



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02800155.9

[43] 公开日 2003 年 11 月 12 日

[11] 公开号 CN 1455865A

[22] 申请日 2002.1.22 [21] 申请号 02800155.9

[30] 优先权

[32] 2001. 1. 22 [33] JP [31] 12861/2001

[32] 2001. 1. 22 [33] JP [31] 12862/2001

[86] 国际申请 PCT/JP02/00438 2002. 1. 22

[87] 国际公布 WO02/057770 日 2002. 7. 25

[85] 进入国家阶段日期 2002. 9. 23

[71] 申请人 帝人株式会社

地址 日本大阪府大阪市

[72] 发明人 藤本直登志

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

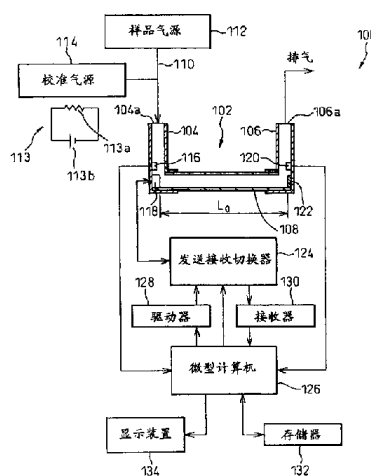
代理人 刘宗杰 叶恺东

权利要求书 6 页 说明书 17 页 附图 2 页
按照条约第 19 条的修改 6 页

[54] 发明名称 利用超声波测定气体浓度和流量的装置及方法

[57] 摘要

具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道 102、固定在上述管道内的超声波发送接收器 118、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内反射板 122、在发送模式与接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换部 124 的超声波式气体流量测定装置 100，还备有对管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源 114、测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器 116、120、计算超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的传播时间计算装置 126、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的校准装置 126。



1. 一种超声波式气体浓度测定装置，具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的超声波发送接收器、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的反射板、在上述超声波发送接收器发出超声波的模式与接收超声波的接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器，该超声波式气体浓度测定装置，还备有对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述超声波发送接收器发出超声波的时刻及该超声波发送接收器接收到由上述反射板反射的超声波的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的校准装置。

2. 根据权利要求1所述的超声波式气体浓度测定装置，其特征在于：上述超声波式气体浓度测定装置，进一步，还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

3. 根据权利要求1所述的超声波式气体浓度测定装置，其特征在于：上述超声波式气体浓度测定装置，进一步，还备有调节上述管道的温度的温度调节装置、根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数计算装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

4. 一种超声波式浓度测定方法，利用具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的超声波发送接收器、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的反射板、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的浓度，该超声波式气体

浓度测定方法，包括在上述测定对象气体的浓度测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述超声波发送器发出超声波的步骤、由发送接收切换器将上述超声波发送接收器的动作模式从上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式切换为接收超声波的接收模式后根据上述超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述超声波发送接收器接收到由上述反射板反射的上述超声波的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的步骤、根据上述计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的步骤。

5 根据权利要求 4 所述的超声波式气体浓度测定方法，其特征在于：上述超声波式气体浓度测定装置，还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置，上述方法，还包括为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

15 6. 根据权利要求 4 所述的超声波式气体浓度测定方法，其特征在于：上述方法，还包括根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的步骤、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行运算、校正运算的步骤。

25 7. 一种超声波式气体浓度测定装置，具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器，该超声波式气体浓度测定装置，还备有对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传

5 播的第1传播时间并根据上述第2超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第1超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第2传播时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述第1和第2超声波发送接收器之间的基准距离的校准装置。

8. 根据权利要求7所述的超声波式气体浓度测定装置,其特征
10 在于:上述超声波式气体浓度测定装置,进一步,还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定
10 温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

9. 根据权利要求7所述的超声波式气体浓度测定装置,其特征
15 在于:上述超声波式气体浓度测定装置,进一步,还备有调节上述管道的温度的温度调节装置、根据上述管道温度改变时的上述基准距离
15 的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数计算装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气
15 的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离
15 进行校正运算的校正装置。

10. 一种超声波式气体浓度测定方法,利用具有使应测定浓度的
20 测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第1超声波发送接收器、与上述第1超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第
20 2超声波发送接收器、在发出超声波的发送模式与接收超声波的接收
20 模式之间切换上述第1和第2超声波发送接收器的动作模式的发送接收
20 切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的浓
25 度,该超声波式气体浓度测定方法,包括在上述测定对象气体的浓度
25 测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步
25 骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准
25 气的温度的步骤、从上述第1超声波发送接收器发出超声波并由上述
25 第2超声波发送接收器接收上述超声波的步骤、由发送接收切换器将
30 上述第1超声波发送接收器的动作模式从发送模式切换为接收模式同
30 时将第1超声波发送接收器的动作模式从接收模式切换为发送模式的
30 步骤、根据上述第1超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第2

5 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的步骤、根据上述计算结果校准上述第 1 超声波发送接收器与第 2 超声波发送接收器之间的基准距离的步骤。

10 11. 根据权利要求 10 所述的超声波式气体浓度测定方法, 其特征在于: 上述超声波式气体浓度测定装置, 还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置, 上述方法, 还包括为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

15 12. 根据权利要求 10 所述的超声波式气体浓度测定方法, 其特征在于: 上述方法, 还包括根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的步骤、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行运算、校正运算的步骤。

20 13. 一种超声波式气体流量测定装置, 具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器, 该超声波式气体流量测定装置, 还备有
25 对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述
30 管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述第 1 和第 2 超声

波发送接收器之间的基准距离及管道内径的校准装置。

14. 根据权利要求 13 所述的超声波式气体流量测定装置，其特征在于：上述超声波式气体浓度测定装置，进一步，还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置、为测定浓度而
5 由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

15. 根据权利要求 14 所述的超声波式气体流量测定装置，其特征在于：上述超声波式气体浓度测定装置，进一步，还备有调节上述
10 管道的温度的温度调节装置、根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数计算装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

16. 一种超声波式气体流量测定方法，利用具有使应测定浓度的
15 测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收
20 切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的流量，该超声波式气体流量测定方法，包括在上述测定对象气体的流量测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述第 1 超声波发送接收器发出超声波并由上述
25 第 2 超声波发送接收器接收上述超声波的步骤、由发送接收切换器将上述第 1 超声波发送接收器的动作模式从发送模式切换为接收模式同时将第 1 超声波发送接收器的动作模式从接收模式切换为发送模式的步骤、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波
30 在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的步骤、根

据上述计算结果校准上述第 1 超声波发送接收器与第 2 超声波发送接收器之间的基准距离及管道内径的步骤。

5 17. 根据权利要求 16 所述的超声波式气体流量测定方法，其特征在于：上述超声波式气体浓度测定装置，还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置，上述方法，还包括为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

10 18. 根据权利要求 17 所述的超声波式气体流量测定方法，其特征在于：上述方法，还包括根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的步骤、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行运算、校正运算的步骤。

