



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106415235 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(21)申请号 201580031088.6

(22)申请日 2015.06.10

(30)优先权数据

14171818.9 2014.06.10 EP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.12.09

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/062872 2015.06.10

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/189230 EN 2015.12.17

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬市

(72)发明人 K·卡拉卡亚

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 郑立柱 黄海鸣

(51)Int.Cl.

G01N 5/04(2006.01)

G01N 15/06(2006.01)

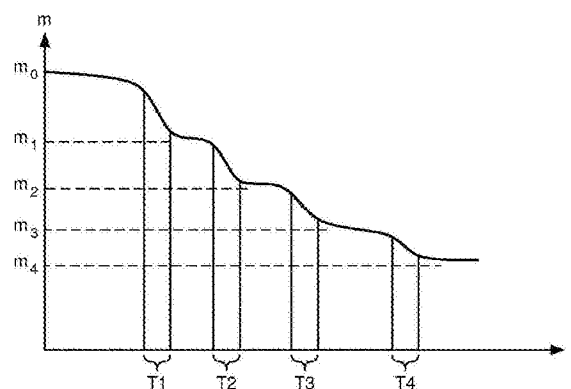
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

气溶胶质量传感器和感测方法

(57)摘要

一种用于测量气溶胶中颗粒质量的质量传感器,使用谐振频率检测以确定颗粒质量。加热元件用于加热谐振传感器元件,并且加热元件利用加热期间监测到的沉积颗粒的质量变化在感测周期内被控制。这使得低成本装置能够检测颗粒浓度,还能够提供有关颗粒的化学和/或物理性质的信息。



1. 一种用于测量气溶胶中的颗粒质量的质量传感器,包括:
传感器元件 (32);
加热元件 (38), 用于加热所述传感器元件;
换能器元件 (34), 用于驱动所述传感器元件谐振并且检测所述传感器元件的谐振频率, 其中所述谐振频率取决于沉积在所述传感器元件上的颗粒的质量; 以及
控制器 (36), 用于操作所述加热元件, 并且基于检测到的所述谐振频率的变化监测加热期间质量的变化。
2. 根据权利要求1所述的质量传感器, 其中所述控制器 (36) 进一步适合于:
在没有加热的情况下实施初始采样操作; 以及
执行后续的温度控制。
3. 根据权利要求2所述的质量传感器, 进一步包括查找表, 所述查找表包括与针对不同类型的颗粒物的质量-温度函数有关的信息。
4. 根据前述权利要求中的任一项所述的质量传感器, 其中所述传感器元件 (32) 包括具有谐振体的MEMS传感器。
5. 根据权利要求4所述的质量传感器, 其中所述加热元件包括形成在所述谐振体的表面上或嵌入所述谐振体内的加热迹线 (38)。
6. 根据前述权利要求中的任一项所述的质量传感器, 进一步包括样本摄入装置 (30), 用于在感测周期的至少第一部分期间操作以向所述传感器元件驱动被监测的气溶胶。
7. 根据前述权利要求中的任一项所述的质量传感器, 进一步包括颗粒过滤装置 (30), 用于选择要被测量的颗粒质量的颗粒尺寸范围。
8. 根据前述权利要求中的任一项所述的质量传感器, 进一步包括在所述传感器元件附近的气体感测元件。
9. 一种空气处理装置, 包括根据权利要求1至8中的任一项所述的质量传感器。
10. 一种测量气溶胶中的颗粒质量的方法, 包括:
驱动传感器元件 (32) 谐振;
检测所述传感器元件的谐振频率, 其中所述谐振频率取决于沉积在所述传感器元件上的颗粒的质量;
加热所述传感器元件; 以及
基于检测到的所述谐振频率的变化, 监测加热期间所述质量的变化。
11. 根据权利要求10所述的方法, 包括:
在没有加热的情况下实施初始采样操作; 以及
执行后续的温度控制。
12. 根据权利要求10或11所述的方法, 还包括使用查找表, 所述查找表包括与针对不同类型的颗粒物的质量-温度函数有关的信息, 以从所监测的加热期间的质量变化中获取颗粒信息。
13. 根据权利要求10、11或12所述的方法, 其中所述加热元件包括形成在谐振体的表面上的加热迹线 (38)。
14. 根据权利要求10至13中的任一项所述的方法, 进一步包括在感测周期的至少第一部分期间向所述传感器元件驱动被监测的气溶胶。

15. 根据权利要求10至14中的任一项所述的方法,进一步包括执行颗粒过滤以限定气溶胶污染物要被监测的颗粒尺寸的范围。

气溶胶质量传感器和感测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及气溶胶中颗粒质量的测量和存在的颗粒类型的识别。

背景技术

[0002] 空中颗粒污染,特别是颗粒尺寸小于 $2.5\mu\text{m}$ 直径范围(称为“PM2.5”)的颗粒污染是中国等国家的一个重大问题,其中工业化的速度延伸到监管要求的边界。

