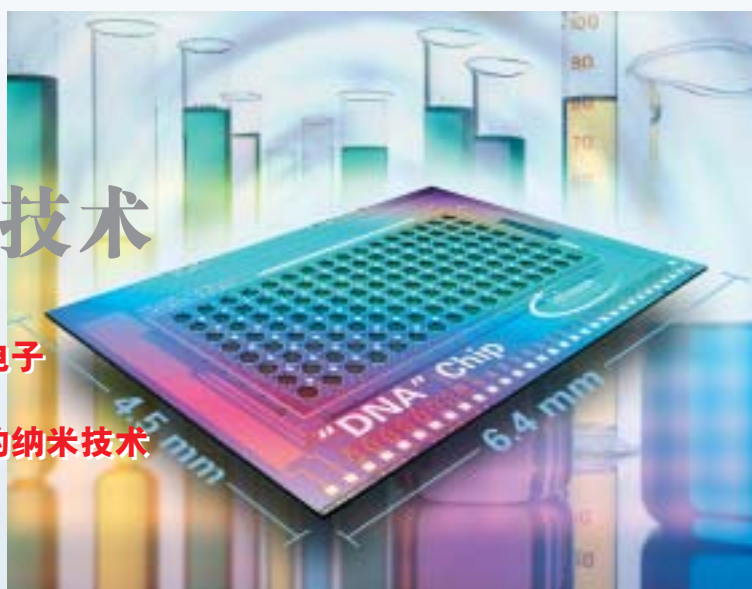
医疗保健

38-41

能源与环境

42-43

运动与休闲中的纳米技术



44-45

科学设想

46-47

机遇与风险

其他资料



48

我如何才能成为一名纳米工程师？

49

联系方式、链接及参考文献

50-51

词汇

52

图片

进入 纳米世界

原子：旧观点与新事实

阿佛加德罗 (1776-1856年), 都灵的一位物理学教授, 第一个分析雨滴的人。



我们的物质世界是由原子构成的。这一观点是由 2,400 年前希腊哲学家德谟克里特提出的。现代希腊人为了表达对他的崇敬, 将其肖像印在面值 10 德拉马克的硬币上。这种硬币流通面很广, 虽然数量没有原子那么多。一个雨滴包含 1 000 000 000 000 000 000 000 000 个原子, 可见原子是多么微小 — 只有纳米的十分之一大小, 而纳米仅为百万分之一毫米。



镁原子的直径与一个网球的
的比例, 就好像一个网球与
地球的比例。当你下次
拿起一片镁片时,
不妨思考一下!



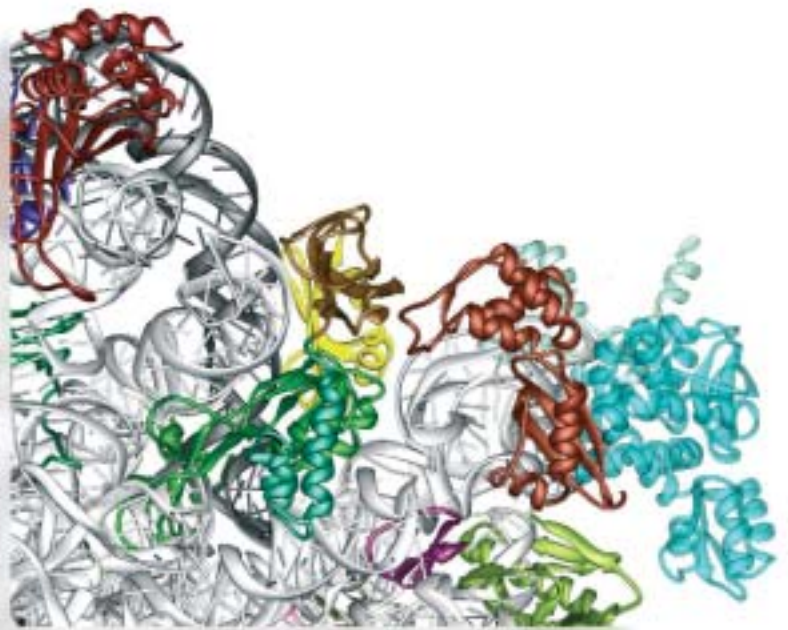
若干世纪以后, 罗马诗人卢克莱修 (Lucretius) 写了一首关于原子的诗: “浩瀚宇宙无边无际, 由无穷无尽的不可分割粒子即原子组成, 原子的形态变化无穷……原子只是外形、尺寸和重量上的变化; 它们坚硬无比、永恒不变, 是物理分割之极限……”

尽管上述观点只是出于纯粹的推测, 但却无懈可击。长期以来, 没有关于这一问题的新理论出现。

在 17 世纪, 著名天文学家约翰内斯·开普勒 (Johannes Kepler) 潜心研究雪花, 并于 1611 年发表其理论: 规则的形状只能由简单、一致的构件组成。原子的观点又开始盛行。



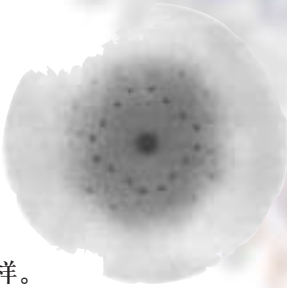
德谟克里特的思想精髓在于蕴含无限可能的纳米世界



如核糖体等纳米机
可由 DESY 的
Ada Yonath
进行晶体学分析。

研究矿石和晶体的科学家认为原子的存在理所当然。但在 1921 年，慕尼黑大学获得了直接的证据：

硫酸铜晶体分解
X 射线的方式与笼
顶盖布料
光线一样
一定是由排
原子构成，
的纱线或集
放的橘子一样。



X 射线的方式与笼
顶盖布料
光线一样
一定是由排
原子构成，
的纱线或集
放的橘子一样。

现代分析仪器可以将高度复杂的生物成分显现为纳米大小。

终于，在上世纪 80 年代，一项新仪器——扫描隧道显微镜 (scanning tunnel microscope) 问世，它不仅能直观地显示单个晶体原子（许多人认为首批图像是一个骗局），而且可刺穿原子的周围。

现在，一个崭新的革命性进程开始了：纳米技术。

晶体中的原子为
方式排列，
简单，即
可能按舒
排列，而
方式就是
的结构。
碗中经过震动，也
而这个过程对于原子来说更加易如反掌。

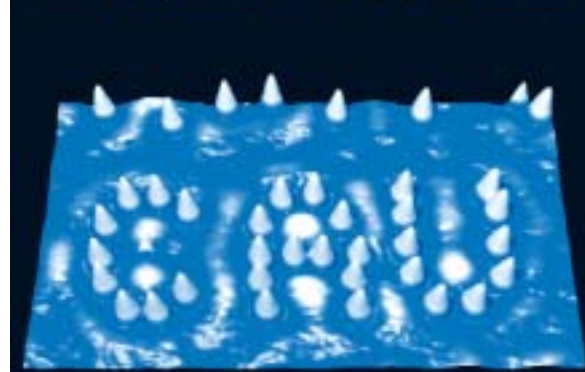


何按如此规则的
理由其实很
物质会尽
的方式
最舒适的
井然有序
就像果仁在
碗中经过震动，也
会排列规则一样，
而这个过程对于原子来说更加易如反掌。

然而，简单的模式并不总是容易复制。在自行排列的动力驱动下，地球物质经过数 10 亿年的演变，进化出极其复杂的结构，乃至生物形式。



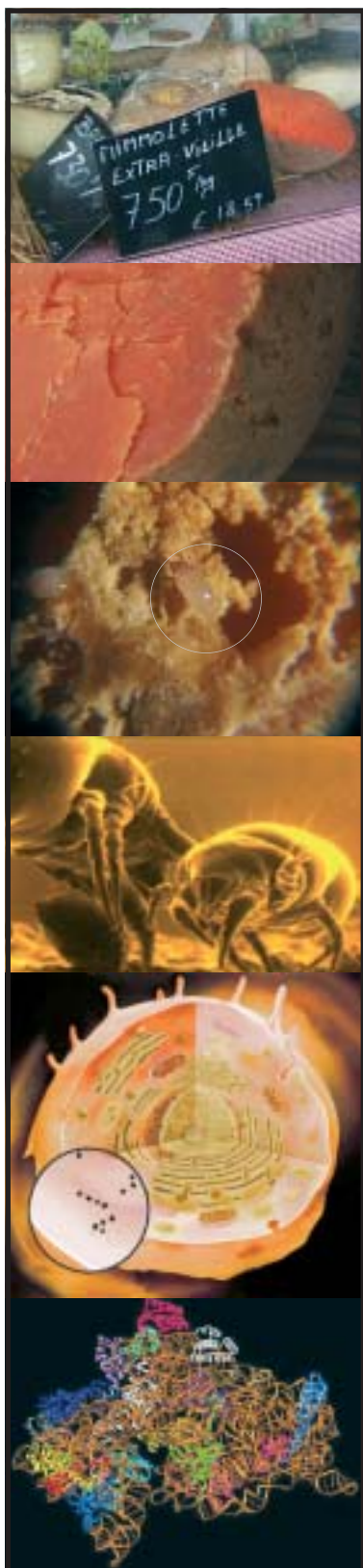
基尔 (Kiel) 的 Berndt
教授用锰原子来复制
基尔爱尔布雷大学
(Christian-Albrechts
University) 的标志。



自然界中的纳米技术

进入纳米世界

纳米技术专家将生物界视为珍宝。在其存在的 40 亿年间，生物界在解决其所遇问题时，创造出了一些令人叹为观止的解决方案。一个最典型的例子就是：生物以最精细的方式构建物质，精细至原子水平。这也是纳米技术专家研究的方向。



1 m

10 cm

1 mm

0.1 mm

10 μ m

10 nm

并

非所有人都喜欢原子。当我们听到这个词时，就会不由自主的想到可怕的原子爆炸或危险辐射。但这只是关于原子核的技术，而纳米技术研究的是原子的外壳，这才是纳米技术所研究的范围。

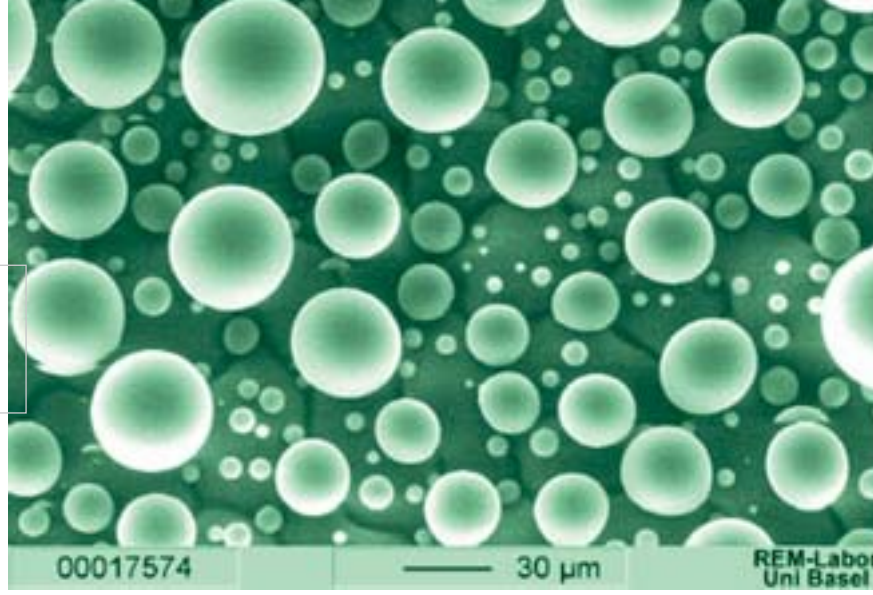
为了使人们不再质疑原子就是普通事物，而且其正确的原子组合尝起来甚至味道不错，让我们就以奶酪为例，作为我们研究普通事物的纳米结构的起点。

米摩雷特 (Mimolette) 是佛兰德斯德 (Flanders) 一种奶酪，其表面上有许多细小孔洞，揭示了其中的秘密：有东西居住在里面。生产商意识到，是奶酪蛆的作用使米摩雷特奶酪更加美味。奶酪蛆有十分之一毫米大小。一种特别的扫描电子显微镜 ESEM (环境扫描电子显微镜) 可以观察到活的奶酪蛆。和其它生物一样，奶酪蛆也由细胞构成。细胞的大小只能用微米来计算。每个细胞都装备了高度复杂的机器，而其中重要的组件被称为核糖体，它可以根据遗传物质 DNA 的规格生成各种蛋白质分子。核糖体的大小约为 20 纳米。现在，可以把核糖体的结构细分到单个原子水平。这种纳米生物技术的首项研究成果已经获得应用，用于制成纳米药物来阻碍细菌核糖体合成。



荷花借助莲花效应
清洁荷叶。

早金莲叶上的水滴，
借助环境扫描
电子显微镜 (ESEM)
观察到图像。

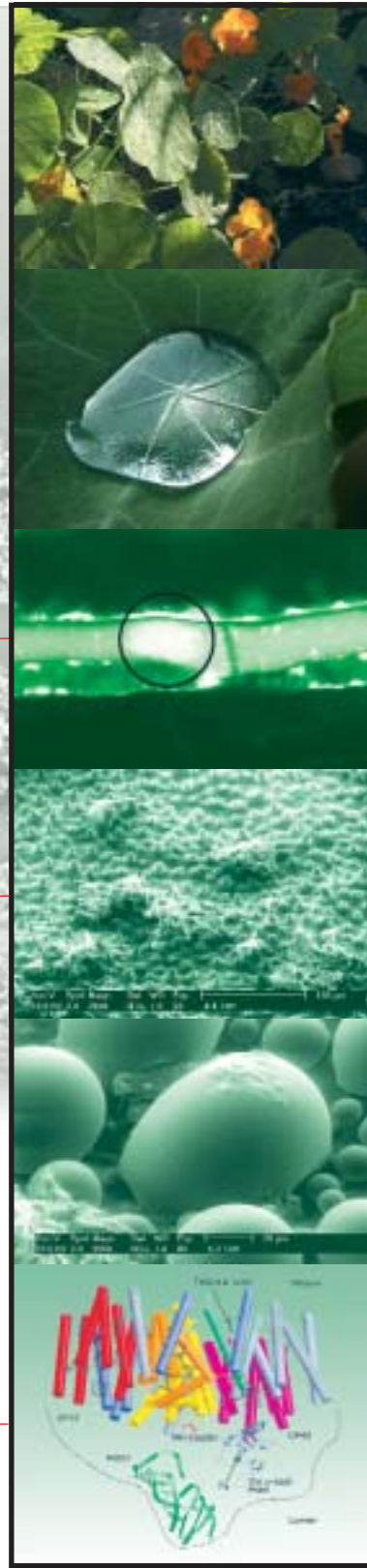


莲花效应 (Lotus effekt & Co.)

早 金莲借助莲花效应保持叶子清洁。ESEM 环境扫描电子显微镜向我们展示叶面如何不沾水滴。这是因为莲叶表面带有许多绒毛，导致水滴从上面高速滑落，并带走叶面上的灰尘。Barthlott 教授及其助手在波恩大学对莲花效应进行广泛研究，此效应现已应用到一系列产品上，例如立面涂覆，水流经过时可以带走灰尘。利用莲花效应的卫生陶瓷很容易保持洁净。

植物的叶子也利用其它一些纳米技术。它们的水管理系统一般由 forisomes (细微肌肉) 控制，它们可以打开植物毛细管系统的通道，或当植物受伤时关闭通道。弗朗霍夫学会 (Fraunhofer) 的三个学院和吉森大学 (University of Giessen) 目前正尝试根据植物肌肉原理来开发应用技术，如精微直线型电机，或一个完整的实验室芯片 (lab-on-a-chip)。

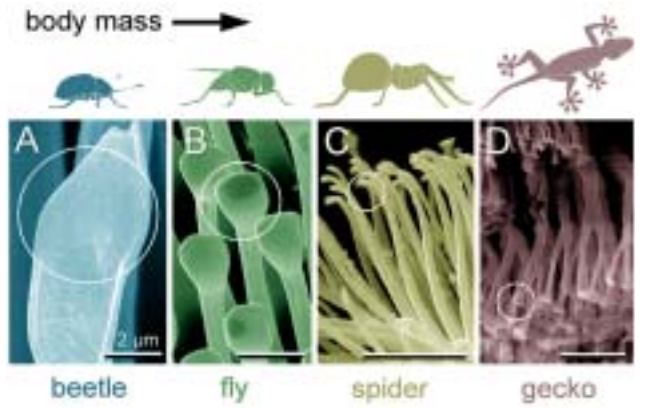
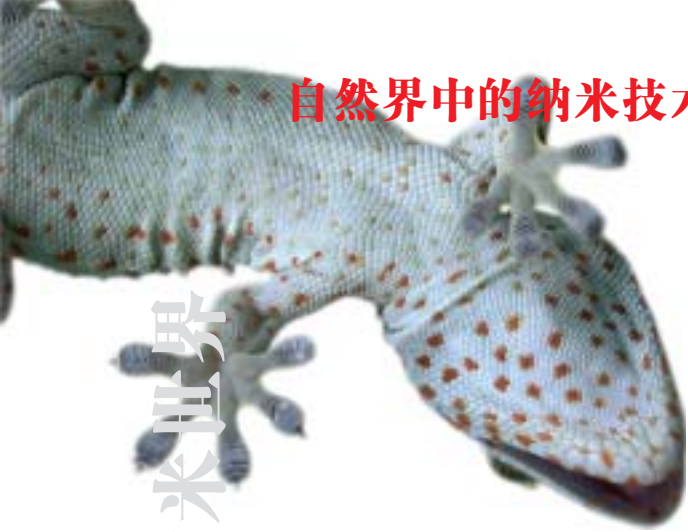
原子级别最精妙的技术之一就是光合作用，这一过程为地球上的所有生物聚集能量。这是每一个独立原子的实质。谁能利用纳米技术复制这一过程，谁就会永远拥有取之不尽的能量。



1 m
1 cm
50 μm
10 μm
1 μm
10 nm

自然界中的纳米技术

世界进入纳米时代



天花板上的纳米技术：壁虎

壁虎可以在任何墙面上爬行，反贴在天花板上，甚至用一只脚倒挂在天花板上。它就依靠——你肯定已经猜到了——纳米技术。壁虎脚上覆盖着十分纤细的茸毛，可以使壁虎以几纳米的距离大面积地贴近墙面。尽管这些绒毛很纤弱，但足以使所谓的范德华键发挥作用，为壁虎提供数百万个的附着点，从而支撑其体重。这种附着力可通过“剥落”轻易打破，就像撕开胶带一样，因此壁虎能够穿过天花板。材料科学家们正在努力研制人造“壁虎”。

者——完美的附着机制。现在，科学家正以“按需黏着 (bonding on command)”为题，研究人造纳米技术仿制品。



在斯图加特金属研究
高分子研究所
(Max-Planck Institute
for Metal Research),
甲虫、苍蝇、蜘蛛和
壁虎向人们揭示了其
黏着力的秘密。它们
依靠细微的茸毛产生
范德华 (van-der-Waals)
键，附着在所接触的
物体表面上。动物越
重，茸毛越细密，
数量也越多。

黏着生命

生命之所以存在，是因为其组件通过精密的纳米技术黏着在一起。即使是伤口也如此，如昆虫叮咬：被叮咬的部位会红肿，原因是毛细血管膨胀，大量的白细胞或白血球涌进来。被叮咬的细胞会分泌出信息素，根据信息素的浓度，血管内壁的细胞和白细胞就会传送黏着分子，这些分子通过粘合作用减缓白细胞沿着血管壁流动。当信息素达到最高浓度时，白细胞会紧紧地粘结，然后其它黏着分子会促使血球穿过血管壁，到达被叮咬的部位，攻击入侵

贝类——娴熟的粘合高手

普通的贝类——就是与蔬菜一起烹饪、在饭店每天都可以吃到的那种，堪称纳米粘合技术的高手。当它想把自己贴在一块岩石上时，就会打开贝壳，把触角贴到岩石上，它将触角拱成一个吸盘，然后通过细管向低压区注射无数条黏液和胶束，释放出强力水下胶粘剂。这些黏液和胶束瞬间形成泡沫，起到小垫子的作用。贝类通过弹性足丝停泊在这个减震器上，这样，它们就可以随波起伏，而不至于受伤。



苍蝇脚的特写镜头



带有足丝和触角的贝类



布莱梅弗劳恩霍弗研究所 IFAM (The Fraunhofer Institute IFAM) 正在研究改良的贝类黏液，他们希望可以研制出最精细的骨瓷，可经受洗碗机的考验。这个位于罗斯托克 (Rostock) 和格拉夫瓦尔德 (Greifswald) 的“新材料及生物材料”研究小组，还将贝类放在显微镜下研究。

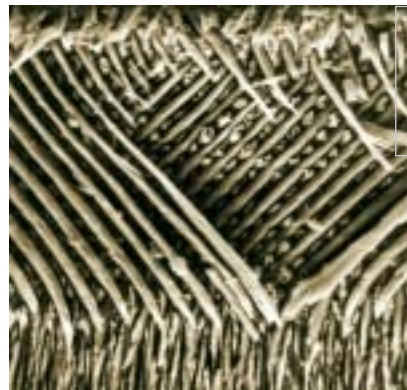
生物矿化作用

贝类更加擅长运用生物矿化作用。珍珠母由无数粉末状晶体以矿物霏石的形式构成，但霏石本身却十分易碎。但在贝类中，它们通过螺旋形高弹性蛋白质结合在一起。蛋白质只需占重量 3%，就足以形成鲍鱼的坚硬外壳，比纯方解石晶体坚硬 3000 倍。海胆也用这种方法强化其 30 厘米长的刺，以抵挡海浪的拍打。

生物矿化作用也可以创造非常精密的结构。在靠近菲律宾岛的一小块海底中，生长着一种名为“维纳斯花篮”的海绵动物。这种动物像土耳其匕首的刀鞘一样弯曲着，缠绕在其长轴上。这种海绵因其外皮内部的特殊骨架结构而闻名。它们是由细小的硅石针骨组织构成，其网状结构类似于柳条编制的木椅背，可相交成直角或斜角。维