利用超声波测定气体浓度和流量的装置及方法

技术领域

5 本发明涉及利用超声波测定例如从医用氧气浓缩器输出的样品气中的氧气浓度和该样品气的流量的装置及方法。

背景技术

众所周知，在样品气中传播的超声波的传播速度可以表示为样品气的浓度、温度的函数。如设样品气的平均分子量为 M 、温度为 T (K)，则样品气中的超声波传播速度 C (m/sec) (米/秒) 用下式 (1) 表示。

$$C = (\kappa RT/M)^{1/2} \quad \dots (1)$$

式中，

κ : 定容克分子比热与定压克分子比热之比

15 R: 气体常数

即，只要测定出样品气中的超声波传播速度 C (m/sec) 与样品气的温度 T (K)，就可以通过运算而求得样品气的平均分子量 M 。例如，如设氧气的分子量为 M_{O_2} 、氮气的分子量为 M_{N_2} ，则由氧气与氮气的混合比为 $P: (1-P)$ ($0 \leq P \leq 1$) 的混合气构成的样品气的平均分子量 M 为 $M = M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)$ ，所以，可以根据测定出的平均分子量 M 通过运算而求得氧气浓度 P 。这里，如果该样品气是氧气与氮气的混合气，则在很宽的氧气与氮气的混合比范围上大致可以估计为 $\kappa = 1.4$ 。

另外，如样品气中的超声波传播速度为 C (m/sec)、样品气的流速为 V (m/sec)，则相对于样品气的流向沿正向发送超声波时测定的超声波传播速度 V_1 (m/sec) 为 $V_1 = C + V$ 、沿反向发送超声波时测定的超声波传播速度 V_2 (m/sec) 为 $V_2 = C - V$ ，所以，样品气的流速 V (m/sec)，可以从以下的式 (2) 求出。

$$V = (V_1 - V_2) / 2 \quad \dots (2)$$

30 将其乘以样品气流过的管道的断面积 (m^2)，即可求得样品气的流量 (m^3/sec)。

已经提出了利用这种原理并根据在样品气中传播的超声波的传

播速度或传播时间测定样品气中的特定气体浓度和样品气流量的方法及装置。例如，在特开平 6—213877 号公报中，记述了一种在样品气流过的管道中以彼此相对的方式配置 2 个超声波换能器并测量在该超声波换能器之间传播的超声波的传播时间从而测定样品气的浓度和流量的装置。此外，在特开平 7—209265 号公报及特开平 8—233718 号公报中，记述了一种以采用了 1 个超声波换能器及与该超声波换能器相对设置的反射板的声波反射方式测定在一个检查体积内传播的超声波的传播速度或传播时间从而测定样品气中的特定气体浓度的装置。

10 在这种利用超声波的传播速度等测定样品气浓度和流量的方法及装置中，必须精确地决定超声波换能器之间或超声波换能器与反射板之间的距离即超声波的传播距离及管道的内径，但超声波的传播距离及管道内径将受到随样品气的温度变化而引起的管道尺寸的温度变化的影响。此外，超声波的传播距离及管道的内径，还受到制造管道时的工作精度和装配精度、超声波换能器及反射板的安装精度、超声波换能器本身的加工精度的影响。因此，很难精确地掌握超声波的传播距离及管道内径，因而成为使测定精度降低的原因。

在上述的特开平 6—213877 号公报及特开平 8—233718 号公报中，记述了一种为改善由各种因素引起的浓度测定结果的温度特性而引入温度补偿系数的方法。此外，还有一种以表格形式预先将温度与超声波传播速度和浓度的关系存储在存储器内的方法。但是，为求得上述这些温度补偿系数或表格，采用着将样品气设定为多个不同温度后供给装置并预先求出装置的温度特性的方法，所以在装置的校准过程中需花费很多的劳力。

25 另外，作为将测定结果的温度特性消除或减小到最低限度的方法，还提出了一种将装置本身置于温度控制下使其始终保持恒定温度而进行测定的方案。但是，在这种方法中，除必需另外设置用于进行温度控制的装置外，还存在着很难精确地控制装置的温度、特别是样品气流通管道的温度的问题。

30 发明的公开

本发明的目的在于，提供一种可以用简便的方法对装置进行校准并能以与样品气温度无关的方式精确地测定样品气中的特定气体浓度

的超声波式浓度测定装置及方法。

本发明的另一目的在于，提供一种可以用简便的方法对装置进行校准并能以与样品气温度无关的方式精确地测定样品气的流量的超声波式浓度测定装置及方法。

5 按照本发明，提供一种超声波式气体浓度测定装置，具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的超声波发送接收器、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的反射板、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器，该超声波式气体浓度测定装置，还备有对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述超声波发送接收器发出超声波的时刻及该超声波发送接收器接收到由上述反射板反射的超声波的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的校准装置。

按照本发明的另一特征，提供一种超声波式气体浓度测定方法，利用具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的超声波发送接收器、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的反射板、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的浓度，该超声波式气体浓度测定方法，包括在上述测定对象气体的浓度测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述超声波发送器发出超声波的步骤、由发送接收切换器将上述超声波发送接收器的动作模式从上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式切换为接收超声波的接收模式后根据上述超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述超声波发送接收器接收到由上述反射板反射的上述超声波的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的步骤

骤、根据上述计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的步骤。

另外，按照本发明的另一特征，提供一种超声波式气体浓度测定装置，具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的直线部分的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的直线部分的第 2 超声波发送接收器、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器，该超声波式气体浓度测定装置，还备有对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述第 1 和第 2 超声波发送接收器之间的基准距离的校准装置。

进一步，按照本发明的另一特征，提供一种超声波式气体浓度测定方法，利用具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的浓度，该超声波式气体浓度测定方法，包括在上述测定对象气体的浓度测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述第 1 超声波发送接收器发出超声波并由上述第 2 超声波发送接收器接收上述超声波的步骤、由发送接收切换器将上述第 1 超声波发送接收器的动作模式从发送模式切换为接收模式同时将第 1 超声波发送接收器的动作模式从接收模式切换为发送模式的步

骤、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述
5 超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的步骤、根据上述计算结果校准上述第 1 超声波发送接收器与第 2 超声波发送接收器之间的基准距离的步骤。

另外，按照本发明的另一特征，提供一种超声波式气体流量测定装置，具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述
10 第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器，该超声波式气体流量测定装置，还备有对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的
20 第 2 传播时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述第 1 和第 2 超声波发送接收器之间的基准距离及管道内径的校准装置。

进一步，按照本发明的另一特征，提供一种超声波式气体流量测定方法，利用具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体浓度测定
25 装置测定上述测定对象气体的流量，该超声波式气体流量测定方法：包括在上述测定对象气体的流量测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器
30

