(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年1月4日(04.01.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/004535 A1

(51) 国際特許分類:
G01M 3/28 (2006.01) *G01M 3/26* (2006.01)
F16K 51/00 (2006.01) *G05D 7/06* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/020791

(22) 国際出願日： 2023年6月5日(05.06.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

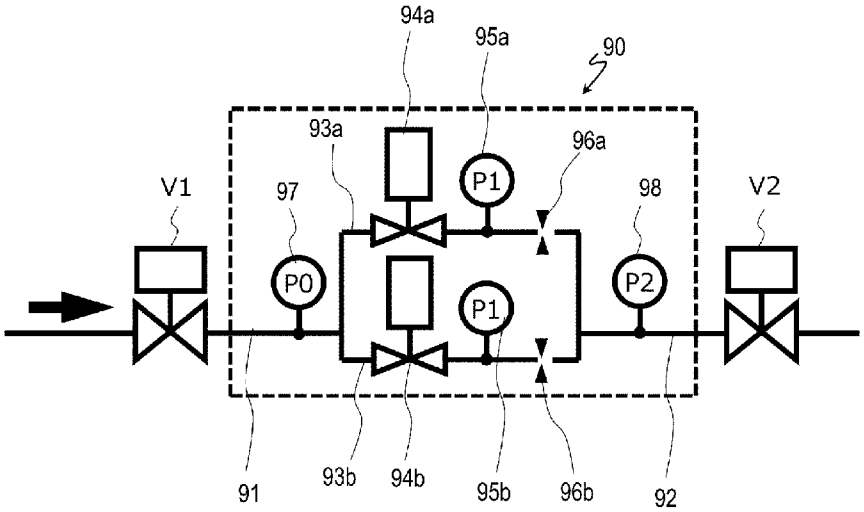
(30) 優先権データ：
特願 2022-104288 2022年6月29日(29.06.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社フジキン (**FUJIKIN INCORPORATED**) [JP/JP]; 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀２丁目３番２号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 杉田 勝幸 (**SUGITA Katsuyuki**); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀２丁目３番２号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 平田薫 (**HIRATA Kaoru**); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀２丁目３番２号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 小川 慎也 (**OGAWA Shinya**); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀２丁目３番２号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 河嶋 将慈 (**KAWASHIMA Masayoshi**); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀２丁目３番２号 株式会社フジキン内 Osaka (JP). 西野 功二 (**NISHINO Kouji**); 〒5500012 大阪府大阪市西区立売堀２丁目３番２号 株式会社フジキン内 Osaka (JP).

(54) **Title:** CONTROL VALVE SEAT LEAK DETECTION METHOD

(54) 発明の名称： コントロール弁のシートリーク検知方法



(57) **Abstract:** This seat leak detection method includes: a step (a) for closing an upstream shut-off valve and a downstream shut-off valve and inputting, into a flow rate control device, a set flow rate of 0% or a control valve forced close signal; a step (b) for measuring the feed pressure, the upstream pressure, or the downstream pressure at a first time point; a step (c) for measuring the feed pressure, the upstream pressure, or the downstream pressure at a subsequent second time point; and a step (d) for detecting a control valve seat leak on the basis of a pressure variation in the feed pressure, the upstream pressure, or the downstream pressure. In step (d), if the pressure variation in the feed pressure, the upstream pressure, or the downstream pressure between the first time point and the second time point exceeds a threshold, monitoring is performed, up to a third time point that is after the second time point, to observe whether a set flow rate other than a set flow rate of 0% has been inputted or a signal input other than that of a control valve forced close signal has taken place;

WO 2024/004535 A1

［続葉有］

(74) 代理人：谷田 龍一，外(TANIDA Ryuichi et al.)；〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町４丁目５番７号 東亜ビル Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

if such a signal input is taking place, the seat leak detection flow is ended; and if a flow rate of 0% is being maintained, the feed pressure, the upstream pressure, or the downstream pressure is measured again at the third time point and seat leak detection is carried out.

(57) 要約：シートリーク検知方法は、上流開閉弁および下流開閉弁を閉じるとともに流量制御装置に設定流量０％又はコントール弁強制閉信号を入力するステップ（ａ）と、第１の時刻において、供給圧力、上流圧力または下流圧力を測定するステップ（ｂ）と、その後の第２の時刻において、供給圧力、上流圧力または下流圧力を測定するステップ（ｃ）と、供給圧力、上流圧力または下流圧力の圧力変動に基づいて、コントロール弁のシートリークを検知するステップ（ｄ）とを含み、ステップ（ｄ）において、第１の時刻と第２の時刻とでの供給圧力、上流圧力または下流圧力の圧力変動が閾値を超えている場合に、第２の時刻後の第３の時刻までの間、設定流量として設定流量０％以外の入力又はコントール弁強制閉信号以外の信号入力がされたか否かを監視し、このような信号入力がされているときには、シートリークの検知フローを終了し、一方で、流量０％に維持されているときには、第３の時刻において供給圧力、上流圧力または下流圧力を再度測定してシートリークを検知する。

明　細　書

発明の名称 ： コントロール弁のシートリーク検知方法

技術分野

[0001]　本発明は、流量制御装置が備えるコントロール弁のシートリーク検知方法に関する。

背景技術

[0002]　半導体製造設備又は化学プラント等において、原料ガスやエッチングガスを所望の流量でプロセスチャンバに供給することが求められている。ガスの流量制御装置としては、マスフローコントローラ（熱式質量流量制御器）や圧力式流量制御装置が知られている。

[0003]　圧力式流量制御装置は、コントロール弁と絞り部（例えばオリフィスプレートや臨界ノズル）とを組み合せた比較的簡単な構成によって各種流体の質量流量を高精度に制御することができるので広く利用されている。圧力式流量制御装置は、一次側の供給圧力が大きく変動しても安定した流量制御が行えるという優れた流量制御特性を有している。

[0004]　圧力式流量制御装置には、絞り部の上流側の流体圧力（以下、上流圧力Ｐ１と呼ぶことがある）を制御することによって流量を調整するものがある。上流圧力Ｐ１は、絞り部の上流側の流路に配置されたコントロール弁の開度を調整することによって制御される。

[0005]　コントロール弁としては、例えば、ピエゾアクチュエータによってダイヤフラム弁体を開閉するように構成されたピエゾ素子駆動式バルブが用いられている。ピエゾ素子駆動式バルブは高い応答性を有しており、これを上流圧力Ｐ１に基づいてフィードバック制御することによって、絞り部の下流側に流れるガスの流量を適切に制御することができる。

[0006]　また、より幅広い流量レンジで精度よく流量制御を行うために、上流流路から分岐する並列流路のそれぞれに絞り部およびコントロール弁を設けた圧力式流量制御装置の開発が進められている（例えば、特許文献１）。並列流

路には、大流量用の絞り部と小流量用の絞り部とが設けられており、並列流路の開閉制御により、大流量レンジと小流量レンジとを切り替えてガス供給を行うことができる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：国際公開第２０１８／０７０４６４号

特許文献2：特開２０２０－８７１６４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上記のように並列流路を有する流量制御装置では、一方の流路を介してガスを流して流量制御を行っているときに、他方の流路のコントロール弁を完全に閉じて流路を遮断する場合がある。例えば、小流量用の流路のみを開いて小流量レンジでの流量制御を行う場合において、精度のよい流量制御を行うためには、大流量用の流路に設けられたコントロール弁は、通常、完全に閉じておくことが求められる。

[0009] ただし、コントロール弁を閉じたときにも、ダイヤフラム弁体とシート（弁座）との密着性が完全ではないことがあり、この場合には、シートリーク（閉弁時における弁体とシートとの間の隙間からの漏れ）が発生することがある。シートリークは、装置の使用初期の段階では生じていなくとも、バルブの開閉動作を多数回繰り返すうちに、経年劣化によって発生することがある。また、シートリークは、弁体および弁座におけるガス堆積物の発生や腐食による変質・変形などによって、装置の使用につれて発生・増大することがある。

[0010] 特に上記のような並列流路を有する流量制御装置においては、シートリークが、ガス供給中の制御流量に大きな影響を与え得るため、これを検知できることが好ましい。そして、従来の圧力式の流量制御装置は、圧力制御により流量制御を行う設計であり、圧力センサを必須として備えるものの、流量

を直接計測する手段は備えていないことも多い。このため、従来の構成に対してリーク計測のための追加構成を設けることなく、既存の構成を利用しながらコントロール弁のシートリークを検知することができれば有利であった。

[0011] このようなシートリーク発生の問題に対して、本願出願人による特許文献２には、並列流路に設けられたコントロール弁のシートリークを検知する方法が開示されている。ここでは、並列流路の上流側の共通流路に設けた上流開閉弁と、並列流路の下流側の共通流路に設けた下流開閉弁とを閉じて、並列流路を含む封止空間が形成される。また、それぞれの並列流路に設けられたコントロール弁も同時に閉じられる。

[0012] このとき、シートリークが発生していない状況では、コントロール弁の上流側の圧力と下流側の圧力とは一定値に維持されるはずである。一方で、シートリークが生じているときには、時間とともに、コントロール弁の上流側の圧力は減少し、コントロール弁の下流側の圧力は増加することになる。したがって、これらの圧力の時間による変化を監視することによって、シートリークの発生状況を把握することが可能である。

[0013] しかしながら、特許文献２に記載されているシートリーク検知方法において、流路封止時の圧力変動を監視しただけでは、検査を行うタイミングによって、誤検知が生じてしまうおそれがあることが、本発明者によって確認された。

[0014] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、流量制御装置を構成するコントロール弁のシートリークを、誤検知を防止してより正確に検知する方法を提供することをその主たる目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明の実施形態によるシートリーク検知方法は、絞り部と、前記絞り部の上流側に設けられたコントロール弁と、前記コントロール弁と前記絞り部との間に設けられ上流圧力を測定する第１圧力センサとを有する制御用流路と、前記絞り部の下流側に設けられ下流圧力を測定する第２圧力センサと、

