



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101127296 B

(45) 授权公告日 2010.06.09

(21) 申请号 200710140455.3

EP 0323205 A1, 1989.07.05, 说明书第 2 栏

(22) 申请日 2007.08.14

第 55 行至第 7 页第 25 行、附图 1 至 3.

(30) 优先权数据

审查员 段小晋

60/822,345 2006.08.14 US

11/833,623 2007.08.03 US

(73) 专利权人 应用材料股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 贾里德·阿曼德·李

埃兹拉·罗伯特·古德 张春雷

詹姆斯·帕特里克·克鲁斯

理查德·查尔斯·福韦尔

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国 梁挥

(51) Int. Cl.

H01L 21/00 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 97/19329 A1, 1997.05.29, 说明书第 3 页

第 15 行至第 14 页第 5 行、附图 3A 至 4C.

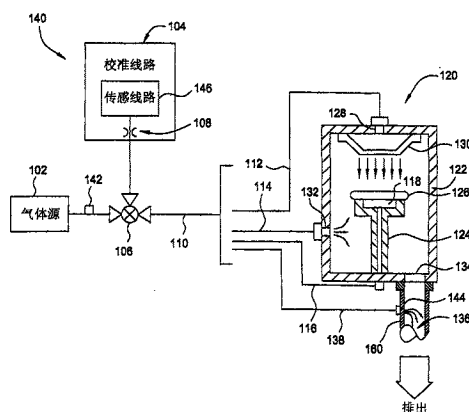
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于气流测量的方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种用于测量气流的方法和装置。在一个实施方式中,用于气体控制的校准线路可用于验证和/或校准用于背面冷却、处理气体分配、清洗气体分配、清洁剂分配、载体气体分配和补救气体分配等的气流。



1. 一种用于测量处理系统中气流的装置,包括:
处理腔;
与所述处理腔流动联接的气体源;
具有入口、第一出口和第二出口的分流阀,其中所述第二出口与所述处理腔联接;
流动联接于所述气体源与所述分流阀的所述入口之间的调节装置;
流动联接于所述分流阀的所述第一出口的孔板,所述孔板具有与所述处理腔相同的流阻;以及
配置用于接收通过所述孔板的气流的传感线路。
2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述调节装置还包括气相分配模块、分流器、压力控制器、调节器或质量流量控制器的至少其中之一。
3. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述传感线路还包括:
具有校准容积的槽。
4. 根据权利要求3所述的装置,其特征在于,所述传感线路还包括:
设置在所述校准容积中的振动部件。
5. 根据权利要求3所述的装置,其特征在于,所述传感线路还包括:
传感器,其配置用于检测设置在所述校准容积中的气体的电学或磁性特性的至少其中之一。
6. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述传感线路还包括:
由悬臂支撑的槽。
7. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述传感线路还包括:
用于接收所述气流的校准容积;以及
设置用于测量所述校准容积中的气体的至少一个特性和/或属性的传感器,通过该至少一个特性和/或属性可获得进入所述传感线路的气体的流速和/或压力。
8. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述传感线路还包括:
用于接收所述气流的非校准容积;以及
设置用于测量所述非校准容积中的气体的至少一个特性和/或属性的变化的传感器,通过所述变化可获得进入所述传感线路的气体的流速和/或压力。
9. 一种用于测量半导体处理系统中的气流的方法,包括:
使用气流控制装置设定气流;
将来自所述气流控制装置的气体通过具有与处理腔相同的流阻的孔板,流入传感线路;以及
将使用所述传感线路确定的气流与所述气流控制装置的所述设定进行比较。
10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,还包括:
对所述传感线路中存在的气体的特性进行采样,直到达到终点。
11. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述采样还包括:
进行采样,直到达到可靠度。
12. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述采样还包括:
进行采样,直到数据收敛到预定的范围中。
13. 根据权利要求10所述的方法,其特征在于,所述采样还包括:

以小于约 5 毫秒的频率进行采样。

14. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于,还包括:

将气体流入所述传感线路的校准容积中;

感应所述校准容积中的气体的至少一个特性和 / 或属性;以及

通过所感应的特性和 / 或属性获得进入所述传感线路的气体的流速和 / 或压力。

15. 根据权利要求 9 所述的方法,其特征在于,还包括:

将气体流入所述传感线路的非校准容积中;

感应所述非校准容积中的气体的至少一个特性和 / 或属性;以及

通过所感应的特性和 / 或属性获得进入所述传感线路的气体的流速和 / 或压力。

16. 根据权利要求 15 所述的方法,其特征在于,获得进入所述传感线路的气体的流速和 / 或压力而不必使用所述传感线路的已知的上游容积。

17. 一种用于测量半导体处理系统中的气流的方法,包括:

提供具有与处理腔和传感线路联接的气体源的处理系统,所述传感线路具有与所述处理腔基本相同的流阻;

设定气流控制装置,从而以目标速率从气体源提供处理气体的气流,该目标速率是为了所述处理腔中的衬底处理所选择的预定速率,所述气流以实际速率排出所述气流控制装置;

将所述处理气体以实际速率流入传感线路,同时绕过所述处理腔;

感应指示所述实际流速的度量;

调节所述气流控制装置的所述设定,以校正所述实际速率与所述目标速率之间的差;

以及

将来自所述气流控制装置的所述处理气体流入所述处理腔并处理其中的衬底。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述感应还包括:

将所述处理气体流入校准容积;以及

测量所述校准容积中的所述处理气体的至少一个特性和 / 或属性,通过所述至少一个特性和 / 或属性可获得进入所述传感线路的所述处理气体的流速和 / 或压力。

19. 根据权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述感应还包括:

将所述处理气体流入非校准容积;以及

测量所述非校准容积中的所述气体的至少一个特性和 / 或属性中的变化,通过所述至少一个特性和 / 或属性中的变化可获得进入所述传感线路的所述气体的流速和 / 或压力。

20. 根据权利要求 17 所述的方法,其特征在于,所述感应还包括:

对所述传感线路中存在的气体的特性进行采样,直到达到至少一个终点,达到可靠度或者数据收敛到预定范围中。

21. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述传感线路配置为接收通过所述孔板同时绕过所述处理腔的气流。

22. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述传感线路包括分支回路和倾倒管道。

23. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述传感线路包括通过选择阀与所述孔板联接的多个槽,并且所述多个槽中每个都具有用于不同流速范围的校准容积。

24. 根据权利要求 9 的方法,其中将所述气体流入包括将来自所述气流控制装置的气

体通过具有与处理腔相同的流阻的孔板流入传感线路同时绕过所述处理腔。

用于气流测量的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明的实施方式主要涉及测量气流的方法和装置。更具体地,本发明的实施方式涉及提供用于半导体处理腔和相关设备的测量气流的方法和装置。

背景技术

[0002] 气流的精确控制对于许多微电子器件制造工艺来说是重要的工艺控制属性的关键。在半导体处理腔中的衬底与衬底支架之间提供气体是用于提高衬底与衬底支架之间传热的公知方法,从而提高了衬底温度控制和均匀性的精度。另外,为了获得所需的处理结果,特别是关键尺寸和膜厚缩减,需要处理气体流入处理腔的精确控制。并且,气体可以添加到处理腔排出流 (effluent stream) 中以减轻衬底处理的环境影响。添加到排出流的气体的良好控制对于确保成本效率和正确补救来说必不可少。

[0003] 与半导体处理腔一起使用的传统的气体分配系统通常包括作为主要流量调节装置的气体质量流量计 (MFC)。然而,MFC 的精度受到导致实际气流不确定性的多个因素的影响。例如,MFC 的精度通常将随着温度、管道压力和容积中的变化而改变。由于 MFC 不精确而造成的气流设定点的偏移可导致工艺缺陷、不良的排放控制和昂贵气体的低效浪费。

[0004] 虽然传统的压力控制系统已证实为相对可靠,但是现有技术的现场体验增加了对于更精确流量测量的需要。例如,在背面衬底冷却应用场合中使用的气流的不良控制可导致不良的衬底温度控制,从而造成下一代电路设计中不能容忍的不良的薄膜沉积或蚀刻结果。

[0005] 因此,需要提供用于测量气流的改进的方法和装置,从而在半导体处理系统中的气体的分配可以更大的可靠度和精度进行。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种用于测量气流的方法和装置。在一个实施方式中,用于测量气流的校准线路可用于验证和 / 或校准用于背面冷却、处理气体分配、清洗气体分配、清洁剂分配、载体气体分配和补救气体分配等的气流。

[0007] 在一个实施方式中,一种用于测量处理系统中气流的装置,包括气体源、分流阀、孔板 (orifice)、调节装置和传感线路。调节装置流动地联接在气体源与分流阀的入口之间。孔板流动地联接至分流阀的第一出口并且具有与处理腔基本相同的流阻。传感线路配置为接收通过孔板的气体流动。

[0008] 在一个实施方式中,传感线路使用用于接收气流的校准容积。通过从该校准容积中的气体测量得到的特性和 / 或属性,可以验证进入该传感线路的气体的流速和 / 或压力。

[0009] 在另一实施方式中,传感线路使用用于接收气流的非校准容积。通过对于该非校准容积中气体的一段时间的测量得到的特性和 / 或属性中的改变,可以验证进入该传感线路的气体的流速和 / 或压力。

[0010] 在另一实施方式中,调节装置可为气相分配模块、分流器、压力控制器、调节器或

者质量流量控制器的至少其中之一。在另一实施方式中,传感线路可包括具有校准容积的槽。在另一实施方式中,传感线路可包括设置在该校准容积中的振动部件。在另一实施方式中,传感线路可包括配置用于检测设置在校准容积中气体的电学或磁性特性的至少一个的传感器。在再一实施方式中,传感线路可包括由悬臂支撑的槽。

[0011] 本发明还提供了一种用于测量半导体处理系统中气流的方法。在一个实施方式中,该用于测量半导体处理系统中气流的方法包括:使用流量控制装置设定气流,将来自流量控制装置的气体通过具有与处理腔基本相同流阻的孔板流入传感线路,以及将使用传感线路确定的流量与流量控制装置的设定进行比较。

[0012] 在另一实施方式中,该方法包括对于传感线路中出现的气体的特性进行采样,直到到达终点。在另一实施方式中,该方法可包括采样直到到达可靠度。在另一实施方式中,该方法包括采样直到数据收敛在预定范围内。在再一实施方式中,该方法可包括以小于约 5 毫秒的频率采样。

附图说明

[0013] 为了详细理解本发明上述提及的特征的方式,本发明更加具体的说明,如上所简要概括的,可通过参照附图中示出的实施方式获得。然而,应该理解,附图仅示出本发明的典型实施方式并且因此不应该理解为限制本发明的范围,对于本发明而言可允许其它等效的实施方式。

[0014] 图 1 所示为传统的半导体处理腔和具有本发明的校准线路的气体分配系统的简化示意图;以及

[0015] 图 2 到图 9 所示为具有各种实施方式的传感线路的校准线路的简化示意图。

[0016] 为了便于理解,尽可能地,使用相同的附图标记表示附图中公共的相同元件。应该理解,一个实施方式的特征可不必进一步引用而有利地合并及其它实施方式中。

具体实施方式

[0017] 图 1 示出衬底处理系统 100 的简化示意图,该系统具有与示例性半导体处理腔 120 联接的本发明的气体分配系统 140 的一个实施方式。处理腔 120 可配置为执行化学气相沉积 (CVD)、物理气相沉积 (PVD)、蚀刻腔、离子注入、热处理、灰化、排气、定向或其它真空处理技术。

[0018] 处理腔 120 包括设置在腔体 122 内的衬底支架 124。衬底支架 124 通常在处理期间支撑衬底 136。衬底支架 124 通常包括贯通形成的用于将传热气体(以下称为背面气体)传递给衬底 126 与衬底支架 124 之间限定的区域 118 的通道。为了清楚,在图 1 中已放大了区域 118 的尺寸。常用的背面气体的示例包括氢、氮和氩。

