202519833

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本 (11)公開編號：TW 202519833 A

(43)公開日： 中華民國 114 (2025) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：113126018 (22)申請日： 中華民國 113 (2024) 年 07 月 11 日

(51)Int. Cl.： *G01F1/36 (2006.01)*

(30)優先權：2023/07/12 日本 2023-114362

(71)申請人：日商堀場ＳＴＥＣ股份有限公司 (日本) HORIBA STEC, CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：堀之内修 HORINOUCHI, OSAMU (JP)

(74)代理人：許世正

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：7 共 36 頁

(54)名稱

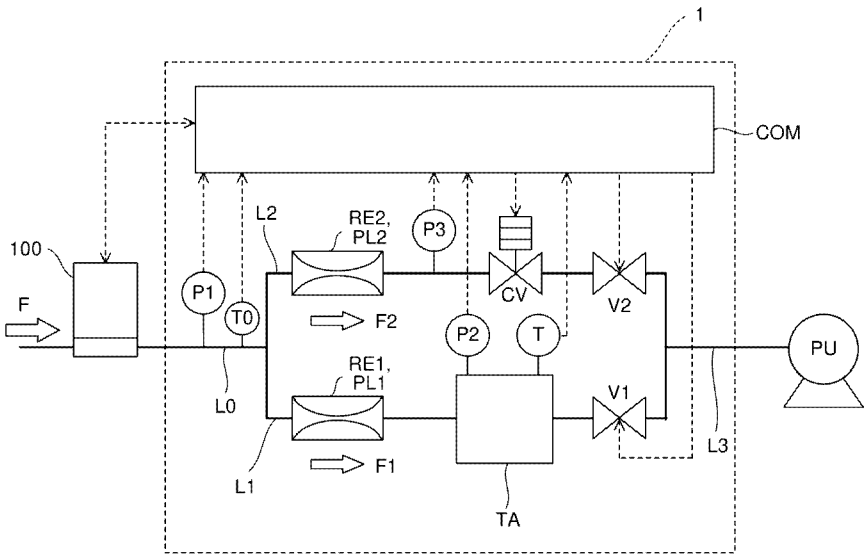
流量計算裝置和流量計算方法

(57)摘要

本發明提供流量計算裝置和流量計算方法。流量計算裝置包括：特定流道和旁通流道，設置成從主流道分路，分流流體；第一流阻元件，設置於特定流道；第二流阻元件，設置於旁通流道；容器，在特定流道中配置於第一流阻元件的下游側；壓力感測器，檢測容器內的壓力；以及流量計算部。流量計算部基於容器內的所述壓力的變化計算分流到特定流道的第一分路流體的流量，並基於第一分路流體的計算流量、以及根據第一流阻元件和第二流阻元件而決定的分流比，計算在主流道中流動的流體的流量。

A flow rate calculation device includes: a specific flow path and a bypass flow path which are provided to branch from a main flow path; a first fluid resistance element which is provided in the specific flow path; a second fluid resistance element which is provided in the bypass flow path; a container which is arranged in the specific flow path; a pressure sensor which detects a pressure in the container; and a flow rate calculation unit. The flow rate calculation unit calculates the flow rate of a first branch fluid diverted to the specific flow path based on a change in the pressure in the container, and calculates the flow rate of the fluid flowing through the main flow path based on the calculated flow rate of the first branch fluid and a diversion ratio determined according to the first fluid resistance element and the second fluid resistance element.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

1:流量計算裝置

100:流量控制設備

COM:控制運算裝置

CV:控制閥

F:流體

F1:第一分路流體

F2:第二分路流體

L0:主流道

L1:特定流道

L2:旁通流道

L3:匯合管線

P1:主流道用壓力感測器(主流道用壓力檢測部)

P2:特定流道用壓力感測器

P3:旁通流道用壓力感測器

PL1:第一壓損元件

PL2:第二壓損元件

PU:泵

RE1:第一流阻元件

RE2:第二流阻元件

T:溫度感測器

T0:溫度計

TA:容器

V1:第一開閉閥

V2:第二開閉閥

202519855
專利案號：113126018

【發明摘要】

【中文發明名稱】 流量計算裝置和流量計算方法

【英文發明名稱】 FLOW RATE CALCULATION DEVICE AND FLOW RATE CALCULATION METHOD

【中文】

本發明提供流量計算裝置和流量計算方法。流量計算裝置包括：特定流道和旁通流道，設置成從主流道分路，分流流體；第一流阻元件，設置於特定流道；第二流阻元件，設置於旁通流道；容器，在特定流道中配置於第一流阻元件的下游側；壓力感測器，檢測容器內的壓力；以及流量計算部。流量計算部基於容器內的所述壓力的變化計算分流到特定流道的第一分路流體的流量，並基於第一分路流體的計算流量、以及根據第一流阻元件和第二流阻元件而決定的分流比，計算在主流道中流動的流體的流量。

【英文】

A flow rate calculation device includes: a specific flow path and a bypass flow path which are provided to branch from a main flow path; a first fluid resistance element which is provided in the specific flow path; a second fluid resistance element which is provided in the bypass flow path; a container which is arranged in the specific flow path; a pressure sensor which detects a pressure in the container; and a flow rate calculation unit. The flow rate calculation unit calculates the flow rate of a first branch fluid diverted to the specific flow path based on a change in the pressure

in the container, and calculates the flow rate of the fluid flowing through the main flow path based on the calculated flow rate of the first branch fluid and a diversion ratio determined according to the first fluid resistance element and the second fluid resistance element.

【指定代表圖】　　圖 1。

【代表圖之符號簡單說明】

1:流量計算裝置

100:流量控制設備

COM:控制運算裝置

CV:控制閥

F:流體

F1:第一分路流體

F2:第二分路流體

L0:主流道

L1:特定流道

L2:旁通流道

L3:匯合管線

P1:主流道用壓力感測器（主流道用壓力檢測部）

P2:特定流道用壓力感測器

P3:旁通流道用壓力感測器

PL1:第一壓損元件

PL2:第二壓損元件

PU:泵

RE1:第一流阻元件

RE2:第二流阻元件

T:溫度感測器

T0:溫度計

TA:容器

V1:第一開閉閥

V2:第二開閉閥

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 流量計算裝置和流量計算方法

【英文發明名稱】 FLOW RATE CALCULATION DEVICE AND FLOW RATE CALCULATION METHOD

【技術領域】

【0001】 本發明涉及流量計算裝置和流量計算方法。

【先前技術】

【0002】 以往，作為計測流體的流量的一種方法，已知 RoR（Rate of Rise：上升率）法。RoR 法是使流體（例如氣體）從測試體（例如流量控制設備）向真空排氣後的容器流動，並使用流體的狀態方程式根據容器內的壓力上升率求出流量的方法。例如專利文獻 1 公開了利用 RoR 法來驗證流體的流量的裝置。

【0003】 專利文獻 1：國際公開第 2018/111725 號

【0004】 但是，在利用 RoR 法的情況下，如果驗證的流體的流量變大，則隨之需要準備大型（大容量）的容器，使裝置整體大型化。

【發明內容】

【0005】 本發明是為了解決上述問題點而完成的，其目的在於提供一種即使在流體的流量大的情況下，也能夠避免裝置整體的大型化來計算流體的流量的流量計算裝置和流量計算方法。

【0006】 本發明的一方面的流量計算裝置計算在主流道中流動的流體的流量，其包括：特定流道和旁通流道，設置成從所述

主流道分路，分流所述流體；第一流阻元件，設置於所述特定流道；第二流阻元件，設置於所述旁通流道；容器，在所述特定流道中配置於所述第一流阻元件的下游側；壓力感測器，檢測所述容器內的壓力；以及流量計算部，基於所述容器內的所述壓力的變化計算分流到所述特定流道的第一分路流體的流量，並基於所述第一分路流體的計算流量、以及根據所述第一流阻元件和所述第二流阻元件而決定的分流比，計算在所述主流道中流動的所述流體的流量。