测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述第 1 超声波发送接收器发出超声波并由上述第 2 超声波发送接收器接收上述超声波的步骤、由发送接收切换器将上述第 1 超声波发送接收器的动作模式从发送模式切换为接收模式同时将第 1 超声波发送接收器的动作模式从接收模式切换为发送模式的步骤、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的步骤、根据上述计算结果校准上述第 1 超声波发送接收器与第 2 超声波发送接收器之间的基准距离及管道内径的步骤。

附图的简单说明

图 1 是本发明第 1 实施形态的装置的简略框图。

图 2 是本发明第 2 实施形态的装置的简略框图。

实施发明的最佳形态

以下，说明本发明的最佳实施形态。在以下说明的实施形态中，作为一例示出测定由氧气与氮气的混合气构成的样品气中的氧气浓度的情况，但可按本发明测定的样品气，并不只限定于由氧气与氮气构成的样品气，对包含其他气体的混合气也可以适用。

在图 1 中，示出本发明第 1 实施形态的超声波式气体浓度测定装置 100 的简图。装置 100，备有使样品气或校准气流通的管道 102，管道 102，具有直线部分 108 及与直线部分 108 的两端部连接的垂直部分 104、106。在直线部分 108 内部的一个端部，固定着作为超声波发送接收器的超声波换能器 118，在直线部分 108 内部的另一端部，以与超声波换能器 118 相对的方式固定着反射板 122。此外，在本实施形态中，将超声波换能器 118 与反射板 122 之间的距离定义为检查距离。

在超声波换能器 118 上连接着发送接收切换部 124，发送接收切换部 124，在超声波换能器 118 发出超声波的发送模式与超声波换能器 118 接收超声波的接收模式之间切换超声波换能器 118 的动作模式。发送接收切换部 124，与微型计算机 126 连接，并由微型计算机

126 控制发送接收切换部 124 的切换动作。

在管道 102 内流通的气体的流向的上游侧的垂直部分 104，具有
5 入口 104a，将样品气源 112 及校准气源 114 通过供给管道 110 与该
入口 104a 连接。在样品气源 112 内，包括贮存包含着应测定浓度
的气体的混合气、即样品气的容器（图中未示出）及设置在该容器与
供给管道 110 之间的减压阀等。

10 校准气源 114，可以包括贮存着预先对成分和组成比进行了精
确分配的校准气、例如含有 20%氧气和 80%氮气的混合气的容器（图
中未示出）及设置在该容器与供给管道 110 之间的减压阀（图中未
示出）等。校准气源 114，还可以备有温度调节装置 113，用作改变
装置 100 的温度、特别是管道 102 的温度的装置。在图 1 的例中，
温度调节装置 113，包括电热丝 113a 及对电热丝 113a 供电的电源
装置 113b。

15 在管道 102 内流通的气体的流向的下游侧的垂直部分 106，具有
排出口 106a，用于浓度测定或校准的样品气或校准气，从排出口 106a
排出到外部。当这些气体不适于直接排到外部时，可以在排出口 106a
的下游适当地设置气体处理装置（图中未示出）。

20 用于测定在管道 102 内流通的样品气或校准气的温度的温度传感
器 116、120，最好配置在垂直部分 104、106 内，以使其不扰乱直
线部分 108 内的流动状态。温度传感器 116、120，与微型计算机 126 连
接。而当样品气的温度变化不大时，温度传感器 116、120 也可以只
设置其中的任何一个。

25 另外，在微型计算机 126 上，连接着用于驱动超声波换能器 118
的驱动器 128、对来自超声波换能器 118 的信号进行 A/D（模/数）转
换的接收器 130、显示装置 100 的动作状态及测定结果等的显示装置
134、由用于存储微型计算机 126 的操作系统和各种参数等的非易失
性存储装置及磁盘装置构成的存储器 132。

以下，说明第 1 实施形态的作用。

30 首先，在用于测定样品气中的特定气体浓度的通常的测定过程开
始之前，按照以下说明的步骤，预先校准超声波换能器 118 与反射板
122 之间的检查距离并求出基准距离 L_0 。

作为成分和组成比已知的校准气，例如从校准气源 114 向管道 102

供给氧气与氮气的混合比为 $P: (1-P)$ ($0 \leq P \leq 1$) 的混合气。这时，将由两个温度传感器 116、120 测定出的校准气温度的平均值作为基准温度 T_0 (K) 存储在存储器 132 内。基准温度 T_0 (K)，可以是不超出装置使用温度范围的任何温度 (K)。

5 在供给着校准气的期间，从微型计算机 126 向驱动器 128 输出超声波生成用脉冲，并从驱动器 128 通过发送接收切换部 124 对超声波换能器 118 施加脉冲电压。超声波换能器 118，发出与该脉冲电压对应的超声波。从超声波换能器 118 发出的超声波，在流过管道 102 的直线部分 108 的样品气中传播，并由反射板 122 反射后再
10 次返回到超声波换能器 118。在对超声波换能器 118 施加脉冲电压后，发送接收切换部 124，紧接着将超声波换能器 118 的动作模式从发送模式切换为接收模式，以使超声波换能器 118 能够接收该返回的超声波。超声波换能器 118，将与接收到的超声波对应的电信号通过发送接收切换部 124、接收器 130 发送到微型计算机 126。微
15 型计算机 126，根据最初向第 1 换能器 118 输出了发送脉冲的时刻及随后接收到来自超声波换能器 118 的电信号的时刻，计算传播时间 t_0 (sec)。

这里，温度 T_0 (K) 下的该校准气中的超声波传播速度 C_0 (m/sec)，根据上述的式 (1) 而由以下的式 (3) 表示。

$$20 \quad C_0 = ((\kappa RT_0) / (M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)))^{1/2} \quad \dots (3)$$

另一方面，因

$$C_0 = 2 L_0 / t_0 \quad \dots (4)$$

所以，可以得到

$$25 \quad L_0 = ((\kappa RT_0) / (M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)))^{1/2} \times t_0 / 2 \quad \dots (5)$$

另外，在第 1 实施形态中，如在静止的校准气或样品气中的超声波传播速度为 C (m/sec)，则当从超声波换能器 118 流向反射板 122 方向的样品气的流速为 V (m/sec) 时，从超声波换能器 118 向反射板 122 传播的超声波传播速度为 $C+V$ 、由反射板 122 反射后的超声波向返回超声波换能器 118 的方向传播的超声波传播速度为 $C-V$ 。由第 1
30 实施形态的装置 100 按上述方式测定的超声波传播速度为往返的超声波的平均速度，所以，在将样品气的流速 V 消去后，即可测定出静止的样品气中的超声波传播速度 C 。

