



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108227765 A

(43)申请公布日 2018.06.29

(21)申请号 201711341107.2

(22)申请日 2017.12.14

(30)优先权数据

2016-242743 2016.12.14 JP

(71)申请人 株式会社堀场STEC

地址 日本京都府

(72)发明人 矶部泰弘

(74)专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理  
有限责任公司 11290

代理人 王玉玲 李雪春

(51)Int. Cl.

G05D 7/06(2006.01)

G01F 1/56(2006.01)

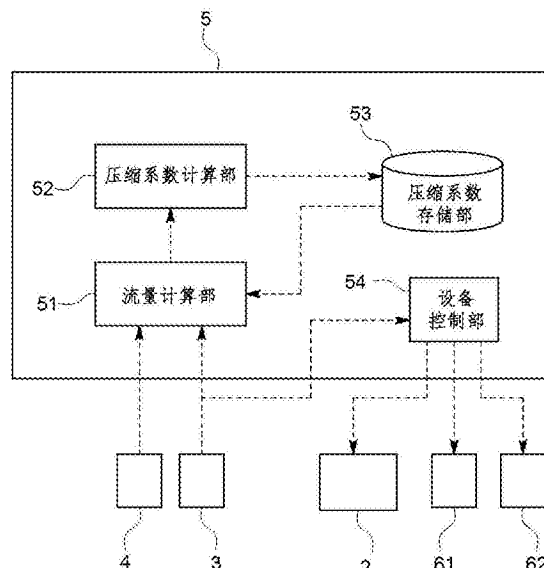
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

流体特性测量系统、程序存储介质和流体特性测量方法

(57)摘要

本发明提供流体特性测量系统、存储有流体特性测量系统用程序的程序存储介质和流体特性测量方法,其能够容易地求出作为流体的特性的压缩系数,大幅度提高了基于ROR系统等的流量测量精度。流体特性测量系统包括:具有固定容量的容器(1);流量控制器(2),连接成能够以固定流量向该容器(1)导入流体;以及信息处理装置(5),在所述容器(1)内的压力不同的两种状况下,基于由所述流量控制器(2)以相互相同的流量向该容器(1)导入流体时的该容器(1)内压力的各时间变化,计算与该流体的压力对应的压缩系数。



1. 一种流体特性测量系统,其特征在于,包括:  
具有固定容量的容器;  
流量控制器,连接成能够以固定流量对所述容器导入或导出流体;以及  
信息处理装置,在所述容器内的压力不同的两种状况下,基于由所述流量控制器以相互相同的流量相对于该容器导入或导出流体时所述容器内压力的各时间变化,计算与所述流体的压力对应的压缩系数。

2. 根据权利要求1所述的流体特性测量系统,其特征在于,  
所述信息处理装置根据所述压力时间变化和容器容量,分别对所述压缩系数假定为不因压力而变化的固定值时的所述各状况下的流量进行假定计算,

所述信息处理装置基于作为所述假定计算的流量的假定流量来计算所述压缩系数。

3. 根据权利要求2所述的流体特性测量系统,其特征在于,  
所述信息处理装置根据所述各状况下的压力和假定流量,求出这些压力和假定流量的关系,

所述信息处理装置根据所述关系计算所述容器内的压力为0时的所述假定流量,并且将所述压力为0时的假定流量作为真实流量,

所述信息处理装置基于所述真实流量和所述容器内的压力为规定值时的压力时间变化来计算所述压缩系数。

4. 一种存储有流体特性测量系统用程序的程序存储介质,所述流体特性测量系统用程序安装在流体特性测量系统中,所述流体特性测量系统包括:具有固定容量的容器;流量控制器,连接成能够以固定流量对所述容器导入或导出流体;以及信息处理装置,

所述存储有流体特性测量系统用程序的程序存储介质的特征在于,

使所述信息处理装置发挥如下功能:在所述容器内的压力不同的两种状况下,基于由所述流量控制器以相互相同的流量相对于所述容器导入或导出流体时的所述容器内压力的时间变化,计算与所述流体的压力对应的压缩系数。

