

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7674474号
(P7674474)

(45)発行日 令和7年5月9日(2025.5.9)

(24)登録日 令和7年4月28日(2025.4.28)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 L 27/00 (2006.01)

G 0 1 L 21/10 (2006.01)

G 0 1 L 27/00

G 0 1 L 21/10

請求項の数 18 (全21頁)

(21)出願番号	特願2023-522891(P2023-522891)	(73)特許権者	518303251
(86)(22)出願日	令和2年10月14日(2020.10.14)		インフィコン・アーゲー
(65)公表番号	特表2023-548676(P2023-548676 A)		リヒテンシュタイン・9 4 9 6・バルザース・アルテ・ラントシュトラーセ・6
(43)公表日	令和5年11月20日(2023.11.20)	(74)代理人	110001195
(86)国際出願番号	PCT/EP2020/078924		弁理士法人深見特許事務所
(87)国際公開番号	WO2022/078593	(72)発明者	ベルク, クリスティアン
(87)国際公開日	令和4年4月21日(2022.4.21)		スイス、8 7 1 2 シュテファ、アイヒシュトラーセ、2 4・エー
審査請求日	令和5年8月30日(2023.8.30)	(72)発明者	エンデレス, ロルフ
			スイス、9 4 7 9 マランス、リートリーベーク、7
		(72)発明者	ビュースト, マルティン
			スイス、7 2 0 8 マランス、オーペラー・ゼルビーベーク、1 0・アー
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 圧力センサグループの動作方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

圧力センサグループ(1)を動作させるための方法(100)であって、
前記グループは、少なくとも、第1の圧力測定範囲(4')を有する第1の圧力センサ(1')と、第2の圧力測定範囲(4'')を有する第2の圧力センサ(1'')とを備え、前記第1の圧力センサおよび前記第2の圧力センサは、共通測定ボリューム(2)内の圧力を測定することができるように構成され、前記第1の圧力測定範囲(4')および前記第2の圧力測定範囲(4'')は、重複圧力測定範囲(6)内で重複し、前記方法は、
a a) 前記共通測定ボリューム内の圧力が前記重複圧力測定範囲内にある間に、前記第1の圧力センサの第1の測定信号と前記第2の圧力センサの第2の測定信号とを実質的に同時に読み出すステップ(101)と、
b b) 読み出された前記第1の測定信号を前記第2の圧力センサの調整点として規定するステップ(102)と、
c c) 前記第2の圧力センサの少なくとも1つの気体依存校正パラメータ(K1、K2)を、前記第1の測定信号の関数として、ステップb b)において規定された前記調整点の関数として、および前記第2の測定信号の関数として決定するステップ(103)とを含み、
前記測定ボリューム内の現在の圧力測定値は、現在の第2の測定信号と、以前に決定された少なくとも1つの校正パラメータ(K1)または以前に決定された校正パラメータ(K1、K2)との関数として決定され、前記方法は、

g g) 前記第 1 の測定信号から導出された圧力測定値に対する前記現在の圧力測定値の偏差を考慮して、前記共通測定ボリューム (2) 内に存在する気体組成が目標仕様から逸脱しているか否かを判断するステップ (1 0 7) であって、前記第 1 の測定信号の前記読み出しは、前記現在の第 2 の測定信号の前記読み出しと実質的に同時に、かつ前記共通測定ボリューム内の圧力が前記重複圧力測定範囲 (6) 内にある間に実行される、判断するステップをさらに含む、方法。

【請求項 2】

前記第 2 の圧力センサの前記調整点は、 $10^{-2} \text{ mbar} \sim 10^0 \text{ mbar}$ の圧力範囲内にある、請求項 1 に記載の方法 (1 0 0) 。

