



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103842798 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 04

(21) 申请号 201280048010. 1

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

(22) 申请日 2012. 08. 03

代理人 李江晖

(30) 优先权数据

1113478. 0 2011. 08. 04 GB

(51) Int. Cl.

G01N 15/06(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 03. 28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2012/051890 2012. 08. 03

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/017894 EN 2013. 02. 07

(71) 申请人 剑桥企业有限公司

地址 英国剑桥

(72) 发明人 马克·爱德华·韦兰

阿迪夫·阿齐兹

伊恩·詹姆士·格尼

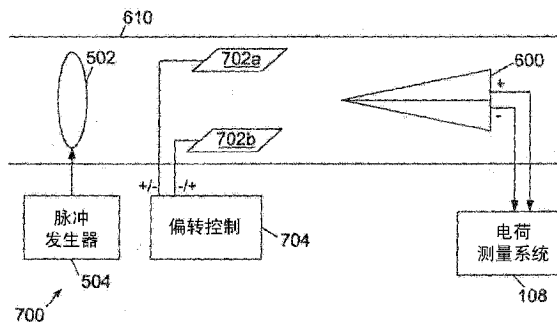
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

(54) 发明名称

感测系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于飞机的火山灰传感器，并涉及感测设备和方法。因此本文描述了用于飞机的火山灰传感器，该传感器包括：导电的火山灰电荷收集装置；用于在空气通道中安装所述收集装置的电绝缘的支撑件；和电荷测量系统，该电荷测量系统具有电耦合到所述火山灰收集装置的输入端；其中，所述导电的火山灰电荷收集装置被配置成使得经过所述火山灰电荷收集装置的气流为湍流；并且其中所述电荷测量系统被配置成用于确定所述火山灰电荷收集装置上的电荷的水平，以确定所述气流中的火山灰的存在。



1. 一种用于飞机的火山灰传感器,该传感器包括:  
导电的火山灰电荷收集装置;  
用于在空气通道中安装所述收集装置的电绝缘的支撑件;和  
电荷测量系统,该电荷测量系统具有电耦合到所述火山灰收集装置的输入端;并且  
其中,所述电荷测量系统被配置成用于确定所述火山灰电荷收集装置上的电荷的水平,以确定所述气流中的火山灰的存在。
2. 根据权利要求1所述火山灰传感器,其中所述导电的火山灰电荷收集装置被配置成使得经过所述火山灰电荷收集装置的气流是湍流。
3. 根据权利要求1或2所述火山灰传感器,其中所述火山灰电荷收集装置的表面具有多个肋、台阶和/或开口。
4. 根据任一前述权利要求所述的火山灰传感器,其中所述火山灰电荷收集装置是大致圆锥形的。
5. 根据任一前述权利要求所述的火山灰传感器,还包括沿所述气流安装到所述火山灰电荷收集装置上游的火山灰充电电极,和耦合到所述火山灰充电电极以向所述充电电极施加电压以对所述火山灰充电的颗粒充电电源。
6. 根据权利要求5所述火山灰传感器,其中所述电荷测量系统被配置成用于确定依赖于所述火山灰的可充电性的数据,以确定所述气流中的火山灰的存在。
7. 根据权利要求6所述火山灰传感器,其中所述颗粒充电电压被配置成用于向所述充电电极提供正电压和负电压,以用于确定所述可充电性。
8. 根据任一前述权利要求所述的火山灰传感器,还包括沿所述气流安装到所述火山灰电荷收集装置上游的一对带电颗粒偏转电极,和用于施加跨越所述一对电极的电场以偏转所述气流中的火山灰颗粒的颗粒偏转电源。
9. 根据权利要求8所述火山灰传感器,其中所述颗粒偏转电源被配置成用于施加跨越所述一对带电颗粒偏转电极的变换极性电场,并且其中所述电荷测量系统对于因所述交替的电场导致的所述火山灰电荷收集装置上的电荷变化敏感,以确定所述气流中的火山灰的存在。
10. 根据任一前述权利要求所述的火山灰传感器,其中所述导电的火山灰电荷收集装置包括一对分离的相邻的收集电极,并且其中所述电荷测量系统被配置成用于确定所述一对收集电极上的电荷水平的差值以确定所述气流中的火山灰的存在。
11. 根据引用权利要求9的权利要求10所述火山灰传感器,其中所述电荷测量系统被配置成用于确定所述一对收集电极上的电荷水平的所述差值的变化,以确定所述气流中的火山灰的存在。
12. 根据任一前述权利要求所述的火山灰传感器,其中所述电荷测量装置被进一步配置成用于确定所述气流中的液雾的存在。
13. 一种用于飞机的液雾感测系统,该系统包括一对如权利要求1至12中任一项所述的火山灰传感器,和用于比较来自所述传感器的各自的电荷测量系统的输出以识别所述气流中的液雾的存在的装置。
14. 一种固体或液体颗粒传感器,包括:  
导电的固体或液体颗粒电荷收集装置;

用于在空气通道中安装所述颗粒电荷收集装置的绝缘的支撑件 ; 和  
电荷测量系统, 该电荷测量系统具有电耦合到所述颗粒电荷收集装置的输入端 ;  
其中, 所述导电的颗粒电荷收集装置被配置成使得经过所述颗粒电荷收集装置的气流  
为湍流 ; 并且

其中所述电荷测量系统被配置成用于确定所述固体或液体颗粒电荷收集装置上的电  
荷的水平, 以确定所述空气通道中的固体或液体颗粒的存在。

15. 一种感测气流中的火山灰颗粒和 / 或液体颗粒的方法, 该方法包括 :

在导电的电荷收集装置上捕获所述颗粒 ; 和

响应所述电荷收集装置上的电荷感测所述颗粒 ;

其中所述捕获步骤包括在所述气流中产生湍流以提高附着到所述电荷收集装置的颗  
粒的比例。

16. 根据权利要求 15 所述方法, 还包括在所述捕获步骤之前向所述颗粒施加确定水平  
的电荷。

17. 根据权利要求 15 或 16 所述方法, 包括在所述捕获步骤之前用变换极性电场使所述  
颗粒偏转。

18. 根据权利要求 15、16 或 17 所述方法, 其中所述电荷收集装置包括在所述气流中  
处于不同横向位置的一对电极, 并且其中所述感测步骤包括感测所述一对电极上的差分电  
荷。

19. 根据权利要求 15 至 18 中任一项所述方法, 其中所述感测步骤还包括确定以下一项  
或多项的估值 :

i) 所述颗粒的可充电性 ;

ii) 所述颗粒的平均质量 ; 和

15i) 所述颗粒的荷质比。

20. 根据权利要求 15 至 19 中任一项所述方法, 还包括液体颗粒与火山灰颗粒之间的辨  
别。

21. 一种用于感测气流中的火山灰颗粒和 / 或液体颗粒的传感器, 该传感器包括 :

用于在导电的电荷收集装置上捕获所述颗粒的装置 ; 和

用于响应于所述电荷收集装置上的电荷感测所述颗粒的装置 ; 和以下一项或多项 :

用于在所述气流中产生湍流以增加附着到所述电荷收集装置的颗粒的比例的装置 ;

用于在所述捕获之前向所述颗粒施加确定水平的电荷的装置 ;

用于在所述捕获之前用变换极性的电场使所述颗粒偏转的装置 ;

所述电荷收集装置包括在所述气流中处于不同横向位置的一对电极, 其中所述用于感  
测的装置被配置成用于感测所述一对电极上的差分电荷 ;

用于确定 i) 所述颗粒的可充电性 ; ii) 所述颗粒的平均质量 ; 和 iii) 所述颗粒的荷质  
比中的一项或多项的估值的装置 ; 和

用于所述液体颗粒与所述火山灰颗粒之间的辨别的装置。

## 感测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于飞机的火山灰感测技术，并且涉及感测设备和方法。

### 背景技术

[0002] 2010年4月发生的Eyjafjallajökull火山喷发事件导致严重的欧洲经济损失、商业中断和加剧的全球经济不确定性。显然可以确定的是，在该事件过程中，我们没有准备，并且引人关注的是，我们没有办法可靠地评估在火山活动期间飞行的风险。

