



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101601100 B

(45) 授权公告日 2013.06.12

(21) 申请号 200780045194.5
 (22) 申请日 2007.10.31
 (30) 优先权数据
 0621560.2 2006.10.31 GB
 (85) PCT申请进入国家阶段日
 2009.06.05
 (86) PCT申请的申请数据
 PCT/GB2007/004160 2007.10.31
 (87) PCT申请的公布数据
 W02008/053217 EN 2008.05.08
 (73) 专利权人 因菲尼泰西马有限公司
 地址 英国牛津郡
 (72) 发明人 安德鲁·汉弗里斯 大卫·卡托
 (74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
 代理人 康建峰 苗迎华
 (51) Int. Cl.
 G12B 21/22 (2006.01)
 G01N 13/10 (2006.01)
 (56) 对比文件
 CN 1359468 A, 2002.07.17,
 EP 0854350 A1, 1998.07.22,
 US 7022976 B1, 2006.04.04,

CN 1632515 A, 2005.06.29,
 CN 2465175 Y, 2001.12.12,
 XUEFENG WANG ET AL. Multifunctional probe array for nano patterning and imaging. 《NANO LETTERS》. 2005, 第5卷(第10期), 1867-1872.
 SHAMUS MCNAMARA ET AL. Ultracompliant thermal probe array for scanning non-planar surfaces without force feedback Ultracompliant thermal probe array for scanning non-planar surfaces without force feedback. 《JOURNAL OF MICROMECHANICS & MICROENGINEERING》. 2005, 第15卷(第1期), 237-243.
 LANGE D ET AL. CMOS 10-CANTILEVER ARRAY FOR CONSTANT-FORCE PARALLEL SCANNING AFM. 《TRANSDUCERS '01 EUROSensors XV. 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOLID-STATE SENSORS AND ACTUATORS. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. MUNICH》. 2001, 第2卷 1074-1077.

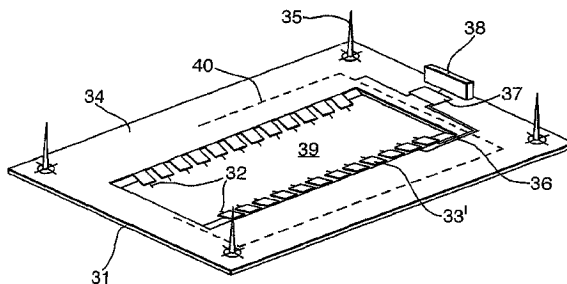
审查员 王敏

权利要求书3页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称
 用于扫描探针显微镜的探针组件

(57) 摘要

本发明公开了一种用于扫描探针显微镜中的探针组件。所述探针组件包括具有一组至少三个基本相同的探针的托架,每个探针具有位于该组探针末端所共有的平面上、并且可移动离开该平面的末端。所述组件还包括寻址装置,该寻址装置适于选择该组探针中的一个探针以用于相对于探针中的大多数其余探针的相对移动。这样的组件具有便于快速地、可能自动地替换使用过的探针的潜力,适合用于高速扫描设备中。



CN 101601100 B

1. 一种用于在包括远距离光源的扫描探针显微镜中使用的探针组件,所述探针组件包括托架,所述托架具有:

第一组至少三个探针,每个探针具有末端,所述末端位于该组探针末端所共有的平面上并且能够移动离开该平面;以及

寻址装置,所述寻址装置包括施加到每个探针的至少一个附加层,所述附加层由与每个探针的材料不同的材料形成,由此形成多层结构,所述多层结构包括具有不同热膨胀率的至少两层,

其中,所述寻址装置适用于通过利用所述远距离光源加热所述多层结构,来选择该组探针中的一个探针以用于相对于该组探针中的大多数其余探针的相对移动。

2. 根据权利要求 1 所述的探针组件,其中,所述托架包括用于附接到显微镜上的座的装置。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的探针组件,其中,所述托架还包括第二组至少三个相同的探针,所述第二组探针具有与所述第一组探针相同或不同的类型。

4. 根据权利要求 3 所述的探针组件,其中,所述寻址装置被布置为从所述第一组中选择一个探针和 / 或从所述第二组中选择一个探针。

5. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,其中,全部探针被布置为彼此平行。

6. 根据权利要求 5 所述的探针组件,其中,所述托架具有限定延伸贯穿所述托架的至少一个槽的内边缘,并且其中沿着一个或更多个所述内边缘安装探针。

7. 根据权利要求 6 所述的探针组件,其中,在所述托架的相应的相对内边缘上提供至少一个第一探针和至少一个第二探针。

8. 根据权利要求 7 所述的探针组件,其中,所述至少一个第一探针和至少一个第二探针彼此交叠,使得它们的末端被布置排成一行。

9. 根据权利要求 2、或者当权利要求 3 至 8 从属于权利要求 2 时权利要求 3 至 8 中任一项所述的探针组件,其中,所述用于附连的装置包括用于存储每个探针的信息的装置。

10. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,还包括一体基板,在所述一体基板上提供全部探针,所述一体基板安装在所述托架上。

11. 根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的探针组件,其中,全部探针中的每个探针具有相应的基板,所述每个探针通过所述相应的基板安装到所述托架上。

12. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,其中,所述组至少三个探针是从以下一组探针类型中选择的类型的探针:接触模式探针;动态模式探针;纳米光刻探针;适于电容测量的探针;响应于局部磁场和 / 或电场的探针;适于光近场显微术的探针;标准纵横比探针;高纵横比探针;具有不同的末端半径的探针。

13. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,其中,全部探针中的至少一个探针具有 100nm 或更小的末端曲率半径。

14. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,其中,全部探针中的至少一个探针具有小于 2Nm^{-1} 的弹性常数。

15. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,其中,全部探针的末端均匀地分布在所述共有平面内。

16. 根据权利要求 1 至 14 中任一项所述的探针组件,其中,与全部探针中的其余探针相

比,至少两个探针在所述共有平面内被不同地间隔开。

17. 根据权利要求 1 至 14 中任一项所述的探针组件,其中,至少两个探针具有在所述共有平面内能够调整的间距。

18. 根据权利要求 15 或 16 所述的探针组件,其中,在第一探针坯上提供探针,在第二探针坯上提供第二探针,并且其中在所述第一和第二探针的末端之间的间距是固定的。

19. 根据权利要求 17 所述的探针组件,其中,在第一探针坯上提供第一排探针,在第二探针坯上提供第二排探针,并且其中所述第一和第二排探针的末端之间的间距是能够调整的。

