

# 冷眼观潮看纳米

李翔一

(宜春学院外国语学院 江西 336000)

李鸣鹤

(复旦大学高分子物理系 上海)

纳米技术仍然更多地靠宣传而非实际的回报支撑着。要像几十年前的生物技术一样真正地开始得到应用,它还有两大问题需要解决。

从原子物理一直到生物技术,科学的接力棒已经传到了纳米技术手中。数以十亿计的美元、欧元、日元和人民币投向了它。诸如“蜘蛛侠”和“少数派报告”的电影中有它的角色,在迈克尔·克里奇顿的最新畅销书“猎物”中它扮演恶棍。纳米技术正席卷物理科学和生命科学,甚至也将触角伸向了政治和社会领域。对于一门你尚不能取得学位的学科而言,这的确不简单。

狂潮从何而起?在纳米技术中,科学家们关注的是物质的一种完全不同的状态——在已知的固态、液态、气态和等离子态之外的“表面”态。纳米技术对原子进行自由操纵的潜力是史无前例的,这将增强或扩展现有的物质结构,甚至创造出新的物质结构。受到它将带来价值一万亿美元潜在市场的前景所影响,各国政府已经开始大规模地向纳米研究注入资金。芯片制造商们也蠢蠢欲动,他们希望纳米技术会给他们带来一整套的工具,从而可以帮助他们推迟摩尔定律终结日的来临和摩尔第二定律的出现,后者可能使芯片制造厂的成本到2010年高达100亿美元。

尽管如此,科学家们却仍然不能就什么是真正的纳米技术达成一致。当然,“纳”是表示十亿分之一,一个“纳米”(1nm)就是十亿分之一米(一个DNA分子的直径是2.5nm)。美国政府的“国家纳米技术行动”把纳米技术界定为所涉及的结构小于100纳米。

对此界定尚存在激烈的争论。有人认为,这些微细的结构,只有当它们出自人类有目的的创造时,才能够算作纳米技术。一些人则把制造130nm线宽的微处理器和存储芯片的微型化工艺也囊括进来。然而,另外一些纳米技术的忠实追随者主张,纳米技术是移动原子来创造全新结构的工艺。他们认为,传奇物理学家费曼在1959年的演讲“底下还有充足空间”是纳米技术最初的灵感来源。可在那以后的

几十年里,研究人员所能做的不过是和费曼所做一样的理论工作。

情况在1980年发生了改变。当时,IBM苏黎世研究所的戈德·宾尼格和海因里希·劳勒提交了一份关于“扫描隧道显微镜”的专利申请。这种显微镜于1981年投入使用,并且为两位研究人员赢得了1986年的诺贝尔物理学奖。四年之后,宾尼格博士又发明了“原子力显微镜”。这两种机器使科学家们能够观察到以前不可能观察到的东西,如分子的原子构成。依靠“原子力显微镜”,科学家们开始能够真正地操纵原子。总之,这两种显微装置使纳米技术变得可能了。

## 不同寻常的纳米世界

更多的突破很快就随之而来。1985年,在经过一系列的实验之后,两位来自德克萨斯州赖斯大学的科学家理查德·斯迈勒和罗伯特·库尔,与英国萨塞克斯大学的哈里·克洛托爵士,一道发现了碳的一种新形态。这就是所谓的碳60,后来很快以“巴基球”的名称而广为人知,这一名称来自理查德·巴基明斯特·富勒设计的网格状穹顶。

巴基球使科学家们发现原子原来可以如此被组合,这种新的结构形态引发了广泛的研究兴趣。不久,埃里克·德累克斯勒在《创造的引擎》一书提出了微型自组装机器的构想以及其他一些新奇的概念,并且使“纳米技术”一词开始被广泛使用。然而,量子力学——这一解释极微小物体与大的物体行为之间差异的物理学,仍没有得到说明。

德累克斯勒的书大大激发了公众的想像力,但科学家们却继续在谈论富勒烯(同样得名于巴基明斯特·富勒)并争论假想的“巴基管”可能的形状。1988年,AT&T公司在新泽西州的贝尔实验室的路易斯·布鲁斯手下的三位化学家,保罗·阿利维斯,门基·巴文迪和迈克尔·斯戴格沃,证明常见的材料——金在不同的原子能级上能发出不同的光。今天,这一体现量子效应的实验被认为是纳米技术发展的里程碑。它明确地表明了原子与经典物理学的预测不相吻合的行为。但在当时,研究者们并没有

把它看做是纳米技术。

随后, 纳米技术真正的重大时刻来临了。1990年, 唐·埃格勒, IBM 公司在加州圣约瑟的艾尔梅登实验室的一名研究人员, 用氦原子排列出了“IBM”的公司名称。完全是实验室的玩意, 没有任何实用价值。但它却极大地鼓舞了另外一些科学家们, 因为他们从未看见过原子可以得到如此彻底的操纵。

