(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119309635 A
(43)申请公布日 2025.01.14

(21)申请号 202410926702.6

(22)申请日 2024.07.11

(30)优先权数据
2023-114362 2023.07.12 JP

(71)申请人 株式会社堀场STEC
地址 日本京都府

(72)发明人 堀之内修

(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
专利代理师 鹿屹 王维玉

(51)Int.Cl.
G01F 1/34(2006.01)

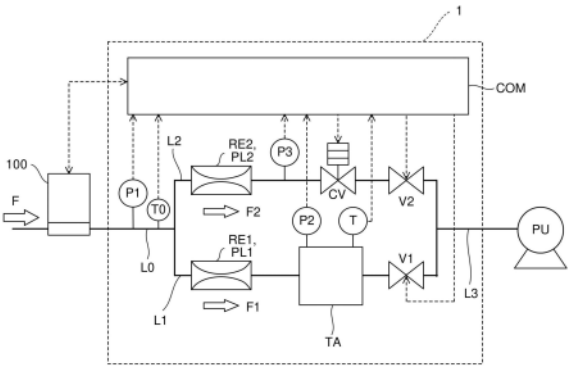
权利要求书2页 说明书9页 附图7页

(54)发明名称

流量计算装置和流量计算方法

(57)摘要

本发明提供流量计算装置和流量计算方法。流量计算装置包括:特定流道和旁通流道,设置成从主流道分路,分流流体;第一流阻元件,设置于特定流道;第二流阻元件,设置于旁通流道;容器,在特定流道中配置于第一流阻元件的下游侧;压力传感器,检测容器内的压力;以及流量计算部。流量计算部基于容器内的所述压力的变化计算分流到特定流道的第一分路流体的流量,并基于第一分路流体的计算流量、以及根据第一流阻元件和第二流阻元件而决定的分流比,计算在主流道中流动的流体的流量。



CN 119309635 A

1.一种流量计算装置,计算在主流道中流动的流体的流量,其特征在于,包括:

特定流道和旁通流道,设置成从所述主流道分路,分流所述流体;

第一流阻元件,设置于所述特定流道;

第二流阻元件,设置于所述旁通流道;

容器,在所述特定流道中配置于所述第一流阻元件的下游侧;

压力传感器,检测所述容器内的压力;以及

流量计算部,基于所述容器内的所述压力的变化计算分流到所述特定流道的第一分路流体的流量,并基于所述第一分路流体的计算流量、以及根据所述第一流阻元件和所述第二流阻元件而决定的分流比,计算在所述主流道中流动的所述流体的流量。

2.根据权利要求1所述的流量计算装置,其特征在于,

在将所述压力传感器设为特定流道用压力传感器时,

所述流量计算装置还包括:

旁通流道用压力传感器,配置在所述旁通流道中的所述第二流阻元件的下游侧;以及

控制阀,控制经由所述第二流阻元件在所述旁通流道中流动的第二分路流体的流量,

所述流量计算部控制所述控制阀,以使由所述旁通流道用压力传感器测定的所述第二流阻元件的下游侧的压力与由所述特定流道用压力传感器检测的所述容器内的压力一致或接近。

3.根据权利要求2所述的流量计算装置,其特征在于,

还包括压力控制装置,所述压力控制装置内置有所述控制阀和压力计,

所述流量计算部控制所述压力控制装置的所述控制阀。

4.根据权利要求2或3所述的流量计算装置,其特征在于,

所述第一流阻元件是使所述第一分路流体产生压力损失的压损元件,所述第二流阻元件是使所述第二分路流体产生压力损失的压损元件。

5.根据权利要求4所述的流量计算装置,其特征在于,

构成所述第一流阻元件和所述第二流阻元件的所述压损元件是由陶瓷形成的限制器。

6.根据权利要求4所述的流量计算装置,其特征在于,

构成所述第一流阻元件和所述第二流阻元件的所述压损元件是由金属形成的限制器。

7.根据权利要求1所述的流量计算装置,其特征在于,

所述第一流阻元件和所述第二流阻元件是临界喷嘴。

8.根据权利要求7所述的流量计算装置,其特征在于,

还包括配置于所述主流道的主流道用压力检测部,

所述流量计算部在构成所述第一流阻元件和所述第二流阻元件的各临界喷嘴中流动的各流体的流速成为音速的临界条件下,基于使用由所述主流道用压力检测部检测出的压力而计算的流经各所述临界喷嘴的各所述流体的流量之比,求出所述分流比。

9.根据权利要求1至8中任意一项所述的流量计算装置,其特征在于,

还包括设备诊断部,所述设备诊断部对向所述主流道流出所述流体的流量控制设备进行诊断,

所述设备诊断部基于所述流量控制设备流出所述流体时的设定流量和由所述流量计算部计算出的在所述主流道中流动的所述流体的流量,诊断所述流量控制设备。

10.根据权利要求1至9中任意一项所述的流量计算装置,其特征在于,

所述流量计算部将分流比设为S,将所述第一分路流体的计算流量设为Q1,通过运算Q＝Q1/S,从而计算在所述主流道中流动的流体的流量Q。

11.一种流量计算方法,其特征在于,具有:

当在主流道中流动的流体分流到从所述主流道分路设置的特定流道和旁通流道时,基于在所述特定流道中配置于第一流阻元件的下游侧的容器内的压力的变化,计算在所述特定流道中流动的第一分路流体的流量的工序;以及

基于所述第一分路流体的计算流量、以及根据所述第一流阻元件和设置于所述旁通流道的第二流阻元件而决定的分流比,计算在所述主流道中流动的所述流体的流量的工序。

流量计算装置和流量计算方法

技术领域

[0001] 本发明涉及流量计算装置和流量计算方法。

背景技术

[0002] 以往,作为计测流体的流量的一种方法,已知RoR(Rate of Rise:上升率)法。RoR法是使流体(例如气体)从测试体(例如流量控制设备)向真空排气后的容器流动,并使用流体的状态方程式根据容器内的压力上升率求出流量的方法。例如专利文献1公开了利用RoR法来验证流体的流量的装置。

[0003] 专利文献1:国际公开第2018/111725号

[0004] 但是,在利用RoR法的情况下,如果验证的流体的流量变大,则随之需要准备大型(大容量)的容器,使装置整体大型化。

发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述问题点而完成的,其目的在于提供一种即使在流体的流量大的情况下,也能够避免装置整体的大型化来计算流体的流量的流量计算装置和流量计算方法。

[0006] 本发明的一方面的流量计算装置计算在主流道中流动的流体的流量,其包括:特定流道和旁通流道,设置成从所述主流道分路,分流所述流体;第一流阻元件,设置于所述特定流道;第二流阻元件,设置于所述旁通流道;容器,在所述特定流道中配置于所述第一流阻元件的下游侧;压力传感器,检测所述容器内的压力;以及流量计算部,基于所述容器内的所述压力的变化计算分流到所述特定流道的第一分路流体的流量,并基于所述第一分路流体的计算流量、以及根据所述第一流阻元件和所述第二流阻元件而决定的分流比,计算在所述主流道中流动的所述流体的流量。