【0007】 本發明的另一方面的流量計算方法具有：當在主流道中流動的流體分流到從所述主流道分路設置的特定流道和旁通流道時，基於在所述特定流道中配置於第一流阻元件的下游側的容器內的壓力的變化，計算在所述特定流道中流動的第一分路流體的流量的工序；以及基於所述第一分路流體的計算流量、以及根據所述第一流阻元件和設置於所述旁通流道的第二流阻元件而決定的分流比，計算在所述主流道中流動的所述流體的流量的工序。

【0008】 根據本發明，即使在流體的流量大的情況下，也能夠避免裝置整體的大型化來計算流體的流量。

【圖式簡單說明】

【0009】 圖 1 是表示本發明的一個實施方式的流量計算裝置的概略結構的說明圖。

【0010】 圖 2 是表示壓損元件的一個結構例的立體圖。

【0011】 圖 3 是表示上述壓損元件的其他結構例的分解立體圖。

【0012】 圖 4 是表示控制運算裝置的詳細結構的框圖。

【0013】 圖 5 是表示流量計算方法的各工序的流程的流程圖。

【0014】 圖 6 是表示上述流量計算裝置的其他結構的說明圖。

【0015】 圖 7 是表示上述流量計算裝置的又一其他結構的說明圖。

【實施方式】

【0016】 以下，參照附圖說明本發明的例示的實施方式。另外，在以下的說明中，對於流量計算裝置的任意的結構要素，將流體流入的一側也稱為上游側或一次側，對於上述結構要素，將流體流出的一側也稱為下游側或二次側。

【0017】 〔1.流量計算裝置的結構〕

【0018】 圖 1 是表示本實施方式的流量計算裝置 1 的概略結構的說明圖。流量計算裝置 1 通過後述的方法計算從流量控制設備 100 流出並在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量。而且，流量計算裝置 1 基於計算出的流量和從流量控制設備 100 流出的流體 F 的設定流量，對流量控制設備 100 進行診斷，並根據需要進行校正。作為上述的流體 F，例如可以假想用於半導體製造工藝的材料氣體。

【0019】 流量控制設備 100 是向主流道 L0 流出流體 F 的設備，是成為流量計算裝置 1 的診斷對象（Device Under Test）的

設備。流量控制設備 100 例如由控制流體 F 的流量的質量流量控制器構成，但是不限定於該例子。

【0020】 流量計算裝置 1 具備特定流道 L1 和旁通流道 L2。特定流道 L1 和旁通流道 L2 設置成從主流道 L0 分路。從流量控制設備 100 流出並流過主流道 L0 的流體 F 分流到特定流道 L1 和旁通流道 L2。另外，在本說明書中，「分流」是指流體分開流動。以下，將從主流道 L0 分流到特定流道 L1 的流體也稱為第一分路流體 F1，將從主流道 L0 分流到旁通流道 L2 的流體也稱為第二分路流體 F2。即，流體 F 在特定流道 L1 與旁通流道 L2 的分路點分為第一分路流體 F1 和第二分路流體 F2 後，分別在特定流道 L1 和旁通流道 L2 中流動。

【0021】 特定流道 L1 和旁通流道 L2 在比配置於特定流道 L1 的後述的容器 TA 更靠下游側匯合，並與匯合管線 L3 連接。匯合管線 L3 與泵 PU 連接。因此，旁通流道 L2 設置成在主流道 L0 與匯合管線 L3 之間繞過特定流道 L1 的容器 TA。

【0022】 流量計算裝置 1 還具備第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2。第一流阻元件 RE1 設置於特定流道 L1。第二流阻元件 RE2 設置於旁通流道 L2。

【0023】 第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 例如由壓損元件 PL（參照圖 2）構成。壓損元件 PL 是指使流體產生壓力損失（能量損失）的元件。由於第一流阻元件 RE1 設置於特定流道 L1，所以使在特定流道 L1 中流動的第一分路流體 F1 產生壓損。

由於第二流阻元件 RE2 設置於旁通流道 L2，所以使在旁通流道 L2 中流動的第二分路流體 F2 產生壓損。

【0024】 例如，如果產生流道阻力，則使流體產生壓損。如果使流體產生壓損，則例如在相同的壓力條件下，流體的流量下降。因此，壓損元件 PL 作為限制流量的元件，即，作為流阻元件而發揮功能，所述流阻元件成為流體流動時的阻力件。以下，將構成第一流阻元件 RE1 的壓損元件 PL 也稱為第一壓損元件 PL1，將構成第二流阻元件 RE2 的壓損元件 PL 也稱為第二壓損元件 PL2。

【0025】 圖 2 是表示壓損元件 PL 的一個結構例的立體圖。壓損元件 PL 構成為具有流道形成部件 10 和覆蓋部件 20。另外，覆蓋部件 20 根據需要設置即可。

【0026】 流道形成部件 10 例如由石英、氧化鋁、氧化鋯或氮化矽等陶瓷形成，成型為圓柱狀。流道形成部件 10 具有至少一條成為阻力件的流道 10a（以下也稱為阻力流道 10a）。阻力流道 10a 在軸向貫通流道形成部件 10，形成為橫截面呈圓形。在設置有覆蓋部件 20 的情況下，覆蓋部件 20 例如由不鏽鋼或鎳系合金等的硬度至少低於陶瓷的金屬構成。這樣的壓損元件 PL 是至少由陶瓷構成的限制器（restrictor），從這個意義上來說也被稱為陶瓷限制器。

【0027】 基於縱橫比和阻力流道 10a 的條數來決定壓損元件 PL 的流道阻力。另外，上述縱橫比是指阻力流道 10a 的軸向的長度尺寸與徑向尺寸之比。因此，在阻力流道 10a 的縱橫比固定時，

通過改變阻力流道 10a 的條數，從而能夠容易地調整壓損元件 PL 的流道阻力。因此，通過改變阻力流道 10a 的條數，從而能夠容易地調整在壓損元件 PL 中流動的流體的流量。

【0028】 此外，在差壓式的流量控制設備（質量流量控制器）中使用的流阻元件（流動限制器）也可適當地用作壓損元件 PL。圖 3 是表示作為壓損元件 PL 的其他結構例的流動限制器的概略結構的分解立體圖。

【0029】 流動限制器是在質量流量控制器所具備的兩個壓力感測器之間產生壓力差（差壓）的元件。如該圖所示，流動限制器具有交替地層疊圓形的切口板 31 和圓形的切口覆蓋板 32 的構造。切口板 31 和切口覆蓋板 32 由不鏽鋼（Steel Use Stainless）等金屬形成。即，流動限制器是由金屬形成的限制器。

【0030】 切口板 31 具有：第一貫通孔 31a，在厚度方向上貫通中心部；以及多個切口 31b，從中心部形成為放射狀。切口覆蓋板 32 具有在厚度方向上貫通中心部的第二貫通孔 32a。切口覆蓋板 32 的外徑小於切口板 31 的外徑，切口覆蓋板 32 的內徑大於切口板 31 的內徑。

【0031】 通過層疊切口板 31 和切口覆蓋板 32，從而切口 31b 的內側端部成為阻力流道的始端，切口 31b 的外側端部成為阻力流道的末端。此外，利用切口板 31 的第一貫通孔 31a 和切口覆蓋板 32 的第二貫通孔 32a，在流動限制器的中央部形成沿著層疊方向貫通的貫通孔。上述貫通孔成為流體導入部。

【0032】 通過改變切口板 31 和切口覆蓋板 32 的層疊張數，從而改變上述阻力流道的條數。因此，與陶瓷限制器的情況相同，通過改變上述層疊張數，從而能夠容易地調整在流動限制器中流動的流體的流量。

【0033】 壓損元件 PL 不限定於上述的陶瓷限制器和流動限制器。只要能夠使流體產生壓損而限制流體的流量即可，在這一點上，即使是節流器（節流孔）等元件，也可用作壓損元件 PL。

【0034】 如圖 1 所示，流量計算裝置 1 還具備：主流道用壓力感測器 P1、容器 TA、特定流道用壓力感測器 P2、溫度感測器 T、旁通流道用壓力感測器 P3、控制閥 CV、第一開閉閥 V1 和第二開閉閥 V2。

