



[12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 02260944. X

[45] 授权公告日 2003 年 10 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 2577274Y

[22] 申请日 2002. 10. 24 [21] 申请号 02260944. X

[73] 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市嘉定区嘉定镇清河路 390 号

[72] 设计人 徐文东 干福熹

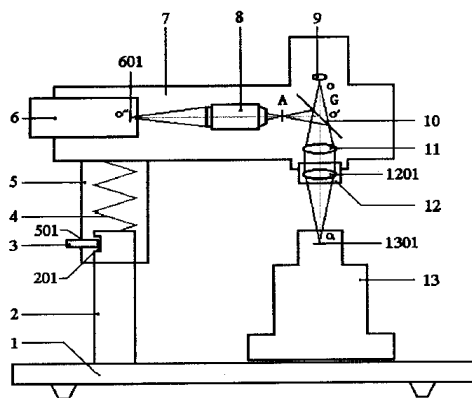
[74] 专利代理机构 上海开祺专利代理有限公司
代理人 李兰英

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 实用新型名称 扫描探针显微镜上的观察装置

[57] 摘要

一种扫描探针显微镜上的观察装置，包括由套在底座上不动立柱上的可动套筒内的压簧构成的粗调焦机构。置放可动投影物镜的外套与机壳活动连接构成的精调焦机构。在置放在可动套筒顶上且压在压簧上面的机壳内，置有由不动投影物镜和可动投影物镜构成的投影物镜组。光源的发光中心置于不动投影物镜的焦点上。不动投影物镜经半反半透分光板反射光束的焦点在普通显微物镜的物面上。本实用新型的观察装置符合扫描探针显微镜对观察显微镜的要求，具有较长的工作距离，较大的数值孔径，调焦机构简单，操作方便，能够准确方便地观察扫描探针显微镜头部上的探针针尖。



1. 一种扫描探针显微镜上的观察装置, 包括:

<1>底座(1), 置于底座(1)上有带探针针尖(1301)的扫描探针显微镜头部(13);

<2>有机壳(7), 机壳(7)内置有光源(9), 置有普通显微物镜(8)以及接收面(601)置放在普通显微物镜(8)像面(o'')上的摄像头(6);

其特征在于:

<3>固定在底座(1)上有不动立柱(2), 在不动立柱(2)的顶端套有可动套筒(5), 在可动套筒(5)套进不动立柱(2)的部位上有螺孔(501), 在不动立柱(2)套进可动套筒(5)对着可动套筒(5)的螺孔(501)的部位上有凹陷的导向槽(201), 有拧紧螺钉(3)从可动套筒(5)的螺孔(501)内旋进伸到不动立柱(2)上的导向槽(201)内, 可动套筒(5)内置有压簧(4);

<4>所说的机壳(7)置于可动套筒(5)顶上压在压簧(4)上;

<5>在机壳(7)内有不动投影物镜(11), 光源(9)的发光中心(o)置于不动投影物镜(11)的焦点上, 与不动投影物镜(11)构成投影物镜组的有可动投影物镜(1201), 可动投影物镜(1201)置于与机壳(7)活动连接的外套(12)内, 可动投影物镜(1201)的焦点(o_1)焦在扫描探针显微装置头部(13)上的探针针尖(1301)上;

<6>在光源(9)与不动投影物镜(11)之间, 与不动投影物镜(11)和可动投影物镜(1201)的中心光轴(oo_1)成 45° 角置放的中心点(o')在中心光轴(oo_1)上的半反半透分光板(10);

<7>所说的普通显微物镜(8)的中心光轴($o'o''$)穿过半反半透分光板(10)的中心点(o')而垂直于不动投影物镜(11)和可动投影物镜(1201)的中心光轴(oo_1), 不动投影物镜(11)经半反半透分光板(10)反射的焦点在普通显微物镜(8)的物面(A)上。

扫描探针显微镜上的观察装置

技术领域:

本实用新型是一种扫描探针显微镜(以下简称为 SPM)上的观察装置。主要适用的 SPM 是指利用光学杠杆原理探测针尖起伏的 SPM。

背景技术:

SPM 在提供给用户时,一般都配有一个观察装置,它起到了选择样品测量区域,观察探测针尖的逼近,监视 SPM 运行的作用。在 SPM 的大多数应用当中这几乎是不可缺少的设备,因为 SPM 的扫描范围很小,一般小于 $10\mu\text{m}$,如果没有观察装置的帮助,探测针尖就很难定位于所要测量的区域;同时,如果没有观察装置的帮助,探测针尖极易在逼近和 SPM 运行过程中损坏。用于 SPM 上的观察装置与一般显微镜比较有许多特殊要求:1、作为与 SPM 配合的独立仪器,要求物镜工作距离长(一般大于 50mm),以不妨碍 SPM 头部的运行。2、物镜数值孔径大,以便光线不被 SPM 头部内的反射镜全部遮住。3、共光路反射式照明,光强可变,主要与 SPM 头部的结构和工作要求(选择样品测量区域、观察探测针尖的逼近时,可采用较强的光,以便提高图像的质量;监视 SPM 运行时需要较弱的光,以便不引入噪声)有关。4、采用电荷耦合器件(CCD)作为探测器与监视器,方便观察也便于 SPM 单独防尘、温湿度控制。5、为调节方便,有粗调焦(以便 SPM 头部装卸)和精调焦机构(物镜数值孔径大,因而焦深短)。在先技术中没有一种显微装置能满足上述所有要求。在先技术中的普通显微装置没有这么大的工作距离(参见《光学技术手册》,王之江主编,下册,机械工业出版社,北京,1994年,第3章<放大镜和显微镜>,3<显微镜的基本结构>,3.2<物镜和镜筒透镜>,p646~648)。在先技术中的体视显微镜虽然有较大的工作距离,但数值孔径较小,而且是采用非共光路的反射照明结构(参见《光学技术手册》,王之江主编,下册,机械工业出版社,北京,1994年,第3章<放大镜和显微镜>,4<各种显微术装置及其显微镜>,4.9<体视显微镜>,p657~658)。

发明内容:

本实用新型扫描探针显微镜上的观察装置,包括:有底座 1,置于底座 1 上有带探针针尖 1301 的扫描探针显微镜头部 13;有机壳 7,机壳 7 内置有光源 9,置有普通显微物镜 8 以及接收面 601 置放在普通显微物镜 8 像面 o'' 上的摄像头 6;固定在底座 1 上有不动立柱 2,在不动立柱 2 的顶端套有可动套筒 5,在可动套筒 5 套进不动立柱 2 的部位上有螺孔 501,在不动立柱 2 套进可动套筒 5 对着可动套筒 5 的螺孔 501 的部位上有凹陷的导向槽 201,有锁紧螺钉 3 从可动套筒 5 的螺孔 501 内旋进伸到不动立柱 2 上的导向槽 201 内,可动套筒 5 内置有压簧 4;所说的机壳 7 置于可动套筒 5 顶上压在压簧 4 上;在机壳 7 内有不动投影物镜 11,光源 9 的发光中心 o 置于不动投影物镜 11 的焦点上,与不动投影物镜 11 构成投影物镜组的有可动投影物镜 1201,可动投影物镜 1201 置于与机壳 7 活动连接的外套 12 内,可动投影物镜 1201 的焦点 o_1 焦在扫描探针显微镜头部 13 上的探针针尖 1301 上;在光源 9 与不动投影物镜 11 之间,与不动投影物镜 11 和可动投影物镜 1201 的中心光轴 oo_1 成 45° 角置放的中心点 o' 在中心光轴 oo_1 上的半反半透分光板 10;所说的普通显微物镜 8 的中心光轴 $o'o''$ 穿过半反半透分光板 10 的中心点 o' 而垂直于不动投影物镜 11 和可动投影物镜 1201 的中心光轴 oo_1 ,不动投影物镜 11 经半反半透分光板 10 反射的焦点在普通显微物镜 8 的物面 A 上。