纳斯花篮被认为是生物矿化作用的杰作：微小的硅石（二氧化硅）元素，直径仅为 3 纳米，首先将海绵细胞连接成极为精细的细胞层，然后卷成硅石针骨，形成编制结构的基本架构，可以经受各种高压。

维纳斯花篮——这种深海海绵动物被科学家作为光纤的生物模型进行研究。

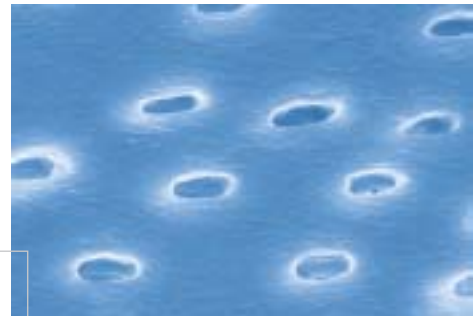


田鼠臼齿牙釉中的三维生物矿物网可保护牙齿表面不受磨损。



生物矿化作用：
纳米粒子修复牙齿

如果牙齿对冷或苦的食物很敏感，并导致疼痛，这通常是因为牙釉中存在细小通道（敞开的牙齿细管）。使用 SusTech 公司生产的磷酸钙（磷灰石）纳米粒子和蛋白质，可快速关闭通道，速度比传统的磷灰石化合物快 10 倍。这层重新矿化的物质层与口腔中牙齿自身的牙釉作用一样。



自然界中的纳米技术

进入纳米世界

硅藻的生物矿化作用具有（前文所述的）战略重要性。这种用显微镜才能看清的小生物，依靠硅酸外壳来保护自己，这种外壳的主要成分是二氧化硅 (SiO₂)。与同是由二氧化硅构成的石英玻璃一样，硅酸外壳较能抵挡多种酸碱溶液的腐蚀，这就是为什么纳米技术人员希望用它们做纳米大小的晶体的反应容器。通过化学反应生成纳米粒子的一个窍门就是限制反应体积。当里面的反应材料用完时，反应生成的晶体仍然很小。硅藻含有大量的这种纳米小孔，或称为纳米反应器。

这些有时看起来非常悦目的硅藻是如何形成的？首批线索已被发现。雷根斯堡大学 (University of Regensburg) 的研究人员发现，一种名为“聚胺”的著名蛋白质组成分，在适当浓度的硅酸中可以产生纳米粒子，直径可控制在 50 至 900 纳米——在自行排列的作用下自发形成。根据简单的生长模式，自然而然地生成硅藻。

为什么硅藻曾经被视为具有“战略重要性”？在 1867 年，瑞典人阿尔弗雷德·诺贝尔 (Alfred Nobel) 发现由硅藻化石沉积而成的硅藻土能够吸收硝化甘油，因此可抑制这种爆炸物的自然引爆趋势。诺贝尔将这种混合物命名为“炸药”，于是这种炸药的销量直线上升，为今天的诺贝尔奖金奠定了资金基础。

硅藻与“门格尔海绵” (另见第21页) 相似，能以最轻的重量维持最大的稳定性，因为它们拥有最合适的形态，以及很可能是得益于其光合作用仪器 (叶绿体) 的采光系统。



海星 *Ophiocoma wendtii* 拥有对光敏感的完美微型透镜系统。上图：白天的模样；下图：夜间的模样。



盾蚶及其身上的微型透镜

自然界中的纳米技术：*Ophiocoma wendtii* 是一种碟形多毛的海星，长期以来是一个不解之谜。这种碟形带甲壳的动物有五个触角，当有潜在敌人靠近时，它们就会急忙缩进壳里，但是它们显然没有眼睛。这个问题最终在其甲壳上找到了答案，上面长满了完美的微型透镜，将毛茸茸的整个海星身体变成一个眼观六路的眼。其中的纳米原理？各个透镜结成晶体，以使化方解石的特性只产生一个不起作用的重影——即纳米程度的晶体化控制。为了防止不必要的色边，向透镜添加少量的镁可校正透镜的“球面像差”。*Ophiocoma* 海星使用的这种纳米改进技术，曾为 Carl Zeiss 赢得盛名。



Saarbrücken 新材料研究所 (The Institute for New Materials) (INM) 发明了一种纳米粒子工艺，可为金属部件制作防蚀、防磨全息图。



非大自然所能完成的杰作：使用纳米烟灰加工的陶瓷，用于抗腐蚀、辉光点火系统，如煤气暖炉。陶瓷具有可调节传导性，再也无需变压器。

探索自然的极限

纳米技术以纯自然状态为基础：但现有的生物界能力有限，它既不能在高温下工作，如制造陶瓷所需的高温也不能与金属导体搭配工作。在另一方面，现代科技可以创造出许多人工条件——极度纯净、寒冷或真空的环境，在这种环境下，物质会表现出令人惊讶的属性。其中特别是量子效应，有时甚至表现出与日常规律完全相反的属性。以这种方法，纳米粒子有时表现出类似波的属性：一粒显然为“固体”实体的原子，可像波一样同时穿越两个小缝隙，然后完整地出现在另一边。

还可用其他物质覆盖，以使这种合成粒子材料兼有其他属性。例如：带有机外壳的陶瓷纳米粒子可降低水表面的张力，可用作浴室的防雾镜面涂层。

磁铁纳米粒子涂上特殊涂层，成为一种氧化铁，在石油中可产生磁流体，这是一种可按磁性改变形状的液体。磁流体的用途越来越广泛，如真空罐旋转密封的封底剂、硬盘外壳或机器和汽车所用的可调节减振器。

石油中的磁石纳米粒子：可控制流体，使其按磁性改变形状。



纳米技术不会因其复杂多变而产生任何威胁。就如苹果，虽然也是细胞、核糖体、DNA 等等的复杂结合体，但一点也无损人们对它的喜爱。

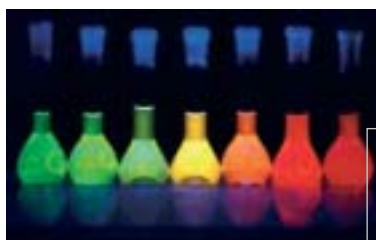
当粒子的大小接近纳米时，会具有全新的属性，例如金属变成半导体或绝缘体。

某些物质，如碲化镉 (CdTe)，在纳米状态下能发出彩虹的七彩荧光，而其它一些物质则可将光能转化为电能。

当微粒变为纳米大小时，其表面原子相对于内部原子而言，比例会大幅度增加。然而，表面原子通常具有与粒子核心的原子不同的属性，而且更为活跃，更易于发生反应。例如黄金在纳米大小时，就变为燃料电池良好催化剂（另见“汽车行业”）。纳米粒子



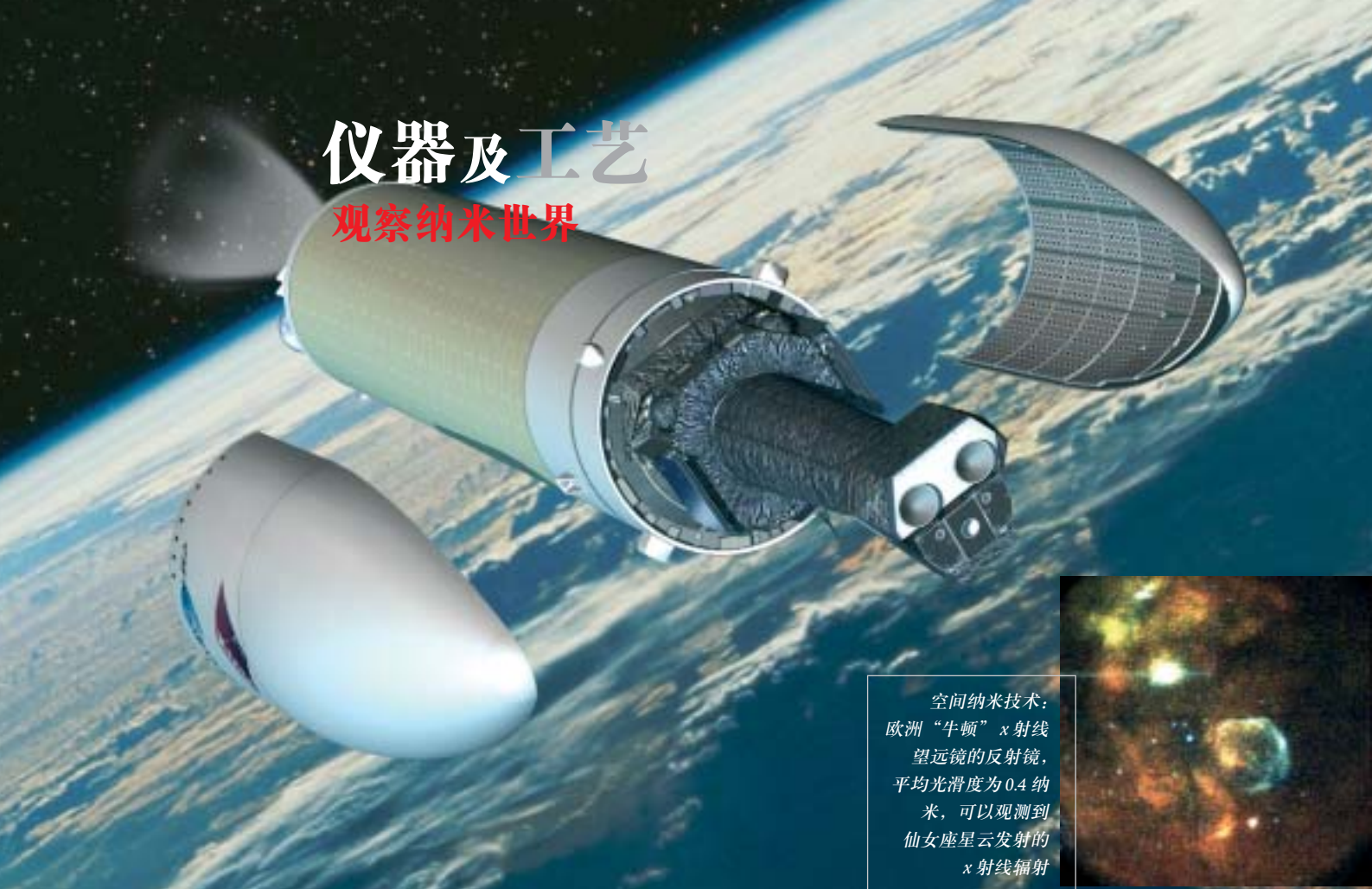
螺旋菌 (*Magnetotacticum bavaricum*)：带有磁性的细菌可以合成纳米磁铁链，用作指南针的指针。



碲化镉荧光粒子，其颜色仅仅取决于粒子的大小。

仪器及工艺

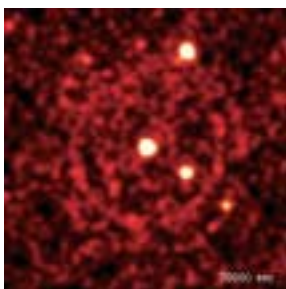
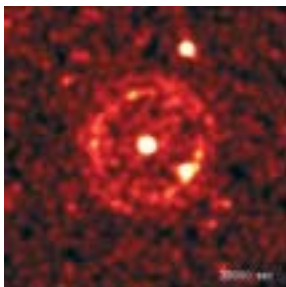
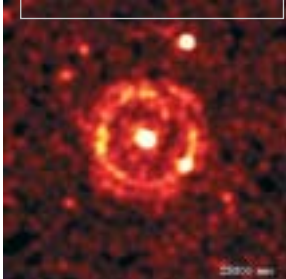
观察纳米世界



空间纳米技术：
欧洲“牛顿”x射线望远镜的反射镜，平均光滑度为0.4纳米，可以观测到仙女座星云发射的x射线辐射



一个科学观点：
γ 辐射一瞬间的燃烧产生巨大的粉尘云



欧洲“牛顿”x射线望远镜如何利用纳米技术？它采用58个废纸篓大小的反射镜，像洋葱一样一层层紧贴在一起，并用金蒸汽镀膜，聚集远处物体发出的x射线辐射。反射镜的平均表面非平坦度只有0.4纳米，这是卡尔蔡司 (Carl Zeiss AG) 公司主力打造的一项科技杰作。

采用x射线光谱学和显微镜学制造的精确x射线反射镜，由数百层两种不同的重元素构成。安装这种反射镜的要求更高，每一层与标准的偏差不能大于一个原子直径的一小部分。目前，只有德累斯顿 (Dresden) 的弗劳恩霍弗材料和光束技术研究所 (Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology) 掌握了这一技术。

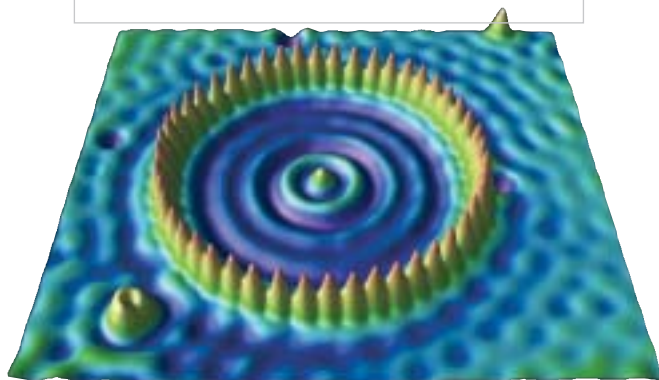
分层反射镜的窍门本质上与可见光的光谱有关：一种名叫 *Euprymna scolopes* 的夜间活动的乌贼，通过由反射蛋白质形成的微小反光镜向下传播发光体发出的光，可以模仿星空的繁星，迷惑

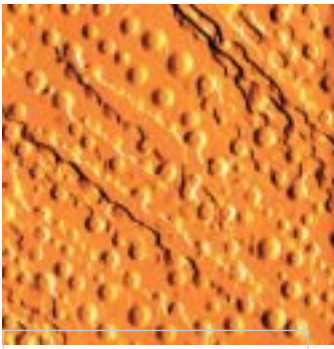
身后的捕食者。这种生物学纳米技术的应用范例最近在夏威夷大学被发现。

扫描探测器

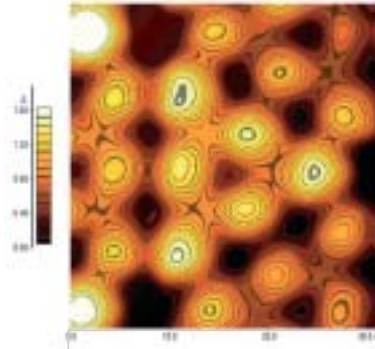
扫描探测器作为观察纳米世界的眼睛，虽然因发明所有扫描探测器的前身——扫描隧道显微镜的研制而最终获得了诺贝尔奖，但看起来却不大起眼。在扫描电子探测器中，压电晶体引导扫描头反复在目标物体

《量子围栏》(Quantum Corral), 作者 Don Eigler (IBM)。内部的微波反映碰撞电子的几率。

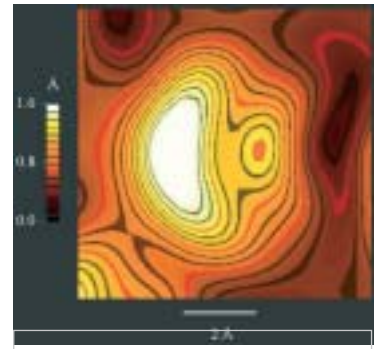




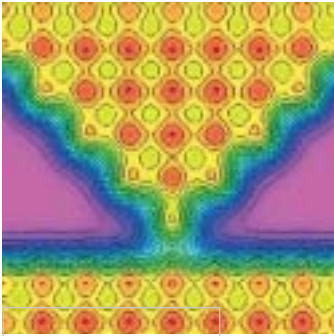
带原子阶面的溴化甲晶体。
与早餐鸡蛋上的盐外观相似。



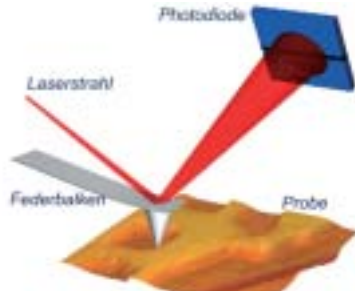
扫描力显微镜下硅的特写镜头、电子密度等高线。



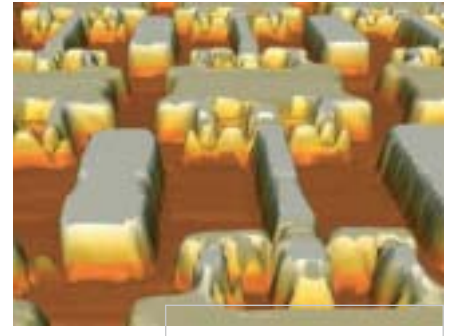
传感器最外层的原子按教科书所述进行轨道运行时，发射出两团电子云。



扫描力显微镜：传感器指针的偏离通过激光束传达给光电池。



扫描隧道显微镜标准末端的图解。

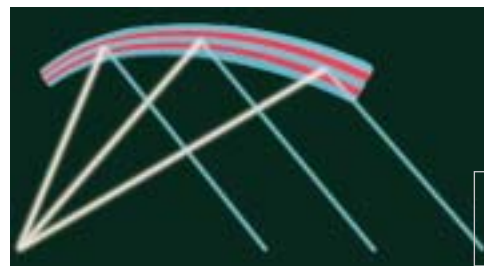


“电容性”探测器也可用于显示芯片上的转换过程。

(如原子场)上横向移动。移动的幅度极小，而且扫描头距离原子场的距离通常小于原子的直径。在这一区域偶尔会出现一些现象：有时是电流通过，有时探测到微弱的磁场。计算机在一个表面上用图表表示出测量结果，制成一幅图像，根据测量准则，可以精确到最后一个原子。

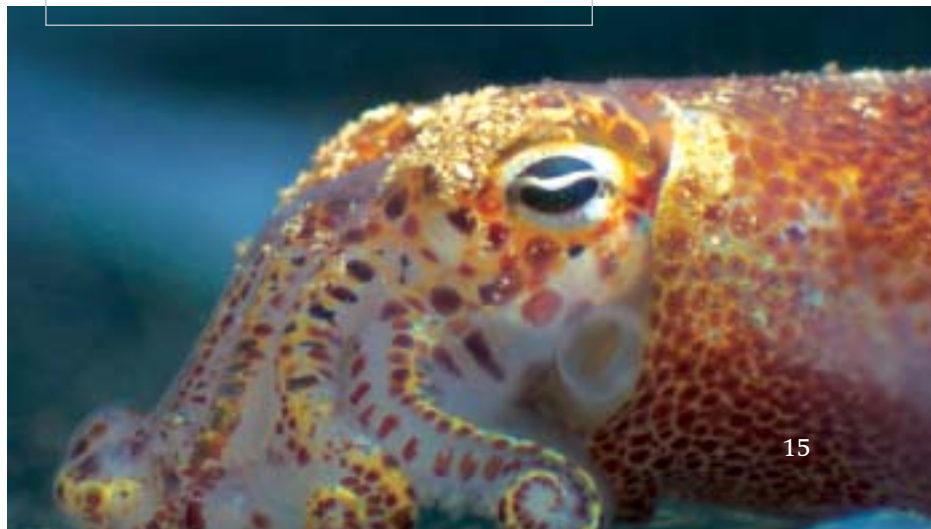
壳内部，有助于揭露物质的终极层面之奥秘。物质辨析的现世界记录由奥格斯堡 (Augsburg) 大学保持。

扫描力显微镜采用的工艺尤为精密，可以感应到原子场中的原子对传感头上最外层原子施加的微小压力。采用此工艺甚至可以观察到原子的电子

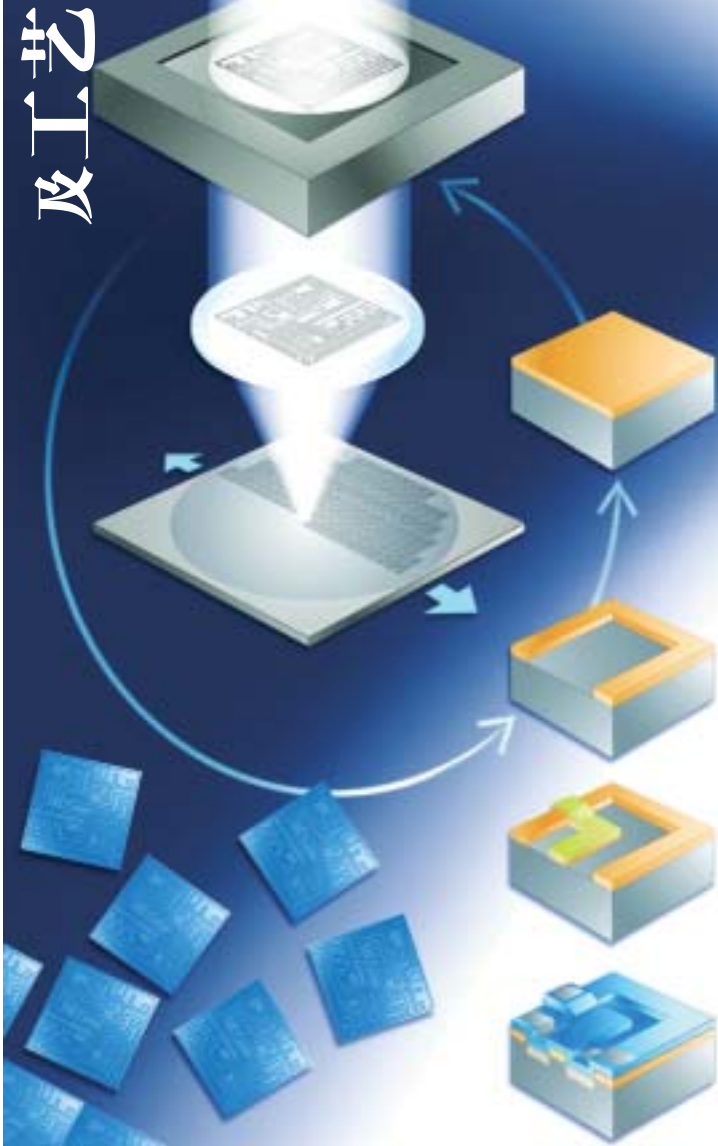


用于高性能 x 射线分析的曲面多层反射镜。

Euprymna scolopes 利用反光蛋白质的多层光线反射镜迷惑敌人。光线来自于发光体。



书写工具



平版印刷工艺：芯片为三维结构，结构内部所有的转换元件都排列在单个层面上。一个现代化、高性能的芯片，需要 25 至 30 个这样的层面，这就要求各个层面本身带有平版印刷罩。罩的结构由光和圆片分档器的和透镜系统投射到晶片上，整个仪器就像一台投影仪。每套新罩都会为芯片增加新功能，使芯片越来越复杂。