[0019] 腔体 122 通常包括至少一个处理气体入口 128 和泵送端口 134。如传统已知的,处理气体入口 128 通常将处理和可选的其它气体提供给处理腔 120 的内部空间,以便于衬底处理。进入腔体 122 的气体可通过气体分配板或喷头 130 分配到衬底 126 上。

[0020] 泵送端口 134 形成在腔体 122 中。泵送端口 132 通常与控制腔压并去除来自腔体 122 的内部空间的处理副产品的泵送系统联接。泵送系统通常包括一个或多个真空泵和节流阀,其未图示。

[0021] 可设置处理气体端口 144 以将补救气体传递到导管 160 中,该导管携带通过泵送端口 134 排出腔体 122 的排出流。例如,可提供气体以反应和 / 或吸收有害的反应副产品、过量的处理气体或气态的腔室废物,从而便于来自排出流的特定材料的去除和 / 或恢复。

[0022] 净化端口 132 也可设置在腔体 122 中。可通过净化端口 132,将惰性气体提供到处理腔 120 中,以防止处理气体和 / 或处理副产品进入腔 120 的特定区域。净化气体的示例包括氮和氦。

[0023] 气体通常提供到入口端口 128、区域 118、净化端口 132 和来自一个或多个气体分配线路的处理气体端口 144。各气体分配线路通常包括用于流经其的气体的精确控制的机构,并且至少其中之一可配置为本发明的气体分配系统 140。为了简明,仅示出与分别通往入口端口 128、区域 118、净化端口 132 和处理气体端口 144 的气体分配管道 112、114、116 和 138 联接的一个气体分配系统 140。实际上,各管道 112、114、116 和 138 可与专用、分离线路气体分配系统 140 分别联接。

[0024] 在一个实施方式中,气体分配系统 140 包括气体源 102、质量流量计 (MFC) 142、分流阀 106 和校准线路 104。分流阀 106 将来自气体源 102 的气流选择性地引导到校准线路 104 或通过导管 110 引导到一个管道 112、114、116 和 138。MFC142 设置在气体源 102 和分流阀 106 之间。MFC142 通常用于监视和控制来自气体源 102 的气流流入或者校准线路 104,或者将气体分配系统 140 联接到处理腔 120 的导管 110。

[0025] 校准线路 104 配置用于精确测量气流。校准线路 104 包括孔板 108 和传感线路 146。孔板 108 设置在传感线路 146 与分流阀 106 之间。孔板 108 的尺寸可设定为保持阻流条件的限制。在一个实施方式中,可选择孔板的尺寸以模拟实际处理腔 120 的限制。这造成与流入处理腔 120 的 MFC142 类似的条件,在该条件下可使用校准线路 104 执行流量验证,而不需要气流进入实际的处理腔 120 中。孔板可通过实验、经验分析或通过其它合适方法确定。在一个实施方式中,可通过测量孔板的下游压力并且调节孔板尺寸直到实现所需压力,来确定孔板 108。在另一实施方式中,当流量保持在阻流条件时,孔板的尺寸可选择为不同于实际处理腔 120 的限制。

[0026] 孔板 108 的尺寸可设定为产生进入传感线路 146 的关键流量 (例如,阻流) 条件。进入传感线路 146 的关键流量意味着该流量通过质量流量率和孔板 108 的孔径尺寸来确定。孔板 108 的上游流量 (例如, MFC142 处) 恒定并且不受压力波动的影响,因此在流量计算期间不需要考虑上游容积。

[0027] 孔板 108 可为固定或变化的限制。在一个实施方式中,孔板 108 可为机械加工的孔。在另一实施方式中,孔板 108 可为可调节的,诸如针形阀。

[0028] 图 2 为传感线路 146 的一个实施方式的示意图。传感线路 146 通常包括其中设置有振动部件 204 的槽 202。传感器 206 以适于为处理器 208 提供有指示振动部件 204 的振动频率的度量的方式,与振动部件 204 界面连接,该振动频率与槽 202 中的气体密度相关。在一个实施方式中,传感器 206 可为加速计或其它合适的传感器。

[0029] 在一个实施方式中,槽 202 具有已知或预定的容积。从气体源 102 通过孔板 108 流入传感线路 146 的气体将增加槽 202 中的压力,并且因此增加槽 202 中的气体密度。由于槽 202 的容积已知,因此振动部件 204 的频率可与槽 202 中的气体质量相关。在给定的已知槽容积的情况下,振动部件 204 的振动频率中的改变,提供与槽 202 中的密度变化相关

的信息,而这也与通过 MFC142 的质量流量率相关。因此,可利用振动部件的频率以验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速。

[0030] 图 3 为传感线路 300 的另一实施方式的示意图。传感线路 300 通常包括其中设置有振动部件 204 和第二部件 302 的槽 202。第二部件 302 与振动部件 204 相对设置。第一传感器 206 以适于为处理器 208 提供有指示振动部件 204 的振动频率的度量的方式,与振动部件 204 界面连接。第二传感器 304 以适于为处理器 208 提供有指示第二部件 302 的振动频率的度量的方式,与第二部件 302 界面连接。

[0031] 振动部件 204 可以恒定频率驱动。来自振动部件 204 的能量通过设置在槽 202 中的气体传送,并且造成第二部件 302 以恒定频率振动。第二部件 302 的振动将具不同于振动部件 204 的相位移动和振幅。这些量可通过传感器 206、304 测量并且与槽中的压力改变相关,其中压力改变在一段时间内与可用于验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速的质量流率相关。

[0032] 图 4 为传感线路 400 的另一实施方式的示意图。传感线路 400 通常包括以从表面 404 悬臂式取向安装的槽 402。槽 402 中的气体质量与悬臂槽的偏转相关,其可通过传感器 406 测量。传感器 406 可为应变仪或距离测量装置,诸如 LVDT。随着气体流入槽 402 中,槽 402 中的气体压力和密度将增加,从而造成槽 402 的取向的改变,其与已增加到槽 402 的附加的气体质量相关。由于槽中气体质量的改变造成的槽取向的改变可通过传感器 406 测量。因此,可利用来自传感器 406 的信息验证和 / 或校准 MFC142。