如上所述的本实用新型的用于 SPM 上的观察装置,可以说包括三大部分,底座和扫描探针显微头部部分、粗调焦支架部分和显微放大部分。

底座和扫描探针显微头部部分:包括底座 1 和置于底座 1 上的扫描探针显微镜头部 13,扫描探针显微镜头部 13 顶端固定有探针针尖 1301。

粗调焦支架部分:包括固定在底座 1 上的不动立柱 2,在不动立柱 2 的顶端同轴地套有可动套筒 5,可动套筒 5 内有压簧 4,可动套筒 5 套住不动立柱 2 的壁上有螺孔 501,有锁紧螺钉 3 由可动套筒 5 壁上的螺孔 501 内旋进伸到不动立柱 2 的导向槽 201 内,锁紧螺钉 3 在不动立柱 2 上的导向槽 201 内可以上下滑动,因此可动套筒 5 套住不动立柱 2 上端外部沿不动立柱 2 轴线的方向伸缩,但不会旋转,当调到需要的高度时通过可动套筒 5 上螺孔 501 内锁紧螺钉 3 进一步旋进,顶在不动立柱 2 上,则可使可动套筒 5 与不动立柱 2

的相对位置固定(即锁紧)。

显微放大部分：包括机壳 7，机壳 7 置在上述的可动套筒 5 的顶上压在压簧 4 上，固定在机壳 7 内的有光源 9，在光源 9 发射的光束 G 前进的方向上置有的半反半透分光板 10，光源 9 的发射中心 o 和半反半透分光板 10 的分光面的中心 o' 的连线构成中心光轴 oo_1 ，中心光轴 oo_1 与不动立柱 2 的轴线平行，半反半透分光板 10 的分光面与中心光轴 oo_1 成 45° 角放置。在透过半反半透分光板 10 的透射光束前进方向上，对称轴线位于中心光轴 oo_1 上，依次置有的不动投影物镜 11、置于外套 12 内的可动投影物镜 1201，光源 9 的发光中心 o 位于不动投影物镜 11 的焦点上，由光源 9 发射的光束透过不动投影物镜 11 后成为平行光，再透过可动投影物镜 1201 后在可动投影物镜 1201 的焦点 o_1 处会聚成一点，此焦点 o_1 处恰好是扫描探针显微镜头部 13 内固定的探针针尖 1301，由探针针尖 1301 反射的光束再经过可动投影物镜 1201 和不动投影物镜 11 的透射，入射到半反半透分光板 10 上，由半反半透分光板 10 的分光面反射光进入通过半反半透分光板 10 的分光面的中心点 o' 且与中心光轴 oo_1 垂直的光轴 o'o'' 上的普通显微镜物镜 8，再射入摄像头 6 内的接收面 601 上。普通显微镜物镜 8 的物面 A 位于不动投影物镜 11 的焦点上。而接收面 601 位于普通显微镜物镜 8 的像面 o'' 上。光束经半反半透分光板 10 的分光面反射后会聚在普通显微镜物镜 8 的物面 A 上，经过普通显微镜物镜 8 后会聚在接收面 601 上，也就是说，探针针尖 1301 通过可动投影物镜 1201 和不动投影物镜 11 的透射以及半反半透分光板 10 的分光面反射成像在普通显微镜物镜 8 的物面 A 上，经普通显微镜物镜 8 成像在摄像头 6 的接收面 601 上，以便观察。半反半透分光板 10、不动投影物镜 11、普通显微镜物镜 8 和摄像头 6 均固定在机壳 7 内；置放可动投影物镜 1201 的外套 12 与机壳 7 外壳的连接是螺纹连接或卡口连接。可动投影物镜 1201 同轴地装在外套 12 内，如果外套 12 与机壳 7 是螺纹连接，则外套 12 外有细牙螺纹，与机壳 7 外壳的相应螺孔配合，也就是说，随着外套 12 的旋进旋出，可动投影物镜 1201 可边旋转边沿着中心光轴 oo_1 移动，实现精调焦，则在外套 12 可移动的范围，也就是在可动投影物镜 1201 可移动的范围，通过移动可动投影物镜 1201，保证探针针尖 1301 位于可动投影物镜 1201 的焦点 o_1 上。如图 1 所示。

