

激光检测原子力显微镜的研制*

吴浚瀚 成英俊 戴长春 黄桂珍

谢有畅^① 龚立三 白春礼**(中国科学院化学研究所, 北京 100080; 华南师范大学分子生物工程研究中心, 广州 510631; ^① 北京大学化学系, 北京 100871)

关键词 激光检测、AFM

扫描探针显微术 (SPM) 的基本原理最初在 50 年代由 J. A. O'Keefe 提出, 1982 年, Binnig 和 Rohrer 等人研制成功第一台 SPM——扫描隧道显微镜 (STM)^[1], 并因此获得了 1986 年诺贝尔物理学奖。此后, Binnig 又与 Quate 等人合作, 于 1986 年推出第一台原子力显微镜 (AFM)^[2], 和 STM 不同, AFM 是通过探测微探针针尖与被测物质表面原子之间微弱的相互作用力来得到物质表面形貌的信息, 不需在样品与探针之间形成电回路, 不受样品导电性的限制, 因而其应用领域更为广阔。目前, AFM 已发展成为一种十分重要的表面分析

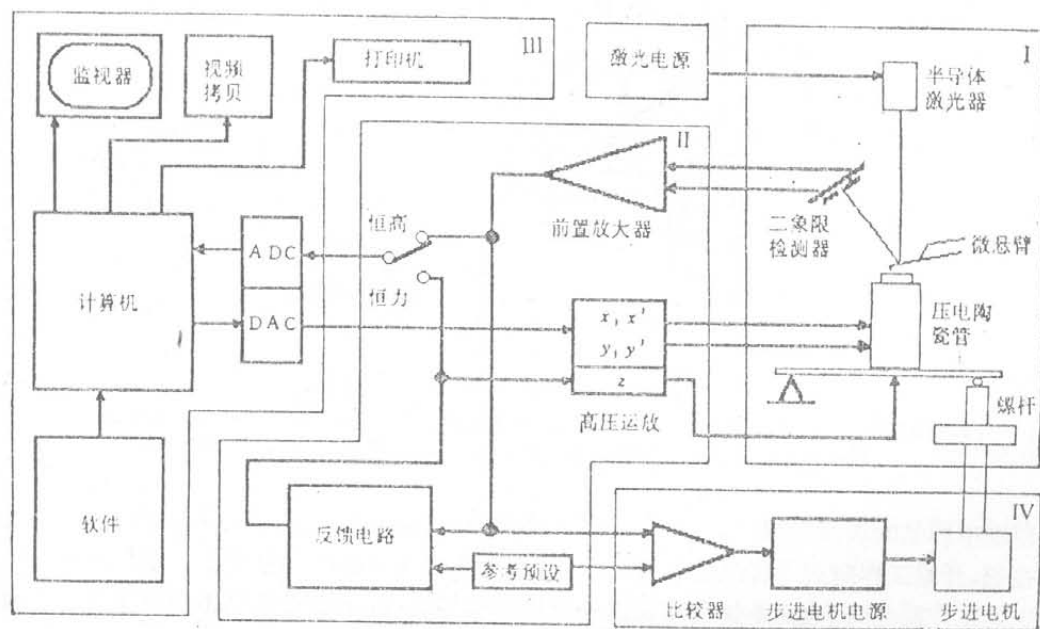


图1 激光检测原子力显微镜系统框图

I. 探头, II. 电子控制系统, III. 计算机控制及软件系统, IV. 步进电机样品自动逼近控制电路

1992-11-17 收稿, 1993-01-22 收修改稿。

* 中国科学院“八五”重大项目和中国科学院化学研究所所长基金资助项目。

** 通讯联系人。

仪器。

1988 年,国外开始对 AFM 进行改进,采用光学微悬臂技术 (Optical level technique),通过测量微悬臂背面反射回来激光束偏转角的变化,来探测微悬臂在样品表面扫描时的微小起伏,得到被测样品的表面形貌,从而研制出了激光检测原子力显微镜(AFM employing laser beam deflection for force detection, Laser-AFM)^[3-5]。激光检测方法,克服隧道结污染的影响,性能稳定,同时减小了微悬臂对样品表面的作用力,有利于研究如生物分子等柔性材料。1989 年,美国加州大学等单位的科学家联合研制成功第一台达到原子级分辨率的 Laser-AFM^[5]。