平版印刷

在 计算机的世界里，平版印刷就是借助光生产电脑芯片的技术。在这一工艺中，一种半导体材料（硅晶片）的表面高度抛光，然后镀上一层感光保护涂层，涂层上可以反射出电路图。保护涂层的显影揭示了晶片的感光（或非感光）区，这些区域经过蚀刻术、植入外来原子和沉淀等工艺，产生必需的电属性。用新模式和电路反复进行此工艺，最终可以制作出人类至今可以制成的最复杂的结构：高度集成的电路或芯片。如今，晶体管密度已增加到可以在铅笔画的圆点内安装五十万或更多晶体管。

现代芯片的结构甚至比平版印刷光的波长还小：这些芯片采用波长 193 纳米的氟化氪激光，可以制造出宽度为 130 纳米（不久就会制造出 90 纳米）的结构，这使得“光学邻近校正”和“相位移动技术”等各种独创性光学技术成为可能。这些技术发明为超级紫外线 (EUV) 平版印刷的问世奠定了基础。超级紫外线平版印刷的波长为 13 纳米，最终可以在硅中制造出宽度仅 35 纳米的结构。当然，这对平版印刷罩的原料要求极为苛刻：10 厘米长的金属板经过 1 摄氏度的温度加热时，膨胀不能超过十分之几纳米，即几个原子的直径。几个原子直径的均匀度也必须达到原则上可达到的极限。

作为电子基地的德累斯顿 (Dresden) 的崛起, 是德国研究领域成功范例。该地区的工作岗位增加了约 16 000 个, 对整个德国经济的创新产生了巨大的影响。在德国政府支持的研究计划 (BMBF) 中, 来自各个行业及国家研究院的 44 个合作伙伴 (包括 21 家中型公司) 已经针对未来使用直径为 300 毫米的硅晶片制造高集成电路, 制定了标准。正在研制未来纳米电子芯片构成方法的德累斯顿高级掩膜技术中心 (Advanced Mask Technology Centre), 是整个计划的主力军。



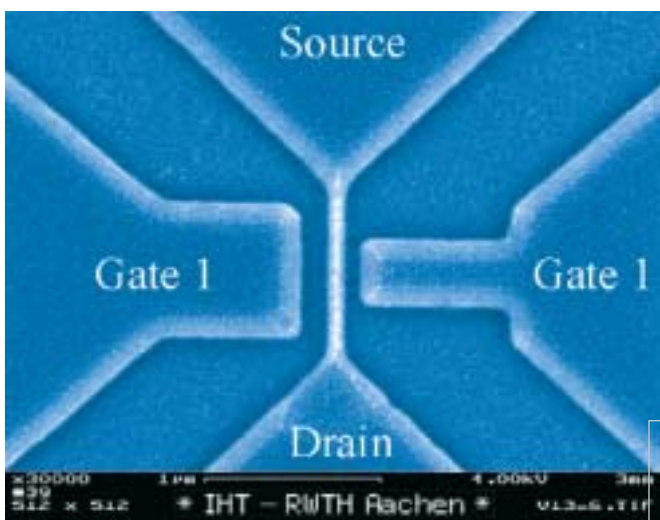
用于制造新一代芯片的 EUV 晶片分档器系统的原型。

适用于中型公司的纳米拓印技术

人们一提到纳米电子装置, 就会想起昂贵的设备, 需要投入数百万甚至数十亿欧元, 另一方面又会想到这些装置可以通过大量生产提供价格可承受的产品。无论如何, 总有中型公司负担得起的纳米技术。这些技术乍看起来有点落后; 以紫外线纳米拓印工艺为例, 纳米结构居然以机械方式被压制成涂层, 覆盖在硅等电子载体上。含有精细纳米结构的模板以石英玻璃制成, 紫外线可以完全透过石英玻璃。当印刷印记嵌入涂料中时, 紫外线光脉冲可以聚合感光涂层, 即硬化涂层。此时, 取出模板, 下层的涂层凸起就会变淡, 硅就会露出, 这时就可以按要求进行加工; 使用不同的模板反复进行此工艺数次, 最终可以制成复杂的芯片结构, 如带晶体管、电路等。在实验室的试验中, 已经制成了仅 10 纳米的细小结构体。这一工艺不仅仅局限于电子元件, 也可以用于金属和塑胶的结构构

成, 还可以用于生产实验室芯片。目前, 纳米拓印机器的估计成本低于一百万欧元, 相当于现代化常规芯片生产厂所使用类似设备的一小部分。不过, 由于生产能力仍然较低, 因此紫外线纳米拓印技术未必会提供更廉价的产品。作为特殊的小型产品 (所谓的“小”是相对大型处理器生产商的高产量而言), 紫外线纳米拓印技术将成为一项首选技术。

平版印刷罩的微晶玻璃, 是在纳米尺寸下仍可保持稳定的特殊陶瓷。



纳米拓印: 在德国亚琛工业大学 (RWTH Aachen) 半导体电子学院 (IHT), 可以采用机械/光学方法, 制造出结构宽度为 80 纳米的芯片。用途: 高复杂性的小型电路。

科学发展新动力

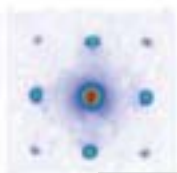
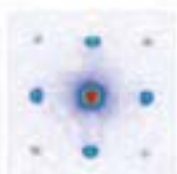
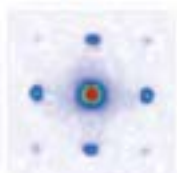
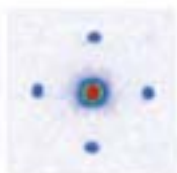
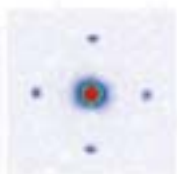
传统的 x 光结构分析光谱分析仪。
对纳米科学的了解应归功于这些仪器。

采用快电子的地下赛马场。



量子效应

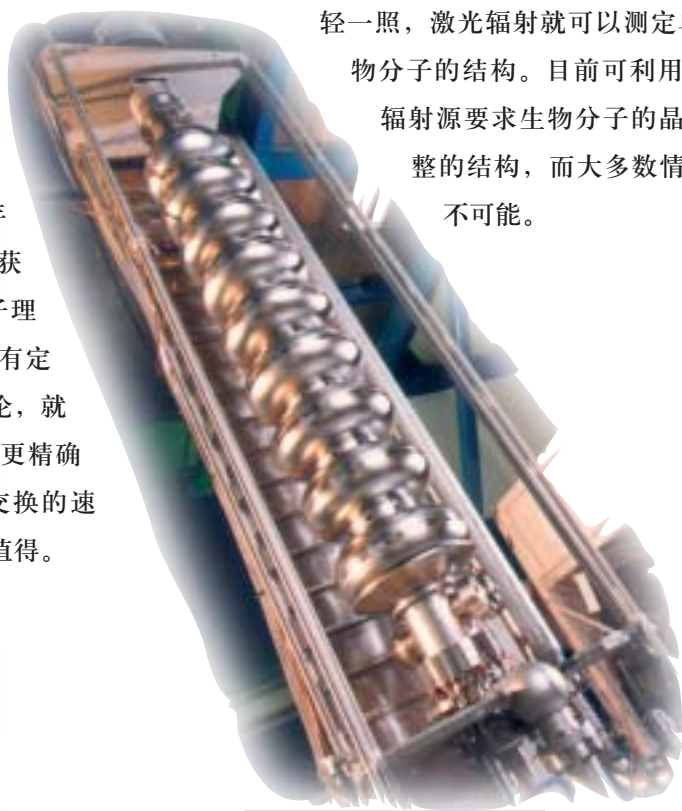
在 慕尼黑 Ludwig-Maximilians 大学，常常采用纳米技术分析物质的极限状态，而在极限状态下，物质有时会显示出奇异的属性。例如：当成百上千个铷原子组成的蒸汽冷却到仅比绝对零度 (-273°C) 高百万分之一度的温度，并被磁场聚拢在一起时，原子会聚拢形成“玻色 — 爱因斯坦凝聚” (Bose-Einstein condensate)，这时原子形成单一的个体，就像一列行军的士兵。慕尼黑的量子科学家可以将这样的块压入标准激光波的三维网络中，并操控它，如增强光阱，将每单位的块分解成“Mott 凝聚体” (Mott-condensate)。这一成果在 2001 年获得诺贝尔物理学奖。为什么可以获得诺贝尔奖？因为此类研究为量子理论注入了生命，这在纳米领域中已有定论。完全理解并充分掌握了量子理论，就可以制定出更精确的时间标准，而更精确的时钟可以帮助加快互联网数据交换的速度，因此进行此类深奥的研究非常值得。



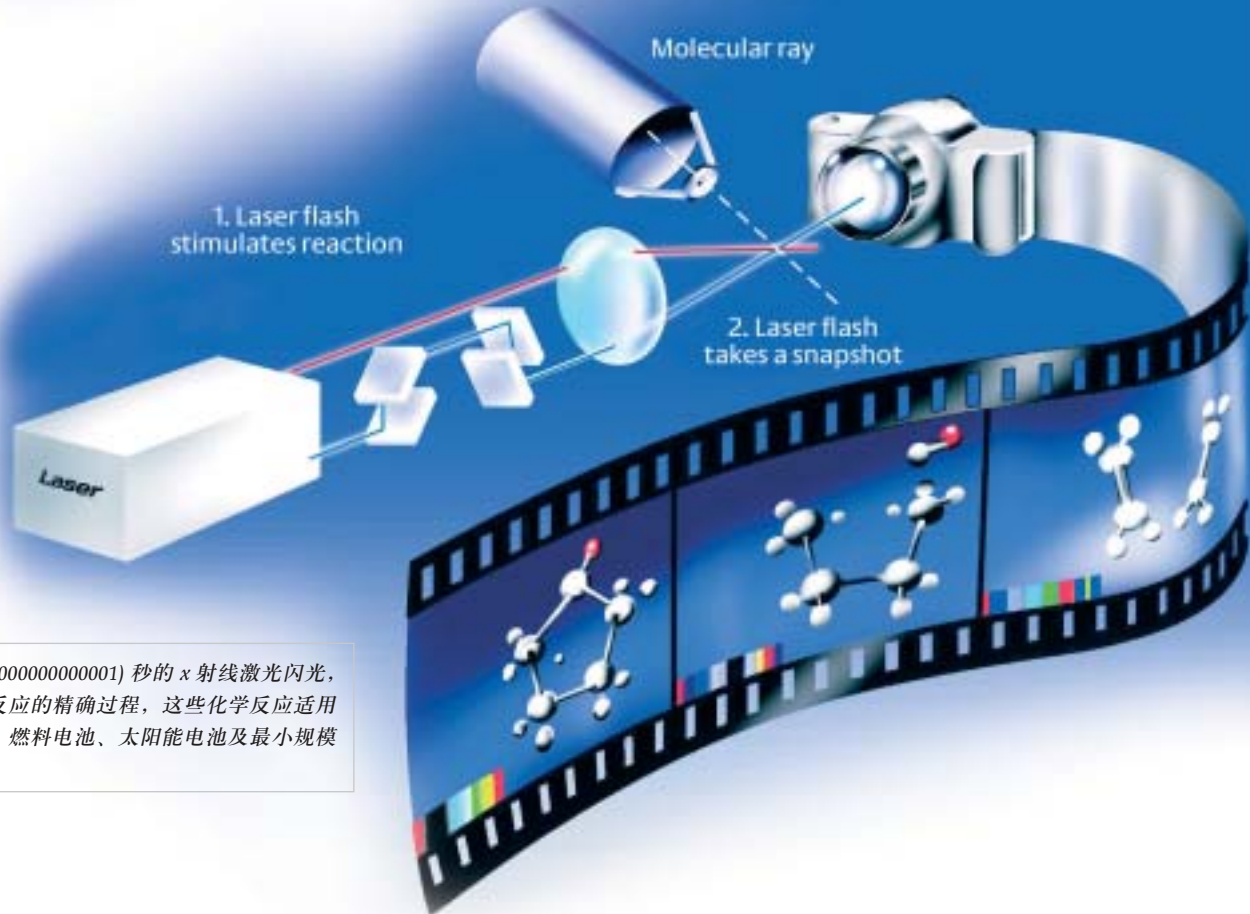
“Mott-condensate” — 高度精确计时的特殊仪器。

XFEL x 射线激光：纳米技术的先导

如 果一切可以按计划顺利进行，那么到 2012 年数十亿电子将创造出令人激动的成果。位于 Hamburg-Bahrenfeld 的 DESY (德国电子 — 同步加速器实验室) 已经付诸行动，他们采用超导电子加速器对电子加速，产生高能量，并利用离轨道下方 3.3 公里远的磁体，有系统地将电子转入转向轨道。这样会产生一种非常特殊的短波 x 射线：激光辐射。激光辐射是科学家们至今获得的最有价值的射线。只需轻轻一照，激光辐射就可以测定单一 (!) 生物分子的结构。目前可利用的 x 射线辐射源要求生物分子的晶体具有完整的结构，而大多数情况下这并不可能。



用于电子加速度的超导元件。



只有十兆分之一 (0.00000000000001) 秒的 x 射线激光闪光，可以跟踪和了解化学反应的精确过程，这些化学反应适用于光电子学、光电学、燃料电池、太阳能电池及最小规模的纳米技术。

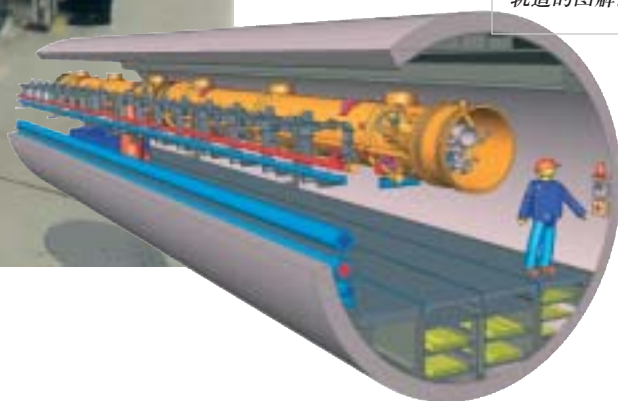
x 射线闪光非常短促，可以完全拍摄分子各个运动阶段。采用其它方法拍摄出的图像可能会象模糊的旋风，相比之下，采用 x 射线激光可以完全识别出分子的形状。

这样，就可以破解摩擦力之谜。用数百个原子组成的纳米组就可以断定出摩擦力产生的来源和方式。

单个原子团和数百个原子凝聚体的属性，也可以用 XFEL 进行研究，研究结果会比用任何其它仪器准确。简言之：科学与技术将强有力地推动欧洲在纳米领域的顶级计划。预计计划总成本为 684,000,000 欧元（截至 2003 年）。这一投资在纯知识方面和现金方面都完全可能是物超所值。



研制中的自由电子激光。



地下电子加速度轨道的图解。

纳米材料设计

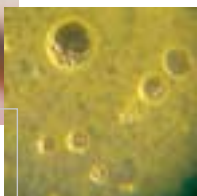
新型材料的溶胶/凝胶工艺

Béarnaise 沙司是为纪念法国国王亨利四世而酿造，因为亨利四世来自于贝亚恩省 (Béarn)，所以起名为 Béarnaise。Béarnaise 沙司是胶体物系的一个非常好（而且非常美味）例子。胶体指一种物质，其内有许多微粒稳定悬浮在另一种物质中。

溶胶/凝胶技术应用广泛，适用于不同的材料。胶化的溶胶还可以加工成丝状物，经过烧制可以变成陶瓷纤维。溶胶还可以用于制造纳米粉末，这种粉末易点燃，燃点低于传统粉末，而且耐高温高压。

溶胶/凝胶技术也适用于制造精密的光学元件，如纤维光缆、倍频器和微透镜景域。这种纳米技术带来的前景绝不亚于材料技术的革新。

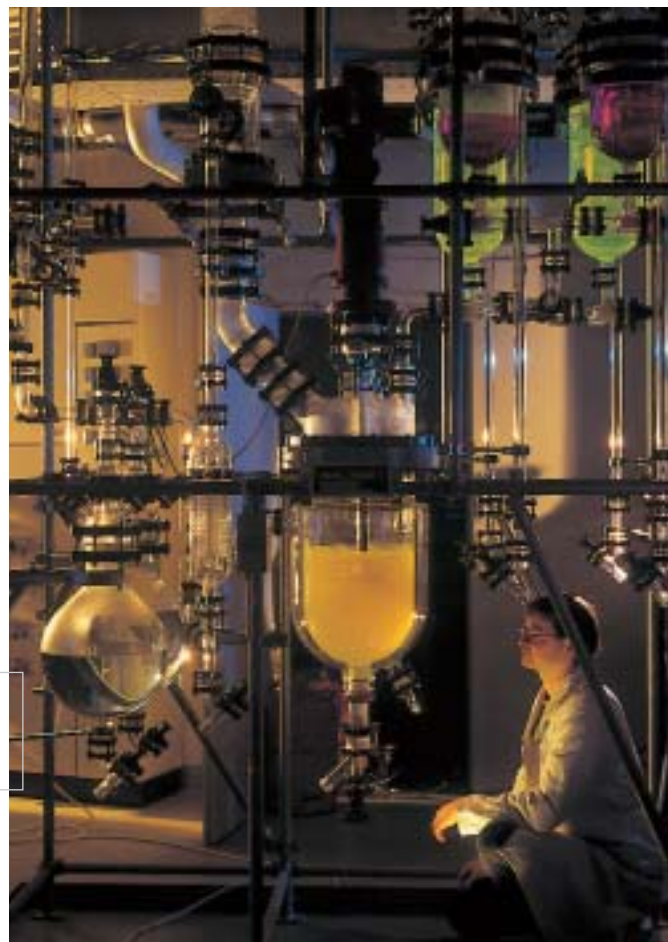
在某些情况下，凝胶溶剂也可以通过凝胶体保持原体积的方式被清除，同时形成低密度的多孔材料——气凝胶。



国王御用溶胶/凝胶：
Béarnaise 沙司 (Sauce Béarnaise)，
为纪念法国的亨利四世而酿造

以 béarnaise 沙司为例，沙司中的醋小滴悬浮在融化的黄油中。奶油和涂料都属于胶体。通过溶胶/凝胶技术，胶体也可以直接用到高科技领域。

在溶胶/凝胶技术中，溶胶（通常为胶状的）产生于可溶化合物，比如在硅的可溶化合物中，含硅的小滴悬浮在载体溶液中。溶胶喷在金属板上加热时，载体溶液蒸发，而硅小滴胶化，形成网状结构。然后，这种胶化网状结构就会凝固，形成坚硬的陶瓷层。这样，金属板就可以耐腐蚀、耐摩擦。



适合最小的粒子：
溶胶/凝胶粒子
反应器



在双层玻璃中填充气凝胶有助于减少热损失。



气凝胶是高效的吸尘器。熔化的气凝胶化合物可牢固地吸附微粒。

气凝胶曾造访过“荒野2”(“Wild 2”)彗星。



气凝胶

气凝胶在日常生活也可见到，面包师一直使用的蛋白酥皮就是一种气凝胶，即经加糖、打散和烘烤的蛋清。把它拿在手上，手指立即感到温暖，这是因为蛋糖霜中的空气被封在数百万个细小气泡中，既不能流动也不能进行热交换，从而使蛋糖霜成为像聚苯乙烯一样杰出的保温材料。以相同原理制造的泡沫玻璃气凝胶，同样具有卓越的保温性能。

虽然蛋白酥皮为白色，而蛋清却无色透明，这是由于蛋清经打散后，被分割为数百万个直径仅为几微米的气泡的缘故。在这种精细结构中，光线被折射成五颜六色，但整体效果为白色。但纳米大小的气孔不再折射光线。带有纳米气孔的泡沫玻璃材料，几乎与普通窗玻璃一样清澈透亮。在双层玻璃中填充这种泡沫，可生产出保温性能绝佳的窗玻璃。

由于这种泡沫几乎仅由空气构成，故被称为气凝胶。“凝胶”一词源自其生产工艺：向特定材料的水溶液添加催化剂，生成微小、薄壁的空腔，这些空腔连接成链，链群聚集就形成凝胶，凝胶经干燥就成为轻质气凝胶。

游历最远的气凝胶当属 Hoerner & Sulger GmbH 的 CIDA 尘埃分析器中使用的气凝胶，在历时五年、航行 23 亿公里后，终于在 2004 年 1 月采集到“荒野 2”彗星的尘埃。

含有大量气泡的材料，其内表面积十分巨大。最大的内表面积（即无限大）可能就是孟杰海绵，因此其体积为零，这种海绵仅存在于数学家的头脑中。尽管如此，气凝胶的实际内表面积还是大得能够产生惊人的效果。一块方糖大小的碳质气凝胶，其内表面积可达 2000 平方米，碳质凝胶的这种特性及其它特性，确保它在未来的能源技术中的稳固地位。它们可用于制造电容高达 2500 法拉的电容器（如电车中的电容器），可作为蓄能器用于满足最大功率需求。另外，这种神奇的泡沫还可用于提高锂电池性能，促进新型燃料电池等的研制。像气凝胶这样微小的实物，却展现出如此丰富的潜能，堪称纳米技术的典范！