所说的半反半透分光板 10 是一个表面上镀有对光源 9 发射的光束反射率

为 50%，透射率为 50%的半反半透膜层的玻璃平行平板。所说的半反半透分光板 10 的分光面就是镀有半反半透膜层的表面。

本实用新型的显微装置如上所述的结构。观察探针针尖 1301 时，首先松开锁紧螺钉 3，使机壳 7 和可动套筒 5 依靠压簧 4 的弹性自然远离底座 1，由于凹陷的两端是封闭的导向槽 201 的作用，可动套筒 5 不会完全离开不动立柱 2，可动套筒 5 始终有一部分套在不动立柱 2 外。光源 9 发射的光束 G 透过半反半透分光板 10 后，依次经不动投影物镜 11 以及可动投影物镜 1201 的透射后会聚于可动投影物镜 1201 的焦点 o_1 上。在底座 1 上移动扫描探针显微镜头部 13，使扫描探针显微镜头部 13 内的探针针尖 1301 位于中心光轴 oo_1 的附近，也就是说位于经可动投影物镜 1201 会聚后的光斑中心附近。给机壳 7 施以向下(和重力方向一致)的外力，使机壳 7 向底座 1 方向逐渐移动，当探针针尖 1301 处的光斑最小时停止移动，并锁紧锁紧螺钉 3。此时机壳 7 和可动套筒 5 与不动立柱 2 和底座 1 的相对位置就完全固定了，保证了探针针尖 1301 位于可动投影物镜 1201 的焦点 o_1 附近，实现了粗调焦。由探针针尖 1301 反射的光线，依次经可动投影物镜 1201 和不动投影物镜 11 后，在半反半透分光板 10 反射的光束经过普通显微镜物镜 8 后在摄像头 6 的接收面 601 附近呈现探针针尖 1301 放大的像。旋转投影物镜可动组 1201 的外套 12，使可动投影物镜 1201 边旋转边沿着中心光轴 oo_1 移动，直到探针针尖 1301 放大的像位于摄像头 6 的接收面 601 上，这时可看到清晰的探针针尖 1301 的像，也就是实现了精调焦。若探针针尖 1301 的像不在图像的中央即光轴 $o'o''$ 上，可在底座 1 上继续移动扫描探针显微镜头部 13，使扫描探针显微镜头部 13 内的探针针尖 1301 位于中心光轴 oo_1 上，此时探针针尖 1301 的像将位于图像的中央。

本实用新型的优点：与在先技术相比，首先本实用新型的粗调焦和精调焦机构非常简单，采用上述的粗调焦机构，当更换样品或探针针尖 1301 需将 SPM 头部移开时，只需松开锁紧螺钉 3，依据弹性，机壳 7 被弹起带动可动投影物镜 1201 远离 SPM 头部，这个动作迅速而安全。机壳 7 由于压簧 4 有足够的弹力不会反方向压向 SPM 头部，而且由于凹陷的封闭导向槽 201，机壳 7 又不会弹出。因 SPM 要求本显微装置有较大的数值孔径，以便光线不被 SPM 头部内的反射镜完全遮住，因此本显微装置的焦深就不会很长，精调焦机构是需要的，本显微装置的外套 12 可以旋进旋出的机构完全可以满足要求。