[0003] 由各种气象和空气安全机构提出的当前的火山灰观察方法和数据不能提供空气中的火山灰的质量浓度的可靠的测量，这些信息对于航线、飞机制造商和飞机发动机制造商而言是不可或缺的，因为基于飞行观察，该浓度值是预测是否能够安全飞行的当前仅有的备有证明文件的预测因素。

[0004] 远程感测技术，诸如激光雷达 (LIDAR)、红外线照相机和卫星观测，是主要地表面感测技术并且估算火山灰云的单位面积的质量。远程感测不允许单独的飞机监控，也不能实现累积的发动机暴露于吸入颗粒的测量，而这是对于做出发动机维护决定而言重要的考虑因素。

[0005] 激光颗粒计数器是对于我们下文中提出的传感器的一种替换，然而，它们的检测方法是基于光学的，因此暴露于尘或灰浆导致传感器性能随时间流逝而退化。此外，基于光学的系统通常非常脆弱，对于振动和温度波动敏感，并且它们的耐久性和可靠性在暴露于升高的温度时（例如暴露于排气管的情况下）会大打折扣。

[0006] 感测火山灰提出了特别的问题，因为颗粒尺寸通常较小，例如小于 $3\mu\text{m}$ 。火山灰还具有尖利的边缘，这在电荷获取方面具有更大的机会。

[0007] 通常的背景现有技术可以在US2006/0150754；US5621208；GB1105604A；US2003/0006778；和JP59202055A中找到。

### 发明内容

[0008] 根据本发明的第一方面提供了一种用于飞机的火山灰传感器，该传感器包括：导电的火山灰电荷收集装置；用于在空气通道中安装所述收集装置的绝缘的支撑件；和电荷测量系统，该电荷测量系统具有电耦合到所述火山灰收集装置的输入端；其中优选地，所述导电的颗粒电荷收集装置被配置成使得经过所述火山灰电荷收集装置的气流为湍流；并且其中所述电荷测量系统被配置成用于确定所述火山灰电荷收集装置上的电荷的水平，以确定所述气流中的火山灰的存在。

[0009] 在实施例中，提供经过火山灰电荷收集装置的湍流可增加火山灰颗粒附着到传感器上的机会，并且还增强了颗粒的摩擦生电。此外，火山灰看起来特别能够获得和保持固有电荷。

[0010] 在某些优选实施例中，火山灰电荷收集装置为大致椭圆形（其在这里包括向外展开的形状，例如喇叭状）。在优选的实施例中，装置的表面设有或包括多个肋、台阶和/或开

口（和 / 或金属丝和 / 或其他构型），例如布置成大致沿圆周的形式沿装置的纵向长度具有间隔，以产生所述湍流。因此，装置的所述表面可例如由尺寸（直径）不断增大的一组线圈提供，该线圈沿装置的纵向长度具有间隔，以接近大致圆锥形的表面；或类似地布置的螺旋形金属丝。金属丝结构可被（金属）支撑件的翼片从内部支撑。可替换地，该装置可具有与圣诞树的轮廓类似的台阶状外观。在实施例中，该装置被安装成使圆锥的纵轴沿着气流。该装置可被例如安装在皮托管中，由电绝缘的蜘蛛状支撑件支撑。

[0011] 火山灰颗粒的摩擦生电提供了自然的或固有水平的背景电荷。令人惊奇的是，已经发现，这或者是正电的或者是负电的，但尽管如此，火山灰在收集装置上的聚积倾向于在装置上产生整体上正的或负的净电荷。然而，它在实施例中可用于向固有或自然电荷施加额外的电荷，并且耦合到电源的电极可用于向颗粒提供已知电荷。

[0012] 因此，在实施例中，传感器还包括火山灰充电电极，例如环或圈，用于在气流中安装到火山灰电荷收集装置的上游，还包括电源，以向该电极施加电压。给予火山灰的电荷的程度可通过控制施加到该电极的高电压脉冲的持续时间和 / 或幅度来控制（对于具有小于 5cm 的横向尺寸的传感器系统而言通常大于 100 伏特）。

[0013] 电荷测量系统可随后将存在电压时的火山灰电荷收集装置上的电荷与不存在电压时的电荷作比较。在实施例中，正和负电压（和 / 或零电压）的波形可施加到充电电极，以改进火山灰检测 / 辨别。脉冲的持续时间可以相对长，例如一秒钟，这取决于火山灰电荷收集装置的“张弛时间”（这里使用的该术语意味着通过气流从装置上移除火山灰的时间）。

[0014] 额外地或可替换地，传感器可包括位于火山灰电荷收集装置上游的一对带电颗粒偏转电极，和用于向这些电极施加电场的相应的电源。该电场可用于使固有地充电的（或通过其他方式充电的）火山灰颗粒偏转，并且因此例如用于确定电荷的平均极性；和 / 或在更复杂的系统中，确定颗粒的平均荷质比；和 / 或颗粒的估算的平均质量（尤其是在施加已知电荷的情况下，通过使用“质谱仪”类型的原理）。

[0015] 在传感器结合由颗粒偏转电极的情况下，如果火山灰电荷收集装置包括位于气流内的不同横向位置处的一对电极，那么它将是特别优选的。例如，圆锥形电极可被纵向地划分成两半。所述一对电极中的每一个随后设有各自的电荷测量系统（其可能是相同的系统，多路转换的）。

[0016] 这种结构可随后被用于确定所述成对电极中的每个电极上的电荷水平差，例如用于改进具有自然的或摩擦电荷的火山灰颗粒的测量或颗粒之间的辨别。在某些优选实施例中，这种收集装置电极的布置可与颗粒偏转电极结合，从而相反极性的电场可跨越偏转电极施加，并且差分信号之差被确定。在实施例中，用于偏转电极的适当的电场可由具有数十伏电压的偏转电极产生。

[0017] 本领域技术人员将意识到，偏转电场可按照各种方式变化，例如由正弦曲线、三角波、矩形波或其他波形驱动，并且可选择地具有变化的幅度和 / 或频率。在实施例中，可施加电场变化的波形，例如包括第一和第二（正和负）极性电场，并且可选择的包括零电场强度。如前文所述，这种方法可方便被检测到的颗粒的可充电性和 / 或质量和 / 或荷质比的估算。

[0018] 令人惊奇地，上述传感器还适于检测液体颗粒或液雾。在飞机中，这种液体可包括

油,例如途径发动机的机舱进气。机舱进气中的油雾对健康潜在地有害并且能够检测出这种油雾的存在将是有益的。其他可能发现的液体包括来自飞机消冰装置的防冻剂(乙二醇)。我们所描述的传感器看起来可与极性液体或非极性液体二者一起工作。

[0019] 火山灰传感器可安装在飞机的机翼上。如果在第二气流(例如机舱进气)中包括第二传感器,则在这两个气流中感测到的颗粒之间的比较可区分机舱进气中的油和火山灰,并且基本上在机翼(或其他)进气中只有火山灰。传感器的实施例还可以用于检测沙、烟、尘和其他细颗粒。

[0020] 因此本发明在相关的方面中提供了一种固体或液体颗粒传感器,包括:导电的固体或液体颗粒电荷收集装置;用于在空气通道中安装所述颗粒电荷收集装置的绝缘的支撑件;和电荷测量系统,该电荷测量系统具有电耦合到所述颗粒电荷收集装置的输入端;其中,所述导电的颗粒电荷收集装置被配置成使得经过所述颗粒电荷收集装置的气流为湍流;并且其中所述电荷测量系统被配置成用于确定所述固体或液体颗粒电荷收集装置上的电荷的水平,以确定所述空气通道中的固体或液体颗粒的存在。

[0021] 在实施例中,电荷测量系统可具有设有场效应晶体管(或绝缘栅双极晶体管)的高阻挡前端。导电的收集装置可随后耦合到晶体管的栅极(或基极)。优选地,电荷测量系统是自校准的,例如包括用于向该输入晶体管的栅极(或基极)施加已知电荷的电路。

[0022] 在实施例中,传感器是白校准的。因此,尽管火山灰电荷收集装置收集来自气流火山灰,气流也将从装置上移除收集到的火山灰。因此,如果火山灰通过气流被移除,则可以在气流清洁收集装置时观察到被测量的电荷的缓慢衰减或松弛。在实施例中,传感器被布置以平衡火山灰的收集的速率与白清洁的速率,从而产生有效的输出信号。