【0035】 主流道用壓力感測器 P1（主流道用壓力檢測部）測定在主流道 L0 中流動的流體的壓力。容器 TA 是在特定流道 L1 中配置於第一流阻元件 RE1 的下游側的罐。在特定流道 L1 中流動的第一分路流體 F1 流入容器 TA。特定流道用壓力感測器 P2 檢測容器 TA 內的壓力。溫度感測器 T 檢測容器 TA 內的氣體溫度。另外，如果容器 TA 內的氣體溫度與容器 TA 的外壁面或內壁面的溫度等同，則溫度感測器 T 也可以檢測容器 TA 的外壁面或內壁面的溫度。

【0036】 旁通流道用壓力感測器 P3 配置在旁通流道 L2 中的第二流阻元件 RE2 的下游側，測定經由第二流阻元件 RE2 流動的第二分路流體 F2 的壓力。為了控制經由第二流阻元件 RE2 在

旁通流道 L2 中流動的第二分路流體 F2 的流量而設置控制閥 CV。控制閥 CV 例如由電磁比例閥構成，但是也可以由其他閥（流量控制閥）構成。

【0037】 第一開閉閥 V1 在特定流道 L1 中位於容器 TA 的下游側，開閉流道。第二開閉閥 V2 在旁通流道 L2 中位於第二流阻元件 RE2 的下游側，特別是位於控制閥 CV 的下游側，開閉流道。第一開閉閥 V1 和第二開閉閥 V2 例如由空氣閥構成，但是也可以由其他閥構成。

【0038】 流量計算裝置 1 還具備控制運算裝置 COM。控制運算裝置 COM 例如由具備中央運算處理裝置（CPU：Central Processing Unit）的計算機構成。控制運算裝置 COM 基於從流量計算裝置 1 所具備的各計測器（主流道用壓力感測器 P1、特定流道用壓力感測器 P2、溫度感測器 T、旁通流道用壓力感測器 P3）輸出的檢測訊號進行各種運算，並且控制流量計算裝置 1 所具備的閥（控制閥 CV、第一開閉閥 V1、第二開閉閥 V2）。

【0039】 圖 4 是表示控制運算裝置 COM 的詳細結構的框圖。控制運算裝置 COM 具備控制部 50 和存儲部 60。另外，控制運算裝置 COM 還具備輸入部（例如鍵盤、滑鼠、觸摸面板）、顯示部（例如液晶顯示裝置）和通訊部（例如連接器、適配器）等，由於輸入部等在本實施方式中不是本質的結構，所以在圖 4 中省略輸入部等的圖示。

【0040】 控制部 50 具有主控制部 51、流量計算部 52 和設備

診斷部 53。主控制部 51 對控制運算裝置 COM 的各部分的動作進行控制，並且輸出用於控制流量計算裝置 1 的上述閥的控制訊號。

【0041】 流量計算部 52 基於從流量計算裝置 1 的上述各計測器輸出的檢測訊號，計算在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量。具體地說，流量計算部 52 具有特定流道測定部 52a、旁通流道控制部 52b、分流比計算部 52c 和主流道計算部 52d。

【0042】 特定流道測定部 52a 使用 RoR 法測定分流到特定流道 L1 的第一分路流體 F1 的流量。旁通流道控制部 52b 控制配置於旁通流道 L2 的控制閥 CV。分流比計算部 52c 計算分流比，所述分流比基於從主流道 L0 分流到特定流道 L1 的第一分路流體 F1 的流量與從主流道 L0 分流到旁通流道 L2 的第二分路流體 F2 的流量之比而得到。主流道計算部 52d 使用第一分路流體 F1 的流量和上述的分流比，計算在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量。另外，在後描述上述流量的計算方法的詳情。

【0043】 設備診斷部 53 對向主流道 L0 流出流體 F 的流量控制設備 100 進行診斷。流量控制設備 100 有時因經年劣化、流道堵塞或某些故障等而變得不能按照設定流量來控制流量。因此，設備診斷部 53 基於由流量計算部 52 計算出的流量，定期地診斷流量控制設備 100 是否能夠按照設定流量來控制流量。

【0044】 存儲部 60 是記憶體，所述記憶體存儲控制部 50 的動作程式，並且存儲從流量計算裝置 1 的上述各計測器輸出的檢測訊號所含的各種資訊（檢測到的測定值）、與第一流阻元件 RE1

和第二流阻元件 RE2 相關的資訊（例如阻力流道的條數的資訊）等。這樣的存儲部 60 例如能夠由硬碟、SSD（固態驅動器）、光碟、磁片或非揮發性記憶體等構成。

【0045】 此外，如圖 1 所示，流量計算裝置 1 還具備主流道用溫度計 T0。主流道用溫度計 T0 測定在主流道 L0 內流動的流體 F 的溫度。為了在修正主流道 L0 中流動的流體 F 的流量時取得 RoR 法的運算所需的溫度資訊而設置主流道用溫度計 T0。另外，關於上述流量的修正，在後述的「5.補充說明」處說明。另外，在修正上述流量時，雖然嚴格地說需要特定流道 L1 中的第一流阻元件 RE1 的上游側的溫度和壓力、以及旁通流道 L2 中的第二流阻元件 RE2 的上游側的溫度和壓力的各資訊，但是它們可以由主流道用壓力感測器 P1 的檢測值（壓力 Pr1）和主流道用溫度計 T0 的檢測值來代替。

【0046】 〔2.關於流量計算方法〕

【0047】 圖 5 是表示本實施方式的流量計算方法的各工序的流程的流程圖。以下，參照圖 1～圖 5，說明本實施方式的流量計算方法。另外，以下說明將流動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，在將陶瓷限制器用作第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 的情況下，也可應用以下所示的流量計算方法。

【0048】 （S1：抽真空工序）

【0049】 首先，打開第一開閉閥 V1 和第二開閉閥 V2 雙方，

驅動泵 PU，抽真空直到使容器 TA 內成為設定壓力為止。此時，預先停止流體 F 從流量控制設備 100 向主流道 L0 的流出，但是也可以一邊使流體 F 流出一邊進行抽真空。此外，容器 TA 內也可以不是嚴格的真空。即，上述設定壓力只要是可通過後述的 RoR 法進行壓力上升率的運算的程度的壓力即可。

【0050】 （S2：流體供給工序）

【0051】 接著，使設定流量 Q0 的流體 F 從流量控制設備 100 向主流道 L0 流出。由於第一開閉閥 V1 和第二開閉閥 V2 打開，所以上述流體 F 分流到特定流道 L1 和旁通流道 L2。在第一分路流體 F1 的流量穩定後，關閉第一開閉閥 V1。另外，第二開閉閥 V2 保持打開。

【0052】 （S3：CV 控制工序）

【0053】 通過在 S2 中關閉第一開閉閥 V1，從而第一分路流體 F1 流入容器 TA 內。由此，容器 TA 內的壓力上升。此時，流量計算部 52（特別是旁通流道控制部 52b）對控制閥 CV 進行控制，以使由旁通流道用壓力感測器 P3 測定的第二流阻元件 RE2 的下游側的壓力 Pr3 與由特定流道用壓力感測器 P2 檢測的容器 TA 內的壓力 Pr2 一致或接近。

【0054】 通過上述的控制，流阻元件的一次側的壓力與二次側的壓力的關係在特定流道 L1 和旁通流道 L2 中成為相同或接近相同。因此，能夠容易地由構成第一流阻元件 RE1 的阻力流道的條數與構成第二流阻元件 RE2 的阻力流道的條數之比來表示分流

比 S。

【0055】 另外，上述的分流比 S 是指將在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量作為 1（基準）時，分流到特定流道 L1 的第一分路流體 F1 的相對流量（S）。即，由於分流到旁通流道 L2 的第二分路流體 F2 的流量是（1-S），所以分流比 S 由 S=S/{S+（1-S）}表示。