数学家将孟杰海绵(Menger sponge)用作“万有曲线”。将以下所述程序重复无数次即可做到这一点。



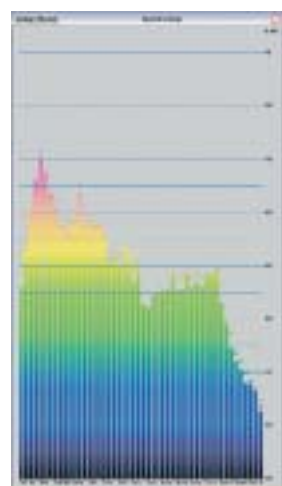
应用于社会的纳米技术

网络世界：纳米电子

从工作室中的笔记本到笔记本中的工作室 — 科技之地位

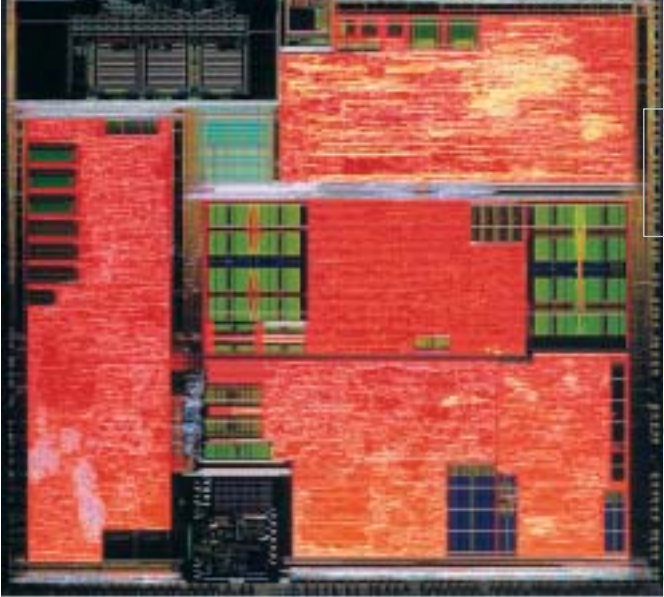


任务：制作一段历时四分半钟、有关莱特兄弟首次动力飞行的广播节目，要求有点特殊声音效果。配备笔记本电脑的广播撰稿人将如何完成这一任务？假设他十分热爱自己的工作。首先，他将查看事件发生的地点，虚拟地球显示小鹰市 (Kittyhawk) 位于北大西洋沿岸宽约数公里的狭长地带，毗邻斩魔山 (Kill Devil Hills)，因此莱特兄弟应能听到海浪的声音。海浪声可在声音档案中获取，另外，《不列颠百科全书》中描述的首次飞行时所吹的劲风，以及沙丘上草木的沙沙声，同样可从声音档案中获取。飞机引擎的转速为每分 1200 转，而声音档案中有老式克莱斯勒轿车低沉悦耳的轰鸣，经声音程序的频谱分析仪分析，轿车引擎声的频率与飞机引擎相近。到目前为止，一切顺利。首次飞行持续了 12 秒，由于飞行器经过麦克风时会产生多普勒效应，因此要选择一段通道，让声音在里面渐行渐远。将所有声音效果都输入声音程序，将不同音轨相互重叠。飞机从左向右飞行，这种效果可利用全景曲线设置。引擎噪音的起伏可通过音量曲线调节。就这样，奥维尔·莱特充满自信地驾驶着 Flyer One 号飞跃斩魔山，合着海浪的拍岸声和丘草的沙沙声，就像 1903 年 12 月 17 日当天情景一样——这一切都在笔记本电脑上。（其他航天先驱者还有德国人 Gustav Weisskopf 等，他早在 1901 年就尝试过飞行，但未能取得成功。）



在 20 年前，单凭一人之力将无法完成这项任务，而且要借助一大堆设备。而今天，只需一台笔记本电脑、一张书桌和几个小时即可完成。《百科全书》已压缩成一张 DVD，取代了原先 30 多本厚重的卷册，而且快速查找比印刷本更为便捷。声音程序也在硬盘上以非物质形式出现，众多虚拟资料可合成无数种效果。现代电脑技术的发展，引发了非物质化潮流，还将有助于降低能源消耗。随着硬件和软件价格走低，使创作人员能够拥有神奇的制作工具，无需再耗费大量资源。

将来，将图书馆戴在手腕上也不是什么稀罕事，就像互动移动通信一样。



摄影棚与指甲一样大小：多媒体芯片具有高分辨率显示控制器，功率消耗与手电筒相当。



未来的纳米应用！

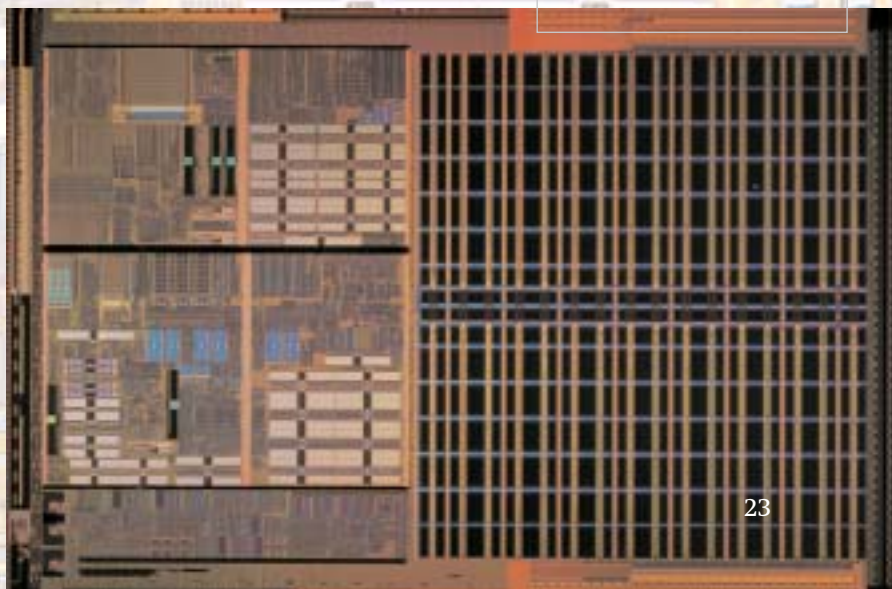
目前电脑处理器所使用的晶体管技术称为 CMOS（互补型金属氧化物半导体），原先是为首批电子手表而开发的，其功率消耗比早先技术低得多。从上世纪 70 年代起，专家们就不断预言这一技术将在 10 至 15 年间达到发展极限，他们至今仍这么说。然而，随着电子元件不断微型化，电子行业有充分理由相信这一论断将会被推翻：在微型化过程中，构成物质的实际成份——原子结构，正逐渐浮出水面。然而，电子层是原子中可在正常状态下结合从而形成技术结构的最小组成部分，因此，最根本的局限也呈现在我们眼前。导体路径无论如何不可能薄于一个原子。

CMOS 技术长期以来无法实现突破，有些限制显得着实古怪。连接芯片晶体管的电路已经非常精细，在此情况下，铝原子将处于不稳定状态，就像河流中的砂砾一样会被电子流冲走：这一现象的专业术语叫做“电迁移”。解决方法是：使用性能更优越的铜质电路，以加速芯片上的信号流动。电路间的距离现已拉得很近，从而产生可检测电容，如同在电容器中一样。如在设计芯片时不考虑这一效应，芯片就可能配合不一致。

某些芯片晶体管元件的尺寸正逐渐缩小至 20 纳米以下，这时，量子论领域的隧道效应开始发挥作用：电流开始在较大的晶体管内部流动，里面应该没有电流——电子门户系统破裂，漏出电流。虽然电流微弱，但数百万个晶体管加起来，损失仍十分巨大，处理器也因此而发热，另外，这些不受控制的电荷还会造成毁灭性的逻辑错误。

对于非常精细的结构，电子的波浪特征最终必会显现——正如量子论所述。但许多科学家将此视为开发全新电子元件的契机，希望借此研制出量子电脑，开创全新的数学领域。

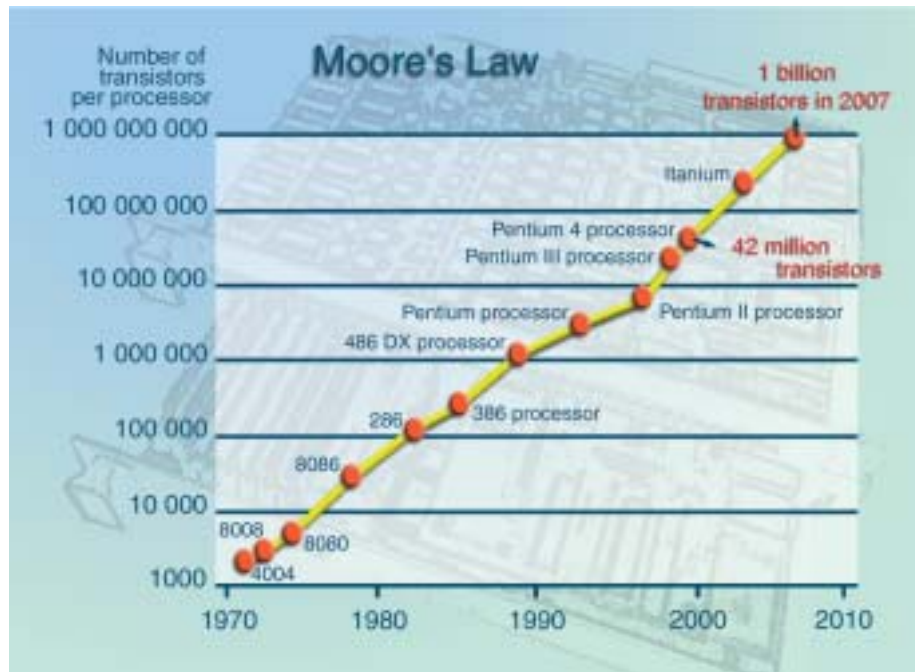
适用于电脑的 AMD 64 位处理器，拥有采用 130 纳米技术制造的 1.06 亿个晶体管。



网络世界：纳米电子

摩尔定律走到尽头

早 在 1965 年，英特尔公司创始人戈登·摩尔 (Gordon Moore) 就发现，微芯片的性能每 18 个月就翻一番。这一“定律”目前正因为人力问题而遭到质疑。目前，芯片上晶体管的数量每年约增长 50%，而分析人士就抱怨芯片设计的生产能力每年仅提高 20%。业界已试图通过不断扩大设计团队的规模，来抵制这一发展趋势：设计团队目前有 250 至 300 人，人员管理困难重重。

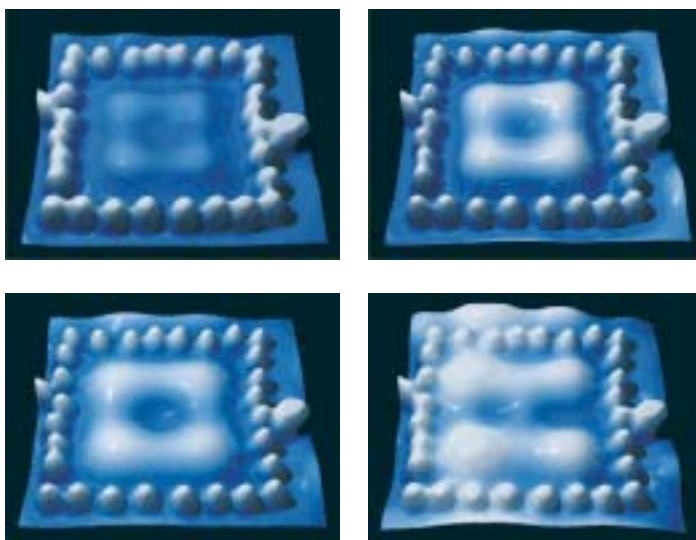


无限制增长有悖于摩尔第二定律，该定律称生产规模缩小与生产线成本提高密切相关。到这些局限性严重限制了芯片的进一步发展时，纳米技术仍将在纳米电子领域发挥重要作用。事实上，目前的 CPU 已采用 100 纳米以下的结构，含有 1 亿多个晶体管。如果有人相信半导体业界发展蓝图 (Roadmap) 是基于实际技术发展而作出预测，那么

我们预计不出数年 (2010年)，就有 45 纳米的芯片问世，这就意味着每块芯片上的晶体管数将超过 10 亿。这样，我们目前的许多设想都有可能梦想成真了。



硅晶体上的微小部分在 450°C 时逐渐融化，认识这一过程对于提高薄层质量非常重要。



基尔爱尔布雷大学 (Christian-Albrechts University of Kiel) 提供的银金属上的锰原子。根据所使用的电压，被锰原子包围的电子形成分布模式。诸如此类的效应将对未来的电子行业产生重要影响。



相变型 RAM

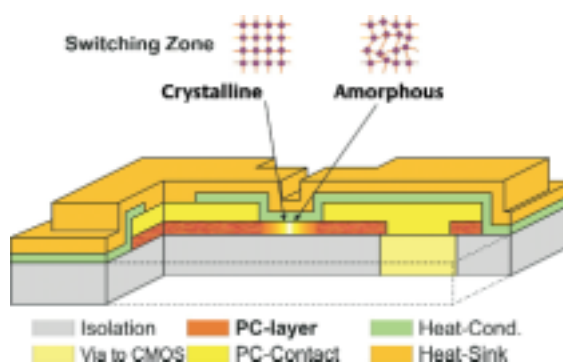
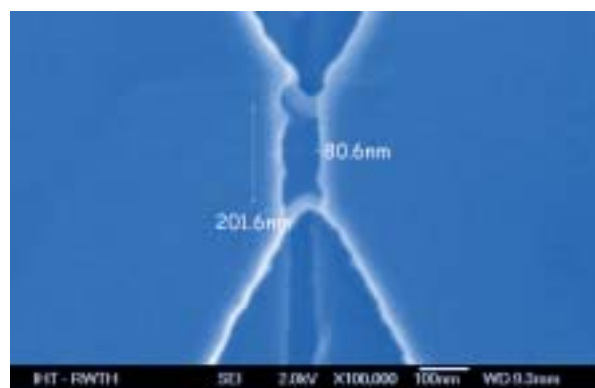
目前的数据存储设备基于多种技术，各有其优缺点。磁机械硬盘驱动器（通常用于现有的台式电脑）的存储密度非常高，存储数据无需持续电流供应，但存取数据的速度很慢。相对而言，DRAM（动态随机存取存储器）速度虽快，但需用电流脉冲对数据进行不断“刷新”。应用于MP3播放器、移动电话和数码相机的闪存(Flash Memory)，保存数据无需持续电流供应，但速度赶不上DRAM，而且只能使用100万次左右。未来的纳米技术存储概念，应能包揽上述所有优点：存储密度高、速度快、无需电流即可保存数据以及寿命长等，从目前的观点来看，就是MRAM（磁性随机存取存储器）以及相变型RAM（如下文详述）。

固体物质有两种极端形式：首先是晶态，原子像经济林中的松树一样整齐排列；或是非晶态，原子不规则排列。常见非晶态固体包括石英玻璃等各种玻璃；玻璃的主要成分二氧化硅，也是以石英矿的晶态形式存在。晶态—非晶态，日后还会听到有关这两种物质状态的更多理论，因为它们将可能对未来的海量存储起到决定作用。有些固体可自觉或不自觉地从非晶态转为晶态，反之亦然。这就是相变，通常通过热效应来实现，在光存储介质中得到广泛应用。例如，当一可重写DVD被刻录时，借助激光脉冲的热冲击，DVD表面的特殊涂层局部改变

状态，从“晶态”变为“非晶态”，因此其反射特性也发生改变，因此可读位组合格式也可写入。经过更长更强的激光照射，非晶态区域又回复晶态，从而使DVD可重复写录。

现在，各种相变型材料可以在电子存储系统或相变型RAM中长期发挥作用。在此领域，相变将不再以光学形式进行，而是以电子形式进行。较短的电流脉冲将使材料变为非晶态，同时电阻增大；较长的电流脉冲将使材料回复晶态，同时电阻降低。存储体元件的电阻将被查询，以读取信息。

采用相变型RAM，可在邮票大小的区域存储兆兆位的内容—例如，十个小时未经压缩、质量极佳的录像，从而实现超大存储密度。采用这一技术的手提电脑，在用户停止使用时，只需重新启动即可，而无需重新开机。



右图：电脑位存储层在不同时长的电流和热脉冲作用下，可在非晶态和晶态之间来回转变。IHT of RWTH Aachen 的这款专利设计，使低功耗快速存储成为可能。

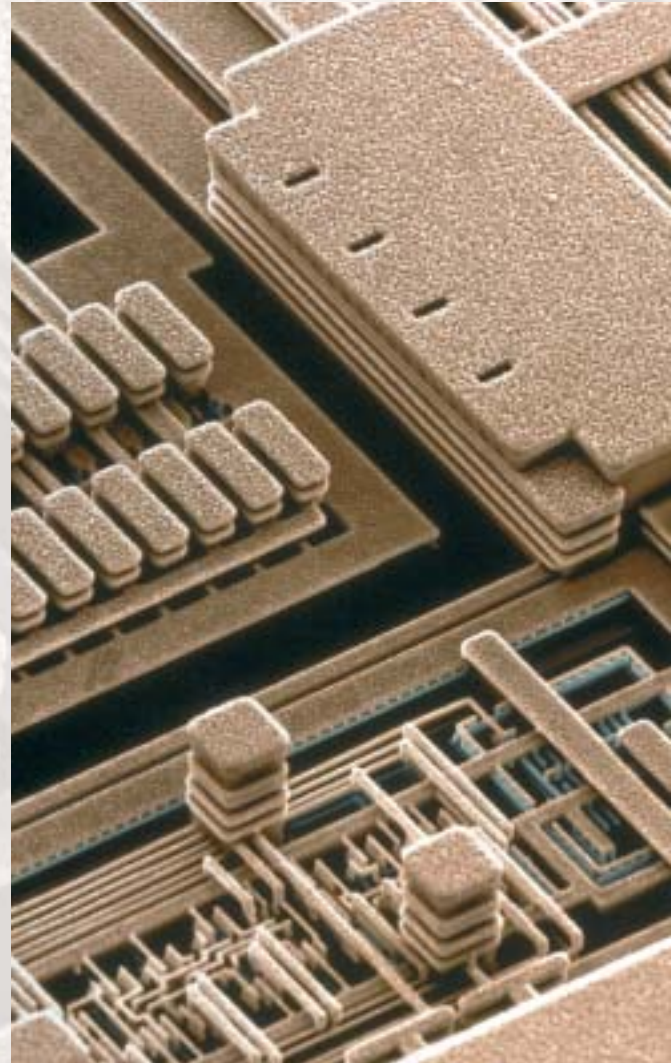
左图：相变型RAM元件的真实设计。

网络世界：纳米电子

从 3D 开始 — 芯片高度不断增加

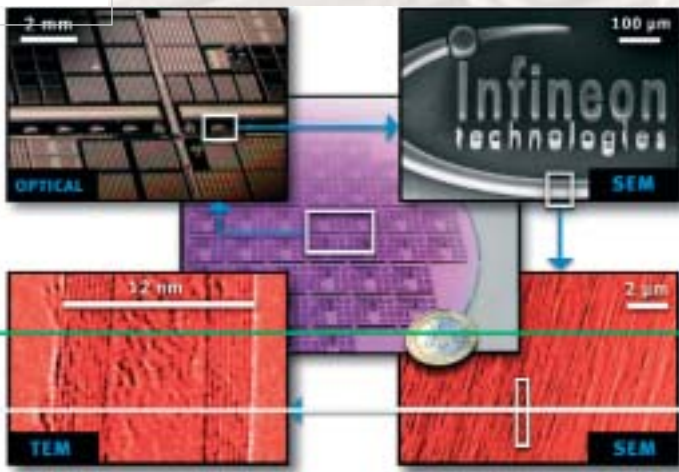
如 要在地价昂贵的曼哈顿建造新的办公和住宅空间，摩天楼便是经济之选。同样的，芯片设计师在初期也自然而然地想到这第三维 — 高度，但由于一系列的问题最终未能实现。

慕尼黑的英飞凌 (Infineon AG) 公司目前已发现实现第三维的方法，英飞凌已成功在晶片上生成碳纳米管 (CNT) (晶片是指抛光硅片，用于安装电脑芯片)。碳纳米管是绝佳导体，几乎不会产生废热，可用作电路 (VIA)，还可用于处理芯片各级线路间的机械压力。长期来看，英飞凌研究人员认为，藉助 CNT 可以开发出真正的 3D 芯片技术，尤其因为 CNT 卓越的导热性能，有助于发散 3D 芯片内部的热量。