[0007] 本发明的另一方面的流量计算方法具有:当在主流道中流动的流体分流到从所述主流道分路设置的特定流道和旁通流道时,基于在所述特定流道中配置于第一流阻元件的下游侧的容器内的压力的变化,计算在所述特定流道中流动的第一分路流体的流量的工序;以及基于所述第一分路流体的计算流量、以及根据所述第一流阻元件和设置于所述旁通流道的第二流阻元件而决定的分流比,计算在所述主流道中流动的所述流体的流量的工序。

[0008] 根据本发明,即使在流体的流量大的情况下,也能够避免装置整体的大型化来计算流体的流量。

附图说明

[0009] 图1是表示本发明的一个实施方式的流量计算装置的概略结构的说明图。

图2是表示压损元件的一个结构例的立体图。

图3是表示上述压损元件的其他结构例的分解立体图。

图4是表示控制运算装置的详细结构的框图。

图5是表示流量计算方法的各工序的流程的流程图。

图6是表示上述流量计算装置的其他结构的说明图。

图7是表示上述流量计算装置的又一其他结构的说明图。

具体实施方式

[0010] 以下,参照附图说明本发明的例示的实施方式。另外,在以下的说明中,对于流量计算装置的任意的结构要素,将流体流入的一侧也称为上游侧或一次侧,对于上述结构要素,将流体流出的一侧也称为下游侧或二次侧。

[0011] 〔1.流量计算装置的结构〕

图1是表示本实施方式的流量计算装置1的概略结构的说明图。流量计算装置1通过后述的方法计算从流量控制设备100流出并在主流道L0中流动的流体F的流量。而且,流量计算装置1基于计算出的流量和从流量控制设备100流出的流体F的设定流量,对流量控制设备100进行诊断,并根据需要进行校正。作为上述的流体F,例如可以假想用于半导体制造工艺的材料气体。

[0012] 流量控制设备100是向主流道L0流出流体F的设备,是成为流量计算装置1的诊断对象(Device Under Test)的设备。流量控制设备100例如由控制流体F的流量的质量流量控制器构成,但是不限定于该例子。

[0013] 流量计算装置1具备特定流道L1和旁通流道L2。特定流道L1和旁通流道L2设置成从主流道L0分路。从流量控制设备100流出并流过主流道L0的流体F分流到特定流道L1和旁通流道L2。另外,在本说明书中,“分流”是指流体分开流动。以下,将从主流道L0分流到特定流道L1的流体也称为第一分路流体F1,将从主流道L0分流到旁通流道L2的流体也称为第二分路流体F2。即,流体F在特定流道L1与旁通流道L2的分路点分为第一分路流体F1和第二分路流体F2后,分别在特定流道L1和旁通流道L2中流动。

[0014] 特定流道L1和旁通流道L2在比配置于特定流道L1的后述的容器TA更靠下游侧汇合,并与汇合管线L3连接。汇合管线L3与泵PU连接。因此,旁通流道L2设置成在主流道L0与汇合管线L3之间绕过特定流道L1的容器TA。

[0015] 流量计算装置1还具备第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2。第一流阻元件RE1设置于特定流道L1。第二流阻元件RE2设置于旁通流道L2。

[0016] 第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2例如由压损元件PL(参照图2)构成。压损元件PL是指使流体产生压力损失(能量损失)的元件。由于第一流阻元件RE1设置于特定流道L1,所以使在特定流道L1中流动的第一分路流体F1产生压损。由于第二流阻元件RE2设置于旁通流道L2,所以使在旁通流道L2中流动的第二分路流体F2产生压损。

[0017] 例如,如果产生流道阻力,则使流体产生压损。如果使流体产生压损,则例如在相同的压力条件下,流体的流量下降。因此,压损元件PL作为限制流量的元件,即,作为流阻元件而发挥功能,所述流阻元件成为流体流动时的阻力件。以下,将构成第一流阻元件RE1的压损元件PL也称为第一压损元件PL1,将构成第二流阻元件RE2的压损元件PL也称为第二压损元件PL2。

[0018] 图2是表示压损元件PL的一个结构例的立体图。压损元件PL构成为具有流道形成

部件10和覆盖部件20。另外,覆盖部件20根据需要设置即可。

[0019] 流道形成部件10例如由石英、氧化铝、氧化锆或氮化硅等陶瓷形成,成型为圆柱状。流道形成部件10具有至少一条成为阻力件的流道10a(以下也称为阻力流道10a)。阻力流道10a在轴向贯通流道形成部件10,形成为横截面呈圆形。在设置有覆盖部件20的情况下,覆盖部件20例如由不锈钢或镍系合金等的硬度至少低于陶瓷的金属构成。这样的压损元件PL是至少由陶瓷构成的限制器(restrictor),从这个意义上来说也被称为陶瓷限制器。

[0020] 基于纵横比和阻力流道10a的条数来决定压损元件PL的流道阻力。另外,上述纵横比是指阻力流道10a的轴向的长度尺寸与径向尺寸之比。因此,在阻力流道10a的纵横比固定时,通过改变阻力流道10a的条数,从而能够容易地调整压损元件PL的流道阻力。因此,通过改变阻力流道10a的条数,从而能够容易地调整在压损元件PL中流动的流体的流量。

[0021] 此外,在差压式的流量控制设备(质量流量控制器)中使用的流阻元件(流动限制器)也可适当地用作压损元件PL。图3是表示作为压损元件PL的其他结构例的流动限制器的概略结构的分解立体图。

[0022] 流动限制器是在质量流量控制器所具备的两个压力传感器之间产生压力差(差压)的元件。如该图所示,流动限制器具有交替地层叠圆形的切口板31和圆形的切口覆盖板32的构造。切口板31和切口覆盖板32由不锈钢(Steel Use Stainless)等金属形成。即,流动限制器是由金属形成的限制器。

[0023] 切口板31具有:第一贯通孔31a,在厚度方向上贯通中心部;以及多个切口31b,从中心部形成为放射状。切口覆盖板32具有在厚度方向上贯通中心部的第二贯通孔32a。切口覆盖板32的外径小于切口板31的外径,切口覆盖板32的内径大于切口板31的内径。

[0024] 通过层叠切口板31和切口覆盖板32,从而切口31b的内侧端部成为阻力流道的始端,切口31b的外侧端部成为阻力流道的末端。此外,利用切口板31的第一贯通孔31a和切口覆盖板32的第二贯通孔32a,在流动限制器的中央部形成沿着层叠方向贯通的贯通孔。上述贯通孔成为流体导入部。

[0025] 通过改变切口板31和切口覆盖板32的层叠张数,从而改变上述阻力流道的条数。因此,与陶瓷限制器的情况相同,通过改变上述层叠张数,从而能够容易地调整在流动限制器中流动的流体的流量。

[0026] 压损元件PL不限定于上述的陶瓷限制器和流动限制器。只要能够使流体产生压损而限制流体的流量即可,在这一点上,即使是节流器(节流孔)等元件,也可用作压损元件PL。

[0027] 如图1所示,流量计算装置1还具备:主流道用压力传感器P1、容器TA、特定流道用压力传感器P2、温度传感器T、旁通流道用压力传感器P3、控制阀CV、第一开闭阀V1和第二开闭阀V2。

