

与光学显微镜结合的原子力显微镜及其冲击式微位移机构

章海军 黄文浩 林松

(中国科技大学)

摘要 本文报道与光学显微镜(OM)结合的原子力显微镜(AFM)及其冲击式微位移机构(IDM),采用OM及CCD摄像机,可在 $550\mu\text{m}\times 450\mu\text{m}$ 范围内监控微悬臂和样品,通过IDM机构可将样品以 $0.5\mu\text{m}$ 的步距在 $10\text{mm}\times 10\text{mm}$ 范围内作二维移动。仪器最大扫描范围 $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$,最高分辨率为纳米级。文中给出了获得的部分样品测试结果。

0 引言

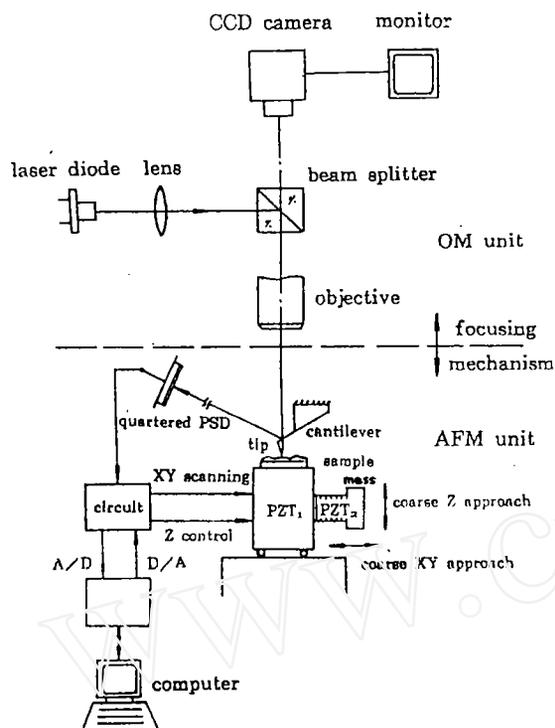
原子力显微镜(AFM)^[1]是探测样品微观结构特别是非导体表面结构的重要工具,但由于常规AFM的探针和样品表面状况不可见,在选择扫描区域和操作探针时存在很大盲目性。一方面,在调整激光光斑与微悬臂前端的微米级定位时十分困难;另一方面,探针随机地定位于样品表面扫描,无法有效选择感兴趣的区域,如生物细胞的某个局部,这对具有非周期性结构的样品尤为重要。我们研制的与光学显微镜结合的AFM(OM—AFM)及其冲击式微位移机构,可以很好地解决这些问题。

1 仪器研制

1.1 总体结构

图1所示为OM—AFM总体结构示意图,AFM与OM立式共轴设置,后者包括OM及CCD摄像监控系统,AFM单元除包括光束偏转微位移检测系统,扫描控制系统,计算机软硬件系统,微悬臂—样品间隙微调机构等外,还包括IDM机构。仪器工作时,半导体激光器发

• 本文获中国博士后科学基金,国家自然科学基金资助



PZT₁: 管状压电陶瓷扫描控制器 PZT₂: 叠片式压电陶瓷冲击式微位移结构

图 1 与光学显微镜结合的原子力显微镜总体结构示意图

IDM 机构,将样品相对于探针移动到感兴趣的洁净区扫描,获得该区域进一步放大的三维实空间形貌。

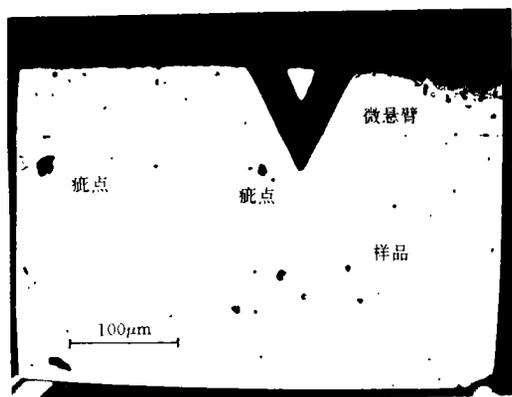


图 2 微悬臂与样品的光学显微和 CCD 摄像照片

出的激光束,经准直后由显微物镜反射,投射到四象限位置敏感元件(QPSD)的光敏面上,QPSD 输出与光点位置对应的光电流,经后续电路转换成电压信号,再经放大后通过 A/D 接口采入计算机。利用 IDM 机构移动样品以选择合适的扫描区,调节探针与样品间距至纳米量级时,原子间作用力使微悬臂偏转,最终计算机获得与样品表面起伏对应的电压信号。扫描样品,即可得到高分辨率的样品表面的准确形貌。

1.2 OM 与 CCD 摄像监控系统^[2]

采用 OM 与 CCD 摄像系统的目的主要有两个方面。一是对微悬臂与样品表面作实时监控,以有效选择扫描区域,避开表面斑点;二是监控激光光斑与微悬臂的微米级定位操作。图 2 给出了微悬臂与某一样品表面的光学显微照片,视场大小为 $550\mu\text{m} \times 450\mu\text{m}$,微悬臂有效工作长度 $100\mu\text{m}$ 。在视场范围内,微悬臂与样品表面的结构状况和相对位置十分直观,弥补了常规 AFM 的不足。在此监控下,通过

1.3 冲击式微位移机构^[3]