[0003] 作为增加消费者赋权的结果,对生活空间的空气质量的的需求正在增加。特别是在中国,过度的PM2.5污染已经成为过去十年的常见问题。这个问题也通过在中国各个城市的连续测量得到验证。数据是公开可用的,并且可以由移动电话应用或通过网络同时监测。

[0004] 这些数据的可用性以及国家和国际媒体的持续关注使消费者对这个问题的认识更加强烈。

[0005] 官方室外空气质量标准将颗粒物浓度定义为每单位体积的质量浓度(例如 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。中国大陆的平均PM2.5污染浓度已经根据卫星数据计算得到,并且已经发现,该国大部分地区超过世界卫生组织的 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的限值,一些地区达到甚至超过PM2.5浓度 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

[0006] 标准化的参考测量方法基于例如使用石英晶体微量天平、锥形谐振器、撞击器或称重过滤器和筛子测量每个空气采样体积的沉积或捕获的颗粒的质量。

[0007] 然而,这些系统需要用于处理测量的手动部分(例如称重过滤器和筛)和/或定期维护以清洁积聚的质量、维护各种系统部件和重新校准的专业操作指南。

[0008] 以这种方式的质量测量也不提供关于颗粒本身的化学和物理化学性质的任何信息。

[0009] 环境气溶胶,室内和室外的,由具有取决于它们的来源的不同的化学和物理性质的各种物质组成。不同类型包括挥发性/半挥发性物质(例如硝酸盐和硫酸盐),烃类物质(聚芳香烃),各种碳物质(例如煤烟,烟雾)和无机物,生物气溶胶(细菌,病毒,宠物皮屑,尘螨排泄物,和真菌孢子)。

[0010] 气溶胶的物理和化学性质的分析提供了可以与它们对健康的影响相关联的附加信息。这些物理和化学性质也可以用于鉴定气溶胶的来源,并且该信息将使得能够更好地估计颗粒尺寸分布、形状、密度等。

[0011] 存在用于微粒物质的化学分析的方法。例如,热重分析是一种公知的分析技术,其也可以应用于未知来源的气溶胶的表征。该方法包括在受控加热条件(例如受控加热速率)下测量未知样本的重量变化。因此可以鉴定混合物中的挥发性和反应性物质的类型和比例。

[0012] 虽然气溶胶的热重分析提供了一组有用的信息,但是其通常在具有专用设备的已建立的实验室装置中进行。

[0013] 因此,需要一种小型化系统以实现适用于消费者应用的低成本分析装置。

[0014] 已经提出了用于气溶胶污染监测的基于谐振的质量感测。例如,已经提出使用用

于个人接触量监测的具有皮克级水平的质量分辨率的微型机械硅悬臂装置。过滤器可以用于消除大颗粒,并且可以提供用于在悬臂上沉积纳米颗粒的静电取样器。例如,W02013/064157公开了一种基于MEMS的谐振颗粒测量装置,被设计用于测量空气流中的气溶胶纳米颗粒。

[0015] 然而,该方法不提供任何化学分析。

[0016] 期望提供一种能够确定颗粒浓度(基于质量感测)以及所收集的颗粒的一些化学和物理信息的低成本装置。已知的热重分析工具被设计用于实验室设施,并且不适合在消费者装置中使用。

发明内容

[0017] 本发明由权利要求限定。

[0018] 根据本发明的一个实施例,提供了一种用于测量气溶胶中颗粒质量的质量传感器,包括:

[0019] 传感器元件;

[0020] 用于加热传感器元件的加热元件;

[0021] 用于驱动传感器元件谐振并且检测传感器元件的谐振频率的换能器元件,其中所述谐振频率取决于沉积在传感器元件上的颗粒的质量;以及

[0022] 用于在感测周期期间操作加热元件,并且基于检测到的谐振频率的变化监测加热期间的质量变化的控制器。

[0023] 气溶胶可以是空气或任何其他具有夹带颗粒的气体。

[0024] 控制该传感器布置以使得在颗粒物已经沉积在传感器元件上之后(例如在感测周期的第一阶段期间),执行加热。沉积在传感器上的颗粒物的质量将在加热期间(例如由于与温度有关的蒸发)发生改变。基于随温度变化的谐振频率检测到的质量随温度变化的方式(特别是减小)可用于获取关于沉积颗粒的性质的信息。

[0025] 控制器还可以适合于:

[0026] 在没有加热的情况下实施初始采样操作;以及

[0027] 执行后续的温度控制。

[0028] 以这种方式,最初控制传感器以吸引样本,随后使用温度控制来确定样本相对于温度的函数。

[0029] 优选地,提供包括与用于不同类型的颗粒物的质量-温度函数有关的信息的查找表。

[0030] 以这种方式,可以利用先前存储的结果(可以基于计算或基于校准信息)进行质量函数与温度的比较,以能够获得颗粒物的类型。

[0031] 传感器元件可以包括任何可以使用的基于谐振的传感器,其提供足够的质量分辨率,例如从皮克到毫克。例如传感器元件可以包括MEMS传感器。这使得能够制造低成本和紧凑的传感器。