[0023] 在进一步相关的方面中,本发明提供了一种感测气流中的火山灰颗粒和/或液体颗粒的方法,该方法包括:在导电的电荷收集装置上捕获所述颗粒;和响应所述电荷收集装置上的电荷感测所述颗粒;其中所述捕获步骤包括在所述气流中产生湍流以提高附着到所述电荷收集装置的颗粒的比例。

[0024] 在实施例中,当飞机以至少100米/秒的速度行进时,经过火山灰电荷收集装置的气流为湍流。在实施例中,火山灰电荷收集装置被安装在管道或皮托管中并且流经火山灰电荷收集装置的流被雷诺数表征,所述雷诺数至少2,100、优选地至少3,000、更优选地至少4,000。

[0025] 本领域技术人员将意识到,在其他实施例中,上文描述的传感器的不同特征可以组合。

[0026] 因此在进一步的方面中,本发明提供了一种用于感测气流中的火山灰颗粒和/或液体颗粒的传感器,该传感器包括:用于在导电的电荷收集装置上捕获所述颗粒的装置;和用于响应于所述电荷收集装置上的电荷感测所述颗粒的装置;和以下一项或多项:用于在所述气流中产生湍流以增加附着到所述电荷收集装置的颗粒的比例的装置;用于在所述捕获之前向所述颗粒施加确定水平的电荷的装置;用于在所述捕获之前用变换极性的电场使所述颗粒偏转的装置;所述电荷收集装置包括在所述气流中处于不同横向位置的一对电极,其中所述用于感测的装置被配置成用于感测所述一对电极上的差分电荷;用于确定 i) 所述颗粒的可充电性、ii) 所述颗粒的平均质量、和 iii) 所述颗粒的荷质比中的一项或多项的估值的装置;和用于所述液体颗粒与所述火山灰颗粒之间的辨别的装置。

## 附图说明

[0027] 现在将通过举例的方式参照附图进一步描述本发明的这些和其他方面,其中:

[0028] 图 1a 和 1b 分别示出了穿过根据本发明的火山灰传感器的垂直横截面,和与传感器一起使用的示例性的火山灰电荷收集装置;

[0029] 图 2 示出了与图 1 的传感器一起使用的示例性的电荷检测电路;

[0030] 图 3a 和 3b 分别示出了用于测试图 1 的火山灰传感器的风洞装置,和用于收集火山灰颗粒的未安装过滤器(上方的)和安装有过滤器(下方的)的过滤系统的细节;

[0031] 图 4a 和 4b 分别示出了用于正带电粒子和负带电粒子的示例性的电荷与质量之间关系的(charge vs mass)校正曲线;

[0032] 图 5a 至和 5e 分别示出了结合有火山灰充电电极的火山灰传感器的实施例、自然摩擦背景下的火山灰的充电的图示、用于驱动火山灰充电电极的示例性的脉冲串、包括正、负和零电压水平部分的示例性的火山灰充电电极驱动波形、和开始于负电压并脉冲至正电压的火山灰充电电极驱动波形的进一步示例。

[0033] 图 6 示出了穿过被电地划分成两半的火山灰电荷收集装置的进一步示例的垂直横截面;和

[0034] 图 7 示出了根据本发明的实施例的火山灰传感器的进一步示例,其结合有火山灰充电电极、分开的火山灰电荷收集装置、和充电的火山灰颗粒偏转电极。

## 具体实施方式

[0035] 我们将描述对于检测火山灰有用的系统和方法,但其也可以被用于检测沙土颗粒和浮质,例如发动机排气中的航空流体。下面的表描绘了火山灰(和沙土)的损害效果的一部分,其通常是暴露持续时间、浓度和灰尘类型、发动机功率和其他因素的函数。该表给出了期望检测的火山灰浓度水平的指示。此外,美国联邦航空局已经确定(当前)在上至每立方米 2mg 的火山灰浓度水平下的火山灰中的飞行是可以接受的,每立方米 0.2 至 2mg 之间的火山灰浓度(不存在可见的火山灰)中的操作正在被监控。因此,理想的是能够尤其在引言部分中描述的商用飞机上测量火山灰的水平。进一步理想的是能够测量当飞行穿过干燥的沙漠区域时的飞机发动机所暴露于的沙土颗粒的水平,因为这能量维护管理(energy service regimes)的频率方面具有效果。

[0036] 火山灰、沙土和航空流体浮质本质上主要是电介质,并且它们的表面容易在空气中通过摩擦充电。我们将描述能够精确地测量它们的表面电荷以确定它们的浓度的技术。在下文中描述的该技术能够在大的动态范围内执行电荷感测,以建立测得的电荷与火山灰、沙土或浮质浓度之间的关系。

火山灰暴露 (相关经验)			
污染物	浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	持续时间 (分钟)	观测结果
[0037] 火山灰	约 2,000	1	涡轮喷嘴碎屑导致停转/功率损耗
泥土混合物 1	780	12	涡轮喷嘴碎屑导致停转和功率损耗
泥土混合物 2	500	7	涡轮喷嘴碎屑堆积
泥土混合物 2	250	7	涡轮喷嘴碎屑堆积
沙/尘(风暴)	53	50	压缩机叶片磨损导致性能损失
沙漠环境 (严峻的)	2	几个小时	压缩机叶片磨损和冷却能力的损失导致热部件过早地烧坏
沙漠环境	0.2	年平均	压缩机叶片磨损和冷却能力的损失导致热部件过早地烧坏

[0038] 因此,参见图 1a,其示出了用于飞机的火山灰传感器 100 的实施例,该火山灰传感器包括金属管 102(诸如排气管),该金属管 102 具有接地连接 104,并且在金属管 102 中定位有电荷收集器 106,电荷收集器 106 电耦合到电荷测量系统 108。图 1a 中的气流方向为从左向右并且气流携带充电颗粒 110,充电颗粒 110 被收集装置 106 收集,从而允许它们收集的电荷被测量。

[0039] 电荷收集器被配置成用于优化电荷从火山灰颗粒向导电收集器的传递,并在那里传递至电荷测量系统 108,在电荷测量系统 108 中,火山灰(和/或浮质)的净电荷被检测并且它们的质量浓度的确定被建立。

[0040] 图 1b 示出了火山灰电荷收集装置 106 的原型的不同视图,其中该装置 106 包括位于金属支撑部 106b 上的锥形铜线圈 106a。在其他实施例中,电荷收集器可包括金属(例如铜或镍-铬)空间框架结构。原则上,可采用跨越管 102 的单根金属丝,或在管的侧向横截面中布置的蜘蛛网型的一组金属丝。然而,为了增加可利用的感测区域,可如图所示使用线圈绕组,提供对于待检测颗粒的更大的暴露区域,同时提供相对低的空气阻力。在实施例中,火山灰电荷收集装置被安装在排气管中。

[0041] 在操作中,在传感器的实施例中,在将它们的电荷传递至收集器 106 之后,颗粒继续它们的流动路径,如图 1a 中所示。在实施例中(如下文中进一步的描述),收集器的表面被构造用于形成湍流以增加被捕获的电荷,从而提高传感器的效率。

[0042] 用于电荷测量系统 108 的示例性的电路如图 2 中所示,其描绘了具有由运算放大器提供的非常高的输入阻抗的电荷感测电路(静电计),其中运算放大器具有低输入电流 JFETs(电位计允许输入偏移电压无效)。这被耦合到第二低偏移运算放大器,该第二低偏移运算放大器接下来可例如向模/数转换器提供电压输入以进一步处理和/或接近输入以引导警报系统。在实施例中,可提供简单的声响和/或可视警报系统,例如红灯,以指示灰或其他检测到的颗粒物质的存在。可选择地,收集到的数据还可以被记录以用于以后的使用,例如绘制火山灰浓度图和/或颗粒尺寸随时间变化的分布图(电荷数值范围与尺寸)。

[0043] 图 2 的电荷检测电路能够检测正电荷和负电荷二者;这是有用的,因为颗粒可能被充正电或负电。当多个电荷收集电极被采用时,类似的电路可连接到两个或更多个单独的电极中的每一个。