【0056】 例如，在使阻力流道的縱橫比固定，且構成第一流阻元件 RE1 的阻力流道的條數與構成第二流阻元件 RE2 的阻力流道的條數之比為 1：10 時，在第一流阻元件 RE1 中流動的流量與在第二流阻元件 RE2 中流動的流量之比為 1：10。因此，分流比 S 為 S=1/（1+10）。流量計算部 52（特別是分流比計算部 52c）例如基於預先存儲於存儲部 60 的資訊（在此是構成第一流阻元件 RE1 的阻力流道的條數和構成第二流阻元件 RE2 的阻力流道的條數的資訊），計算分流比 S。另外，為了減小起因於流阻元件的製造誤差的分流比的誤差，優選的是，實際地使流體流動並預先求出實際的分流比，預先修正基於阻力流道的條數決定的理論上的分流比。

【0057】 （S4：第一分路流體的流量計算工序）

【0058】 接著，流量計算部 52（特別是特定流道測定部 52a）基於 RoR 法，即，基於容器 TA 內的壓力變化，計算分流到特定流道 L1 的第一分路流體 F1 的流量 Q1。例如，假設在時間 Δt（sec）的期間，容器 TA 內的壓力上升了 ΔP（Pa）。在這種情況

下，流量計算部 52 能夠通過 RoR 法，基於以下的式（A）計算流量 Q1。

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

【0059】 另外，在式（A）中，V 表示容器 TA 的容積（L），T 表示由溫度感測器檢測出的容器 TA 內的氣體溫度、或者容器 TA 的外壁或內壁的溫度（K），R 表示氣體常數，C 表示修正係數。通過乘以修正係數 C，從而能夠進行向質量流量或體積流量的換算、基準溫度的變更等。此外，在修正係數 C 中也包含作為物性參數的壓縮係數。

【0060】 （S5：主流道的流體流量的計算工序）

【0061】 接著，流量計算部 52（特別是主流道計算部 52d）基於在 S4 中計算出的第一分路流體的計算流量 Q1、以及根據第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 而決定的上述的分流比 S，計算在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量 Q。具體地說，流量計算部 52 能夠基於以下的式（B），計算流量 Q。

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

【0062】 （S6：流量控制設備的診斷工序）

【0063】 最後，設備診斷部 53 基於流量控制設備 100 流出流體 F 時的設定流量 Q0 和由流量計算部 52 計算出的在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量 Q，診斷流量控制設備 100。例如，在設定流量 Q0 與實際的流量 Q 之間產生預定以上的差的情況下，設備診斷部 53 能夠判斷出流量控制設備 100 發生經年劣化、流道

堵塞或某些故障等。在這種情況下，設備診斷部 53 向流量控制設備 100 輸出用於校正流出流量的控制訊號，能夠使流量控制設備 100 適當地動作。

【0064】 如上所述，流量計算部 52 基於第一分路流體 F1 的計算流量 Q1 和分流比 S，計算在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量 Q（S4、S5）。由此，即使在流體 F 的流量大的情況下，也能夠使用可供流體 F 的一部分（第一分路流體 F1）流入的大小的容器 TA，計算流體 F 的流量 Q。因此，在計算流量 Q 時，不準備大容量的容器 TA 就可以。其結果，能夠在避免裝置整體大型化的情況下，計算在主流道 L0 中流動的流體 F 的流量 Q。

【0065】 特別是流量計算部 52 基於上述的式（B）運算流量 Q（S5）。即使在流量 Q 大的情況下，通過利用規定了流量 Q1、分流比 S 和流量 Q 的關係的式（B），從而不使容器 TA 大型化，就能夠可靠地計算流量 Q。

【0066】 此外，由於流量計算部 52 如在 S3 中所示的那樣對控制閥 CV 進行控制，所以能夠根據阻力流道的條數之比而容易地設定分流比 S。此外，通過阻力流道的條數的調整，分流比 S 的調整也變得容易。

【0067】 第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 分別是壓損元件 PL。由此，可以將陶瓷限制器、節流器等流阻元件用作壓損元件 PL。此外，在差壓式的質量流量控制器中使用的流動限制器也可以用作壓損元件 PL。

【0068】 然而，優選的是，第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 由相同種類的元件構成。例如，優選的是，第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 雙方都由陶瓷限制器構成。或者，優選的是，第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2 雙方都由流動限制器構成。在這種情況下，即使流阻元件的下游側的壓力變化，也能夠使分路流體產生的壓力損失（能量損失）在特定流道 L1 和旁通流道 L2 中相同。由此，能夠降低分流比 S 因流阻元件的下游側的壓力的變化而變動的風險。其結果，使用分流比 S 進行的主流道 L0 的流量 Q 的計算能夠以穩定的精度進行。

【0069】 〔3.流量計算裝置的其他結構〕

【0070】 圖 6 是表示流量計算裝置 1 的其他結構的說明圖。圖 6 的流量計算裝置 1 除了在圖 1 的控制閥 CV 的位置配置了壓力控制裝置 UR 以外，與圖 1 的結構相同。壓力控制裝置 UR 內置有壓力計 P4 和圖 1 的控制閥 CV。在這樣的壓力控制裝置 UR 中，通過基於壓力計 P4 的檢測值對控制閥 CV 進行控制，從而能夠控制流體的流量（在流道中流動的流體的壓力）。

【0071】 即使是圖 6 的結構，也能夠實現與圖 5 的 S3 相同的壓力控制。即，流量計算部 52 通過控制壓力控制裝置 UR 的控制閥 CV，從而能夠使第二流阻元件 RE2 的下游側的壓力 Pr3 與由特定流道用壓力感測器 P2 檢測的容器 TA 內的壓力 Pr2 一致或接近。其結果，能夠得到與上述相同的容易調整分流比 S 的效果。另外，可以認為內置於壓力控制裝置 UR 的壓力計 P4 的壓力檢測

值等於壓力 Pr3。

【0072】 另外，在圖 6 的結構中，通過控制壓力控制裝置 UR 的控制閥 CV，從而以使第二流阻元件 RE2 的下游側的壓力 Pr3 與由特定流道用壓力感測器 P2 檢測的容器 TA 內的壓力 Pr2 一致或接近的方式調整了壓力。但是，也可以預先設定表或關係式，所述表或關係式預先取得了各分路流道中的主流道用壓力感測器 P1 與特定流道用壓力感測器 P2 之間、以及主流道用壓力感測器 P1 與旁通流道用壓力感測器 P3 之間的各自的流量與壓力的關係。在這種情況下，並非如上述那樣對控制閥 CV 進行控制（即使沒有控制閥 CV），也能夠修正分路流道的壓力值的差值，實現同樣的目的。

【0073】 〔4.流量計算裝置的其他結構〕

【0074】 圖 7 是表示流量計算裝置 1 的又一其他結構的說明圖。圖 7 的流量計算裝置 1 除了將臨界噴嘴用作第一流阻元件 RE1 和第二流阻元件 RE2，且刪除了旁通流道用壓力感測器 P3 和控制閥 CV 以外，是與圖 1 的流量計算裝置 1 等同的結構。此外，流量計算方法除了刪除了 S3 的工序以外，與圖 5 所示的方法相同。

【0075】 第一流阻元件 RE1 由第一臨界噴嘴 CN1 構成。第二流阻元件 RE2 由第二臨界噴嘴 CN2 構成。第一臨界噴嘴 CN1 和第二臨界噴嘴 CN2 可以是完全相同的特性（形狀、大小、最小徑），也可以是彼此不同的特性。

【0076】 臨界噴嘴具有如下性質：如果二次側的減壓推進，流經臨界噴嘴的節流部（喉部）的流體的流速達到音速（臨界狀態），則之後無論噴嘴下游側的壓力如何下降，經過喉部的流體的流速也不會成為音速以上，流速固定於音速。因此，如果使用臨界噴嘴，則在臨界狀態下（在臨界條件下），經過臨界噴嘴的流體的流量與臨界噴嘴的二次側的壓力無關，而僅依賴於一次側的壓力來決定。即，在圖 7 中的例子中，經過臨界噴嘴的流體的流量依賴於主流道用壓力感測器 P1 的壓力 Pr1 來決定。具體地說，在臨界狀態下，通過以下的數學式 1 計算經過臨界噴嘴的流體的流量。

【0077】 [數學式 1]