20. 根据权利要求 19 所述的探针组件,其中,所述第一和第二探针坯中的至少一个探针坯包括用于改变所述两个探针坯的相对位置的可调整隔离器。

21. 根据权利要求 19 或 20 所述的探针组件,其中,在相应的第一和第二探针坯的相应的相对边缘上提供至少一个第一探针排和至少一个第二探针排。

22. 根据权利要求 21 所述的探针组件,其中,所述第一和第二探针排彼此交叠,使得所述第一和第二探针排中的探针末端被排列成一行。

23. 根据权利要求 22 所述的探针组件,其中,每个探针排位于与其它探针排共有的平面上,探针排中的每个探针末端位于与所述探针排中的其余探针末端共有的平面上,每个探针排具有相应的寻址装置。

24. 根据权利要求 23 所述的探针组件,其中,所述寻址装置适于选择至少一个探针排以用于相对于全部探针中的不在所选探针排中的其余探针中的大多数探针的相对移动,并且还适于从所选探针排中选择一个探针以用于相对于全部探针中的在所述探针排中的其余探针中的大多数探针的相对移动,所选探针是在所选探针排中被移动为距与不在所选探针排中的其余探针中的大多数探针最远的探针。

25. 根据任一前述权利要求所述的探针组件,其中,所述共有平面平行于样本台。

26. 一种扫描探针显微装置,包括:样本台;根据权利要求 1 至 25 中任一项的探针组件;座;远距离光源,用于从所述探针组件中选择探针;以及检测系统,用于当选中的探针相对于样本进行扫描时,检测所述选中的探针的位置。

27. 根据权利要求 26 所述的扫描探针显微装置,其中,所述显微镜还包括用于将选中的探针与所述检测系统对准的装置。

28. 一种利用具有样本盘和检测系统的扫描探针显微镜来研究样本表面的方法,所述方法包括以下步骤:

将样本安装在所述扫描探针显微镜的样本盘上;

将根据权利要求 1 至 25 中任一项的探针组件安装在所述扫描探针显微镜中;

将来自所述远距离光源的光引导到一个或更多个探针,以使寻址到的探针的探针末端相对于全部探针中的其余探针移动到所述共有平面之外,由此选择一个或更多个用于扫描所述样本表面的探针;

将选中的探针定位在所述样本表面之上;

将所述扫描探针显微镜的检测系统与所述一个或更多个选中的探针对准;

产生在所述一个或更多个选中探针与所述样本表面之间的相对移动;以及

利用所述检测系统监测所述一个或更多个探针对其与所述样本的相互作用的响应。

29. 一种根据权利要求 28 所述的方法,还包括以下步骤:

将来自所述远距离光源的光引导到第二批一个或更多个探针,以使寻址到的探针的探针末端相对于全部探针中的其余探针移动到所述共有平面之外,由此选择一个或更多个用于扫描所述样本表面的探针;

将所述第二批选中的探针定位在所述样本表面之上;

将所述扫描探针显微镜的检测系统与所述第二批选中的探针对准;

产生在所述第二批选中探针和所述样本表面之间的相对移动;以及

利用所述检测系统监测所述一个或更多个探针对其与所述样本的相互作用的响应。

30. 根据权利要求 29 所述的方法,其中,所述对准所述检测系统的步骤被自动执行。

31. 一种用于在扫描探针显微镜中使用的探针组件,所述探针组件包括具有第一组至少三个探针的托架以及寻址装置,其中每个探针具有末端,所述末端位于该组探针末端所共有的平面上并且能够移动离开该平面,并且所述寻址装置适于选择所述组探针中的一个探针以用于相对于所述组探针中的大多数其余探针的相对移动,其特征在于,

所述寻址装置包括:

施加到每个探针的至少一个附加层,所述附加层由与每个探针的材料不同的材料形成,由此形成多层结构,所述多层结构包括具有不同热膨胀率的至少两层;以及

远距离光源,用于加热所述多层结构。

32. 根据权利要求 3 或 4 所述的探针组件,其中,所述第二组中的探针与所述第一组中的探针相比是不同类型的探针。

用于扫描探针显微镜的探针组件

[0001] 本发明涉及扫描探针显微镜领域,具体而言,涉及用于这样的显微镜中的探针。本发明特别地但不是唯一地适合用于原子力显微镜。

[0002] 扫描探针显微术领域始于 20 世纪 80 年代早期扫描隧道显微镜的发展。从那时起各种探针显微镜得以发展,虽然它们都基于相同的基本操作原理:单独的纳米尺度的探针在本发明表面之上机械地扫描以便获得样本空间的“相互作用图”。每个不同类型的扫描探针显微镜 (SPM) 由局部探针的性质及其与样本表面的相互作用来表征。

[0003] 一些探测技术,比如扫描近场光学显微术 (SNOM),检测由于探针与被照亮的样本的相互作用而产生的光子或监测其它相关特性,比如吸附、极化、波长等等。其它探测技术基于对探针-样本相互作用力的变化的检测。这后一组中的技术一般被称为扫描力显微术 (SFM)。相互作用力例如可以是原子间的(原子力显微术或“AFM”)、磁性的(磁力显微术或“MFM”)、电的(电力显微术或“EFM”)。

[0004] 原子力显微术 (AFM) 是最常使用的扫描探针显微技术。在以接触模式操作的典型 AFM 的情况下,探针是悬臂端部上的锐利末端,当与样本极为接近时,其响应于末端和样本之间的原子间相互作用力而弯曲。通常使用光杠杆技术以测量悬臂相对于悬臂座或相对于在没有力作用在末端上的情况下的零位置的弯曲(偏转)。AFM 可以在两种状况之一下操作:恒定力或恒定高度。一般地,AFM 在恒定力状况下操作,其中使用反馈环路,以通过响应于悬臂的偏转的任何变化而向上或向下移动样本(或末端)来保持恒定的相互作用力。

[0005] 典型的操作模式是接触和动态操作。在接触模式中,在扫描进行时末端和样本保持紧密接触,即,处于原子间相互作用的排斥状态。普通的动态操作模式是间歇接触模式,其中致动器以其谐振频率驱动悬臂,使得探针末端仅在其振荡周期的很小部分期间接触样本表面。动态操作的另一形式是非接触模式,其中悬臂在样本上方一定距离振动,使得原子间相互作用力不再是排斥的。

[0006] 探针显微术的最新进展导致更快的数据收集时间。在 W02005/008679 中描述了设计用于高速扫描的探针显微镜的示例。在该文献中,显微镜的探针被改进为使得当受到外部施加的力时,偏置力以比由探针末端在探测样本时的移位引起的恢复力更大的量值使探针末端和样本之一或两者彼此相向地推进。这使得探针能够比常规的扫描探针显微镜更快地扫描样本表面。

[0007] 最新的发展力求提高扫描速度,但是在扫描速度不断提高的情况下,由于磨损、污染或损耗等等,每个探针末端需要以更短的时间间隔被更换。显微镜效率的进一步提高因此受限于替换磨损或损坏的探针或在不同类型的探针之间进行交换所需要的时间。