【請求項 3】

d d) 前記共通測定ボリューム内の圧力が前記重複圧力測定範囲内にある間に、前記第 1 の圧力センサのさらなる第 1 の測定信号および前記第 2 の圧力センサのさらなる第 2 の測定信号をさらに実質的に同時に読み出すステップ (1 0 4) であって、前記共通測定ボリューム内の圧力がステップ a a) の圧力とは異なる、読み出すステップと、

e e) 読み出された前記さらなる第 1 の測定信号を前記第 2 の圧力センサのさらなる校正調整点として規定するステップ (1 0 5) と、

f f) 前記第 2 の圧力センサのさらなる気体依存校正パラメータ (K 2) を、前記さらなる第 1 の測定信号の関数として、ステップ e e) において規定された前記さらなる調整点の関数として、および前記さらなる第 2 の測定信号の関数として決定するステップ (1 0 6) とをさらに含む、請求項 1 または 2 に記載の方法 (1 2 0) 。

【請求項 4】

ステップ f f) において決定される前記さらなる校正パラメータが、前記第 1 の測定信号の関数としての前記第 2 の測定信号の両対数関数図の勾配であるか、または、前記第 1 の測定信号の関数としての前記第 2 の測定信号の両対数関数図の勾配が、ステップ c c) において決定される前記校正パラメータおよびステップ f f) において決定される前記校正パラメータから計算され、前記方法は、

h h) 参照気体、例えば気体窒素について予想される勾配からのこの勾配の偏差を決定するステップ (1 0 8) と、

i i) ステップ h h) において決定される前記偏差を前記偏差の所定の許容閾値と比較するステップ (1 0 9) と、

j j) 前記許容閾値を超える場合に、前記共通測定ボリューム (2) 内の水蒸気の存在についての警報をトリガするステップ (1 1 0) とをさらに含む、請求項 3 に記載の方法 (1 4 0) 。

【請求項 5】

前記第 1 の圧力センサ (1 ') は、前記測定ボリューム内の気体組成に依存しない圧力センサ型の圧力センサであり、前記第 2 の圧力センサ (1 ' ') は、前記測定ボリューム内の前記気体組成に依存する圧力センサ型の圧力センサであり、前記第 2 の圧力センサ (1 ' ') は、

熱伝導真空計、または

冷陰極電離真空計、もしくは非反転マグネトロンもしくは反転マグネトロン、または高温カソードを備えた電離真空計、または

回転ロータゲージセンサである、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 0 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0) 。

【請求項 6】

前記第 1 の圧力センサ (1 ') は、ダイヤフラムゲージである、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 0 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0) 。

【請求項 7】

前記第 2 の圧力センサ (1 ' ') がピラニまたは熱電対による熱伝導真空計である、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 0 0 、 1 2 0 、 1 3 0 、 1 4 0) 。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

ステップ a a)、b b) および c c) が、定期的な時間間隔で繰り返される、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 0 0 , 1 2 0 , 1 3 0 , 1 4 0)。

【請求項 9】

前記圧力センサグループ (1) を備え、ステップ a a)、b b) および c c) が真空プロセスシステムのプロセスサイクルごとに 1 回繰り返される、真空プロセスシステムを動作させるための請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 0 0 , 1 2 0 , 1 3 0 , 1 4 0)。

【請求項 10】

前記第 2 の圧力測定範囲は、前記圧力が前記第 1 の圧力測定範囲の下限よりも低い低圧範囲 (5) を含み、前記方法は、

k k) 前記第 2 の圧力センサからの第 2 の測定信号 (3 ' ') によって前記低圧範囲に達したか否かをチェックするステップ (1 1 1) と、

l l) 前記共通測定ボリューム内の前記圧力が前記低圧範囲内にある間に前記第 1 の圧力センサの第 1 の測定信号 (3 ') を読み出すステップ (1 1 2) と、

m m) 読み出された前記第 1 の測定信号を前記第 1 の圧力センサのゼロ点信号として規定するステップ (1 1 3) とを含む、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 5 0)。

【請求項 11】

n n) 前記共通測定ボリューム内の前記圧力を前記第 1 の圧力測定範囲 (4 ') まで増大させるステップ (1 1 4) と、

o o) 前記第 1 の圧力センサの現在の第 1 の測定信号 (3 ') を読み出すステップ (1 1 5) と、

p p) ステップ m m) において決定される前記現在の第 1 の測定信号および前記ゼロ点信号の関数として、現在の圧力測定値を決定するステップ (1 1 6) とをさらに含む、請求項 10 に記載の方法 (1 5 0)。