我们在已有的 STM 和 AFM 基础上^[6,7],成功研制出国内首台全自动 Laser-AFM,横向分辨率为 0.13nm,达到了原子级分辨率,并于 1992 年 12 月 10 日通过中国科学院院级鉴定。

如图 1 所示, Laser-AFM 由探头、电子控制系统、计算机控制及软件系统、步进电机样品自动逼近控制电路四部分构成。探头部分如图 2 所示。半导体激光器发出的激光束,经透镜会聚到微探针头部,由微探针反射回来,再经一反射镜到达光斑位置敏感器——二象限光电检测器上,转化为电信号后,再由前置放大器放大后送给反馈电路。计算机发出的数字信号经 DAC 转化为模拟信号,经高压运放放大后驱动压电陶瓷管作 xy 平面扫描。由于反馈电路的作用,扫描时微悬臂保持不动,样品表面的起伏通过压电陶瓷管 z 方向伸缩进行补偿。同时,计算机通过 ADC 采集每个 x, y 坐标点所对应的反馈电路输出值,再转化为灰度级在监视器上显示出

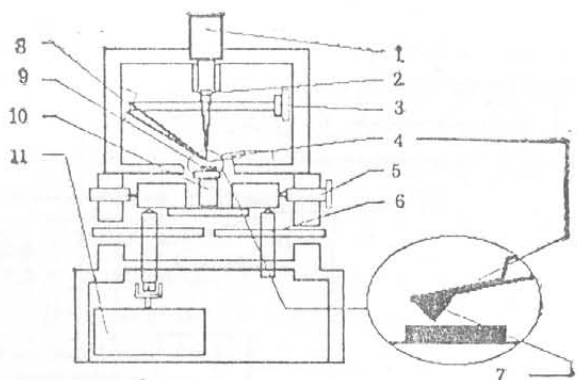


图 2 激光检测原子力显微镜探头示意图

1. 半导体激光器, 2. 会聚透镜, 3. 检测器, 4. 微悬臂, 5. 样品位置调节钮, 6. 样品逼近螺杆, 7. 针尖, 8. 反射镜, 9. 样品, 10. 压电陶瓷管, 11. 步进电机

扫描范围中样品的表面形貌。另外,样品同探针距离调整采用步进电机带动螺杆使样品台升降来控制,开始工作时启动样品逼近开关,样品台上升带动样品向探针逼近,当样品距探针到达设定的工作距离时,检测系统自动发出一负脉冲信号,从而使步进电机迅速停下来,此时系统进入工作状态。

感谢 本工作得到了王培森、李人力及中国科学院化学研究所 STM 室同志的大力协助,在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] Binnig, G., Rohrer, H., *Appl. Phys. Lett.*, 1981, 40: 178—181.
- [2] Binnig, G., Quate, C. F., Gerber, Ch., *Phys. Rev. Lett.*, 1986, 56: 930—933.
- [3] Amer, N. M., Meyer, G., *Bull. Am. Phys. Soc.*, 1988, 33: 319—323.
- [4] Meyer, G., Amer, N. M., *Appl. Phys. Lett.*, 1988, 53: 1045—1017.
- [5] Alexander, S., Hellemans, L., Marti, O. *et al.*, *J. Appl. Phys.*, 1989, 65: 164—167.
- [6] 白春礼, 科学通报, 1989, 34(5): 399—400.
- [7] 白春礼, 中国科学院院刊, 1990, (5): 340—343.