

扫描探针显微镜在机械教学中的应用

岳睿 朱文胜

摘要 介绍扫描探针显微镜教学演示软件。该软件将 CAI 技术和 SPM 技术结合在一起,主要运用文字说明,静态图像,三维动画,模拟仿真等方法,对 SPM 的初学者进行 SPM 的原理介绍和使用培训,可以大大缩短他们的学习时间,并能使其在较短的时间内对 SPM 有一个较为深入和全面的了解。

关键词 NANOVISUA 教学型扫描隧道显微镜;图像处理;扫描探针显微镜(SPMs);原子力显微镜;教学效果

中图分类号:TH742;G4 文献标识码:B 文章编号:1671-489X(2006)11-0047-02

Application of Scanning Probe Microscope in Machinery Teaching//Yue Rui, Zhu Wengsheng

Abstract This software combines CAI technology with SPM technology and mainly uses methods of text explanation, three-dimension animation as well as mathematical simulation to train the beginners of SPM. After using the software, the beginners can quickly get deep and whole knowledge of SPM.

Key words scanning tunnelling microscope of NANOVISUA type (STM); Picture processing: Scanning Probe Microscope (SPM); Atomic Force Microscope; teaching effectiveness

Author's address

1. Graduate School, Nanjing Agriculture University, 210095, Nanjing, China

2. Lianshui Vocation Education Centre, 223400, Lianshui, Jiangsu, China

1 引言

1982年,IBM 瑞士苏黎士实验室的葛·宾尼(G. Binnig)和海·罗雷尔(H. Rohrer)研制出世界上第一台扫描隧道显微镜(Scanning Tunneling Microscope,简称 STM)。STM 使人类第一次能够实时地观察单个原子在物质表面的^[1]排列状态和与表面电子行为有关的物化性质,在表面科学、材料科学、生命科学等领域的研究中有着重大的意义和广泛的应用前景,被国际科学界公认为 20 世纪 80 年代世界十大科技成就之一。为表彰 STM 的发明者们所作出的杰出贡献,1986 年宾尼和罗雷尔被授予诺贝尔物理学奖金。NanoVisual,教学型扫描隧道显微镜可在机械教学中发挥良好作用。

2 教学型 NANOVISUAL 扫描隧道显微镜

NanoVisual 是针对高等院校实验课程和中学素质教育而设计的教学型扫描隧道显微镜。为了适应教学要求,NanoVisual 去繁就简,扫描部件高度集成,操作流程简练便捷,具备工作原理清晰、

作者单位 南京农业大学研究生院 江苏 南京 210095
涟水职教中心 江苏 涟水 223400

稳定性优越等特点。在线控制软件和后处理软件用户界面友好,辅以生动的教学课件,引导学生轻松掌握扫描隧道显微镜的原理和基本操作方法。^[2]NanoVisual 扫描隧道显微镜具有一定的可扩充性,可以根据需要增加某些功能部件,从而具备一定科研能力。

3 主要性能

扫描图像 BMP/TIFF 全兼容文件格式,当前全部工作环境参数同步保存。基于 Windows XP/2000/9X 的在线控制软件和后处理分析软件,简约化的扫描隧道显微镜探头,初学者只需经简单的培训即可掌握操作方法,具有 I-V 曲线等测量分析功能,具有图形刻蚀模式和矢量扫描模式的纳米加工技术,样品尺寸直径 30mm、厚度 10mm。主控制系统采用德州仪器(TI)32 位数字信号处理器(DSP),每秒可实现高达 10 亿次 32 位运算。主控制系统采用 10M/100M 快速以太网(Fast Ethernet 10/100)与计算机连接。^[3]全数字控制,系统状态、仪器类型、扫描器和探针架参数智能识

别和控制。具针尖表征及图像重建功能(针尖形貌估计/图像重建/用已知针尖重建图像)。按功能模块划分的纵向插卡式结构,便于日后系统维护和升级。

3.1. 技术指标

1) 软件系统:基于 Windows XP/2000/9X 的在线控制软件和后处理软件。

2) 系统功能:扫描隧道显微镜(STM)。纳米加工和操纵,包括图形刻蚀模式和矢量扫描模式。

3) 参数性能:电流检测灵敏度:10pA。图像分辨率:128X128,256X256,512X512,1024X1024。扫描角度:0~360°。扫描频率:0.1~100Hz。预置隧道电流:0.1~10nA。偏置电压:-2~+2V。