[0028] 主流道用压力传感器P1(主流道用压力检测部)测定在主流道L0中流动的流体的压力。容器TA是在特定流道L1中配置于第一流阻元件RE1的下游侧的罐。在特定流道L1中流动的第一分路流体F1流入容器TA。特定流道用压力传感器P2检测容器TA内的压力。温度传感器T检测容器TA内的气体温度。另外,如果容器TA内的气体温度与容器TA的外壁面或内壁面的温度等同,则温度传感器T也可以检测容器TA的外壁面或内壁面的温度。

[0029] 旁通流道用压力传感器P3配置在旁通流道L2中的第二流阻元件RE2的下游侧,测定经由第二流阻元件RE2流动的第二分路流体F2的压力。为了控制经由第二流阻元件RE2在旁通流道L2中流动的第二分路流体F2的流量而设置控制阀CV。控制阀CV例如由电磁比例阀构成,但是也可以由其他阀(流量控制阀)构成。

[0030] 第一开闭阀V1在特定流道L1中位于容器TA的下游侧,开闭流道。第二开闭阀V2在旁通流道L2中位于第二流阻元件RE2的下游侧,特别是位于控制阀CV的下游侧,开闭流道。第一开闭阀V1和第二开闭阀V2例如由空气阀构成,但是也可以由其他阀构成。

[0031] 流量计算装置1还具备控制运算装置COM。控制运算装置COM例如由具备中央运算处理装置(CPU:Central Processing Unit)的计算机构成。控制运算装置COM基于从流量计算装置1所具备的各计测器(主流道用压力传感器P1、特定流道用压力传感器P2、温度传感器T、旁通流道用压力传感器P3)输出的检测信号进行各种运算,并且控制流量计算装置1所具备的阀(控制阀CV、第一开闭阀V1、第二开闭阀V2)。

[0032] 图4是表示控制运算装置COM的详细结构的框图。控制运算装置COM具备控制部50和存储部60。另外,控制运算装置COM还具备输入部(例如键盘、鼠标、触摸面板)、显示部(例如液晶显示装置)和通信部(例如连接器、适配器)等,由于输入部等在本实施方式中不是本质的结构,所以在图4中省略输入部等的图示。

[0033] 控制部50具有主控制部51、流量计算部52和设备诊断部53。主控制部51对控制运算装置COM的各部分的动作进行控制,并且输出用于控制流量计算装置1的上述阀的控制信号。

[0034] 流量计算部52基于从流量计算装置1的上述各计测器输出的检测信号,计算在主流道L0中流动的流体F的流量。具体地说,流量计算部52具有特定流道测定部52a、旁通流道控制部52b、分流比计算部52c和主流道计算部52d。

[0035] 特定流道测定部52a使用RoR法测定分流到特定流道L1的第一分路流体F1的流量。旁通流道控制部52b控制配置于旁通流道L2的控制阀CV。分流比计算部52c计算分流比,所述分流比基于从主流道L0分流到特定流道L1的第一分路流体F1的流量与从主流道L0分流到旁通流道L2的第二分路流体F2的流量之比而得到。主流道计算部52d使用第一分路流体F1的流量和上述的分流比,计算在主流道L0中流动的流体F的流量。另外,在后描述上述流量的计算方法的详情。

[0036] 设备诊断部53对向主流道L0流出流体F的流量控制设备100进行诊断。流量控制设备100有时因经年劣化、流道堵塞或某些故障等而变得不能按照设定流量来控制流量。因此,设备诊断部53基于由流量计算部52计算出的流量,定期地诊断流量控制设备100是否能够按照设定流量来控制流量。

[0037] 存储部60是存储器,所述存储器存储控制部50的动作程序,并且存储从流量计算装置1的上述各计测器输出的检测信号所含的各种信息(检测到的测定值)、与第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2相关的信息(例如阻力流道的条数的信息)等。这样的存储部60例如能够由硬盘、SSD(固态驱动器)、光盘、磁盘或非易失性存储器等构成。

[0038] 此外,如图1所示,流量计算装置1还具备主流道用温度计T0。主流道用温度计T0测定在主流道L0内流动的流体F的温度。为了在修正主流道L0中流动的流体F的流量时取得RoR法的运算所需的温度信息而设置主流道用温度计T0。另外,关于上述流量的修正,在后

述的“5.补充说明”处说明。另外,在修正上述流量时,虽然严格地说需要特定流道L1中的第一流阻元件RE1的上游侧的温度和压力、以及旁通流道L2中的第二流阻元件RE2的上游侧的温度和压力的各信息,但是它们可以由主流道用压力传感器P1的检测值(压力Pr1)和主流道用温度计T0的检测值来代替。

[0039] 〔2.关于流量计算方法〕

图5是表示本实施方式的流量计算方法的各工序的流程的流程图。以下,参照图1～图5,说明本实施方式的流量计算方法。另外,以下说明将流动限制器用作第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2的例子。另外,在将陶瓷限制器用作第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2的情况下,也可应用以下所示的流量计算方法。

[0040] (S1:抽真空工序)

首先,打开第一开闭阀V1和第二开闭阀V2双方,驱动泵PU,抽真空直到使容器TA内成为设定压力为止。此时,预先停止流体F从流量控制设备100向主流道L0的流出,但是也可以一边使流体F流出一边进行抽真空。此外,容器TA内也可以不是严格的真空。即,上述设定压力只要是可通过后述的RoR法进行压力上升率的运算的程度的压力即可。

[0041] (S2:流体供给工序)

接着,使设定流量Q0的流体F从流量控制设备100向主流道L0流出。由于第一开闭阀V1和第二开闭阀V2打开,所以上述流体F分流到特定流道L1和旁通流道L2。在第一分路流体F1的流量稳定后,关闭第一开闭阀V1。另外,第二开闭阀V2保持打开。

[0042] (S3:CV控制工序)

通过在S2中关闭第一开闭阀V1,从而第一分路流体F1流入容器TA内。由此,容器TA内的压力上升。此时,流量计算部52(特别是旁通流道控制部52b)对控制阀CV进行控制,以使由旁通流道用压力传感器P3测定的第二流阻元件RE2的下游侧的压力Pr3与由特定流道用压力传感器P2检测的容器TA内的压力Pr2一致或接近。

[0043] 通过上述的控制,流阻元件的一次侧的压力与二次侧的压力的关系在特定流道L1和旁通流道L2中成为相同或接近相同。因此,能够容易地由构成第一流阻元件RE1的阻力流道的条数与构成第二流阻元件RE2的阻力流道的条数之比来表示分流比S。

[0044] 另外,上述的分流比S是指将在主流道L0中流动的流体F的流量作为1(基准)时,分流到特定流道L1的第一分路流体F1的相对流量(S)。即,由于分流到旁通流道L2的第二分路流体F2的流量是(1-S),所以分流比S由S＝S/{S+(1-S)}表示。