5. 一种流体特性测量方法,基于相对于固定容量的容器导入或导出流体时的压力来测量作为所述流体的特性的压缩系数,

所述流体特性测量方法的特征在于,

在所述容器内的压力不同的两种状况下,基于以相互相同的流量相对于所述容器导入或导出流体时的该容器内压力的时间变化,计算与所述流体的压力对应的压缩系数。

## 流体特性测量系统、程序存储介质和流体特性测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及测量作为流体的特性之一的压缩系数的流体特性测量方法等,该流体用于例如半导体制造工序等。

### 背景技术

[0002] ROR (Rate of Rise) 系统是指如下系统:测量使测量流体流动时的基准容积内的压力上升率,并且基于气体的状态方程式来测量所述测量流体的质量流量,可以使用该ROR系统来检验各种流量测量装置。

[0003] 在该ROR系统中,为了求出准确的质量流量需要得到压缩系数,该压缩系数是表示来自测量流体的状态方程式的偏差的系数。

[0004] 压缩系数在理想流体中是1,而在实际流体中因其种类而不同,即使是同种类的流体也与压力对应而变化。

[0005] 因此,在以往的ROR中,如专利文献1所述,利用文献等中记载的每个压力下的压缩系数来求出质量流量。

[0006] 但是,不可能预先求出全部流体的压缩系数,并且有时仅仅某种压力的压缩系数作为代表值被知晓。

[0007] 由此,在压缩系数未知、或仅知道代表值的流体的情况下,存在难以进行高精度的测量的不良现象。

[0008] 专利文献1:日本专利公开公报特开2006-337346号

### 发明内容

[0009] 鉴于上述不良现象,本发明的目的在于能够容易求出每个压力下的流体的压缩系数,从而大幅度提高由ROR系统等进行的流量测量精度。

[0010] 即,本发明提供一种流体特性测量系统,其特征在于,包括:具有固定容量的容器;流量控制器,连接成能够以固定流量对所述容器导入或导出流体;信息处理装置,在所述容器内的压力不同的两种状况下,基于由所述流量控制器以相互相同的流量相对于所述容器导入或导出流体时的所述容器内压力的各时间变化,计算与所述流体的压力对应的压缩系数。

[0011] 更具体地说,优选的是具有如下功能:所述信息处理装置根据所述压力时间变化和容器容量,分别假定计算将所述压缩系数假定为不因压力变化的固定值时所述各状况下的流量,并且基于作为所述假定计算的流量的假定流量来计算所述压缩系数。

[0012] 在进行流体的压缩系数测量时,为了能够同时高精度地测量流量,优选的是,所述信息处理装置根据所述各状况下的压力和假定流量,求出这些压力和假定流量的关系,根据该关系来计算所述容器内的压力为0时的所述假定流量,并且将该压力为0时的假定流量作为真实流量,基于该真实流量和所述容器内的压力为规定值时的压力时间变化,计算所述压缩系数。

[0013] 按照以上述方式构成的本发明,由于能够计算、测量与需要测量流量的气体的压力对应的压缩系数,所以在利用ROR系统等的流量测量中,能够高精度地补偿由该压缩系数产生的测量流量误差。

### 附图说明

[0014] 图1是表示本发明的一个实施方式的流量测量系统的整体的示意图。

[0015] 图2是表示同一实施方式的控制装置的功能框图。

[0016] 图3是表示对C4F8进行测量时的假定流量与压力的关系的图。

[0017] 图4是表示在压缩系数存储部中存储的气体的种类、温度、维里系数的表。

[0018] 图5是表示本发明的其他实施方式的流量测量系统的整体的示意图。

[0019] 图中:100—流量测量系统(流体特性测量系统),1—容器,2—流量控制器,5—信息处理装置

### 具体实施方式

[0020] 参照附图,对本发明的一个实施方式的流量测量系统100进行说明。

[0021] 该流量测量系统100是所谓的ROR系统的一种,该ROR系统用作测量例如气体(压缩性流体)的流量的标准器,具有能够测量作为所述气体的特性的压缩系数的功能。上述意思是指该流量测量系统100也是流体特性测量系统。

