

STM 数据采集分析计算机系统

白春礼* 戴长春 黄桂珍 陈增波

刘杰三 傅亨

(中国科学院化学研究所, 北京)

扫描隧道显微镜 (STM) 是1982年问世的研究物质表面结构的新型仪器^[1-3], 近几年来得到了很大的发展。与其它各种类型的显微镜相比, 它的最大优点是具有较高的分辨率 (平行和垂直于样品表面方向的分辨率分别可达 1 \AA 和 0.1 \AA), 其弱点是数据的处理和显示功能不强。发展 STM 的自动控制、数据采集、实时显示和数据分析的计算机系统, 对于改进仪器的性能至关重要。

本文介绍我们研制的一套 STM 数据采集、存储、实时显示和数据分析系统, 并以用该系统采集的高取向石墨数据为例, 介绍系统的软件功能。

系 统

为了便于普通实验室使用 STM, 我们选用 IBM PC/AT 兼容机作为主控制系统。但只要对软件略作改动, 亦可使用 IBM PC/XT 或兼容机。机内配有 A/D、D/A 转换卡和高分辨图形控制卡。外设有高分辨图形显示终端、打印机等。计算机与电子控制机箱相连, 通过机箱给仪器发出控制信号, 同时接收由电子控制机箱返回的模拟信号。系统框图示于图 1。

1. 硬件配置 一台配有 80287 协处理器的 IBM PC/AT 兼容机用于仪器控制、数据采集、存储、数据分析和图象显示。该机具有 1M 字节内存, 2M 字节扩展内存和 40M 字节的硬盘, 并配备 1.2M 字节和 360k 字节的软盘驱动器各一个。

控制机箱主要用于产生控制扫描针尖在 z 方向运动的电压 V_z 并接收隧道电流 I_t , 用电子反馈线路控制 I_t 的恒定或针尖高度的恒定。

D/A 转换卡将计算机发出的数字信号转换成模拟信号, 用来控制针尖在样品表面的扫描。分辨率为 12bit, 输出电压范围五档可调, 转换速度小于 $5 \mu\text{s}$ 。

12 bit 分辨率的 A/D 转换卡用于收集 V_z 和 I_t (V_z 或 I_t 的变化对 V_x 、 V_y 作图即样品

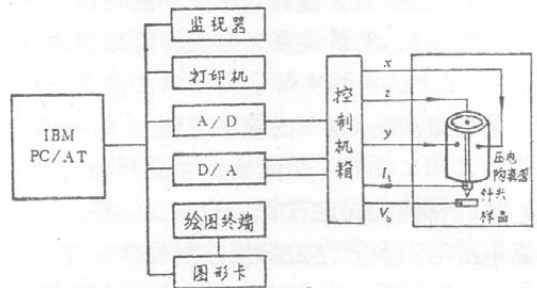


图 1 系统框图
Fig.1 Architecture of the system

表面的形貌)。A/D 的模入电压范围二档可调，最高转换频率可达150kHz。

图形控制卡的分辨率为 1024×1024 ，具有64个灰度级。象素时钟频率可达64MHz。

2. 软件 用于仪器控制、图象显示和数据分析的计算机软件采用 FORTRAN 语言和汇编语言编写。使用汇编语言的目的在于提高运算速度和减少程序所占据的内存空间。程序在磁盘操作系统 DOS 3.2 版本控制下运行。程序具有仪器控制参数选择、数据采集、存储、图象实时显示和数据分析等功能。

在数据采集集中可选择的参数包括：扫描范围、步长、在每一点采样的次数、延迟时间、是否正反向扫描和在高分辨图象显示终端上所显示图象的大小等等。程序设定了这些参数的初始值，若不改变已设定的参数，操作者不必一一输入这些参数，得到的数据可在图象终端上以灰度象或假三维线扫描象实时显示。程序自动控制连续扫描。若想存储某幅图象的数据，操作者只需按键盘上的一个键即可将数据和该次扫描所用参数存储下来，程序自动分配一个文件名。文件名标号自动递增，最多可自动分配999个文件名。在快扫描模式，扫描并采集一万个数据点所需时间小于一秒钟。在慢扫描模式小于五分钟。

已存储在磁盘中的数据文件可随时调用。数据分析程序可对数据进行最小二乘平面背底扣除、数据平滑、快速 Fourier 变换、插值和统计分析等。两个红色的光标在屏幕上移动的同时，将显示出光标所处位置的 x 、 y 、 z 值和任意两点间的距离。程序可以计算并显示任意方向、任意两点间连线所处位置的表面高度剖面线及灰度统计分布曲线。本程序系统还有数据插值、图象极性快速改变、多幅图象分区显示等功能。

石墨样品的图象处理

图 2 是我们得到的高取向石墨样品的原始数据，为实时显示的灰度象。将表面态密度的变化分成64个区间，由高至低用颜色的亮暗（灰度）表示，按照 x 、 y 扫描方向依次排列，就得到了石墨样品表面原子排列的图象。

