



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118679381 B

(45) 授权公告日 2025.03.11

(21) 申请号 202280091478.2

(22) 申请日 2022.02.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 118679381 A

(43) 申请公布日 2024.09.20

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.08.12

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/006342 2022.02.17

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/157164 JA 2023.08.24

(73) 专利权人 三菱电机株式会社
地址 日本

(72) 发明人 津田祐树 林周作 秋山浩一

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 李今子

(51) Int.Cl.
G01N 25/20 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101346099 A, 2009.01.14
CN 101868704 A, 2010.10.20

审查员 于清新

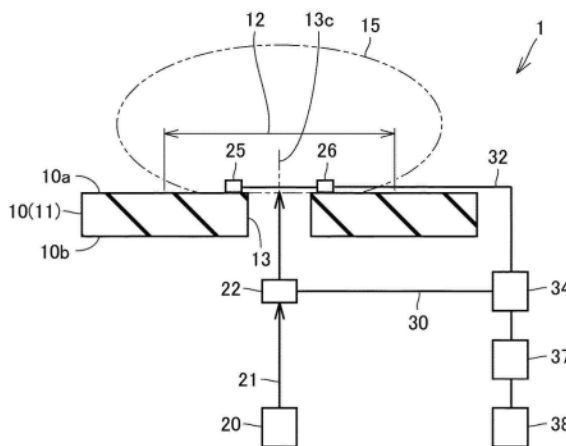
权利要求书2页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

非侵入式物质分析装置

(57) 摘要

非侵入式物质分析装置(1)具备样本支撑板(10)、激励光源(20)、以及温度传感器(25、26)。样本支撑板(10)具有包括样本载置区域(12)的主面(10a)和与主面(10a)相反的一侧的主面(10b)。温度传感器(25、26)设置于主面(10a)上。从样本载置区域(12)延伸至主面(10b)的贯通孔(13)设置于样本支撑板(10)。从激励光源(20)放射的激励光(21)经由贯通孔(13)被照射到载置于样本载置区域(12)上的样本(15)。



1. 一种非侵入式物质分析装置,具备:
样本支撑板,具有包括样本载置区域的第1主面和与所述第1主面相反的一侧的第2主面;
激励光源,朝向载置于所述样本载置区域上的样本放射激励光;
至少一个温度传感器,设置于所述第1主面上;以及
基准温度传感器,设置于所述第1主面上,
在所述样本支撑板设置有从所述样本载置区域延伸至所述第2主面的贯通孔,
所述激励光经由所述贯通孔被照射到所述样本,
所述至少一个温度传感器设置于所述样本载置区域并且与所述样本接触,
所述基准温度传感器设置于所述样本载置区域并且与所述样本接触,
在俯视所述第1主面时,所述基准温度传感器与所述贯通孔之间的第2距离是所述至少一个温度传感器与所述贯通孔之间的第1距离的10倍以上,
根据所述至少一个温度传感器以及所述基准温度传感器的检测值,进行物质分析。
2. 根据权利要求1所述的非侵入式物质分析装置,其中,
所述样本支撑板包括基板以及低热传导膜,该低热传导膜设置于所述基板上并且具有比所述基板低的热传导率,
所述第1主面的至少一部分由所述低热传导膜形成,
所述至少一个温度传感器设置于所述低热传导膜上。
3. 根据权利要求1或者2所述的非侵入式物质分析装置,其中,
所述非侵入式物质分析装置还具备:
周期性强度调制机构,使照射到所述样本的所述激励光周期性地强度调制而产生所述至少一个温度传感器的温度变动幅度信号;以及
物质分析部,
所述物质分析部根据所述至少一个温度传感器的所述温度变动幅度信号,分析所述样本中的或者所述样本的表面上的物质,
所述温度变动幅度信号与所述样本的分析中的、由所述至少一个温度传感器测定的所述样本的温度变动幅度对应。
4. 根据权利要求1或者2所述的非侵入式物质分析装置,其中,所述非侵入式物质分析装置还具备:
信号处理部;以及
物质分析部,
所述至少一个温度传感器是多个温度传感器,
所述信号处理部输出多个温度变动幅度信号的平均,
所述多个温度变动幅度信号分别与所述样本的分析中的、由所述多个温度传感器中的对应的温度传感器测定的所述样本的温度变动幅度对应,
所述物质分析部根据所述多个温度变动幅度信号的所述平均,分析所述样本中的或者所述样本的表面上的物质。
5. 根据权利要求1或者2所述的非侵入式物质分析装置,其中,所述非侵入式物质分析装置还具备:

信号处理部;以及
物质分析部,

所述信号处理部通过用所述基准温度传感器的基准温度变动幅度信号校正所述至少一个温度传感器的温度变动幅度信号,计算所述至少一个温度传感器的已校正温度变动幅度信号,

所述物质分析部根据所述已校正温度变动幅度信号,分析所述样本中的或者所述样本的表面上的物质,

所述温度变动幅度信号与所述样本的分析中的、由所述至少一个温度传感器测定的所述样本的温度变动幅度对应,

所述基准温度变动幅度信号与所述样本的分析中的、由所述基准温度传感器测定的所述样本的温度变动幅度对应。

6. 根据权利要求1或者2所述的非侵入式物质分析装置,其中,
所述至少一个温度传感器包括温度传感器主体,
所述温度传感器主体是热电偶、热电堆、热敏电阻或者二极管。

7. 根据权利要求6所述的非侵入式物质分析装置,其中,
所述至少一个温度传感器还包括覆盖所述温度传感器主体的保护膜。

8. 根据权利要求1或者2所述的非侵入式物质分析装置,其中,
所述至少一个温度传感器包括:第1光波导,被入射探测光;波导型环形谐振器,与所述第1光波导光学地耦合;以及第2光波导,与所述波导型环形谐振器和检测所述探测光的强度的光强度检测器光学地耦合。

非侵入式物质分析装置

技术领域

[0001] 本公开涉及非侵入式物质分析装置。

背景技术

[0002] 日本特表2017-519214号公报(专利文献1)公开了具备光学介质、红外光源、探测光源、以及光电二极管的非侵入式分析系统。具体而言,在光学介质上载置生物体样本。红外光源放射红外光。红外光经由光学介质照射到生物体样本。红外光被生物体样本吸收,生物体样本发热。生物体样本的吸收热的程度依赖于样本中的或者样本的表面上生物体成分的量或者浓度。

[0003] 探测光源朝向光学介质放射作为可见光的探测光。探测光在光学介质与生物体样本之间的界面处内部全反射,从光学介质射出。生物体样本的吸收热传到光学介质,使光学介质的折射率变化。光学介质的折射率的变化对光学介质与生物体样本之间的界面处的探测光的内部全反射带来影响,使从光学介质射出的探测光的行进方向变化。光电二极管作为光位置传感器发挥功能,检测探测光的行进方向的变化。根据用光电二极管检测的探测光的行进方向的变化,测定生物体成分的量或者浓度。例如,当样本是患者的皮肤的情况下,作为生物体成分测定患者的血糖值。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特表2017-519214号公报

发明内容

[0007] 但是,在专利文献1公开的非侵入式分析系统中,生物体样本的吸收热快速扩散到光学介质整体。因此,由于生物体样本的吸收热引起的探测光的行进方向的变化小,无法准确地分析样本中的或者样本的表面上生物体成分。本公开是鉴于上述课题完成的,其目的在于,提供一种能够更准确地分析样本中的或者样本的表面上物质的非侵入式物质分析装置。

[0008] 本公开的非侵入式物质分析装置具备样本支撑板、激励光源以及温度传感器。样本支撑板具有包括样本载置区域的第1主面和与第1主面相反的一侧的第2主面。激励光源朝向载置于样本载置区域上的样本放射激励光。温度传感器设置于第1主面上。在样本支撑板设置有从样本载置区域延伸至第2主面的贯通孔。激励光经由贯通孔被照射到样本。

[0009] 在本公开的非侵入式物质分析装置中,在样本支撑板设置有激励光通过的贯通孔。因此,激励光不被样本支撑板吸收,而以更强的光强度到达样本。样本的吸收热增加。另外,样本的吸收热在样本支撑板的厚度方向(第1主面和第2主面相互相向的方向)上难以散发。在对样本照射激励光时从温度传感器输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本中的或者样本的表面上物质。

附图说明

- [0010] 图1是实施方式1的非侵入式物质分析装置的概略俯视图。
- [0011] 图2是实施方式1的非侵入式物质分析装置的、图1所示的剖面线II-II中的概略剖面图。
- [0012] 图3是实施方式1的非侵入式物质分析装置的概略部分放大剖面图。
- [0013] 图4是锁相放大器的电路图。
- [0014] 图5是示出实施方式1的非侵入式物质分析方法的流程的图。
- [0015] 图6是示出实施例1以及比较例1-1、1-2的标准化温度变动幅度的仿真结果的图。
- [0016] 图7是实施方式1的变形例的非侵入式物质分析装置的概略剖面图。
- [0017] 图8是实施方式2的非侵入式物质分析装置的概略剖面图。
- [0018] 图9是示出实施例2以及比较例2-1、2-2的标准化温度变动幅度的仿真结果的图。
- [0019] 图10是实施方式3的非侵入式物质分析装置的概略俯视图。
- [0020] 图11是实施方式3的非侵入式物质分析装置的、图10所示的剖面线XI-XI中的概略剖面图。
- [0021] 图12是实施方式4的非侵入式物质分析装置的概略俯视图。
- [0022] 图13是实施方式4的非侵入式物质分析装置的、图12所示的剖面线XIII-XIII中的概略剖面图。
- [0023] 图14是实施方式5的非侵入式物质分析装置的概略俯视图。
- [0024] 图15是实施方式5的非侵入式物质分析装置的、图14所示的剖面线XV-XV中的概略剖面图。
- [0025] 图16是实施方式6的非侵入式物质分析装置的概略俯视图。
- [0026] 图17是实施方式6的非侵入式物质分析装置的、图16所示的剖面线XVII-XVII中的概略剖面图。
- [0027] (符号说明)
- [0028] 1、1b、1c、1d、1e、1f:非侵入式物质分析装置;10:样本支撑板;10a、10b:主面;11:基板;12:样本载置区域;13:贯通孔;13c:中心轴;14:低热传导膜;15:样本;20:激励光源;21:激励光;21b:光照射区域;22:光学斩波器;23:分束器;24:光检测器;25、26、50:温度传感器;27:温度传感器主体;28:保护膜;30、32:电气布线;34:锁相放大器;35:乘法器;36:低通滤波器;37:信号处理部;38:物质分析部;40、41:基准温度传感器;45:光学介质;51:第1光波导;51a、51b:端;52:波导型环形谐振器;53:第2光波导;53a、53b:端;54:包层;55、56:终端部;58:探测光源;59:光强度检测器。