[0045] 例如,在使阻力流道的纵横比固定,且构成第一流阻元件RE1的阻力流道的条数与构成第二流阻元件RE2的阻力流道的条数之比为1:10时,在第一流阻元件RE1中流动的流量与在第二流阻元件RE2中流动的流量之比为1:10。因此,分流比S为S＝1/(1+10)。流量计算部52(特别是分流比计算部52c)例如基于预先存储于存储部60的信息(在此是构成第一流阻元件RE1的阻力流道的条数和构成第二流阻元件RE2的阻力流道的条数的信息),计算分流比S。另外,为了减小起因于流阻元件的制造误差的分流比的误差,优选的是,实际地使流体流动并预先求出实际的分流比,预先修正基于阻力流道的条数决定的理论上的分流比。

[0046] (S4:第一分路流体的流量计算工序)

接着,流量计算部52(特别是特定流道测定部52a)基于RoR法,即,基于容器TA内的压力变化,计算分流到特定流道L1的第一分路流体F1的流量Q1。例如,假设在时间Δt(sec)

的期间,容器TA内的压力上升了ΔP(Pa)。在这种情况下,流量计算部52能够通过RoR法,基于以下的式(A)计算流量Q1。

$$Q1=(\Delta P/\Delta t)\times(V/RT)\times C\cdots(A)$$

另外,在式(A)中,V表示容器TA的容积(L),T表示由温度传感器检测出的容器TA内的气体温度、或者容器TA的外壁或内壁的温度(K),R表示气体常数,C表示修正系数。通过乘以修正系数C,从而能够进行向质量流量或体积流量的换算、基准温度的变更等。此外,在修正系数C中也包含作为物性参数的压缩系数。

[0047] (S5:主流道的流体流量的计算工序)

接着,流量计算部52(特别是主流道计算部52d)基于在S4中计算出的第一分路流体的计算流量Q1、以及根据第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2而决定的上述的分流比S,计算在主流道L0中流动的流体F的流量Q。具体地说,流量计算部52能够基于以下的式(B),计算流量Q。

$$Q=Q1/S\cdots(B)$$

[0048] (S6:流量控制设备的诊断工序)

最后,设备诊断部53基于流量控制设备100流出流体F时的设定流量Q0和由流量计算部52计算出的在主流道L0中流动的流体F的流量Q,诊断流量控制设备100。例如,在设定流量Q0与实际的流量Q之间产生预定以上的差的情况下,设备诊断部53能够判断出流量控制设备100发生经年劣化、流道堵塞或某些故障等。在这种情况下,设备诊断部53向流量控制设备100输出用于校正流出流量的控制信号,能够使流量控制设备100适当地动作。

[0049] 如上所述,流量计算部52基于第一分路流体F1的计算流量Q1和分流比S,计算在主流道L0中流动的流体F的流量Q(S4、S5)。由此,即使在流体F的流量大的情况下,也能够使用可供流体F的一部分(第一分路流体F1)流入的大小的容器TA,计算流体F的流量Q。因此,在计算流量Q时,不准备大容量的容器TA就可以。其结果,能够在避免装置整体大型化的情况下,计算在主流道L0中流动的流体F的流量Q。

[0050] 特别是流量计算部52基于上述的式(B)运算流量Q(S5)。即使在流量Q大的情况下,通过利用规定了流量Q1、分流比S和流量Q的关系的式(B),从而不使容器TA大型化,就能够可靠地计算流量Q。

[0051] 此外,由于流量计算部52如在S3中所示的那样对控制阀CV进行控制,所以能够根据阻力流道的条数之比而容易地设定分流比S。此外,通过阻力流道的条数的调整,分流比S的调整也变得容易。

[0052] 第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2分别是压损元件PL。由此,可以将陶瓷限制器、节流器等流阻元件用作压损元件PL。此外,在差压式的质量流量控制器中使用的流动限制器也可以用作压损元件PL。

[0053] 然而,优选的是,第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2由相同种类的元件构成。例如,优选的是,第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2双方都由陶瓷限制器构成。或者,优选的是,第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2双方都由流动限制器构成。在这种情况下,即使流阻元件的下游侧的压力变化,也能够使分路流体产生的压力损失(能量损失)在特定流道L1和旁通流道L2中相同。由此,能够降低分流比S因流阻元件的下游侧的压力的变化而变动的风险。其结果,使用分流比S进行的主流道L0的流量Q的计算能够以稳定的精度进行。

[0054] 〔3.流量计算装置的其他结构〕

图6是表示流量计算装置1的其他结构的说明图。图6的流量计算装置1除了在图1的控制阀CV的位置配置了压力控制装置UR以外,与图1的结构相同。压力控制装置UR内置有压力计P4和图1的控制阀CV。在这样的压力控制装置UR中,通过基于压力计P4的检测值对控制阀CV进行控制,从而能够控制流体的流量(在流道中流动的流体的压力)。

[0055] 即使是图6的结构,也能够实现与图5的S3相同的压力控制。即,流量计算部52通过控制压力控制装置UR的控制阀CV,从而能够使第二流阻元件RE2的下游侧的压力Pr3与由特定流道用压力传感器P2检测的容器TA内的压力Pr2一致或接近。其结果,能够得到与上述相同的容易调整分流比S的效果。另外,可以认为内置于压力控制装置UR的压力计P4的压力检测值等于压力Pr3。

[0056] 另外,在图6的结构中,通过控制压力控制装置UR的控制阀CV,从而以使第二流阻元件RE2的下游侧的压力Pr3与由特定流道用压力传感器P2检测的容器TA内的压力Pr2一致或接近的方式调整了压力。但是,也可以预先设定表或关系式,所述表或关系式预先取得了各分路流道中的主流道用压力传感器P1与特定流道用压力传感器P2之间、以及主流道用压力传感器P1与旁通流道用压力传感器P3之间的各自的流量与压力的关系。在这种情况下,并非如上述那样对控制阀CV进行控制(即使没有控制阀CV),也能够修正分路流道的压力值的差值,实现同样的目的。

[0057] 〔4.流量计算装置的其他结构〕

图7是表示流量计算装置1的又一其他结构的说明图。图7的流量计算装置1除了将临界喷嘴用作第一流阻元件RE1和第二流阻元件RE2,且删除了旁通流道用压力传感器P3和控制阀CV以外,是与图1的流量计算装置1等同的结构。此外,流量计算方法除了删除了S3的工序以外,与图5所示的方法相同。

[0058] 第一流阻元件RE1由第一临界喷嘴CN1构成。第二流阻元件RE2由第二临界喷嘴CN2构成。第一临界喷嘴CN1和第二临界喷嘴CN2可以是完全相同的特性(形状、大小、最小径),也可以是彼此不同的特性。

[0059] 临界喷嘴具有如下性质:如果二次侧的减压推进,流经临界喷嘴的节流部(喉部)的流体的流速达到音速(临界状态),则之后无论喷嘴下游侧的压力如何下降,经过喉部的流体的流速也不会成为音速以上,流速固定于音速。因此,如果使用临界喷嘴,则在临界状态下(在临界条件下),经过临界喷嘴的流体的流量与临界喷嘴的二次侧的压力无关,而仅依赖于一次侧的压力来决定。即,在图7中的例子中,经过临界喷嘴的流体的流量依赖于主流道用压力传感器P1的压力Pr1来决定。具体地说,在临界状态下,通过以下的数学式1计算经过临界喷嘴的流体的流量。