[0032] 例如,MEMS传感器元件可以形成为夹紧-夹紧谐振梁或夹紧-自由谐振梁。

[0033] 加热元件可以包括形成在谐振体的表面上或嵌入谐振体中的加热迹线。这使得加热元件能够集成到传感器的结构中。谐振体可具有低热质量从而需要低功率加热器。

[0034] 可替代地,可以使用外部加热器元件(例如红外灯)或在谐振传感器附近的电阻加热器来施加热。

[0035] 在所有情况下,优选地加热器元件在整个测试期间提供可控的加热速率(即,相对于时间的温度斜率)。

[0036] 优选地提供样本摄取装置,用于至少在感测周期的第一部分期间操作,以向传感器元件驱动被监测的气溶胶。然后传感器仅在感测操作期间暴露于颗粒气溶胶,以延长寿命。

[0037] 样本摄取装置可以是风扇或泵。可替代地,可以提供静电吸引装置。另外的替代方案包括基于重力的颗粒沉积,或热泳沉积,或使用自然对流。

[0038] 颗粒过滤装置可以用于限定要分析气溶胶污染物的颗粒尺寸范围。

[0039] 这意味着可以仅针对感兴趣的颗粒尺寸范围监测颗粒的行为。过滤可以基于机械过滤器或基于空气动力学分离,例如使用撞击器。

[0040] 传感器还可以包括在传感器元件附近的气体感测元件,以随着温度增加检测从传感器发射的气体或蒸汽的性质。气体传感器也可以用于检测反应气体的浓度变化。例如,氧浓度的降低将指示通过氧化反应的消耗,并且各种化学反应可以在升高的温度下发生。

[0041] 本发明的实施例还提供了一种测量气溶胶内的颗粒质量的方法,包括:

[0042] 驱动传感器元件进行谐振;

[0043] 检测传感器元件的谐振频率,其中谐振频率取决于沉积在所述传感器元件上的颗粒的质量;

[0044] 加热传感器元件;以及

[0045] 基于检测到的谐振频率的变化监测加热期间的质量变化。

[0046] 该方法监测在传感器元件的加热期间质量的变化。质量-温度函数的特性使得能够获取关于沉积颗粒的性质的信息。

[0047] 可以在没有加热的情况下进行初始采样操作,然后可以进行后续的温度控制。

[0048] 以这种方式,最初控制传感器以吸引样本,随后使用温度控制来确定其关于温度的函数。

[0049] 本发明还提供一种空气处理装置,包括本发明的质量传感器。

附图说明

[0050] 现在将参照附图详细描述本发明的示例,其中:

[0051] 图1图示了利用弹簧质量系统解释的基于谐振的质量检测的基本方面,其中,谐振器的质量影响谐振频率;

[0052] 图2图示了热重信息的基本要素;

[0053] 图3图示了本发明的传感器的实施例;

[0054] 图4图示了本发明的方法的实施例;以及

[0055] 图5图示了在本发明的系统和方法中使用的具有集成加热器的谐振器元件的实施例。

具体实施方式

[0056] 本发明提供了一种用于测量气溶胶内的颗粒质量的质量传感器,其中使用谐振频率检测来确定颗粒质量。加热元件用于加热谐振传感器元件,并且在感测周期期间利用在加热期间监测的沉积颗粒的质量变化来控制该加热元件。这使得低成本装置能够检测颗粒浓度以及提供关于颗粒的化学和/或物理性质的信息。

[0057] 使用谐振设备的直接质量测量是已知的技术。该技术基于公知原理,该公知原理基于谐振频率(f_0)和谐振器质量之间的关系,如图1所示。

[0058] 在图1中,示意性地表示了具有质量 m 和弹簧常数 k 的谐振器质量10。该图示出了作为频率(x 轴)的函数的谐振振荡的幅值(在 y 轴上)。曲线12用于基本谐振器质量。如果添加了附加质量14(Δm),则振荡曲线在频率上向下移动到具有频率偏移 Δf 的曲线16。

[0059] 控制谐振振动的方程是:

$$[0060] \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

$$[0061] \quad \Delta f = -\frac{1}{2} \frac{\Delta m}{m} f_0 \quad (2)$$

$$[0062] \quad \Delta m_{\min} \propto \frac{m}{Q} \quad (3)$$

[0063] 等式1示出了基本谐振频率和谐振器特性之间的关系。等式2示出了由质量变化引起的频率变化,等式3示出了可以检测到的最小质量($\Delta m_{\min}$)。最小值取决于谐振器的机械品质因数 Q 。