【請求項 12】

前記低圧範囲 (5) は、前記第 1 の圧力測定範囲の前記下限よりも少なくとも 1 0 倍低い圧力のみを含む、請求項 10 または 11 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 5 0)。

【請求項 13】

前記低圧範囲 (5) が、 $10^{-3} \text{ mbar} \sim 10^{-4} \text{ mbar}$ の範囲を含む、請求項 10 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 5 0)。

【請求項 14】

前記圧力センサグループは、少なくとも 3 つの圧力センサを含み、請求項 1 に記載のステップは、前記圧力センサグループからの圧力センサの第 1 の対に適用され、請求項 1 に記載のステップは、前記圧力センサグループからの圧力センサの第 2 の対に適用され、前記第 1 の対の前記圧力センサのうちの 1 つは、前記第 2 の対の圧力センサでもある、請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載方法を実行するための装置 (1 0) であって、圧力センサグループ (1) であって、

前記グループが、少なくとも、第 1 の圧力測定範囲 (4 ') を有する第 1 の圧力センサ (1 ') と、第 2 の圧力測定範囲 (4 ' ') を有する第 2 の圧力センサ (1 ' ') とを備え、前記第 1 の圧力センサおよび前記第 2 の圧力センサが、共通測定ボリューム (2) 内の圧力を測定するように構成されており、前記第 1 の圧力測定範囲 (4 ') および前記第 2 の圧力測定範囲 (4 ' ') は、重複圧力測定範囲 (6) 内で重複する、圧力センサグループ (1) と、

前記圧力センサの測定信号 (3 ' 、 3 ' ') を処理するために、前記第 1 圧力センサの第 1 の信号出力および前記第 2 の圧力センサの第 2 の信号出力に動作可能に接続されている制御ユニット (1 2) とを備え、前記制御ユニット (1 2) は、請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の方法を実行するように適合されている、装置。

【請求項 16】

10

20

30

40

50

前記第 1 の圧力センサ (1 ') はダイヤフラムゲージであり、前記第 1 の圧力測定範囲 (4 ') および前記第 2 の圧力測定範囲 (4 ' ') が重複する前記重複圧力測定範囲 (6) は、0 . 1 m b a r の圧力を含み、前記圧力センサグループ (1) は、第 3 の圧力測定範囲を有する第 3 の圧力センサを含み、前記第 3 の圧力測定範囲は、前記第 1 の圧力測定範囲をより高い圧力まで拡張する、請求項 1 5 に記載の装置 (1 0) 。

【請求項 1 7】

前記共通測定ボリューム内の前記圧力を変化させるための少なくとも 1 つの手段をさらに備え、前記圧力を変化させるための前記少なくとも 1 つの手段は、前記共通測定ボリューム内の前記圧力の低下または増大を開始するために圧力制御ユニット (1 2) に動作可能に接続される、請求項 1 5 または 1 6 のいずれか 1 項に記載の装置 (1 0) 。

10

【請求項 1 8】

命令を含むコンピュータプログラム製品であって、前記命令は、請求項 1 5 ~ 1 7 のいずれか 1 項に記載の装置 (1 0) の制御ユニット (1 2) によって前記命令が実行されると、前記制御ユニットに、請求項 1 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法 (1 0 0 , 1 2 0 , 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0) のステップを実施させる、コンピュータプログラム製品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、圧力センサグループを動作させるための方法に関する。さらに、本発明は、真空プロセスシステムを動作させるための方法、本方法を実行するための装置、およびコンピュータプログラム製品に関する。

20

【背景技術】

【0 0 0 2】

従来技術では、様々な種類の圧力センサが知られている。これらには、いわゆるキャパシタンスダイヤフラムゲージ (略記 : C D G) などの、ダイヤフラムの両側間の圧力差によるダイヤフラムの変形に基づく測定原理を有する圧力センサが含まれる。いわゆる熱伝導真空計は、気体の圧力依存熱伝導を介して、例えばピラニ真空計またはピラニセンサの場合、周囲の気体に通電ワイヤによって与えられる熱出力の決定を介して圧力を決定する。別の種類の圧力センサであるイオン化ゲージは、気体密度の気体種類に応じた決定によって間接的に圧力を測定する。電子によって気体分子をイオン化することによって、気体密度は、集電極上のイオンの中和速度に基づいて決定され、中和速度は電流測定によって決定される。