这些运算，由微型计算机 126 执行。上述运算中的基准温度 T_0 下的检查距离 L_0 (m)，作为基准距离存储在存储器 132 内。

按照以上的方法，通过对装置 100 供给已知成分和组成比的校准气并测定从超声波换能器 118 发出的超声波的传播时间 t_0 (sec)，对温度 T_0 (K) 下的超声波换能器 118 与反射板 122 之间的基准距离 L_0 (m) 进行校准。这种方法，只需进行简单的操作、例如在向装置 100 供给校准气的期间按压一次装置 100 所设有的按钮（图中未示出）即可由微型计算机 126 自动完成校准处理。此外，由于运算本身也很简单，所以能够瞬时完成处理。另外，即使在随着装置 100 的老化等而使超声波换能器 118 与反射板 122 的位置关系发生变化从而使超声波的传播距离发生变化等情况下，也能以简单的方式对装置进行校准调整并更新存储在存储器 132 内的基准温度和基准距离。

以下，说明测定含有浓度未知的氧气和氮气的样品气中的氧气浓度的方法。

首先，说明管道 102 的材料的线膨胀系数 α (1/K) 已知的情况。

样品气测定时的温度 T_s (K) 下的检查距离 L_s (m)，可以通过读出存储在存储器 132 内的基准距离 L_0 (m) 和基准温度 T_0 (K) 并根据下式 (6) 校正基准距离 L_0 而求出。这里，测定温度 T_s (K)，可以取两个温度传感器 116、120 测定值的平均值。

$$L_s = L_0 (1 + \alpha (T_s - T_0)) \quad \dots (6)$$

与装置 100 的检查距离的校准步骤一样，在向装置 100 供给样品气的期间，首先，将超声波换能器 118 设定为发送模式。然后，从微型计算机 126 向驱动器 128 输出超声波的发送脉冲，并通过发送接收切换部 124 对超声波换能器 118 施加脉冲电压。因此，从超声波换能器 118 发出与来自微型计算机 126 的发送脉冲对应的超声波。在这之后，紧接着由发送接收切换部 124 使超声波换能器 118 按接收模式进行动作，并将与接收到的超声波对应的电信号通过发送接收切换部 124、接收器 130 发送到微型计算机 126。微型计算机 126，根据最初向驱动器 128 输出了发送脉冲的时刻及随后接收到来自超声波换能器 118 的电信号的时刻，计算传播时间 t_s (sec)。这时，样品气中的超声波传播速度 C_s (m/sec)，可以根据以下的式 (7)

求出。

$$C_s = 2 L_s / t_s \quad \dots (7)$$

另外，氧气浓度 P_s ，根据式 (3) 而由下式 (8) 求得。

$$P_s = (\kappa RT_s / C_s^2 - M_{N_2}) / (M_{O_2} - M_{N_2}) \quad \dots (8)$$

- 5 进一步，样品气的氧气浓度，也可以根据样品气中的超声波传播速度与 100% 氧气、100% 氮气的气体中的超声波传播速度之比求得。即，如利用式 (1)，则可以很容易求得温度 T_s (K) 下的 100% 氧气中的超声波传播速度 C_{O_2} (m/sec)、100% 氮气中的超声波传播速度 C_{N_2} (m/sec)，因而也可以用样品气中的超声波传播速度 C_s (m/sec) 根据下式 (9)
- 10 计算 P_s 。

$$P_s = (1 / C_s^2 - 1 / C_{N_2}^2) / (1 / C_{O_2}^2 - 1 / C_{N_2}^2) \quad \dots (9)$$

上述运算，由微型计算机 126 执行，并将浓度测定结果显示在显示装置 134 上。

- 接着，说明管道 102 的精确的线膨胀系数 α (1/K) 未知的情况。
- 15 在这种情况下，可以用本装置 100 精确地求出线膨胀系数 α 。

- 由温度调节装置 113 将校准气设定为第 1 温度 T_1 (K) 后供给装置 100，并按照与上述基准距离校准方法相同的方法测定超声波换能器 118 与反射板 122 之间的检查距离 L_1 (m)。进一步，将校准气设定为温度 T_2 (K) ($T_2 \neq T_1$) 后按同样方式测定检查距离 L_2 (m)。在这种
- 20 情况下，为特定出精度高的线膨胀系数 α ， T_1 、 T_2 的温度差大一些最好。例如，最好在按装置的使用温度范围设定的温度最小值、最大值附近进行测定。

如果求出 T_1 、 L_1 、 T_2 、 L_2 ，就可以按照下式 (10) 求出管道 102 的材料的线膨胀系数 α (1/K)。

$$25 \quad \alpha = (L_1 - L_2) / L_1 (T_1 - T_2) \quad \dots (10)$$

上述运算，由微型计算机 126 执行，并将这里求出的线膨胀系数 α (1/K) 存储在存储器 132 内。

- 按照上述的方法，通过将一种校准气以 2 个不同的温度供给装置 100，可以精确地求出管道 102 的材料的线膨胀系数 α (1/K)。这种
- 30 方法，只需通过简单的测定和计算即可实现，所以，即使当随着管道 102 的材料老化等而使管道 102 的材料的线膨胀系数发生变化时，也能以简单的方式精确地测定和校正线膨胀系数并更新存储在存储器

132 内的线膨胀系数。

在以上的说明中，说明了利用作为改变装置 100 的温度、特别是管道 102 的温度的装置的温度调节装置 113 调节供给管道 102 的校准气温度的例。但是，其结构是作为以在管道 102 内流通的校准气温度与管道 102 的温度之间具有一定的相关关系为前提通过改变校准气温度而变更装置的温度、特别是管道 102 的温度用的装置的一例给出的，但本发明并不限于此，例如，也可以在装置 100 的制造过程中通过将装置 100 置于恒温室内并将整个装置及供给装置 100 的气体的温度设定为规定温度而求出线膨胀系数 α 。

10 以下，参照图 2 说明本发明的第 2 实施形态。除了由与作为第 1 超声波发送接收器的第 1 超声波换能器 218 相对设置的作为第 2 超声波发送接收器的第 2 超声波换能器 222 置换第 1 实施形态的第 2 超声波换能器 222 这一点外，与第 1 实施形态的结构基本相同。

第 2 实施形态的超声波式气体浓度流量测定装置 200，备有使样品气或校准气流通的管道 202，管道 202，具有直线部分 208 及与直线部分 208 的两端部连接的垂直部分 204、206。直线部分 208，在本实施形态中，由特别是在长度方向上内径不变的圆形断面管道构件构成，在其内部的上游侧的端部，固定着作为第 1 超声波发送接收器的第 1 超声波换能器 218，在直线部分 208 内部的下游侧的端部，以与第 1 超声波换能器 218 相对的方式固定着作为第 2 超声波发送接收器的第 2 超声波换能器 222。此外，在本实施形态中，将第 1 超声波换能器 218 与第 2 超声波换能器 222 之间的距离定义为检查距离。

第 1 和第 2 超声波换能器 218、222，连接着发送接收切换部 224，发送接收切换部 224，在第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 发出超声波的发送模式与第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 接收超声波的接收模式之间分别独立地切换第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 的动作模式。发送接收切换部 224，与微型计算机 226 连接，并由微型计算机 226 控制发送接收切换部 224 的切换动作。