[0008] 使扫描速率加快的一种方法涉及使用探针阵列以在大样本表面区域之上同时扫描。可在 US 6,423,967 和 US 2004/0256552 中发现以这种方式使用探针阵列的示例。尽管探针阵列可使得较大表面区域能够同时被扫描,但是在需要更换探针时经历相同的延迟。

[0009] 在 US 5,705,814 中描述了一种扫描探针显微镜,其中可通过这些过程的自动化来交换或替换探针。因此,显微镜的探针座结合有夹紧装置,所述夹紧装置被机械地、电磁地或靠空气作用地致动,以便拾取并保持各个悬臂探针。各个悬臂探针存放在保持器中,保

持器在新的探针要被安装在显微镜中时取代样本台上的样本,并且利用来自探针检测系统的信号自动进行探针座与位于保持器中的各个悬臂探针的对准。

[0010] 另外,在 US 2004/0256552 中描述了一种扫描探针显微镜,其包括用于将多个单独探针存放在保持器中并用于将探针单独地在探针保持器与探针座之间自动转移而不需要样本移位的装置。

[0011] 虽然以上提到的现有技术通过用于在显微镜中安装探针的过程至少部分自动化来提供效率上的一些改进,但是现有技术解决方案增加了显微镜、尤其是探针座的设计的复杂度,这是不期望的。

[0012] 本发明因此力求提供一种适合用于扫描探针显微镜中的改进探针,其使得与被替换的探针相同或不同的替换探针能够极快地与显微镜的检测系统对准。

[0013] 本发明因此提供一种用于扫描探针显微镜中的探针组件,所述探针组件包括具有第一组至少三个探针的托架,每个探针具有末端,所述末端位于该组探针末端所共有的平面上并且能够移动离开该平面,其特征在于,所述探针基本相同,并且所述组件还包括寻址装置,所述寻址装置适于选择所述组探针中的一个探针以用于相对于探针中的大多数其余探针的相对移动。

[0014] 优选地,探针组件还包括第二组至少三个基本相同的探针。此外,寻址装置可被布置为从第一组中选择一个探针和/或从第二组中选择一个探针。第二组中的探针与第一组中的探针相比可以是不同类型的探针。

[0015] 理想情况下,寻址装置包括到每个探针的相应电连接装置。在一个实施例中,所述相应电连接装置可包括用于在探针和远距离电极之间施加电势的装置。在另一个实施例中,每个探针包括弹性支撑梁,寻址装置还包括与相应电连接装置相连以便使支撑梁弯曲的压电材料。在又一个实施例中,每个探针包括弹性支撑梁,寻址装置包括施加到支撑梁的至少一个附加层,所述附加层由与支撑梁的材料不同的材料形成,由此形成多层结构,所述多层结构包括具有不同热膨胀率的至少两层。优选地,通过相应的电阻加热器或远距离光源来加热所述多层材料。

[0016] 探针组件还可包括一体基板,在一块基板上提供所述探针,一体基板安装在托架上。

[0017] 可选地,所述探针中的每个探针可具有相应的基板,所述探针通过相应的基板安装到托架上。

[0018] 优选地,所述组至少三个探针是从以下一组探针类型中选择的类型的探针:接触模式探针;动态模式探针;纳米光刻探针;适于电容测量的探针;响应于局部磁场和/或电场的探针;适于光近场显微术的探针;标准纵横比探针;高纵横比探针;具有不同的末端半径的探针。

[0019] 此外,期望探针中的至少一个探针具有曲率半径为 100nm 或更小的末端。优选地,探针中的至少一个探针具有小于 2Nm^{-1} 的弹性常数。探针可被布置为彼此基本平行。

[0020] 在一个实施例中,托架具有限定延伸贯穿托架的至少一个槽的内边缘,其中沿着一个或更多个所述内边缘安装探针。优选地,在探针支架的相应的相对内边缘上提供至少一个第一探针和至少一个第二探针。此外,所述至少一个第一探针和至少一个第二探针可以彼此交叠,使得它们的末端被布置排成一行。

[0021] 优选地,托架还包括用于将所述托架附连到显微镜上的座的装置。用于附连的装置可以包括用于存储每个探针的信息的装置。此外,用于附连的装置也可以包括用于选择探针的多路复用器。

[0022] 在一个实施例中,探针末端基本均匀地分布在共有平面内。备选地,与探针中的其余探针相比,至少两个探针可在共有平面内被不同地间隔开。

[0023] 在另一实施例中,在第一探针支架上提供探针,在第二探针支架上提供第二探针,在第一和第二探针的末端之间的间距是固定的。备选地,探针可以具有在共有平面内能够调整的间距。

[0024] 在又一实施例中,在第一探针支架上提供第一排探针,在第二探针支架上提供第二排探针,第一和第二排探针的末端之间的间距是能够调整的。优选地,第一和第二探针支架中的至少一个探针支架包括用于改变两个探针支架的相对位置的可调整隔离器。在相应的第一和第二探针支架的相应的相对边缘上提供至少一个第一探针排和至少一个第二探针排。在这种情况下,第一探针排和第二探针排可以彼此交叠,使得探针末端被排列一行。优选地,每个探针排位于与其它探针排共有的平面上,所述探针排中的每个探针末端位于与所述探针排中的其余探针末端共有的平面上,每个探针排具有相应的寻址装置。在一个优选实施例中,寻址装置适于选择至少一个探针排以用于相对于探针中的不在所选探针排中的其余探针中的大多数探针的相对移动,并且还适于从所选探针排中选择探针之一以用于相对于该探针排中的探针中的大多数其余探针的相对移动,所选探针是在所选探针排中被移动为距与不在所选探针排中的其余探针中的所述大多数探针最远的探针。

[0025] 优选地,所述共有平面基本平行于样本台。

[0026] 本发明还提供一种扫描探针显微装置,包括:样本台;座;检测系统以及如在此处描述的附连到座的探针组件。所述显微镜还可以包括用于将选中的探针与检测系统对准的装置。这使得能够用组件中的另一探针自动替换探针,这在需要替换探针的情况下在进一步改善总的的数据收集时间方面是有利的。

[0027] 在另一方面,本发明提供一种利用具有样本盘和检测系统的扫描探针显微镜来研究样本表面的方法,所述方法包括以下步骤:将样本安装在扫描探针显微镜的样本盘上;将这里描述的探针组件安装在扫描探针显微镜中;对一个或更多个探针进行寻址,以使寻址到的探针的探针末端相对于探针中的其余探针移动到共有平面之外,由此选择一个或更多个用于扫描样本表面的探针;将选中的探针定位在样本表面之上;将扫描探针显微镜的检测系统与一个或更多个选中的探针对准;产生在一个或更多个选中探针与样本表面之间的相对移动;以及利用检测系统监测一个或更多个探针对其与样本的相互作用的响应。可利用探针的轮流选择来重复该过程,可自动执行与检测系统对准的过程。

[0028] 图 1 示意性地示出一种适于与本发明的改进探针一起使用的常规原子力显微镜;