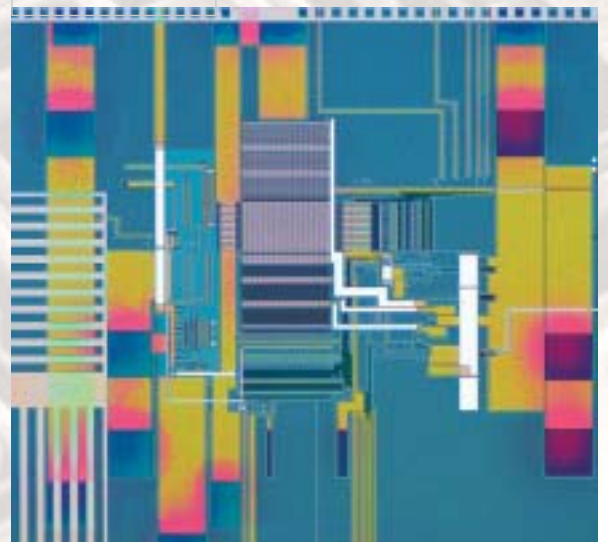


10 μm

使用微电子兼容工艺，使碳纳米管在硅晶片预定点进行生长。



现代艺术：自旋子 RAM 的试验结构

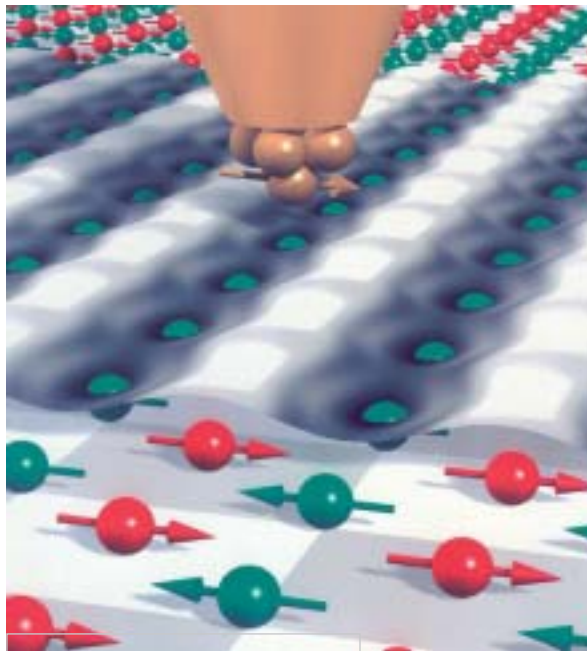




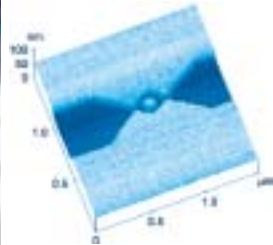
如同缩微城市般复杂—借助扫描电子显微镜观察到的芯片蚀刻铜电路 (IBM)。现代芯片有多达九级的电路。



硅片上的单个有机分子。德国波鸿鲁尔大学 (Ruhr University of Bochum) 扫描隧道显微镜图像。

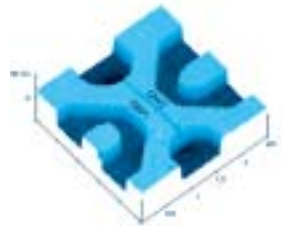


自旋极化扫描隧道显微镜的探磁针扫描单个原子的磁性。



量子电脑指法练习：由德国波鸿鲁尔大学研制、带有扫描力显微镜的“阿哈罗诺夫—博姆干涉仪” (Aharonov-Bohm interferometer)。

隧道连接量子线—电子穿越经典理论所称之被封锁的通道。纳米技术试验开始逐渐推翻这一理论。



在磁存储芯片 MRAM 中，信息存储在磁层的自旋中。这一技术对非易失性主存储器意义重大，长远来看，可能会取代机械操作硬盘。

乌尔兹堡大学 (University of Würzburg) 等研究机构正考虑将“自旋电子”技术应用于量子计算机。

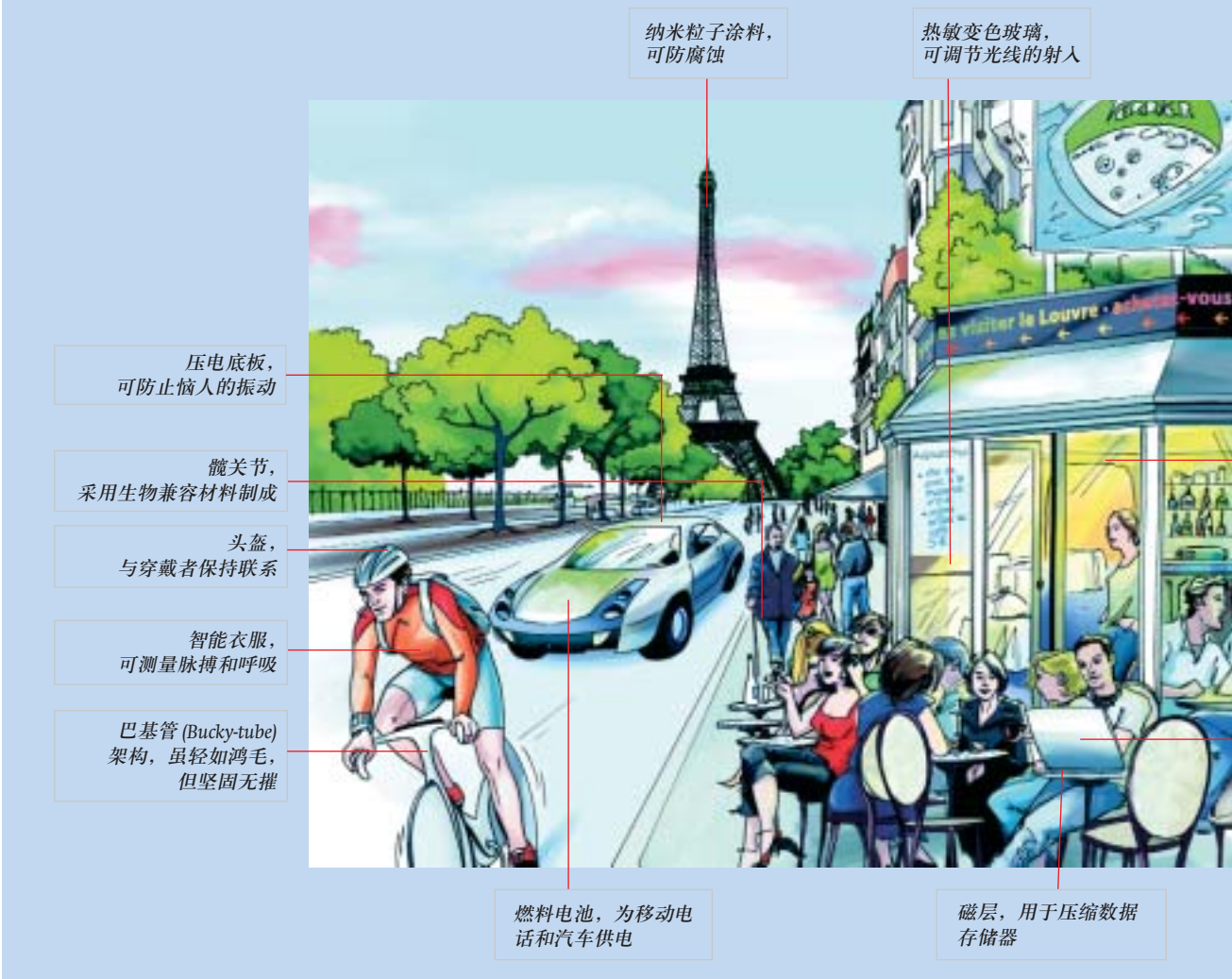
自旋电子学 — 用自旋电子进行运算

自旋电子元件可能会引发一场真正的革命，可能使摩尔定律仍然适用于未来，它不仅用到电子的电特性，还利用其磁特性—自旋。电子自旋表现为一种微弱的磁惯性，它以一种复杂的方式与其它磁体相互作用，因此可用于电子用途。“自旋电子”或磁电子的应用已进入我们日常生活：新型硬盘安装有“自旋阀”薄层阅读头，可在巨大磁阻基础上发现非常微小的磁畴，从而极大提高存储密度。

功能强大的硬盘新特性：阅读头运用巨大磁阻，其半导体元件有 20 多个纳米层。



未来日常生活中的纳米技术



如果纳米技术进入日常生活，从外表看不出有多大的变化。人们将依旧像往常那样喜欢到街边的咖啡厅坐坐，但可能会更加喜欢，因为内燃机的轰鸣声已变为轻轻的嗡嗡声和沙沙声，就像“星际企业号” (Starship Enterprise) 的舱壁所发出的声音一样。汽油燃烧所发出的难闻气味，已被向燃料电池提供动力的甲醇不时发出的、难以察觉的清香所代替。店内服务也将变得更加快捷：点菜仅需在电子菜单上输入菜名即可，厨房会自动操作。付帐时只需对准印制于菜单一角的欧元符号，按一下现金卡即可。小费仍以现金支付，虽然出于卫生考虑，钱币上涂有一层抗菌纳米粒子，但清脆的响声依旧非常动听。咖啡厅的窗户非常昂贵，但其功能也大为增加——总的看来还是很划算：它们防尘、防刮，当光线过强时自动变暗，并将光能

转化为电能，在需要时还可当作大显示屏：与他人坐在咖啡厅里或这块大显示屏前，一同观看世界锦标赛，着实是一种享受！

成熟的纳米电子技术可令某些装置的外观变得更加雅致，如将 PDA（个人数字助理）做成信用卡大小（并非不能做得更小，而是产品仍需要一定体积，用起来手感才舒适。）

纳米 PDA 可以是一部哑光黑色整机，无明显构造物，黑色表面可聚集阳光并转化为电能；其表面防刮，覆盖着一层如晶片薄厚的钻石层，下面是一层薄薄的压电陶瓷层，可将声音转化为电能，反之亦然，因此可进行语音通信。毫无疑问，它还可通过光和无线电进行数据传送。



有机发光二极管 (OLED), 用于显示

光电薄膜, 可将光能转化为电能

发光二极管 (LED) 目前功能已非常强大, 可与电灯泡相媲美

采用莲花效应涂敷的防刮窗玻璃

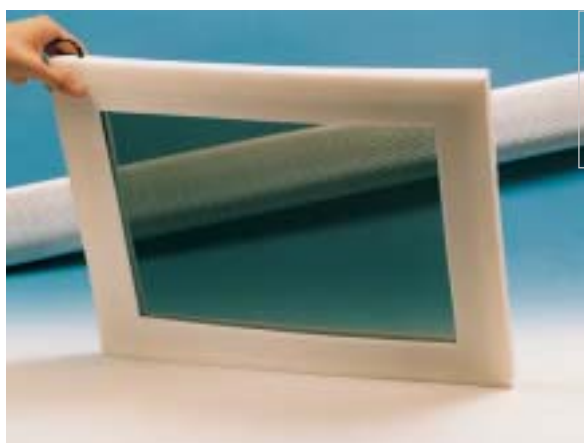
菜单卡, 采用电子纸板制成

纳米管, 用于新型笔记本电脑显示屏

纳米涂敷织物, 可防污



纳米溶液中的纳米粒子可在紫外线下发出荧光, 但平常完全看不见。纳米粒子在流体中分布均匀, 可与喷墨打印技术结合使用, 不会改变打印对象的设计或功能。所以, 纳米色素十分适用于防伪。



“感光变色玻璃”: 这种玻璃的透明度可由电子控制 — 将来用于办公室气候调节。

如果装有平面镜头和高分辨率图像转换芯片, 纳米 PDA 还可视情况需要变成一个显示屏, 集磁带录音机、照相机、录像机、电视、移动电话, European Galileo 定位系统导航等功能于一身, 还可按需读取、翻译并解释巴黎咖啡馆的菜单, 并以友好、通俗的法语点菜及付款。

纳米 PDA 还能识别用户的语音和指纹, 防止被盗用。



虚拟键盘: 触摸投影键, 系统即可识别并视为按键输入。

与应用于其它机器上一样，纳米技术在汽车应用方面同样具有低耗优质的特点，即用较少的材料就可满足您的要求，因为纳米技术与自然和谐统一。

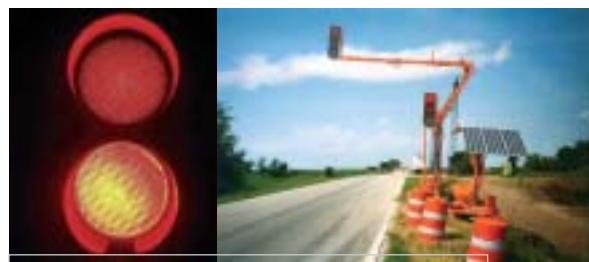
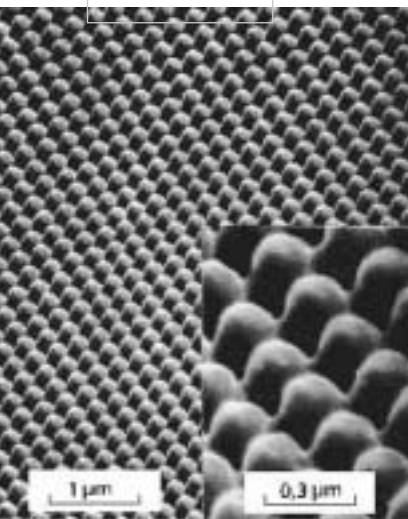
应用于汽车的纳米技术

小结构，大视野。借助规则、微观的表面结构，可防止汽车显示屏和车窗上的反射光干扰。此项技术是模拟蛾的眼睛，蛾在夜间需要看到尽可能大的范围，同时还必须保护自己不被发现。

涂敷采用溶胶/凝胶技术制成的涂料，可使挡风玻璃具有防刮性能，因为涂料中含有坚硬的纳米粒子，同时由于纳米粒子非常微小不会造成光线散射，所以玻璃仍然清澈透明。尽管此种技术尚不十分完善，但其原理已普遍应用于玻璃制造业。在汽车抛光中采用荷叶结构，可使其具有防尘性能。

汽车需要的照明系统，如今已广泛运用纳米技术：如同所有的LED一样，优质刹车灯的发光二极管也具有复杂的、纳米级的涂层系统，可十分有效地将电能转化为光能。另一项应用是：LED可即时将电能转化为人眼可见的光，而装有灯泡的传统刹车灯则需更长一点时间，但这可能就意味着数米的刹车距离。目前，LED的亮度已非常高，数组LED即可为车头灯提供可调节的白光照明。

涂有纳米粒子涂层的挡风玻璃还可在电子控制下，通过反射光线和热辐射，在一定程度上调节车内气候。如果在办公室运用这种技术，将能节省大量能源。



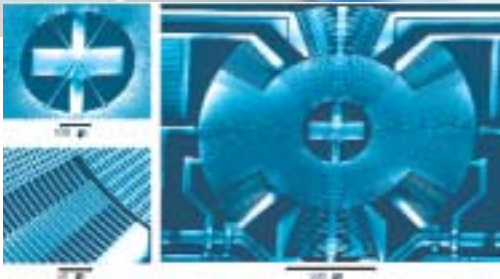
交通信号灯中使用LED，可节省服务时间和能源。折旧时间不超过一年。



现有的防抱死刹车系统 (ABS) 或电子稳定系统 (ESP) 等电子安全系统, 仅在危急的驾驶情况下发挥作用, 而以后的系统能够自动避免危险发生。



适用于柴油机动车的喷油嘴。未来的系统将涂上厚度仅为几十个纳米的类钻防磨保护层。



硅质平衡元件: 用于监测车辆稳定性的转速传感器。



目前, 白色LED的功能已十分强大, 将来可用作车头灯光源。

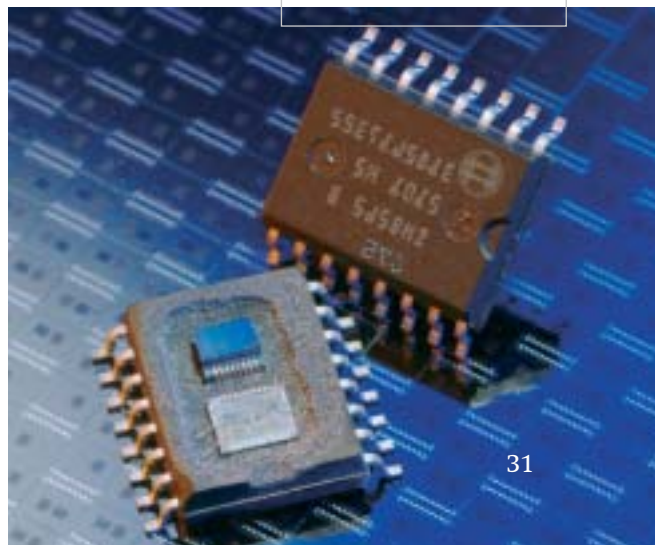
车身漆面也可运用纳米技术设计成太阳能电池 (这一设想尚未付诸实践), 所产生的电能可在车辆停放时用于电池充电 (传统太阳能电池已具备这种功能), 或利用散热泵保持车内凉爽, 而泵内

又装有半导体纳米层系统, 不含任何运动机件。如逆转这一过程, 内燃机所产生的大量废热在通过半导体时, 又可变回电能 — 参见“能源与环境”的“热电学”部分。



燃料电池 (见第33页) 将使汽车成为完全无污染的交通工具。如果氢燃料也能从再生能源中获取, 这种能源将最具环保性。

右图: 用于车辆安全的电子设备: 前气囊的加速传感器。



应用于社会的 纳米技术

汽车行业



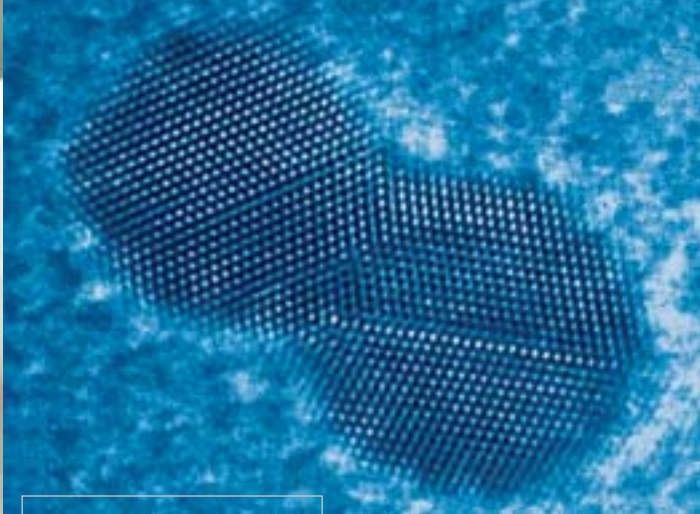
纳米香水囊
最适用于皮革。

金催化剂

纳米技术还为金增添了一新用途。虽然“纯”金的催化性能远不如铂，但金纳米粒子与多孔载体材料相结合，就能产生用于汽车的实用催化剂，甚至当汽车冷起动、抛锚时，也能促使一氧化二氮和一氧化碳发生反应变成无害物质。金纳米粒子也极有希望成为燃料电池的新型催化剂。

服务区小便池采用防
恶意破坏微系统技
术，纳米级“莲花效
应”涂层使维修和清
洁工作更轻松。

上述所有优点，也必将使汽车之外的其它运输方式受益。例如自行车，也可以从纳米技术中受益，特别是利用燃料电池和太阳能电池后，就可以创造“永动”机，仅以阳光、空气和水提供动力就能游遍全国。由于采用碳纳米纤维框架、LED灯和其它新型装置，整个装置可谓轻如鸿毛。



新型催化剂中的金纳米粒子。

金纳米粒子除味剂

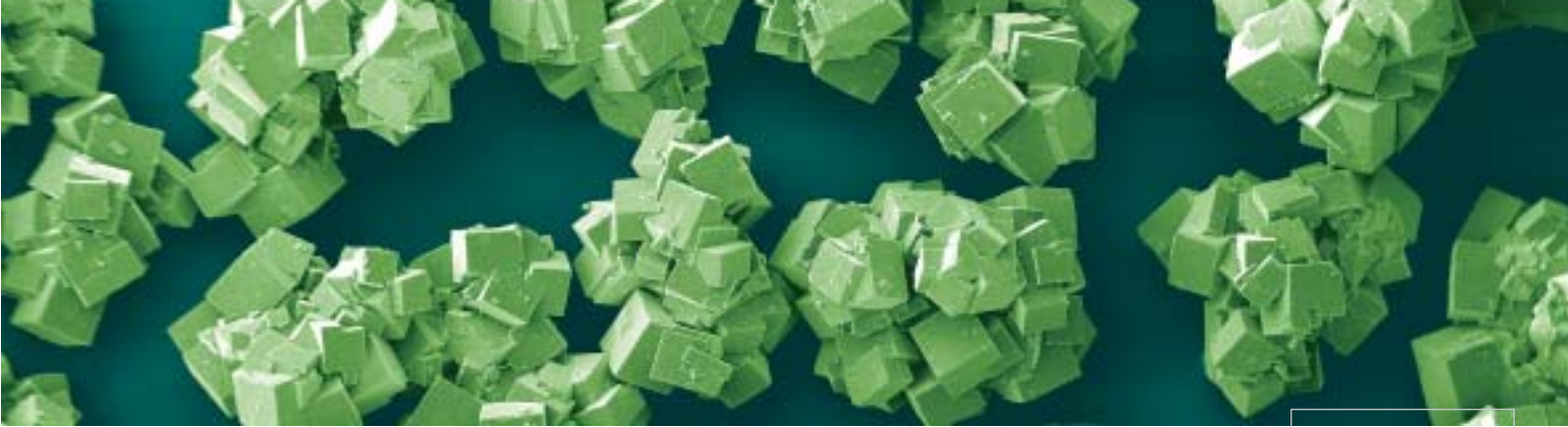
此外，金纳米粒子催化剂目前还被测试用作除味剂。在车载空调等小型空调系统中，金纳米粒子可防止系统中的细菌产生气味。日本已在卫生间使用此种除味剂。

应用于服务站的纳米技术

汽车司机可能在高速公路服务站见过微系统技术。高级卫生间的小便池装有传感器，当温度升高时，传感器便向相关电子装置发出信号，便池内开始冲水。所需电力由小型水轮机借助冲刷过程的冲力产生。与采用红外线传感器的系统不同，一块口香糖并不能使这种系统失灵。

从另一个角度来说，采用纳米技术制成的小便池，其工作原理既简单又复杂：由于便池壁的莲花效应，液体可畅通无阻地流动，经过除味流体层过滤，然后消失得无影无踪——真实效果如何还有待实践检验。这种技术无疑也适用于私人住户。