前記コントロール弁の上流側に設けられ供給圧力を測定する流入圧力センサとを含む流量制御装置と、前記第２圧力センサの下流側に設けられた下流開閉弁と、前記流入圧力センサの上流側に設けられた上流開閉弁とを備える流体システムにおいて行われ、前記供給圧力が前記下流圧力よりも大きい状態において、前記上流開閉弁、前記下流開閉弁を閉じるとともに、前記流量制御装置に設定流量０％又は前記コントール弁強制閉信号を入力するステップ（ａ）と、前記ステップ（ａ）の後、第１の時刻において、前記流入圧力センサ、前記第１圧力センサおよび前記第２圧力センサのうちの少なくとも１つを用いて、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを測定するステップ（ｂ）と、前記第１の時刻の後の第２の時刻において、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを測定するステップ（ｃ）と、前記ステップ（ｂ）と前記ステップ（ｃ）とで測定された前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの圧力変動に基づいて、前記コントロール弁のシートリークを検知するステップ（ｄ）とを含み、前記ステップ（ｄ）は、前記第１の時刻と前記第２の時刻とでの前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの圧力変動が閾値を超えている場合に、前記第２の時刻からその後の第３の時刻までの間、設定流量として設定流量０％以外の入力又は前記コントール弁強制閉信号以外の信号入力がされたか否かを監視するステップと、前記第２の時刻から前記第３の時刻までの間に設定流量０％以外の入力又は前記コントール弁強制閉信号以外の信号入力がされているときには、シートリークの検知フローを終了するステップと、前記第２の時刻から前記第３の時刻までの間、設定流量０％又は前記コントール弁強制閉信号が維持されているときには、前記第３の時刻において、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを再度測定するステップと、前記第３の時刻において測定された前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを用いてシートリークを検知するステップとを含む。

[0016] ある実施形態において、前記制御用流路は、共通流入路と共通流出路との間に並列に複数が設けられる。

[0017] ある実施形態において、前記第１の時刻、前記第２の時刻、および、前記第３の時刻において、前記供給圧力と前記下流圧力との測定が行われ、前記供給圧力の圧力変動および前記下流圧力の圧力変動の両方に基づいてシートリークが検知される。

[0018] ある実施形態において、上記のシートリーク検知方法は、前記シートリークが検知されたときにアラームを発するステップをさらに含む。

[0019] ある実施形態において、前記ステップ（ｄ）は、前記第３の時刻における、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの測定結果と、前記第１の時刻における、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの測定結果とから求められる圧力変動に基づいて、シートリークを検知するステップを含む。

[0020] ある実施形態において、前記ステップ（ｂ）と前記ステップ（ｃ）とで測定された前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの圧力変動に基づいて、前記ステップ（ｄ）において、シートリークが生じていないと判断されたときは、前記第１の時刻から前記第２の時刻までの時間である検査間隔を空けて、再度、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの測定を行うことによって、設定流量０％が維持されている期間に、検査が繰り返される。

発明の効果

[0021] 本発明の実施形態によれば、流体システムにおいて、流量制御装置を構成するコントロール弁のシートリークをより正確に適切に検知することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]比較例の流量制御装置を示す図である。

[図2]図１に示した比較例の流量制御装置において行うシートリーク検知方法を説明するための図であり、（ａ）はシートリークなしの場合、（ｂ）はシ

ートリークなしの場合を示す。

[図3]比較例のシートリーク検知方法のより具体的な態様を説明するための図である。

[図4]比較例のシートリーク検知方法で生じ得る誤検知の動作を説明するための図である。

[図5]本発明の実施形態に係る流量制御装置を含む流体システムを模式的に示す図である。

[図6]本発明の実施形態に係る流量制御装置を模式的に示す図である。

[図7]本発明の実施形態に係る流量制御装置において行う改良されたシートリーク検知方法を説明するための図である。

[図8]本発明の実施形態に係る改良されたシートリーク検知方法のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0023] まず、本発明の実施形態について説明を行う前に、本願出願人が以前に行っていたシートリーク検知方法（比較例）と、この比較例の方法において生じる可能性がある誤検知発生のメカニズムについて説明する。

[0024] 図１は、比較例の流量制御装置９０の構成を示す。また、図２（ａ）および（ｂ）は、シートリーク検知工程における各バルブの開閉動作および供給圧力Ｐ０および下流圧力Ｐ２の時間変化を示す。図２（ａ）は、シートリークが生じていないケースを示し、図２（ｂ）は、シートリークが生じているケースを示す。

[0025] 図１に示すように、流量制御装置９０は、共通流入路９１と共通流出路９２とを有しており、共通流入路９１と共通流出路９２との間には、並列流路としての第１流路９３ａと第２流路９３ｂとが設けられている。それぞれの並列流路９３ａ、９３ｂには、コントロール弁９４ａ、９４ｂ、第１圧力センサ９５ａ、９５ｂ、絞り部９６ａ、９６ｂがそれぞれ設けられている。さらに、共通流入路９１には、コントロール弁９４ａ、９４ｂの上流側の供給圧力Ｐ０を測定する流入圧力センサ９７が設けられ、共通流出路９２には、

絞り部９６ａ、９６ｂの下流側の下流圧力Ｐ２を測定する第２圧力センサ９８が設けられている。

[0026] 流量制御装置９０において、第２流路９３ｂのコントロール弁９４ｂを完全に閉じた状態で、第１圧力センサ９５ａの出力（上流圧力Ｐ１）に基づいてコントロール弁９４ａの開度調整を行うことによって、第１流路９３ａに設けた比較的大口径の絞り部９６ａを介して、大流量レンジでの制御流量でガス供給を行うことができる。また、第１流路９３ａのコントロール弁９４ａを完全に閉じた状態で、第１圧力センサ９５ｂの出力（上流圧力Ｐ１）に基づいてコントロール弁９４ｂの開度調整を行うことによって、第２流路９３ｂに設けた比較的小口径の絞り部９６ｂを介して、小流量レンジでの制御流量でガス供給を行うことができる。

[0027] また、流量制御装置９０の上流側には上流開閉弁Ｖ１が設けられており、流量制御装置９０の下流側には下流開閉弁Ｖ２が設けられている。流量制御装置９０を含む流体システムは、流量制御装置９０の上流側および下流側の両方で、流路を遮断することができるように構成されている。

[0028] 流量制御装置９０において、コントロール弁９４ａ、９４ｂのシートリークの検知は、図２（ａ）および図２（ｂ）に示すように、上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２を同時に閉じるとともに、コントロール弁９４ａ、９４ｂのうちの一方の開いている側を閉じる（設定流量入力ＩＮを任意のＸ％から０％に変更する、又は、コントロール弁９４ａ、９４ｂに対して強制的な閉信号が入力する）ことによって行われる。以下、本明細書では、コントロール弁９４ａ、９４ｂに対する強制的な閉信号に関する説明は省略し、設定流量を０％とする構成について説明する。なお、任意のＸ％で流量制御を行っている状態において、流量制御のために用いていない側の他方のコントロール弁９４ａ、９４ｂは通常は閉じられている。流量制御装置９０は、ガス供給の停止期間など、制御流量が０％になるタイミングで、シートリークの検知工程を実行することができる。

[0029] 図２（ａ）に示すように、シートリークが生じていないときには、各バル

ブＶ１、Ｖ２、９４ａ、９４ｂが閉じられた状態で、供給圧力Ｐ０は、バルブを閉じる前と略同じ一定の値に維持されるものと考えられる。また、絞り部９６ａ、９６ｂの下流側の下流圧力Ｐ２も、初期に少し上昇した後、概ね一定の値に維持されるものと考えられる。

[0030] 初期に下流圧力Ｐ２が上昇する理由は、開いていた方のコントロール弁９４ａ、９４ｂと対応する絞り部９６ａ、９６ｂとの間の上流圧力Ｐ１が、下流圧力Ｐ２よりも大きく、コントロール弁９４ａ、９４ｂを閉じた後も、絞り部９６ａ、９６ｂを介してガスが少し流入するためである。そして、ある程度時間がたつと、絞り部９６ａ、９６ｂを挟んでの差圧が解消するため、上流圧力Ｐ１と下流圧力Ｐ２とは同じ大きさになる。また、その後も、上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２が閉鎖されている限り、上流圧力Ｐ１および下流圧力Ｐ２は通常は同じ大きさに維持される。

[0031] 一方、図２（ｂ）に示すように、シートリークが生じている場合、各バルブＶ１、Ｖ２、９４ａ、９４ｂが閉じられた状態で、コントロール弁の上流側の供給圧力Ｐ０は、時間とともに減少する。これとは反対に、上流圧力Ｐ１および下流圧力Ｐ２は、時間とともに増加する。

[0032] したがって、バルブを閉じた後の流路封鎖状態において、所定時間経過後の圧力安定期において、供給圧力Ｐ０の時間変化および下流圧力Ｐ２（または上流圧力Ｐ１）の時間変化を測定することによって、シートリークの発生の有無を検知することができる。

[0033] また、図２（ｂ）に示すように、シートリークが生じている場合、リーク流量によって、ΔＰ０／Δｔまたは－ΔＰ２／Δｔの傾きが変化する。より詳細には、ΔＰ０／Δｔまたは－ΔＰ２／Δｔは、リークガスの質量流量に概ね比例するものと考えられる。したがって、計測したΔＰ０／Δｔまたは－ΔＰ２／Δｔの傾きからリーク流量を推定し、これを通常の流量に加算することによって、より正確な流量としての補正流量を求めることもできる。

[0034] 図３は、より具体的なシートリーク検査工程の例を示す図である。ここでは、図３に示すように、シートリーク検知を開始するために、０％流量設定

が入力され、また、ここでは省略しているが上流開閉弁Ｖ１、下流開閉弁Ｖ２も同時に閉鎖される。

[0035] そして、圧力が安定するまでの所定の初期時間Δｔ$_0$（例えば１～５秒間）が経過した後の時刻ｔ０において、供給圧力Ｐ０および下流圧力Ｐ２について、最初の圧力測定が行われる。得られた圧力値Ｐ０$_1$およびＰ２$_1$は、メモリに格納される。次に、生じ得る圧力変動を待つための所定時間Δｔ（例えば３０～６０秒）が経過した時刻ｔ１において、供給圧力Ｐ０および下流圧力Ｐ２について、次の圧力測定が行われ、圧力値Ｐ０$_2$およびＰ２$_2$が得られる。