30

【0 0 0 3】

異なる種類の圧力センサは、異なる測定範囲を有する。例えば、大気圧において有意な読み値を提供するが、精密真空または高真空などの非常に低い圧力ではもはや差を検出することができない圧力センサがある。他の真空圧力センサは、動作するためにミリバール (m b a r) 範囲の圧力を必要とし、非常に低い圧力を解決することができる。従来技術では、単一の圧力センサ種類よりも大きい圧力測定範囲をカバーするために、例えば測定範囲が重複する 2 つの圧力センサからなる圧力センサグループを使用することが知られている。例えば、I N F I C O N A G の P C G 5 5 0 製品ファミリーは、ピラニセンサとセラミックキャパシタンスダイヤフラムゲージとを 1 つの測定デバイスに組み合わせており、ピラニセンサおよびセラミックキャパシタンスダイヤフラムゲージの測定範囲は重複する。

40

【0 0 0 4】

2 つの圧力センサの出力信号を評価するための方法が、欧州特許出願公開第 0 6 5 8 7 5 5 号から知られている。この公報では、特に冷陰極イオン化センサとピラニセンサとの組み合わせについて、それぞれのセンサ測定範囲の遷移領域における重み付け技法が、それぞれのセンサ種類の測定範囲と比較して実質的に拡張された明確な測定範囲を得るために提案され、それによってセンサ特性が 1 対 1 で互いに連続的に転移される。

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0005】**

本発明の目的は、代替の動作方法を提供することであった。特に、圧力測定範囲全体にわたって圧力測定の正確度を増大する動作方法を提供することを目的とした。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

この目的は、請求項1に記載の方法によって解決される。本発明による方法は、圧力センサグループを動作させるための方法である。圧力センサグループは、第1の圧力測定範囲を有する少なくとも1つの第1の圧力センサと、第2の圧力測定範囲を有する少なくとも1つの第2の圧力センサとを備える。第1の圧力センサおよび第2の圧力センサは、共通測定ボリューム内の圧力を測定するように構成される。第1の圧力測定範囲および第2の圧力測定範囲は、重複圧力測定範囲内で重複する。本方法は、

a a) 共通測定ボリューム内の圧力が重複圧力測定範囲内にある間に、第1の圧力センサからの第1の測定信号と第2の圧力センサからの第2の測定信号とを実質的に同時に読み出すステップと、

b b) 読み出された第1の測定信号を第2の圧力センサの調整点として規定するステップと、

c c) 第2の圧力センサの少なくとも1つの較正パラメータを、第1の測定信号の関数として、ステップb b)において規定された調整点の関数として、および第2の測定信号の関数として決定するステップとを含む。

【0007】

本発明者らは、この方法の結果として、圧力の正確な決定が可能であることを認識した。特に、圧力センサの少なくとも1つが気体組成に依存しない測定信号を提供する種類の圧力センサである場合、気体種類または気体組成からの読み取り圧力の大きい独立性を達成する驚くほど単純な方法を達成することができる。

【0008】

圧力センサグループ内の1つまたは複数の圧力センサは、真空圧力センサ、すなわち、例えば、低真空（すなわち、約1 m b a r ~ 1 0 1 3 m b a rの圧力範囲、すなわち大気圧）、精密真空（すなわち、 10^{-3} m b a r ~ 1 m b a rの圧力範囲）、高真空（すなわち、 10^{-8} m b a r ~ 10^{-3} m b a rの圧力範囲）、または上記真空圧力範囲のうちの2つまたは3つの組み合わせにおいて圧力を測定するために使用される圧力センサであってもよい。本発明の原理は、大気圧に近い圧力を測定するための圧力センサまたは過圧センサにも機能する。