[0060] [数学式1]

$$q_t = A_t \cdot C_c \cdot P_s \sqrt{\frac{N_a}{R_u \cdot T_s}}$$

[0061] 在数学式1中,qt是流体的质量流量的理论值(kg/s),At是临界喷嘴的喉部的截面积(m^2),Cc是临界常数,Ps是滞止压力(Pa),Na是流体的摩尔质量(kg/mol),Ru是普适气体常数(J/Kmol),Ts是滞止温度(K)。设比热比为κ,则临界常数Cc由以下的数学式2表示。

[0062] [数学式2]

$$C_c = \sqrt{\kappa \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa-1}}}$$

[0063] 在将表示流体的实际流量的质量流量设为qm(kg/s)时,流出系数Cd由以下的数学式3表示。

[0064] [数学式3]

$$C_d = \frac{q_m}{q_t}$$

[0065] 因此,通过由主流道用压力传感器P1测定滞止压力Ps,从而将其他参数作为已知,根据数学式1和数学式2计算质量流量的理论值qt,并将理论值qt乘以数学式3的流出系数Cd,由此能够求出临界喷嘴的实际流量(质量流量qm)。

[0066] 另一方面,上述的数学式1中的除了Ps(滞止压力)以外的参数由临界喷嘴的固有值和流体(气体)的物性参数构成。因此,在使各种气体流动的过程中,如果Ps相同,则即使不知道流经各临界喷嘴的流量自身,也知道流经各临界喷嘴的流量之比。因此,在使用临界喷嘴的情况下,能够使用上述的流量之比求出分流比S。例如,如果流经第一临界喷嘴CN1的流体与流经第二临界喷嘴CN2的流体的流量比为m:n,则分流比S由S=m/(m+n)表示。

[0067] 因此,在第一流阻元件RE1由第一临界喷嘴CN1构成、第二流阻元件RE2由第二临界喷嘴CN2构成的情况下,不需要为了求出分流比S而进行图5的S3的工序。即,即使不进行使第二流阻元件RE2的下游侧的压力与容器TA内的压力一致的控制,也能够取得分流比S。因此,变得也不需要为了取得分流比S而在旁通流道L2设置旁通流道用压力传感器P3和控制阀CV。其结果,能够以比图1更简单的结构且以简单的方法计算流体F的流量Q。

[0068] 〔5.补充说明〕

在图1等所示的结构中,如果关闭容器TA的下游侧的第一开闭阀V1,则容器TA内的压力Pr2上升。伴随于此,可以认为由上游侧的主流道用压力传感器P1检测的压力Pr1也上升。通过进行伴随特定流道L1中的压力上升而计算出的流量Q加上伴随上游侧的主流道L0中的压力上升而计算出的流量ΔQ的修正,从而能够精度更高地计算流量控制设备100的流量Q'(=Q+ΔQ)。另外,上述流量ΔQ能够由连接流量控制设备100和两个流阻元件(第一流阻元件RE1、第二流阻元件RE2)的流道的容积表示。能够通过在上述的式(A)中使P=Pr1并求出V,从而取得上述容积。

[0069] 〔6.程序〕

本实施方式的流量计算装置1的控制运算装置COM可以由安装了动作程序(应用软件)的计算机构成。通过由计算机(例如控制部50)读取并执行上述程序,从而能够使控制部50的各部分(主控制部51、流量计算部52、设备诊断部53)动作,来执行上述的各处理(各工序)。这样的程序例如通过借助网络从外部下载来取得并存储于存储器(存储部60)。上述程序例如也可以是存储于CD-ROM(Compact Disk-Read Only Memory:只读光盘存储器)等计算机可读取的存储介质,从该存储介质读取上述程序并存储于上述存储器的方式。即,本实施方式的流量计算程序是为了使计算机执行上述的本实施方式的流量计算方法的各工序

的程序。此外,本实施方式的存储介质是存储有上述的流量计算程序的计算机可读取的存储介质。

[0070] 以上说明了本发明的实施方式,但是本发明的范围不限定于此,可以在不脱离发明的主旨的范围内进行扩展或变更来实施。

工业实用性

[0071] 本发明例如可应用于检查或诊断质量流量控制器这样的流量控制设备的系统。

附图标记说明

[0072] 1流量计算装置
52流量计算部
53设备诊断部
100流量控制设备
CN1第一临界喷嘴
CN2第二临界喷嘴
CV控制阀
F流体
F1第一分路流体
F2第二分路流体
L0主流道
L1特定流道
L2旁通流道
P1主流道用压力传感器(主流道用压力检测部)
P2特定流道用压力传感器
P3旁通流道用压力传感器
PL压损元件
PL1第一压损元件
PL2第二压损元件
RE1第一流阻元件
RE2第二流阻元件
TA容器
UR压力控制装置。