[0036] そして、時刻ｔ０における圧力値と、時刻ｔ１における圧力値との比較を行うことによって、１回目のシートリークの検知を行う。本例では、圧力変動ΔＰ０として、圧力差Ｐ０$_1$－Ｐ０$_2$が求められ、圧力変動ΔＰ２として、圧力差Ｐ２$_2$－Ｐ２$_1$が求められる。

[0037] ここで、圧力変動ΔＰ０が所定の閾値（例えば１．０ｋＰａ）を超えており、かつ、圧力変動ΔＰ２が所定の閾値（例えば１．５ｋＰａ）を超えているときには、シートリークが発生していると判断して、ユーザにこれを通知するアラームを発するとともに、動作不良が生じていると判断して装置を停止させる。

[0038] 同様に、同じ所定時間Δｔが経過した時刻ｔ２において２回目の検査が行われ、ここでは、Ｐ０$_3$およびＰ２$_3$が測定されるとともにΔＰ０（＝Ｐ０$_2$－Ｐ０$_3$）およびΔＰ２（＝Ｐ２$_3$－Ｐ２$_2$）が閾値を超える場合にはシートリークありと判断する。また、同じ所定時間Δｔが経過した時刻ｔ３において３回目の検査が行われ、ここでは、Ｐ０$_4$およびＰ２$_4$が測定され、ΔＰ０（＝Ｐ０$_3$－Ｐ０$_4$）およびΔＰ２（＝Ｐ２$_4$－Ｐ２$_3$）が閾値を超える場合にはシートリーク有りと判断する。

[0039] 以上のようにして、所定間隔で行う複数回の検査によって、シートリークの発生を、より確実に検知することが可能である。しかしながら、一方で、検査のタイミングと、検査終了後にバルブを開いて、再度、制御流量でのガ

ス供給を開始するタイミングとが重なったときには、実際にはシートリークが生じていないにも関わらず、シートリーク発生と誤検知される可能性があることがわかった。

[0040] 図４は、上記の複数回のシートリーク検査を行うときに、Ｎ回目の検査のタイミングと、検査終了後に通常の流量制御に戻る期間とが偶発的に重なってしまい、このことが原因で誤検知が生じるメカニズムを説明するための図である。

[0041] 図４に示すように、１回目からＮ－１回目までの検査は、図３に示したように通常通り行われており、ここでは、シートリークは発生しておらず、各バルブを閉鎖後に、供給圧力Ｐ０および下流圧力Ｐ２が概ね一体の値に維持されている。この状況において、各検査タイミングでは、圧力変動ΔＰ０およびΔＰ２が閾値を超えることはないため、アラームが発せられることはない。

[0042] ただし、Ｎ－１回目の検査の後、所定時間Δｔが経過した時刻ｔｎにおけるＮ回目の検査を行う直前に、任意の制御流量Ｙ％での通常動作に戻る命令が出される場合がある。この場合、時刻ｔａにおいて、上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２が同時に開放されて、上流側からのガスを、流量制御装置９０を介して流量制御したうえで下流側に流す状態に移行する。

[0043] ところが、実際には、流量制御装置９０の動作制御遅延が生じることがあり、指令を受け取った時刻ｔａでは、まだ、コントロール弁９４ａ、９４ｂは開かれていないケースが発生し得る。この場合、実際にコントロール弁の開閉制御が始まり制御流量Ｙ％での動作制御が行われる時刻ｔｂまでの期間（例えば１秒以内）に、Ｎ回目の検査のタイミングが偶発的に訪れてしまうと、動作遅延により制御流量が０％と認識されてしまうことに起因して、Ｎ回目の検査を取りやめずにそのまま行ってしまうケースが、多くはないもののあり得る。

[0044] そして、流量制御装置１０の上流側には、排気ラインが設けられていることがあり、制御流量を変化させるタイミングで上流側を排気する場合がある

。このため、時刻ｔａにおいて上流開閉弁Ｖ１を開いたときに、排気によって供給圧力Ｐ０が低下するケースがある。一方、流量制御装置１０の下流側には、希釈ガスなどの供給ラインが設けられている場合がある。このため、時刻ｔａにおいて下流開閉弁Ｖ２を開くと、下流開閉弁Ｖ２よりも下流側の圧力がより高い状態においては、下流圧力Ｐ２が上昇するケースがある。

[0045] そして、このような上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２がともに開いた後の状態で行われるＮ回目の検査においては、図４に示すように、供給圧力Ｐ０が閾値を超えて低下し、かつ、下流圧力Ｐ２が閾値を超えて上昇しているときがある。したがって、実際にはシートリークが生じていないにも関わらず、供給圧力Ｐ０および下流圧力Ｐ２の変動がシートリーク判定の条件式を満たしてしまい、これによって誤検知が発生してしまう場合があった。

[0046] このように、検知期間における設定流量０％から任意のＹ％流量での流量制御に移行する期間において、流量制御装置９０の制御に遅延があり、この遅延期間中に偶然にもシートリーク検知のタイミングが重なってしまうと、誤検知が生じる場合がある。そして、シートリークを誤検知したときにも、アラームを発してしまい、通常は、装置の動作を停止させることになる。この場合、半導体製造プロセスにおいて、チャンバ内のウエハが不良品扱いとなるため、多大な損害が生じる。

[0047] これに対して、以下に説明する本発明の実施形態にかかるシートリーク検知方法においては、上記のような流量切替え直前の検査タイミングでの誤検知を防止するために、最初にアラーム発動条件を満たしたとしても、すぐにはアラームを発動させず、設定された時間経過後に再検査を行い、その結果に基づいてアラームを発動するか否かを決定するようにしている。

[0048] 図５は、本発明の実施形態によるシートリーク検知方法が実施される流量制御装置１０を含む流体システム１００を示す。流体システム１００は、ガス供給源２と、ガス供給源２から供給されるガスの流量を制御するための流量制御装置１０と、流量制御装置１０を介してガスが供給されるプロセスチャンバ４と、プロセスチャンバ４に接続された真空ポンプ６とを備えている

。

[0049] 真空ポンプ６は、プロセスチャンバ内および流路内を真空引きするために用いられる。ガス供給源２からは、原料ガス、エッチングガスまたはキャリアガスなどの半導体の製造プロセスに用いられる種々のガスがプロセスチャンバ４に供給される。なお、図５には１系統のガス供給ラインのみが示されているが、プロセスチャンバ４には多数のガス供給ラインが接続されていてもよいことは言うまでもない。

[0050] 流体システム１００において、流量制御装置１０の上流側には上流開閉弁Ｖ１が設けられており、流量制御装置１０の下流側には下流開閉弁Ｖ２が設けられている。流体システム１００は、流量制御装置１０の上流側および下流側の両方で流路を遮断することができるように構成されている。上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２としては、遮断性および応答性が良好なバルブを用いることが好適であり、例えば、空気駆動弁（ＡＯＶ）、電磁弁（ソレノイドバルブ）、または電動弁などのオンオフ弁が用いられる。

[0051] 図６は、図５に示した流体システム１００における、流量制御装置１０、上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２を示す。図示する態様では、上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２は、流量制御装置１０の外側に設けられているが、これらは、流量制御装置１０の内部に組み込まれていてもよい。

[0052] 図６に示すように、流量制御装置１０は、共通流入路１１と共通流出路１２とを有しており、共通流入路１１と共通流出路１２との間には、並列流路１３ａ、１３ｂとしての第１流路１３ａと第２流路１３ｂとが設けられている。並列流路１３ａ、１３ｂには、コントロール弁１４ａ、１４ｂ、第１圧力センサ（上流圧力Ｐ１を測定する上流圧力センサ）１５ａ、１５ｂ、絞り部１６ａ、１６ｂが設けられており、各々、流量制御を行うための制御用流路として用いられる。各流路１１、１２、１３ａ、１３ｂは、例えば、金属製ブロックに設けられた細穴によって形成されるが、これに限られず、配管によって形成されていてもよい。

[0053] また、共通流入路１１には、コントロール弁１４ａ、１４ｂの上流側の供

給圧力Ｐ０を測定する流入圧力センサ１７が設けられ、共通流出路１２には、絞り部１６ａ、１６ｂの下流側の下流圧力Ｐ２を測定する第２圧力センサ（下流圧力センサ）１８が設けられている。流量制御装置１０は、図１に示した比較例の流量制御装置９０と同様の構成を有していてよい。

[0054] 流入圧力センサ１７は、コントロール弁１４ａ、１４ｂの上流側である限り、共通流入路１１ではなく、並列流路１３ａ、１３ｂのいずれかに設けられていても良い。また、第２圧力センサ１８は、絞り部１６ａ、１６ｂの下流側である限り、共通流出路１２ではなく、並列流路１３ａ、１３ｂのいずれかに設けられていても良い。

[0055] また、図示しないが、流量制御装置１０には、ガスの温度を測定するための温度センサが設けられていてもよい。温度センサとしては、例えばサーミスタを用いることができる。温度センサの出力は、より精度高く流量を制御するために用いられ得る。

[0056] コントロール弁１４ａ、１４ｂとしては、例えば、弁体としての金属製ダイヤフラムと、これを駆動する駆動装置としてのピエゾ素子（ピエゾアクチュエータ）とによって構成されたピエゾ素子駆動式バルブが用いられる。ピエゾ素子駆動式バルブは、ピエゾ素子への駆動電圧に応じて開度を任意に変更することが可能なように構成されており、駆動電圧の制御により任意開度に調整することが可能である。流入圧力センサ１７、第１圧力センサ１５ａ、１５ｂ、第２圧力センサ１８としては、例えばシリコン単結晶のダイヤフラムとこれに固定されたセンサチップとを内蔵するタイプの圧力センサが用いられる。