【0009】

少なくとも1つの較正パラメータは、特に、気体種類依存較正パラメータであり得る。

ステップa a)は、少なくとも1回実施される。ステップa a)は、ステップc c)において複数の較正パラメータを調整する基礎となり得る測定データを収集するために、特に異なる圧力で複数回実行することもできる。例えば、異なる圧力において行われたステップa a)による2つの測定に基づいて、オフセットおよび勾配を決定することができる。これは、例えば、ピラニ範囲の勾配が正規勾配から逸脱し、その結果、曲線「指示圧力」対「有効圧力」が、オフセットまたは係数のみによって十分に正確に記述されない気体型水蒸気の場合に有利である。

【0010】

具体例として、圧力センサグループは、第1の圧力センサとしての13 mm C D Gと、第2の圧力センサとしてのピラニセンサとを含んでもよい。この場合、調整点は、100 m T o r r 圧力範囲内、すなわち10 T o r r フルスケール用に設計された第1の圧力センサの測定範囲の下端より約10倍上で選択することができる。この例では、第2の圧力センサの気体種類依存較正パラメータは、較正される気体および調整点によって規定される圧力におけるピラニセンサの測定信号が、調整点による圧力において窒素を用いて得られる測定信号からそれだけ逸脱する係数とすることができる。

【 0 0 1 1 】

特に、ステップ c c) は、測定ボリューム中の既知の気体種類によって、または連続して測定ボリューム中の気体種類（例えば、空気、窒素、酸素、水素、ヘリウム、アルゴンなど）または濃度比（例えば、20%のヘリウム、80%の窒素）が互いに異なる複数の気体によって実行することができる。

【 0 0 1 2 】

次いで、較正パラメータを、例えば、複数の異なる気体種類についての表形式で記憶することができる。このようにして、第2の測定信号と測定ボリューム内に存在する気体種類に関する情報との組み合わせを増大した精度で決定することができる。測定ボリューム内に存在する気体種類に関する情報は、例えば、真空チャンバ内のプロセスを制御する制御ユニットによって提供することができる。情報は、例えば、不活性気体、例えばヘリウムまたはアルゴンのための入口バルブが開かれていることであってもよい。

10

【 0 0 1 3 】

ステップ c c) において調整することができる1つの可能な較正パラメータは、測定信号が同じであった場合に、選択された気体種類の圧力が基準気体、例えば窒素の圧力に対応する圧力からそれだけ逸脱する係数である。

【 0 0 1 4 】

したがって、一方では、第2の圧力センサのみが測定する範囲においてさえも圧力測定値がそれに応じて補正され、気体種類依存性が最小になるように、第2の圧力センサの気体種類依存圧力測定信号をこの係数によって調整することができる。他方、係数は、基準気体に対する気体組成に関する情報を提供する。

20

【 0 0 1 5 】

サイズが小さいコンパクトなキャパシタンスダイヤフラムゲージは、例えば、「Porter (商標) CDG 020 D」という名称のINFICONの製品として入手可能であり、それらは、約10...1000 Torrの圧力指示のフルスケールに達し、10 mTorrまで（フルスケールで10 Torr）の圧力を測定することができる。本発明による方法は、共通測定ボリュームにおいて測定することができる上述の圧力センサのうちの2つ以上の組み合わせの動作に適している。

【 0 0 1 6 】

例えば、BCG450 Triple - Gauge (商標) は、3つのセンサを通じて大気圧から超高真空までの範囲をカバーする。INFICON BCG450 コンビネーションゲージ (Triple - Gauge (商標)) は、 $5 \times 10^{-10} \sim 1500 \text{ mbar}$ ($3.75 \times 10^{-10} \sim 1125 \text{ Torr}$) の範囲のプロセス圧力およびベース圧力を測定するための単一のコンパクトで経済的なデバイスにおいて、3つの異なる技術の利点を組み合わせている。BCG450は、3つの個々のセンサ（高温イオン、ピラニおよび直径11 mmの小さいCDG）を置き換えるように設計されている。これにより、コストが減り、設備に必要なスペースが低減される。この組み合わせデバイスは、例えば、本発明による方法によって動作することができる。