具体实施方式

- [0029] 以下,说明实施方式。此外,对同一结构,附加同一参照编号,不反复进行其说明。
- [0030] 实施方式1.
- [0031] 参照图1至图4,说明实施方式1的非侵入式物质分析装置1。参照图1以及图2,非侵入式物质分析装置1具备样本支撑板10、激励光源20、光学斩波器22、温度传感器25、26、锁相放大器34、信号处理部37、以及物质分析部38。
- [0032] 样本支撑板10具有主面10a和与主面10a相反的一侧的主面10b。主面10a包括载置

样本15的样本载置区域12。样本15例如是如患者的手指、手腕、手臂、耳垂或者嘴唇那样的生物体样本。在本实施方式中,样本支撑板10由基板11构成。基板11由针对激励光21不透明的材料形成。基板11例如由如聚乙烯、聚碳酸酯、聚氨酯或者丙烯酸树脂等那样的塑料或者玻璃形成。

[0033] 在样本支撑板10中,设置有从样本载置区域12延伸至主面10b的贯通孔13。在俯视主面10a时,样本15的大小大于贯通孔13的大小。

[0034] 激励光源20朝向载置于样本载置区域12上的样本15放射激励光21。激励光21的波长是根据样本15中的或者样本15的表面上的物质的吸收波长决定的。激励光21例如是中红外光。激励光21的波长例如是 $6.0\mu\text{m}$ 以上。激励光21的波长也可以是 $8.0\mu\text{m}$ 以上。激励光21的波长例如是 $13.0\mu\text{m}$ 以下。激励光21的波长也可以是 $11.0\mu\text{m}$ 以下。激励光21也可以是具有多个波长的光。例如,在使用非侵入式物质分析装置1测定患者的血糖值的情况下,激励光21的波长范围是含糖的指纹谱的波长的波长范围(例如 $8.5\mu\text{m}$ 以上且 $10\mu\text{m}$ 以下的波长范围)。激励光源20例如是可放射宽带的中红外光的量子级联激光器。也可以将不被样本15中的或者样本15的表面上的物质吸收的参照光与激励光21一起照射到样本15。

[0035] 光学斩波器22对激励光21周期性地进行强度调制。光学斩波器22例如包括多个旋转叶片。多个旋转叶片由针对激励光21不透明的材料形成。在激励光21被多个旋转叶片的一个切断时,样本15不被激励光21照射。相对于此,在激励光21穿过多个旋转叶片中的相互相邻的一对旋转叶片之间时,样本15被激励光21照射。这样,光学斩波器22对从激励光源20放射的激励光21进行强度调制。光学斩波器22将具有与被强度调制的激励光21的强度调制频率相同的频率的参照信号经由电气布线30发送给锁相放大器34。

[0036] 由光学斩波器22强度调制的激励光21从主面10b侧入射到样本支撑板10。激励光21经由贯通孔13被照射到样本15。激励光21例如在贯通孔13的中心轴13c上前进。在激励光21穿过光学斩波器22时,激励光21被照射到样本15。激励光21被样本15中的或者样本15的表面上的物质吸收。由于由样本15中的或者样本15的表面上的物质吸收激励光21,在样本15中产生吸收热。相对于此,在激励光21被光学斩波器22切断时,激励光21不照射到样本15,在样本15中不产生吸收热。因此,样本15的温度以激励光21的强度调制频率变动。

[0037] 样本15中的或者样本15的表面上的物质例如是生物体成分。在使用非侵入式物质分析装置1得到患者的血糖值的情况下,由非侵入式物质分析装置1分析的物质是在患者的表皮中的间质液中存在的糖。

[0038] 温度传感器25、26设置于主面10a上。温度传感器25、26设置于样本载置区域12。在样本15被载置到样本载置区域12上时,温度传感器25、26接触样本15,检测样本15的温度。温度传感器25、26检测样本15的温度,将与该温度对应的温度信号输出给锁相放大器34。具体而言,温度传感器25检测样本15中的温度传感器25接触的部分的温度,将与该温度对应的温度信号输出给锁相放大器34。温度传感器26检测样本15中的温度传感器26接触的部分的温度,将与该温度对应的温度信号输出给锁相放大器34。

[0039] 样本15的温度以激励光21的强度调制频率变动,所以从温度传感器25、26输出的温度信号也以激励光21的强度调制频率变动。例如,温度传感器25、26在激励光21不被照射到样本15时输出温度信号的最小值,在激励光21被照射到样本15时输出温度信号的最大值。温度信号的最大值与最小值之间的差是温度信号的振幅。温度传感器25、26的温度信号

的振幅与样本15的分析中的由温度传感器25、26测定的样本15的温度变动幅度对应。在本实施方式中,样本15的分析中意味着被强度调制的激励光21被照射到样本15的期间。

[0040] 温度传感器25、26配置于贯通孔13的附近。例如,温度传感器25、26各自与贯通孔13之间的距离 d_1 是50 μm 以下。距离 d_1 既可以是20 μm 以下,也可以是10 μm 以下。距离 d_1 是贯通孔13的尺寸(例如贯通孔13的直径)的10%以下。距离 d_1 也可以是贯通孔13的尺寸的5%以下。在俯视主面10a时,温度传感器25、26相对贯通孔13的中心轴13c旋转对称地配置。

[0041] 参照图3,温度传感器25、26包括温度传感器主体27。温度传感器25、26也可以还包括保护膜28。

[0042] 温度传感器主体27例如是热电偶、热电堆、热敏电阻或者二极管。

[0043] 热电偶使两个异种材料片相互接触,根据在两个异种材料片的接触部发生的热电势测定样本15的温度。构成热电偶的两个材料片例如由铁、铜镍合金、铜、镍铬合金、镍铝合金、镍硅合金、镍铬硅合金、铂、铂铑合金、铋、铟、或者、它们的组合形成。构成热电偶的两个材料片也可以由p型多晶硅和n型多晶硅形成。通过连接多个热电偶,形成热电堆。

[0044] 热敏电阻的电气电阻根据热敏电阻的温度而变化。根据热敏电阻的电气电阻,检测样本15的温度。热敏电阻优选由温度电阻系数大的材料形成。热敏电阻例如由氧化钒、NiMoCo氧化物、Ti、多晶硅、非晶质硅、非晶质硅锗、 MnO_3 或者YBaCuO形成。

[0045] 二极管的正向电压根据二极管的温度而变化。根据二极管的正向电压,检测样本15的温度。二极管例如是Si二极管。

[0046] 保护膜28覆盖温度传感器主体27。保护膜28防止样本15接触温度传感器主体27。保护膜28最好具有低的热传导率(例如0.5W/(m·K)以下的热传导率)和薄的厚度(例如10 μm 以下的厚度)。保护膜28的热传导率低,所以样本15的吸收热难以迅速扩散到样本支撑板10整体。保护膜28薄,所以即使保护膜28的热传导率低,样本15的吸收热也高效地传导到温度传感器主体27。

[0047] 参照图2,锁相放大器34通过电气布线30连接到光学斩波器22。锁相放大器34从光学斩波器22接收具有与被强度调制的激励光21的强度调制频率相同的频率的参照信号。参照图1以及图2,锁相放大器34通过电气布线32连接到温度传感器25、26。锁相放大器34从温度传感器25、26接收与样本15的温度对应的温度信号。具体而言,锁相放大器34从温度传感器25接收与样本15中的温度传感器25接触的部分的温度对应的温度信号。锁相放大器34从温度传感器26接收与样本15中的温度传感器26接触的部分的温度对应的温度信号。

[0048] 锁相放大器34用从光学斩波器22接收到的参照信号,对从温度传感器25、26接收到的温度信号进行同步检波。这样,锁相放大器34输出温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号。温度传感器25的温度变动幅度信号是与样本15的分析中的由温度传感器25测定的样本15的温度变动幅度对应的温度变动幅度信号。温度传感器26的温度变动幅度信号是与样本15的分析中的由温度传感器26测定的样本15的温度变动幅度对应的温度变动幅度信号。

[0049] 参照图4,具体地说明锁相放大器34的动作。锁相放大器34包括乘法器35和低通滤波器36。乘法器35将温度传感器25的温度信号和参照信号相乘。乘法器35输出与温度传感器25的温度信号的振幅成比例的直流分量和以激励光21的强度调制频率的二倍的频率进行变动的交流分量。低通滤波器36去除交流分量,使直流分量通过。这样,锁相放大器34输

出与温度传感器25的温度信号的振幅成比例的直流分量。温度传感器25的温度信号的振幅与样本15的分析中的样本15中的与温度传感器25接触的部分的温度变动幅度对应。因此，直流分量是温度传感器25的温度变动幅度信号。

[0050] 同样地，锁相放大器34输出与温度传感器26的温度信号的振幅成比例的直流分量。直流分量是温度传感器26的温度变动幅度信号。

[0051] 参照图1以及图2，信号处理部37与锁相放大器34连接。信号处理部37从锁相放大器34接收温度传感器25的温度变动幅度信号以及温度传感器26的温度变动幅度信号。信号处理部37计算温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号的平均。信号处理部37输出与温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号的平均对应的平均温度变动幅度信号。信号处理部37例如是包括处理器和存储装置的微型计算机。通过处理器执行存储于存储装置的程序，信号处理部37动作。

[0052] 物质分析部38与信号处理部37连接。物质分析部38从信号处理部37接收平均温度变动幅度信号。物质分析部38根据平均温度变动幅度信号，分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0053] 例如，物质分析部38参照将激励光21的波长和物质的种类对应起来的数据表格和将平均温度变动幅度信号的大小和物质的量或者浓度对应起来的数据表格，确定样本15中的或者样本15的表面上的物质的种类，并且计算该物质的量或者浓度。物质分析部38例如是包括处理器和存储装置的微型计算机。这些数据表格存储于存储装置。通过处理器执行存储于存储装置的程序，物质分析部38动作。