[0057] さらに、流量制御装置１０は、制御回路１９を有している。制御回路１９は、回路基板上に設けられたＣＰＵ、ＲＯＭやＲＡＭなどのメモリ（記憶装置）、Ａ／Ｄコンバータ等を含んでおり、後述する動作を実行するように構成されたコンピュータプログラムを含んでいてよく、ハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせによって実現される。本実施形態において、制御回路１９は、通常の流量制御時には、上流圧力Ｐ１に基づくコントロール弁の

フィードバック制御によって、流量制御を行うことができるように構成されている。

[0058] また、制御回路１９は、シートリーク検知時において、供給圧力Ｐ０、下流圧力Ｐ２（または上流圧力Ｐ１）の経時的な測定結果に基づいてコントロール弁１４ａ、１４ｂのシートリークを検知できるように構成されている。制御回路１９の一部または全ての構成要素は、流量制御装置１０の外部に設けられていてもよく、上流開閉弁Ｖ１および下流開閉弁Ｖ２の動作を制御するための外部制御ユニットの一部として設けられていてもよい。

[0059] この構成において、第１流路１３ａは、大流量のガスを流すときの制御用流路として用いられ、第２流路１３ｂは、小流量のガスを流すときの制御用流路として用いられる。典型的には、第１流路１３ａに設けられた絞り部１６ａの口径は、第２流路１３ｂに設けられた絞り部１６ｂの口径よりも大きく形成されている。絞り部１６ａ、１６ｂとしては、例えば、オリフィスプレート、臨界ノズル、または、スリット構造などが用いられる。オリフィスまたはノズルの口径は、例えば１０μｍ～２５００μｍに設定される。

[0060] 流量制御装置１０において、コントロール弁１４ｂを完全に閉じた状態で、第１圧力センサ１５ａの出力（上流圧力Ｐ１）に基づいてコントロール弁１４ａの開度調整を行うことによって、大流量レンジでの制御流量でガス供給を行うことができる。また、コントロール弁１４ａを完全に閉じた状態で、第１圧力センサ１５ｂの出力（上流圧力Ｐ１）に基づいてコントロール弁１４ｂの開度調整を行うことによって、小流量レンジでの制御流量でガス供給を行うことができる。流量制御装置１０が制御可能な流量の最大値を１００％（フルスケール流量）としたとき、大流量用の第１流路１３ａは、例えば、５～１００％の流量範囲で流量制御を行うときに用いられ、小流量用の第２流路１３ｂは、例えば、０．１～５％の流量範囲で流量制御を行うときに用いられる。

[0061] 流量制御装置１０において、公知の圧力式流量制御装置と同様の方法によって流量制御を行うことができる。具体的には、臨界膨張条件（Ｐ１≧約２

×Ｐ２：アルゴンガスの場合）を満たすときには、流量Ｑ＝Ｋ１・Ｐ１（Ｋ１は流体の種類と流体温度に依存する比例係数）の関係にしたがって第１圧力センサ１５ａ、１５ｂの出力（すなわち上流圧力Ｐ１）から演算流量を求め、演算流量が設定流量と同じになるようにコントロール弁１４ａ、１４ｂのいずれかをフィードバック制御することによって、所望の流量に制御することができる。

[0062] また、非臨界膨張条件下では、流量Ｑ＝Ｋ２・Ｐ２^{m}（Ｐ１－Ｐ２）^{n}（Ｋ２は流体の種類と流体温度に依存する比例係数、指数ｍ、ｎは実際の流量から導出された値）の関係にしたがって第１圧力センサ１５ａ、１５ｂの出力（すなわち上流圧力Ｐ１）および第２圧力センサ１８の出力（すなわち下流圧力Ｐ２）から演算流量を求め、演算流量が設定流量と同じになるようにコントロール弁１４ａ、１４ｂのいずれかをフィードバック制御することによって、所望の流量に制御することができる。

[0063] 上記のように一方の流路のみをガスが流れるようにするために、他方の流路に設けられたコントロール弁１４ａ、１４ｂは完全に閉じることができるように構成されていることが好ましい。このために、コントロール弁１４ａ、１４ｂのシートとして樹脂製（例えば、ポリクロロトリフルオロエチレン（ＰＥＴＦＥ）製）のシートを用いてもよい。樹脂製のシートを用いれば、コントロール弁を閉じたときの気密性を向上させることができるので、流路切り替えを好適に行うことができる。また、コントロール弁１４ａ、１４ｂの弁体（金属ダイヤフラム）におけるシートとの当接面に、樹脂製の薄膜を形成しておいてもよい。

[0064] 以下、本実施形態によるシートリークの検知方法を説明する。シートリークの検知は、図２（ａ）、図２（ｂ）および図３に示した比較例の方法と同様に、まず、開いている状態の上流開閉弁Ｖ１、下流開閉弁Ｖ２を閉じるとともに、流量制御装置１０に対しては、０％設定流量を入力（またはコントール弁強制閉信号を入力）することによって行われる。これにより、上流開閉弁Ｖ１、下流開閉弁Ｖ２およびコントロール弁１４ａ、１４ｂが、全て閉

じられた状態が形成される。

[0065] そして、図３に示した比較例の方法と同様に、圧力安定待ちが完了した時刻ｔ０（第１の時刻）において、供給圧力Ｐ０および下流圧力Ｐ２（または上流圧力Ｐ１）の最初の圧力測定を行う。そして、予め設定された所定時間Δｔが経過後の時刻ｔ１（第２の時刻）において、圧力変動ΔＰ０（＝$Ｐ０_1$－$Ｐ０_2$）およびΔＰ２（＝$Ｐ２_2$－$Ｐ２_1$）が検出され、それらの大きさがともにそれぞれの閾値を超えるかによって、シートリークの有無を判断する。１回目の検査でシートリークが確認されなかったときには、同じように所定時間Δｔを経過させ、２回目以降の検査を同様にして行う。

[0066] これらの検査において、シートリークが発生していると判断されたときは、従来は、その時点でアラームを発して装置の動作を停止していた。シートリークは、コントロール弁１４ａおよびコントロール弁１４ｂのいずれか一方、または、両方に生じている可能性があり、流量制御の精度が低下している状態であると判断できる。これに対して、本実施形態では、一度シートリークが発生していると判断されたときにも、即座にはアラームを通知して装置の動作を停止させずに、所定の期間を経ての再検査を行う。

[0067] 図７は、Ｎ－１回目の検査まではシートリークなし（ＯＫ）と判断されていたが、Ｎ回目の検査において、供給圧力Ｐ０の圧力変動ΔＰ０Ａが所定の閾値を超え、かつ、下流圧力Ｐ２の圧力変動ΔＰ２Ａが所定の閾値を超えたために、シートリークの疑いあり（ＮＧ）と判断されたケースを示す。

[0068] 図７に示すように、本実施形態では、Ｎ回目の検査でＮＧと判断された場合、追加待機時間Δｔｒを空けてから時刻ｔｎ’（第３の時刻）においてＮ回目検査の再検査を行う。このとき、追加待機時間Δｔｒは、典型的には、通常の検査間隔となる所定時間Δｔよりも小さい値（例えば半分以下）に設定される。また、追加待機時間Δｔｒは、典型的には、上述した通常の流量制御動作に戻るときに生じ得る制御遅延の時間よりも長く設定される。追加待機時間Δｔｒは、例えば１～５秒に設定されてよく、後に任意に設定変更可能なパラメータ値として設定されていてよい。

[0069] ここで、本実施形態のシートリーク検知方法は、設定流量入力ＩＮが０％であるときにのみ、検査を有効とし、設定流量入力ＩＮが０％以外の任意のＹ％流量のとき（すなわちＩＮ≠０％）のときには、検査を無効とする。このため、図４に示したような、Ｙ％流量での流量制御に移行するときは、追加待機時間Δｔｒを経過した後に行う再検査のタイミングにおいては、設定流量入力ＩＮが０％ではないと判定され、検査自体が無効（検査を実施しない）と判断されることが期待される。したがって、シートリークによるものではなく、通常の流量制御への移行の際の制御遅延によって生じ得る圧力変動に起因するシートリーク誤検知を防ぐことができる。

[0070] また、再検査では、例えば、図７に示すように、Ｎ－１回目の圧力測定値と、再検査時の圧力測定値から得られる、圧力変動ΔＰ０ＢおよびΔＰ２Ｂが、いずれも所定の閾値を超えたか否かによって、シートリークの有無が判定され、アラームを発動するか否かが判断される。このとき、実際にシートリークが生じている状況では、前段検査時の圧力変動ΔＰ０ＡおよびΔＰ２Ａだけでなく、再検査時の圧力変動ΔＰ０ＢおよびΔＰ２Ｂも閾値を超えることが想定される。このため、適切にシートリークを検知して、アラームを通知することができる。

[0071] 図８は、本実施形態にかかるシートリーク検知方法の手順を示すフローチャートである。まず、シートリーク検知フローが開始されると、ステップＳ１に示すように、設定流量入力ＩＮが０％以外であるかどうかが判定される。ここで、ＩＮが０％以外であるとき（ステップＳ１のＹＥＳ）は、リーク検知に進むことはなく、ステップＳ２に示すようにフローを終了させる。

[0072] 一方、ステップＳ１において、設定流量入力ＩＮが０％であるとき（ステップＳ１のＮＯ）は、ステップＳ３に示すように、初期時間Δt_0が、設定された安定待ち時間Ｘに達するまでタイマーループＴＬにより時間経過待ちする。安定待ち時間Ｘは、例えば、１ｓｅｃである。

[0073] そして、安定化待ち時間Ｘになったとき（ステップＳ３のＹＥＳ）には、ステップＳ４に示すように、最初の圧力測定が行われる。本例では、供給圧

力Ｐ０と下流圧力Ｐ２の測定が行われ、その値（ここでは値Ａとする）がメモリに格納される。

[0074] 次に、ステップＳ５に示すように、再度、設定流量入力ＩＮが０％以外であるか否かが判定され、設定流量入力ＩＮが０％以外であったときには、ステップＳ６に示すように、シートリーク検知のフローを終了させる。