[0064] 在文献中存在用于气溶胶污染物监测的基于谐振的质量感测的几个示例。例如,已经提出使用用于个人接触量监测的具有皮克级水平的质量分辨率的微型机械硅悬臂装置。过滤器可以用于消除大颗粒,并且可以提供用于在悬臂上沉积纳米颗粒的静电采样器。

[0065] 例如,WO 2013/064157公开了一种基于MEMS的谐振颗粒测量装置,其被设计用于测量空气流中的气溶胶纳米颗粒。

[0066] 以与随着沉积质量的增加谐振频率降低相同的方式,如果质量在谐振器上如通过蒸发的方式减小,则谐振频率增加。

[0067] 假设的气溶胶沉积物的热重信息的基本要素如图2所示。该图显示了质量关于温度的变化。质量变化可以由质量传感器随时间测量,并且如果存在关于时间的已知温度曲线,则能够获取如图2所示的曲线。

[0068] 重量变化曲线(在这种情况下为重量损失)的不同阶段对应于某些事件,这可能与某种类型的气溶胶的存在相关。

[0069] 例如,温度范围 T_1 期间的质量下降可对应于水分损失。在温度范围 T_2 期间的质量下降可以对应于第一半挥发性化合物的蒸发。在温度范围 T_3 期间的质量下降可以对应于第二半挥发性化合物的蒸发。在温度范围 T_4 期间质量的下降可对应于剩余有机气溶胶的燃烧和气化。显然,一些反应,例如固态氧化可导致测量质量的增加,并且在这种情况下,热重曲线将表明在对应于该反应的温度范围的向上移动。

[0070] 气溶胶混合物中不同化合物的浓度(重量百分比)可以通过从气溶胶沉积物的原始质量(m_0)中减去相应的质量值(m_1, m_2 等)来计算。

[0071] 在文献中已经研究了各种来源的气溶胶的热性质。在Atmospheric Environment 54(2012):36-43中的Perrino,Cinzia等人的文章“Thermal stability of inorganic and organic compounds in atmospheric particulate matter”公开了大气颗粒物的热行为的研究。它公开了用于检测质量损失的热重分析。

[0072] 在Atmospheric Environment 38.31(2004):5205-5215中的Wittmaack,Klaus和Lothar Keck的文章“Thermodesorption of aerosol matter on multiple filters of different materials for a more detailed evaluation of sampling artifacts”还公开了在逐步热解吸之后的样本的重量质量分析。

[0073] 因此,各种气溶胶的热退化/蒸发的温度范围是已知的。

[0074] 例如,本发明可以以内置或在线查表的形式利用这些信息源。还可以通过实验获得相关信息,例如使用旨在由质量传感器检测的物质的样品。

[0075] 在优选的解决方案中,可以通过软件升级或通过使用用于所提出的传感器的数据分析部分的在线数据库来更新查找表。

[0076] 本发明基于用于加热谐振传感器元件的加热元件的使用,使得能够在加热期间基于检测到的谐振频率的变化,监测谐振传感器元件上的沉积颗粒的质量变化。

[0077] 传感器的详细设计将取决于应用条件。

[0078] 一般来说,如图3所示,传感器系统包括颗粒预分类单元30和摄入采样装置(例如过滤器组套),MEMS谐振器32(下面描述),用于驱动和读取传感器和其他系统部件的电子电路34,以及用于数据处理和存储的控制器36。到传感器单元的空气流可以通过使用风扇和/或热对流来处理。

[0079] MEMS谐振器32包括由控制器36控制以执行加热周期的加热器元件38。

[0080] 样本摄入和调节单元30被设计为考虑目标颗粒范围。可以通过使用适当的颗粒尺寸预分类方法,例如,网眼/过滤器组合或惯性分离,来把特定的微粒物质范围(例如PM1,PM2.5,PM10)作为目标。在使用寿命期间始终如一地提供足够的样本空气体积是设计这种系统的关键参数。颗粒过滤器如纤维过滤器、筛网、惯性和空气动力学分离单元可用于颗粒尺寸范围选择。

[0081] 可以通过接地或相反偏置的谐振器上的带电颗粒的静电或电泳沉淀来控制颗粒的沉积。替代地,可以使用包括在谐振器和相反表面之间产生温度差的热泳沉淀。替代地,沉积可以基于随机颗粒移动。

[0082] 还可以使用用于输送采样得到的空气体积的风扇、泵或对流单元来设计系统以与该关键参数兼容。

[0083] 选择取决于最小可检测质量,“清洁空气”中的平均颗粒浓度(基线水平),通过采样系统中的颗粒过滤器的颗粒比例,以及最终用户对最小颗粒浓度检测的要求。

[0084] MEMS谐振器可以用作谐振传感器元件32。谐振器可以被设计和制造为具有合适的尺寸,以达到用于提供所需检测极限的期望的谐振频率。

[0085] 可能的谐振器结构的示例是悬臂式的结构(一端夹紧,另一端自由),以及双夹紧或膜型谐振器。

[0086] 悬臂设计在静电颗粒收集的情况下在悬臂尖端处提供足够的电场密度可能是特别有益的。悬臂结构可以是简单的矩形形式、三角形形式(用于较大的夹持区)或锤头状形