[0054] 基板11的热传导率例如既可以是 $5\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下，也可以是 $2\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下，还可以是 $1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下，还可以是 $0.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下。因此，由于激励光21被照射到样本15而在样本15中产生的吸收热难以迅速扩散到基板11整体，温度传感器25、26的温度变动幅度信号变大。能够以更高的精度分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0055] 基板11的热传导率优选小于样本15的热传导率。例如，在样本15是人的皮肤的情况下，样本15的热传导率是约 $0.5\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。在基板11由塑料形成的情况下，基板11的热传导率是 $0.1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上且 $0.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下。因此，由于激励光21被照射到样本15而在样本15中产生的吸收热难以迅速扩散到基板11整体，温度传感器25、26的温度变动幅度信号变大。能够以更高的精度分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0056] 通过式(1)，提供样本15的吸收热的热扩散长度L。

[0057] [式1]

$$[0058] \quad L = \sqrt{\frac{\alpha}{\pi f}} \quad \dots (1)$$

[0059] 在此，f是样本15的吸收热的频率(激励光21的强度调制频率)， α 是样本15的热扩散系数。

[0060] 参照上述式(1)，为了分析存在于从样本15的表面离开几十 μm 以上的样本15中的物质(例如间质液中的糖)，将样本15的吸收热的频率(激励光21的强度调制频率)例如设定为5Hz以上且100Hz以下。

[0061] 主要参照图5,说明使用非侵入式物质分析装置1的本实施方式的非侵入式物质分析方法。

[0062] 本实施方式的非侵入式物质分析方法具备在样本载置区域12上载置样本15(S1)。在样本支撑板10的温度与样本15的温度之间有差时,在样本支撑板10与样本15之间发生热的移动。该热的移动导致难以检测温度变动幅度信号,难以分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。因此,直至在样本支撑板10与样本15之间实现热平衡状态,不进行后述步骤S2。可利用温度传感器25、26检测样本支撑板10与样本15之间的热平衡状态的实现。例如,在每单位时间的温度传感器25、26的温度信号的变化成为阈值(例如 $0.1^{\circ}\text{C}/\text{分钟}$)以下时,视为在样本支撑板10与样本15之间实现了热平衡状态,进行步骤S2。

[0063] 本实施方式的非侵入式物质分析方法具备对样本15照射由光学斩波器22强度调制的激励光21(S2)。光学斩波器22将具有与激励光21的强度调制频率相同的频率的参照信号经由电气布线30发送给锁相放大器34。

[0064] 在激励光21穿过光学斩波器22时,激励光21被样本15中的或者样本15的表面上的物质吸收,在样本15中产生吸收热。相对于此,在激励光21被光学斩波器22切断时,在样本15中不产生吸收热。因此,从温度传感器25、26输出的温度信号以激励光21的强度调制频率进行变动。

[0065] 本实施方式的非侵入式物质分析方法具备得到温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号(S3)。

[0066] 具体而言,锁相放大器34从光学斩波器22接收参照信号,并且从温度传感器25接收温度信号。锁相放大器34包括乘法器35和低通滤波器36。乘法器35将温度传感器25的温度信号和参照信号相乘。乘法器35输出与温度传感器25的温度信号的振幅成比例的直流分量和以激励光21的强度调制频率的二倍的频率进行变动的交流分量。低通滤波器36去除交流分量,使直流分量通过。这样,锁相放大器34输出与温度传感器25的温度信号的振幅成比例的直流分量。直流分量是温度传感器25的温度变动幅度信号。

[0067] 同样地,锁相放大器34输出与温度传感器26的温度信号的振幅成比例的直流分量。直流分量是温度传感器26的温度变动幅度信号。

[0068] 本实施方式的非侵入式物质分析方法具备得到温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号的平均作为平均温度变动幅度信号(S4)。具体而言,信号处理部37从锁相放大器34接收温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号。信号处理部37计算温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号的平均作为平均温度变动幅度信号。信号处理部37将平均温度变动幅度信号输出到物质分析部38。

[0069] 本实施方式的非侵入式物质分析方法具备根据平均温度变动幅度信号分析样本15中的或者样本15的表面上的物质(S5)。物质分析部38从信号处理部37接收平均温度变动幅度信号。例如,物质分析部38参照将激励光21的波长和物质的种类对应起来的数据表格和将平均温度变动幅度信号的大小和物质的量或者浓度对应起来的数据表格,确定样本15中的或者样本15的表面上的物质的种类,并且计算该物质的量或者浓度。

[0070] 参照图6,通过对比本实施方式的实施例1和比较例1-1、1-2,说明本实施方式的非侵入式物质分析装置1的作用。

[0071] 在实施例1中,基板11由不使激励光21透射的材料(例如塑料或者玻璃)形成。另外,在实施例1中,贯通孔13的直径是 $36\mu\text{m}$,激励光21的光照射区域21b的直径是 $30\mu\text{m}$ 。比较例1-1与实施例1相同,但在基板11中未形成贯通孔13。比较例1-2与比较例1-1相同,但在比较例1-2中,假设基板11针对激励光21的透射率是100%。图6的标准化温度变动幅度是通过实施例1的主面10a中的贯通孔13的边缘的温度变动幅度标准化的、实施例1、比较例1-1以及比较例1-2各自的主面10a的各地点的温度变动幅度。主面10a的各地点的温度变动幅度由对样本15未照射激励光21时的主面10a的各地点的温度与对样本15照射激励光21时的主面10a的各地点的温度之间的差来给出。

[0072] 在实施例1中,在样本支撑板10中设置有贯通孔13。因此,激励光21不被样本支撑板10吸收,而以更强的光强度到达样本15。样本15的吸收热增加。另外,贯通孔13中的空气的热传导率($0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)低于基板11的热传导率(例如塑料的热传导率:约 $0.1\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上且约 $0.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、玻璃的热传导率:约 $0.5\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上且约 $0.7\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)。因此,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(主面10a和主面10b相互相向的方向)上难以散发。样本15的分析中的主面10a的温度变动幅度变大。在实施例1中,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0073] 相对于此,在比较例1-1中,基板11由不使激励光21透射的材料形成。因此,激励光21不到达样本15,不产生样本15的吸收热。样本15的分析中的主面10a的温度变动幅度是零。在比较例1-1中,无法准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0074] 在比较例1-2中,假设基板11针对激励光21的透射率是100%,激励光21到达样本15。因此,样本15的分析中的主面10a的温度变动幅度并非零。但是,在比较例1-2中,在基板11中未设置贯通孔13。因此,在比较例1-2中,与实施例1相比,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(主面10a和主面10b相互相向的方向)上快速扩散。比较例1-2中的主面10a的温度变动幅度小于实施例1中的主面10a的温度变动幅度。在比较例1-2中,无法准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0075] (变形例)

[0076] 样本支撑板10(基板11)也可以由针对激励光21透明的材料形成。温度传感器25、26的数量也可以是三个以上。

[0077] 也可以省略温度传感器26,温度传感器25的数量也可以是一个。在该情况下,省略信号处理部37。物质分析部38从锁相放大器34接收温度传感器25的温度变动幅度信号。物质分析部38根据温度传感器25的温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。在步骤S3中,得到温度传感器25的温度变动幅度信号,省略步骤S4,在步骤S5中,根据温度传感器25的温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0078] 如图7所示,非侵入式物质分析装置1也可以还具备分束器23和光检测器24。由光学斩波器22强度调制的激励光21入射到分束器23。分束器23将激励光21分成朝向样本15的激励光21和朝向光检测器24的激励光21。分束器23使由光学斩波器22强度调制的激励光21的一部分入射到光检测器24。光检测器24检测被强度调制的激励光21的强度。光检测器24例如是光电二极管。光检测器24通过电气布线30连接到锁相放大器34。光检测器24将与被强度调制的激励光21的强度对应的参照信号输出到锁相放大器34。

[0079] 根据图7所示的变形例,能够从温度传感器25、26的温度变动幅度信号去掉激励光

21的强度的变动的影 响。即使激励光21的强度变动,也能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0080] 说明本实施方式的非侵入式物质分析装置1的效果。

[0081] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1具备样本支撑板10、激励光源20、以及至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)。样本支撑板10具有包括样本载置区域12的第1主面(主面10a)和与第1主面相反的一侧的第2主面(主面10b)。激励光源20朝向载置于样本载置区域12上的样本15放射激励光21。至少一个温度传感器设置于第1主面上。从样本载置区域12延伸至第2主面的贯通孔13设置于样本支撑板10。激励光21经由贯通孔13被照射到样本15。

[0082] 在非侵入式物质分析装置1中,激励光21通过的贯通孔13设置于样本支撑板10。因此,激励光21不被样本支撑板10吸收,而以更强的光强度到达样本15。样本15的吸收热增加。另外,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(第1主面(主面10a)和第2主面(主面10b)相互相向的方向)上难以散发。在对样本15照射激励光21时从至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0083] 在非侵入式物质分析装置1中,作为样本支撑板10(基板11),能够采用针对激励光21不透明的材料。样本支撑板10(基板11)的材料的选择范围扩大。作为样本支撑板10(基板11)的材料,采用针对激励光21不透明但热传导率低的材料(例如塑料或者玻璃),从而在对样本15照射激励光21时从至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0084] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1中,至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)设置于样本载置区域12并且与样本15接触。

[0085] 因此,样本15的吸收热高效地传导到至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)。在对样本15照射激励光21时从至少一个温度传感器输出的温度信号变大。能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0086] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1还具备物质分析部38。物质分析部38根据至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)的温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。至少一个温度传感器的温度变动幅度信号与样本15的分析中的由至少一个温度传感器测定的样本15的温度变动幅度对应。

[0087] 在温度变动幅度信号中,包含于从至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)输出的温度信号的噪声被去除。能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0088] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1还具备信号处理部37和物质分析部38。至少一个温度传感器是多个温度传感器25、26。信号处理部37输出多个温度变动幅度信号的平均。多个温度变动幅度信号分别与样本15的分析中的由多个温度传感器25、26中的对应的温度传感器测定的样本15的温度变动幅度对应。物质分析部38根据多个温度变动幅度信号的平均,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0089] 在温度变动幅度信号中,包含于从温度传感器25、26输出的温度信号的噪声被去除。另外,多个温度变动幅度信号的平均降低多个温度变动幅度信号之间的偏差。因此,能

够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0090] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1中,至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)包括温度传感器主体27。温度传感器主体27是热电偶、热电堆、热敏电阻或者二极管。

[0091] 因此,不需要放射用于测定样本15的吸收热的探测光的探测光源和检测该探测光的偏转的光位置传感器。非侵入式物质分析装置1可小型化。

[0092] 至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)还包括覆盖温度传感器主体27的保护膜28。

[0093] 保护膜28防止样本15与温度传感器主体27接触。因此,温度传感器主体27的寿命延长。

[0094] 实施方式2.