30 管道 202 的上游侧的垂直部分 204，具有进口 204a，将样品气源 212 及校准气源 214 通过供给管道 210 与该进口 204a 连接。在样品气源 212 内，包括贮存着包含应测定浓度的气体的混合气、即样

品气的容器（图中未示出）、设置在该容器与供给管道 210 之间的减压阀（图中未示出）及用于调节从该校准气源 214 流出的校准气的流量的流量调节阀（图中未示出）等。

5 校准气源 214，可以包括贮存着预先对成分和组成比进行了精确分配的校准气的容器（图中未示出）及设置在该容器与供给管道 210 之间的减压阀（图中未示出）等。校准气源 214，还可以备有温度调节装置 213，用作改变装置 200 的温度、特别是管道 202 的温度的装置。在图 1 的例中，温度调节装置 213，包括电热丝 213a 及对电热丝 213a 供电的电源装置 213b。

10 管道 202 的下游侧的垂直部分 206，具有排出口 206a，用于浓度测定或校准的样品气或校准气，从排出口 206a 排出到外部。当这些气体不适于直接排到外部时，与第 1 实施形态一样，可以在排出口 206a 的下游适当地设置气体处理装置（图中未示出）。

用于测定在管道 202 内流通的样品气或校准气的温度的温度传感器 216、220，最好配置在垂直部分 204、206 内，以使其不扰乱直线部分 208 内的流动状态。温度传感器 216、220，与微型计算机 226 连接。而当样品气的温度变化不大时，温度传感器 216、220 也可以只设置其中的任何一个。

20 另外，在微型计算机 226 上，连接着用于驱动第 1 超声波换能器 218 的驱动器 228、对来自第 1 超声波换能器 218 的信号进行 A/D 转换的接收器 230、显示装置 200 的动作状态及测定结果等的显示装置 234、由用于存储微型计算机 226 的操作系统和各种参数等的非易失性存储装置及磁盘装置构成的存储器 232。

以下，说明第 2 实施形态的作用。

25 首先，在用于测定样品气中的特定气体浓度的通常的测定过程开始之前，预先校准第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 之间的检查距离及管道 202 的直线部分 208 的内径 D 并求出基准距离 L_0 及基准直径 D_0 。

30 在本实施形态中，特别是，利用校准气源 214 的上述流量调节阀将与第 1 实施形态相同的校准气以规定流量 Q_0 从校准气源 214 供给管道 202。这时，将由两个温度传感器 216、220 测定出的校准气温度的平均值作为基准温度 T_0 (K) 存储在存储器 232 内。

在供给着校准气的期间，从微型计算机 226 向驱动器 228 输出超声波生成用脉冲，并通过发送接收切换部 224 对第 1 超声波换能器 218 施加脉冲电压。第 1 超声波换能器 218，发出与该脉冲电压对应的超声波。从第 1 超声波换能器 218 发出的超声波，在流过管道 202 的直线部分 208 的样品气中传播，并由第 2 超声波换能器 222 接收。第 2 超声波换能器 222，将与接收到的超声波对应的电信号通过发送接收切换部 224、接收器 230 发送到微型计算机 226。微型计算机 226，根据最初向驱动器 228 输出了发送脉冲的时刻及接收到来自第 2 超声波换能器 222 的电信号的时刻，计算正向传播时间 t_1 (sec)。

在接收到来自第 2 超声波换能器 222 的电信号之后，发送接收切换部 224，紧接着将第 1 超声波换能器 218 的动作模式从发送模式切换为接收模式，同时将第 2 超声波换能器 222 的动作模式从接收模式切换为发送模式。然后，从微型计算机 226 向驱动器 228 输出超声波生成用脉冲，并通过发送接收切换部 224 对第 2 超声波换能器 222 施加脉冲电压。第 2 超声波换能器 222，发出与该脉冲电压对应的超声波，并由第 1 超声波换能器 218 接收该超声波。第 1 超声波换能器 218，将与接收到的超声波对应的电信号通过发送接收切换部 224、接收器 230 发送到微型计算机 226。微型计算机 226，根据最初向第 2 超声波换能器 222 输出了发送脉冲的时刻及接收到来自第 1 超声波换能器 218 的电信号的时刻，计算反向传播时间 t_2 (sec)。

这里，通过求出 t_1 和 t_2 的平均值，可以将管道 202 内的校准气的流动的影响除去，因而根据以下的式 (11) 定义超声波的传播时间 t_0 。

$$t_0 = (t_1 + t_2) / 2 \quad \dots (11)$$

另外，温度 T_0 (K) 下的气体中的超声波传播速度 C_0 (m/sec)，根据上述的式 (3) 求出。

另一方面，因

$$C_0 = L_0 / t_0 \quad \dots (12)$$

所以，可以得到

$$L_0 = ((\kappa RT_0) / (M_{O_2}P + M_{N_2}(1-P)))^{1/2} \times t_0 \quad \dots (13)$$

这些运算，由微型计算机 226 执行。上述运算中的基准温度 T_0 下

的检查距离 L_0 (m), 作为基准距离存储在存储器 232 内。

进一步, 由于可以利用该基准距离 L_0 并由 $V_{01} = L_0 / t_1$ 、 $V_{02} = L_0 / t_2$ 分别表示相对于校准气的流向为正向的传播速度 V_{01} (m/sec) 及反向的传播速度 V_{02} (m/sec), 所以, 可以用上述的式 (2) 而根据以下的式 (14) 求出在管道 202 中流过的校准气的流速 V_0 (m/sec)。

$$V_0 = (V_{01} - V_{02}) / 2 \quad \dots (14)$$

在将流速 (m/sec) 换算为流量 (m^3/sec) 时, 只需将流速 V 乘以用垂直于管道 202 的直线部分 208 的中心轴线的平面切断时的直线部分 208 的断面积 (m^2) 即可。即, 如设基准温度 T_0 (K) 下的直线部分 208 的基准内径为 D_0 (m), 则以下的关系成立。

$$V_0 \pi (D_0 / 2)^2 = Q_0 \quad \dots (15)$$

即, 基准温度 T_0 (K) 下的基准内径 D_0 (m), 可以根据以下的式 (16) 求出。

$$D_0 = 2 (Q_0 / (\pi V_0))^{1/2} \quad \dots (16)$$

上述运算, 由微型计算机 226 执行。并将这里求出的基准内径 D_0 (m) 存储在存储器 232 内。

按照以上的方法, 通过将已知成分和组成比的校准气供给装置 200 并测定从第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 发出的相对于校准气的流向为正向和反向的超声波的传播时间 t_1 、 t_2 , 对温度 T_0 (K) 下的第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 之间的基准距离 L_0 (m) 进行校准。特别是, 如本实施形态所示, 通过将校准气以规定流量供给装置 200, 可以同时校准基准内径 D_0 (m)。