[0033] 图 5 为传感线路 500 的另一实施方式的示意图。传感线路 500 通常包括槽 502、位移装置 504 和传感器 506。槽 502 具有校准的容积。可致动位移装置 504 以扰动槽 502,以便造成槽 502 振动。位移装置 504 可为换能器、致动器或其它合适的振动发生装置。可为加速计或其它合适探测器的传感器 506 与槽 502 界面连接,以为处理器 208 提供有指示槽振动的频率的度量。随着槽 502 中的气体质量增加,振动频率将以指示进入槽 502 的质量流速的可预测的方式改变。因此,通过传感器 506 获得的信息可用于验证通过 MFC142 的流速。

[0034] 在另一实施方式中,槽 502 的壁可通过位移装置 504 来扰动,从而其产生振动。随着槽 502 中压力的改变,壁上的压力将改变并且振动频率将可预测地改变。振动可通过传感器 506 来测量,并且因为容积已知,一段时间内压力改变与进入传感线路 500 的质量流速相关,并且可用于验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速。

[0035] 图 6 为传感线路 600 的另一实施方式的示意图。传感线路 600 通常包括槽 602、信号发生器 604 和传感器 606。槽 602 具有校准的容积。信号发生器 604 和传感器 606 可安装在槽 602 的内部或外部。

[0036] 在一个实施方式中,信号发生器 604 配置为产生槽 602 的校准容积内部的声脉冲。声脉冲的局部速度与介质(例如,槽中的气体)的密度和温度有关。声脉冲的速度可通过传感器 606 测量,并且与槽 602 中的气体密度相关。由于槽 602 的容积已知,槽 602 中的气体质量可使用传感器信息确定并且用于验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速。

[0037] 在另一实施方式中,信号发生器 604 可提供槽 602 中的 RF 信号或其它电磁脉冲,以测量槽中的气体密度。这些信号的特性随着压力可预测地改变并且传感器 606 可用于提供指示至少一个信号特性的度量。一段时间内所测得特性的改变可与进入传感线路 600 的

质量流量率相关,并且用于验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速。

[0038] 在另一实施方式中,传感器 606 可配置为检测槽 602 中的气体的至少一个电子或磁性特性中的变化。电子或磁性特性随着压力可预测地改变并且可通过传感器 606 测量。通过传感器 606 提供的气体电子或磁性特性中度量的改变可用于确定通过线路 600 的流速。一段时间内压力的改变与槽 602 的已知容积中的质量流量率相关,并且用于验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速。

[0039] 图 7 为传感线路 700 的另一实施方式的示意图。传感线路 700 通常包括其中设置有活塞 704 的槽 702。活塞 704 具有已知重量和表面面积。活塞 704 将根据槽 702 中的压力相对于相对部件 706 移动。相对部件 706 可为弹簧和 / 或密封的气体容积。移动活塞 704 所需的力可由活塞 704 的质量和表面面积,相对部件 706 的弹簧力,以及活塞 704 上的压力一起解决,其可或者受控或者作为活塞位移的函数。在一个实施方式中,传感器 708 与活塞 704 界面连接以直接确定作用在活塞上的力。在另一实施方式中,传感器 708 可配置为确定活塞 704 的位移。该力通过活塞 704 的表面面积与压力相关,并且在已知容积中一段时间内压力的改变可与进入槽 704 中的质量流量率相关并且用于验证和 / 或校准通过 MFC142 的流速。

[0040] 图 8 为传感线路 800 的另一实施方式的示意图。传感线路 800 通常包括其中设置有活塞 704 的槽 802。来自孔板 108 的气流通过分别位于活塞 704 上方和下方的第一和第二入口 810、812 提供给槽 802。活塞 704 具有已知特性并且将与通过入口 810、812 的气流的比率成比例的移动。至少一个传感器用于确定活塞 704 的相对位移。在图 8 所示的实施方式中,传感器 804、806 用于确定与通过 MFC142 的气流相关的活塞 704 的位移。

[0041] 图 9 为传感线路 900 的另一实施方式的示意图。传感线路 900 通常包括多个通过选择阀 908 与孔板 108 联接的槽 (所示为槽 902、904 和 906)。各个槽 902、904 和 906 具有与不同的流速范围一起使用的不同的校准容积。例如,槽 902 具有较小的容积,槽 904 可具有中等的容积,而槽 906 可具有较大的容积。阀 908 用于将线路 900 中的气流引导入具有容积相称流速的槽中,从而可在合理的采样周期内获得良好的数据分辨率。例如,当正在测量较低的流速时,可利用较小的槽 902 对于一段给定的时间周期内给定的压力上升获得更大的时间分辨率。因此,较低流速时,较小的槽 902 有利于获得一段时间内的快速的压力上升,这在较短的采样周期内提供了具有良好分辨率的数据组。相反地,较大的槽 908 可用于获得在一段时间内不太快速的压力上升,从而在较高流速时提供具有良好分辨率的数据。并且,由于槽 908 具有相对于较小的槽 902 更大的容积,因此较大的槽 908 允许在一段更长的时间周期内产生数据采样,其可在获得完整的数据组之前以较高的流速填充。与压力上升相关的数据可使用上述技术或其它合适替代技术的任何一种获得。

[0042] 压力上升的多重数据采样可用于提高流量计算的精确度,从而提供 MFC142 的实际流速的更大的可靠度。上述各个传感线路可包括分支回路和允许槽快速清空和重新填充的倾倒管道,从而有利于附加采样的快速获得。以足够的比率获得数据采样,从而在一段合理的时间周期内获得数据点的统计上有效的采样总量。在一个实施方式中,采样的频率小于约 5 毫秒。这允许在较短的测试期间获得较大的数据组,从而增加了数据的精确度,同时允许快速识别测试的合适的终点。

[0043] 在一个实施方式中,可分析用于获得数据采样的传感器和 / 或设备的组合的测量

误差以确定它们对于总体计算的影响。该信息可用于确定和 / 或调节可靠度。

[0044] 在另一实施方式,用于获得数据采样的传感器和 / 或设备的组合的测量误差可用于模拟所测得数据中的随机误差分布。模拟误差随后添加到各数据采样中。可计算抵消随机添加的误差的影响所需的样本的数量并且将其用作测试终点,从而在最短的测试期间实现精确的计算。