[0022] 但是,如图1所示,该流量测量系统100具有:固定容量的容器1;能够以固定流量向该容器1导入气体的流量控制器2;测量所述容器1内的压力的压力传感器3;测量同一容器1内的温度的温度传感器4;以及计算所述气体的流量和压缩系数的信息处理装置5等。

[0023] 所述容器1是能够成为真空的金属制的室。在该容器1上设置有气体的导入口1a和导出口1b。在所述导入口1a上通过第一开关阀61连接有流量控制器2,在所述导出口1b通过第二开关阀62连接有吸引泵7。此外,在该容器1上安装有未图示的温度调节机构,将其温度保持为固定。由所述温度传感器4测量该温度。

[0024] 所述流量控制器2能够使气体以固定的质量流量流动,可以例举的是能够使质量流量固定的反馈式质量流量控制器。此外,也可以是临界节流孔式恒定流量器等。在此使用在ROR系统中经常被利用的特定标准器。

[0025] 所述信息处理装置5是电子电路,其具有CPU、存储器、A/D-D/A转换器、输入输出装置和驱动器等。并且,通过基于在所述存储器中存储的程序,CPU及其周边设备协作,如图2所示该信息处理装置5发挥作为流量计算部51、压缩系数计算部52、压缩系数存储部53和设备控制部54等的功能。

[0026] 接着,与该流量测量系统100的动作说明一起详细说明上述各部分。

[0027] 首先,操作者利用未图示的输入装置或通信装置,向所述信息处理装置5输入成为流量测量对象的气体的种类,此后,使测量开始。此时,气体的种类存储在所述存储器的规定区域内。

[0028] 由此,所述设备控制部54在关闭第一开关阀61的状态下打开第二开关阀62,从而使所述吸引泵7动作。由此,容器1内的压力下降。

[0029] 该设备控制部54监测来自压力传感器3的测量压力数据,容器1内的压力为0、即容

器1内成为真空时关闭第二开关阀62,此后,使吸引泵7停止。

[0030] 接着,设备控制部54使所述流量控制器2动作,并且打开第一开关阀61。由此,控制成固定质量流量(但流量值未知)的流体流入容器1内,容器1内的压力上升。

[0031] 在这种状态下,流量计算部51基于使压缩系数固定时的气体的状态方程式,假定性地计算在流量控制器2中流动的气体的流量 $Q_{tmp}$ 。该假定性的流量以下称为假定流量 $Q_{tmp}$ 。

[0032] 其步骤如下所述。

[0033] 气体的状态方程式如以下公式(数1)所示。

[0034] [数1]

[0035]  $PV=nZRT$

[0036] P是容器1内的压力,V是容器1的容量,n是物质的量(气体的质量),R是气体常数,T是容器1内的温度。

[0037] Z是气体的压缩系数,在此是与压力无关的固定值,更具体地说将气体看作理想气体时 $Z=1$ 。

[0038] 如果将所述公式(数1)加以时间微分,则为

[0039] [数2]

$$[0040] \quad Q_{tmp} = \frac{dn}{dt} = \left( \frac{V}{ZRT} \right) \frac{dp}{dt}$$

[0041] V和R已知,是预先存储在存储器内的值。此外,T是由温度传感器4取得的固定值,Z是1。

[0042] 因此,所述流量计算部51在上述值的基础上,通过将由压力传感器3检测的测量压力的时间变化 $dP/dt$ 代入式(数2)、或者是进行与其等效的计算来计算假定流量 $Q_{tmp}$ 。

[0043] 另外,根据以微小时间间隔取样测量的压力的变化来计算测量压力的时间变化。

[0044] 如果对每个压力进行绘图,则该假定流量 $Q_{tmp}$ 与压力对应而变化。这是因为气体的压缩系数实际上并不固定而与压力对应变化。

[0045] 更具体地说,在大部分的气体中,假定流量 $Q_{tmp}$ 在某一压力(例如760Torr以下)下与压力成线性关系。例如气体是C4F8时如图3所示。这是本发明人最先发现的。