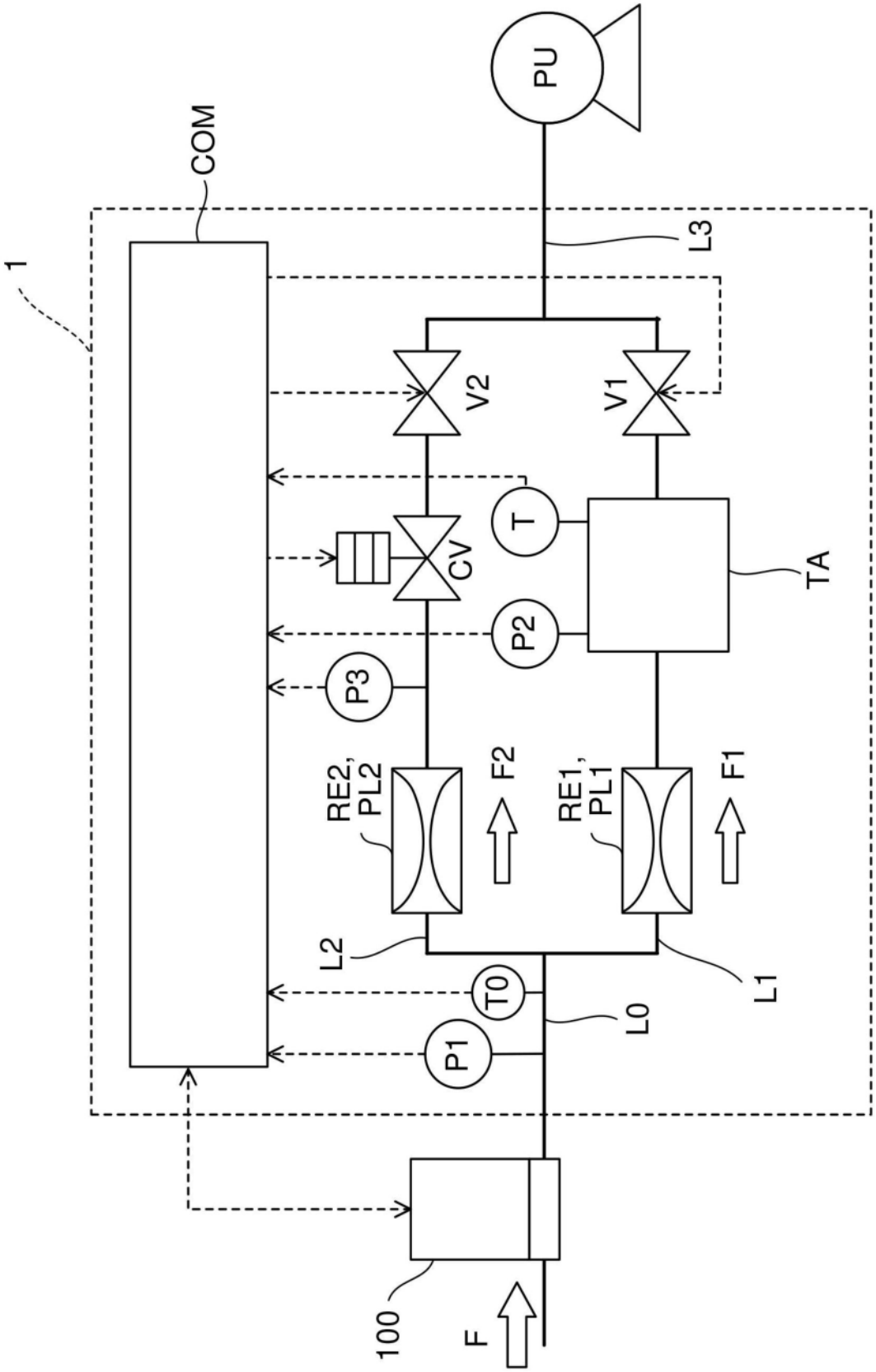

PU
COM
L3
1
V2
V1
T
CV
TA
P2
P3
RE2,
PL2
F2
RE1,
PL1
F1
L2
L1
T0
L0
P1
100
F

图1

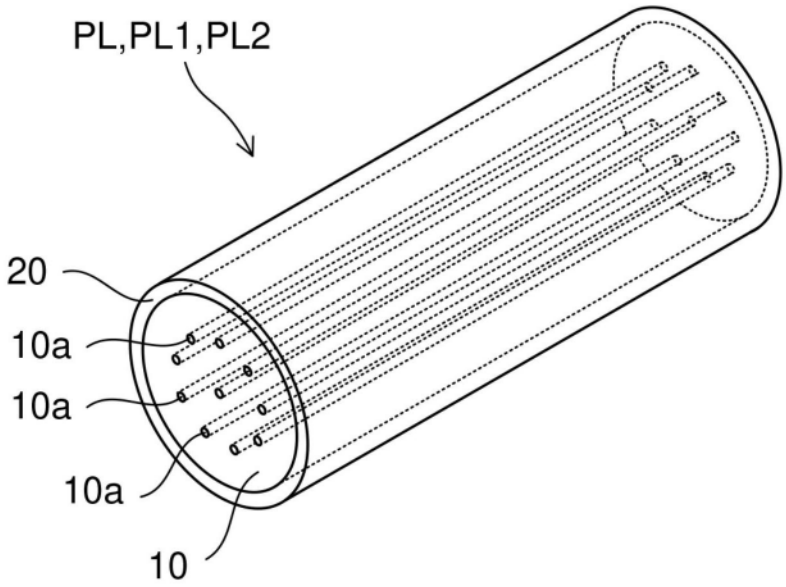


图2

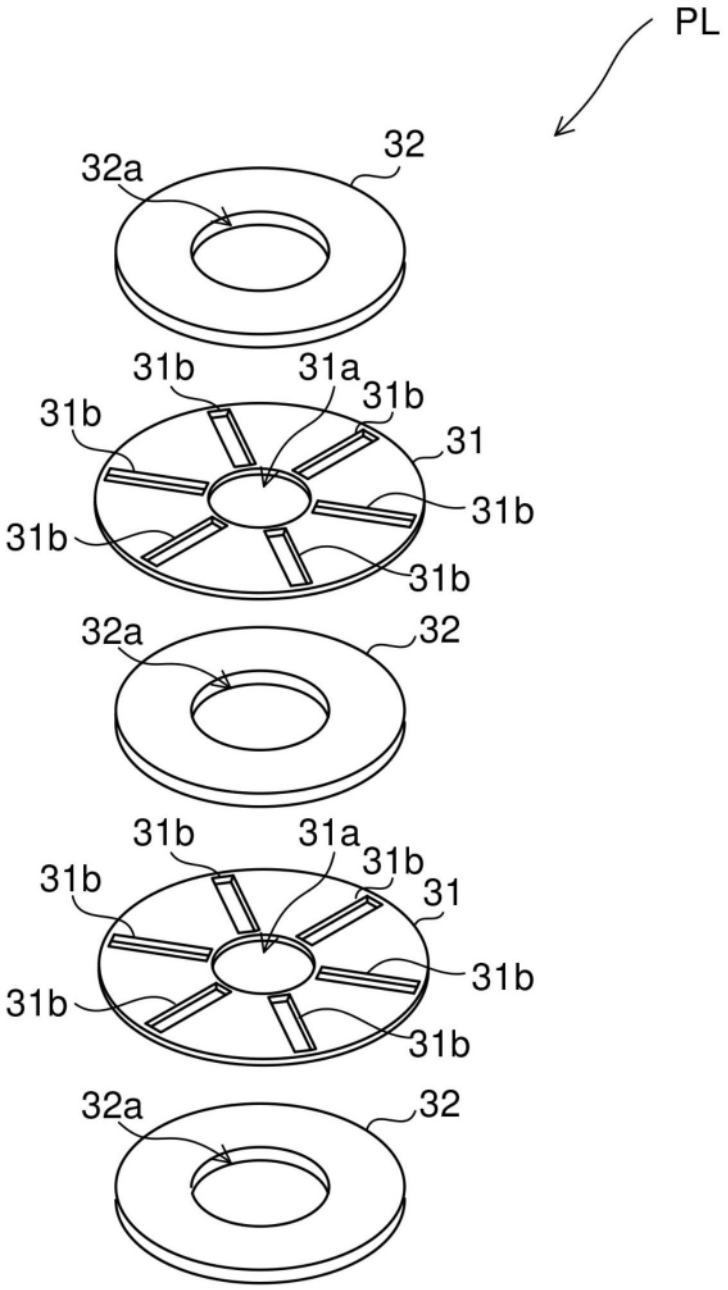

PL
32
32a
31b
31a
31b
31b
31
31b
31b
31b
32a
32
31b
31a
31b
31b
31
31b
31b
31b
32a
32