[0095] 参照图8,说明实施方式2的非侵入式物质分析装置1b。本实施方式的非侵入式物质分析装置1b具备与实施方式1的非侵入式物质分析装置1同样的结构,但主要在以下的点不同。

[0096] 在非侵入式物质分析装置1b中,样本支撑板10除了基板11以外,还包括低热传导膜14。

[0097] 本实施方式的基板11具有比实施方式1的基板11高的热传导率。在本实施方式中,基板11也可以大于样本15的热传导率。在本实施方式中,基板11由例如硅(热传导率:约 $160\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)这样的半导体基板形成。由于基板11由半导体材料形成,所以可使用半导体微细加工工艺容易地形成具有小的尺寸(例如几十 μm 的直径)的贯通孔13。

[0098] 低热传导膜14设置于基板11上。低热传导膜14具有比基板11低的热传导率。低热传导膜14的热传导率例如是基板11的热传导率的20%以下。低热传导膜14的热传导率既可以是基板11的热传导率的10%以下,也可以是基板11的热传导率的5%以下,还可以是基板11的热传导率的2%以下,还可以是基板11的热传导率的1%以下。低热传导膜14例如由二氧化硅(热传导率: $1.4\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)形成。

[0099] 主面10a由低热传导膜14形成。也可以主面10a的一部分由低热传导膜14形成。样本载置区域12由低热传导膜14形成。温度传感器25、26设置于低热传导膜14上。贯通孔13设置于基板11以及低热传导膜14这两方。

[0100] 参照图9,通过对比本实施方式的实施例2和比较例2-1、2-2,说明本实施方式的非侵入式物质分析装置1b的作用。

[0101] 在实施例2中,基板11由硅形成,低热传导膜14由二氧化硅形成。另外,在实施例2中,贯通孔13的直径是 $36\mu\text{m}$,激励光21的光照射区域21b的直径是 $30\mu\text{m}$ 。比较例2-1与实施例2相同,但在基板11中未形成贯通孔13。比较例2-2与比较例2-1相同,但在比较例2-2中,假设基板11针对激励光21的透射率是100%。图9的标准化温度变动幅度是通过实施例2的主面10a中的贯通孔13的边缘的温度变动幅度标准化的、实施例2、比较例2-1以及比较例2-2各自的主面10a的各地点的温度变动幅度。主面10a的各地点的温度变动幅度由对样本15未照射激励光21时的主面10a的各地点的温度与对样本15照射激励光21时的主面10a的各地点的温度之间的差来给出。

[0102] 在实施例2中,在样本支撑板10中设置有贯通孔13。因此,激励光21不被样本支撑

板10吸收,而以更强的光强度到达样本15。样本15的吸收热增加。另外,贯通孔13中的空气的热传导率($0.024\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)低于基板11的热传导率(例如硅的热传导率:约 $160\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)。因此,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(主面10a和主面10b相互相向的方向)上难以散发。样本15的分析中的主面10a的温度变动幅度变大。在实施例2中,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0103] 相对于此,在比较例2-1中,在样本支撑板10中未设置贯通孔13,但基板11由硅形成,可使激励光21透射。因此,激励光21到达样本15,主面10a的温度变动幅度并非零。但是,在比较例2-1中,激励光21的一部分在主面10b被反射、或者在基板11被吸收。因此,在比较例2-1中到达样本15的激励光21的强度比在实施例2中到达样本15的激励光21的强度少。进而,在比较例2-1中,与实施例2相比,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(主面10a和主面10b相互相向的方向)上快速扩散。其结果,比较例2-1中的主面10a的温度变动幅度小于实施例2中的主面10a的温度变动幅度。在比较例2-1中,无法准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0104] 在比较例2-2中,在基板11中未设置贯通孔13。因此,在比较例2-2中,与实施例2相比,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(主面10a和主面10b相互相向的方向)上快速扩散。比较例2-2中的主面10a的温度变动幅度小于实施例2中的主面10a的温度变动幅度。在比较例2-2中,无法准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0105] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1b除了实施方式1的非侵入式物质分析装置1的效果以外,还起到以下的效果。

[0106] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1b中,样本支撑板10包括基板11和低热传导膜14。低热传导膜14设置于基板11上,并且,具有比基板11低的热传导率。第1主面(主面10a)的至少一部分由低热传导膜14形成。至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)设置于低热传导膜14上。

[0107] 由于低热传导膜14,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(主面10a和主面10b相互相向的方向)上难以散发。在对样本15照射激励光21时从至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0108] 实施方式3.

[0109] 参照图10以及图11,说明实施方式3的非侵入式物质分析装置1c。本实施方式的非侵入式物质分析装置1c具备与实施方式1的非侵入式物质分析装置1同样的结构,但主要在以下的点不同。

[0110] 非侵入式物质分析装置1c还具备基准温度传感器40、41。基准温度传感器40、41与温度传感器25、26同样地构成。具体而言,基准温度传感器40、41包括温度传感器主体27(参照图3)。基准温度传感器40、41也可以还包括覆盖温度传感器主体27的保护膜28(参照图3)。

[0111] 基准温度传感器40、41设置于主面10a上。基准温度传感器40、41设置于样本载置区域12并且与样本15接触。基准温度传感器40、41将与样本15的温度对应的基准温度信号输出到锁相放大器34。具体而言,基准温度传感器40输出与样本15中的基准温度传感器40接触的的部分的温度对应的基准温度信号。基准温度传感器41输出与样本15中的基准温度传

感器41接触的部分的温度对应的基准温度信号。

[0112] 在样本15是生物体的情况下,在样本15中的或者样本15的表面上的物质的分析中,有时产生样本15的热变动(例如生物体的体温的变动等)或者样本15的移动(例如包含于样本15的肌肉的收缩或者松弛、或者、样本15的位置的变动等)。基准温度传感器40、41不会受到样本15的吸收热的影响,而检测样本15的热变动或者移动所引起的温度变动。因此,在俯视主面10a时,基准温度传感器40、41各自与贯通孔13之间的距离 d_2 大于温度传感器25、26各自与贯通孔13之间的距离 d_1 。距离 d_2 例如是距离 d_1 的10倍以上。距离 d_2 也可以是距离 d_1 的20倍以上。在一个例子中,距离 d_1 是 $5\mu\text{m}$,距离 d_2 是 $200\mu\text{m}$ 。

[0113] 在俯视主面10a时,基准温度传感器40、41相对贯通孔13的中心轴13c旋转对称地配置。因此,能够更准确地检测样本15的热变动或者移动所引起的温度变动。

[0114] 在俯视主面10a时,基准温度传感器40相对贯通孔13的中心轴13c配置于与温度传感器25相同的方向。因此,样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的基准温度传感器40的基准温度信号的变动与样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度传感器25的温度信号的变动相同。基准温度传感器40不会受到样本15的吸收热的影响,而能够更准确地检测样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度传感器25的温度信号的变动。

[0115] 在俯视主面10a时,基准温度传感器41相对贯通孔13的中心轴13c配置于与温度传感器26相同的方向。因此,样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的基准温度传感器41的温度信号的变动与样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度传感器26的温度信号的变动相同。基准温度传感器41不会受到样本15的吸收热的影响,而能够更准确地检测样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度传感器26的温度信号的变动。

[0116] 锁相放大器34与实施方式1同样地,将温度传感器25的温度变动幅度信号和温度传感器26的温度变动幅度信号输出到信号处理部37。温度传感器25的温度变动幅度信号以及温度传感器26的温度变动幅度信号除了样本15的吸收热的影响以外,还受到样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度信号的变动的的影响。为了准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质,需要从温度传感器25的温度变动幅度信号以及温度传感器26的温度变动幅度信号去除样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度信号的变动的的影响。

[0117] 因此,信号处理部37接收基准温度传感器40的基准温度信号和基准温度传感器41的基准温度信号。信号处理部37计算样本15的分析中的基准温度传感器40的基准温度信号的变动幅度,作为基准温度传感器40的基准温度变动幅度信号。信号处理部37计算样本15的分析中的基准温度传感器41的基准温度信号的变动幅度,作为基准温度传感器41的基准温度变动幅度信号。

[0118] 信号处理部37计算温度传感器25的温度变动幅度信号与基准温度传感器40的基准温度变动幅度信号之间的差,作为温度传感器25的已校正温度变动幅度信号。温度传感器25的已校正温度变动幅度信号是样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度信号的变动的的影响被去掉的、样本15的吸收热所引起的温度传感器25的温度变动幅度信号。同样地,信号处理部37计算温度传感器26的温度变动幅度信号与基准温度传感器41

的基准温度变动幅度信号之间的差,作为温度传感器26的已校正温度变动幅度信号。温度传感器26的已校正温度变动幅度信号是样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度信号的变动的被去掉的、样本15的吸收热所引起的温度传感器26的温度变动幅度信号。

[0119] 信号处理部37计算温度传感器25的已校正温度变动幅度信号和温度传感器26的已校正温度变动幅度信号的平均,作为平均已校正温度变动幅度信号。物质分析部38根据平均已校正温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0120] (变形例)

[0121] 也可以省略温度传感器26,温度传感器25的数量也可以是一个。在该情况下,信号处理部37将温度传感器25的已校正温度变动幅度信号输出到物质分析部38。物质分析部38根据温度传感器25的已校正温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0122] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1c除了实施方式1的非侵入式物质分析装置1的效果以外,还起到以下的效果。

[0123] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1c还具备设置于第1主面(主面10a)上的基准温度传感器40、41。基准温度传感器40、41设置于样本载置区域12并且与样本15接触。在俯视第1主面时,基准温度传感器40、41与贯通孔13之间的第2距离(距离 d_2)是温度传感器25、26与贯通孔13之间的第1距离(距离 d_1)的10倍以上。

[0124] 基准温度传感器40、41不会受到样本15的吸收热的影响,而检测样本15的分析中的温度变动。因此,不会受到样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度信号的变动的被去掉的影响,而能够更准确地检测由于样本15的吸收热引起的温度变动。能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0125] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1c中,信号处理部37通过用基准温度传感器40、41的基准温度变动幅度信号校正至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)的温度变动幅度信号,计算至少一个温度传感器的已校正温度变动幅度信号。物质分析部38根据至少一个温度传感器的已校正温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0126] 通过用基准温度传感器40、41的基准温度变动幅度信号校正至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)的温度变动幅度信号,不会受到样本15的分析中的样本15的热变动或者移动所引起的温度信号的变动的被去掉的影响,而能够更准确地检测由于样本15的吸收热引起的温度变动。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0127] 实施方式4.