[0046] 利用上述关系,在上述实施方式中,流量计算部51分别求出任意或预先确定的、压力不同的两种状况下的假定流量。

[0047] 但是,由于如果流量固定则如上所述压力和假定流量为线性关系,所以流量计算部51根据压力不同的至少两种状况下的假定流量,求出压力和假定流量的关系式(一次式,图3的式A)。

[0048] 并且,该流量计算部51根据上述关系式,计算压力为0时的假定流量。

[0049] 由于压力为0时,全部气体与理想气体相同,压缩系数为1,所以由流量计算部51计算的压力为0时的假定流量 $Q_{tmp}$ (图3中198.54sccm)与实际流量Q相等。

[0050] 因此,流量计算部51将压力为0时的假定流量 $Q_{tmp}$ 作为真实流量Q存储在存储器的规定区域中。

[0051] 由此,在流量计算部51计算气体的流量Q之后,所述压缩系数计算部52按以下的步骤计算该气体的压缩系数。

[0052] 气体的状态方程式是上述的式(数1)。

[0053] 但是,由于压缩系数Z因压力和温度而变动,所以如果进行维里展开,则表示为以下的公式。

[0054] [数3]

$$[0055] \quad Z=1+BP+CP^2+\dots$$

[0056] B、C···是维里系数,是温度的函数,但是在此由于温度固定,所以是常数。

[0057] 压力P=0时,Z=1,如果压力上升,则对P的高次项的贡献变大,但如上所述,在此由于将较低的压力作为目标,所以可以忽视二次以上的项,由此,压缩系数Z表示如下。

[0058] [数4]

$$[0059] \quad Z=1+BP$$

[0060] 如果将式(数4)代入式(数1)并进行时间微分,则流量Q表示如下。

[0061] [数5]

$$\begin{aligned}
 [0062] \quad Q &= \frac{dn}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{PV}{ZRT} \right) \\
 &= \left( \frac{V}{RT} \right) \left( \frac{dP}{dt} \frac{1}{Z} + P \frac{d}{dz} \left( \frac{1}{Z} \right) \frac{dZ}{dP} \frac{dP}{dt} \right) \\
 &= \left( \frac{V}{RT} \right) \frac{dP}{dt} \left( \frac{1}{Z} - BP \frac{1}{Z^2} \right) \\
 &= \left( \frac{V}{RT} \right) P' \left( \frac{1}{Z^2} \right) \quad \text{其中, } P' = \frac{dP}{dt}
 \end{aligned}$$

[0063] 另一方面,由于如果利用二项式定理对 $1/Z^2$ 进行展开,并且忽视其二次以上的项,则表示为 $1/Z^2=1-2Z$ ,所以式(数5)可以进一步表示如下。

[0064] [数6]

$$[0065] \quad Q = \left( \frac{V}{RT} \right) P' (1 - 2BP)$$

[0066] 如果对该式(数6)进行变形,则成为下式。

[0067] [数7]

$$[0068] \quad B = \frac{1}{2P} \left( 1 - Q \frac{RT}{V} \frac{1}{P'} \right)$$

[0069] 压缩系数计算部52利用上述式(数7)或进行与其等效的计算来求出维里系数B,并且计算出表示为所述式(数4)的依存于压力的压缩系数Z。

[0070] 更具体地说,V、R、T已知,所述流量计算部51计算出Q。因此,压缩系数计算部52通过从压力传感器3取得某一时点的测量压力 $P_t$ ( $P_t$ 是0以外的值),并且计算该时点的压力上升率 $P_t'$ ,来计算所述维里系数B。并且,将该维里系数B代入式(数4),求出作为压力的函数

的压缩系数 $Z$ 。

[0071] 另外,压缩系数计算部52计算维里系数时,虽然如上所述必须取得某一时点的测量压力 $P_t$ 和该时点的压力上升率 $P_t'$ ,但是由于可以采用所述流量计算部51计算假定流量时测量的两种状况中的一种状况的压力和压力上升率,所以不需要在压缩系数的计算时再次进行压力测量。

[0072] 如此由压缩系数计算部52计算的维里系数 $B$ 和/或压缩系数 $Z$ 如图4所示,与此时的温度和气体的种类成对并存储在压缩系数存储部53中。

[0073] 此后,在流量计算部51测量同种类的气体的流量时,以将温度保持为同一温度为条件,通过将存储在所述压缩系数存储部53中的压缩系数或维里系数代入式(数6)或者是进行与其等效的计算,来计算流量。