式,用于增加表面积,同时保持夹紧端的低面积。

[0087] 这些参数都会影响系统的谐振行为,并且可以使用基本谐振器设计原理。

[0088] 用于驱动和读取谐振频率的电路34还取决于谐振器的Q值,换能器的选择(例如,压电的,热的,压阻的,光学的,电容性的等)。根据对最小可检测质量的要求,可以实现Q补偿机制以增加系统的质量分辨率。选择电子域中谐振频率的检测以适合于致动方法。在文献中这种谐振器的电路设计的基本原理是已知的。

[0089] 例如,在压电致动和感测的情况下,使用包含谐振器的电阻抗的振荡器电路。在静电/电容致动和感测的情况下,使用压控振荡器电路。

[0090] 用于数据处理和操作的控制器36也可以根据应用要求(例如数据采样率,用于计算的处理负载和数据处理算法的实现)来选择和设计。控制器与电子电路34相连接并且提供对加热器元件38的控制。

[0091] 传感器还可以包括在传感器元件32附近的气体感测元件39,以当温度增加时检测从传感器发射的气体或蒸汽的性质。气体传感器也可以用于检测反应气体的浓度变化。例如,氧浓度的降低将指示通过氧化反应的消耗,并且各种化学反应可以在升高的温度下发生。气体传感器提供

[0092] 图4图示了使用传感器的方法。

[0093] 在步骤40中,测量初始谐振频率(f_0) (即在时间 t_0)。

[0094] 周期开始于步骤42中,例如通过启动进气口(例如利用风扇,以已知的空气流量)。

[0095] 在已经对固定体积的空气进行采样之后,在步骤44中测量谐振频率,并且获取质量 m_0 的变化。

[0096] 在步骤46中,激活加热器。在加热期间,在步骤48中监测谐振频率,直到加热周期完成。监测谐振频率用于跟踪谐振频率 Δf 的变化。

[0097] 所记录的关于时间的频率曲线被处理以导出关于时间的质量曲线。这转换为质量对温度的曲线,并且从质量对温度的响应可以导出化学和/或物理信息。该处理全部在步骤50中进行。温度关于时间的函数可以基于谐振器元件对提供给它的加热功率的已知响应来获得,或者可以存在温度感测和反馈以辅助准备温度对时间的曲线。该温度对时间的曲线用于将质量对时间的曲线转换为质量对温度的曲线。

[0098] 处理步骤50可以包括将来自(图2的)热重曲线的数据与包含与源自不同的室内气溶胶产生事件的化合物相关的信息的查找表进行比较。然后,该信息用于识别气溶胶产生事件和该特定类型事件的预期颗粒尺寸分布。

[0099] 然后该信息可以用于例如优化空气过滤过程。例如,产生具有高水分含量的气溶胶的事件典型的对应于烹饪活动和/或生物气溶胶,其可以通过有关挥发性化合物比例的附加信息来区分。

[0100] 质量传感器提供输出,其从而指示特定大小范围的颗粒的浓度,并且还给出关于颗粒的性质的信息。该信息可以用于控制空气处理装置。例如,指示高污染水平的高记录质量可以产生高容量操作模式(例如通过为空气净化器装置选择高风扇速度设置),并且低记录质量可以产生较低容量操作模式。以这种方式,获得了节能,并且可以延长空气净化器装置的寿命。

[0101] 可以根据检测到的颗粒污染的类型激活不同的空气处理装置,使得空气处理过程

可以根据存在的污染类型来定制。

[0102] 在通过使用从户外摄入的空气控制空间的空气性质的空气处理装置的情况下,传感器读数可用于调节来自室外的空气摄入,例如根据室外空气污染是否超过系统要求以及根据检测到的污染类型。

[0103] 传感器读数(或者颗粒的浓度和类型)可以作为输出例如使用显示屏提供给用户。然后,用户可以相应地处理和响应信息,并且传感器可以是独立的传感器装置。可替代地,传感器读数可用作较大系统内的内部控制参数,该较大系统响应于检测到的污染水平自动地反应。该较大的系统可以是空气净化器或其他空气质量控制系统。

[0104] 在一个示例中,加热器38形成在谐振器表面上,用于以受控的方式操纵温度。图5中给出了微谐振器的示意性表示。具有已知电阻的金属(或其他导体)线可以用于在谐振器表面上构造加热器38。图5所示的谐振器具有悬臂设计,具有固定到基底的固定端52,以及自由端54。

[0105] 金属可以根据期望的温度范围来选择。例如,对于适于监测燃烧过程(例如,在正常空气环境中燃烧有机物以检测气溶胶的有机物含量)的高温,应选择适于700℃-800℃范围内的温度的材料。例如,作为MEMS制造工艺中使用的典型材料的硅微谐振器和TiN加热器的组合适合于此目的。