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

【0078】 在數學式 1 中，qt 是流體的質量流量的理論值（kg/s），At 是臨界噴嘴的喉部的截面積（m^2），Cc 是臨界常數，Ps 是滯止壓力（Pa），Na 是流體的摩爾質量（kg/mol），Ru 是普適氣體常數（J/K·mol），Ts 是滯止溫度（K）。設比熱比為 κ，則臨界常數 Cc 由以下的數學式 2 表示。

【0079】 [數學式 2]

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

【0080】 在將表示流體的實際流量的質量流量設為 qm(kg/s) 時，流出係數 Cd 由以下的數學式 3 表示。

【0081】 [數學式 3]

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

【0082】 因此，通過由主流道用壓力感測器 P1 測定滯止壓力 Ps，從而將其他參數作為已知，根據數學式 1 和數學式 2 計算質量流量的理論值 qt，並將理論值 qt 乘以數學式 3 的流出係數 Cd，由此能夠求出臨界噴嘴的實際流量（質量流量 qm）。

【0083】 另一方面，上述的數學式 1 中的除了 Ps（滯止壓力）以外的參數由臨界噴嘴的固有值和流體（氣體）的物性參數構成。因此，在使各種氣體流動的過程中，如果 Ps 相同，則即使不知道流經各臨界噴嘴的流量自身，也知道流經各臨界噴嘴的流量之比。因此，在使用臨界噴嘴的情況下，能夠使用上述的流量之比求出分流比 S。例如，如果流經第一臨界噴嘴 CN1 的流體與流經第二臨界噴嘴 CN2 的流體的流量比為 m:n，則分流比 S 由 S=m/(m+n) 表示。

【0084】 因此，在第一流阻元件 RE1 由第一臨界噴嘴 CN1 構成、第二流阻元件 RE2 由第二臨界噴嘴 CN2 構成的情況下，不需要為了求出分流比 S 而進行圖 5 的 S3 的工序。即，即使不進行使第二流阻元件 RE2 的下游側的壓力與容器 TA 內的壓力一致的控制，也能夠取得分流比 S。因此，變得也不需要為了取得分流

比 S 而在旁通流道 L2 設置旁通流道用壓力感測器 P3 和控制閥 CV。其結果，能夠以比圖 1 更簡單的結構且以簡單的方法計算流體 F 的流量 Q。

【0085】 〔5.補充說明〕

【0086】 在圖 1 等所示的結構中，如果關閉容器 TA 的下游側的第一開閉閥 V1，則容器 TA 內的壓力 Pr2 上升。伴隨於此，可以認為由上游側的主流道用壓力感測器 P1 檢測的壓力 Pr1 也上升。通過進行伴隨特定流道 L1 中的壓力上升而計算出的流量 Q 加上伴隨上游側的主流道 L0 中的壓力上升而計算出的流量 ΔQ 的修正，從而能夠精度更高地計算流量控制設備 100 的流量 Q′（=Q+ΔQ）。另外，上述流量 ΔQ 能夠由連接流量控制設備 100 和兩個流阻元件（第一流阻元件 RE1、第二流阻元件 RE2）的流道的容積表示。能夠通過在上述的式（A）中使 P=Pr1 並求出 V，從而取得上述容積。

【0087】 〔6.程式〕

【0088】 本實施方式的流量計算裝置 1 的控制運算裝置 COM 可以由安裝了動作程式（應用軟體）的計算機構成。通過由電腦（例如控制部 50）讀取並執行上述程式，從而能夠使控制部 50 的各部分（主控制部 51、流量計算部 52、設備診斷部 53）動作，來執行上述的各處理（各工序）。這樣的程式例如通過借助網路從外部下載來取得並存儲於記憶體（存儲部 60）。上述程式例如也可以是存儲於 CD-ROM（Compact Disk-Read Only Memory：唯

讀光碟記憶體）等電腦可讀取的存儲介質，從該存儲介質讀取上述程式並存儲於上述記憶體的方式。即，本實施方式的流量計算程式是為了使電腦執行上述的本實施方式的流量計算方法的各工序的程式。此外，本實施方式的存儲介質是存儲有上述的流量計算程式的電腦可讀取的存儲介質。

【0089】 以上說明了本發明的實施方式，但是本發明的範圍不限定於此，可以在不脫離發明的主旨的範圍內進行擴展或變更來實施。

【0090】 工業實用性

【0091】 本發明例如可應用於檢查或診斷質量流量控制器這樣的流量控制設備的系統。

【符號說明】

【0092】

1:流量計算裝置

10:流道形成部件

10a:阻力流道

20:覆蓋部件

31:切口板

31a:第一貫通孔

31b:切口

32:切口覆蓋板

32a:第二貫通孔

50:控制部

51:主控制部

52:流量計算部

52a:特定流道測定部

52b:旁通流道控制部

52c:分流比計算部

52d:主流道計算部

53:設備診斷部

60:存儲部

100:流量控制設備

CN1:第一臨界噴嘴

CN2:第二臨界噴嘴

COM:控制運算裝置

CV:控制閥

F:流體

F1:第一分路流體

F2:第二分路流體

L0:主流道

L1:特定流道

L2:旁通流道

L3:匯合管線

P1:主流道用壓力感測器（主流道用壓力檢測部）

P2:特定流道用壓力感測器

P3:旁通流道用壓力感測器

P4:壓力計

PL:壓損元件

PL1:第一壓損元件

PL2:第二壓損元件

PU:泵

RE1:第一流阻元件

RE2:第二流阻元件

T:溫度感測器

T0:溫度計

TA:容器

UR:壓力控制裝置

V1:第一開閉閥

V2:第二開閉閥

【發明申請專利範圍】

【請求項1】　一種流量計算裝置，計算在主流道中流動的流體的流量，其特徵在於，包括：

特定流道和旁通流道，設置成從所述主流道分路，分流所述流體；

第一流阻元件，設置於所述特定流道；

第二流阻元件，設置於所述旁通流道；

容器，在所述特定流道中配置於所述第一流阻元件的下游側；

壓力感測器，檢測所述容器內的壓力；以及

流量計算部，基於所述容器內的所述壓力的變化計算分流到所述特定流道的第一分路流體的流量，並基於所述第一分路流體的計算流量、以及根據所述第一流阻元件和所述第二流阻元件而決定的分流比，計算在所述主流道中流動的所述流體的流量。

【請求項2】　如請求項 1 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

在將所述壓力感測器設為特定流道用壓力感測器時，

所述流量計算裝置還包括：

旁通流道用壓力感測器，配置在所述旁通流道中的所述第二流阻元件的下游側；以及

控制閥，控制經由所述第二流阻元件在所述旁通流道中流動的第二分路流體的流量，

所述流量計算部控制所述控制閥，以使由所述旁通流道用壓力感測器測定的所述第二流阻元件的下游側的壓力與由所述特定流道用壓力感測器檢測的所述容器內的壓力一致或接近。

【請求項3】　如請求項 2 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

還包括壓力控制裝置，所述壓力控制裝置內置有所述控制閥和壓力計，

所述流量計算部控制所述壓力控制裝置的所述控制閥。

【請求項4】　如請求項 2 或 3 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

所述第一流阻元件是使所述第一分路流體產生壓力損失的壓損元件，所述第二流阻元件是使所述第二分路流體產生壓力損失的壓損元件。

【請求項5】　如請求項 4 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

構成所述第一流阻元件和所述第二流阻元件的所述壓損元件是由陶瓷形成的限制器。

【請求項6】　如請求項 4 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

構成所述第一流阻元件和所述第二流阻元件的所述壓損元件是由金屬形成的限制器。

【請求項7】　如請求項 1 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

所述第一流阻元件和所述第二流阻元件是臨界噴嘴。

【請求項8】　如請求項 7 所述的流量計算裝置，其特徵在於，

還包括配置於所述主流道的主流道用壓力檢測部，

所述流量計算部在構成所述第一流阻元件和所述第二流阻元件的各臨界噴嘴中流動的各流體的流速成為音速的臨界條件下，基於使用由所述主流道用壓力檢測部檢測出的壓力而計算的流經各所述臨界噴嘴的各所述流體的流量之比，求出所述分流比。