[0074] 但是,按照这种构成,由于能够高精度地计算用于测量流量的气体的压缩系数,所以在像该流量测量系统100那样的ROR系统的流量测量中,能够可靠地补偿由该压缩系数产生的测量流量误差。

[0075] 此外,就压缩系数而言,即使是未知的气体,由于在由流量测量系统100进行的最初的流量测量时,与此并行进行基于软件的压缩系数的计算、测量,所以不需要用于计算压缩系数的特别的设备,并且也不需要为此花费大量的精力和时间。

[0076] 另外,本发明并不限于所述实施方式。

[0077] 例如,在某一规定压力(和温度)下的压缩系数已知的气体的情况下,流量测量部测量所述规定压力下的压力上升率。并且,将该值代入式(数2)而求出的假定流量 $Q_{tmp}$ 作为真实流量 $Q$ 。此后的求出压缩系数的步骤相同。

[0078] 在这种情况下,只要在流量测量时测量所述规定压力下的压力上升率,则不需要测量两种压力下的压力上升率,就能够求出压缩系数。

[0079] 此外,在所述实施方式中,持续以固定流量向容器1内导入气体,但是仅在(用于测量压力的时间变化的)容器1内的压力不同的两种状况下气体的导入流量相同即可,其他时刻的流量可以不同。

[0080] 另外,设备控制部54由于以容器1内的压力为真空(极端低压)的状态开始使流体向容器1内流入,因此在流体开始向容器1内流入之后假定流量 $Q_{tmp}$ 马上变得不稳定,会有假定流量 $Q_{tmp}$ 和压力的线性关系不被保持的情况。即便是这种情况,是在容器1内的压力不同的两种状况下,基于在气体向容器1的导入流量相等的时刻测量的假定流量 $Q_{tmp}$ 和压力的关系,可以求出假定流量 $Q_{tmp}$ 和压力的关系式(一次式)。

[0081] 此外,如图5所示,可以将流量控制器2连接在容器1的导出口1b上,基于以固定流量从容器1导出气体时的该容器内压力的时间变化,计算与气体的压力对应的压缩系数。