[0045] 在图 2 所示的实施方式中示出了示例性的分支回路 250 和倾倒管道 252。来自孔板 108 的气流最初进入槽 202 并且测量压力 (密度和 / 或质量)。通过传感线路 200 的气流随后由阀 256 分流,进入支路回路 250,同时第二阀 258 打开以通过倾倒管道 252 清空槽 202。倾倒管道 252 可与真空源 260 联接以加速去除来自槽 202 的气体。一旦槽 202 完全清空,第二阀 258 关闭并且来孔板 108 的气流随后通过阀 256 引导返回槽 202,从而可获得随后的样本。该过程可重复多次以获得提供通过 MFC142 的气流的精确测量的数据组。

[0046] 接收数据组的处理器 208 可使用统计收敛方法和 / 或经典的稳健统计方法,以确定气流验证 / 校准的合适的终点。例如,一旦达到基于传感线路的测量装置的已知精度和可重复性计算的合适的收敛,可终止采样。可选地,采样终点可通过连续计算气流并且跟踪趋向平均值的收敛来动态地确定。

[0047] 收敛的所需级别可为预定的级别或使用可靠度动态确定。一端测试达到具体的可靠度级别,测试将终止。结束测试的一个方法是使用测量装置的已知误差水平并且使用它们计算收敛所需的样本数量。使用这个预测方法,一旦达到样本数量,验证将自动结束。确定终点的另一方法是连续重复计算气流并且监视其趋向平均值的收敛。随着测试的进行,所收集的样本的每个组合可用于计算即时气流。当所计算的气流收敛到所需的级别,测试将终止。多元模型以及对于模型测量误差的统计的使用,以及它们对于总体系统的影响可用于增加计算的精度。模式将显示出不同参数的相互作用并且有助于最优参数的选择。

[0048] 开始以及结束压力和 / 或密度的多重样本可用于增加精度。两者读取上的测量误差将通过平均各个读取的多重本来降低,从而对于该测试可使得压力增量更加精确。

[0049] 多元模型和统计技术可用于对于单个测量的误差以及它们对于总体系统误差的影响进行建模。这些模型可用于确定最优的参数和系统限制。在先技术的组合可用于进一步增加流速计算的精度。

[0050] 在操作中,槽中的气流可使用标准的上升率技术确定。可设定在槽的入口处的孔板的尺寸以产生进入槽的声速流。进入槽的气流随后仅与来自 MFC 的气流和孔板的尺寸相关。槽的压力将不会影响 MFC,并且将允许气流保持恒定。另外,孔板处的声速条件防止上游压力改变,并且在孔板的气体管道上游中的气体的质量保持恒定。在该条件下,在气流计算中并不使用气体管道容积上游,从而消除了对于上游容积计算的需要,并且进一步减少了总体气流计算中的不确定性。

[0051] 由于槽入口处的孔板通过仿真类似于腔室注入的限制,模拟了腔室条件,可在模拟的腔室条件下校准 MFC,而不必需要例如,在工作台或预安装测试期间具体存在的实际的腔室。可选地,一旦腔室工作,诸如在运行新的大量衬底之前进行的周期性测试,通过 MFC 的气流可使用上述校准线路验证和 / 或校准。

[0052] 还应该理解,校准线路可用于验证和 / 或校准除了 MFC 以外的气流控制装置。例如,校准线路可用于验证和 / 或校准来自气相分配模块、分流器、压力控制器和调节器以及

其它气流控制装置的流速（密度和 / 或压力）。

[0053] 因此，具有校准线路的气体分配系统可有效地使得 MFC 特征化以将气体提供给处理系统。该新颖的校准线路可用于测量、验证和 / 或校准用于背面冷却、处理气体分配、清洗气体分配、清洁剂分配、载体气体分配和补救气体分配等的气流。气流控制的精度和采样时间在现有技术状态之上已得到提高，从而确保了下一代装置的成本效率和稳健的处理。