【請求項9】　如請求項 1 至 8 中任意一項所述的流量計算裝置，其特徵在於，

還包括設備診斷部，所述設備診斷部對向所述主流道流出所述流體的流量控制設備進行診斷，

所述設備診斷部基於所述流量控制設備流出所述流體時的設定流量和由所述流量計算部計算出的在所述主流道中流動的所述流體的流量，診斷所述流量控制設備。

【請求項10】　如請求項 1 至 9 中任意一項所述的流量計算裝置，其特徵在於，

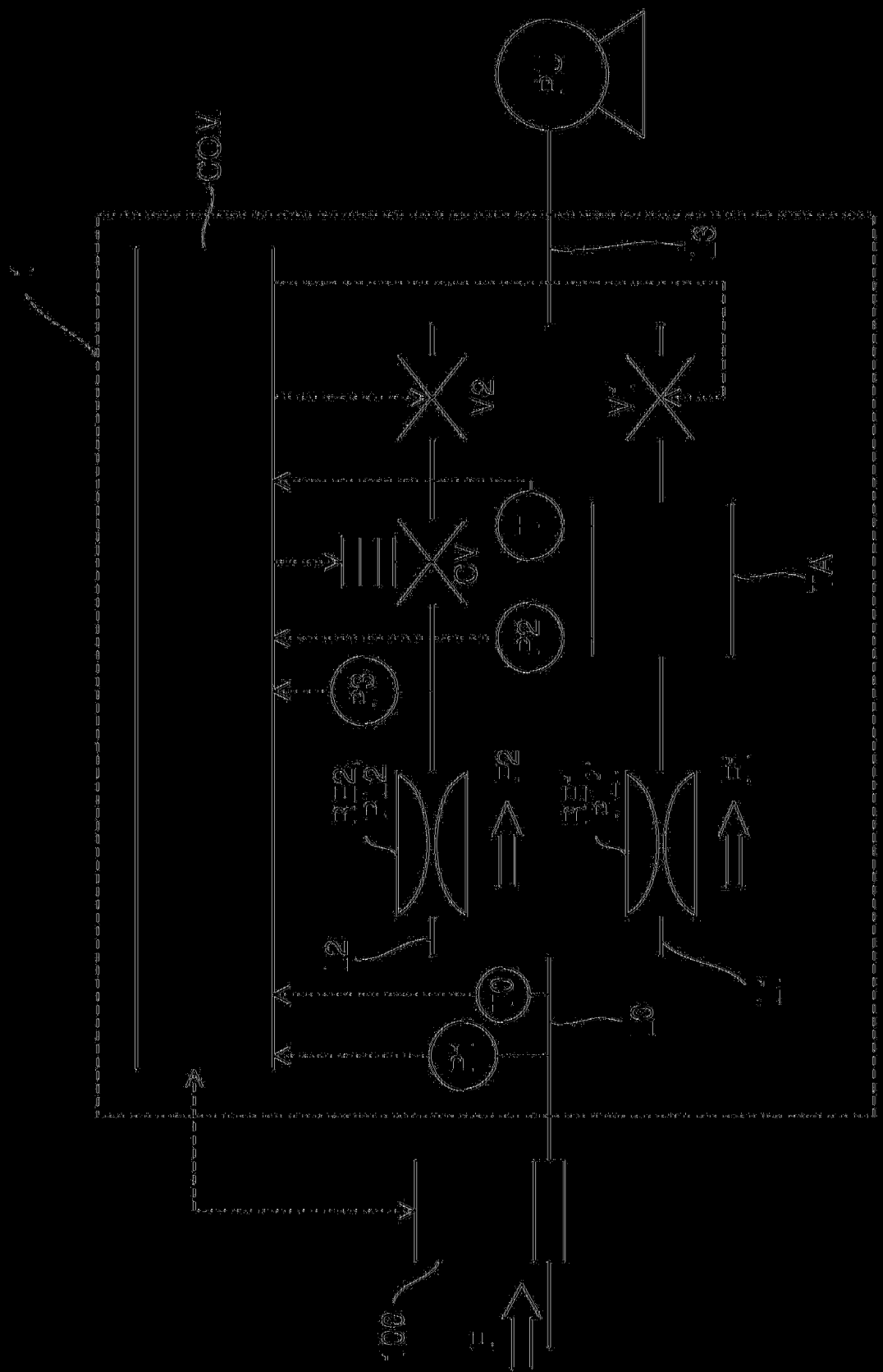
所述流量計算部將分流比設為 S，將所述第一分路流體的計算流量設為 Q1，通過運算 Q=Q1/S，從而計算在所述主流道中流動的流體的流量 Q。

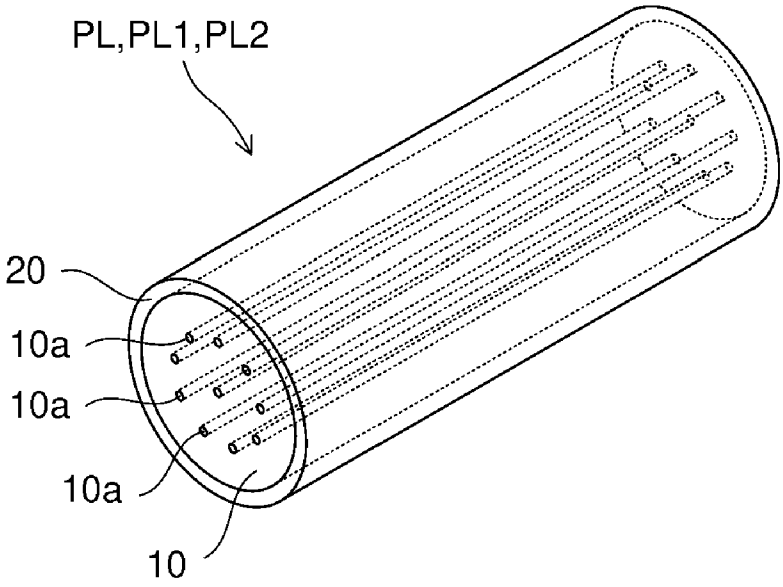
【請求項11】 一種流量計算方法，其特徵在於，具有：

當在主流道中流動的流體分流到從所述主流道分路設置的特定流道和旁通流道時，基於在所述特定流道中配置於第一流阻元件的下游側的容器內的壓力的變化，計算在所述特定流道中流動的第一分路流體的流量的工序；以及

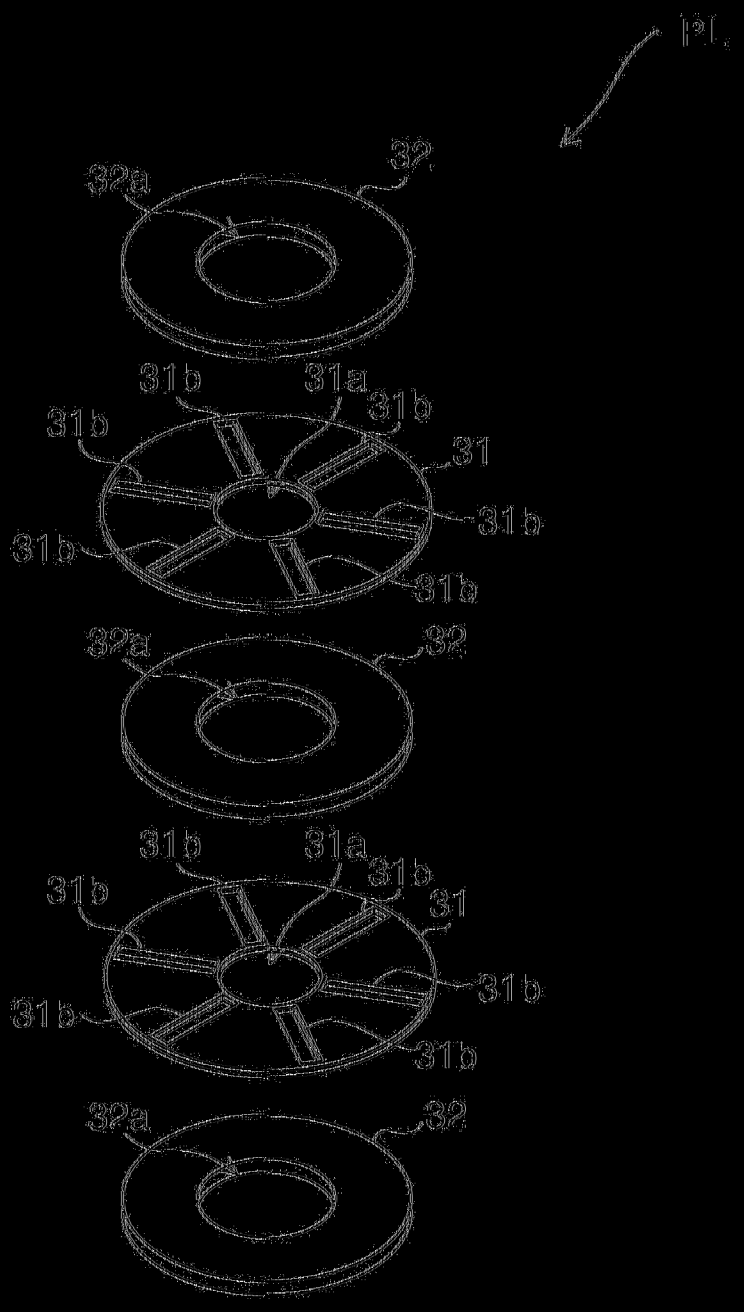
基於所述第一分路流體的計算流量、以及根據所述第一流阻元件和設置於所述旁通流道的第二流阻元件而決定的分流比，計算在所述主流道中流動的所述流體的流量的工序。