[0106] 使用微谐振器系统还实现了低功率操作,因为系统的热质量与大部分系统相比非常小,因此加热不需要大功率消耗。低热质量和集成加热器线还能够通过使用加热器线电阻和温度(即电阻的负温度系数)之间的已知线性关系来严格控制谐振器温度。因此,电阻测量提供了使用加热元件本身而不是需要单独的温度传感器来提供温度反馈的机制。

[0107] 作为谐振器的MEMS制造工艺的一部分(例如在谐振器释放步骤期间),通过提供可以通过块微加工技术(例如深反应离子蚀刻)实现的开口,可以在谐振器和锚/基底之间提供热绝缘。用于提供热绝缘的开口可以优选地通过晶片的背面蚀刻来获得,该晶片用于构建谐振器或者将谐振器构建在该晶片上。在硅(或其他半导体)晶片的情况下,一种优选的方法是使用绝缘体上硅型晶片,然后可以使用绝缘体层的热绝缘特性来防止过多的热能损失到大块基底材料。

[0108] 上述示例使用形成传感器的集成部分的加热器元件。然而,可以使用外部加热器元件(例如红外灯)或在谐振器传感器附近的电阻加热器来施加热。可以使用加热元件的组合。

[0109] 上述实施例基于PM2.5颗粒的检测,但是本发明可以应用于PM10,PM1颗粒或其它类别的超细颗粒。

[0110] 上述示例基于MEMS谐振器。然而,该方法可以基于其他微谐振器,例如膜装置(类似于电容微加工超声换能器)或石英晶体微量天平(QCM)。谐振器可以是体声波(BAW)谐振器或表面声波谐振器(SAW)。

[0111] 本发明可应用于空气净化器,独立的颗粒传感器单元,个人暴露监测装置,车辆车厢颗粒测量传感器,室外使用的颗粒传感器(作为独立的传感器单元或例如用于城市管理的用于灯柱的传感器),通风单元,建筑物气候管理系统的各种部件以及通常各种类型的质量传感器。在呼吸支持和药物递送应用中也有医疗应用。

[0112] 该系统使用控制器。可用于控制器的组件包括但不限于常规微处理器,专用集成

电路 (ASIC) 和现场可编程门阵列 (FPGA) 的应用。

[0113] 在各种实现中,处理器或控制器可以与一个或多个存储介质相关联,诸如易失性和非易失性计算机存储器,例如RAM,PROM,EPROM和EEPROM。存储介质可以用一个或多个程序编码,以当在一个或多个处理器和/或控制器上执行时执行所需功能。各种存储介质可以固定在处理器或控制器内,或者可以是便携的,使得存储在其上的一个或多个程序可以被加载到处理器或控制器中。

[0114] 通过研究附图、公开内容和所附权利要求,本领域技术人员在实践要求保护的本发明时可以理解和实现所公开的实施例的其它变型。在权利要求中,词语“包括”不排除其他元件或步骤,并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。在相互不同的从属权利要求中陈述某些措施的事实并不表示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记不应被解释为限制范围。

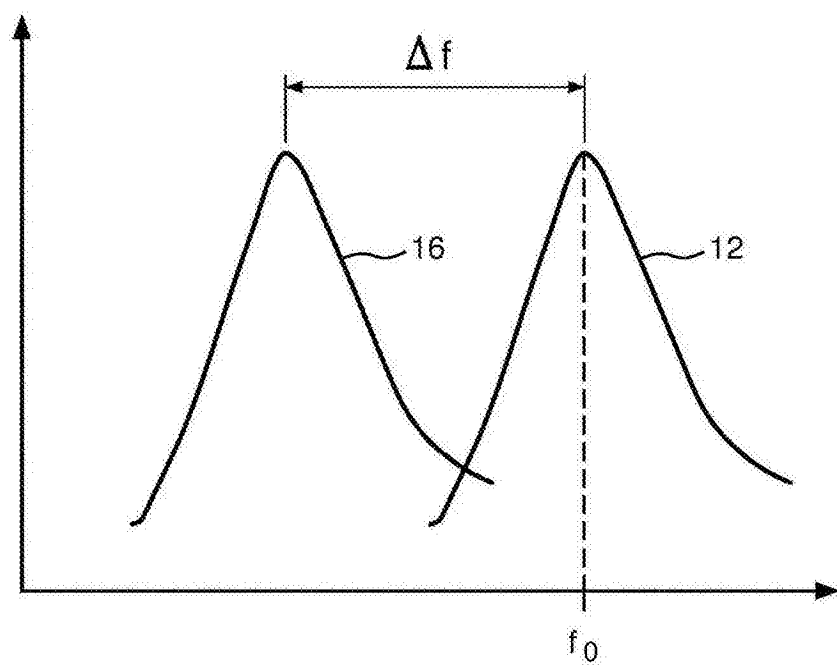
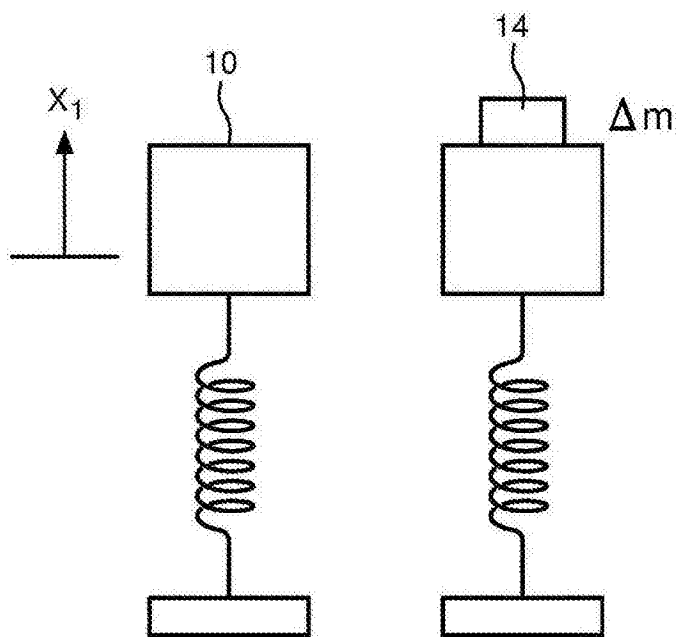