[0082] 此外,只要不违反本发明宗旨,可以对本发明进行各种变形和实施方式的组合。

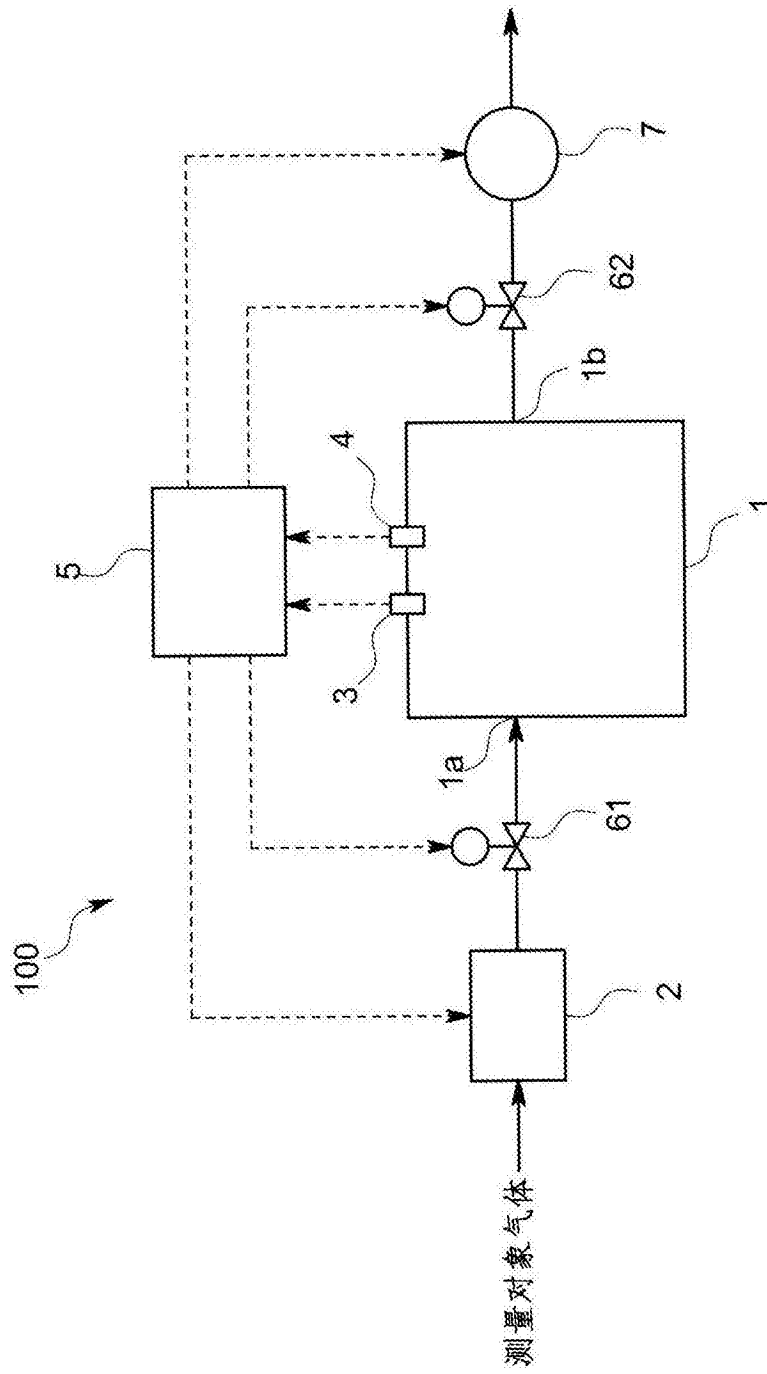


图1



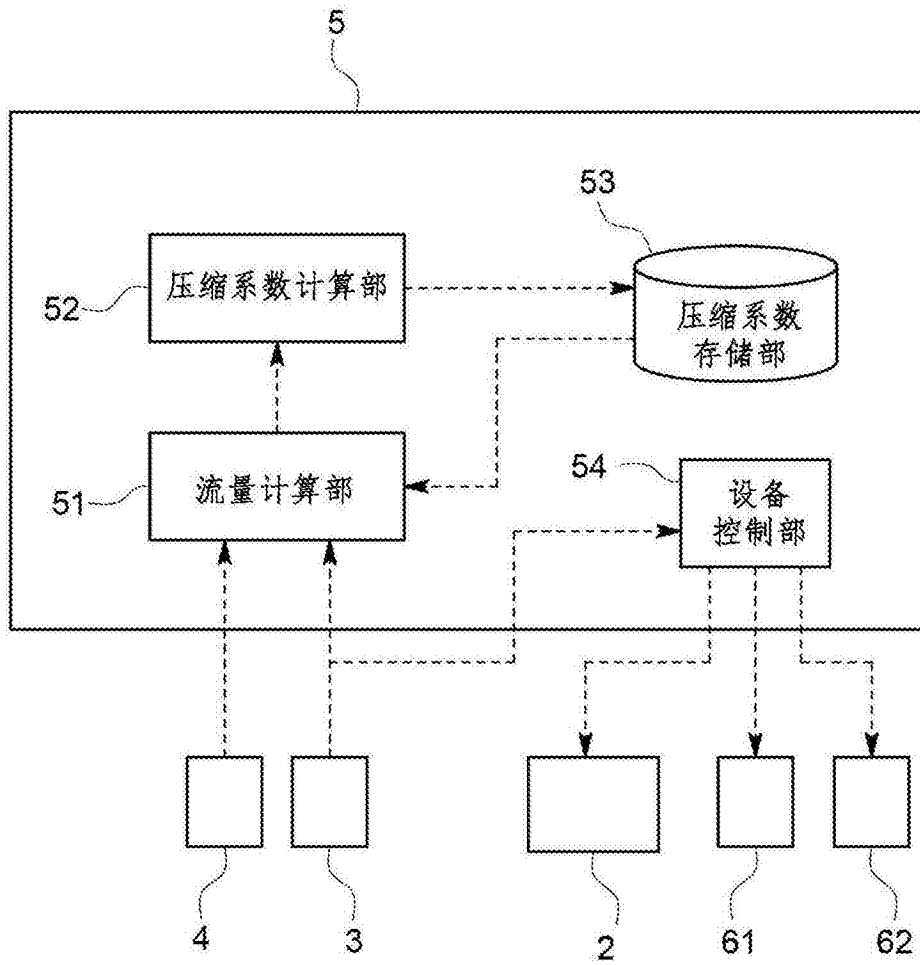