【發明圖式】

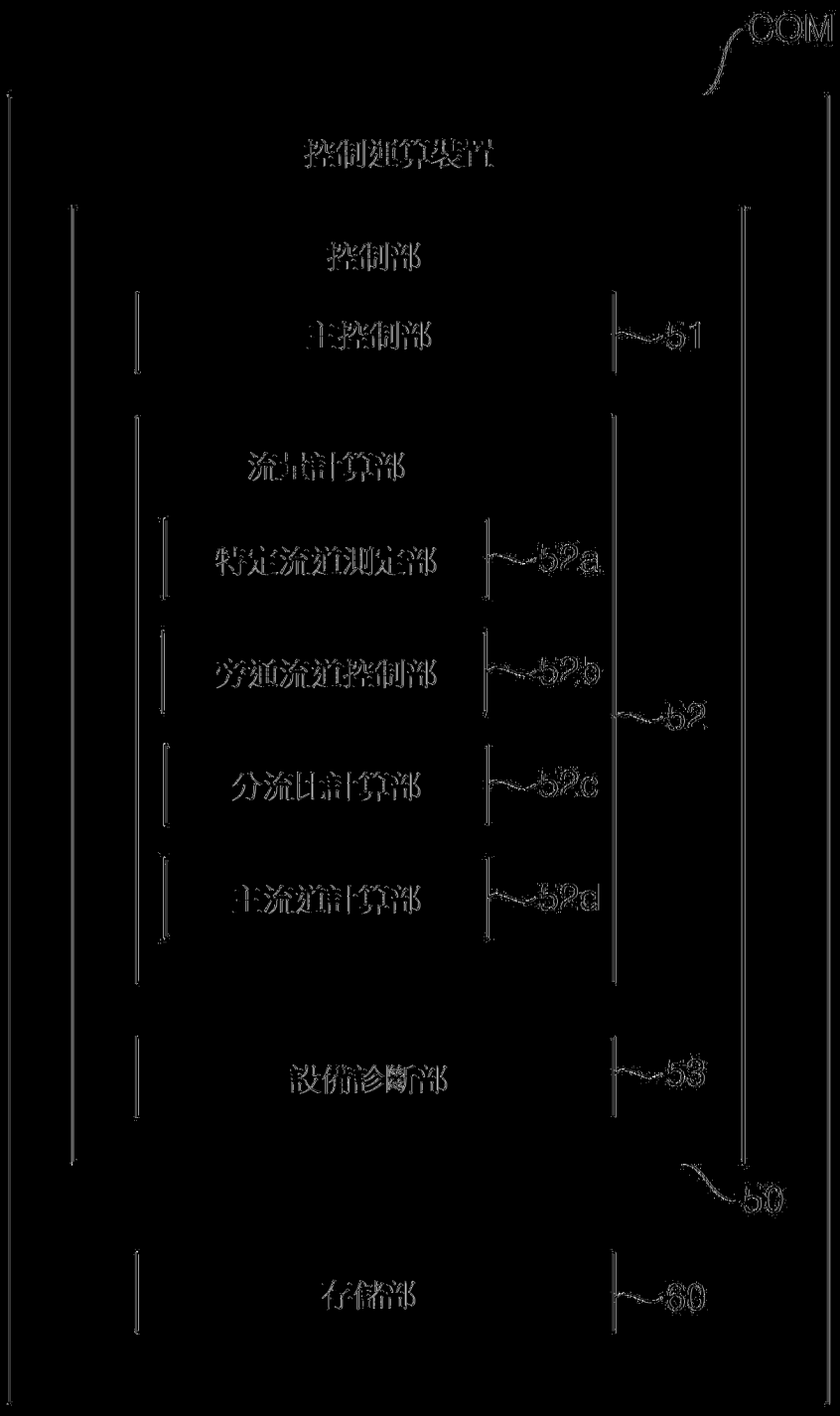




【圖2】


P1
32
32a
31b
31a
31b
31b
31
31b
31b
31b
32a
32
31b
31a
31b
31b
31
31b
31b
31b
32a
32

(圖3)


COM
控制運算裝置
控制部
主控制部
51
流量計算部
特定流道測定部
52a
旁通流道控制部
52b
52
分流比計算部
52c
主流道計算部
52d
設備診斷部
53
50
存儲部
60

(圖4)

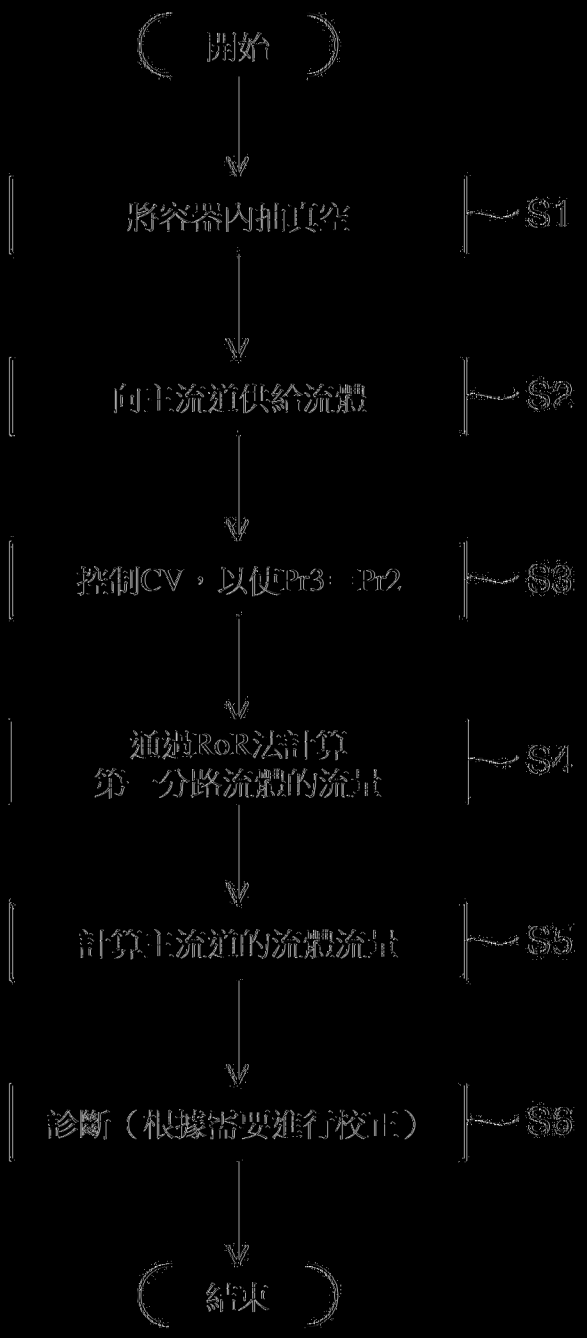

開始
將容器內抽真空
S1
向主流道供給流體
S2
控制CV，以使P3＞P2
S3
通過RoR法計算
第一分路流體的流量
S4
計算主流道的流體流量
S5
診斷（根據需要進行校正）
S6
結束