[0044] 可选择地,火山灰感测系统还可包括温度感测系统以测量(气流的)局部温度以便能够通过补偿温度变化而更精确地校正输出。

[0045] 上文所述的颗粒/浮质传感器是自清洁的,以达到流过传感器的气流可以从传感



器带走灰尘的程度。然而,在实施例,灰堆积在传感器上,直到从传感器上灰尘移除的缓慢衰减与灰尘收集速率平衡。因此,在本发明的实施例中,灰尘电荷收集装置用作并且也被认为是灰尘收集装置。

[0046] 此外,传感器的实施例可包括传感器清洁系统。这可通过加热电荷收集器 106 至升高的温度以移除有机杂质的手段来提供。在图 1b 的电荷收集器中,这可以通过周期性地例如电加热传感器金属丝的方式实现。

[0047] 传感器的实施例还可被电地白校准,例如通过在电荷测量系统中提供一电路以向电荷测量系统(静电计)的输入端(例如图 2 中的 IN2)施加一已知电荷。

[0048] 图 3a 和 3b 示出了用于校准用于测量颗粒质量浓度的电荷传感器的实验设备。该设备包括注入装置,注入装置以恒定的流速引导颗粒进入图示的风洞;颗粒被与加压的氩气混合并被注入风洞;羟基硅酸镁颗粒被用作火山灰的代表。颗粒流速可通过调节氩气压力来控制。颗粒在风洞中摩擦生电,并且当它们与电荷收集器碰撞时传递它们的表面电荷,该表面电荷被电荷测量系统(静电计)检测和测量。在已将它们的电荷传递给传感器之后,通过使用细过滤器(图 3b)收集颗粒。针对已经流过传感器和过滤器的空气的量(用数字流量计测量),被静电计收集的总电荷与被过滤器收集并用微量电平测量的总颗粒质量作比较。

[0049] 因此,概括而言,在将电荷传递给火山灰收集装置后,火山灰颗粒被仔细地收集起来,并通过使用非常灵敏的天平称重。通过使用流量计测量空气流速,并使用电荷、火山灰质量和流速建立校准曲线,通过该曲线获得每单位体积的质量。

[0050] 图 4a 描绘了通过用于负电颗粒的装置获得的典型的电荷与重量关系校准曲线,以及图 4b 描绘了用于正电颗粒的类似的校准曲线。该系统可检测低至 0.1mg/立方米( $\text{mg}/\text{m}^3$ )的浓度;可选择地,加热装置可以被包括在测试装置中以实现从环境温度至例如约 400°C 时的测量。可选择地,所述装置可被修改,以复制排气管状态。

[0051] 可测量的电荷信号可从火山灰、沙、压缩机清洗剂、防冻剂和涡轮油中获得。该系统可用于针对各种火山灰和沙颗粒形态、成分和颗粒尺寸分布校准传感器。具有不同成分的航空流体也可以被表征。

[0052] 传感器系统的实施例非常灵敏并且具有大的测量范围,更特别地,能够测量从 0.1mg/ $\text{m}^3$  至 3,000mg/ $\text{m}^3$  范围内的颗粒(包括:火山灰和沙)和浮质(例如发动机油、压缩机清洗剂和防冻剂)的质量浓度,传感器的实施例重量轻、坚固、耐高温和振动、不具有移动部件或光学部件并且具有低操作功率需求。为检测火山灰/沙,传感器可被安装在飞机机翼上,例如安装在皮托管(pitot tube)中的绝缘安装件上。为了检测例如飞机机舱中的油雾蒸汽,传感器可被安装在机舱进气口中,例如从发动机岔开的预加热的机舱进气口。可选择地,在任一种情况下,可拆卸的过滤器可设置在传感器下游,从而它可以随后被检测,以用于检测到的颗粒浓度的校验/校准。

[0053] 现在参见图 5a,其示意性地显示了根据本发明的火山灰传感器 500 的进一步实施例,其中与之前描述过的元件类似的元件由类似的附图标记表示。图 5 的装置包括沿气流设置在电荷收集器 106 上游并耦合到脉冲发生器 504 的环形电极 502。脉冲发生器通过电极 502 向颗粒施加已知的电场并因此能够向颗粒施加已知的电荷。

[0054] 火山灰颗粒具有相对尖利的边缘并且因此容易获取电荷;这些颗粒具有电荷密度

的固有的背景水平,如图 5b 中所示。可以观察到,它看起来是正电荷。(与之相反,沙-硅石具有更少的尖利的边缘并且看起来能够具有或者正的或者负的“固有”电荷)。

[0055] 图 5c 示意性地描绘了可施加到电极 502 的简单的电压波形。然而,在某些优选实施例中,可施加相对长的电脉冲(例如以一秒接通,一秒关闭的次序)以通过确定电场接通和电场关闭状态之间的电荷的差异以在颗粒的已知的施加电荷和背景的背景固有电荷之间加以区分。这种脉冲串的示例被描绘在图 5d 中。

[0056] 图 5e 示出了图 5b 中的脉冲串的变型,其中以较小的负电压基线开始向电极 502 施加正电压。

[0057] 取决于感测到的颗粒,某些颗粒可以通过摩擦而带正电,而另一些通过摩擦带负电,在这二者之间进行区分是有用的。这可以通过采用两个电荷收集器来实现,一个用于感测正电颗粒,另一个用于感测负电颗粒;可选择地,差异信号可随后被产生并用于例如感测火山灰的阈值水平(仅带有单个电荷收集器的传感器的实施例可通过将检测到的电荷与阈值水平作比较而提供火山灰检测信号,所述阈值水平例如是响应可容许的火山灰水平设定的水平)。

[0058] 传感器的优选的型式采用两个电荷收集器,一个用于正电荷,另一个用于负电荷,还包括“电控制门(electrical gate)”,该电控制门包括一个或多个电极以使正电荷颗粒和负电荷颗粒沿不同的方向转向。这可包括例如与电容器的板类似的一对平行板。可选择地,被施加到所述一个或多个电极的偏转电压随后可以被调制,以提供经调制的电荷检测信号(或者是单端信号,或者是差动信号)。这种调制便于确定颗粒上的电荷分布,并因此提供了对于火山灰颗粒的更精确的检测/判别。

[0059] 图 6 示出了穿过带电火山灰收集装置 600 的实施例的垂直横截面,该装置 600 被电地划分成两个部分 604 和 606,用于收集带正电的和带负电的颗粒。如图所示,该装置被安装在皮托管 610 内的绝缘蜘蛛状安装件 608 上。

[0060] 所描绘的带电火山灰收集装置 600 具有“圣诞树”型外观,其中,表面是台阶状的或肋状的,以提供经过传感器的湍流气流。所描绘的传感器具有增加的表面积并且因此更有可能捕获带电颗粒,并且这被经过装置的气流的气流分离进一步增强,该气流分离也能够强加捕获颗粒的可能性。在外行看来,颗粒被捕集在金属周围的或附接到金属的沟槽、漩涡中。

[0061] 图 6 的装置描绘了传导装置,但在其他实施例中,电荷收集装置的结构包括一组金属肋或沿绝缘支撑间隔开(或彼此之间具有空气间隙)的其他构型,其中金属肋彼此电连接。因此在实施例中,火山灰电荷收集装置可包括安装在绝缘表面上的电元件。尽管在所描绘的示例中,台阶或肋在圆周上延伸,然而额外地或可替换地,肋或其他构型也可以沿大致纵向的方向延伸,或潜在地可采用其他传感器表面构型,例如螺旋形构型。

[0062] 在实施例中,例如图 6 中所描绘的那种类型的火山灰电荷收集装置可由安装在特氟龙上的不锈钢形成。这些材料是尤其有利的,因为它们相对地对温度不敏感并且对水不敏感。

[0063] 如图 6 中示意性地所述,在分开的火山灰电荷收集装置的实施例中,分离的正连接线和负连接线从传感器中引出,穿过封闭的管至电荷测量系统,所述电荷测量系统可包括用于火山灰电荷收集装置的每个部分的例如图 2 中所示类型的电路。