图2

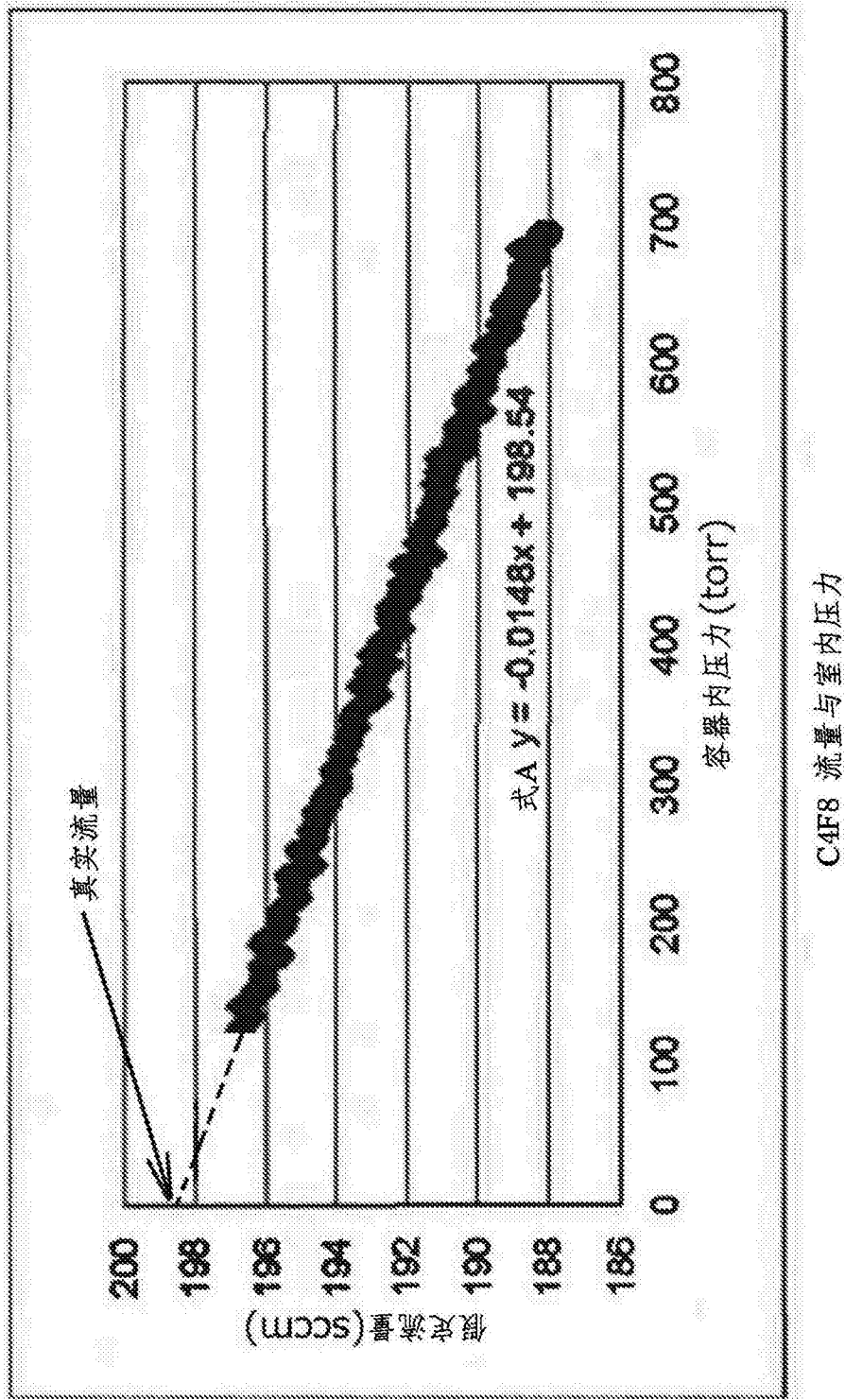


图3

气体的种类	温度(°C)	维里系数
AA	15	10.3
AA	20	10.5
AA	25	10.8
