

# 扫描隧道显微镜在工业上的一些应用

吴超明

(东南大学物理系)

Virgil Elings

(美国数字仪器公司)

用扫描隧道显微镜<sup>[1-3]</sup> (STM) 探测原子量级的表面结构,是大家熟知的。除了观察材料表面的原子和分子外,在工业上人们常用 STM 来研究样品的表面特征,扫描范围可以从 0.01  $\mu\text{m}$  到 200.00  $\mu\text{m}$ 。这样的分辨率,扫描电镜 (SEM) 也能达到。不过,SEM 测不出 Z 方向的微小距离,而 STM 却可保持在 Z 方向有较高的分辨率。因此,在工业上用 STM 观察在 Z 方向有微小高差特征的表面结构,例如光滑轴承表面的抛光情况,衍射光栅上锯齿形刻槽的深度,圆珠笔中圆珠表面的粗糙程度等,是十分有效的。这里,我们将介绍用 STM 测量袖珍唱片 (CD) 和集成电路 (IC) 所得到的结果。

CD 片上有许多模压条,隆出表面,以便将数据印在唱片上。这些隆起的模压条大约有 130 nm 高, 600 nm 宽,长度不等。片上则按设计者的需要,具有各种不同的电路图案,按不

同层次排列,高低变化也很陡峭。为了测出它们的图象,STM 中控制 Z 向高度的反馈线路必须反应很快,使探针沿陡壁直上直下而不触及样品表面。我们使用的是美国数字仪器公司生产的 STM——Nano Scope II, 它包括三个部分: 显微镜、控制器和计算机,见图 1。在计算机控制下,一个步进马达微微旋起显微镜基部上的细调螺丝,使探针逐渐逼近样品表面,一旦产生隧道电流,马达自动停止。此时探针便开始扫描,各种需要的参数可通过键盘打入计算机的菜单 (menu), 使扫描运动处于最佳状态,并从屏幕上得到相应的 STM 图象。除了在电子线路、机械传动和计算机软件控制上已保证探针有足够快的反应能力外,在实际测量中,还应做到几点:(1)使用较慢的扫描频率,在 X 方向单次扫描频率一般控制在 0.2—0.5 Hz。(2)选择 400  $\times$  400 象点的成象方式,增加图象层次表现力。(3)样品要放平,使探针在 X 和 Y

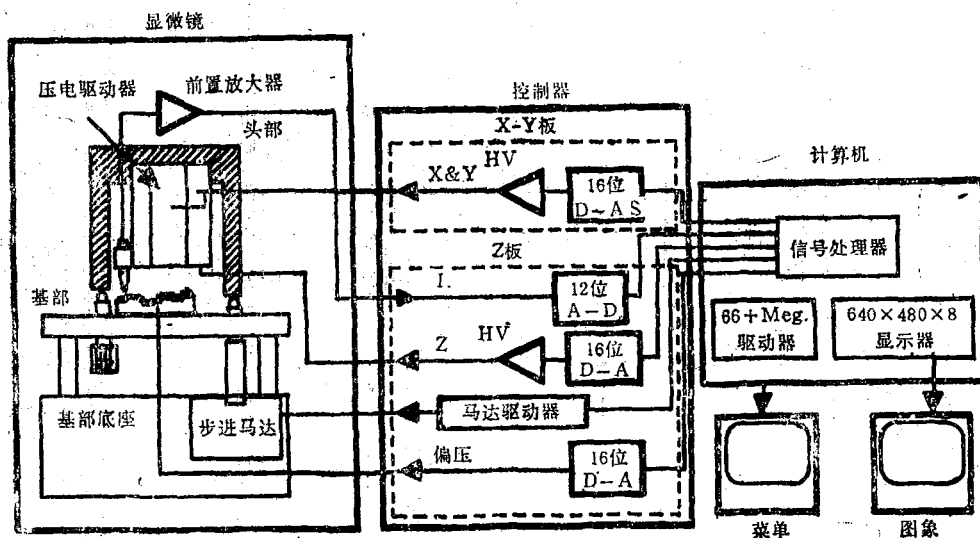


图 1 Nano Scope II 原理方框图

方向上扫描时,没有大的倾斜坡度。(4)使用特制的探针。我们是用化学腐蚀的方法来制作这种探针。方法如下:用钨丝作为探针原材料,将其一端置入5%的亚硝酸钠溶液中2mm,另一端接入电源,如图2(a)所示。用铂-铱合金丝作为电极,浸入溶液后,通上30V的交流电压,便可看到钨丝在溶液中发生了腐蚀作用,先是大量气泡出现,继而出现火花。当火花由钨丝末端逐渐升至液面即将熄灭时,迅速切断电源,并将探针浸入防氧化剂中。此种探针的尖端形状如图2(b)所示,细而尖长,在扫描中可以紧密地靠近CD和IC样品上的竖直边缘,从而产生比较真实的STM图象。