[0075] 一方、ステップＳ５において、設定流量入力ＩＮが０％であったときは、ステップＳ７に示すように、時間Δｔが、設定された検査間隔Ｙに達するまでタイマループＴＬにより時間経過待ちする。そして、検査間隔Ｙに達したときは、ステップＳ８に示すように、供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２の測定が行われ、その値（ここでは値Ｂとする）がメモリに格納される。検査間隔Ｙは、例えば、４５ｓｅｃである。

[0076] 次に、ステップＳ９に示すように、供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２とのそれぞれについて、得られた圧力測定値ＡとＢとを比較して、シートリーク発生の有無が判定される。本例では、供給圧力Ｐ０について、圧力変動Ａ－Ｂが、閾値ａを超えるか否かと、下流圧力Ｐ２について、圧力変動Ｂ－Ａが、閾値ｂを超えるか否かとの、２つの条件式をいずれも満足するかどうかが判定される。ａは、例えば、１．０ｋＰａであり、ｂは、例えば、１．５ｋＰａである。

[0077] ステップＳ９においてシートリーク無しと判断されたときは、ステップＳ１６に示すように、前回値を示すＡにＢを代入するとともにタイマリセットし、ステップＳ５に戻る。これにより、設定流量入力ＩＮが０％の条件下で、設定された検査間隔Ｙがさらに経過した後の、次の検査を継続して行うことができる。

[0078] 一方、ステップＳ９において、両方の条件式を満たす場合、シートリーク発生の疑いがあるが、本実施形態では、すぐにアラームを発するのではなく、アラームトリガとして扱い、再検知フローのステップＳ１０～Ｓ１４へと移行する。ステップＳ１０～Ｓ１４は、本実施形態の検知方法で用いる新規ファームウエアにおいて追加された部分である。なお、上述した比較例の検

知方法では、ステップＳ９の判定においてＹＥＳと判定されたときには、直接ステップＳ１５のアラームを通知するステップに移行していた。

[0079] この再検知フローにおいて、まず、ステップＳ１０に示すように、設定流量入力ＩＮが０％以外であるか否かが判定される。ここで、設定流量入力ＩＮが０％以外であったときには、ステップＳ１１に示すように、シートリーク検知のフローを終了させる。

[0080] 一方、ステップＳ１０において、設定流量入力ＩＮが０％であったときには、ステップＳ１１に示すように、シートリーク検知フローを継続させる。そして、再検査を行うために、ステップＳ１２に示すように、追加待機時間Δｔｒが延長時間Ｚに達するまでタイマーループＴＬにより時間経過待ちする。延長時間Ｚは、例えば、５ｓｅｃである。

[0081] この追加待機時間Δｔｒが経過するまでのタイマーループの間、ステップＳ１０において、設定流量入力ＩＮが０％以外であると確認されたときには、ステップＳ１１に移行してシートリーク検知のフローを終了させる。このため、図４に示したようなタイミングで、一度はステップＳ９においてシートリーク有りと判定され、その後、制御遅延（通常は数秒未満）によって設定流量入力ＩＮがＹ％に移行した場合であっても、ステップＳ１０からの分岐によりステップＳ１１においてフローを終了させることができる。したがって、実際にはシートリークが発生していないにも関わらず、圧力変動ΔＰ０およびΔＰ２が閾値を超えたために発生してしまっていた誤検知を防止することができる。

[0082] 追加待機時間Δｔｒが経過した後は、ステップＳ１３において、供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２の再測定が行われ、その値（ここでは更新された値Ｂとする）がメモリに格納される。そして、ステップＳ１４において、供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２とのそれぞれについて、得られた圧力測定値ＡとＢ（更新値）とを比較して、シートリーク発生の有無が判定される。本例では、ステップＳ１４で行う判定は、更新値Ｂを用いることを除いて、ステップＳ９において行った判定と同じである。ただし、これに限られず、ステップＳ１

４では、ステップＳ９とは異なる閾値や判定式を用いても良い。

[0083] ステップＳ１４において、再検査においても、シートリーク有りと判定されたときには、ステップＳ１５に示すように、ユーザにこれを通知するアラームを発し、典型的には装置の動作を停止させる。ステップＳ１５における通知アラームは、例えば、音や光で知らせるものや、ユーザが使用する端末画面上に警告表示を行うものであってよい。これにより、ユーザはシートリークの発生を認識することができ、流量制御に不具合が生じていることを知ることができる。

[0084] 一方、ステップＳ１４において、シートリーク無しと判断された場合は、ステップＳ９における判定は偶発的な誤検知だったと判断して、ステップＳ１６に移行して、前回値を示すＡにＢを代入するとともにタイマリセットし、ステップＳ５に戻る。これにより、設定流量入力ＩＮが０％の条件下で、設定された検査間隔Ｙがさらに経過した後の、次の検査を継続して行うことができる。

[0085] 以上に説明したように、本実施形態にかかるシートリークの検知方法によれば、誤検知を防止して、より正確にコントロール弁のシートリークを検知することができる。また、シートリークが生じている場合には、時間とともに供給圧力Ｐ０は減少し、下流圧力Ｐ２は増加する。このときの供給圧力Ｐ０の減少速度または下流圧力Ｐ２の増加速度に基づいて、シートリークによるリーク流量を推定することも可能である。例えば、圧力減少速度ΔＰ０／Δｔは、リーク流量に比例するものと考えられ、より具体的には、Ｑ＝（１０００／７６０）×６０×（２７３／（２７３＋Ｔ））×Ｖ×（ΔＰ０／Δｔ）からリーク流量Ｑを推定することができる。ここで、Ｔはガス温度（℃）であり、ΔＰ０は圧力降下の大きさ（Ｔｏｒｒ）であり、ΔｔはΔＰ０の圧力降下に要した時間（ｓｅｃ）である。また、Ｖは、上流開閉弁Ｖ１とコントロール弁１４ａ、１４ｂとの間の流路の総容積（リットル）である。

[0086] また、上記の実施形態では、供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２との両方の測定結果を参照して、シートリークの有無を検知するようにしている。これは、

設定流量を０％にして行うメンテナンスモード等においては、共通流入路１１が真空引きされて、供給圧力Ｐ０が強制的に低下することがあり、この場合、供給圧力Ｐ０のみを参照していると、実際にはコントロール弁にシートリークが生じていないにも関わらず、シートリークが発生したと誤検知してしまうおそれがあるからである。供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２との両方を参照すれば、より正確に、シートリークの有無を検知することができる。ただし、状況によっては、供給圧力Ｐ０と下流圧力Ｐ２とのうちの一方の監視によってシートリークの検知を行うことも可能である。

[0087] また、上記態様において、下流圧力Ｐ２を参照しているが、シートリークの検知過程においては、上流圧力Ｐ１と下流圧力Ｐ２とは同等のものとして考えることができる。このため、下流圧力Ｐ２に代えて、上流圧力Ｐ１を参照してシートリークを検知することも可能である。ただし、小流量および大流量のどちらの制御においても用いる第２圧力センサ１８の出力である下流圧力Ｐ２を参照することによって、第１圧力センサ１５ａ、１５ｂに特性差などが存在する場合にも、誤検知が生じるおそれが少なくなる。

[0088] また、上記のシートリーク有無判定は、圧力変動ΔＰ０およびΔＰ２を、対応する閾値（圧力値）と比較することによって行っているがこれに限られない。供給圧力Ｐ０の変化率の傾きΔＰ０／Δｔおよび下流圧力Ｐ２の変化率の傾きΔＰ２／Δｔを、所定の閾値と比較して、シートリークの有無を検知することもできる。この場合、図８に示したステップＳ９では、ΔｔとしてＹを用い、ステップＳ１４では、ΔｔとしてＹ＋Ｚを用いるようにしても良い。

[0089] 以上、本発明の実施形態を説明したが、種々の改変が可能である。例えば、上記実施形態では圧力式流量制御装置において用いられる圧力センサをシートリークの検知のために利用しているが、圧力式流量制御装置で無くとも、流量制御装置の上流および下流に遮断弁を設けるとともに、コントロール弁の前後に圧力センサを設ければ同様のシートリーク検知が可能である。また、上記には、並列２流路においてコントロール弁のシートリークを検知す

る方法を説明したが、３流路以上が並列に設けられている流量制御装置においても、同様の手順によってシートリークを検知することができる。また、必ずしも並列流路が設けられている必要はなく、１つの制御用流路のみが設けられている場合であっても、上記と同様の手順によってコントロール弁のシートリークを検知することができる。

産業上の利用可能性

[0090] 本発明の実施形態によるシートリーク検知方法は、例えば、流量制御装置を含む流体システムにおいて、コントロール弁のシートリークを検知するために好適に利用される。

符号の説明

[0091] ２　ガス供給源

４　プロセスチャンバ

６　真空ポンプ

１０　流量制御装置

１１　共通流入路

１２　共通流出路

１３ａ　第１流路　（並列流路）

１３ｂ　第２流路　（並列流路）

１４ａ、１４ｂ　コントロール弁

１５ａ、１５ｂ　第１圧力センサ　（上流圧力センサ）

１６ａ、１６ｂ　絞り部

１７　流入圧力センサ

１８　第２圧力センサ　（下流圧力センサ）

１９　制御回路

１００　流体システム

Ｖ１　上流開閉弁

Ｖ２　下流開閉弁

Ｐ０　供給圧力

Ｐ１　上流圧力

Ｐ２　下流圧力

請求の範囲

[請求項1] 絞り部と、前記絞り部の上流側に設けられたコントロール弁と、前記コントロール弁と前記絞り部との間に設けられ上流圧力を測定する第１圧力センサとを有する制御用流路と、前記絞り部の下流側に設けられ下流圧力を測定する第２圧力センサと、前記コントロール弁の上流側に設けられ供給圧力を測定する流入圧力センサとを含む流量制御装置と、

前記第２圧力センサの下流側に設けられた下流開閉弁と、

前記流入圧力センサの上流側に設けられた上流開閉弁と

を備える流体システムにおいて行われる、前記コントロール弁のシートリーク検知方法であって、

前記供給圧力が前記下流圧力よりも大きい状態において、前記上流開閉弁、前記下流開閉弁を閉じるとともに、前記流量制御装置に設定流量０％又はコントール弁強制閉信号を入力するステップ（ａ）と、