其次光学系统非常简单，投影物镜组(包括不动投影物镜 11 和可动投影物镜 1201)可以是放大倍率为-1 的投影物镜，这样的话，不动投影物镜 11 和可动投影物镜 1201 可以采用完全相同的透镜组，加工成本降下来了；本实用新型的图像放大功能由普通显微镜物镜 8 承担，更换普通显微镜物镜 8，可以得到不同的放大倍数，这样保证了系统灵活而且价格便宜，因为普通显微镜物镜 8 的价格已经非常便宜了。总的说来，投影物镜组的加入是本显微装置的关键，它达到了普通显微镜物镜所不能达到的长工作距离和大数值孔径的结合，实现了精调焦的功能(可动投影物镜 1201 和不动投影物镜 11 之间是平行光路)，同时照明光束也较容易地从投影物镜组加入(不需要任何专门的照明用透镜组或透镜，是临界照明方式，且便于判断粗调焦的位置，也就是说，当探针针尖 1301 处的光斑最小时粗调焦过程就可以结束了)。由于没有一般显微镜的任何多余功能，容易做到极其简单地实现它，并可使它具有与 SPM 一同工作时和谐的外观。在纯成像光路(从半反半透分光板 10 起，透过普通显微镜物镜 8 直到摄像头 6 的接收面 601)的任何空气间隔中或任何表面上都可以加一个或几个滤光片或滤光膜，以减弱进入摄像头 6 的来自 SPM 头部的激光束，避免为同时看到探针针尖 1301 上的激光斑和探针针尖 1301 本身而使照明光强增强(较强的照明光束会对 SPM 工作产生影响)。

附图说明：

图 1 是本实用新型的扫描探针显微镜上的观察装置的结构示意图。

具体实施方式：

如图 1 所示。光源 9 采用 15W 的碘素灯。投影物镜组(包括可动投影物镜 1201 以及不动投影物镜 11)的放大倍率为-1，工作距离 50mm，数值孔径 0.25，可动投影物镜 1201 以及不动投影物镜 11 均采用相同的双胶合镜片，焦距 $f=56\text{mm}$ ，对称放置。普通显微镜物镜 8 采用普通 10 倍金相显微镜物镜。摄像头 6 为 1/4"彩色电荷耦合器(CCD)摄像头。按上述的调整过程观察探针针尖 1301 可以看到清晰的影像为止，分辨率优于 $2\mu\text{m}$ 。具体实施本实用新型时，所用的生产成本很低，与扫描探针显微镜配套时，有和谐的外观，完全达到上述的几点要求。

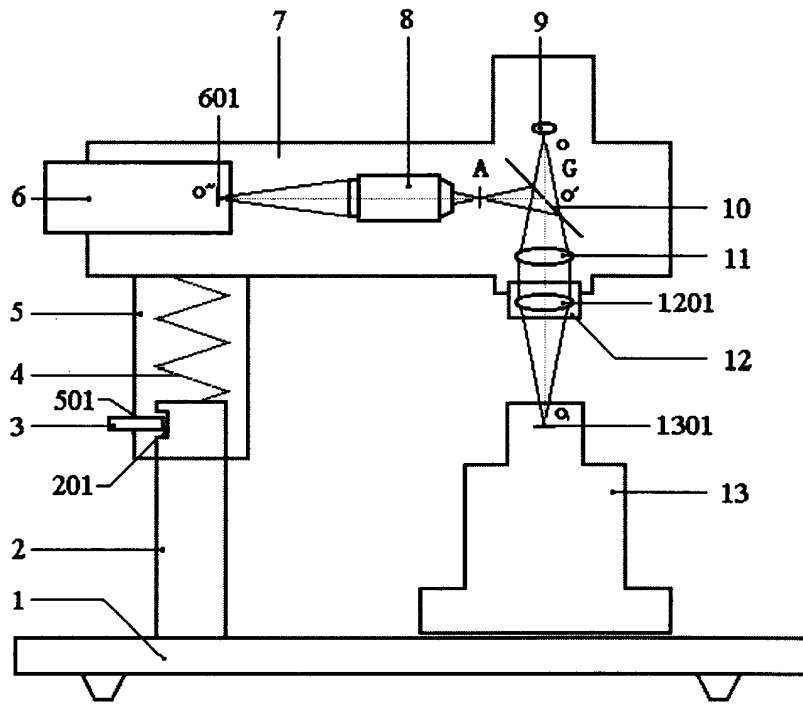


图 1