图 3 是数据经过平面背底扣除和平滑后的图象。图 4 是将同一数据的 $y+z$ 对 x 画线得到的线扫描象。图 5 是图 3 中两个光标连线部位的剖面线，揭示了垂直于样品表面方向态密度的变化。关于 STM 仪器的机械设计和石墨数据的详细解释见文献 [4,5]。

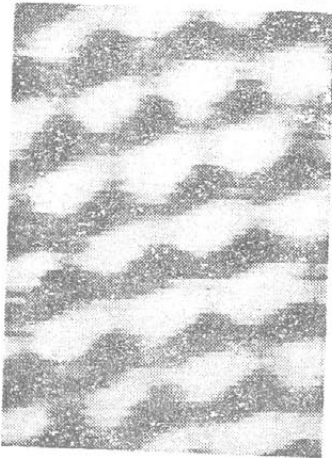


图 2 高取向石墨的原始数据
Fig.2 STM image of HOPG obtained with the raw data

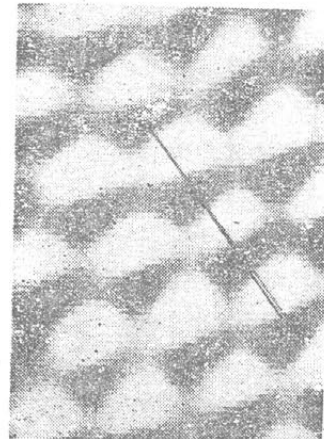


图 3 数字滤波后的石墨图象
Fig.3 STM image of HOPG obtained with the digital filtered data

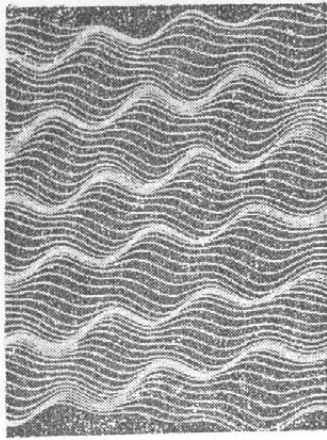


图4 石墨的线扫描象
Fig.4 STM line scan image of the surface of HOPG

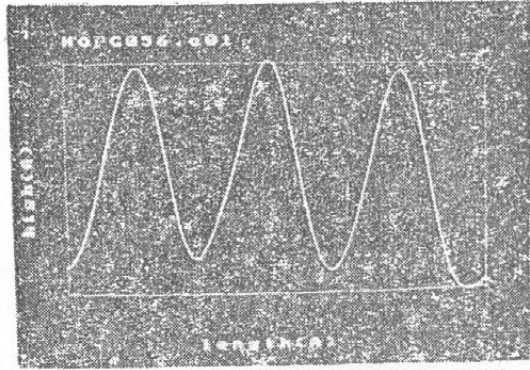


图5 沿图3两个光标所示方向, 经过插值的剖面线
Fig.5 Interpolated cross section through the two cursors on Fig.2

结 论

本文介绍了一种基于 IBM PC/AT 或 XT 兼容机的 STM 控制、数据采集、图象实时显示和数据分析系统。本系统所用 A/D、D/A 和图形控制卡等均为国内产品。功能较强的计算机软件为 STM 的操作、数据采集和分析提供了一个方便、可靠的工具。

参 考 文 献

- [1] Binnig, G. *et al*, *Appl. Phys. Lett.*, 1982, 40(2), 178.
- [2] Binnig, G. *et al*, *Phys. Rev. Lett.*, 1982, 49(1), 57.
- [3] 白春礼、傅亨, 百科知识, 1987, 3, 71.
- [4] 黄桂珍、戴长春、陈增波、刘杰三、白春礼、傅亨, 化学通报, 1988, 10, 38.
- [5] 黄桂珍、戴长春、陈增波、刘杰三、张文信、白春礼, 物理, 待发表.

COMPUTER SYSTEM FOR SCANNING TUNNELING MICROSCOPE

Bai Chunli* Dai Changchun Huang Guizheng
Chen Zhengbo Liu Jiesan Fu Heng
(Institute of Chemistry, Academia Sinica, Beijing)

ABSTRACT

The scanning tunneling microscope (STM) is a powerful instrument which provide surface topographic images down to the atomic scale and spectroscopic information on the surface density of electronic states. A computerized system based on the IBM Personal Computer Model XT or AT for STM control, data acquisition and display is presented. The high resolution digital-to-analog converter card and analog-to-digital converter card are used for the computer to generate the voltages applied to the STM piezoelectric elements and to measure the tunneling current. A high resolution graphics controller card is used for real-time display of the STM "images". The software that performs the control, data acquisition and display of the STM has been written in FORTRAN and linked with some ASSEMBLER subroutines for the critical tasks in order to get a fast and compact executable module which works under DOS Version 3.2. Some images analysis and display tool are included for a posterior image processing.