图3

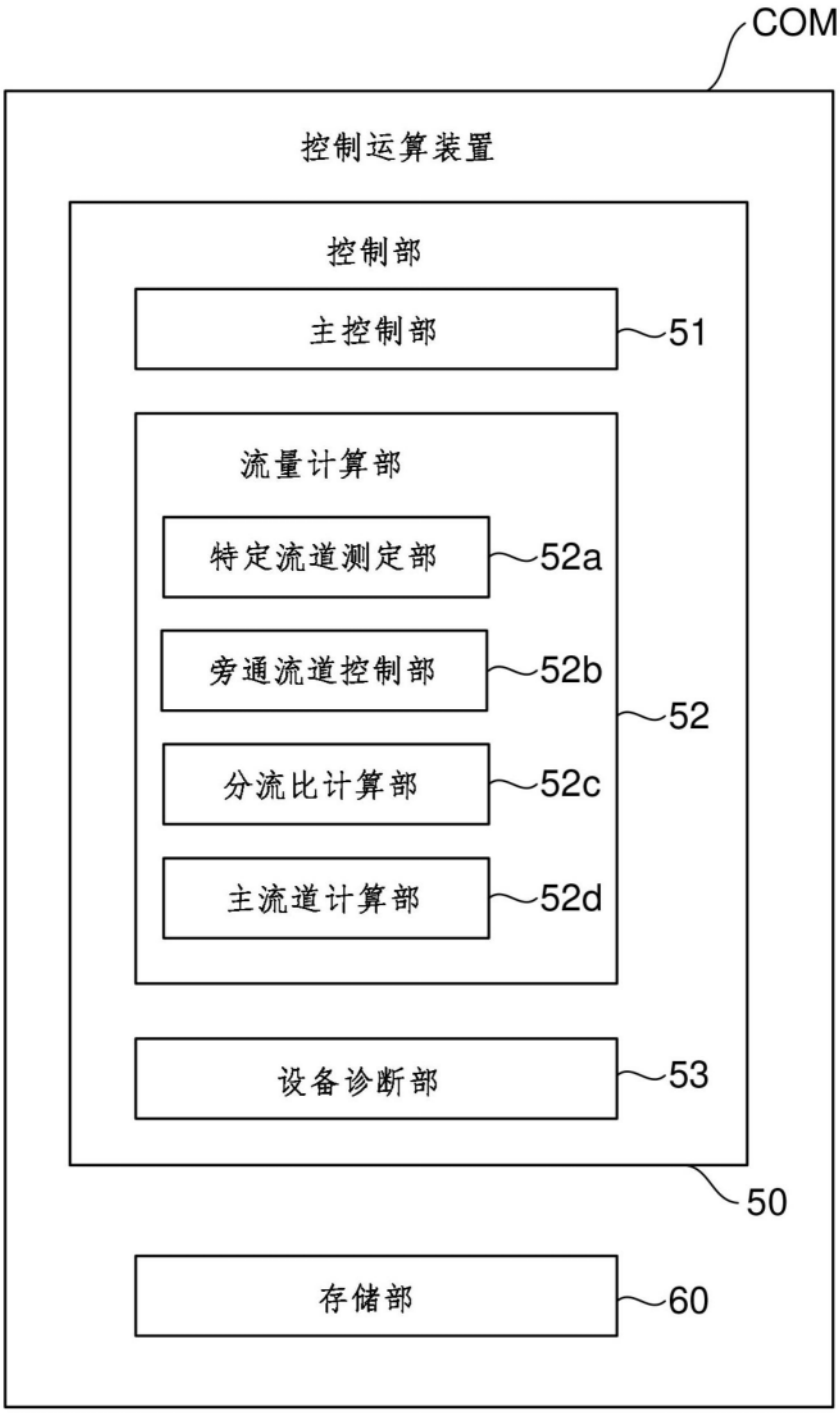

COM
控制运算装置
控制部
主控制部
51
流量计算部
特定流道测定部
52a
旁通流道控制部
52b
52
分流比计算部
52c
主流道计算部
52d
设备诊断部
53
50
存储部
60

图4

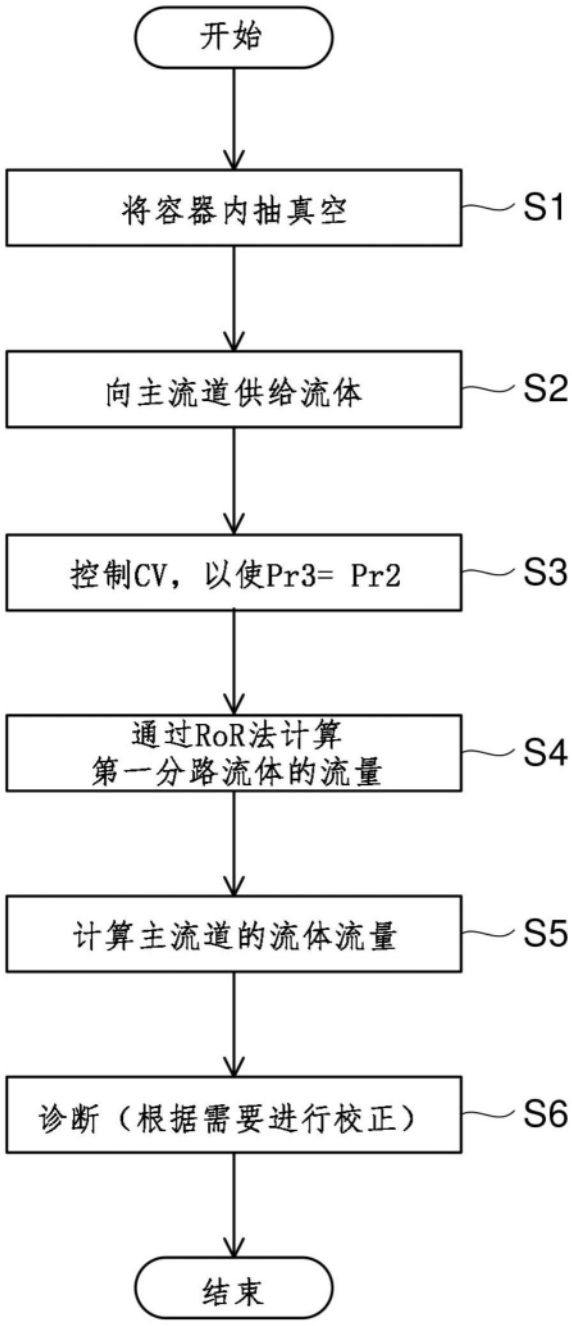

开始
将容器内抽真空
S1
向主流道供给流体
S2
控制CV，以使Pr3= Pr2
S3
通过RoR法计算
第一分路流体的流量
S4
计算主流道的流体流量
S5
诊断（根据需要进行校正）
S6
结束