[0029] 图 2 示出根据本发明的用于扫描探针显微术的探针组件的第一实施例;

[0030] 图 3 示出根据本发明的用于扫描探针显微术的探针组件的备选实施例;

[0031] 图 4 示出根据本发明的探针组件上的具有两个探针的悬臂的结构;以及

[0032] 图 5a、5b、5c 以及 5d 示出根据本发明的探针组件的四个备选实施例。

[0033] 图 1 示出总体上由 10 表示的原子力显微镜 (AFM),作为一种可采用本发明的改进探针的 AFM 的示例。然而,应当理解本发明不限于该 AFM 具体设计。相反,本发明适合总体

上与扫描探针显微镜一起使用,然而也可以想到具体的应用。举例来说,本发明适合与用以扫描半导体晶片的表面以便帮助定位和识别缺陷的 AFM(即,晶片检查工具)一起使用。

[0034] AFM 装置一般包括:适于容纳样本 14 的盘形样本台 12;具有悬臂 18 和纳米尺度的探针末端 20 的探针 16(其将在下面更详细地描述);以及用于对悬臂 18 相对于它的座的偏转进行监测的检测系统 22。纳米尺度末端 20 的尖端具有 100nm 或更小的曲率半径,不同尺寸和形状的末端可被用于不同类型的扫描或图像采集。在扫描期间,在探针末端 20 和样本表面之间逐渐产生相互作用力,悬臂 18 的相对偏转或高度指示样本表面状况和相互作用力的强度。

[0035] 探针 16 安装在位置控制装置(例如压电换能器)26 和粗驱动装置 27 上。位置控制装置 26 用于在三个维度上驱动探针,所述三个维度是 x、y 以及 z 方向。作为该领域中的常规情况,笛卡尔坐标系的 z 轴被选取为与样本 14 所占用的平面垂直。也就是说,相互作用力既依赖于探针 16 在样本 14 之上的 xy 位置(探针正在描绘的像素),也依赖于探针 16 在样本 14 上方的高度。

[0036] 在使用中,粗驱动装置 27 用来使探针相对于样本 14 定位,检测系统 22 与探针 16 的背面对准,使得可以监测探针的偏转。然后在检测系统 22 测量由于探针-样本相互作用力而引起的探针 16 的偏转时进行精细的高度和初始启动位置调整。一旦确定了期望水平的相互作用力、并因此确定了探针悬臂的偏转,则利用位置控制装置 26 使探针 16 在样本 14 的表面之上扫描,同时检测系统 22 监测和/或记录探针的高度、偏转或偏转校正。

[0037] 在图 1 中,为了便于参照,示出单个探针 16。在图 2、图 3 以及图 5 中示出根据本发明的探针组件 31、60。探针组件 31,此处可称作探针坯(probe biscuit),具有安装在一体基板 33 上的多个单独探针 32(图 2)。由于各个探针 32 安装在一体基板 33 上,因此可在制造期间非常精确地控制每个探针相对于彼此的空间位置。基板 33 安装在所有探针所共有的托架 34 上。

[0038] 托架 34 包括用于将托架 34 紧固到显微装置的探针座(未示出)的装置,例如,安装插脚 35 或其它常规装置。

[0039] 托架 34 还包括在该实施例中为电连接装置形式的寻址装置 36,其为每个探针 32 提供到外部电源(未示出)的单独连接。在图 2 的情况下,电源连接装置 36 中的每个可被单独连接到外部电源。然而,如图 3 所示,对于大量的探针,单独的电源连接装置 36 可以有选择地与多路复用器 37 连通,多路复用器 37 适于选择性地各个电源连接装置 36 连接到外部电源 38。虽然每个探针 32 都具有相应的电连接装置 36,但是探针的末端 20 与连接装置 36 相隔离以保证不影响末端-样本的相互作用。

[0040] 在图 3 的替选实施例中,各个探针 32 每个都被提供在相应的基板 33' 上,每个基板被安装在共有托架 34 上。虽然在图 2 中沿着托架 34 的外边缘安装探针,然而在图 3 的情况下可见托架 34 可包括一个或更多个槽 39(在图 3 中仅示出一个槽),沿着槽的内边缘安装探针 32。这在涉及大量探针的情况下特别有用。理想情况下,探针 32 相对于托架 34 并相对于彼此以预定的空间位置被布置。当然,槽可以是任何形状并且仅需要提供内边缘,各个探针安装到所述内边缘上。

[0041] 在探针 32 布置在图 3 所示的探针坯 31 上的情况下,每对相对的探针,即在槽 39 的相对边缘上的探针,处于互补的角度,即它们相对于样本盘的角度和是 180°。这导致在

槽 39 的相对边缘上的探针在不同方向上反射来自检测系统的入射光。因此,在图 3 的探针坯的情况下,检测系统优选地包括用于收集来自槽 39 的两侧的探针的反射光的收集装置。例如,收集系统可以是位置可变的,或可以包括专用于收集从槽的一侧的探针反射的光的附加光学部件。替选地,扫描显微术装置可被调整为包括两个检测系统,槽的每侧有一个检测系统。

[0042] 尽管图 2 和图 3 的探针坯总体上是矩形的,应该理解托架 34 可以具有适合安装在显微装置中的任何形状。而且,在图 3 实施例中不必以补角安装相对的一对探针,这仅是便利的布置。类似地,电连接装置 36 的构造不是要被限制于此处示出的构造。

[0043] 尽管用于将探针坯附连到显微装置的装置可以是任何常规装置,然而优选的实施例(未示出)使托架 34 固定在外罩单元比如筒或盒内以保护探针。外罩本身适于安装在设置有探针坯的显微装置上,以便使用。外罩包括盖和/或基座,盖和/或基座可被移动或移除以便使探针暴露于样本和检测系统,以备使用。对于外罩包括盖和基座的情况,盖和基座可分别或一起被移动或移除。可在安装之前或作为安装过程的一部分移动或移除盖和/或基座。然而,优选的是在安装外罩之后移动或移除盖和/或基座,使得外罩在安装过程中保持密闭以保护探针。

[0044] 除了保护之外,外罩也可协助探针与显微镜系统的对准。探针坯可被准确定位在外罩中,使得将外罩手动定位在显微镜系统上的设定位置(其可由槽、沟等表示)中使探针坯至少接近准备好被使用。

[0045] 此外,外罩也可用来存放包含与各个探针有关或与组件本身有关的校准或其它信息的芯片。如下面更详细描述,这样的信息可用于探针坯的自动重新对准以选择替换探针。所述芯片也可用于监测每个探针的使用,并且在使用单独的探针时被更新。这样的信息可用来将探针用途限制于例如期望探针按照要求的规范操作的大量扫描。