[0054] 虽然前述给出了本发明的实施方式，但是在不偏离其基本范围的情况下，可以进一步设想本发明的实施方式，并且其范围由所附的权利要求书确定。

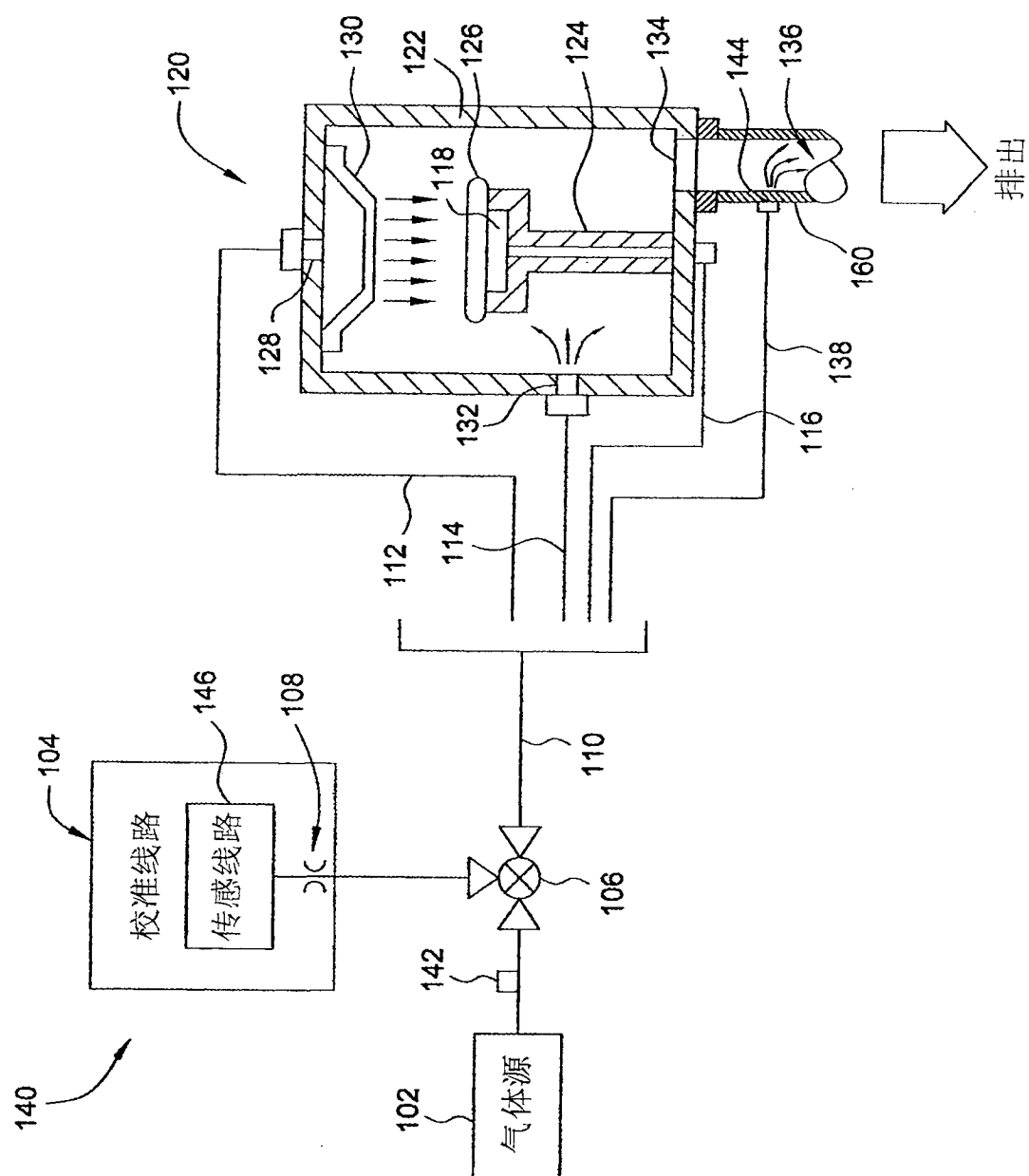


图 1

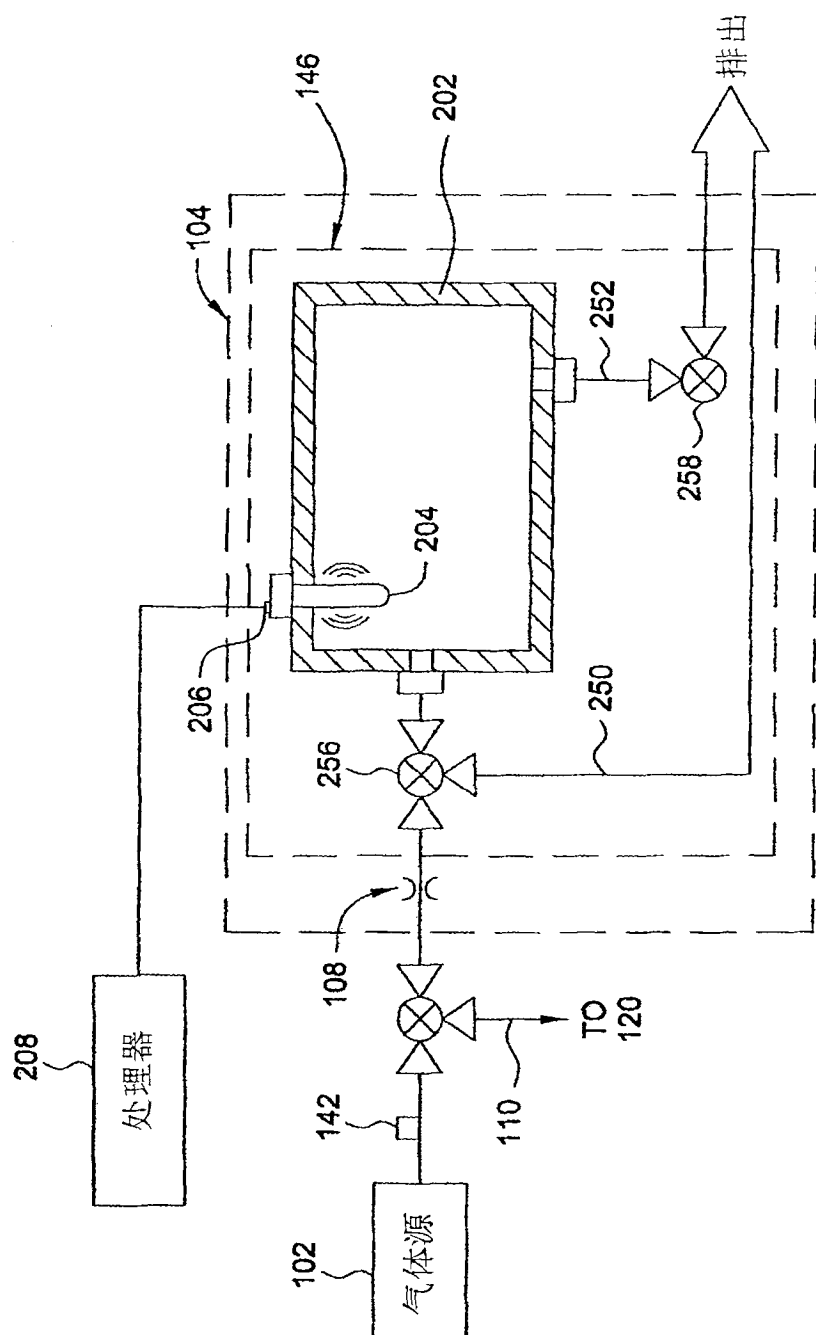


图 2