[0064] 图 7 描绘了火山灰感测系统 700 的实施例,再次地,与之前描述过的元件类似的元件由类似的附图标记表示。图 7 的装置包括设置在气流中、耦合到偏转控制器 704 的一对平行板 702a 和 702b,偏转控制器 704 被配置成例如通过在所述板之间施加相对大的电压而施加横跨所述板的电场。在实施例中,电场可以被调节或调制,更特别地,可以被调制使得它在方向上交替,再次有利于通过差动信号检测来检测带电颗粒。偏转信号波形可以是图 5d 或图 5e 中描绘的那种类型;图 5d 所示类型的波形包括零电场部分,其有助于获得背景信号,以用于在施加电场时从观测到的信号中减去该背景信号。

[0065] 在操作中,差动信号可从分开的电荷收集装置 600 获得,并且该差动信号可通过向电极 702 施加正的和负的电场而修改以产生该差动信号的变化(差动信号),差动信号的变化对气流中的正电与负电颗粒之间的关系流敏感。可选择地,施加到电极 702 的电场调制可与施加到电极 502 的充电电场同步,以进行同步检测。

[0066] 在实施例中,数十伏的电压被施加至板 702,并且数百伏的电压被施加至电极 502。被施加到电极 502 的电压越大,颗粒获得的电荷越多,并且大电压的使用可用于支配或减少自然的摩擦生电的影响。然而,如前文所讨论的,自然的或固有的摩擦电荷的检测对于火山灰检测而言是特别有用的,因为火山灰看起来似乎是固有地充电的(也许在其形成过程中)并且自然地保留其电荷。因此,对于火山灰检测而言,颗粒的固有的、摩擦电荷的测量是特别有用的。因此,本领域技术人员将意识到,火山灰传感器的实施例可省略图 7 中的电荷施加系统 502 和 504 以及电荷颗粒偏转控制系统 702 和 704 中的任一者或二者。

[0067] 尽管如此,图 7 的装置具有一些对于带电颗粒检测而言特别的优点,这是因为电荷施加系统能够根据颗粒的可充电性(chargeability)向颗粒施加电荷,同时偏转控制系统能够向颗粒的全体(其通常将包括正电颗粒、负电颗粒和/或基本中性的颗粒)施加已知的电场。可以使用有效的已知电荷和已知电场,可选择地包括与气流的已知速度(该速度可通过飞机的速度确定)的结合,以通过使用传感器通过确定质量-可充电性比以有效地执行颗粒的质量光谱测定。可以采用该措施以获得感测系统的更高的辨别能力/准确度。

[0068] 已经描述的感测系统和技术对于感测火山灰而言是特别有用的,但如前文所述,它也可以用于检测飞机中所关心的其他颗粒/浮质。然而,原则上来说,其他应用对于传感器技术而言也是可行的。例如,与上文所述类型大致相同的传感器可用在真空清洁器中,例如在空气过滤器之后,以检测颗粒物质,诸如屋内微细的灰尘(它是非常小的并且难以检测)和/或花粉。这种装置在气旋分离式真空清洁器中的空气过滤器之后是特别有用的。这种传感器可用于例如减少过敏反应并在过滤器需要更换时可提供声响和/或视觉警报。该技术的其他潜在的应用是在可以检测到低浓度的细粉尘的矿井中,以早期地检测潜在的爆炸危险。

[0069] 毫无疑问,对于本领域技术人员而言可具有其他有效的可选方案。可以理解,本发明不仅限于所描述的实施例,并且包括那些落入所附权利要求的实质和范围内的对于本领域技术人员来说显而易见的修改。