图1

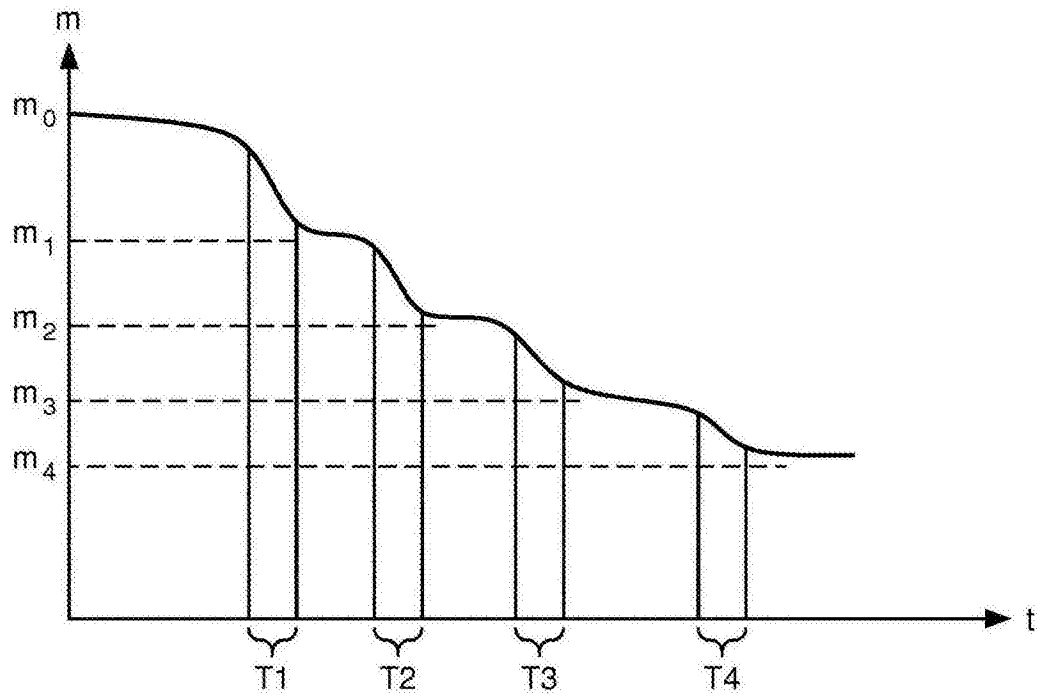


图2

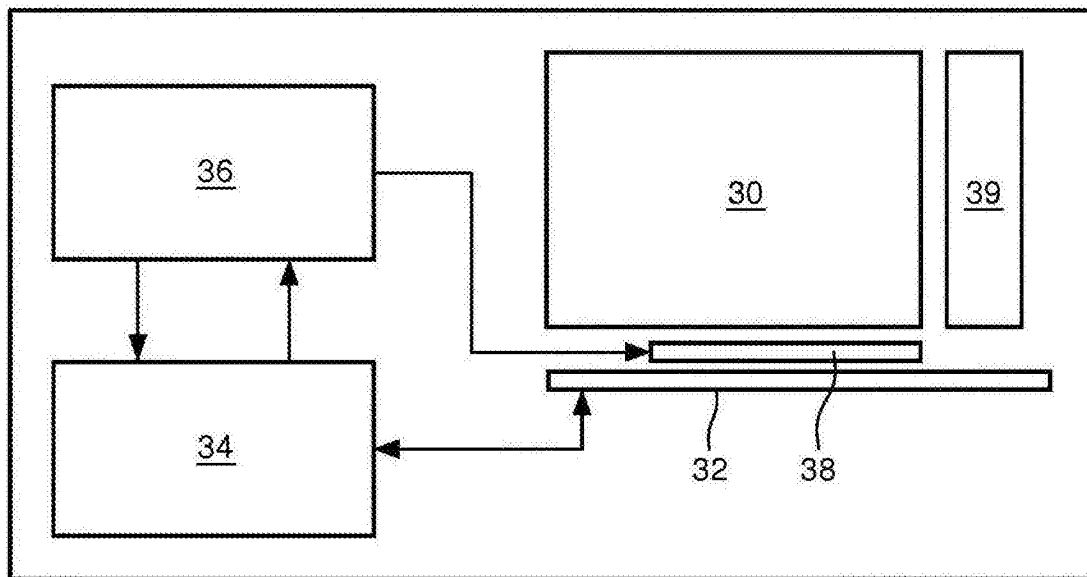