4) 电子控制系统:8通道16-bit DAC,建立时间1.5微秒。通信接口:10M/100M快速以太网(Fast Ethernet 10/100)接口。

5) 机械性能:样品尺寸:最大可达直径30mm,厚度10mm。全自动步进电机控制进样系统。

4 扫描隧道显微镜(STM)^[1,2]原理分析

扫描隧道显微镜(STM)的基本原理是利用量子理论中的隧道效应。将原子线度的极细探针和被研究物质的表面作为两个电极,当样品与针尖的距离非常接近时(通常小于1nm),在外加电场的作用下,电子会穿过两个电极之间的势垒流向另一电极。这种现象即是隧道效应。隧道电流 I 是电子波函数重叠的量度,与针尖和样品之间距离 S 和平均功函数 ϕ 有关^[4]。

隧道电流强度对针尖与样品表面之间距非常敏感,如果距离 S 减小0.1nm,隧道电流 I 将增加一个数量级,因此,利用电子反馈线路控制隧道电流的恒定,并用压电陶瓷材料控制针尖在样品表面的扫描,则探针在垂直于样品方向上高低的变化就反映出了样品表面的起伏。

将针尖在样品表面扫描时运动的轨迹直接在荧光屏或记录纸上显示出来,就得到了样品表面态密度的分布或原子排列的图象^[5]。这种扫描方式可用于观察表面形貌起伏较大的样品,且可通过加在 z 向驱动器上的电压值推算表面起伏高度的数值,这是一种常用的扫描模式。对于起伏不大的样品表面,可以控制针尖高度守恒扫描,通过记录隧道电流的变化亦可得到表面态度的分布。这种扫描方式的特点是扫描速度快,能够减少噪音和热漂移对信号的影响,但一般不能用于观察表面起伏大于1nm的样品^[6]。

是利用SPM进行纳米加工的客观依据。同时也说明,SPM不是简单用来成像的显微镜,而是可

以用于在原子、分子尺度进行加工和操作的工具。

5 教学课程安排

1) 第一周:原理简介与上机模拟。课后着手资料定向查询并准备实验报告。

2) 第二周:演示与学生实验。先用铁丝作探针练习,熟练后再用铂钨合金丝制作针。指定样品(光栅)的测量。

3) 第三周:改变电压及扫描角度重新扫描,进行图像处理。课后资料定向查询并完成实验报告。报告内容:心得、体会及建议,STM在某个领域的应用或STM仪器的某部件的原理。

4) 第四周:宣讲实验报告,每人15分钟(包括5分钟提问)。

6 图像处理

1) 平滑处理:将像素与周边像素做加权平均。

2) 斜面校正:选择斜面的一个顶点,以该顶点为基点,现行增加该图像的所有像数值,可多次操作。

3) 中值滤波:傅立叶变换。对图像的周期性很敏感,在做原子图像扫描时很有用。

7 结束语

在线控制软件和后处理软件用户界面友好,辅以生动的教学课件,引导学生轻松掌握扫描隧道显微镜的原理和基本操作方法。作为一种CAI软件,本软件界面好,操作简便。采用文字、图形、三维动画等方式将SPM这一尖端复杂仪器的原理和使用与计算机辅助教学这一形式结合起来,经部分人员试用后,效果明显,反应良好。可大大增加操作者学习SPM的兴趣,并能起到事半功倍的效果,提高课堂教学效果。不足的是AFM和SNOM的数学模型还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 白春礼.扫描隧道显微术及其应用[M].上海:上海科技出版社,1991.84—86.
- [2] Microsoft Press, Microsoft Windows: Guide to Programming, 1990.
- [3] Heinzelmann H. Instrumental developments and recent experiments in near-field optical microscopy. Thin Solid Films, 1996, 273: 149—153.
- [4] 戴长春,黄桂珍等.国产GSPM-930型扫描探针显微镜介绍[J].现代科学仪器,1998,(1-2): 92—93.
- [5] Weeks B L, Vollmer A. Nanotechnology, 2002, 13: 38
- [6] 岳睿,潘祖军等.不锈钢的腐蚀分析[J].金属世界,2006.3: 28-29