BB	15	8.2
BB	20	8.8
BB	25	9.6
CC	15	-2
CC	20	-2.5
·	·	·
·	·	·
·	·	·

图4

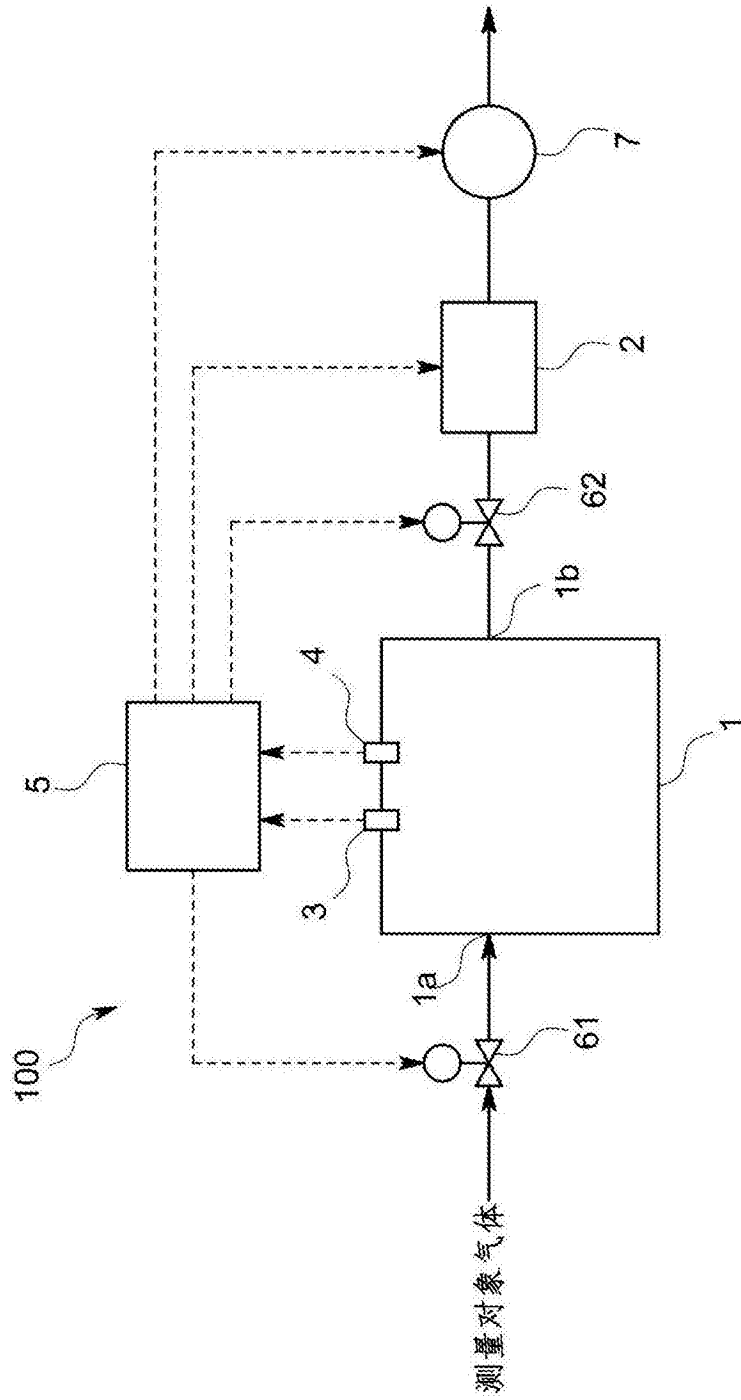


图5