圖5

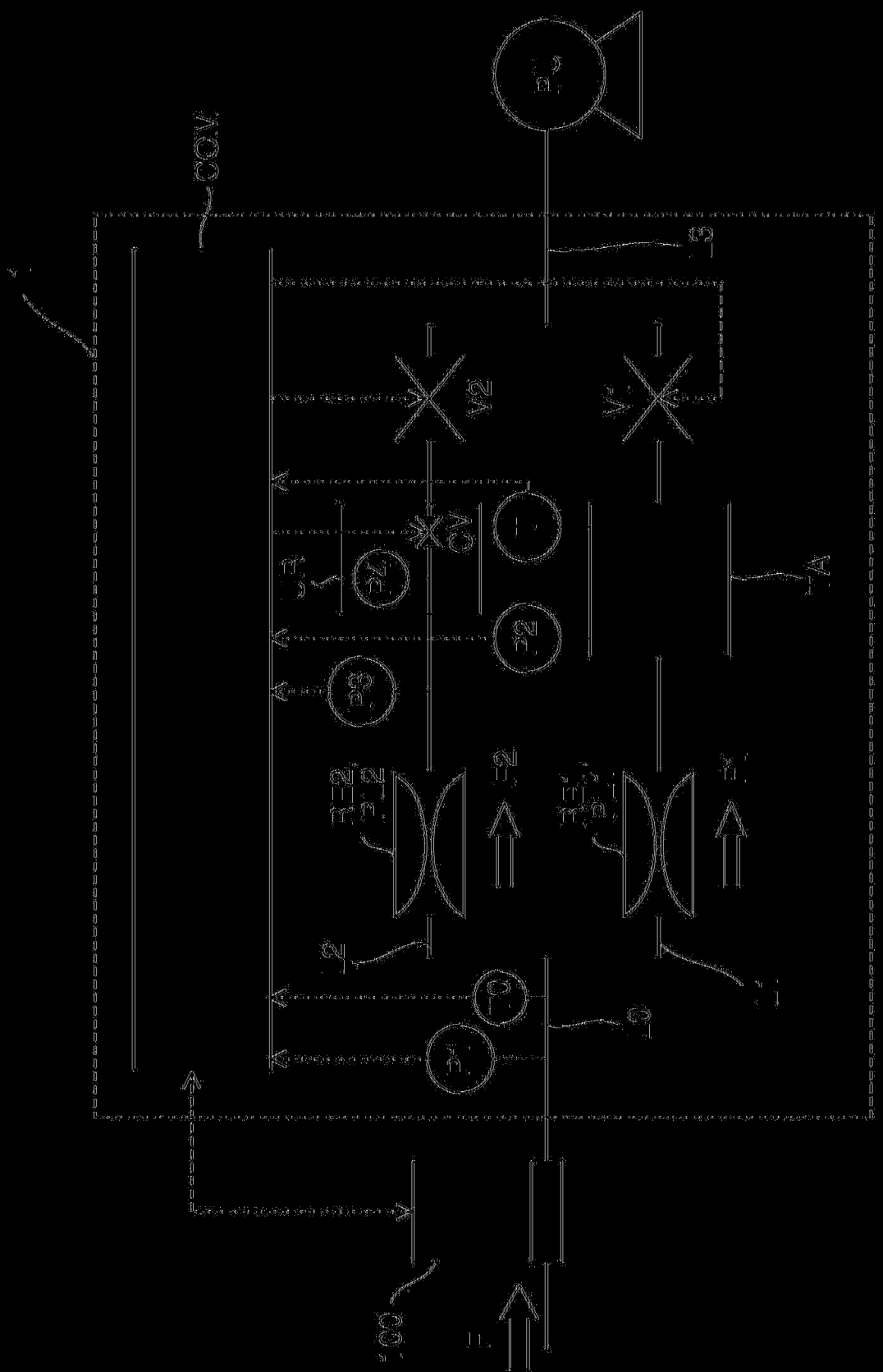
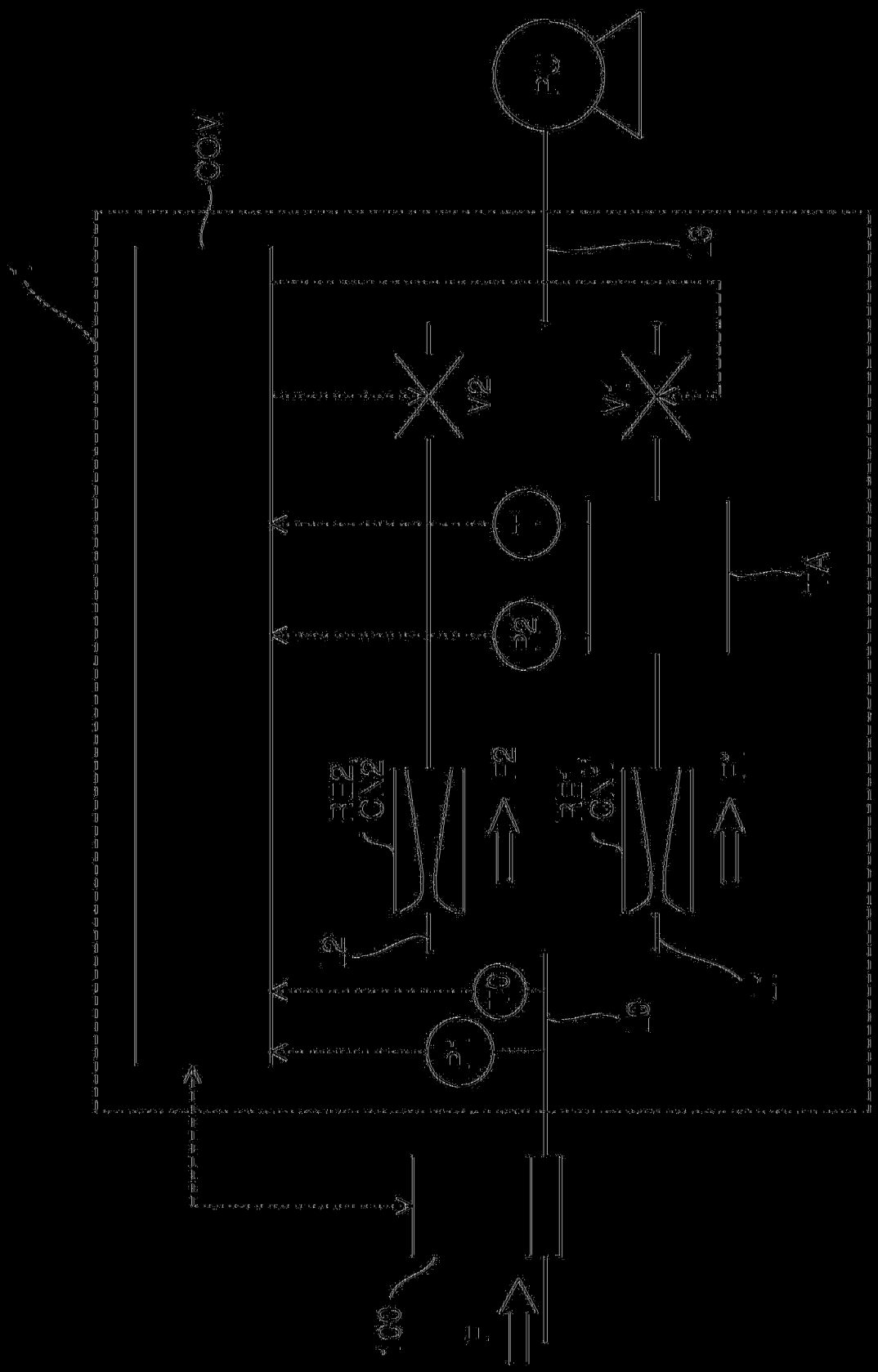


圖 6



【圖7】