30

【 0 0 1 7 】

しかしながら、本発明による方法は、複数の異なる圧力センサが同じ真空チャンバに取り付けられ、したがって共通測定ボリュームを有する圧力センサグループを形成するデバイスにも適している。

40

【 0 0 1 8 】

本方法の実施形態は、従属請求項2～16の特徴から生じる。

本方法の一変形例では、第2の圧力センサの調整点は、 $10^{-2} \text{ mbar} \sim 10^0 \text{ mbar}$ の圧力範囲内、特に0.1～0.4 mbarの圧力範囲内にある。

【 0 0 1 9 】

例えば、CDGとピラニセンサとの組み合わせにおいて、2つの圧力センサの重複圧力範囲は、ピラニセンサの気体種類依存性が各気体種類について線形および実質的に平行にシフトされた曲線による両対数図によって特徴付けられる圧力範囲内でCDGをサイジン

50

グすることによって、すなわち非線形発散気体種類特性が発生するより高い圧力の範囲を回避して、有利に配置することができる。これにより、正確度がさらに増大する。方法のこの変形例は、異なる圧力測定範囲に対して寸法決めされた2つのCDGとピラニセンサとの組み合わせによって形成された圧力センサグループの動作に特に適しており、より低い圧力測定範囲を有する第1のCDGは、ピラニセンサの線形範囲との重複範囲を提供し、より高い圧力測定範囲を有する第2のCDGは、圧力センサグループの有効測定範囲を高圧に向かって拡張する。

【0020】

本方法の変形例は、

dd) 共通測定ボリューム内の圧力が重複圧力測定範囲内にある間に、第1の圧力センサのさらなる第1の測定信号および第2の圧力センサのさらなる第2の測定信号を実質的に同時に読み出すステップであって、共通測定ボリューム内の圧力がステップaa)の圧力とは異なり、特に、共通測定ボリューム内の圧力がステップaa)の圧力から2倍、10倍またはそれ以上だけ異なる、読み出すステップと、

10

ee) 読み出されたさらなる第1の測定信号を第2の圧力センサのさらなる校正調整点として規定するステップと、

ff) 第2の圧力センサのさらなる校正パラメータ(K2)、特にさらなる気体依存校正パラメータを、さらなる第1の測定信号の関数として、ステップee)において規定された第2の圧力センサのさらなる調整点の関数として、およびさらなる第2の測定信号の関数として決定するステップとをさらに含む。

20

【0021】

この変形例は、3つ以上の測定点の記録およびさらなる校正パラメータの決定に拡張することができ、校正パラメータの数は、最大で測定点の数に対応する。特に、校正パラメータが決定されるよりも多くの測定点を記録することができる。この場合、補償アルゴリズムを使用して、測定点に最適に一致する校正パラメータのセットを決定することができる。したがって、校正パラメータは、測定ノイズにあまり依存しない。

【0022】

本方法の一変形例では、測定ボリューム内の現在の圧力測定値は、現在の第2の測定信号と、以前に決定された少なくとも1つの校正パラメータまたは以前に決定された校正パラメータとの関数として決定される。

30

【0023】

本方法のこの変形例は、第2の圧力センサの以前の校正を使用して現在の圧力値を決定する実際のステップを含む。この校正は、重複圧力測定範囲において得られた情報に基づいており、ここで第2の測定範囲全体に適用することができる。

【0024】

一変形例では、本方法は、

gg) 第1の測定信号から導出された圧力測定値に対する現在の圧力測定値の偏差を考慮して、共通測定ボリューム内に存在する気体組成が目標仕様から逸脱しているか否かを判断するステップであって、第1の測定信号の読み出しは、現在の第2の測定信号の読み出しと実質的に同時に、かつ共通測定ボリューム内の圧力が重複圧力測定範囲内にある間に実行される、判断するステップをさらに含む。