[0046] 探针坯 31 起到用于扫描探针显微术的各个探针 32 的贮藏器的作用:这不是要同时使用探针坯 31 上的所有探针。相反,借助寻址装置 36 来选择探针坯上的探针 32,以便单独或成批使用。通过降低选中的探针以便使所述探针接触或接近样本的表面,或通过提升所有未选中的探针,来执行选择。因此,当没有探针被选中时,每个探针的探针末端位于共有平面中。当探针中的一个或多个探针被选中时,使选中的探针或所有未选中的探针的探针末端相对于探针中的其余探针移出共有平面。

[0047] 为了实现探针选择,可在样本 14 下方布置下电极(未示出),探针坯 31 上的探针 32 都适于被选择以起到第二电极的作用。例如,通过在样本 14 下方的下电极和探针 32 中的单个探针之间施加电势差来选择探针 32。这产生推动选中的探针 32 向下电极、并因此向样本 14 弯曲的吸引力。对于扫描探针显微镜用于晶片检查的情况,晶片自身可用作下电极。

[0048] 如图 3 所示,可在探针坯 31 之上、在探针坯与样本 14 相对的一侧上提供上电极 40(用虚线表示)。在显微装置中正使用竖直检测系统的情况下,上电极可以是涂有例如 TiO_2 的导电材料的玻璃层的形式,以便保证光跨越玻璃层及其涂层向和从探针 32 传输。当然,如果在显微装置中采用非竖直的光学检测系统或非光学检测系统,则不需要上电极透光。在这种情况下,通过在探针和上电极 40 的涂层之间施加电势,探针将被吸向上电极 40,因此远离样本 14。因此,在该实施例中,向除了电极中除了选中电极之外的所有电极施加电

势。

[0049] 在第三实施例中,提供了在样本 14 下方的下电极和在探针坯 31 上方的上电极。通过该实施例,下电极通过电源电连接到上电极 40,使得能够在样本 14 和托架 31 上建立起电磁场。通过借助各个电连接装置 36 向选中的探针 32 施加电势,可以使一个或更多个探针根据施加到其上的电势而朝向或远离下电极、并因此朝向或远离样本 14 移动。

[0050] 另一替选方式涉及使用远距离寻址装置,所述间接寻址装置用于例如通过在选中的探针上吹送惰性气体或空气来相对于选中的探针产生压力梯度,以使选中的探针向样本偏转。

[0051] 为了使推动寻址到的探针脱离探针末端的共有平面所必需的场强最小,每个探针的支撑梁可被调整为例如通过至少加宽支撑梁的基座(见图 4)来增大其表面积,由此增大支撑梁在由所施加的电势引起的电场中经受的力。这在具有一般用于动态模式操作中的高弹性常数悬臂的探针的情况下是特别理想的。

[0052] 对于这里所描述的探针组件,探针的悬臂中的一个或更多个悬臂可设计为被机械地减振和/或包括用于施加外力的装置,这在某些成像技术中是有利的。

[0053] 上电极和下电极可由比如压电材料的电致动材料替代,电致动材料单独提供在每个探针上以使得探针能够朝向或远离样本 14 而弯曲。在另一替选方式中,可通过在每个探针上提供双层(或更多层)的条带来实现各个探针的选择以及由此各个探针朝向或远离样本的移动。每层由具有不同膨胀系数的材料制成。这样,条带在受热时弯曲,这将移动探针。这些层可以是金属、硅或氮化硅,或呈现不同膨胀系数特性的其它材料。硅或氮化硅的优点在于它们是用于探针制造的通用材料,因此探针自身可形成一层条带。每个双层条带可借助连接到局部电连接装置 36 的电阻加热器被单独加热,或者可以例如借助来自激光器的光被远距离加热,在这种情况下可省略电连接装置 36。

[0054] 为了清楚起见,在图 2、图 3 和图 5 中仅示出少量的探针 32。在实践中,可设想每个多探针坯 31 可以具有更多的探针。例如,各个探针可彼此分开从小到几微米直到几十微米,或更大距离。这使得能够在 5cm 的探针坯的单个边缘上提供数百个探针。如图 3 所示,每个探针坯可包括多个边缘,从而进一步增加提供在每个探针坯上的探针的总数。

[0055] 对于每个探针坯 31,一旦一个探针磨损或损坏,显微装置仅需要重新对准到同一探针坯上的第二探针以便继续扫描。此外,显微装置的重新对准所消耗的时间可保持为最小,这是由于探针坯上的每个探针具有与所有其它探针的已知空间关系。这另外意味着显微装置的重新对准可被自动进行。例如,显微装置的检测系统可用于对准同一探针坯上的替代探针。替选地,可结合模式识别程序来使用探针的光学成像,以使检测系统与新选中的探针自动对准。在又一实施例中,探针坯的每个探针可被分配唯一的识别码以及所存储的探针相对于同一探针坯上的其它探针的空间位置。这使得能够对显微装置的检测系统与同一探针坯上的新探针的对准以及通过将选中的探针连接到电源来选择新的探针进行计算机化控制。此外,在探针彼此替换的顺序是预定的情况下,可以进行自动化的重新对准而无需各个探针识别码。

[0056] 还应该注意,探针坯 31 可包括多个不同类型的探针,所述不同类型的探针可被单独选择并使得能够进行不同类型的样本分析而无需在扫描当中移除或替换探针座。例如,可提供在单个探针坯上的不同类型的探针为:一般具有低弹性常数(例如 $< 2\text{N/m}$)的接触

模式探针；一般具有较高弹性常数（例如 $> 10\text{N/m}$ ，一般是 40N/m ，有时更高）的动态模式探针；具有硬化涂层比如钻石的纳米光刻探针；以及具有特定用于3D成像的凹形末端的探针。在一些情况下，在单个基板33上制造不同类型的探针是困难的。在这些情况下，探针可被提供在各个基板上，然后各个基板被安装到共有托架上，如图3所示。

[0057] 具体而言，探针坯31可以包括可被单独选择的多个具有不同纵横比的探针和/或具有不同锐利度的探针。纵横比和锐利度是探针的通常令人困惑的不同特征，因此有必要说明区别。探针的锐利度由探针末端的尖端的曲率半径限定。曲率半径越小，探针末端越锐利。另一方面，纵横比是探针末端的长度相对其基座的宽度的比率。也就是说，纵横比是在探针到其末端的尖端逐渐变细时对梯度的测量。标准的探针一般具有纵横比 $< 5 : 1$ 的末端；高纵横比探针一般具有纵横比 $> 10 : 1$ 的末端。高纵横比探针更适合对样本表面的内部结构成像。更锐利的末端提供改进的分辨率。

[0058] 因此，利用具有多个不同类型探针的探针坯，可以对样本区域执行初始的高速检查以便识别感兴趣的位置，然后对识别出的位置执行较慢的、更精细的或补充的扫描，而无需改变探针坯。这是特别有利的，因为利用常规的扫描显微装置，在识别出样本位置的初始扫描之后，很难利用不同的探针准确地返回到样本位置。另外，与采用本发明的探针坯相比，常规的扫描显微方法是非常费时的。