以下, 讲述测定含有浓度未知的氧气和氮气的样品气中的氧气浓度和流量的方法。

首先, 说明管道 202 的材料的线膨胀系数 α (1/K) 已知的情况。

样品气测定时的温度 T_s (K) 下的检查距离 L_s (m), 可以通过读出存储在存储器 232 内的基准距离 L_0 (m) 和基准温度 T_0 (K) 并根据上述的式 (6) 求出。这里, 如上所述, T_s (K) 可以取两个温度传感器 216、220 测定值的平均值。

与装置 200 的检查距离的校准步骤一样, 在向装置 200 供给样品气的期间, 首先, 由发送接收切换部 224 将第 1 超声波换能器 218 设

定为发送模式、并将第 2 超声波换能器 222 设定为接收模式。然后，从微型计算机 226 向驱动器 228 输出超声波的发送脉冲，并通过发送接收切换部 224 对第 1 超声波换能器 218 施加脉冲电压。因此，从第 1 超声波换能器 218 发出与来自微型计算机 226 的发送脉冲对应的超声波，并由第 2 超声波换能器 222 接收。第 2 超声波换能器 222，将与接收到的超声波对应的电信号通过发送接收切换部 224、接收器 6 发送到微型计算机 226。微型计算机 226，根据最初向驱动器 228 输出了发送脉冲的时刻及接收到来自第 2 超声波换能器 222 的电信号的时刻，计算正向传播时间 T_{s1} (sec)。

在测定出正向传播时间 T_{s1} (sec) 之后，由发送接收切换部 224 将第 1 超声波换能器 218 从发送模式切换为接收模式、并将第 2 超声波换能器 222 从接收模式切换为发送模式。在该状态下沿着与样品气的流向相反的方向进行超声波的发送，并按照与正向传播时间 t_{s1} (sec) 相同的步骤求出反向传播时间 t_{s2} (sec)。通过求取正向传播时间 t_{s1} 与反向传播时间 t_{s2} 的平均值，可以求得将流动的影响除去的传播时间 $t_{s0} = (t_{s1} + t_{s2}) / 2$ (sec)。根据该结果，可以按照以下的式 (17) 求出样品气中的超声波传播速度 C_s (m/sec)。

$$C_s = L_s / t_{s0} \quad \dots (17)$$

氧气浓度 P_s ，根据上述的式 (8) 求得。

与第 1 实施形态一样，样品气的氧气浓度，也可以根据样品气中的超声波传播速度与 100% 氧气、100% 氮气的气体中的超声波传播速度之比求得。即，可以根据温度 T_s (K) 下的 100% 氧气中的超声波传播速度 C_{O_2} (m/sec)、100% 氮气中的超声波传播速度 C_{N_2} (m/sec) 按式 (9) 求得。

上述运算，由微型计算机 226 执行，并将浓度测定结果显示在显示装置 234 上。

以下，说明流量测定方法。

为测定流量，可以用已求出的 L_s 及相对于所测定的样品气的流向为正向、反向的传播时间 t_{s1} 、 t_{s2} 并按照以下的式 (18)、(19) 分别求出相对于样品气的流向沿正方发送超声波时测定的超声波传播速度 V_{s1} (m/sec)、及沿反向发送超声波时测定的超声波传播速度 V_{s2} (m/sec)。

$$V_{s1} = L_s / t_{s1} \quad \dots (18)$$

$$V_{s2} = L_s / t_{s2} \quad \dots (19)$$

根据式 (18)、(19) 及上述的式 (3), 可以从下式 (20) 求出样品气的流速 V_s (m/sec),

$$V_0 = (V_{01} - V_{02}) / 2 \quad \dots (20)$$

在将流速 V_s (m/sec) 换算为流量 Q_s (m³/sec) 时, 必须求出管道 202 的直线部分 208 的断面积。直线部分 208 的断面积 S_s (m²), 可以读出存储在存储器 232 内的基准内径 D_0 (m)、基准温度 T_0 (K) 并根据管道 202 的材料的线膨胀系数 α (1/K) 而按下式 (21) 求出。

$$S_s = \pi (D_0 (1 + \alpha (T_s - T_0)) / 2)^2 \quad \dots (21)$$

这里的温度 T_s (K), 与浓度测定时的 T_s 相同。即, 样品气的流量 Q_s (m³/sec), 可按下式 (22) 求得。

$$Q_s = V_s S_s \quad \dots (22)$$

上述运算, 由微型计算机 226 执行, 并将流量测定结果显示在显示装置 234 上。

接着, 说明管道 202 的精确的线膨胀系数 α (1/K) 未知的情况。在这种情况下, 可以用本装置 200 精确地求出线膨胀系数 α 。

与第 1 实施形态一样, 由温度调节装置 213 将校准气设定为第 1 温度 T_1 (K) 后供给装置 200, 并按照与上述基准距离校准方法相同的方法测定第 1 和第 2 超声波换能器 218、222 之间的检查距离 L_1 (m)。进一步, 将校准气设定为温度 T_2 (K) ($T_2 \neq T_1$) 后按同样方式测定检查距离 L_2 (m)。在这种情况下, 为特定出精度高的线膨胀系数 α , T_1 、 T_2 的温度差大一些最好。

如果求出 T_1 、 L_1 、 T_2 、 L_2 , 就可以按照上述的式 (10) 求出管道 202 的材料的线膨胀系数 α (1/K)。

上述运算, 由微型计算机 226 执行, 并将这里求出的线膨胀系数 α (1/K) 存储在存储器 232 内。

按照上述的方法, 通过将一种校准气以 2 个不同的温度供给装置 200, 可以精确地求出管道 202 的材料的线膨胀系数 α (1/K)。

在以上的说明中, 说明了利用作为改变装置 200 的温度、特别是管道 202 的温度的装置的温度调节装置 213 调节供给管道 202 的校准气温度的例。但是, 其结构是作为以在管道 202 内流通的校准气温度

与管道 202 的温度之间具有一定的相关关系为前提通过改变校准气温度而变更装置的温度、特别是管道 202 的温度用的装置的一例给出的，但本发明并不限于此，例如，也可以在装置 200 的制造过程中通过将装置 200 置于恒温室内并将整个装置及供给装置 200 的气体的温度设定为规定温度而求出线膨胀系数 α 。