[0128] 参照图12以及图13,说明实施方式4的非侵入式物质分析装置1d。本实施方式的非侵入式物质分析装置1d具备与实施方式1的非侵入式物质分析装置1同样的结构,但主要在以下的点不同。

[0129] 非侵入式物质分析装置1d还具备光学介质45。光学介质45使激励光21透射。光学介质45针对激励光21的透射率大于样本支撑板10(基板11)针对激励光21的透射率。在激励光21是中红外光的情况下,光学介质45例如由硫属玻璃(SSbSnGe)形成。

[0130] 光学介质45将贯通孔13塞住。样本载置区域12的一部分由光学介质45形成。也可

以样本载置区域12的全部由光学介质45形成。样本15可载置到光学介质45上。贯通孔13的一部分被光学介质45填充。贯通孔13中的比光学介质45更接近主面10b的部分是未被光学介质45填充的空洞。激励光21经由光学介质45以及空洞被照射到样本15。也可以贯通孔13的整体被光学介质45填充。

[0131] 光学介质45的热传导率低于基板11的热传导率。光学介质45的热传导率既可以是基板11的热传导率的10%以下,也可以是基板11的热传导率的5%以下,还可以是基板11的热传导率的2%以下。例如,基板11由硅(热传导率:约160W/(m·K))形成,光学介质45由硫属玻璃(热传导率:0.36W/(m·K))形成。空洞中的空气的热传导率(0.024W/(m·K))低于基板11的热传导率。

[0132] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1d起到与实施方式1的非侵入式物质分析装置1的效果同样的以下的效果。

[0133] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1d还具备使激励光21透射的光学介质45。光学介质45将贯通孔13塞住。样本载置区域12的至少一部分由光学介质45形成。激励光21经由光学介质45被照射到样本15。

[0134] 因此,激励光21不被样本支撑板10吸收,而以更强的光强度到达样本15。样本15的吸收热增加。另外,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(第1主面(主面10a)和第2主面(主面10b)相互相向的方向)上难以散发。在对样本15照射激励光21时从温度传感器25、26输出的温度信号变大。能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0135] 样本15可载置到光学介质45上。因此,即使样本15的尺寸小于贯通孔13的尺寸、或者、即使样本15是液体,也能够分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0136] 针对中红外光这样的激励光21透明的光学介质45与样本支撑板10(基板11)相比,更昂贵并且机械性的强度更低。光学介质45设置于样本支撑板10(基板11)的贯通孔13内,所以与由光学介质45形成样本支撑板10(基板11)整体的情况相比,光学介质45的使用量减少。因此,非侵入式物质分析装置1d的机械性的强度提高,并且能够使非侵入式物质分析装置1d的成本降低。

[0137] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1d中,样本支撑板10包括基板11。光学介质45具有比基板11低的热传导率。

[0138] 因此,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(第1主面(主面10a)和第2主面(主面10b)相互相向的方向)上难以散发。在对样本15照射激励光21时从温度传感器25、26输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0139] 实施方式5.

[0140] 参照图14以及图15,说明实施方式5的非侵入式物质分析装置1e。本实施方式的非侵入式物质分析装置1e具备与实施方式4的非侵入式物质分析装置1d同样的结构,但主要在以下的点不同。

[0141] 在俯视主面10a时,本实施方式的贯通孔13的尺寸大于实施方式4的贯通孔13的尺寸、并且、本实施方式的光学介质45的尺寸大于实施方式4的光学介质45的尺寸。例如,在俯视主面10a时,本实施方式的贯通孔13的直径以及光学介质45的直径分别是200 μm 。在本实施方式中,温度传感器25、26配置于光学介质45上。在本实施方式中,也与实施方式4同样地,光学介质45的热传导率低于基板11的热传导率。在俯视主面10a时,温度传感器25、26配

置于激励光21的光照射区域21b的外侧。

[0142] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1e除了实施方式4的非侵入式物质分析装置1d的效果以外,还起到以下的效果。

[0143] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1e中,至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)配置于具有比基板11低的热传导率的光学介质45上。

[0144] 因此,样本15的吸收热除了在样本支撑板10的厚度方向(第1主面(主面10a)和第2主面(主面10b)相互相向的方向)上难以散发以外,在第1主面延伸的方向上也难以散发。在对样本15照射激励光21时,从至少一个温度传感器(例如温度传感器25、26)输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0145] 实施方式6.

[0146] 参照图16以及图17,说明实施方式6的非侵入式物质分析装置1f。本实施方式的非侵入式物质分析装置1f具备与实施方式1的非侵入式物质分析装置1同样的结构,但主要在以下的点不同。

[0147] 在非侵入式物质分析装置1f中,代替温度传感器25、26(参照图1以及图2)而具备温度传感器50。温度传感器50包括第1光波导51、波导型环形谐振器52、第2光波导53、以及包层54。温度传感器50也可以还包括终端部55、56。

[0148] 基板11支撑第1光波导51、波导型环形谐振器52、第2光波导53、以及包层54。基板11具有主面10b。基板11例如是硅基板。

[0149] 从探测光源58放射的探测光入射到第1光波导51。探测光的波长也可以比激励光21的波长短。例如,探测光源58是光通信用激光二极管,探测光的波长是1100nm以上且1700nm以下。

[0150] 第1光波导51包括探测光入射的端51a和与端51a相反的一侧的端51b。第1光波导51具有比包层54高的折射率。探测光在第1光波导51中传播。第1光波导51例如是硅波导。

[0151] 波导型环形谐振器52与第1光波导51光学地耦合。波导型环形谐振器52具有比包层54高的折射率。探测光在波导型环形谐振器52中传播。波导型环形谐振器52具有热光学效果。波导型环形谐振器52例如是硅波导。硅的热光学系统数是 $2.3 \times 10^{-4} (\text{K}^{-1})$ 。硅具有在光波导用的光学材料中比较大的热光学系统数。贯通孔13形成于波导型环形谐振器52的内侧。

[0152] 第2光波导53与波导型环形谐振器52光学地耦合。第2光波导53具有比包层54高的折射率。探测光在第2光波导53中传播。在俯视主面10a时,第2光波导53关于波导型环形谐振器52,与第1光波导51对称地配置。第2光波导53包括与光强度检测器59光学地耦合的端53a和与端53a相反的一侧的端53b。端51a、53a相对波导型环形谐振器52处于相同的一侧。端51b、53b相对波导型环形谐振器52处于相同的一侧。

[0153] 包层54将第1光波导51、波导型环形谐振器52以及第2光波导53从基板11隔开。包层54覆盖第1光波导51、波导型环形谐振器52以及第2光波导53。包层54具有主面10a。包层54的热传导率小于基板11的热传导率。包层54例如由二氧化硅系玻璃形成。

[0154] 终端部55设置于第1光波导51的端51b。终端部56设置于第2光波导53的端53b。终端部55、56将探测光散射或者吸收,减少向波导型环形谐振器52、探测光源58以及光强度检测器59前进的探测光的返回光。终端部55、56例如由易于向波导外散射的尖细的波导和吸

收散射光的电极(例如金属电极)形成。

[0155] 由于由样本15中的或者样本15的表面上的物质吸收激励光21,从而在样本15中产生吸收热。样本15的吸收热在波导型环形谐振器52中传导,波导型环形谐振器52的温度变化。波导型环形谐振器52具有热光学效果。因此,在波导型环形谐振器52的温度变化时,波导型环形谐振器52的折射率变化,经由波导型环形谐振器52的从第1光波导51向第2光波导53的探测光的耦合率变化。

[0156] 光强度检测器59例如是光电二极管。光强度检测器59检测经由波导型环形谐振器52的从第1光波导51向第2光波导53的探测光的光强度。光强度检测器59与锁相放大器34连接。光强度检测器59将探测光的光强度信号输出到锁相放大器34。

[0157] 锁相放大器34用从光检测器24接收到的激励光强度信号,对从光强度检测器59接收到的探测光的光强度信号进行同步检波。锁相放大器34输出与光强度检测器59的光强度信号的振幅成比例的直流分量。直流分量与样本15的分析中的样本15的温度变动幅度对应,是温度传感器50的温度变动幅度信号。锁相放大器34将温度传感器50的温度变动幅度信号输出到物质分析部38。

[0158] 物质分析部38从锁相放大器34接收温度传感器50的温度变动幅度信号。物质分析部38根据温度传感器50的温度变动幅度信号,分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0159] 本实施方式的非侵入式物质分析装置1f起到与实施方式1的非侵入式物质分析装置1的效果同样的以下的效果。

[0160] 在本实施方式的非侵入式物质分析装置1f中,温度传感器50包括:第1光波导51,被入射探测光;波导型环形谐振器52,与第1光波导51光学地耦合;以及第2光波导53,与波导型环形谐振器52和检测探测光的强度的光强度检测器59光学地耦合。

[0161] 在非侵入式物质分析装置1f中,激励光21通过的贯通孔13设置于样本支撑板10。因此,激励光21不被样本支撑板10吸收,而以更强的光强度到达样本15。样本15的吸收热增加。另外,样本15的吸收热在样本支撑板10的厚度方向(第1主面(主面10a)和第2主面(主面10b)相互相向的方向)上难以散发。在对样本15照射激励光21时从温度传感器50输出的温度信号变大。因此,能够更准确地分析样本15中的或者样本15的表面上的物质。

