

物理学史中的九月



1981年9月：扫描隧道显微镜的发明

(译自 *APS News*, 2003年8月)

萧如珀 杨信男 译

科学仪器在 20 世纪 80 年代初由于扫描隧道式显微术 (scanning tunneling microscopy, STM)——一个根据被称为隧道效应这个量子力学现象的解析性技术——的发展,而向前跨进了极大的一步。虽然探针尖端和物体表面并未实际接触,但它们之间的电压却会让电流在两者之间流通,此仪器因此得名。

从古典物理的观点来说,两个物体表面若没有直接接触就不像有电线来将其连接时会产生电流。然而,在原子的尺度下,只要两个物体表面的距离足够小,要让一个电子从一个表面跳到另一个电压较低的表面是有一定可能性的。以扫描隧道显微术来说(图 1),当极细的探针尖端接近导电的表面,在距离大约一纳米(十亿分之一米)时,隧道电流就会开始流动。探针尖端固定在压电管上,当对电极加了电压后,压电管会产生微小的移动。尖端的位置由电子线路控制,如此当扫描一个样品的表面时,隧道电流,以及尖端与表面的距离都能保持固定。将此移动的情形记录下来,即可呈现物体表面的形

貌影像。当记录下指针尖端的垂直运动时,即可研读物体表面一个个原子的结构(图 2)。

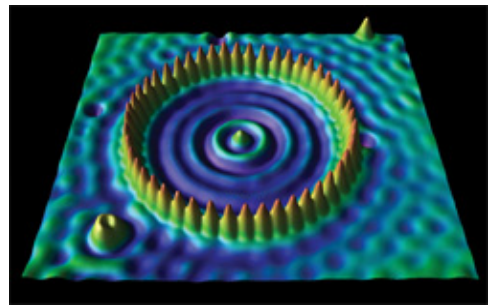


图 2 唐·艾格勒 (Don Eigler) 领导的 IBM 团队利用 STM 将铁原子在铜表面上排列成的“量子围栏”

当第一个传统的光学显微镜发明出来时,它对科学研究来说是巨大的进步,尤其在生物和医学方面。然而,随着科技的持续精进,科学家发现光学技术因为光的波特质而有其基本的限制,因为使用光波时,要分辨小于光波长的细节部分是不可能的。显微镜的另一个重大突破是可以使用电子束来产生物体的影像,然后将其记录在荧光幕或感光板上。科学家甚至可以同时使用两个或更多个透镜以增加放大的倍率。柏林普朗克研究院的科学家鲁斯卡 (Ernest Ruska) 在电子光学方面做出了最重要的基本贡献——他设计出第一部电子显微镜。

在被称为穿透式显微镜的鲁斯卡的设计中,受检验的样品是很薄的一片,电子束穿过样品的方式和传统显微镜中的光线大致相同。之后又有互补的扫描电子显微镜,以高度聚集的电子束聚焦到样品上。扫描式隧道显微镜 (STM) 的原理则相当不同,它使用机械的装置来测出样品表面的结构,类似读者的手指在布拉耶盲文点字中察觉印上去的凸字。假如使用很细的探针尖端,用它在样品表面横扫过,然后记录下尖端的垂直运动,就可能获得更详细的样品表面形貌;探针尖端的尖细程度决定它的分辨