图3

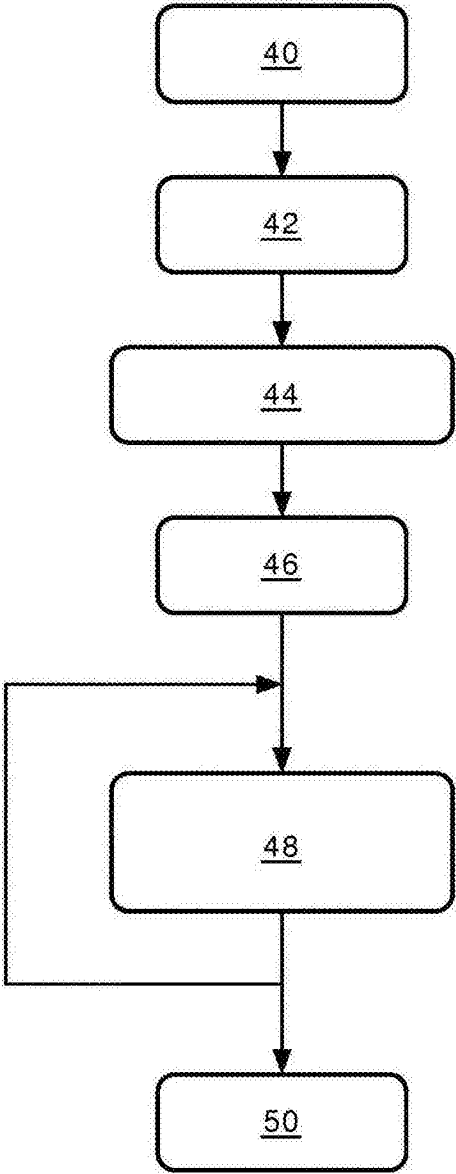


图4

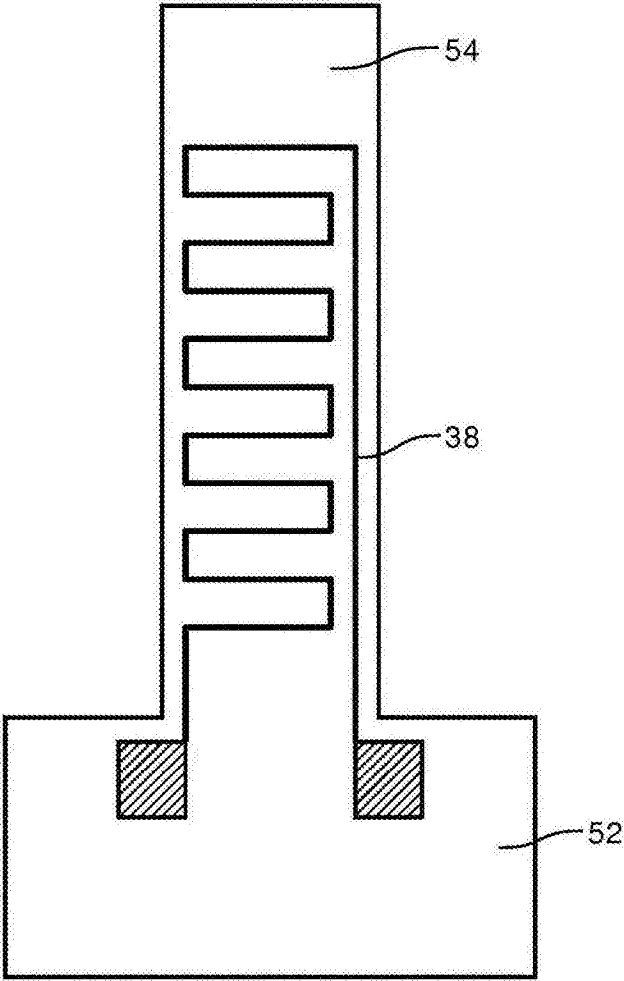


图5