[0162] 应认为本次公开的实施方式1-6在所有点中仅为例示而并不限于此。只要不存在矛盾,也可以组合本次公开的实施方式1-6的至少两个。本公开的范围并非通过上述说明表示,而是通过权利要求表示,意图包括与权利要求均等的意义以及范围内的所有变更。

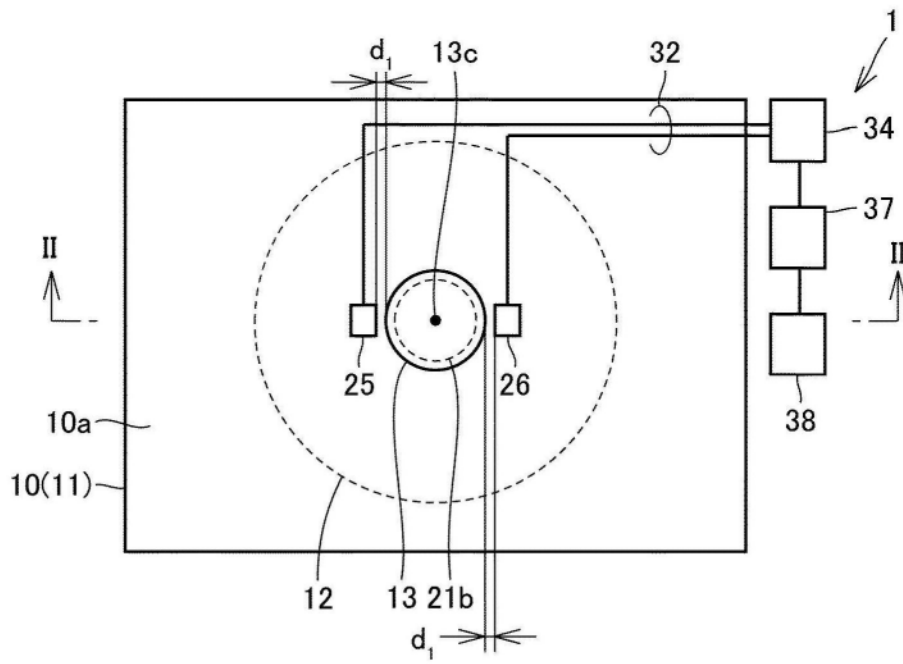


图1

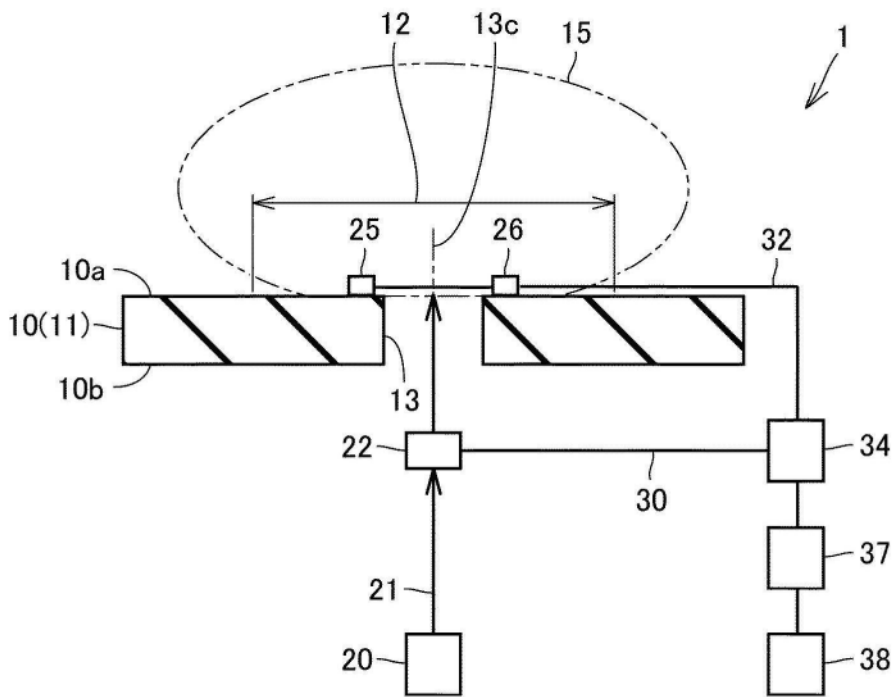


图2

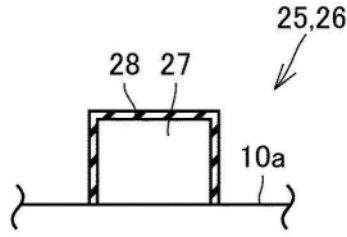


图3

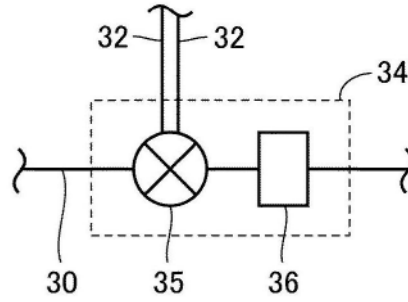