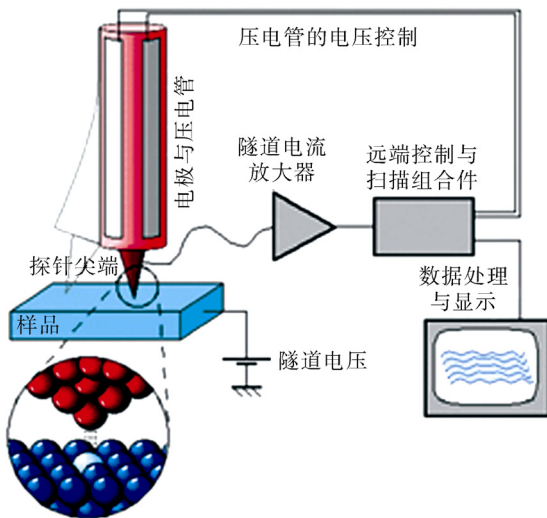


图 1 STM 装置示意图

她用物理的情趣，引我们科苑揽胜； 她用知识的力量，助我们奋起攀登！

欢迎投稿，欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会，由中国科学院高能物理研究所主办，是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。其前身是创刊于1976年的《高能物理》杂志。该刊以生动活泼的语言介绍现代物理知识、传递科技前沿动态，以深入浅出的形式做到科学性和趣味性并重。适合广大的科学工作者、教育工作者、科学管理干部、大学生、中学生以及其他物理学爱好者阅读。

为进一步提高《现代物理知识》刊物的学术水平，欢迎物理学界的各位专家、学者、教授以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail.ihep.ac.cn。投稿时请将联系人姓名、详细地址、邮政编码，以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

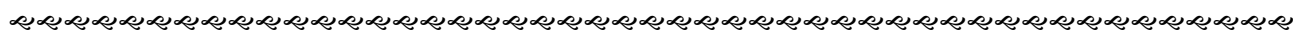
《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学

随笔和科苑快讯等栏目，并于2009年增加了彩色中心插页。2010年《现代物理知识》，每期定价8元，全年6期48元，欢迎新老读者订阅。

邮局订阅 邮发代号：2-824。

汇款到编辑部 地址：北京市玉泉路19号乙高能物理所《现代物理知识》编辑部；邮编：100049。

需要过去杂志的读者，请按下列价格汇款到编辑部。1992年合订本，18元；1993年合订本，18元；1994年合订本，22元；1994年增刊，8元；1994年附加增刊合订本，36元；1995年合订本，22元；1996年合订本，26元；1996年增刊，15元；1997年合订本，30元；2000年附加增刊合订本，38元；2000年增刊，10元；2001年合订本，48元；2002年合订本，48元；2003年合订本，48元；2004年合订本，48元；2006年仅剩4、5、6期，每期7元；2007~2009年单行本每期8元；2007~2009年合订本每本50元。



率。因为样品表面微小的细部结构会因机械的接触而损害，所以探针尖端一定要和样品表面保持很小且固定的距离。

最先成功建造出扫描式隧道显微镜的研究员是瑞士苏黎世IBM实验室的宾尼希(Gerd Binnig)和罗雷尔(Heinrich Rohrer)，主要因为他们的机械设计极度地精密。他们在超导铅盘上一个沉重、自由浮动的磁铁上建造显微镜，藉以排除由环境所引起的震动。之后，他们使用压电性的组件来控制探针尖端水平的运动，发展出体积较小，但效果相同的设计，建成稳定、悬浮不受干扰的显微镜。探针尖端的垂直运动则使用另一个压电性组件来控制、测量。现在制造出的探针进步到其尖端只由一个单一原子组成，得到了前所未有的高分辨率，还能描绘出个别原子，以研究受检样品表面的原子结构。

这两位科学家于1981年9月将他们发明扫描隧

道显微镜的论文投稿到《应用物理学通讯》(Applied Physics Letters)。1986年，宾尼希和罗雷尔因他们在扫描隧道显微术方面的研究而共享(和鲁斯卡)诺贝尔物理奖。由于他们的成就，从此开启了研究物质结构的全新领域，特别在表面物理方面，它在半导体物理和微电子学上都有重要的应用。目前STM探讨的另一个主要领域是研究聚集在物体表面单层分子的自我组织单层薄膜(self-assembled monolayers, SAMs)。在其他的科学领域上，表面化学在催化剂方面扮演着重要的角色，此外，还可以将生物组织分子放置在一表面上，来研究其结构——一个已被用来研究脱氧核糖核酸(DNA)分子的技术。

(本文转载自2010年10月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；萧如珀，自由业；杨信男，台湾大学物理系，Email: snyang@phys.ntu.edu.tw)