前記ステップ（ａ）の後、第１の時刻において、前記流入圧力センサ、前記第１圧力センサおよび前記第２圧力センサのうちの少なくとも１つを用いて、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを測定するステップ（ｂ）と、

前記第１の時刻の後の第２の時刻において、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを測定するステップ（ｃ）と、

前記ステップ（ｂ）と前記ステップ（ｃ）とで測定された前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの圧力変動に基づいて、前記コントロール弁のシートリークを検知するステップ（ｄ）と

を含み、

前記ステップ（ｄ）は、

前記第１の時刻と前記第２の時刻とでの前記供給圧力、前記上流圧

力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの圧力変動が閾値を超えている場合に、前記第２の時刻からその後の第３の時刻までの間、設定流量として設定流量０％以外の入力又は前記コントール弁強制閉信号以外の信号入力がされたか否かを監視するステップと、

前記第２の時刻から前記第３の時刻までの間に設定流量０％以外の入力又は前記コントール弁強制閉信号以外の信号入力がされているときには、シートリークの検知フローを終了するステップと、

前記第２の時刻から前記第３の時刻までの間、設定流量０％又は前記コントール弁強制閉信号が維持されているときには、前記第３の時刻において、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを再度測定するステップと、

前記第３の時刻において測定された前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つを用いてシートリークを検知するステップと

を含む、シートリーク検知方法。

[請求項2] 前記制御用流路を、共通流入路と共通流出路との間に並列に複数設けた、請求項１に記載のシートリーク検知方法。

[請求項3] 前記第１の時刻、前記第２の時刻、および、前記第３の時刻において、前記供給圧力と前記下流圧力との測定が行われ、前記供給圧力の圧力変動および前記下流圧力の圧力変動の両方に基づいてシートリークが検知される、請求項１に記載のシートリーク検知方法。

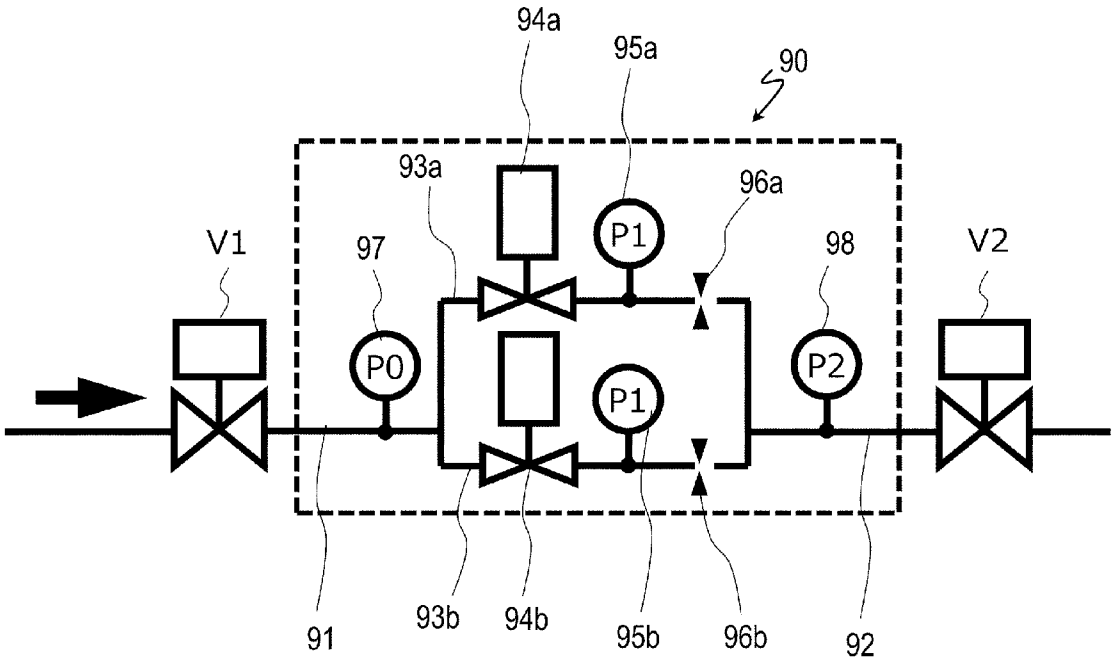
[請求項4] 前記第１の時刻、前記第２の時刻、および、前記第３の時刻において、前記供給圧力と前記下流圧力との測定が行われ、前記供給圧力の圧力変動および前記下流圧力の圧力変動の両方に基づいてシートリークが検知される、請求項２に記載のシートリーク検知方法。

[請求項5] 前記シートリークが検知されたときにアラームを発するステップをさらに含む、請求項１から４のいずれかに記載のシートリーク検知方法。

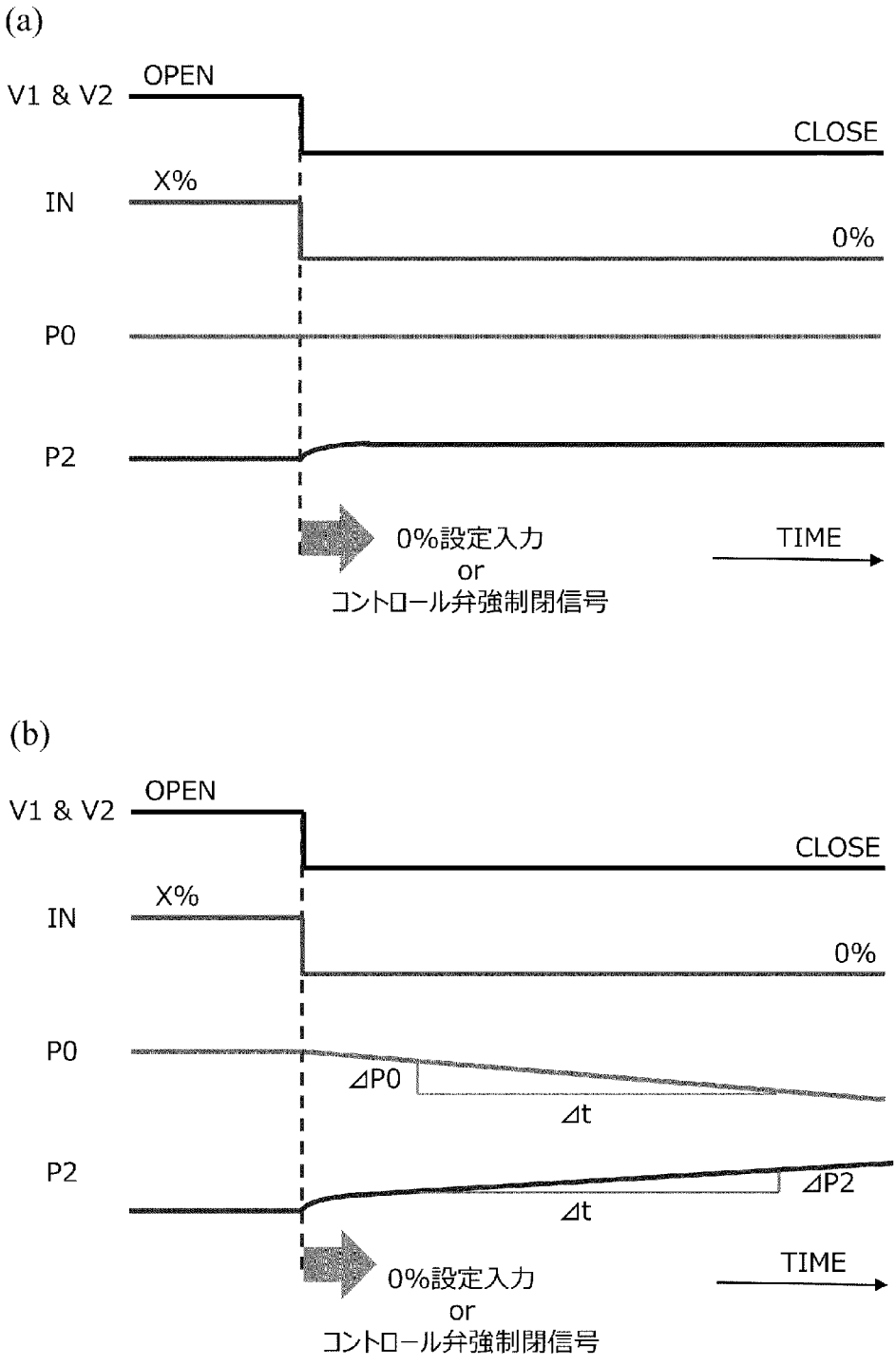
[請求項6] 前記ステップ（ｄ）は、前記第３の時刻における、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの測定結果と、前記第１の時刻における、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの測定結果とから求められる圧力変動に基づいて、シートリークを検知するステップを含む、請求項１から４のいずれかに記載のシートリーク検知方法。

[請求項7] 前記ステップ（ｂ）と前記ステップ（ｃ）とで測定された前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの圧力変動に基づいて、前記ステップ（ｄ）において、シートリークが生じていないと判断されたときは、前記第１の時刻から前記第２の時刻までの時間である検査間隔を空けて、再度、前記供給圧力、前記上流圧力、および、前記下流圧力のうちの少なくとも１つの測定を行うことによって、設定流量０％が維持されている期間に検査が繰り返して行われる、請求項１から４のいずれかに記載のシートリーク検知方法。