[0059] 使用多探针配置以提供不同特征的扫描的应用在半导体工业中特别有益。在对半导体晶片进行评估的情况下，一旦利用标准的探针末端定位出感兴趣的区域，就可以从同一探针坯中选出更锐利的探针末端来对感兴趣的位置执行较慢的扫描，以提供该选中区域的更详细图像。替选地，可利用具有高纵横比和/或凹形的探针末端来重新扫描感兴趣的区域。更锐利的探针提供对表面的粗糙程度的更高分辨率的测量，而高纵横比的探针末端可进入晶片表面中的孔和沟槽中。

[0060] 替选地，利用探针坯，可以在探针坯上的各个探针之间切换，所述各个探针已被优化用于接触操作模式或动态操作模式。也可以在用于对样本表面成像的探针和用于对该同一表面进行纳米光刻的探针之间进行切换，而无需更换探针坯。

[0061] 下面将会清楚，上述的探针坯与它的可单独选择的探针一起使得安装替选的探针或替换损坏的、污染的或磨损的探针所需的时间能够被最小化。利用本发明的探针坯，只需要使检测系统与同一探针坯上的新探针重新对准，而不是探针的手动或自动移除或替换。此外，对于替换磨损探针的常规方法，相对于旧探针的位置，产生新探针相对于样本表面的位置的不确定性。然而，由于探针坯上的每个探针的相对位置是已知的，可避免样本位置的这种不确定性。

[0062] 图5a、5b、5c以及5d示出探针坯的设计的替选实施例60。探针坯60具有可安装在一体基板61上（图5b和图5d）的多个单独探针32。基板61安装在托架（未示出）上，托架为全部探针所共有，并包括如前所述的安装装置。替选地，托架可被省略而一体基板可被调整用于附连到探针座。由于各个探针32被安装在共有的一体基板61上，因此在制造期间每个探针相对于彼此的空间位置被非常准确地控制。

[0063] 基板61包括寻址装置62，寻址装置62在该实施例中是电连接装置的形式，所述电连接装置为每个探针32提供到外部电源（未示出）的单独连接装置。每个电源连接装置62可单独连接到外部电源，或者，对于大量探针，各个电源连接装置62可以有选择地与多

路复用器 63 连通,多路复用器 63 适于选择性地将各个电源连接装置 62 连接到外部电源。尽管每个探针 32 具有相应的电连接装置 62,然而探针的末端与连接装置 62 相隔离以保证末端-样本表面相互作用不受影响。

[0064] 不考虑用于优先于另一个探针而选择一个探针的选择机制,选择过程自身也可被改变。例如,可响应于第一选择信号而部分地偏转一排探针,然后通过第二选择信号进一步偏转该排中的特定探针。替代地,可响应于第一信号、通过部分偏转来选择第一子组探针,并响应于第二信号、通过部分偏转来选择第二子组。如果仅有一个探针为两个子组所共有,则该探针将是唯一一个被完全偏转的探针,因此被选中以探测样本。

[0065] 虽然在图 5b 中沿着基板 61 的外边缘安装探针 32,但是可以看到在图 5d 的情况下,基板 61 可以包括一个或更多个槽 64(在图 5d 中仅示出一个槽),沿着槽的内边缘安装探针 32。这在涉及大量探针的情况下特别有用。理想情况下,探针 32 相对于基板 61 和相对于彼此以预定空间位置被布置。当然,槽可以是任何形状并仅需要提供内边缘,单独的探针安装在内边缘上。

[0066] 对于前述实施例,尽管图 5a、5b、5c 以及 5d 的探针坯 60 一般是矩形的,但是应该理解基板 61 可以是适合安装在显微镜上的任何形状。类似地,用于将探针坯附连到显微镜的装置可以是任何常规装置,并且电连接装置 62 的构造不是要被限制于这里示出的构造。

[0067] 探针坯 60 起到用于局部探测仪器的各个探针 32 的贮藏器的作用。这不是要同时使用探针坯 60 上的所有探针。相反,借助寻址装置 36 来选择探针坯上的探针 32,以便单独或成批使用。对于所有的实施例,通过降低选中的探针以便使所述探针接触或接近样本表面,或通过提升所有未选中的探针,来执行选择。因此,当没有探针被选中时,每个探针的探针末端位于共有平面中。当探针中的一个或更多个探针被选中时,使选中的探针或所有未选中的探针的探针末端相对于探针中的其余探针移出公共平面。

[0068] 在半导体产业中需要检查半导体晶片的缺陷。在该应用中,可使用具有已知间距的成对探针,以使得显微镜能够同时扫描同一晶片的两个不同区域。因此,由于单个晶片上具有很多相同的特征,探针对可以被选择为使得其对同一晶片上的两个单独位置的相同设备特征单独成像。在两个探针的测量结果之间发现的任何差别,包括在表面高度方面差别,允许有效的缺陷定位和/或分类。

[0069] 当然,应当清楚在使用两个或更多探针的情况下,可以顺序地或同时采集图像。在将执行同时图像采集的情况下,可为每个探针提供相应的检测系统。替代地,可使用单个检测系统,在这种情况下,通过对探针扫描和图像数据的适当同步,探针之一的各个高度测量结果可与由第二探针记录的测量结果和由探针控制器(未示出)提取的图像相交错。两个图像的同时采集是特别有利的,这是由于两个探针高度测量都经受相同的噪声,因此在对两个探针的真实高度测量结果进行的任何比较分析中,噪声被抵消。由于高的环境噪声和振动,这在显微镜用于半导体晶片产品线上的情况下特别适宜。

[0070] 在图 5b 和图 5d 所示的探针坯的情况下,在制造时预定各个探针 32 的间距。然而在图 5a 和图 5c 所示的探针坯的情况下,探针的间距能够借助可调整隔离器 65 来调整。可调整隔离器 65 优选地包括根据所施加的电压而膨胀或收缩的压电材料。因此,在图 5a 的情况下,第二探针坯 61' 经由可变隔离器 65 连接到第一探针坯 61。因此两个探针坯 61、61' 的间距可被调整,由此第一探针坯 61 上的探针和第二探针坯 61' 上的探针之间的间距可以

类似地被调整。对于图 5c 中的探针组件的实施例,两个分开的探针坯上的各个探针彼此面对,它们的末端至少部分交叠。第一探针坯 61 永久地附连到托架杆 66 而第二探针坯 61' 借助可调整隔离器 65 而附连到同一托架杆 66。在这里,也可通过对可调整隔离器 65 的厚度进行调整来改变两个探针坯中每个探针坯上的相应探针的间距 70。

[0071] 对于图 5a 和 5c 所示的探针组件,例如可以调整探针的间距以适应半导体晶片上的不同特征重复。此外,尽管未示出,可提供比如附加隔离器的装置以使得能够在基本上与晶片或样本表面平行的平面中的一个或两个维度上调整探针间距。