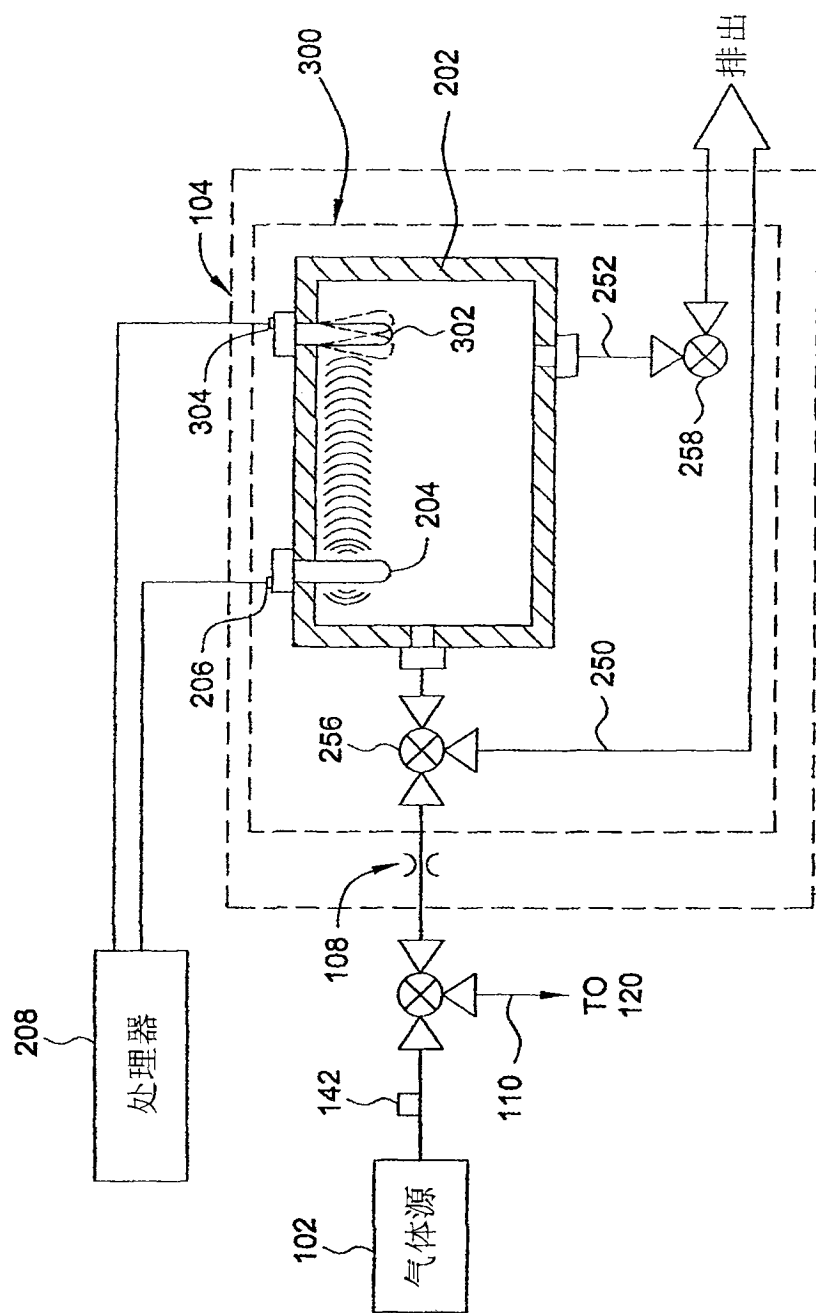


图 3

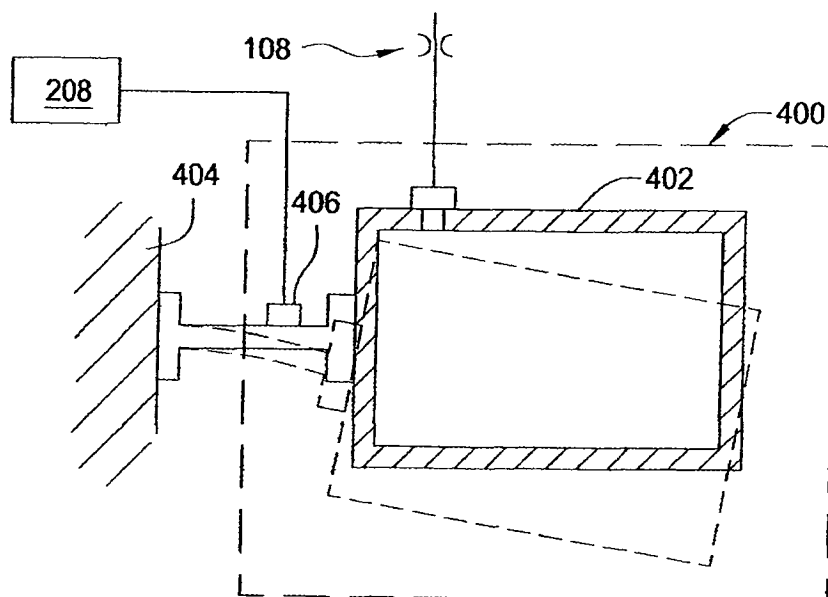


图 4

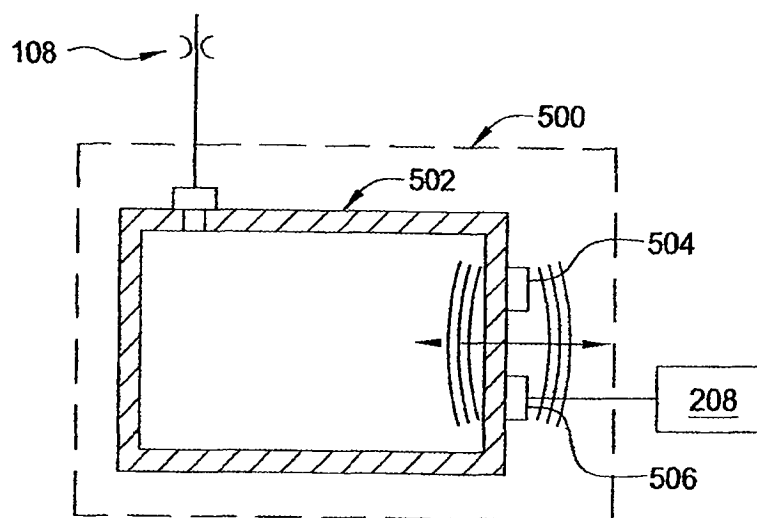


图 5

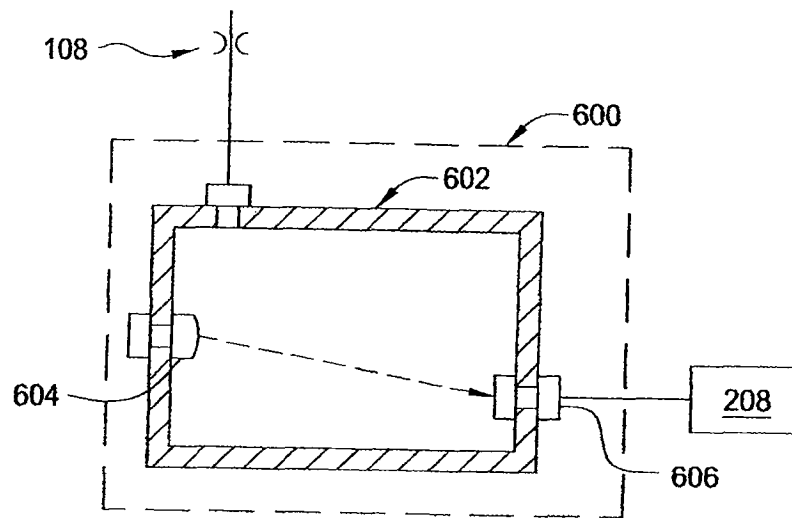