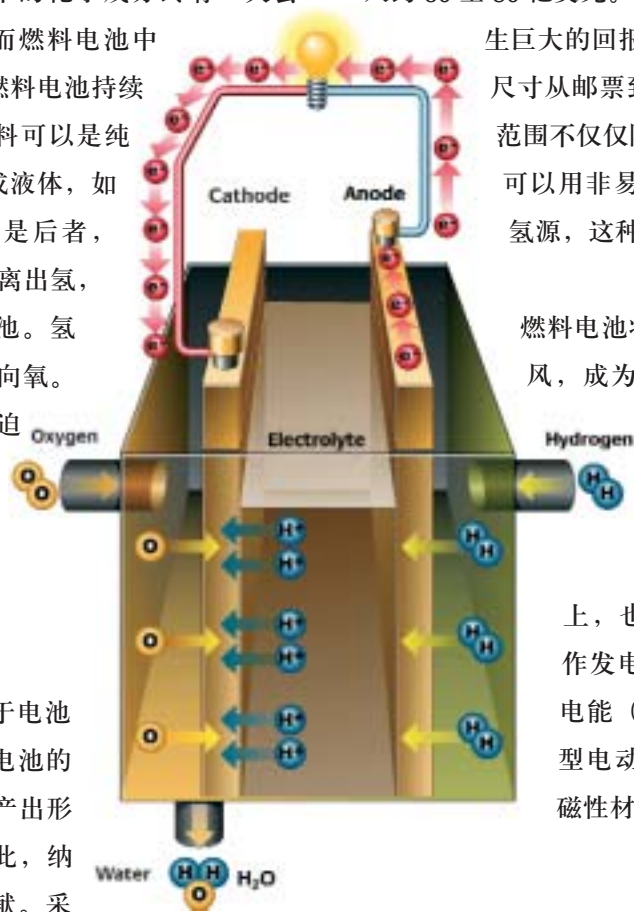
BASF 具有纳米多孔性、金属性“纳米管”，可以贮存大量的氢。

燃料电池：用途广泛的装置

燃料电池与蓄电池相似：都可供电。不过，蓄电池中的化学成分终有一天会消耗殆尽，而燃料电池中含有高能材料，可以向燃料电池持续补充能量。这种高能材料可以是纯氢，或者其它含氢气体或液体，如天然气或菜子油。如果是后者，需要先使用“重组器”分离出氢，然后才可以用于燃料电池。氢与氧结合时，电子从氢转向氧。在燃料电池中，电子被迫进入外电路，这样就可以为发动机或其它设备供电。上述反应的产物只有纯水。

燃料电池的高效率取决于电池的类型，很大程度上与电池的大小无关，因此可以生产出形状各异的燃料电池。对此，纳米技术做出了巨大的贡献。采用纳米技术，可以制造陶瓷薄膜、纳米织物表面和纳米粒子催化剂等材料。

近年来，世界各国在开发燃料电池技术方面已投入约 60 至 80 亿美元。毫无疑问，这一技术将产生巨大的回报。燃料电池工作噪音小，尺寸从邮票到集装箱大小不等，应用范围不仅仅限于汽车。对于小型用户，可以用非易燃甲醇/水的混合物作为氢源，这种混合物可以在超市买到。



燃料电池将帮助电动机重现往日雄风，成为最好的发动机（1881 年第一辆电车出现在巴黎街头）。发动机中，唯有电动机的工作效率可以达到 90% 以上，也只有电动机同时可以用作发电机，将动能重新转换成电能（比如刹车时）。当然，新型电动机和发电机采用的优质磁性材料，也含有纳米晶体。

燃料电池也将用于家庭，可以同时供电供热。



医疗保健

2020 年早餐及其重要性：

还有咖啡吗？当然有，那橙汁呢？当然也有，不过包装盒会有较特别之处，比如包装盒内的“电子舌”，可以检测橙汁，确定橙汁仍然适合饮用。



包 装盒外的传感器，可以通过感测接触包装盒的手指，测定人体是否缺钙或缺其它微量元素，然后开出“功能食谱”，补充人体所缺元素。常见的山羊干酪包装盒上会装上 OLED（有机发光二极管）标签，向顾客推荐正牌的干酪。

在日霜（已问世）中含有纳米级的氧化锌粒子，可抵抗有害的紫外线辐射。由于是纳米级粒子，完全无形无色，因此日霜并非白色，而是完全透明的。

指尖诊查

采 用纳米技术、纳米电子装置和微系统技术，可以制造出复杂的分析设备，而价格也可以被住家用户接受。轻刺指尖就完全可以进行未来的血液分析。胆固醇水平是否正常？血糖水平是否正常？测量结果可以通过互联网电邮到最近的纳米医疗中心。在这里，患者可以要求提供更准确的病理分析，或通过微型反应器综合采用完全个性化的药物治疗。在人体内，纳米粒子包裹在药物中，由药物运送，直接到达病源。“药物输送”可准确到最微小的身体部位。医生们只需监控治疗进展情况即可。

左上图：含有纳米粒子的薄膜可以长久保鲜食品。

右上图：采用聚合物基应答器芯片，进行智能包装。

浴室镜上装配纳米电子装置，按要求向用户提供信息，但它对橙汁多少有些保守，因为橙汁含糖，易引起蛀牙。这样就又有了纳米技术的用武之地：在牙膏（已问世）中添加纳米级的磷灰石和蛋白质粒子，这些是牙齿中含有的天然成分，帮助牙齿恢复正常状态（请参阅生物矿化作用）。

智能环境—配备纳米电子装置的智能镜面播放牙齿清洁课程。

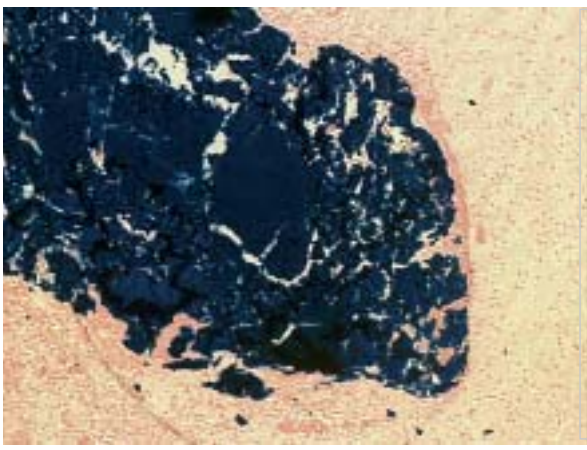




未来的诊断学。采用纳米技术，目前日益昂贵的治疗方法将能够为大众所承受。

超分子药物胶囊

服 用的药物会变得非常先进，可以装入超分子中空分子（开发中）、纳米运输容器中，容器上带有触角，触角上附有类似的感知蛋白质的抗体。当接触到致病因子的特有结构时（如癌细胞或细菌外表），触角将接触在因子表面上，向中空分子发出信号，中空分子收到信号后打开胶囊，释放出药物。采用这种纳米技术，可以将大剂量的药物直接送到病源，而不会对机体的其它部位造成任何刺激，从而减轻副作用。



带有特别涂层的磁性纳米粒子，将把恶性胶质瘤中的癌细胞“塞满”，达到健康组织界限。如果此时采用电磁场使粒子活跃起来，就非常有利于对肿瘤进行深入的治疗。这一技术将于 2005 年获得医疗批准。

应用于癌症治疗的磁性粒子

可 以运用类似的技术，将磁性纳米粒子直接送达癌症病源，然后使用交互式电磁场提高粒子活性，从而破坏肿瘤。纳米粒子能穿过“血脑屏障”过滤系统，所以还可以用于治疗脑瘤。这种治疗方法叫做磁性流体降低体温法，由生物学家 Andreas Jordan 率领的工作小组开发。目前，已进入临床试验阶段。

芯上转栅

微 系统技术与纳米技术之间的区别并不明显，都是通过微型化现有技术，降低价格（有时可以降低数万倍或更多），仅在医学领域即可收回成本。这两种技术将与其它技术配合，应用到复杂机器上，从而针对某一特性，以每秒数千个细胞的速度检查数百万个细胞（如血细胞），并在细胞存活的状态下对细胞进

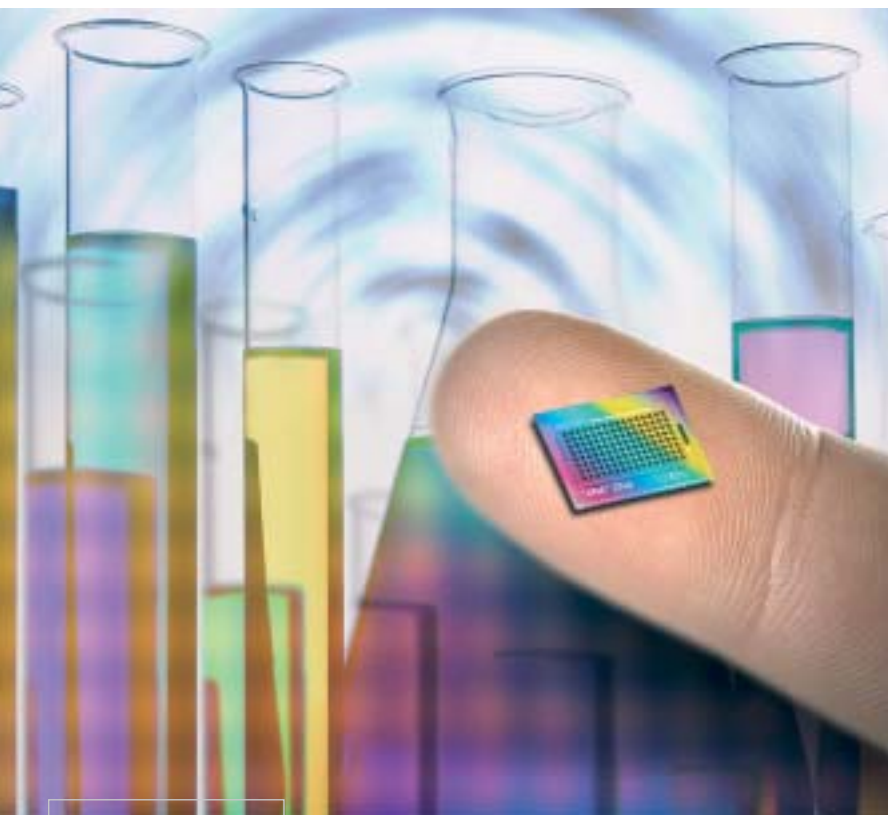
医疗保健

纳米粒子粉末可以用于烧制（烧结）完美、可靠的陶瓷产品，比如用于移植的陶瓷产品。



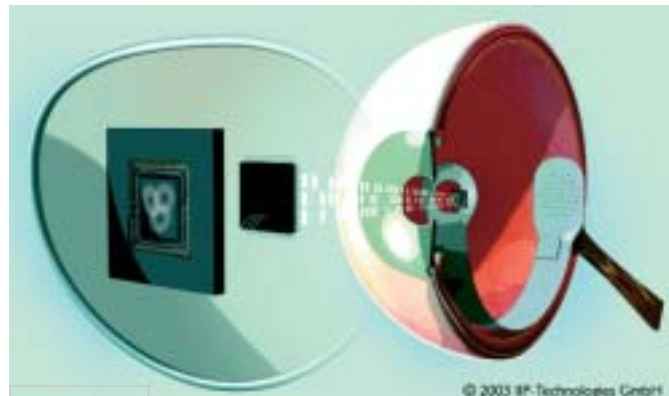
行分类。具体工作步骤如下：将抗体注入血液，抗体自动附着在相应的细胞上，且仅附着在相应的细胞上，同时携带在激光下发亮或发光的染料。在细胞分类器中，细胞包裹在小滴中，被引导接

预计，更复杂的纳米技术将应用到芯片实验室中。主要开发人员称，这需要数百万个纳米设备协同工作才能实现目标。芯片有几个平方厘米大，与容纳芯片的纳米机器相比显得非常庞大。采取这种设计原因在于液体需要在芯片内部流动，而纳米世界中的液体会变得像蜂蜜一样粘稠，所以需要流动空间。如果将来科学家可以使用纳米实验室观察单个细胞的逐步变化，芯片实验室将给生物界带来巨大的改观。使用纳米实验室，可以重建一种录像片——生命的录像片。科学家不会满足于观察细胞，他们会拨开细胞，观察细胞内部的反应，从而破解生命之秘。



微小而精密的“芯片实验室”——指尖大小的实验室。

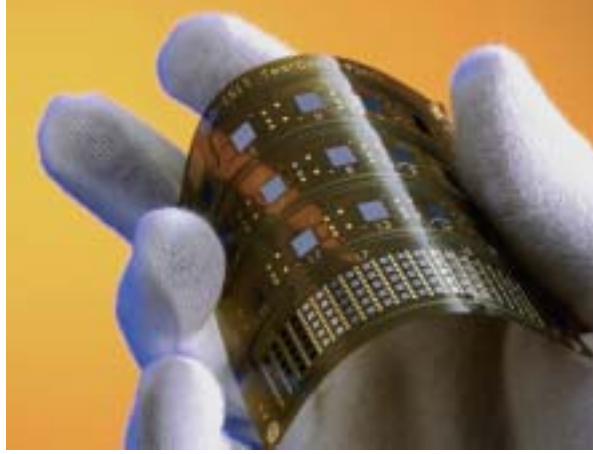
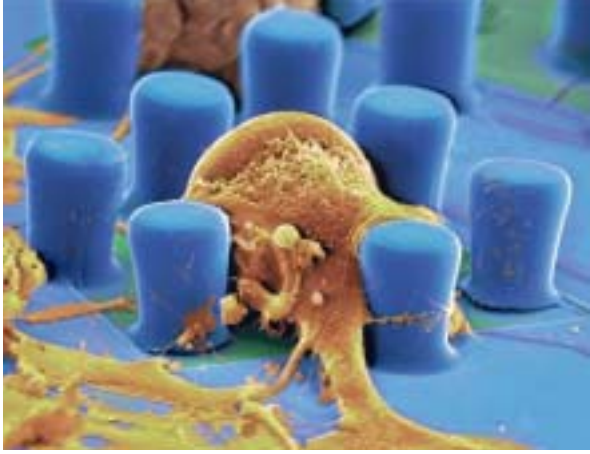
受激光照射；当发现荧光信号时，电场引导小滴和细胞进入收集舱，这一技术在一定程度上借鉴于喷墨打印机。细胞分类器是非常精密的设备，结合了微型机械装置、光学装置和最精确的电子装置，价格相当昂贵。纳米技术可以将转栅型的细胞分类器缩小到邮票大小，甚至可以制成一次性产品，这将大大促进医学的进步。



视网膜移植。

神经修复术

微系统技术和纳米技术的一项要求极为苛刻的应用，即适应性视网膜移植，目前已进入试验阶段。适应性视网膜移植的目的在于对因色素性视网膜炎 (retinitis pigmentosa) 造成的失明进行部分视力恢复。这种



左图：接合神经细胞与电触点。

右图：将晶片薄厚的硅芯片放入柔韧的载体上，可以附带在食品包装内或衣服上，用作智能标签等。

系统包括在镜框上安装小型摄像机，将周围的图像传到专用适应性信号处理器，处理器再将这此图像数据无线传送到患病眼球内部。在眼球内部，带有微型电极的柔性薄膜与视网膜相接触，并在收到信号后相应刺激视觉神经。如果这一发展项目取得成功，将成为世界上第一个用于视觉的“人机界面”。许多聋人已经通过耳蜗移植恢复了听觉，而借助纳米技术，这种移植会取得更大的发展。

织入传感器和微型电脑，持续监控老年人的健康状况，如脉搏、呼吸和新陈代谢等。如果出现异常，“MediVest”自动通知家庭医生或亲属。此外，集成的 GPS 或伽利略系统（伽利略系统将是未来欧洲版的 GPS）模块，还可以报告患者所处的位置。

家庭护理

如今，人们的营养越来越丰富，医疗条件日益完善，使人们的寿命越来越长。然而，这种可喜的物质发展同时滋长了人类与生俱来的缺点，越来越多的人需要依赖外界事物的协助。而纳米电子装置在一定程度上可以提供此类协助，酝酿中的想法包括在衣服上

机械护士

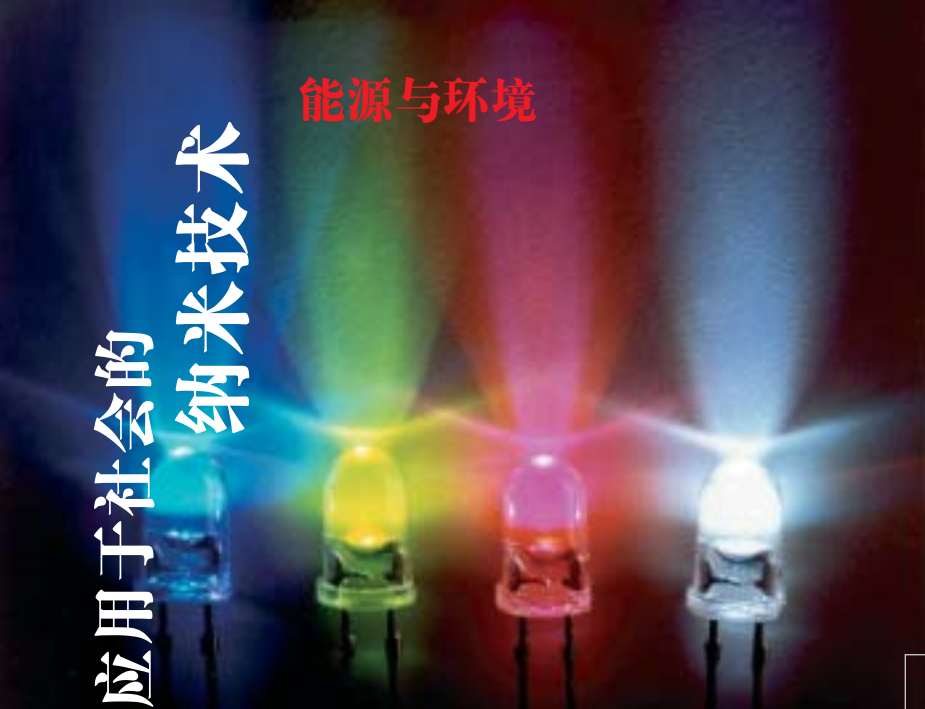
“古老的欧洲”仍对机械辅助设备持相当保守的态度，而在日本，移动机器人将用于大规模工业生产中。这将很有可能促进开发适合日常使用的机械护士，而这方面的开发工作已经开始。机器人将可以娴熟地操作计算性能稳步提高的纳米电子装置。



牛津大学研制出富有同感心的机器人，足以胜任监护工作，但机械护士更令人期待。



智能衣服：整合多种电子装置，可以播放 MP3 音乐文件，指示城内方向和监控脉搏，带给您超值的近距离贴身体验。



由 LED 引发的效率革命。

与早先发展的技术相比，纳米技术既可促进经济增长，又可降低材料消耗。

利用纳米技术进行企业管理：更加便利，材料成本更低。

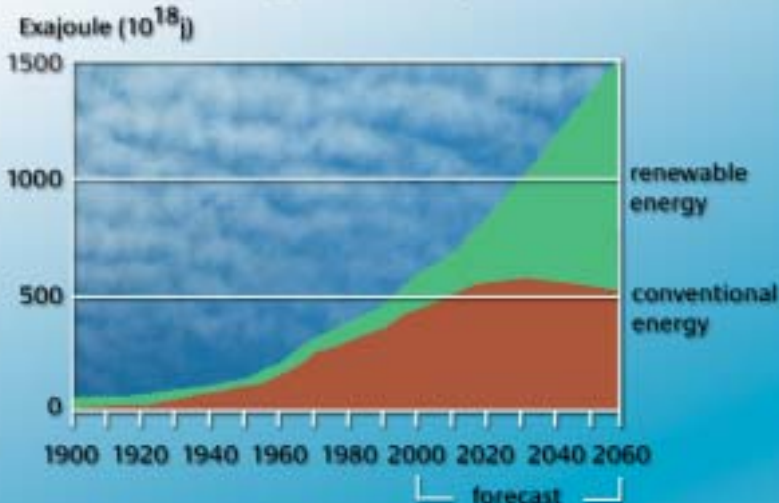
在欧洲，所生产的电力 10% 都用于照明。LED（发光二极管）可发出白光，因此可取代传统的技术。这一转变将会节约大量能源，因为 LED 只需普通灯泡的一半电力，就能发出同样亮度的灯光，可以为照明领域节约可观能源。

在家庭，使用阴极射线管的数百万台电视机很快就会被 LCD（液晶显示）电视机所取代，日后还将被采用 OLED 技术的电视机所取代。这两类技术都可能降低 90% 的能源消耗。LED 和 OLED 均采用纳米技术生产。假如每户家庭都节约几度电，那么千家万户加起来就是几十亿度电——相当于若干个大发电厂的发电量。

燃料电池的性能可以被轻松而快速地调整。首批装有燃料电池的天然气管取暖器现已进入家庭，用于提供可控暖气及电力。一旦家家户户都装上这些设备，就可将这些取暖器通过国家电网连接起来，并通过互联网连接至虚拟大型发电站，在理论上，这些发电站的最大发电量为几千亿瓦特。长期来看，天然气可能会被利用再生能源生产的氢气所取代。纳米技术将顺应新型材料和催化剂的发展趋势。

德国壳牌石油股份有限公司 (Shell AG) 预言，纳米技术将成为最适合的再生能源技术。

World energy consumption





具有纳米多孔结构的陶瓷膜，对于液体处理和纯净水供应的意义越来越重大。利用陶瓷膜可快速过滤出细菌和病毒。

纳米技术可将太阳能转化为切实可行且有利可图的能源。由钢、镓和氮制成的连接半导体已经证实，将太阳能电池的效率提到 50% 是可行的。然而，效能只是其中一项标准，纳米技术还可通过薄层或粒子技术，大幅降低日光收集器的成本。使用类似用于 LED 和 OLED 的涂层技术生产的太阳能电池薄膜试验样品，可产生 10 0 瓦的电力，而所使用材料仅为 30 克——大幅减少生产能源所用的材料，莱比锡的柔软薄膜太阳能电池 (Solarion) 便是一例。