如上所述，按照本发明，只需准备测定装置本身和一种校准气即可进行装置的校准，而无需采用特别的校准用装置。

另外，即使当装置老化时，也可以对装置进行简便的校准调整。进一步，能以与样品气温度无关的方式测定精确的浓度及流量。

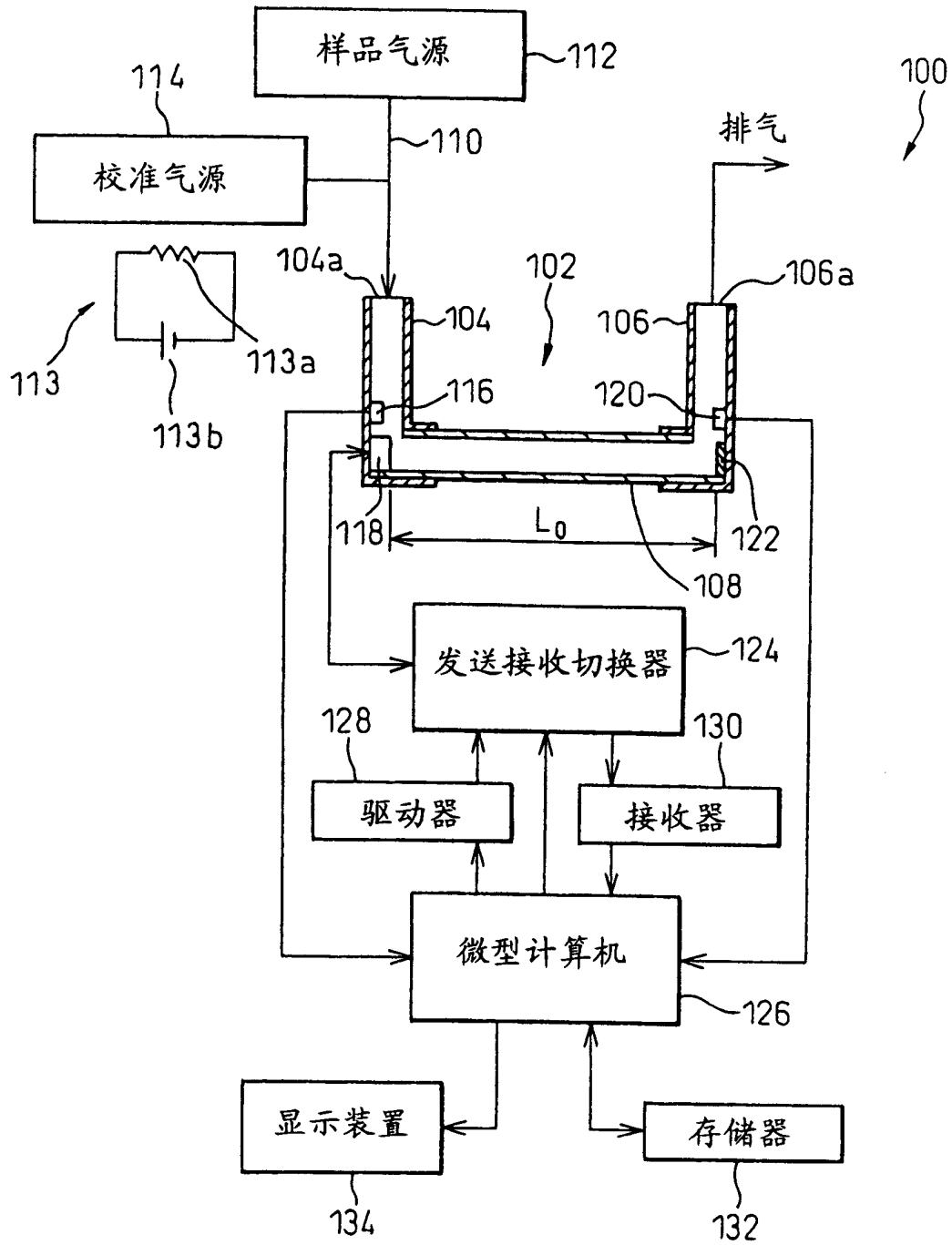


图 1

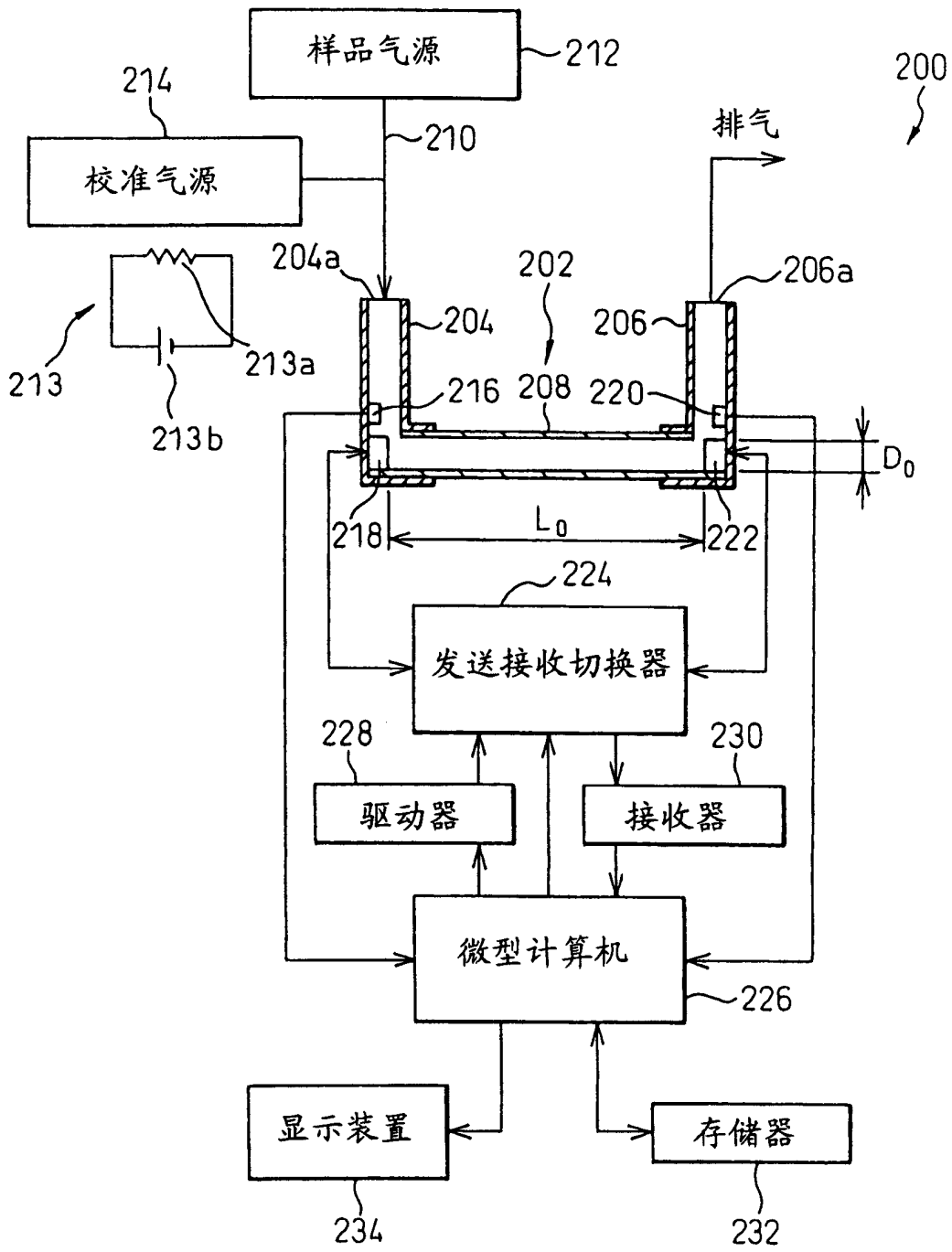


图 2

1. 一种超声波式气体浓度测定装置, 具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的超声波发送接收器、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的反射板、在上述超声波发送接收器发出超声波的模式与接收超声波的接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器, 该超声波式气体浓度测定装置, 还备有对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述超声波发送接收器发出超声波的时刻及该超声波发送接收器接收到由上述反射板反射的超声波的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的校准装置。