[0072] 对于图 5d 所示的探针坯 60 上的探针 32 的布置,每对相对的探针(即,在槽 64 的相对边缘上的探针)处于互补的角度,即,它们相对于样本台的角度之和是 180° 。前面已结合图 3 描述了这样的效果。

[0073] 如前面所述地实现探针选择。用于选择单个探针的机制和方法同样适用于选择用于同时扫描的一对探针。

[0074] 探针坯可用于具有谐振扫描仪的显微镜,而不是常规的 AFM。在这种情况下,探针坯将被安装在谐振器比如一股音叉上。

[0075] 替代地,探针坯 31 可与 WO 2005/008679 中描述的探针显微镜一起使用,该文献的内容通过引用结合于此。对于特别高速的探针显微镜,探针 16 被选择为具有低的弹性常数(例如小于 1Nm^{-1})并具有聚合物涂层,所述聚合物涂层被施加到探针的悬臂 18 的一侧或两侧,这保证探针 16 具有低的 Q 因子。优选的涂层是具有低交联密度的橡胶,交联密度的程度刚好足以保持涂层的一致性。交联可以是化学的(如在常规橡胶中)或物理的(如在热塑性弹性体中)。替代地,可通过其它方法例如电控制来控制探针的 Q 因子,在这种情况下样本和探针位于密闭的粘性环境中。由于探针暴露于液态环境可以充分保证所需的低 Q 因子,因此聚合物涂层可被省略。

[0076] 应注意,上述装置仅说明了本发明对快速扫描技术的适用性。当然应该理解,如前所述,本发明的显微探针同样可适用于较慢扫描方法以及多种不同的扫描探针显微镜。

[0077] 在使用该探针显微镜采集图像时,提供独立于偏转的偏置力,其将探针末端和样本彼此相向地推进。所述偏置力可由施加在样本和探针之间的静电势产生,并且该电势可以是用于选择探针坯中的一个或更多个探针的同一电势。当然可通过其它手段(例如,在适当的情况下为压力梯度或磁性方法)产生偏置力。

[0078] 可通过许多不同的方法来测量探针偏转,这些方法包括但不限于光杠杆技术、干涉测量法和压电涂覆的探针、以及受热探针的辐射输出的热变化检测。此外,尽管优选使用用于控制探针或样本盘移动的压电致动器,但是可以设想涉及例如控制杆或音圈的热膨胀的其它致动器。

[0079] 探针坯也可用于被设计为监测探针与样本之间的其它相互作用的探针显微装置中。其它相互作用的示例可包括光学的、电容性的、电磁的、磁性的、电的、侧向的、剪切力或热的相互作用。