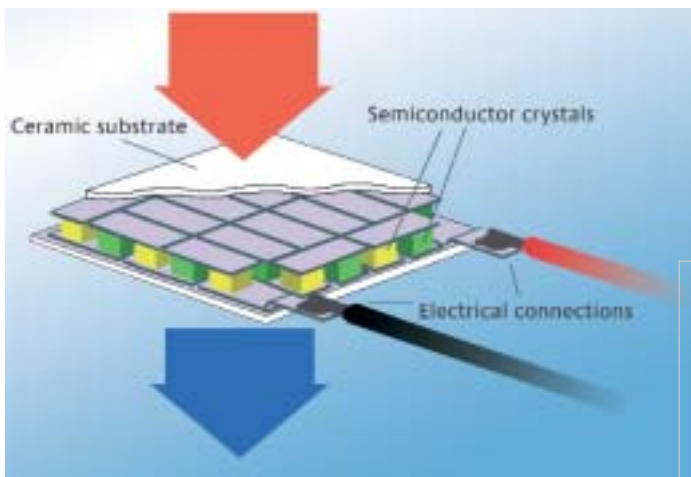
西门子的研究人员声称，最新有机太阳能电池的效率已达 5%，可印在塑料薄膜上，费用应可负担得起。感光层仅为 100 纳米厚，但其寿命在日光下长达数千小时。利用该技术生产的首批太阳能电池预计将在 2005 年前上市。

完整光谱：卢塞恩湖 (Lake Lucerne) 上的韦吉斯饭店 (Hotel Weggis) 有一个大厅的玻璃幕墙，由欧斯朗 (Osram) 提供的 84 000 个 LED 提供照明，灯光色彩包括彩虹的所有颜色

OLED (有机 LED) 将会用于未来的显示器中。



能源与环境



传统热电模块：用几块半导体将热流转化为电能。纳米结构有助于提高此项技术的效能，进而开辟新的市场。



原本许多旧技术可能会因可用材料效能低而遭淘汰，如今纳米技术为其注入新活力，其中就包括热电发电技术：

由热量产生电力，或由电力产生热量——这就是“热电学”

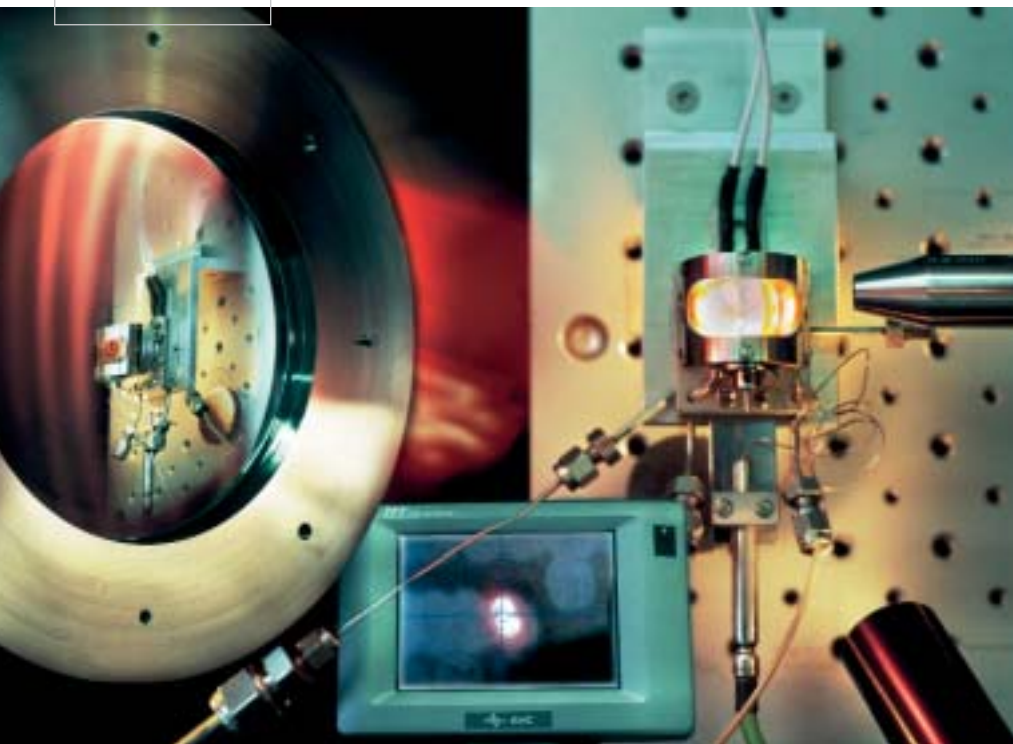
许多已知物理效应均不为大众所知，只在各类特殊市场领域略占一席之地。比如，与汽车供电系统相连的冷却袋，冷却效果真的不错。其背后是一位法国学者 Jean-Charles-Athanase Peltier 所做的贡献，他在 1834

年发现了现以其名字命名的效应：电流通过两块不同金属之间的接触点，会在接触点的一面产生热量，而使另一面变冷。十三年前，德国学者 Thomas Johann Seebeck 则发现完全相反的效应，热流通过两块不同金属之间接触点会产生电流。

由于纳米技术的应用，两位学者均赢得更高的声望，现在可以通过开发新材料，使这两种效应能够高效运作。

生产这些材料也需要使用生产 LED 所用的同类机器。这些机器将五纳米厚的碲化铋层涂于一纳米厚的碲化铋层上，重复此过程直至制成半导体薄膜，产生的效果将使 Peltier 和 Seebeck 先生感到惊讶和欣喜：当电流通过半导体薄膜时，薄膜的一面变热，而另一面变冷。薄膜构造可以极为精细，可用于芯片或实验室芯片的精确致冷，从而便于操作微小的反应容器，通过快速温度变化让 DNA 在容器中复制。由于效率显著提

利用化学微反应技术，能够以高效率生产出世界上最奇特的物质。





Aixtron 反应器，用于研究（左）及精密生产连接半导体薄层（右）。

热光电

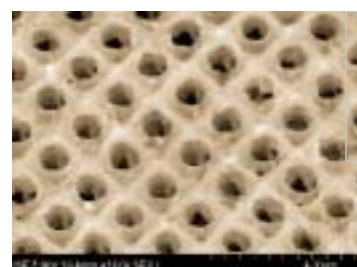
高，帕尔贴 (Peltier) 元件日后可能成为整个致冷行业的首选技术。另一方面，只要拥有地热等廉价热能，就可以利用这类热电层生产廉价电力。如可以电解方式生成氢气，冰岛也能拥有丰富的能源。

在化学工业，利用纳米技术及上述类似工艺，将能够无声、无形及高效率地将大量废热转化为电力。

热电技术并不是将热量高效率地转化为电力的唯一途径。热光电 (TPV) 技术利用可发热物体的（无形）热辐射、红外辐射来发电。纳米技术位于发射器结构中，用于调节热源光谱以适应热光电电池的光谱灵敏度。



烛光足可让热光电电池产生收音机所需的电力。



带有纳米结构表面的 Tungsten 发射器可用于调节红外光谱。

运动与休闲中的纳米技术

科技日新月异，纳米技术也是这样，不断进步的科技为本应淘汰的旧设想注入了新活力，例如利用太阳能飞行。

Icaré II 是一部太阳能滑翔机，可与一般滑翔机承受同等压力，还可以使用自身的动力启动。

上图：一次从斯图加特至耶拿的非正式记录飞行的尾声。

1979年6月，Bryan Allen 驾驶脚踏驱动式飞机 Gossamer Albatross 号，飞越了英吉利海峡，赢得100 000 英镑的克里曼大奖 (Kremer Prize)。这架轻量级飞机可能是由 Paul MacCready 采用新型材料制造而成。1981年，太阳能挑战者号 (Solar Challenger) 仅利用太阳能完成了一次长途飞行，虽然这架飞机显得极为单薄。

20世纪90年代初，为纪念不幸殉难的航空先驱者 Albrecht Ludwig Berblinger (“乌尔姆的裁缝”)，乌尔姆 (Ulm) 市组织一场飞行比赛，以研制实用的太阳能飞机。1996年7月，由斯图加特大学 (University of Stuttgart) 制造的太阳能滑翔机 Icaré II 号一举夺冠。

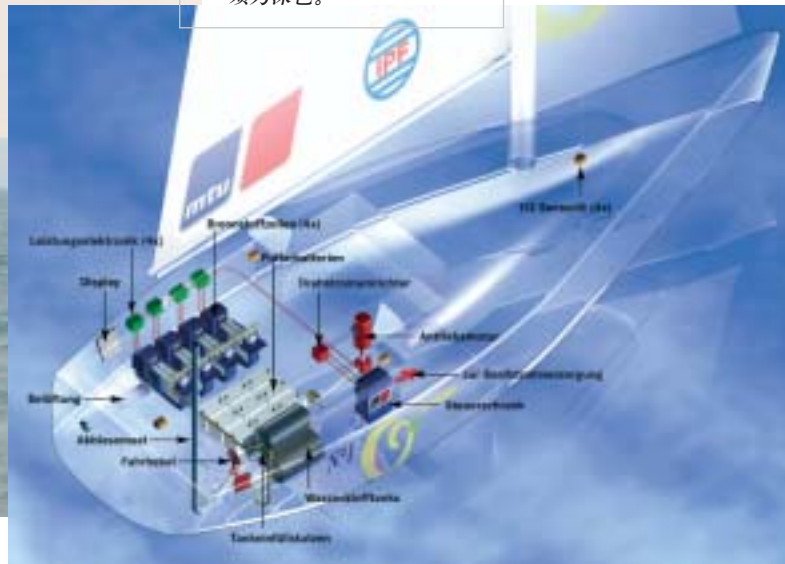
国家航空航天局 (NASA) 设计出一架形似太阳神 (HELIOS) 号试验太阳能飞船的飞行器，有望取代卫星，这架飞船白天在空中利用太阳能运行，晚上利用“可充电”燃料电池设备运行。最高海拔：近30 000米。

2003年，热力学、气体力学、电力系统、复合材料、光电学、能源转化及电脑模拟 (纳米技术在这些领域均得到广泛应用) 的专家在瑞士召开会议，探讨应用新兴技术创造环保未来的工程。所谓“应用”的含义就是：这个极具挑战性的工程计划在2009年前后，让1999年乘气球环游世界的 Bertrand Piccard 和 Brian Jones 再次环游世界，但这次是乘坐以太阳能发动的飞机直飞。





装有燃料电池引擎的游艇，由位于康斯坦茨湖 (Lake Constance) Friedrichshafen 的 MTU 公司制造。利用纳米技术，可使这种运载工具集高效和优雅于一身：可以设想用弹性布料太阳能电池制成船帆，只不过材料颜色必须为深色。



斯图加特大学的“air worm”，计划用作无线电话的中继站。

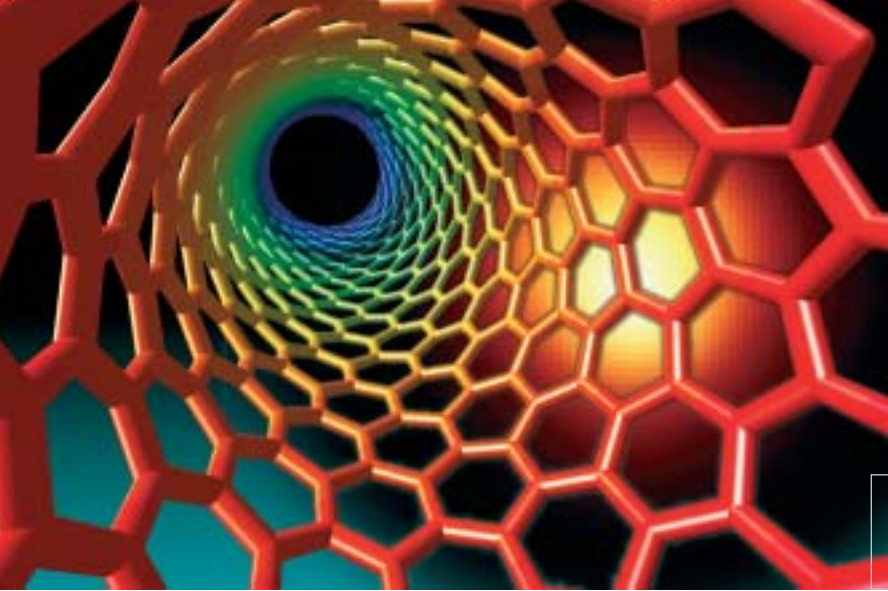
Fuseproject 公司的设计研究，由燃料电池驱动的滑板车悄然穿行于城市中。

这项工程能够充份发挥新技术的价值，同时可生产出一系列新式交通工具，例如由电脑、传感器以及 GALILEO 操控的太阳能飞机，无噪音，无尾气。在云端自由自在的翱翔将成为可能；太阳能双体船可以畅游梅克伦堡州 (Mecklenburg) 的湖泊；踏板式电动自行车将可协助行动不便的老年人跨上车座；许多地区专门开发出小型电动车，以挽救在快速工业化过程中将被废气淹没的城市。



由 Kopf Solar design GmbH 建造的太阳能双体船，在汉堡城中及周边地区飞行。





科学设想

利用参宿四 (Betelgeuse) 星取得碳纳米管，因为这颗巨星的大气层中含有富勒烯。

“指针街” (finger street)

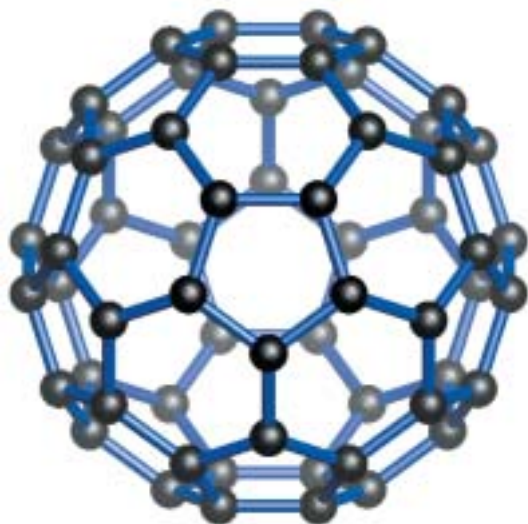
通 过纳米技术，即使最理想化的运输系统也有可能成为现实，例如“指针街”。如果具有可以实际应用的人造肌肉（目前正在朝这个方向努力），你可以想象一条布满信号元件、指针的街道，在这里只需通过示意便可运送物品。就像细胞鞭毛、纤毛一样，将灰尘和外来物质排出肺部，或驱除滑动微生物。不过这个设想还有待完善；人们正在认真考虑根据上述原理工作的微型线性马达（通过植物肌肉或“forisomes”运转）。其它可用的人造肌肉还包括碳纳米管结构。最令人叹为观止的奇思妙想要数建造通往行星的电梯或升降机，NASA 正在认真研究其可行性。这个构想最初由俄国太空界先驱 Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski 提出。

Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski



碳纳米管可用于制造通往星球轨道的电梯

制 造方法来自太空：在参宿四（一颗红色巨星）等古老星球的外壳中，环绕着许多不同的元素。如果这些元素彼此发生化学反应，就会形成碳化硅、二氧化硅、刚玉乃至钻石等纳米晶体，这一点人们早已从对这些尘埃形成的陨石的考察中了解。为找到更多资料，科学家在实验室中仿造了星壳中的环境，并于 1985 年发现一种完全未知物质的踪迹。经证实属于一种新的碳化合物：足球形状的空心分子。最近对宇宙进行的一项研究表明，这种分子同样是在星壳中形成的。

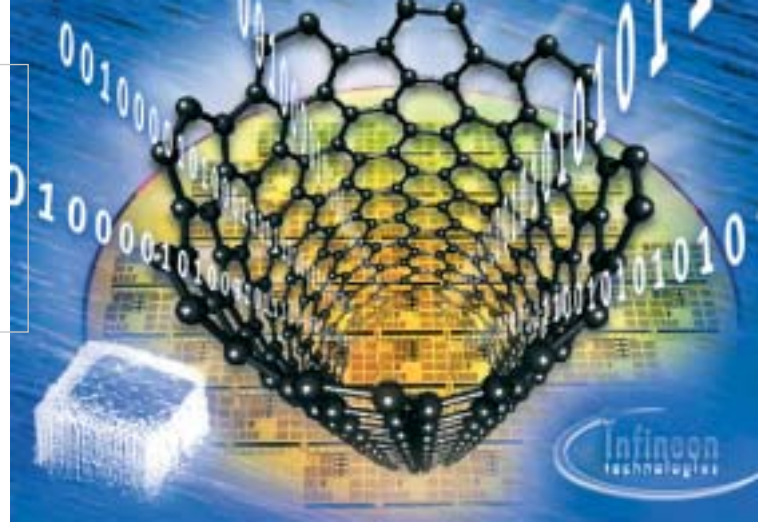


富勒烯，碳网上的空穴，未来有可能找到外来物质。



Robert Curl, 因发现“指尖”上的富勒烯而获得诺贝尔奖。

巨型分子
作为主控
电脑：纳
米管可以
为将来生
产高性能
芯片奠定
基础。



设想：通往行
星的电梯

目前已发现多种网状连接的碳，其中包括碳纳米管，这是一种可以经由快速旋转制成高密材料的微型碳管。批量生产此类纳米管的技术问题已基本获得解决。

目前，技术成熟的纳米管复合纤维已经具有强大的抗拉强度和断裂韧度。NASA 现正在研究一项（利用一种印度神仙索 (Indian rope-trick)）旨在建造“通往星球的电梯”的工程。其中一个设想为通过传统的火箭和卫星技术，将由纳米管复合材料制成的宽 1 米、薄于纸的绳索伸入太空。一端位于太空中海拔约 100 000 公里的地方，而另一端将固定于太平洋赤道附近的某一点。绳索的一端将通过地球引力拉紧，而另一端将通过“向心力”拉紧。然后将数吨重的有效负载沿绳索运往地球轨道，甚至运往金星和小行星带之间的轨道。这一设想所产生的实用副产品为：适合建造高楼、大桥以及电梯的高强度建筑材料。



机遇与风险

纳米技术可能带来的益处（或至少是利润）无疑是巨大的。由于许多应用领域出现的创新，使得纳米技术具有无限的商业潜力。欧洲已有数百家从事纳米技术的商业应用，同时为成千上万名一般优秀人才提供了工作机会。在这一点上，科学家和商业人士不谋而合：纳米技术并非一种全新的“谎言”。

言过其实？至少在理论上可行的这一超级群体早已在文学中找到了自己的位置：在 Michael Crichton 的畅销书《战利品》(Prey) 中，大群活跃的纳米粒子聚集形成半智能物质，并转而袭击其创造者。另一名美国纳米预言家 Eric Drexler 悲观地幻想世界将受到所谓“灰雾”（失去控制的纳米机器人产生的灰雾）的威胁。

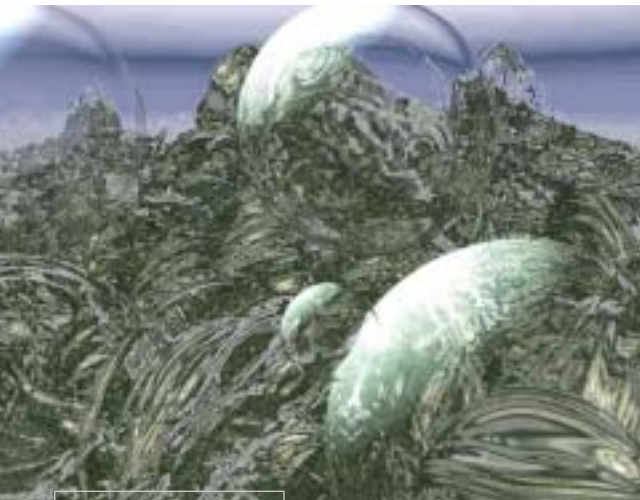
实际上 Eric Drexler 认为可以制造仅有百万分之几毫米大小、由程序控制、能够利用所提供的原材料制造全新及更强大的物质的纳米级机器人。然而一旦在过程中失去控制，则不仅不会创造出美妙的物质，反而会产生这种灰雾，使得人类和机器遭受感染和危险。

大多数专家均对这种看法不以为然。例如 1996 年诺贝尔化学奖得主 Richard Smalley 指出，化学键的独特性使得任何原子或分子均无法相互结合。

仅此一点就可以说明纳米机器人、纳米级机器人或组装者纯属无稽之谈。否则，如果“组装者”

要将物质原子一个一个组装起来，就必须借助由原子组成而且具备一定最小厚度的“手指”来完成。这不仅将用于抓住所选的原子，同时还必须用于在组装过程中检查所有一立方纳米大小的原子，届时手指将成为障碍。有关肥手指的问题就到此为止。此外还有粘手指问题，抓住的原子不可能简单地拿起再放下（取决于它们的种类），相反会和手指粘在一起——一种常见现象：你的手指

由于“肥而粘的手指 (fat and sticky fingers)”问题，Eric Drexler 的“灰雾”设想将不可能发生，正如世界不可能因纳米技术而变成豆形软糖 (jelly babies) 一样。





Richard Smalley, 诺贝尔化学奖获得者, 认为纳米技术的风险是可控的。

本矛盾。因此机械纳米机器人不可能成为现实。或许 Richard Smalley 是对的：我们不必担心难以捉摸的纳米机器人会在世界上横冲直撞，将其变成灰雾。

然而，我们有理由担心纳米粒子会给人类和环境带来不良影响。例如，由于纳米粒子尺寸微小，甚至可以渗入人体细胞并突破生物障碍（如血脑屏障），因此可能会对健康产生危害。正如汽车尾气中的煤烟等其它超细粉尘一样，纳米粒子能够产生不为人知的副作用，因此必须首先进行科学研究，以确保纳米粒子的安全性。迄今为止，有关纳米粒子的安全知识极为匮乏，因此必须由纳米研究人员和毒物学家进行相关试验，尽快解决尚未解决的问题。不过，上述风险可以得到控制，因为在自然界中发现的纳米粒子实际上极具“粘性”，它们极快地结合在一起并形成人体可以轻易处理掉的大块物质。我们已发现部分对健康无害的纳米粒子，并将其用作防晒霜中的防晒因子，或其它物质结合，以使用户不会直接接触单个的纳米粒子。有关行业还采取适当的安全措施，以免对客户或员工造成任何健康危害。