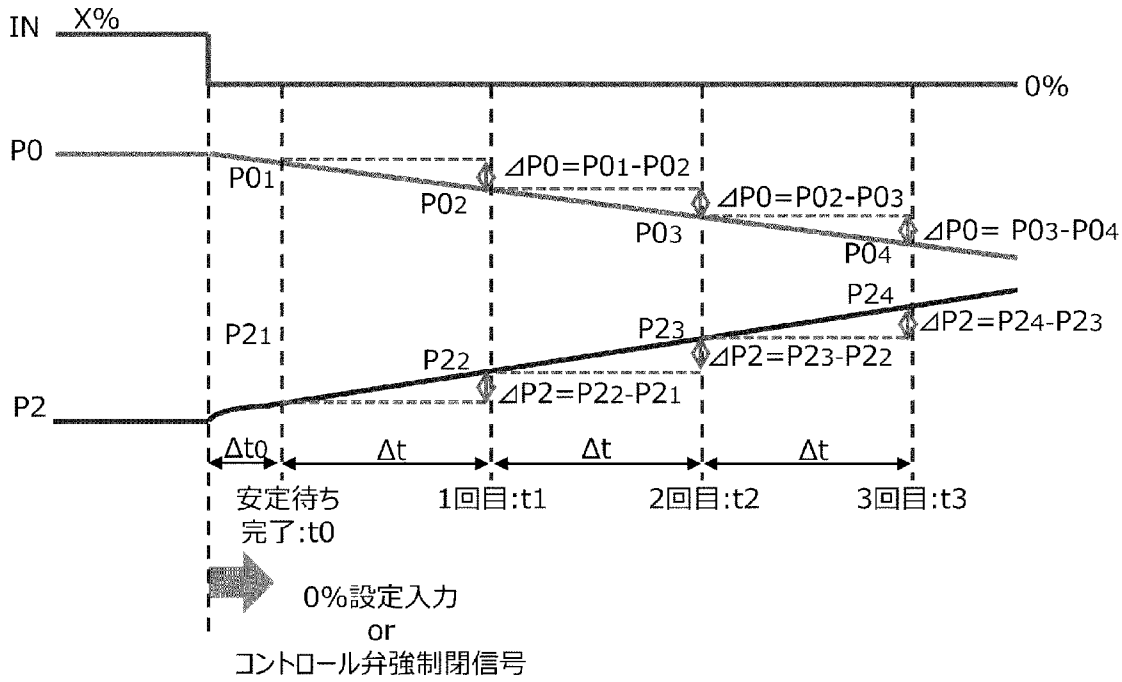
[図1]



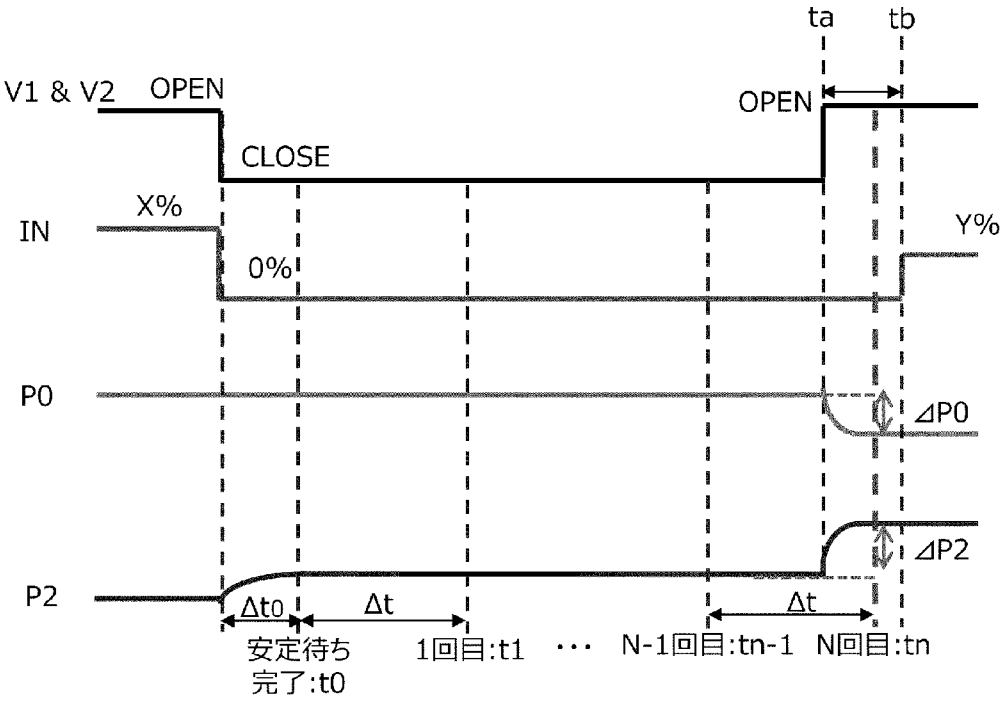
[図2]


(a)
V1 & V2
OPEN
CLOSE
IN
X%
0%
P0
P2
0%設定入力
or
コントロール弁強制閉信号
TIME
(b)
V1 & V2
OPEN
CLOSE
IN
X%
0%
P0
⊿P0
⊿t
P2
⊿P2
⊿t
0%設定入力
or
コントロール弁強制閉信号
TIME

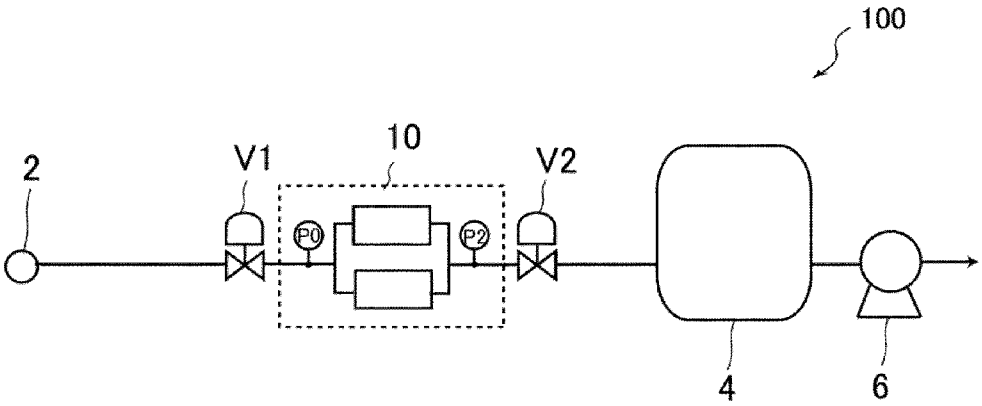
[図3]


IN
X%
0%
P0
P01
P02
P03
P04
⊿P0=P01-P02
⊿P0=P02-P03
⊿P0= P03-P04
P21
P22
P23
P24
P2
⊿P2=P22-P21
⊿P2=P23-P22
⊿P2=P24-P23
Δt0
Δt
Δt
Δt
安定待ち
完了:t0
1回目:t1
2回目:t2
3回目:t3
0%設定入力
or
コントロール弁強制閉信号

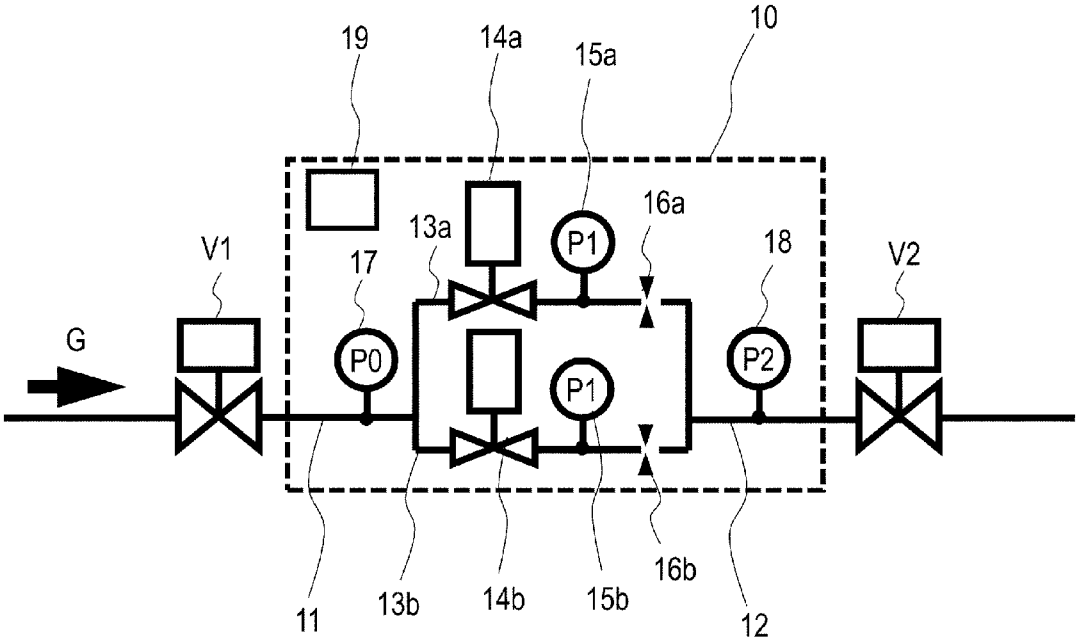
[図4]


ta
tb
V1 & V2
OPEN
OPEN
CLOSE
IN
X%
Y%
0%
P0
⊿P0
P2
⊿P2
Δt0
Δt
Δt
安定待ち
完了:t0
1回目:t1
・・・
N-1回目:tn-1
N回目:tn