图4

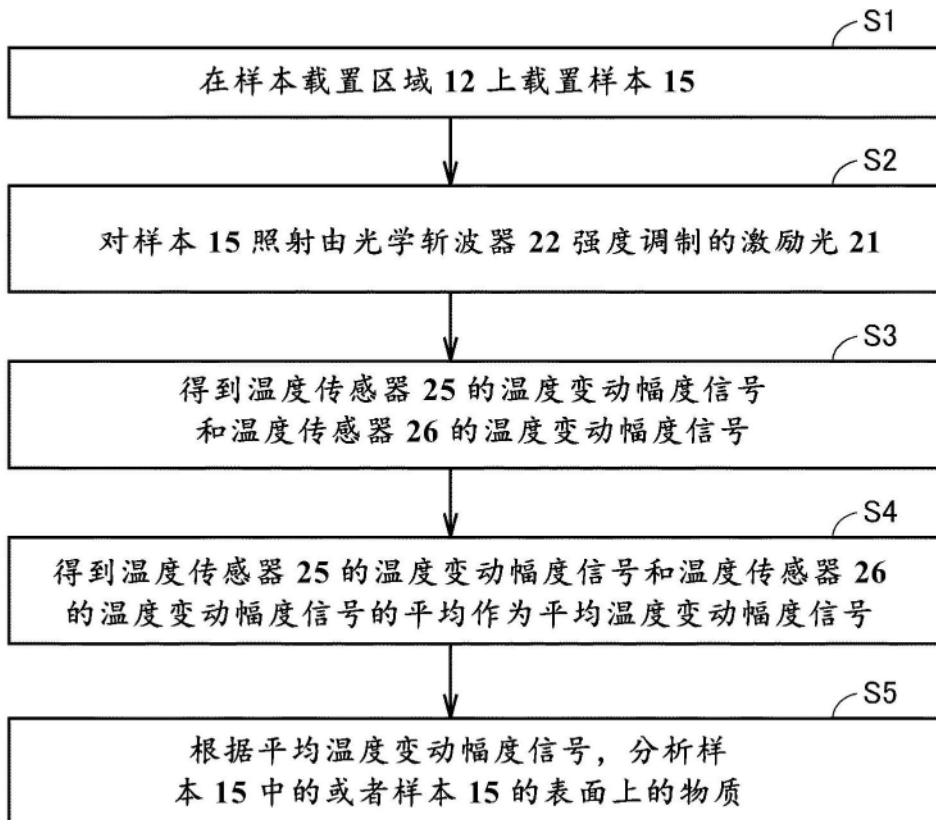


图5

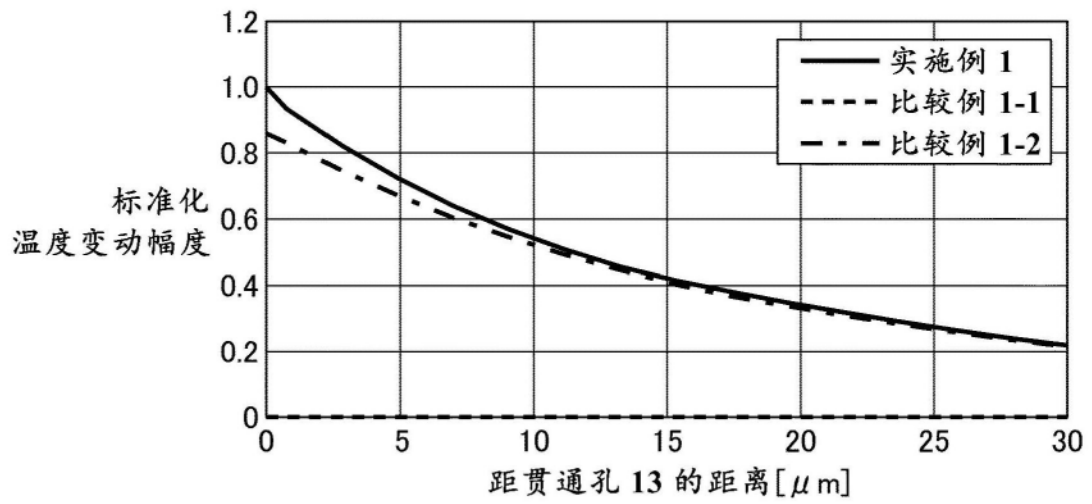


图6

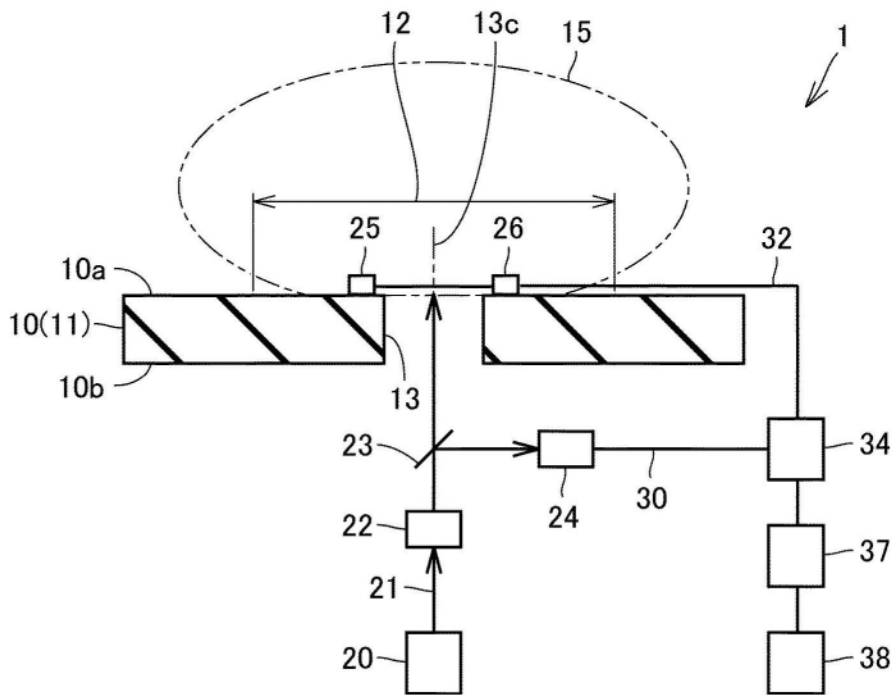


图7

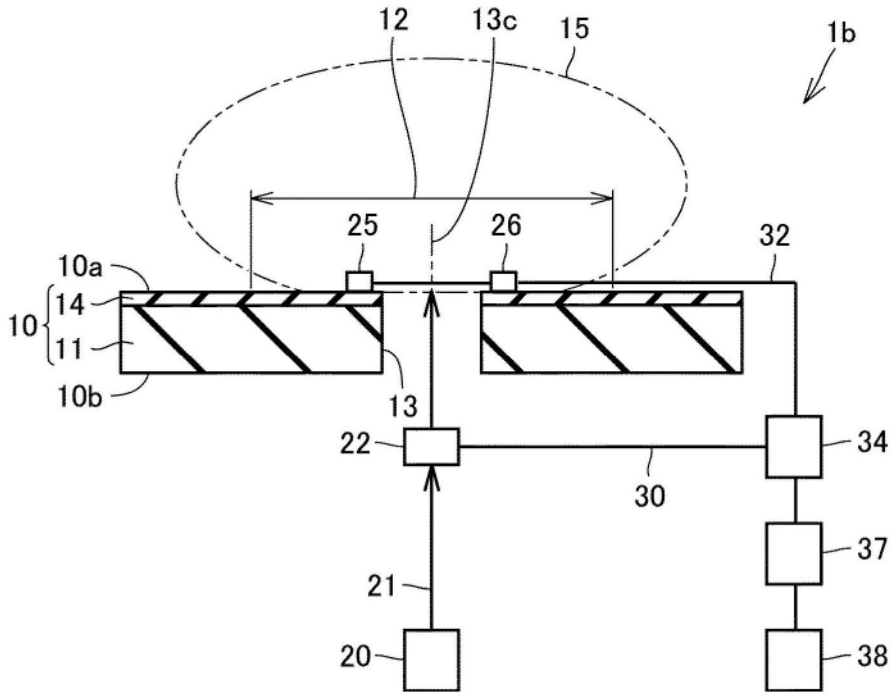


图8

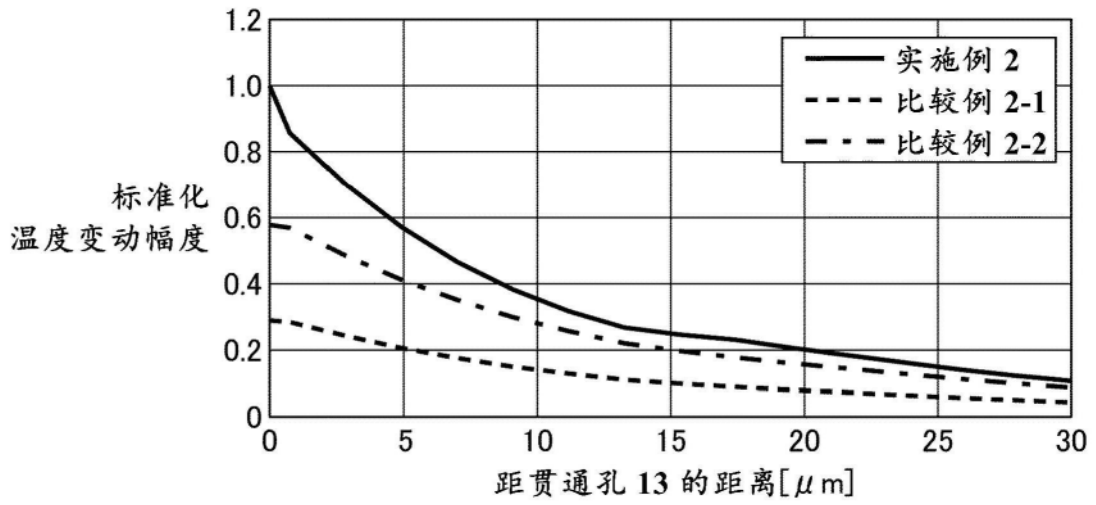


图9

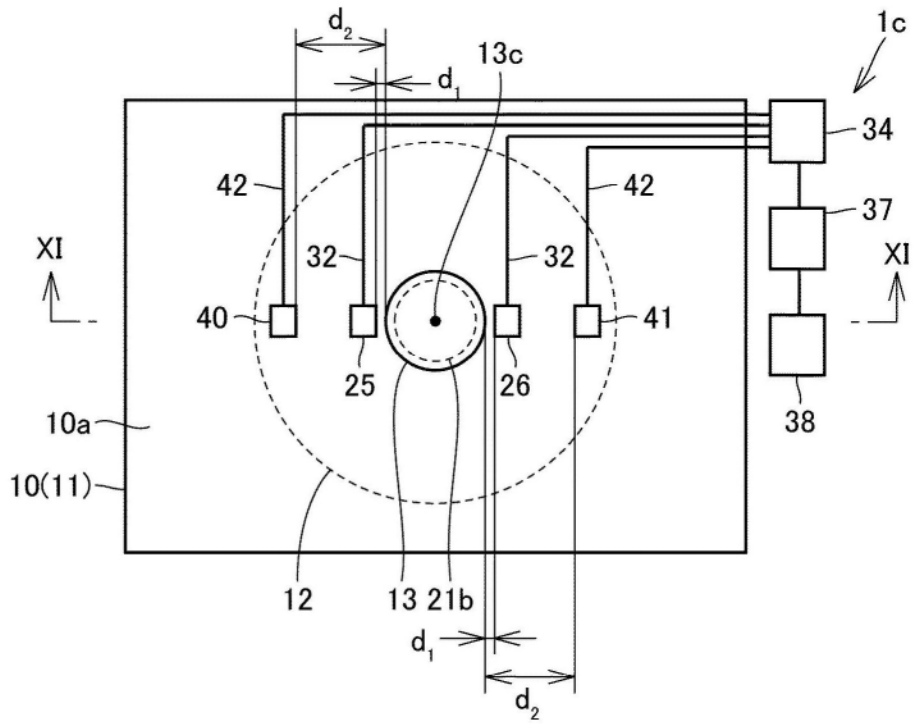


图10

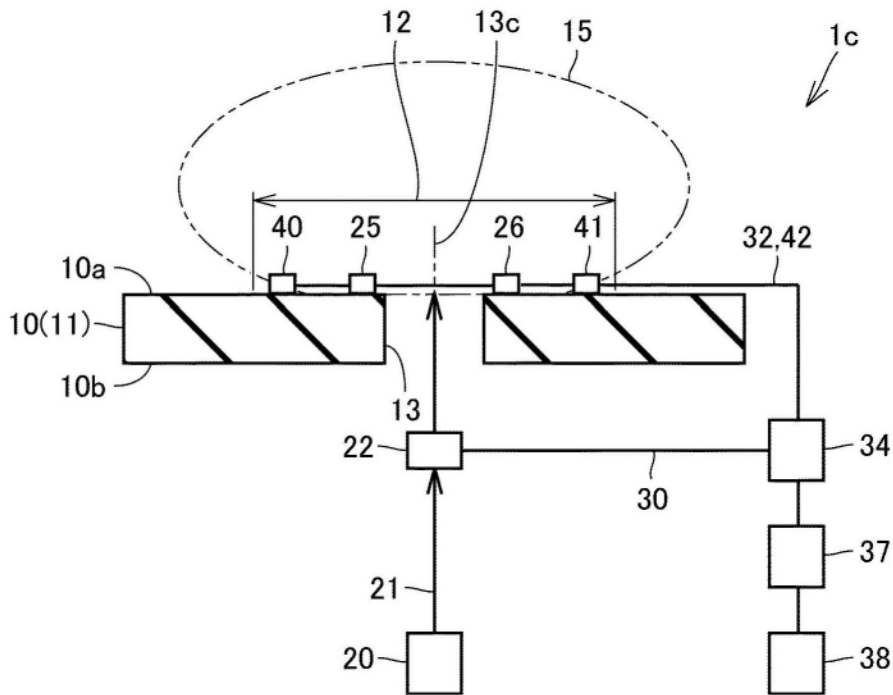