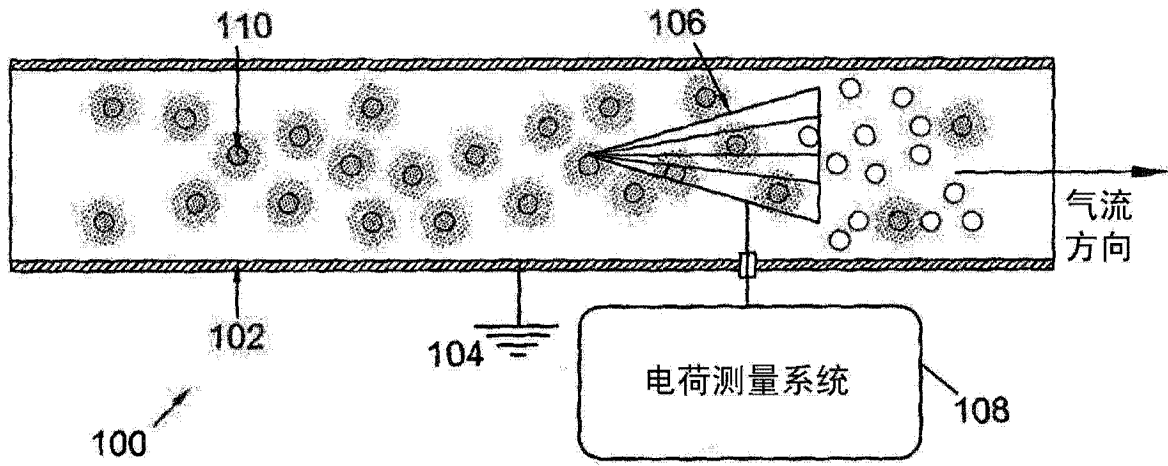


图 1a

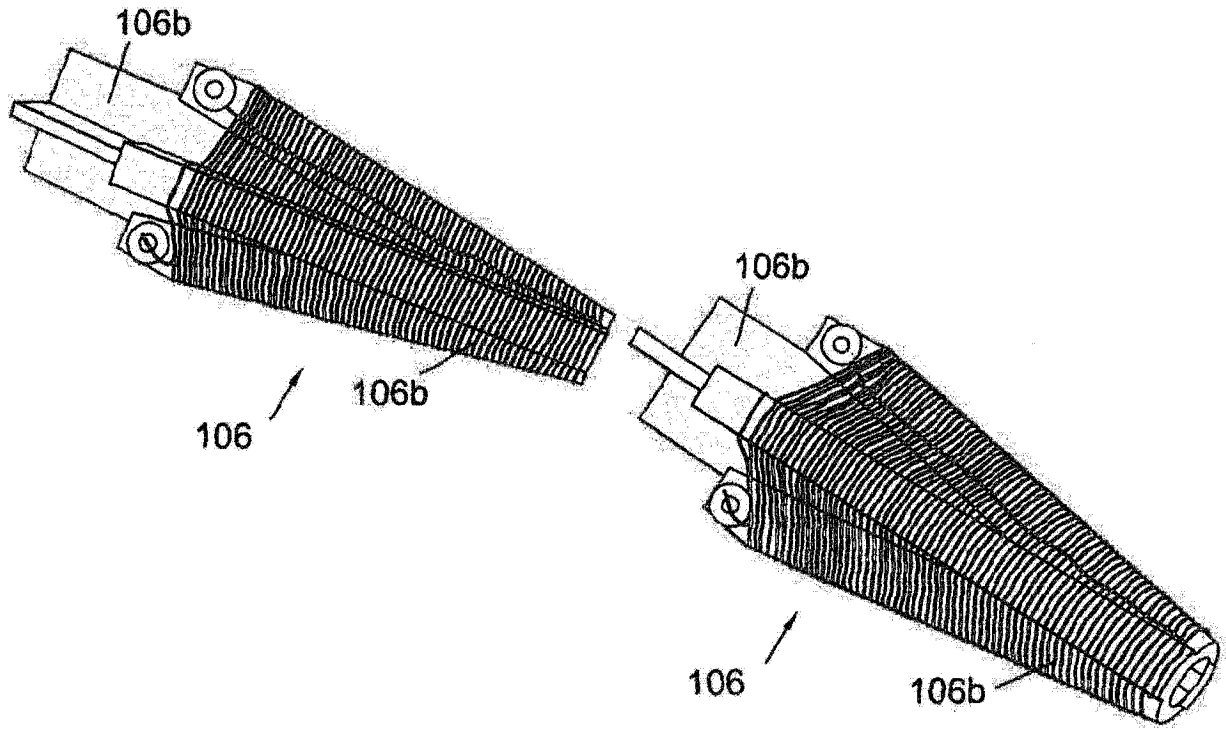


图 1b

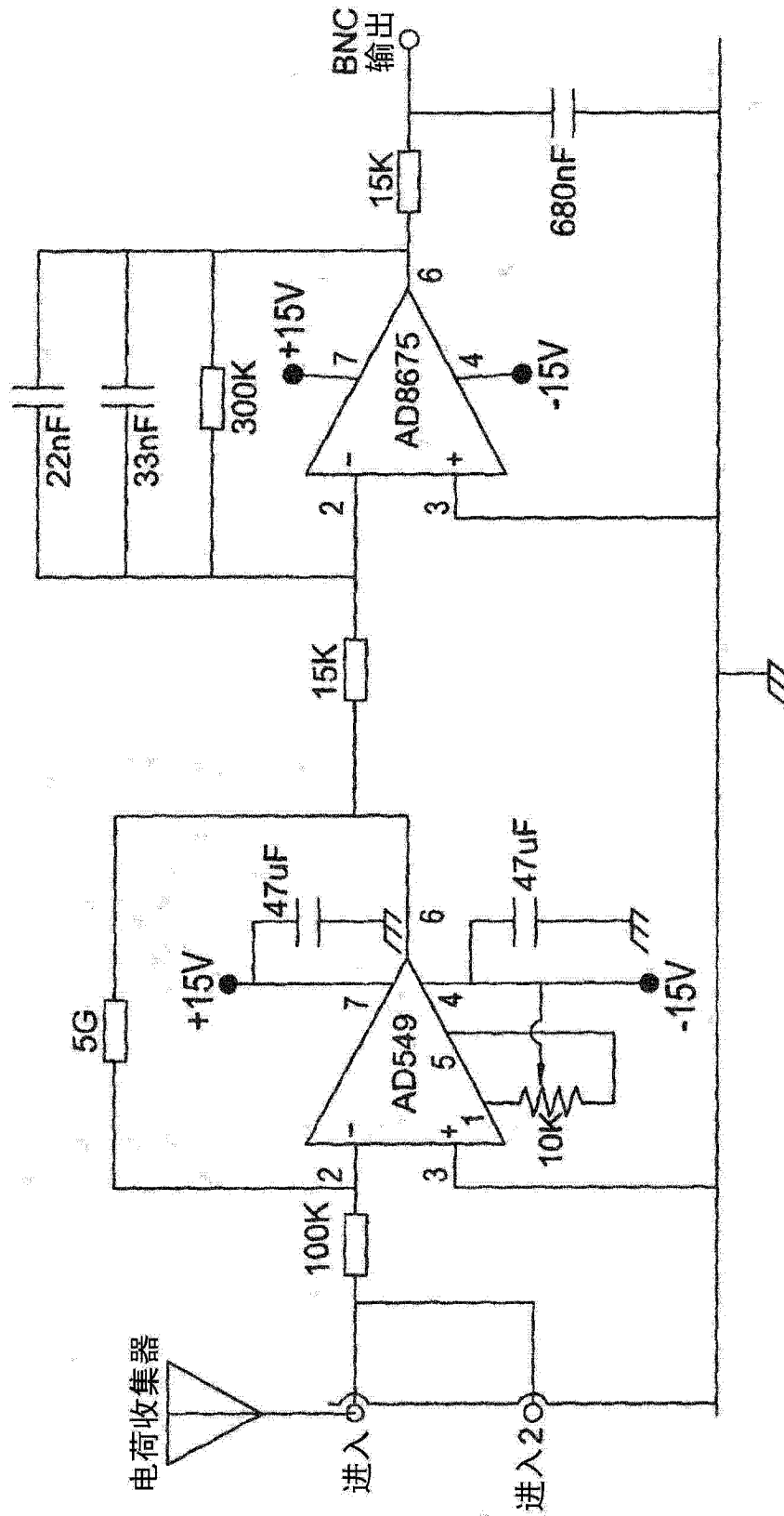


图 2

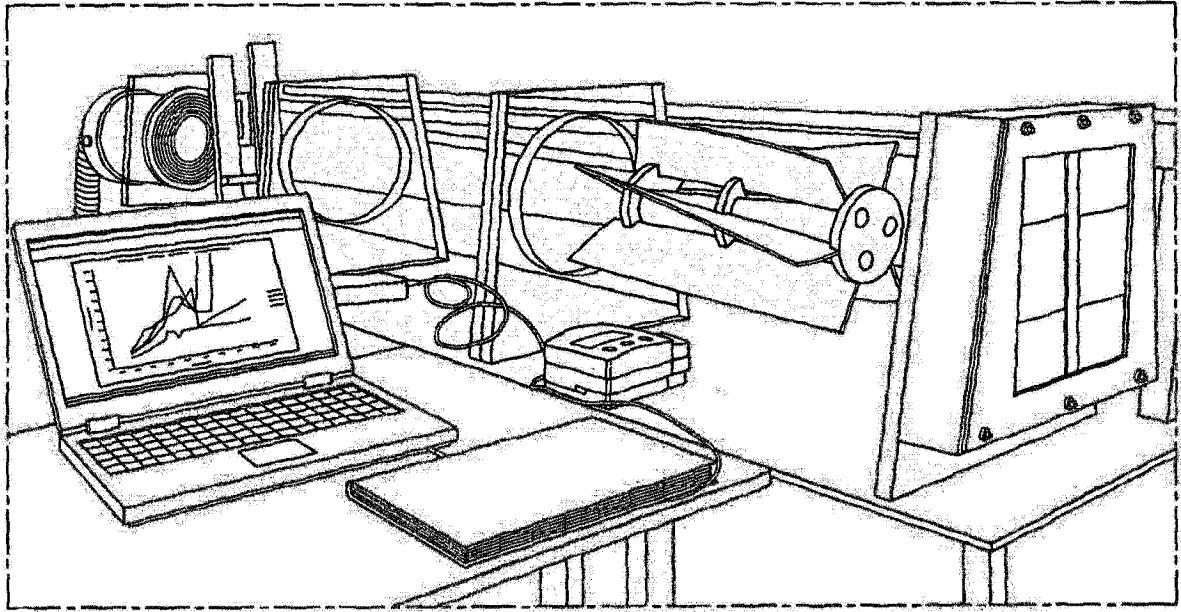


图 3a

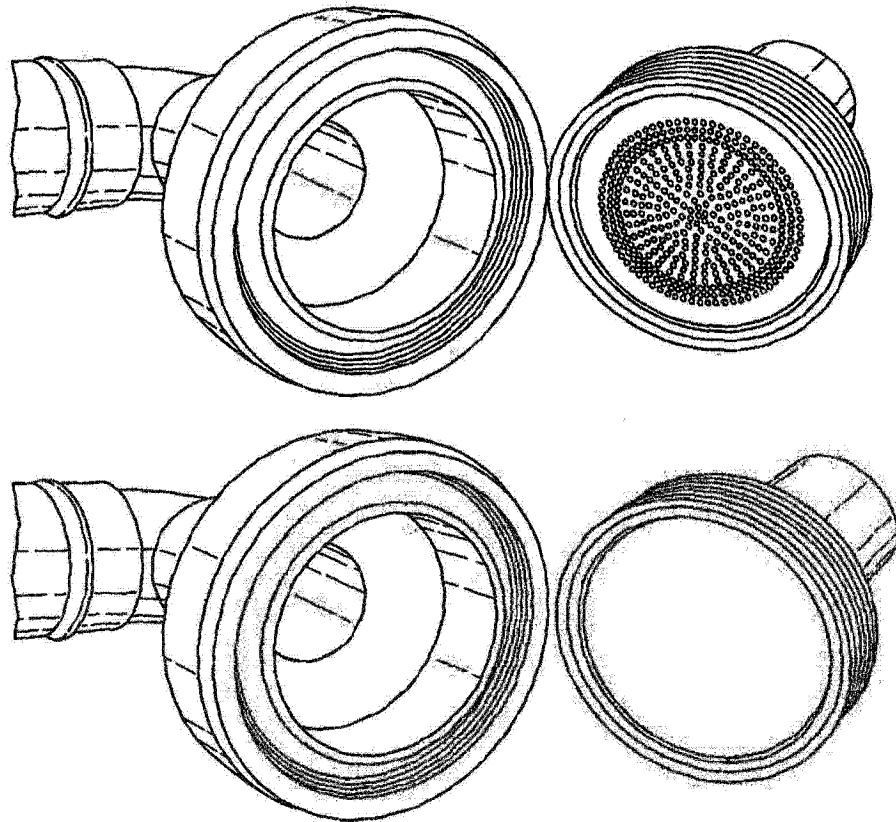