2. 根据权利要求1所述的超声波式气体浓度测定装置, 其特征在于: 上述超声波式气体浓度测定装置, 进一步, 还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

3. 根据权利要求1所述的超声波式气体浓度测定装置, 其特征在于: 上述超声波式气体浓度测定装置, 进一步, 还备有调节上述管道的温度的温度调节装置、根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数计算装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

4. (修改后) 一种超声波式浓度测定方法, 利用具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的超声波发送接收器、与上述超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的反射板、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的浓度, 该超

声波式气体浓度测定方法,包括在上述测定对象气体的浓度测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述超声波发送器发出超声波的步骤、由发送接收切换器将上述超声波发送接收器的动作模式从上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式切换为接收超声波的接收模式后根据上述超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述超声波发送接收器接收到由上述反射板反射的上述超声波的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的时间的步骤、根据上述计算结果校准上述超声波发送接收器与上述反射板之间的基准距离的步骤。

5 上述超声波式气体浓度测定装置,还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置,上述方法,还包括为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

15 6. (修改后)根据权利要求4所述的超声波式气体浓度测定方法,其特征在于:上述超声波式气体浓度测定装置,还备有调节上述管道的温度的装置,上述方法,还包括根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的步骤、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

25 7. 一种超声波式气体浓度测定装置,具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第1超声波发送接收器、与上述第1超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第2超声波发送接收器、在上述超声波发送接收器发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第1和第2超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器,该超声波式气体浓度测定装置,还备有对
30 对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述第1超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第2超声波

发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第1传播时间并根据上述第2超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第1超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第2传播时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述第1和第2超声波发送接收器之间的基准距离的校准装置。

8. 根据权利要求7所述的超声波式气体浓度测定装置,其特征在于:上述超声波式气体浓度测定装置,进一步,还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

9. 根据权利要求7所述的超声波式气体浓度测定装置,其特征在于:上述超声波式气体浓度测定装置,进一步,还备有调节上述管道的温度的温度调节装置、根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数计算装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

10. 一种超声波式气体浓度测定方法,利用具有使应测定浓度的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第1超声波发送接收器、与上述第1超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第2超声波发送接收器、在发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第1和第2超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体浓度测定装置测定上述测定对象气体的浓度,该超声波式气体浓度测定方法,包括在上述测定对象气体的浓度测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述第1超声波发送接收器发出超声波并由上述第2超声波发送接收器接收上述超声波的步骤、由发送接收切换器将上述第1超声波发送接收器的动作模式从发送模式切换为接收模式同时将第1超声波发送接收器的动作模式从接收模式切换为发送模式的

步骤、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波
5 在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的步骤、根据上述计算结果校准上述第 1 超声波发送接收器与第 2 超声波发送接收器之间的基准距离的步骤。

11. 根据权利要求 10 所述的超声波式气体浓度测定方法, 其特征在于: 上述超声波式气体浓度测定装置, 还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置, 上述方法, 还包括为测
10 定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

12. (修改后) 根据权利要求 10 所述的超声波式气体浓度测定方法, 其特征在于: 上述超声波式气体浓度测定装置, 还备有调节上述管道的温度的装置, 上述方法, 还包括根据上述管道温度改变时的
15 上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的步骤、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准
20 距离进行校正运算的步骤。

13. (修改后) 一种超声波式气体流量测定装置, 具有使应测定流量的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在上述超声波发送接收器发出超声波的
25 发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器, 该超声波式气体流量测定装置, 还备有对上述管道供给成分、组成比和流量已知的校准气的校准气源、配置在上述管道内并用于测定在上述管道内流通的校准气的温度的温度传感器、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻
30 及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算

上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的传播时间计算装置、根据上述传播时间计算装置的计算结果校准上述第 1 和第 2 超声波发送接收器之间的基准距离及管道内径的校准装置。

5 14. (修改后) 根据权利要求 13 所述的超声波式气体流量测定装置, 其特征在于: 上述超声波式气体流量测定装置, 进一步, 还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

10 15. (修改后) 根据权利要求 14 所述的超声波式气体流量测定装置, 其特征在于: 上述超声波式气体流量测定装置, 进一步, 还备有调节上述管道的温度的温度调节装置、根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数计算装置、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度并根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的校正装置。

15 16. (修改后) 一种超声波式气体流量测定方法, 利用具有使应测定流量的测定对象气体流通的管道、固定在上述管道内的第 1 超声波发送接收器、与上述第 1 超声波发送接收器相对设置并固定在上述管道内的第 2 超声波发送接收器、在发出超声波的发送模式与接收超声波的接收模式之间切换上述第 1 和第 2 超声波发送接收器的动作模式的发送接收切换器的超声波式气体流量测定装置测定上述测定对象气体的流量, 该超声波式气体流量测定方法, 包括在上述测定对象气体的流量测定过程开始之前对上述管道供给成分和组成比已知的校准气的步骤、由配置在上述管道内的温度传感器测定在上述管道内流通的校准气的温度的步骤、从上述第 1 超声波发送接收器发出超声波并由上述第 2 超声波发送接收器接收上述超声波的步骤、由发送接收切换器将上述第 1 超声波发送接收器的动作模式从发送模式切换为接收模式同时将第 1 超声波发送接收器的动作模式从接收模式切换为发送模式的步骤、根据上述第 1 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 2 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内

的校准气中传播的第 1 传播时间并根据上述第 2 超声波发送接收器发出超声波的时刻及上述第 1 超声波发送接收器接收到的时刻计算上述超声波在上述管道内的校准气中沿相反方向传播的第 2 传播时间的步骤、根据上述计算结果校准上述第 1 超声波发送接收器与第 2 超声波发送接收器之间的基准距离及管道内径的步骤。

17. (修改后) 根据权利要求 16 所述的超声波式气体流量测定方法, 其特征在于: 上述超声波式气体流量测定装置, 还备有存储形成上述管道的材料的线膨胀系数的线膨胀系数存储装置, 上述方法, 还包括为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。

18. (修改后) 根据权利要求 17 所述的超声波式气体流量测定方法, 其特征在于: 上述超声波式气体流量测定装置, 还备有调节上述管道的温度的装置, 上述方法, 还包括根据上述管道温度改变时的上述基准距离的变化计算形成上述管道的材料的线膨胀系数的步骤、为测定浓度而由上述温度传感器测定在上述管道内流通的样品气的温度的步骤、及根据该测定温度及上述线膨胀系数对上述校准后的基准距离进行校正运算的步骤。