图11

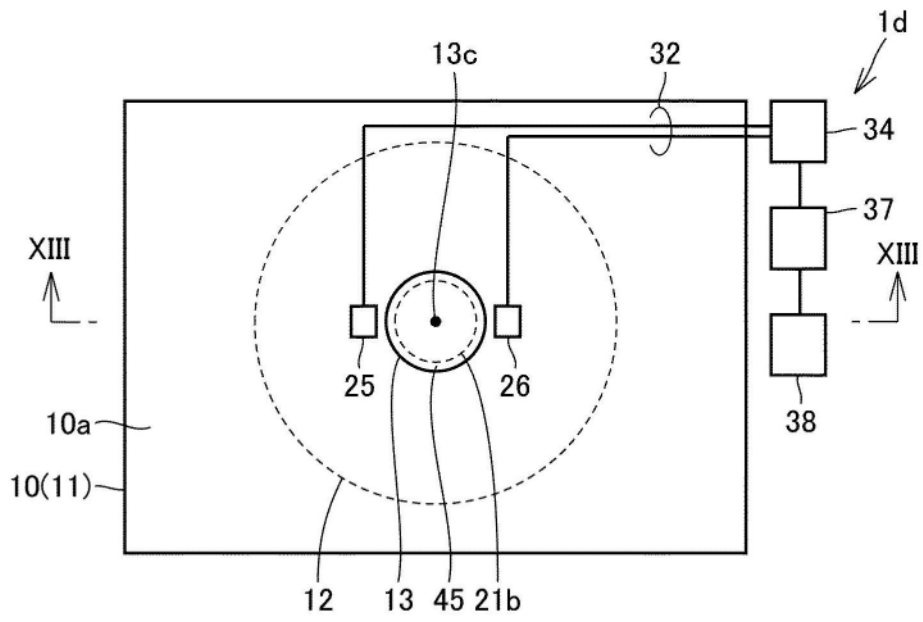


图12

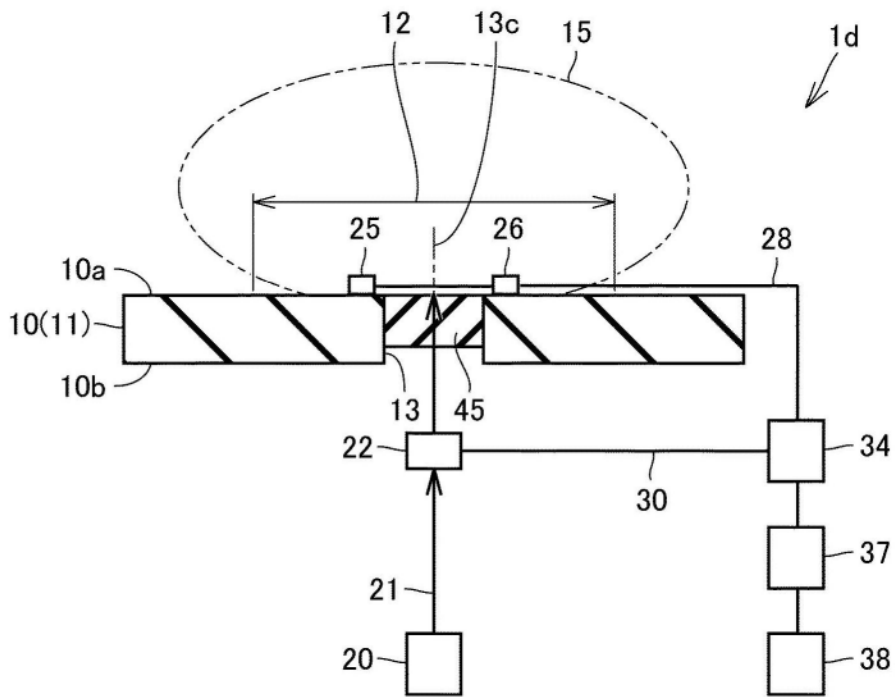


图13

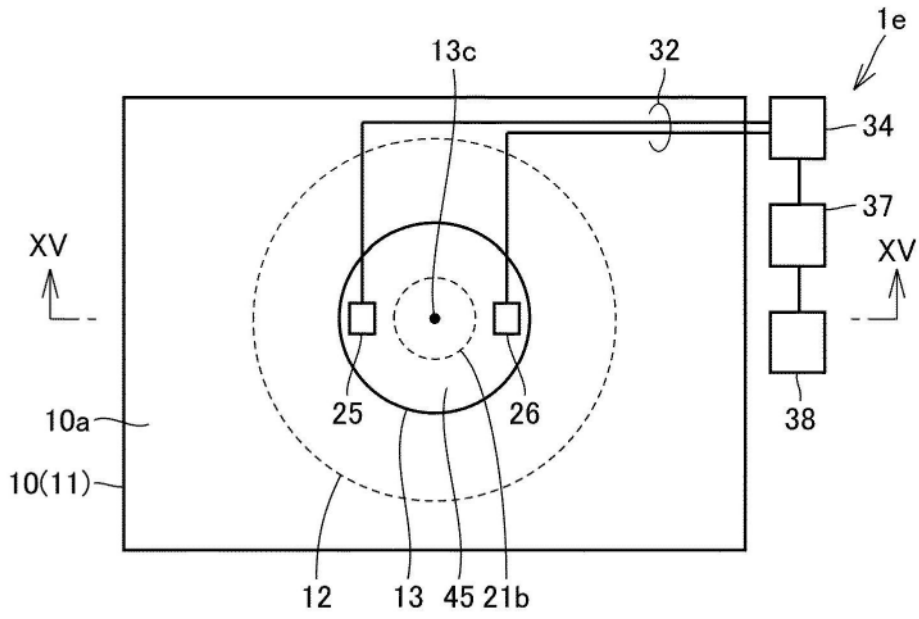


图14

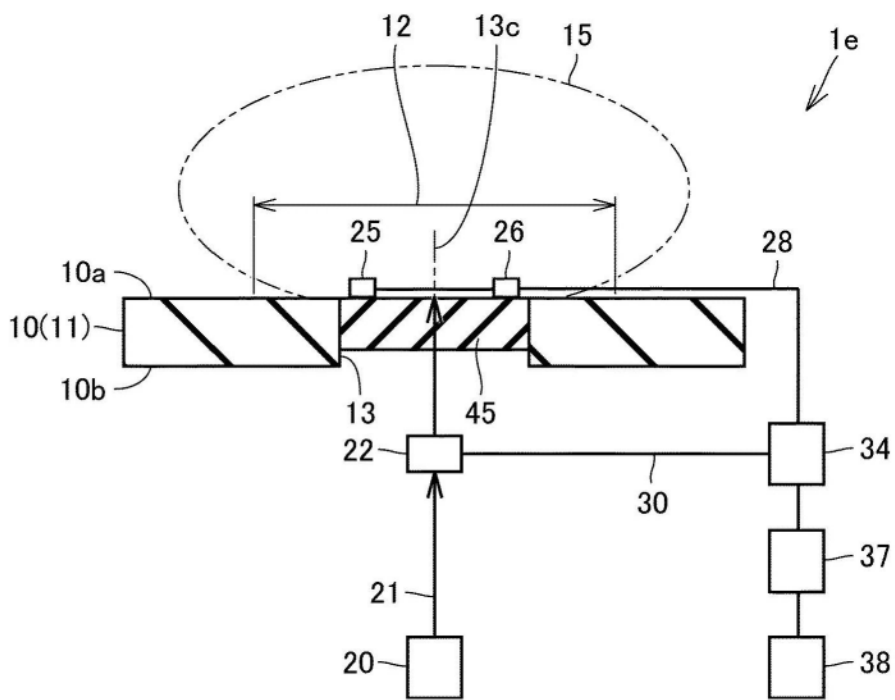


图15

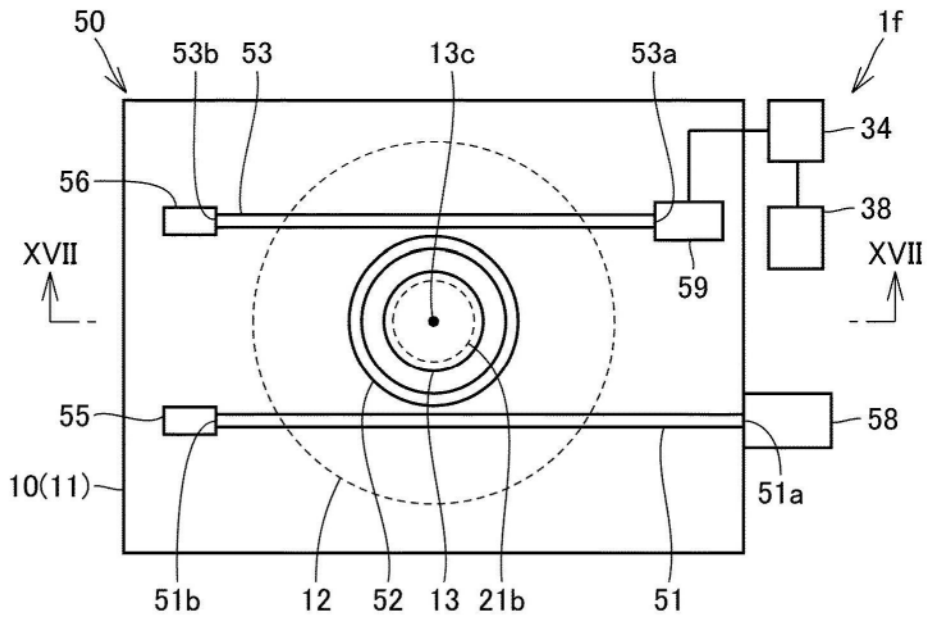


图16

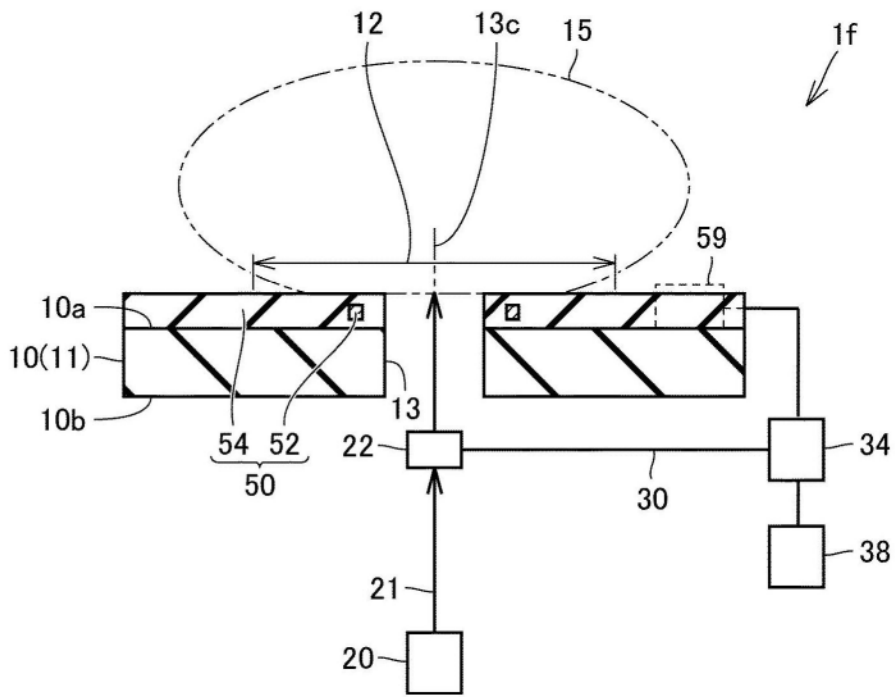


图17