尽管有关纳米机器人的设想仍完全属于推测，但是从事纳米研究的材料科学家作出的承诺似乎极为现实。第一批纳米产品现已面市，如涂有 20 纳米左右薄层的高灵敏硬盘读头等。每部手提电脑均采用了纳米电子。作为一项有巨大影响的技术，纳米科技自然也具有负面影响，它使许多简单工作成为多余，将被许多新的领域取而代之。终生学习变得日益重要，但即便如此也乐趣无穷一原因在于纳米技术。

其它资料

我如何才能成为一名纳米工程师？

任何人士在参观一所深入研究纳米技术的研究中心之后，会发现自然科学的所有学科：生物学家、化学家、各类专业工程师、结晶影像学家、矿物学家、物理学家，他们的共同之处在于研究原子，以及通用语言数学的重要组成部分。由此可见正规的自然科学全都能通向纳米技术，尽管如此，纳米技术正竭力成为一门独立学科，例如在维尔茨堡大学 (University of Würzburg)。维尔茨堡大学物理系主任 Alfred Forchel 说，选修纳米技术学科的学生不必担心这门课程会在短期内终结。(摘自维尔茨堡大学 abi2003 年 10 月版)

“微型化趋势并非昙花一现的科学时尚，相反它早已取得显著进展，很多领域的应用可能会延伸至更小等级（例如从微米到纳米），并且涉及从信息技术到化学的所有学科。即使你没有透视功能，你也会发现万物的尺寸都在不断缩小（例如建筑元件），甚至缩小至可能的最小尺寸。”

物理学家、化学家和其它自然科学家均有理由宣称，他们一直以某种方式接触着纳米技术。传统原子物理学的主题和化学家所研究的分子均属于纳米体系的成员。在当前实验能力的帮助下，例如对簇、层、碎片进行详细的原子构造分析，以及可以取得高纯度物质并对最微小的生物结构进行研究——许多前所未有的可能性展现在人们眼前，同时对应用工程极为有益。Alfred Forchel 对纳米工程师的专业前景相当看好：

“当然，和其它商业领域一样，能否在纳米行业找到工作还要取决于经济状况。不过往往是小事改变一切：如果公司接受大量申请，自然很难脱颖而出。提供行业内实习则意味着至少得有一间学员比较了解的公司。本校学生在实习期间还可以撰写毕业论文，帮助他们更容易地找到工作。此外，他们至少要学习一门非技术科目（例如企业管理），以便具备一些有助于职业生涯的其它基本技能。”

但是对纳米工程师而言，无论是在维尔茨堡 (Würzburg) 或任何其它地方，不可避免都要接受扎实的自然科学培训（包括数学）：

仅靠幻想是不能开发出可在血管中穿行的微型潜艇的，你必须投注大量时间和精力才能取得成功。你必须学会以数学方式描述事物，并牢固掌握物理和化学等基本技能。但你不必感到畏缩：你的纳米幻想一定能帮助你克服层层障碍。

建造可以在人的血管中穿行的潜艇还只是幻想：尽管纳米技术有点不寻常，但却需要耗费大量财力。

联系方式、链接及参考文献

敬请留意，本说明材料来自德国研究部 BMBF (德国联邦教育与研究部)，因此最初是为德国读者而撰写。如希望链接欧洲 (德国除外) 课程、文献和网站，请查看欧洲委员会 (European Commission) 纳米技术门户网站 (www.cordis.lu/nanotechnology)。

德国开设的纳米技术课程：

维尔茨堡 (Würzburg) 的纳米结构技术
维尔茨堡大学

网址：<http://www.physik.uni-wuerzburg.de/nano/>
联系方式：ossau@physik.uni-wuerzburg.de

伊谢尔伦 (Iserlohn) 的生物和纳米技术

Technical University of Südwestfalen
网址：<http://www2.fh-swf.de/fb-in/studium.bnt/bnt.htm>
联系方式：Werner@fh-swf.de

埃尔兰根 (Erlangen) 的分子科学

埃尔兰根 — 纽伦堡大学 (University of Erlangen-Nürnberg)
网址：<http://www.chemie.uni-erlangen.de/Molecular-Science>
联系方式：hirsch@chemie.uni-erlangen.de

慕尼黑的微米和纳米技术硕士课程

慕尼黑工业大学 (Technical University of Munich)
网址：http://www.fh-muenchen.de/home/fb/fb06/studiengaenge/mikro_nano/home.htm
联系方式：sotier@physik.fh-muenchen.de

不来梅的纳米分子科学

不来梅国际大学 (International University Bremen)
网址：<http://www.faculty.iu-bremen.de/plathe/nanomol>
联系方式：f.mueller-plathe@iu-bremen.de

纳米结构科学 — 卡塞尔 (Kassel) 的纳米结构和分子科学

卡塞尔大学 (University of Kassel)
网址：<http://www.cinsat.uni-kassel.de/studiengang/studiengang.html>
联系方式：masseli@physik.uni-kassel.de

比勒费尔德 (Bielefeld) 的生物物理学或

纳米科学实验学士学位课程 (授予科学学士学位)
比勒费尔德大学 (University of Bielefeld)
网址：<http://www.physik.uni-bielefeld.de/nano.html>
联系方式：dario.anselmotti@Physik.Uni-Bielefeld.de

萨尔布吕肯 (Saarbrücken) 的

“微米和纳米结构”学位课程
萨尔大学 (University of Saarland)
网址：<http://www.uni-saarland.de/fak7/physik/NanoMikro/InfoMikroNano.htm>
联系方式：wz@lusi.uni-sb.de

参考文献：

BMBF-Programm IT-Forschung 2006 - Förderkonzept
Nanoelektronik

出版：德国联邦教育与研究部；波恩，2002年3月。

Vom Transistor zum Maskenzentrum Dresden,
Nanoelektronik für den Menschen

出版：德国联邦教育与研究部；波恩，2002年10月。

Nanotechnologie erobert Märkte- Deutsche
Zukunftsoffensive für Nanotechnologie

出版：德国联邦教育与研究部；波恩，2004年3月。

Bachmann, G.:

Innovationsschub aus dem Nanokosmos: Analyse &
Bewertung Zukünftiger Technologien (第28卷)

出版：VDI (德国工程师协会) 技术中心代 BMBF 出版；
1998年。

Luther, W.:

Anwendungen der Nanotechnologie in
Raumfahrtentwicklungen und -systemen

技术分析 (第43卷)
出版：VDI 技术中心代 DLR (德国宇航中心) 出版；2003年。

Wagner, V; Wechsler, D.:

Nanobiotechnologie II: Anwendungen in der Medizin und
Pharmazie

技术定义 (第38卷)
出版：VDI 技术中心代 BMBF 出版；2004年

Hartmann, U.:

纳米生物技术 — 21世纪的基本技术
(Nanobiotechnologie - Eine Basistechnologie des
21. Jahrhunderts)

萨尔州生产技术中心 (ZPT)，萨尔布吕肯 (Saarbrücken)，
2001年。

Rubahn, H.-G.:

纳米物理和纳米技术
(Nanophysik und Nanotechnologie)

Teubner Verlag 2002

Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft-WING

出版：德国联邦教育与研究部；波恩，2003年10月。

网络链接

欧盟的纳米技术门户网站
www.cordis.lu/nanotechnology

欧洲的纳米技术门户网站
www.nanoforum.org

纳米卡车 (Nanotruck) — 深入了解纳米世界
www.nanotruck.net

小数点之后的网上历险
www.nanoreisen.de

有关纳米技术的新闻和讨论
www.nano-invests.de

BMBF 的纳米技术赞助
<http://www.bmbf.de/de/nanotechnologie.php>

VDI-TZ 的纳米技术门户网站
www.nanonet.de

词汇

燃料电池：一种氢和氧（通常来自空气）在其中发生非燃烧反应生成水、同时产生高功率电能的装置。

足丝 (Byssus thread)：通常也称为“贻贝丝”或“贻贝的须”。是贻贝为将自身固定于表面而产生的工艺复杂的细丝。这些丝一端如橡胶般具有弹性，另一端如尼龙般坚硬。

CNT：碳纳米管

簇：微型粒子（这里指原子）簇。簇通常具有异于同种材料固体形态的属性，原因之一在于簇中包含的表面原子更多。

硅藻：存在于淡水和盐水中的微小单细胞生物，其外壳极为精细，由二氧化硅和水组成。硅藻能够进行光合作用，因此还具有光导结构。

DNA：脱氧核糖核酸。双螺旋状的巨型分子，其中含有生物体结构信息和各种蛋白质的公式。

ESEM：环境扫描电子显微镜——可将空气和湿气纳入样品容器的特殊扫描电子显微镜。镜头无须经过特殊处理，例如金蒸汽。

Forisomes：根据“门扇”的拉丁词命名的植物蛋白质，目前正作为纳米人造肌肉的备选材料接受研究。

自由电子激光：通过在真空管中令一束电子加速运行而产生激光。

倍频器：在本文中指令光的频率加倍的物质，例如将红外线转化为绿光。

半导体：指其电学特性经特殊调整后可成为绝缘体或半导体的材料。半导体已成为电脑和手机等现代工业产品最重要的元件之一。

实验室芯片：高度复杂的芯片，目前正处于开发末期，可在微型机械、微型流体、纳米传感器和纳米电子的帮助下对电池进行综合检测，而这些检测在其它情况下可能需要消耗整个研究机构的资源。该名称还指相对简单的透过显微镜印刷的载物玻璃。

白细胞：白血球，通过吸收血液内的病毒、细菌、细胞残余物或癌细胞等外界异物来保护人体，或作为淋巴细胞产生抗体。抗体是极为特异的粘合分子。

光纤线：引导光线在极透明材料中远距离传输，通常用于数据传输，但也日益用于能量传输。

平版印刷：文中指产生微观结构的技术，通常是用光束或电子束对光反应涂层进行铭刻，再进行冲洗，然后显示或隐藏表面的所需部分，以进行蚀刻或其它工序。

掩模：一种透明薄膜，载有电脑芯片的设计和布局，利用平版印刷将其转刻至晶片上。

微镜：微型光学元件，是以光的形式传输信息的重要设备组件。

胶束：其本身为微型球状结构，文中指贻贝，即输送容器。

相：文中指状况或状态，如有安排/随机，或晶态/非晶态等。

光合作用：绿色植物、海藻和蓝藻通过光合作用获取能量。它们在阳光协助下，将二氧化碳和水转化为糖分和氧气。光合作用产生的原始能源数量惊人，高达 80% 以上。

压电晶体：压缩或伸展时会产生电力的压电元件，诸如“电子”打火机产生的点火火花。相反，压电晶体可通过电流分解成原子直径的几分之一大小。

蛋白质：由氨基酸组成的核糖体所合成的大分子，一部分在细胞中充当纳米工具，一部分则作为目镜及指甲等各种组织的构成材料。破译蛋白质的工作（涉及所有蛋白质总数及其在细胞中的相互作用）才刚开始进行。

量子电脑：利用量子机械的特性规则解决信息编码等传统电脑不能解决的问题，目前仍处于理论阶段。

反光蛋白 (Reflectins)：生物体用以构造反光结构体的特殊蛋白质。

核糖体：可产生大量蛋白质的纳米机器，由载有基因材料 DNA 产生的带有信息的分子链控制。

X 射线辐射：主要用于晶体结构分析的短波电磁辐射，用以确定分子的纳米形状。

隧道电流：由于通过绝缘缝隙而实际上不可流动的电流，而在纳米世界中却可流动，但很大程度上取决于绝缘缝隙的大小。这种效应使扫描隧道显微镜成为可能。

紫外线辐射：有助于生成精细芯片构造的短波辐射。

范德华键 (Van-der-Waals bond)：分子之间的弱化学键，其最终成因是分子的真空特性。范德华键还确定水乃至所有生命活动的特性。

图片

- 第4页上图: Kompetenzzentrum Nanoanalytik, 汉堡大学 (University of Hamburg)
第4页下图: Lambda Physik AG, 哥廷根 (Göttingen)
第5页上图: 德国英飞凌科技公司 (Infineon Technologies AG), 慕尼黑
第5页下图: BergerhofStudios, 科隆
第6页左上图: 化学遗产基金会 (Chemical Heritage Foundation)
第6页上图和右下图、左下图: BergerhofStudios, 科隆
第7页左下图: 美国国家航空航天局 (NASA) / 欧洲航天局 (ESA)
第7页右上图: 德国电子同步加速器研究所 (DESY), 汉堡
第7页左中图: BergerhofStudios, 科隆
第7页右下图: 实验与应用物理学研究所 (Institute for Experimental and Applied Physics), 基尔大学 (University of Kiel)
第8页左上图: REM-Labor, 巴塞尔大学 (University of Basel)
第8页图片由上往下依次为: BergerhofStudios, 科隆; 同上; 同上; REM-Labor, 巴塞尔大学; Nobel Committee Stockholm (修订版); DESY, 汉堡
第9页左上图: 植物学研究所 (Botanical Institute), 波恩大学 (University of Bonn)
第9页右上图: REM-Labor, 巴塞尔大学
第9页图片自上往下依次为: BergerhofStudios, 科隆; 同上; 德国弗朗霍夫学会 (Fraunhofer Gesellschaft); 植物学研究所, 波恩大学; 同上; 柏林理工大学 (TU Berlin), 柏林自由大学 (FU Berlin)
第9页背景图片: 德国巴斯夫股份有限公司 (BASF AG)
第10页左上及右上图: MPI für Metallforschung, 斯图加特
第10页中右图: 欧洲航天局
第10页左下图: MPI für Metallforschung, 斯图加特
第11页左上图: Ostseelabor Flensburg, 邻图: BergerhofStudios, 科隆
第11页右上图: 佛罗伦萨大学 (University of Florence), 意大利
第11页中图: 古生物学研究所 (Paleontology Institute), 波恩大学
第11页左下图: BergerhofStudios, 科隆
第11页右下图: 欧洲过程工业可持续发展技术合作研发组织 (SusTech), 达姆施塔特
第12页上、中、下图: 贝尔实验室 (Bell Laboratories), 美国
第12页左图: 生化教授, 雷根斯堡大学 (University of Regensburg)
第13页上图: 新材料研究所 (Institute for New Materials), 萨尔布吕肯
第13页右中图: 德国萨公司 (Degussa AG) 开发的高级纳米材料
第13页右下图: 地球物理学研究所 (Institute of Geophysics), 慕尼黑大学 (University of Munich)
第13页下图: 物理化学研究所 (Institute of Physical Chemistry), 汉堡大学
第14页左上及左下图: 欧洲航天局
第14页右下图: IBM公司
第15页左上及左中图: 物理学第四卷, 奥格斯堡大学 (University of Augsburg)
第15页右下图: BergerhofStudios, 科隆
第15页下图: 夏威夷大学 (University of Hawaii), 檀香山
第16页左图: Carl Zeiss SMT AG, 奥布瓦尔登州
第17页右上图: Carl Zeiss SMT AG, 奥布瓦尔登州
第17页右下图: IHT RWTH Aachen
第17页右中图: Schott AG, 美因兹
第18页左上图: 拜耳公司 (Bayer AG), 利华古逊 (Leverkusen)
第18页左下图: 研究量子光学的德国马普研究所 (MPI), 加奇 (Garching)
第19页全页图片: 德国电子同步加速器研究所, 汉堡
第20页左上图: BergerhofStudios, 科隆
第20页右下图: 新材料研究所, 萨尔布吕肯 (Saarbrücken)
第21页左上图: 汉光文化事业股份有限公司 (HILIT), EU Joule III 项目
第21页右上图: 美国国家航空航天局/欧洲航天局
第21页右下图: 斯图加特大学 (University of Stuttgart)
第22页全页图片: BergerhofStudios, 科隆
第23页左上图: 美国国家半导体 (National Semiconductor), 费达芬 (Feldafing)
第23页右下图: 超微半导体 (Advanced Micro Device), 德累斯顿 (Dresden)
第24页右上图: BergerhofStudios, 科隆
第24页左中图: 波鸿鲁尔大学 (RUB) 实验物理学第四卷, 波鸿
第24页下图: 实验与应用物理学研究所, 基尔大学
第25页右上图: BergerhofStudios, 科隆
第25页下图: IHT RWTH Aachen
第26页右上图: IBM公司
第26页左下图: 德国英飞凌科技公司, 慕尼黑
第26页右下图: IBM/英飞凌 (Infineon), 磁随机存储器开发联盟 (MRAM Development Alliance)
第27页上图: 波鸿鲁尔大学实验物理学第四卷, 波鸿
第27页中图: Kompetenzzentrum Nanoanalytik, 汉堡大学
第27页右图: 波鸿鲁尔大学纳米电子学教授, 波鸿
第27页下图: IBM Speichersysteme Deutschland GmbH, 美因兹
第28页: 西门子公司 (Siemens AG), 慕尼黑
第29页右上图: Nanosolutions GmbH, 汉堡
第29页中图: 新材料研究所, 萨尔布吕肯
第30页下图: 西门子公司, 慕尼黑
第30页上图: DaimlerChrysler AG
第30页左下图: Fraunhofer Allianz 光学功能表面
第30页右下图: 威斯康星大学 (University of Wisconsin), 麦迪逊 (Madison)
第31页上图: 罗伯特-博世有限公司 (Robert-Bosch GmbH), 斯图加特
第31页中图: 德国英飞凌科技公司, 慕尼黑
第31页左下图: 大众汽车 (VW) 新闻档案
第31页右下图: 罗伯特-博世有限公司, 斯图加特
第32页左上图: 拜耳公司, 利华古逊
第32页右上图: 新材料研究所, 萨尔布吕肯
第32页左下图: Keramag AG, 拉廷根 (Ratingen)
第33页上图: BASF AG, 路德维希港
第33页中图: MTU Friedrichshafen
第33页右下图: 西门子公司, 慕尼黑
第34页左上图: 拜耳公司, 利华古逊
第34页右上图: 西门子公司, 慕尼黑
第34页下图: 德国英飞凌科技公司, 慕尼黑
第35页左上图: 西门子公司, 慕尼黑
第35页右上图: 西门子公司, 慕尼黑
第35页中图: Charité Berlin/新材料研究所, 萨尔布吕肯 (Saarbrücken)
第36页右上图: BergerhofStudios, 科隆
第36页左图: 德国英飞凌科技公司, 慕尼黑
第36页右图: IIP Technologies, 波恩
第37页左上图: 西门子公司, 慕尼黑
第37页右上图: Fraunhofer ISIT
第37页右中图: 牛津大学 (Oxford University)
第37页左下图: 德国英飞凌科技公司, 慕尼黑
第38页左上图: OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 雷根斯堡
第38页左中图: 奥迪/大众汽车公司 (Audi/Volkswagen AG)
第38页下图图示: BergerhofStudios, 科隆
第39页上图: Park Hotel Weggis, 瑞士
第39页下图: 西门子公司, 慕尼黑 (Siemens AG, Munich)
第40页左上图: BergerhofStudios, 科隆
第40页左下图: 拜耳公司, 利华古逊 (Bayer AG, Leverkusen)
第41页上图: AIXTRON GmbH, 亚琛 (Aachen)
第41页右图: 德国弗劳恩霍夫太阳能系统研究所 (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems), 弗赖堡 (Freiburg)
第42页: 飞机设计研究所 (Institute for Aircraft Construction), 斯图加特大学
第43页左上图和右图: MTU Friedrichshafen
第43页左中图: 航空设计研究所 (Institute for Aerospace Design), 斯图加特大学
第43页右中图: Fuseproject
第43页下图: Kopf Solar design GmbH, 汉堡
第44页左上图拼贴画: BergerhofStudios, 科隆
第44页右下图: 德国亚琛工业大学 (RWTH Aachen)
第45页左上图: 西门子公司, 慕尼黑
第45页右上图: 德国英飞凌科技公司, 慕尼黑
第45页下图: 美国国家航空航天局
第46页中图: BergerhofStudios, 科隆
第47页: IBM公司, 插图: 西门子公司, 慕尼黑



EUROPEAN
COMMISSION

Community research

European Industrial Research

Uncovering the secrets of nanotechnology



Films available from: <http://www.cordis.lu/nanotechnology>

Contact:

Renzo Tomellini, European Commission - email: renzo.tomellini@cec.eu.int

Industrial technologies websites:

http://europa.eu.int/comm/research/industrial_technologies/index_en.html

<http://www.cordis.lu/fp6/nmp.htm>

<http://www.cordis.lu/nanotechnology>



NANOTECHNOLOGIES, KNOWLEDGE-BASED MATERIALS, NEW PRODUCTION

欧盟委员会

EUR 21151 — 纳米技术 — 未来世界的新技术

卢森堡：欧洲共同体官方出版物办公室

2005 — 56 pp. — 21.0 x 29.7 厘米

ISBN 92-79-00092-6

销售与订阅

欧洲共同体官方出版物办公室出版的在销出版物，可从我们遍及全球的销售代理处获得。

如何获得此类出版物？

如您已获得销售代理名录，请从中选择销售代理，联系订购事宜。

如何获得销售代理名录？

- 请到欧洲共同体官方出版物办公室网站：<http://publications.eu.int/>
- 或请发传真至 (352) 2929-42758，索取一份纸印本。

纳米技术被视为 21 世纪的核心技术。它可以创造出体积更小、质量更轻、速度更快和性能更好的材料、组件和系统，解决当今的许多问题。纳米技术开拓了新的市场机遇，并且还会为环境保护和人类健康做出重要贡献。

我们编制本手册的目的是为了向公众说明什么是纳米技术，并希望能够抛砖引玉，引发大家的讨论。本手册通过对科学背景、科技发展、应用领域以及未来发展潜力的描述，综合而全面地介绍了当前所认识的纳米技术。