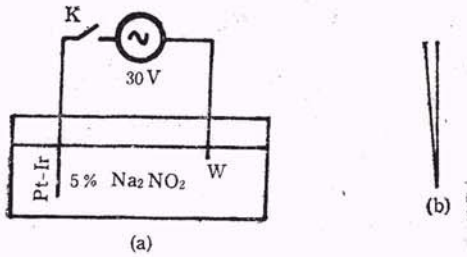


图2 (a) 制作探针示意图; (b) 探针的截面图

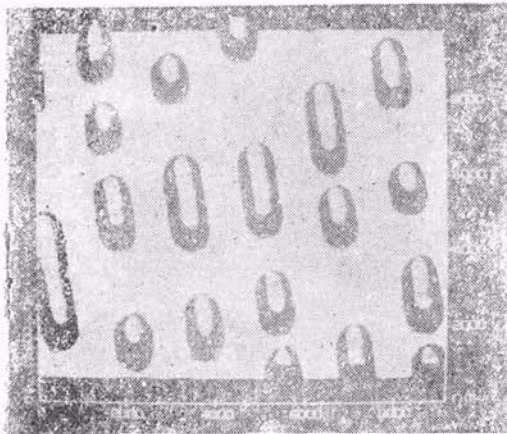


图3 CD 唱片上的模压条块

测量结果可见图3—5。

图3是 $9 \times 9 \mu\text{m}$  CD 表面图。样品与探针间的偏压为200 mV,隧道电流设置点(在仪器上称为 setpoint current,它不是真正的隧道电流,而是反馈线路中的一个重要参数)。

物理

为0.24 nA。

图4是用超大扫描范围( $220 \times 220 \mu\text{m}$ )获得的IC表面结构的表面图,偏压为80 mV,电流设置点为2.7 nA。

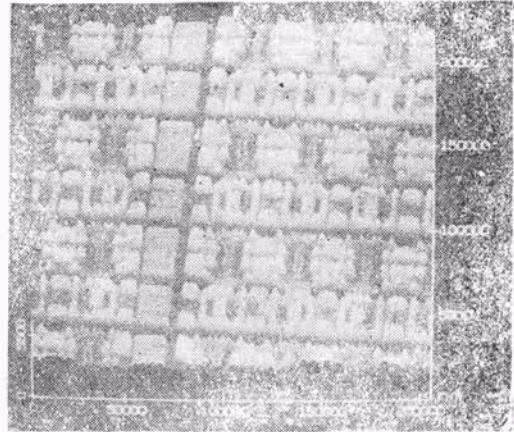


图4 大范围扫描得到的IC表面结构

图5是一个反映某IC片上局部区的三维立体线扫描图,偏压为80 mV,电流设置点为4.4 nA。从图5中可以清楚地看到高低不同层次在Z方向上的差别。

由以上可见,STM获取的信息十分有助于制造厂商监视并控制生产,制造出高质量的CD和IC产品。

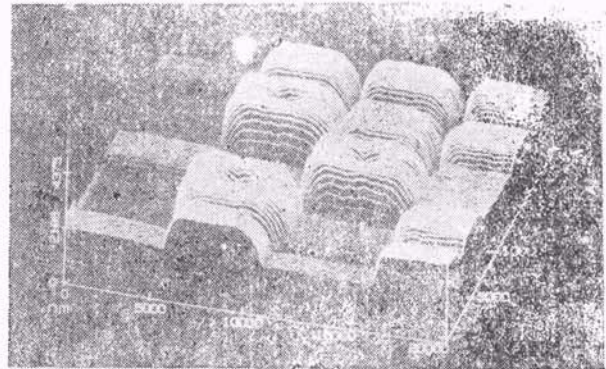


图5 IC的三维立体线条图

- [1] G. Bining et al., *Phys. Rev. Lett.*, 49(1982), 57.
- [2] G. Bining and H. Rohrer, *Surf. Sci.*, 126(1983), 236.
- [3] G. Bining et al., *Phys. Rev. Lett.*, 50(1983), 120.