图5

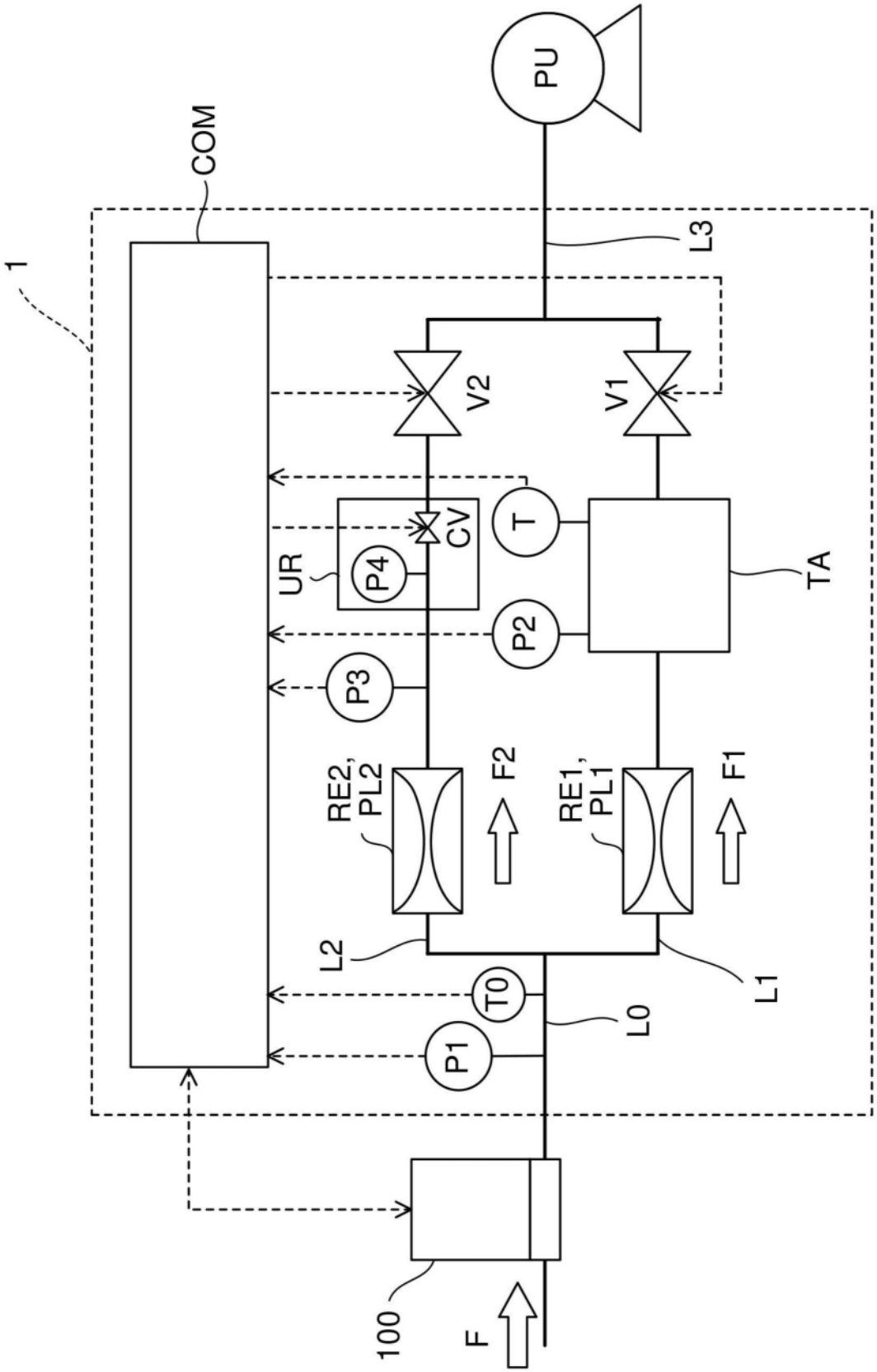

PU
COM
L3
1
V2
V1
T
CV
UR
P4
TA
P2
P3
RE2,
PL2
F2
RE1,
PL1
F1
L2
L1
T0
L0
P1
100
F

图6

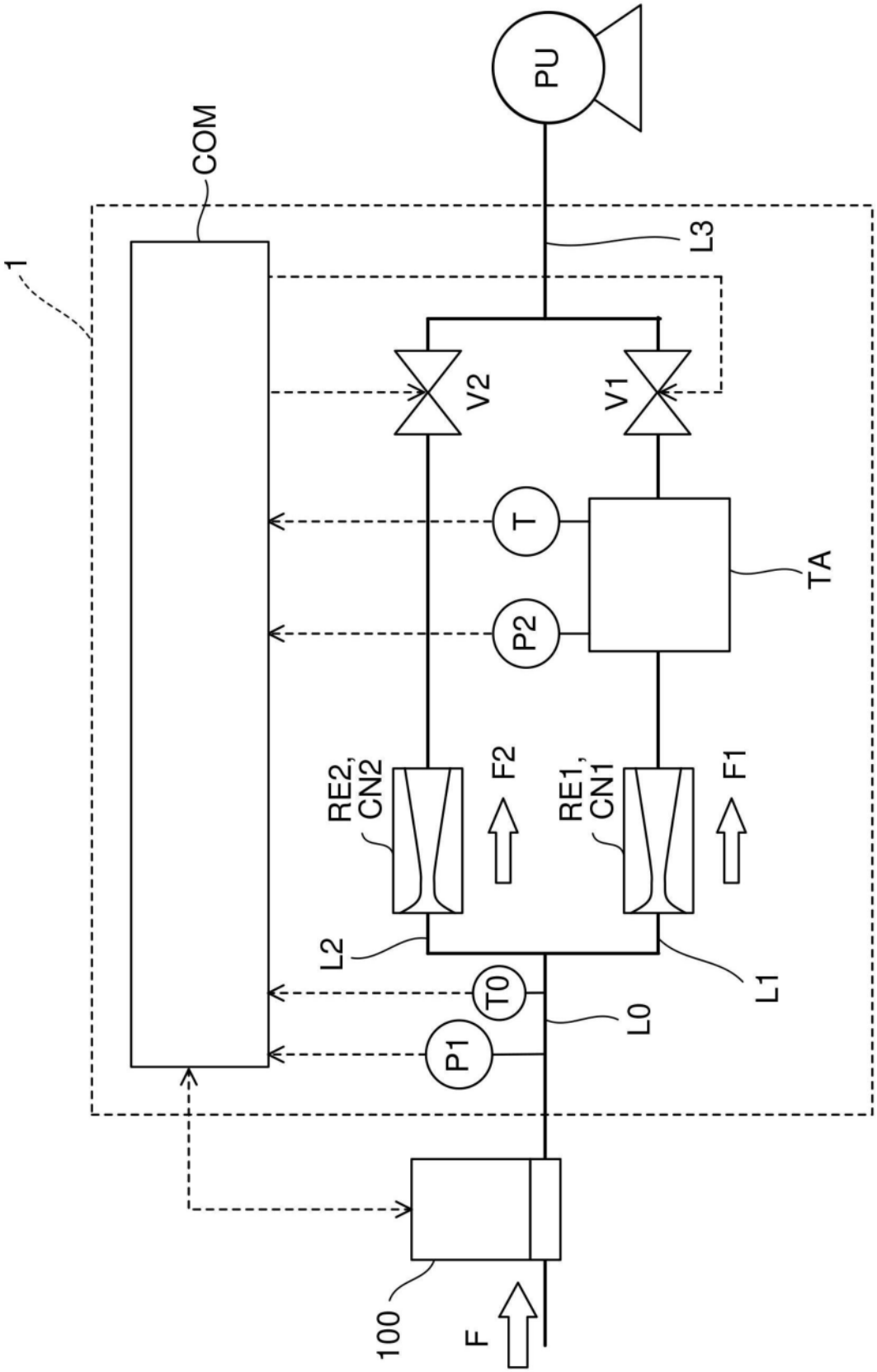


图7