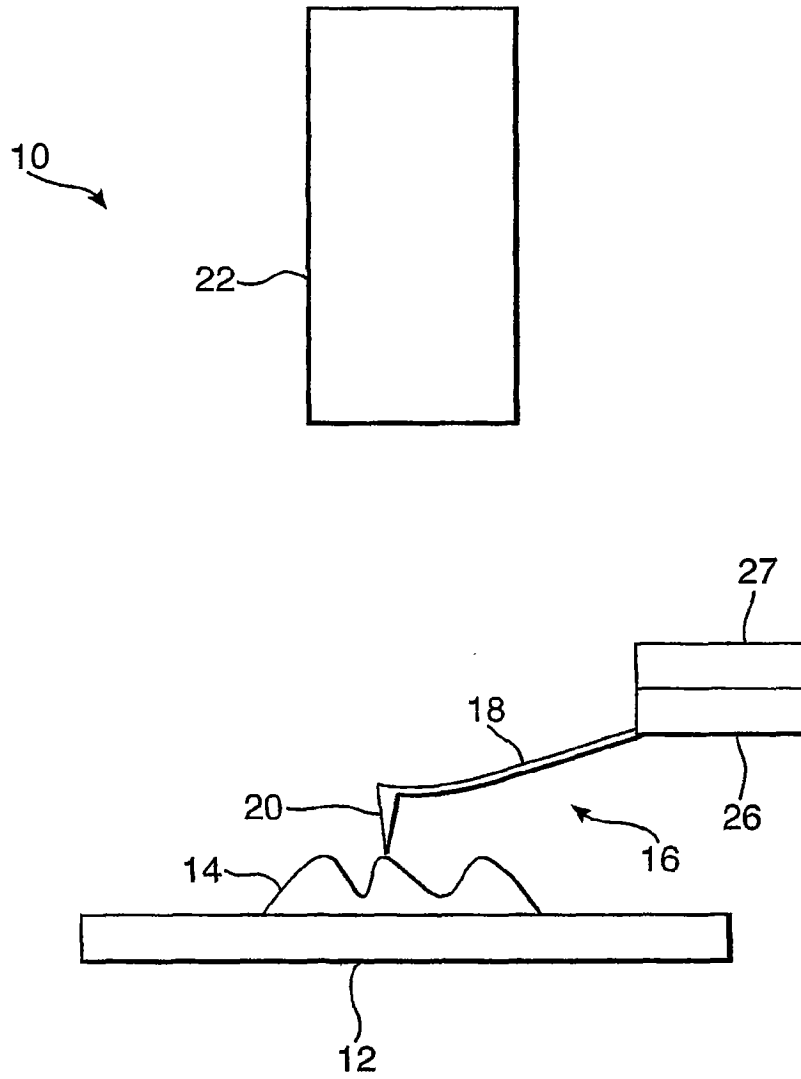


图 1

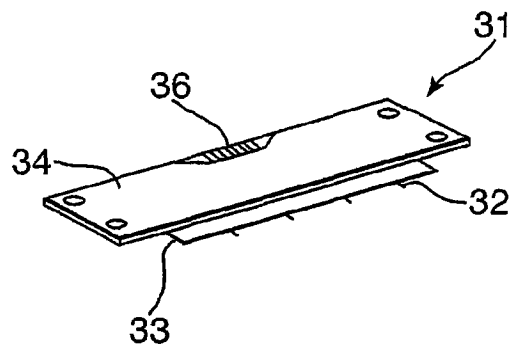


图 2

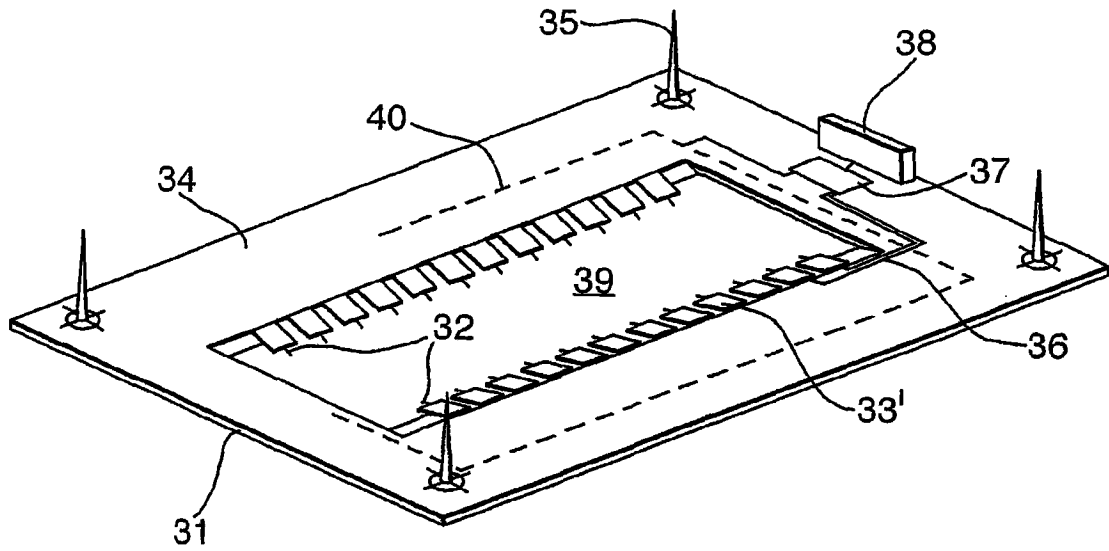


图 3

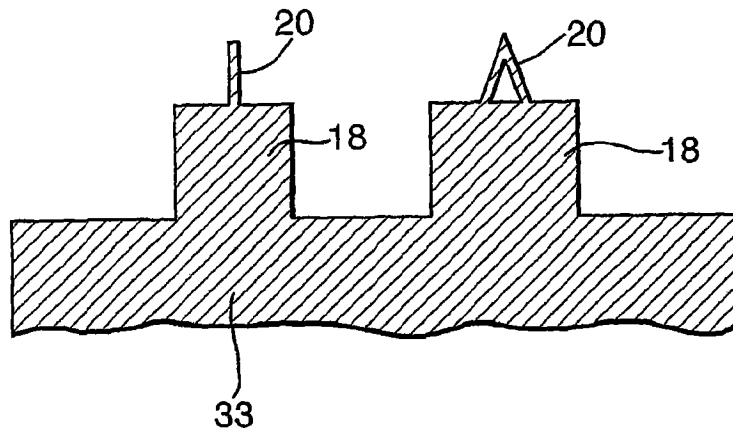


图 4

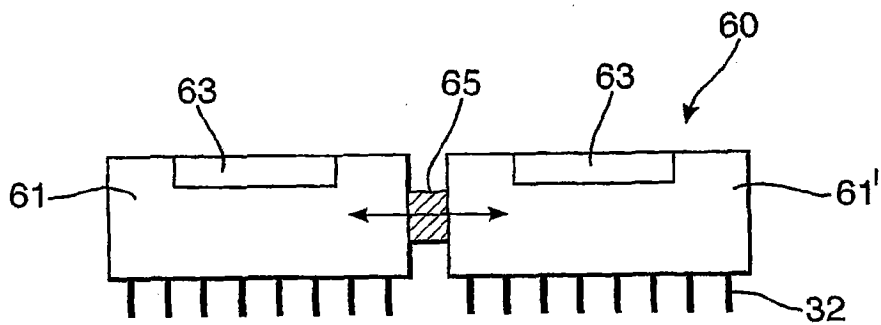


图 5a

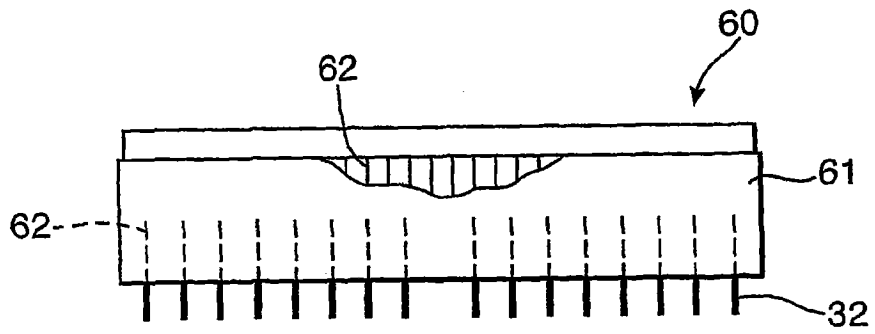


图 5b

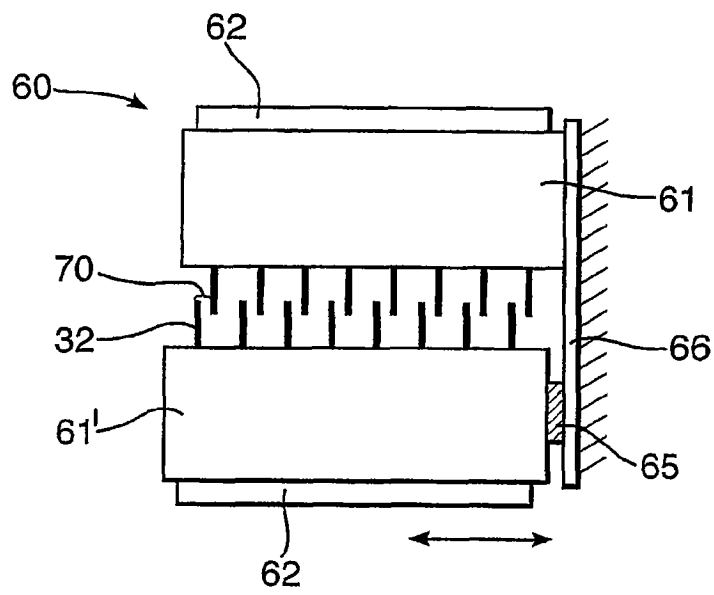


图 5c

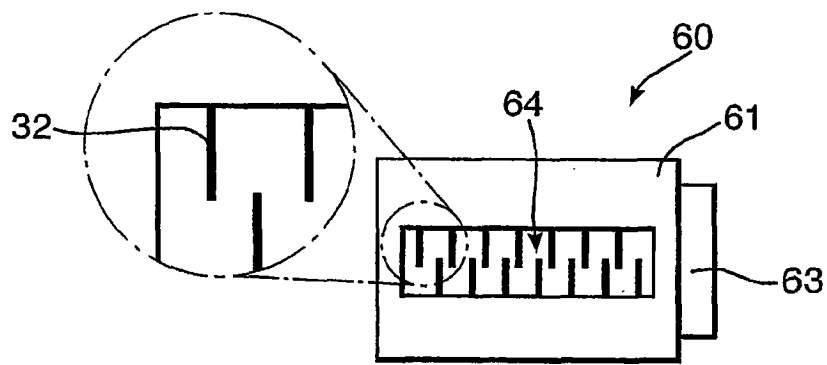


图 5d