IDM 机构以叠片式压电陶瓷(PZT₂)为主体,一端固定在样品扫描工作台上,另一端加一配重块(mass),当压电陶瓷两极间施加缓慢增大的正电压时,可在长度方向逐渐伸长。由于工作台质量远大于配重块,工作台将保持不动,配重块则随陶瓷伸长而移动一定距离。之后突然降低电压,使压电陶瓷快速缩短到原长度,牵动配重块以很大的加速度沿缩短方向运动,在这一加速度的冲击力作用下,工作台将克服摩擦力作微小位移,然后进入下一个循环周期。安置两个互相垂直的 IDM 机构,采用不同的控制电压波形和幅值,即可实现样品在不同方向以所需的步距作二维微位移(参见图 1)。经实验标定,本文的 IDM 机构,在最高

控制电压+250v 时可获得 0.5 μm 的步距,减小电压还可将步距细分,机构所提供的最大位移范围可达 10mm \times 10mm。

2 实验结果

OM-AFM 的最大扫描电压为 $\pm 150\text{v}$,图象采样点数为每幅 180 \times 180 点,具有恒原子力

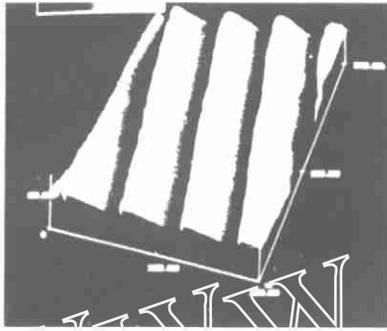


图3 2000 线/10. 闪耀光栅的 OM-AFM 图象
扫描范围 $2\mu\text{m}\times 2\mu\text{m}$, 扫描时间 47"

和恒样品高度两种扫描模式。前者通过反馈电路控制探针——样品间距即原子力恒定,记录与样品表面起伏对应的压电陶瓷 Z 向控制电压 V_z ; 后者保持 V_z 恒定,以维持扫描高度不变,记录与样品表面起伏对应的原子力信号,也即 QPSD 的光电流信号。图 3 和图 4 分别给出 2000 线/10. 闪耀光栅和纳米材料 Si_3N_4 的图象。闪耀光栅的实测扫描电压为 $\pm 100\text{v}$,以恒原子力模式扫描,扫描时间 47",照片清晰地显示出光栅及闪耀角,可知此时的扫描范围为 $2\mu\text{m}\times 2\mu\text{m}$ 。因此,在 $\pm 150\text{v}$ 的最大扫描电压时,仪器的最大扫描范围应为 $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 左右。

Si_3N_4 样品采用恒样品高度模式扫描,扫描时间 12",扫描范围约 20nm \times 20nm,图象中颗粒结构十分清晰,据此可推论,OM-AFM 已具有纳米分辨率。



图4 纳米材料 Si_3N_4 的 OM-AFM 图象
扫描范围 20nm \times 20nm,扫描时间 12"

3 结 论

实验表明,与光学显微镜结合的 AFM,既具有常规 AFM 的全部功能,又克服了其不足,在样品表面扫描区域选择及操作探针方面具有优越性,特别适用于非均匀的或被测点随机分布于基底的样品,如生物细胞样品。此外,冲击式微位移机构为样品的亚微米二维微动提供了可能,据此可将探针精确定位于感兴趣的某一局部,以获得该区域进一步放大的结构信息。目前,OM-AFM 已在材料科学,生物科学,光学与精密机械等领域得到应用。

本工作得到中国博士后基金和国家自然科学基金资助,作者对化学所本原显微仪器开发中心在电气线路上的技术支持表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] G. Binning, C. F. Quate and ch, Gerber, Phys. Rev. Lett. 561986, 930
- [2] 胡翘, 中国科技大学硕士论文, 1993
- [3] H. Kawakatsu and T. Higuchi, J. V. S. T, Ag(1), Jan/Feb 1990

Atomic Force Microscope combined with Optical Microscope and Impact Driving Mechanism

Zhang, Hai—Jun Huang, Wen—Hao Lin, Song
(Univ. of Science and Technology of China)

ABSTRACT: In this paper, an atomic force microscope combined with optical microscope (OM) and the impact driving mechanism for micro displacement are reported. Using OM and CCD camera, the micro cantilever and sample can be monitored in the range of $550\mu\text{m} \times 450\mu\text{m}$. The sample can be moved in two dimensions with the step of $0.5\mu\text{m}$ by the IDM. The maximum scanning range is $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$, the resolution is about 1 nm. Some images obtained by our microscope are given.

(上接第 271 页)

ABSTRACT: Several styles of high resolution scanning probe microscopes, SPM, have been developed in recent years. Our Multimode scanning probe microscope is capable of operating in several common scanning modes, as STM, AFM, LFM, STS, etc. It consists of four major components: The microscope, the controller, the optical microscope with CCD monitor and the computer workstation. The microscopes contain, a piezoelectric scanner which controls the scanning motion, the head which varies for STMs and AFMs. The controller is the analog system to control the microscope and select image data. The optical microscope and CCD use for monitoring the cantilever and sample. And computer workstation supplies the scanning, image displaying and processing. The SPM can scan a wide variety of samples with scan sizes from the atomic level up to 10 microns squares. The SPM is operated easier, for it is installed a monitoring system to observe states of cantilever and sample real—timely.

KEY WORDS: Scanning Probe Microscope, Nano—scale Science And Technology