埃格勒博士的突破引发了新一波的发现, 它们对于纳米技术的发展和應用非常关键。1990年末, 德国马克斯普朗克研究所的沃尔夫冈·克拉奇沫和亚利桑那大学的唐纳德·哈夫曼发明了大量制备巴基球的方法。这第一次使科学家们得以适当地对它们进行研究。

然后在1993年, 日本 NEC 公司的饭岛澄男和 IBM 公司艾尔梅登实验室的唐·贝松分别经过独立的研究发现了“碳纳米管”。事实上, 饭岛澄男早在1991年就发现了多壁的碳纳米管, 而第一篇有关碳纳米管的美国专利已在1984年被一个名叫霍华德·特能特的化学家申请了, 此人当时已退休并在为一家马塞诸塞州的名为“亥伯龙催化”的小公司开发用碳来储存能量的方法。

在早期, 特能特博士说, 科学家们用“埃”(十分之一纳米)作单位来度量极其微小的事物, 他所发现的结构在专利中被称做“微纤”。但是他的微纤有很多层外壁, 而饭岛博士和贝松博士分离出了单壁的碳纳米管, 后者更坚强并且有超导的特性。微纤也还有它的应用, 亥伯龙公司现在能够成吨地进行生产。相比之下, 碳纳米管的应用只是潜在的, 而且只能以克的数量制备。尽管如此, 纳米管(而不是微纤)的名称却流传开了来。

钱在哪?

今天, 纳米管之外又有了纳米晶体、纳米线、纳米棒以及其他的纳米形态。有关纳米技术的研究论文数量激增, 基础研究远远超前于它的商业开发。虽然成功仍旧捉摸不定, 但对它的商业兴趣却始终不减。

亥伯龙公司可以算是世界上第一家纳米技术公司, 而伊利诺伊州罗密维尔的纳米相态公司也许是第一家明确以纳米化合物的商业化为目标所创立的公司, 当然也是此类公司中生存下来并且广为人知的第一家。该公司1989年因对芝加哥阿贡国家实验室的理查德·西格尔和德国萨尔布吕克萨兰大学的荷斯特·汉恩的基础研究成果进行商业开发而建

立, 他们开发的物质最终在化妆品(如防晒品)中得到应用。但是, 为了能够廉价地进行生产, 他们额外花费了数年的时间。这一挑战是今天的许多新生纳米技术公司所不得不面对的。作为参与创立纳米相态公司的风险投资家, 凯斯·克兰德尔承认投资这样一家公司是一个天真的决定。

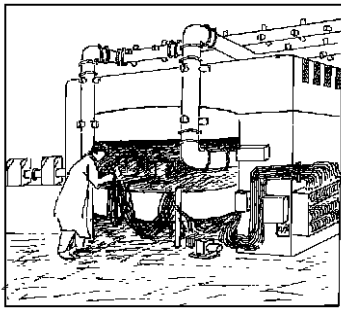
当然, 人们已经能够买到纳米技术增效的防晒品, 甚至采用纳米工程生产的能够防止污垢黏附的自清洁玻璃, 还有靠无数纳米倒钩附着了许多微小纤维的棉花制成的防沾污的裤子。一些汽车上的部件因采用了纳米复合物而更坚固、更轻巧且更便宜。一些涂上一种特殊纳米涂料的网球能够弹跳得更高并且更远。此外, 还有用“量子点”制成的纳米器件在生命科学和计算科学中发挥诸多作用。

纳米技术继续向材料领域延伸的趋势似乎已不可避免, 正如塑料在20世纪后期改变了一个又一个的行业。现在需要的是花更多的时间来弄清楚如何对原子实行基本的组装从而形成稳定的结构, 并且学会以一种可预见的并且有实际价值的方式来连续地进行这种组装。要使产品的原型乃至核心技术最终到达制造工人和销售人员的手中, 我们还将要等待许多年。

纳米技术领域中的正统论者认为, 现有的一些应用因为各自只是单纯解决某一个特定问题, 所以只能算是“被动”的纳米技术。他们希望未来的努力会更集中于“主动”的纳米技术——也就是那些相互之间能够进行信息交流的纳米器件。他们相信, 只有当各个部件之间能够进行有效的交流之后, 在分子电子学、基因工程、生物传感器和其他如纳米乐观主义者设想的方面, 才有可能发生那些期待中的技术突破。

到那时, 将仍然有两个大的障碍需要克服。第一, 就是构筑生命体与电子器件之间, 也就是碳和硅之间的界面。如果一个用碳纳米管制成的燃料电池不能在燃料即将用尽的时候发出信号, 其用途将大打折扣。IBM、惠普和其他一些公司正相互竞争以最早推出他们的新一代原子晶体管和纳米存储器件, 之后他们还将面临这些器件的集成问题。在惠普, 斯坦·威廉姆斯和菲尔·奎克斯回想曾经在孩童时听到的预言: 烤面包机很快就要用上核能了。尽管有这种错误的先例, 他们仍然相信20年后纳米技术将无处不在。但是, 如果集成的问题没能解决, 纳米计算技术很可能将会是“用上核能的厨房器具”。