图 3b

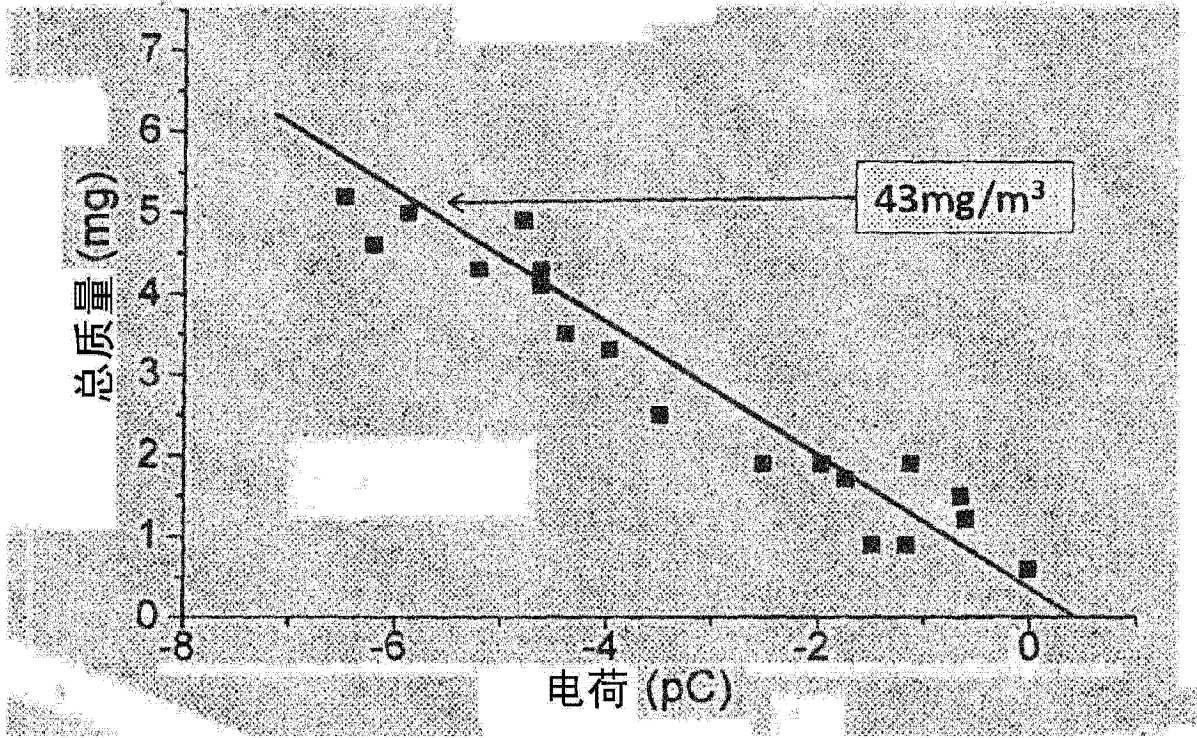


图 4a

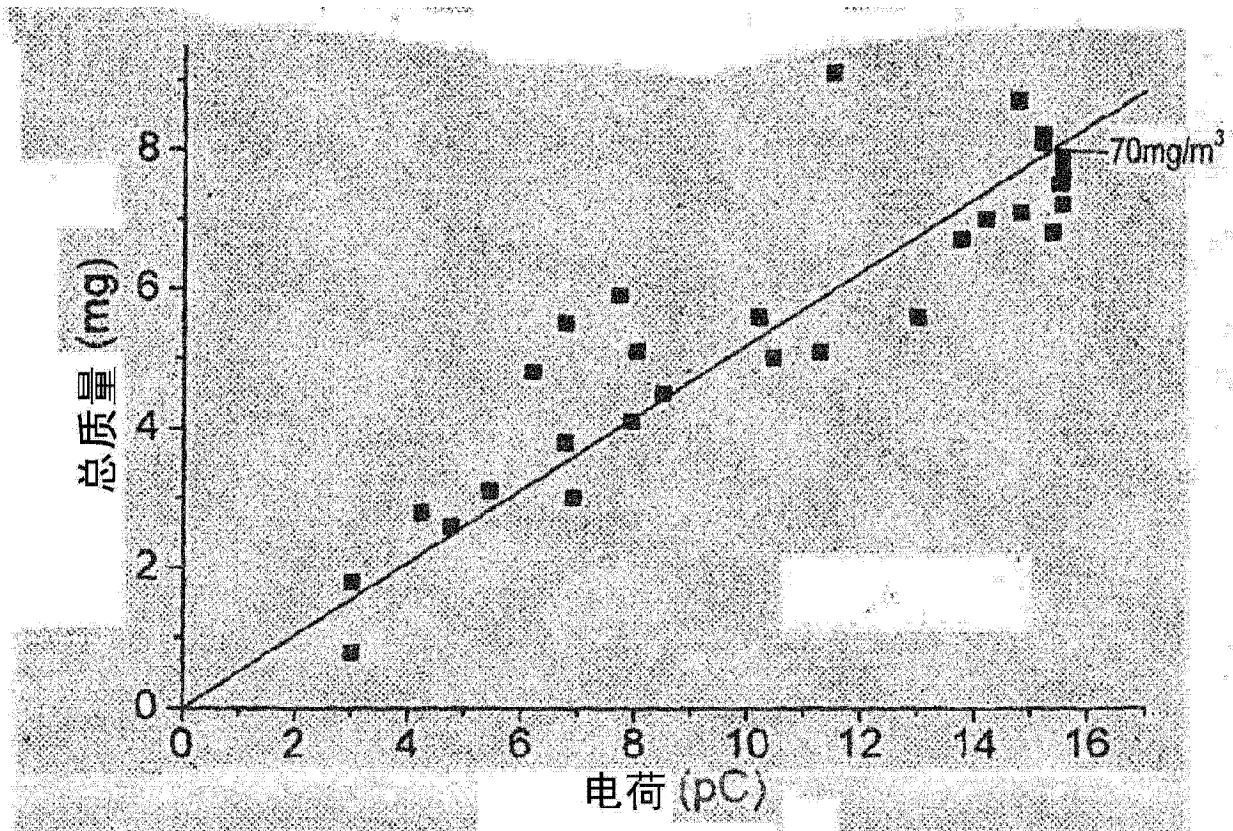


图 4b

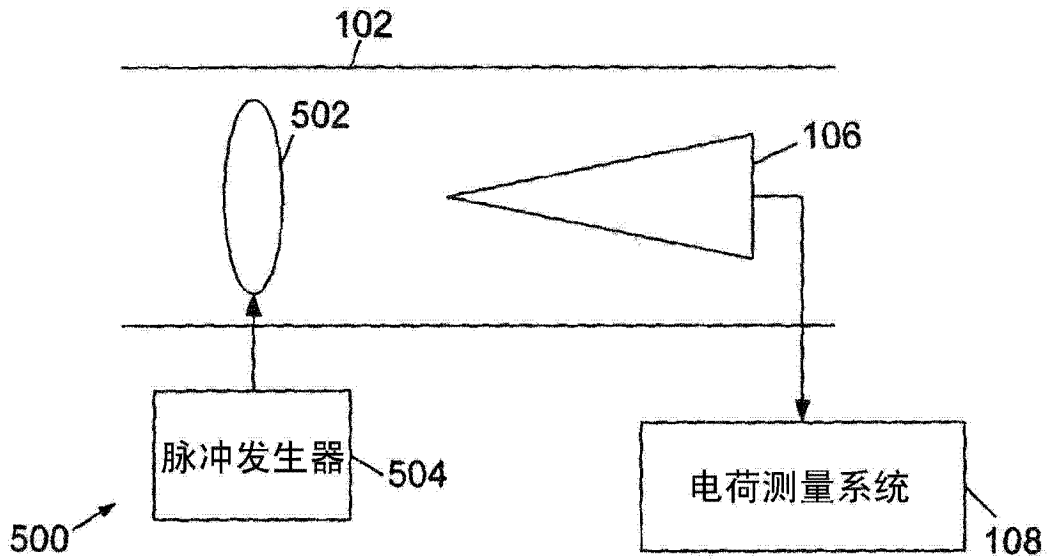


图 5a

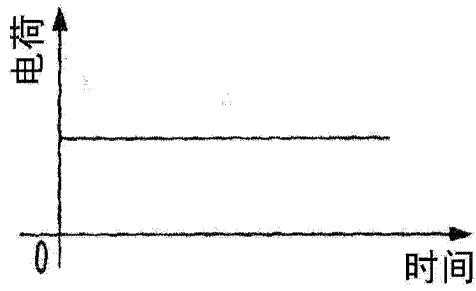


图 5b