图 6

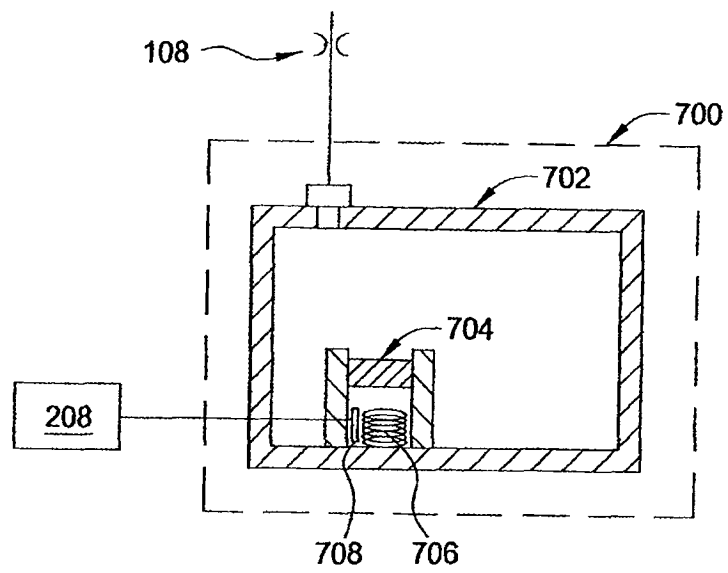


图 7

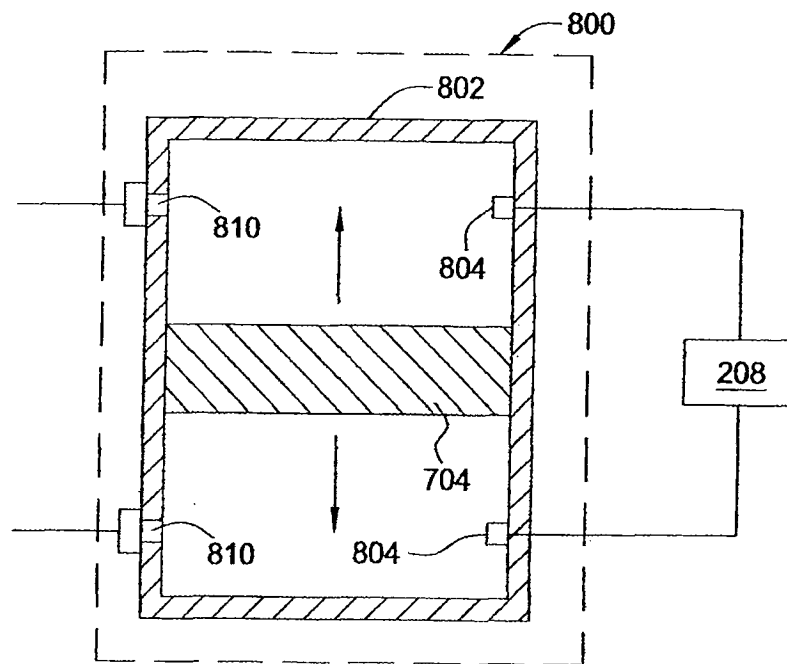


图 8

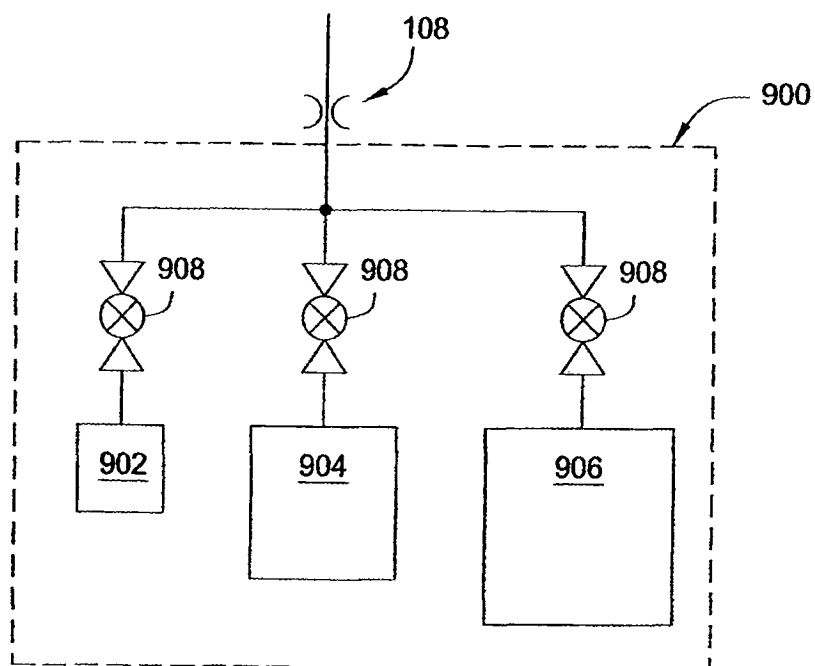


图 9