现代物理知识



# 重离子治疗的物理与生物性能和装置原理

刘世耀

(中国科学院高能物理所 北京 100039)

半个世纪来,放射治疗界一直在寻找一种物理剂量分布良好和生物(物理)效应也好的放射线和粒子。几十年来的临床治疗实践,证实了常用的X射线和电子射线的物理剂量分布和生物(物理)效应都不理想。中子和负 $\pi$ 粒子的生物效应虽好,但是物理剂量分布不好,给正常组织带来太大的损害。当前较先进的质子治疗,固有的布拉格峰物理特性能使剂量分布很好,但其生物(物理)效应仅稍高于X射线和电子,对治疗抗阻型和乏氧型的肿瘤细胞还难以奏效。而重离子治疗的物理剂量分布和生物(物理)效应都很理想,因此人们转向研究重离子治疗的可能性。

从1975年美国加州劳伦斯贝克实验室(LBL)开始,直到最近在日本重离子医学加速器中心(HIMAC)和德国GSI研究所的重离子临床治疗实践,证实重离子既具有非常好的剂量分布,又有很好的生物(物理)效应。能有效治疗其他射线难以治疗的抗阻型、乏氧型、内嵌型、尖畸型的肿瘤,从而引起放射肿瘤界的极大兴趣。当前日本、德国、意大利、奥地利、瑞典都已决定建造专用重离子治疗中心。笔者在今年第2~3期的《现代物理知识》中曾经介绍

过质子治疗的物理性能和工作原理,本文再介绍重离子治疗的物理与生物(物理)性能和装置原理。

## 一、重离子治疗的粒子种类

原则上一切由夸克所组成的强子都是重离子,按理论推断,可能治疗的重离子有下述几种:重氢( $^1\text{H}_2$ )、氦( $^2\text{He}_4$ )、锂( $^3\text{Li}_7$ )、铍( $^4\text{Be}_9$ )、硼( $^5\text{B}_{11}$ )、碳( $^6\text{C}_{12}$ )、氮( $^7\text{N}_{14}$ )、氧( $^8\text{O}_{16}$ )、氟( $^9\text{F}_{19}$ )、氖( $^{10}\text{Ne}_{20}$ )、硅( $^{15}\text{Si}_{28}$ )、氩( $^{18}\text{Ar}_{40}$ )和氙( $^{54}\text{Xe}_{132}$ )。所有上述的重离子都具有像质子一样的布拉格峰物理特性,并且凡原子序数越大,其布拉格峰宽度越狭,后沿下降越快,剂量分布越好。图1表示伽玛射线,质子和碳重离子随人体内深度的剂量沉淀分布。由图1可见碳重离子的布拉格峰要比质子的布拉格峰更狭更陡。但判断重离子是否适合于肿瘤治疗,还必须考虑此重离子照射对正常组织的伤害程度。美国加州贝克实验室(LBL)和日本重离子医学加速器中心(HIMAC)在研究和临床实验基础上,已证实,对氖以上的重离子,由于直接给肿瘤前的正常细胞带来难以容许的伤害,不适用于肿瘤治疗。认为碳离子是适合治疗用的重离子。因此当前碳离子是作为重离子治疗的惟一粒子。

要解决集成的问题,就会带来另外一个问题:如何设计和制造纳米器件。纳米尺寸的物体难以预测的行为意味着工程师们在实际开始制造纳米机器之前将无法知道如何去制造它们。这个谜题的解决也许要花上很多年,甚至到那时也只能依靠反复试验和一点运气。

## 四分之一世纪之后

费曼的演讲传递了一个谨慎的预言。结尾时,他提供了两份各一千美元的奖金给创造出原子构筑体的人。其中一份所奖励的微型马达很快就被制造出来,尽管用的是传统的方法,工具是一根牙签、一台车床和一台显微镜。另一份所奖励的是把大英百科全书的所有信息放到一个大头针的头上,也就是

在只有普通大小的两万五千分之一的页面上书写。直到1985年后者才算是实现,只不过书写的是《双城记》的第一页。

哈佛大学高产的化学家乔治·怀特赛德估计,现在的纳米技术在通往成熟的道路上大概只走了一半。他确信纳米技术将会像生物技术一样在经历了强有力的研究之后产生出全新的制造方式。也许有一天,一种自驱动的微小装置将能够在人体内分辨癌细胞并将其杀死。到那时,纳米技术就将真正地改造材料科学和计算科学,并极大地影响生命科学。而这种局面也将带来对纳米伦理学的严肃关切。但是,将没有任何事物能够阻止纳米技术的发展。我们正在见证一场典型的技术革命。