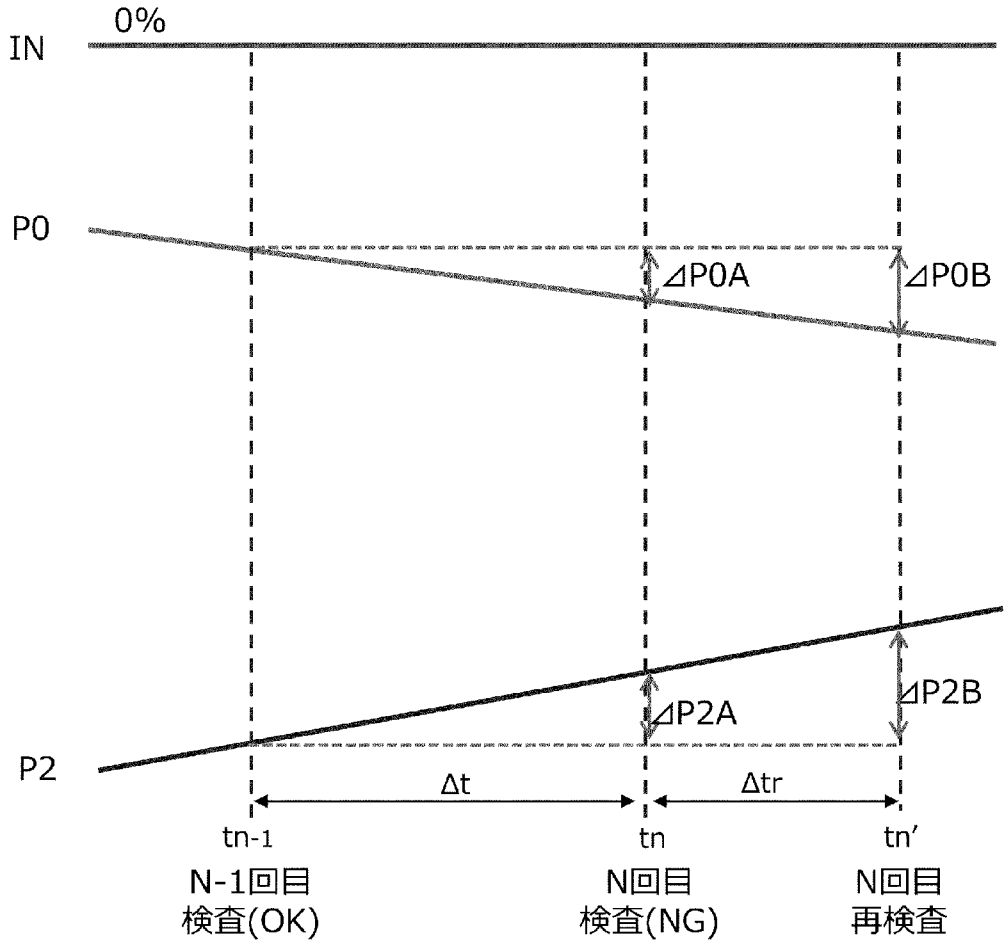
[図5]



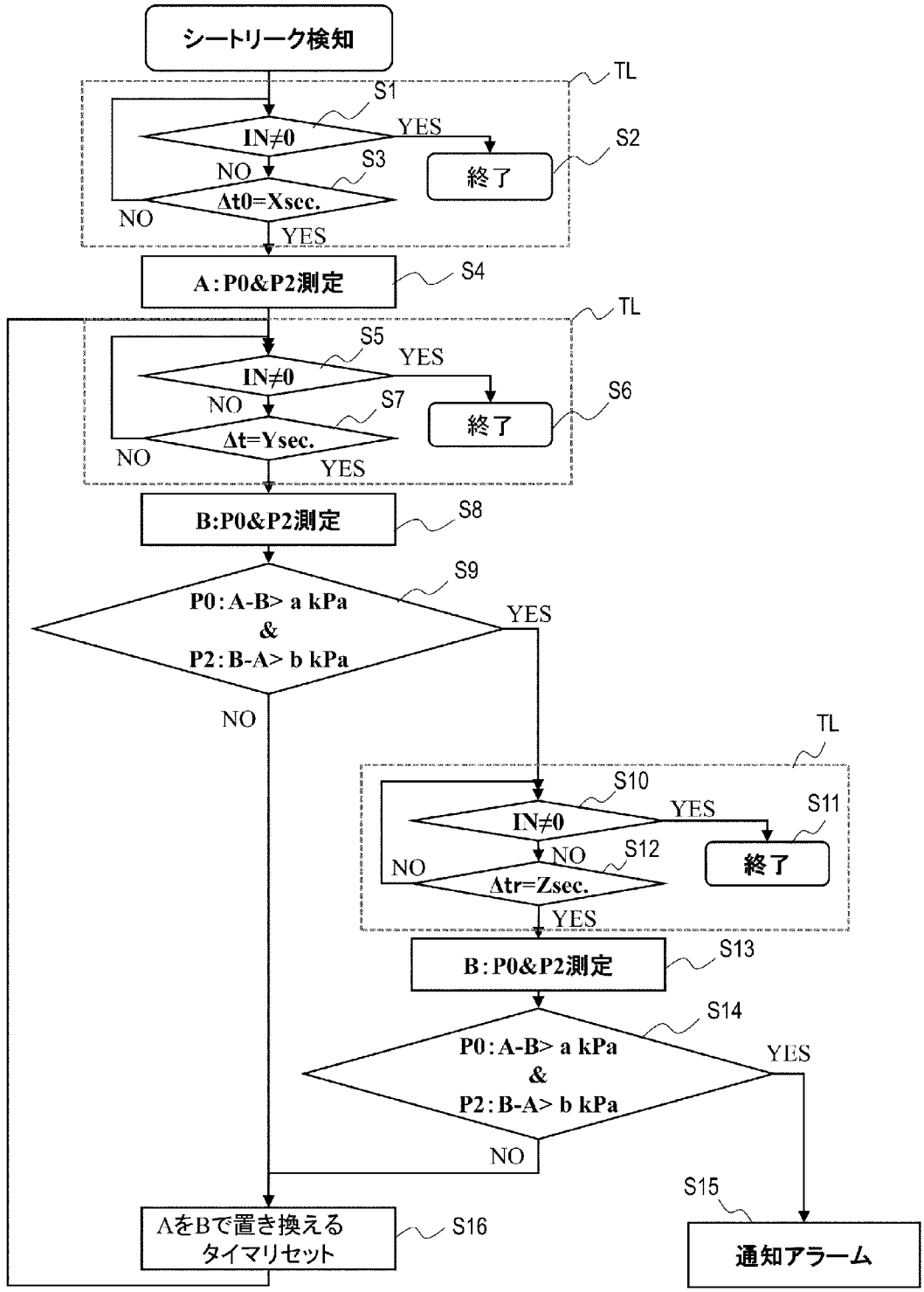
[図6]



[図7]


IN
0%
P0
⊿P0A
⊿P0B
P2
⊿P2A
⊿P2B
Δt
Δtr
tn-1
tn
tn'
N-1回目
検査(OK)
N回目
検査(NG)
N回目
再検査

[図8]


シートリーク検知
TL
S1
IN≠0
YES
S2
終了
NO
S3
Δt0=Xsec.
NO
YES
A:P0&P2測定
S4
TL
S5
IN≠0
YES
S6
終了
NO
S7
Δt=Ysec.
NO
YES
B:P0&P2測定
S8
S9
P0:A-B> a kPa
&
P2:B-A> b kPa
YES
NO
TL
S10
IN≠0
YES
S11
終了
NO
NO
S12
Δtr=Zsec.
YES
B:P0&P2測定
S13
S14
P0:A-B> a kPa
&
P2:B-A> b kPa
YES
NO
S15
通知アラーム
AをBで置き換える
タイマリセット
S16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/020791

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M 3/28(2006.01)i; ***F16K 51/00***(2006.01)i; ***G01M 3/26***(2006.01)i; ***G05D 7/06***(2006.01)i
FI: G01M3/28 C; G05D7/06 Z; F16K51/00 F; G01M3/26 M

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01M3/26-3/28; F16K37/00; F16K51/00; G05D7/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-087164 A (FUJIKIN K.K.) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraphs [0035]-[0041], [0049]-[0058], [0072]-[0080], fig. 2, 4, 7	1-7
Y	JP 2010-002264 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 07 January 2010 (2010-01-07) paragraphs [0026]-[0032], fig. 2	1-7
Y	JP 09-113400 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 02 May 1997 (1997-05-02) paragraphs [0065]-[0069], fig. 4	1-7
A	WO 2018/070464 A1 (FUJIKIN K.K.) 19 April 2018 (2018-04-19)	1-7
A	WO 2017/110066 A1 (FUJIKIN K.K.) 29 June 2017 (2017-06-29)	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 August 2023	**15 August 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/020791

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2020-087164 A	04 June 2020	(Family: none)	
JP 2010-002264 A	07 January 2010	(Family: none)	
JP 09-113400 A	02 May 1997	US 5866802 A column 11, line 18 to column 12, line 22, fig. 4 WO 1997/014945 A1 BR 9606709 A RU 2131595 C ID 16475 A CN 1166201 A BR PI9606709 A MY 118750 A TW 323327 B KR 10-1998-7000559 A	
WO 2018/070464 A1	19 April 2018	US 2019/0243391 A1 KR 10-2019-0016572 A CN 109791415 A TW 201818013 A	
WO 2017/110066 A1	29 June 2017	US 2020/0232873 A1 KR 10-2018-0056710 A CN 108369425 A TW 201730526 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/020791

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01M 3/28(2006.01)i; F16K 51/00(2006.01)i; G01M 3/26(2006.01)i; G05D 7/06(2006.01)i
FI: G01M3/28 C; G05D7/06 Z; F16K51/00 F; G01M3/26 M

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01M3/26-3/28; F16K37/00; F16K51/00; G05D7/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2020-087164 A (株式会社フジキン) 04.06.2020 (2020-06-04) [0035]-[0041],[0049]-[0058],[0072]-[0080],図2,4,7	1-7
Y	JP 2010-002264 A (本田技研工業株式会社) 07.01.2010 (2010-01-07) [0026]-[0032],図2	1-7
Y	JP 09-113400 A (松下電器産業株式会社) 02.05.1997 (1997-05-02) [0065]-[0069],図4	1-7
A	WO 2018/070464 A1 (株式会社フジキン) 19.04.2018 (2018-04-19)	1-7
A	WO 2017/110066 A1 (株式会社フジキン) 29.06.2017 (2017-06-29)	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
01.08.2023	15.08.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
岩永　寛道 2J 6207

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/020791

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-087164 A	04.06.2020	（ファミリーなし）	
JP 2010-002264 A	07.01.2010	（ファミリーなし）	
JP 09-113400 A	02.05.1997	US 5866802 A 第11欄第18行-第12欄第22行,図4 WO 1997/014945 A1 BR 9606709 A RU 2131595 C ID 16475 A CN 1166201 A BR PI9606709 A MY 118750 A TW 323327 B KR 10-1998-7000559 A	
WO 2018/070464 A1	19.04.2018	US 2019/0243391 A1 KR 10-2019-0016572 A CN 109791415 A TW 201818013 A	
WO 2017/110066 A1	29.06.2017	US 2020/0232873 A1 KR 10-2018-0056710 A CN 108369425 A TW 201730526 A	