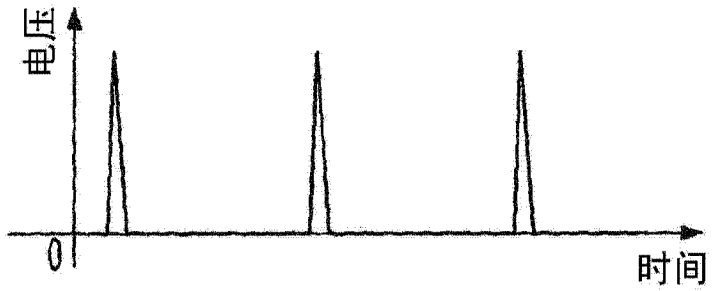


图 5c

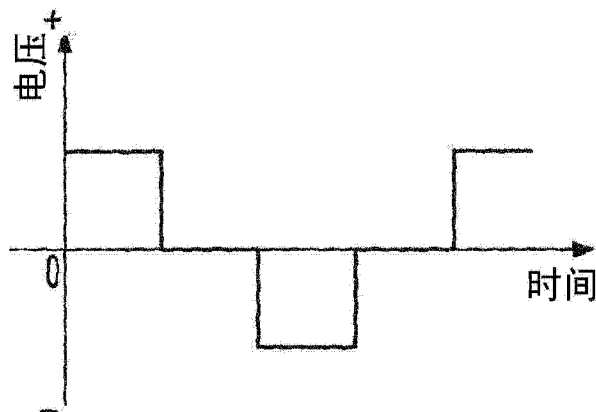


图 5d



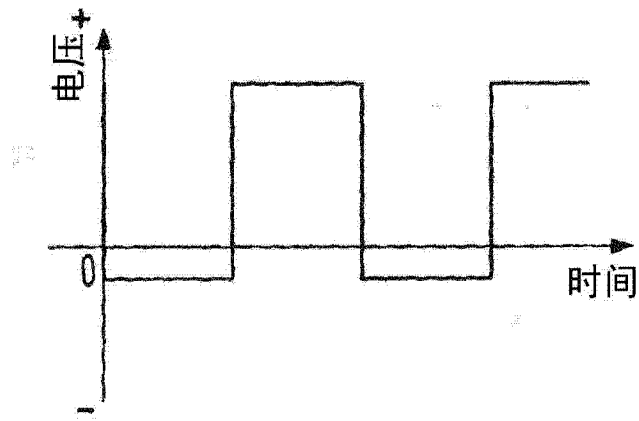


图 5e

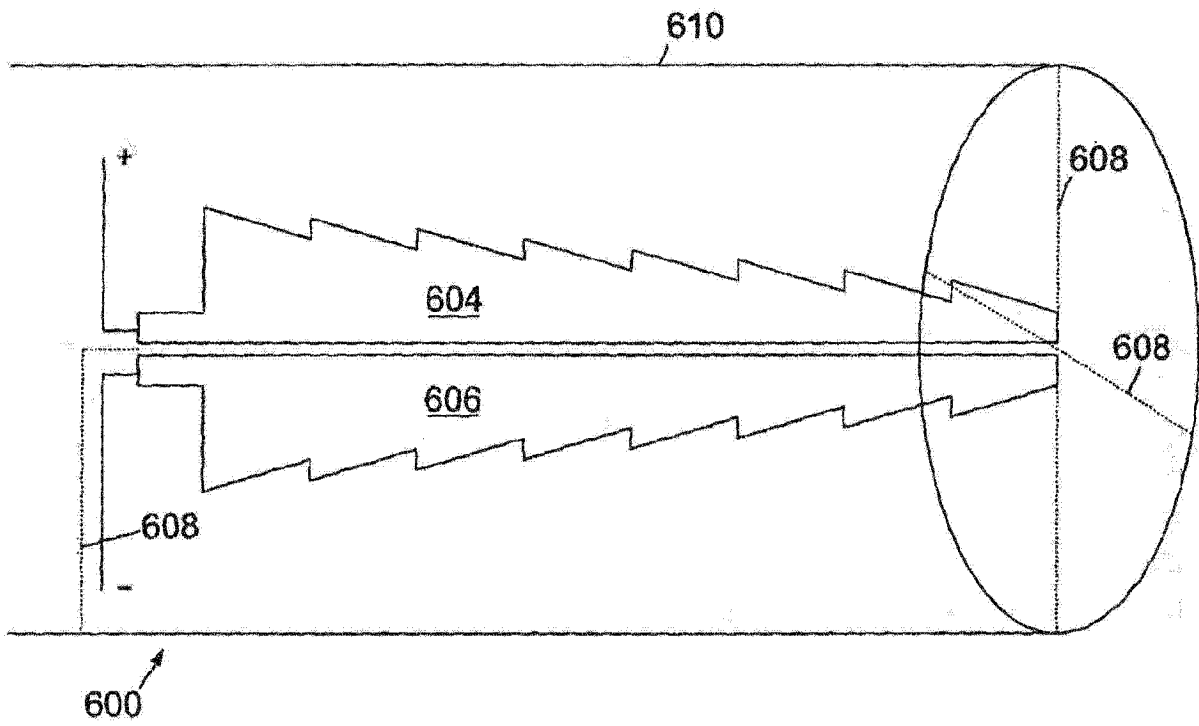


图 6

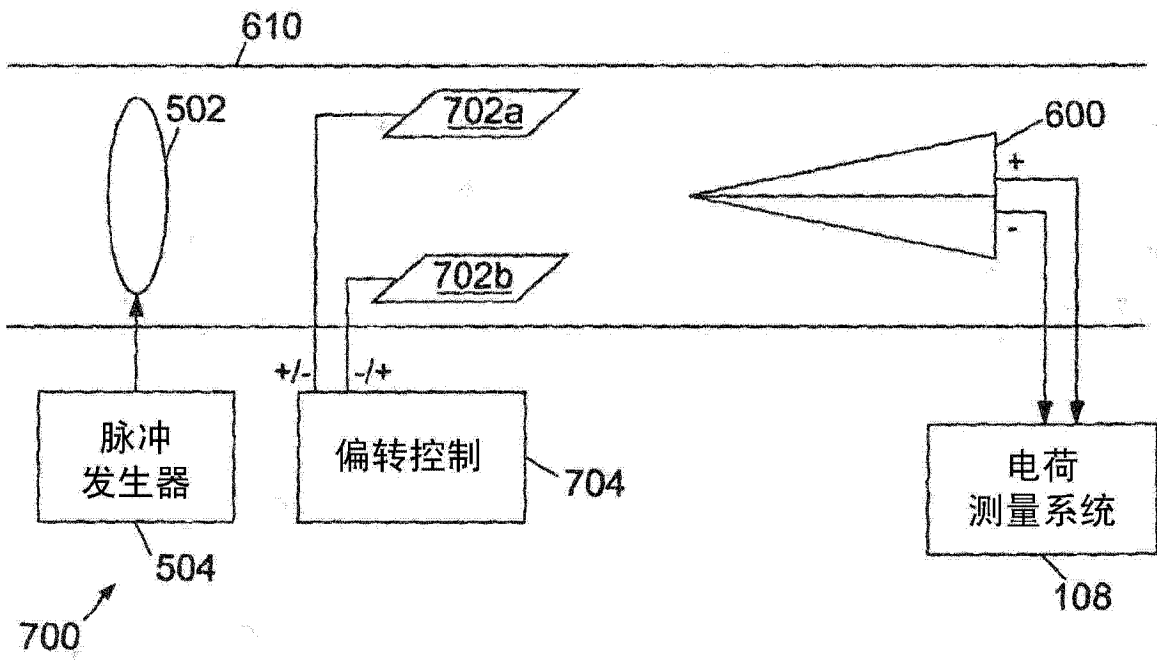


图 7