40

【0025】

ステップgg)は、気体組成の確認ステップに対応する。目標仕様からの許容可能な偏差の許容範囲を指定することにより、例えば次のプロセスステップを実行すべきか否かに関して、はい/いいえの判断を行うことができる。本発明者らは、ここでは、残留気体分析器が通常必要とされる機能性を、非常に単純な方法で得ることができることを認識した。

【0026】

この変形例は、例えば、PVDプロセスにおける気体組成変動を検出するために使用することができる。

【0027】

50

本方法の変形例では、ステップ f f) において決定されるさらなる較正パラメータが、第 1 の測定信号の関数としての第 2 の測定信号の両対数関数図の勾配であるか、または、第 1 の測定信号の関数としての第 2 の測定信号の両対数関数図の勾配が、ステップ c c) において決定される較正パラメータおよびステップ f f) において決定される較正パラメータから計算される。本方法は、

h h) 参照気体、例えば気体窒素について予想される勾配からのこの勾配の偏差を決定するステップと、

i i) ステップ h h) において決定される偏差を偏差の所定の許容閾値と比較するステップと、

j j) 許容閾値を超える場合に、共通測定ボリューム内の水蒸気の存在についての警報をトリガするステップとをさらに含む。

10

【 0 0 2 8 】

本発明者らは、水蒸気の場合、上記勾配が、実質的にすべての関連する残留気体について観察された勾配とは異なり、結果、この特性に基づいて水蒸気の存在を検出することができるという事実を認識した。この特性はピラニセンサについて明らかに顕著である。

【 0 0 2 9 】

方法の 1 つの変形例において、第 1 の圧力センサは、測定ボリューム内の気体組成に依存しない圧力センサ型の圧力センサである。さらに、第 2 の圧力センサは、測定ボリューム内の気体組成に依存する圧力センサ型の圧力センサであり、特に、第 2 の圧力センサは、特にピラニによるか、または熱電対センサを有する熱伝導真空計、または

20

冷陰極電離真空計、特にペニング電離真空計、もしくは非反転マグネトロンもしくは反転マグネトロン、または

高温カソードを備えた電離真空計、特にベアード・アルパートによる電離真空計、抽出器もしくは三極管を備えた電離真空計、または

回転ロータゲージセンサとすることができる。

【 0 0 3 0 】

圧力センサは、2 つのクラスの圧力センサ型、すなわち面積当たりの力を直接検知する圧力センサと、圧力を決定するために、測定されている圧力下の気体の熱伝導率などの別の物理量に対する圧力の間接的な影響を使用する圧力センサとに分けることができる。後者の型の圧力センサは、通常、気体の種類に依存する。本発明者らは、第 1 の型の第 1 の圧力センサおよび第 2 の型の第 2 の圧力センサを含む圧力センサグループが、本発明による動作方法から特に受益することを認識した。

30

【 0 0 3 1 】

所望の測定範囲に応じて、すなわち高い測定正確度が達成される圧力範囲に応じて、圧力センサの組み合わせを選択することができる。ピラニによる熱伝導真空ゲージは、約 $1.0 \times 10^{-1} \text{ Pa}$ の測定範囲を有し、ペニングによる冷陰極を備えた電離真空計は、約 $1.0^0 \dots 1.0^{-9} \text{ Pa}$ の測定範囲を有し、ベアード・アルパートによる熱陰極を備えた電離真空計は、約 $1 \dots 1.0^{-8} \text{ Pa}$ の測定範囲を有し、抽出器測定システムを備えた電離真空計は、 $1.0^{-1} \dots 1.0^{-10} \text{ Pa}$ の測定範囲を有し、または、三極管を備えた電離真空計は、 $1.0^3 \dots 1.0^{-10} \text{ Pa}$ の測定範囲を有する。ピラニによる熱伝導真空計は、大気圧 1.0^5 Pa まで使用することができるが、正確度が大幅に減る。

40

【 0 0 3 2 】

本方法の一変形例では、第 1 の圧力センサは、ダイヤフラムゲージ、特にキャパシタンスダイヤフラムゲージ、特にセラミックキャパシタンスダイヤフラムゲージ、または光学ダイヤフラムゲージである。

【 0 0 3 3 】

ダイヤフラムゲージは、面積当たりの力に直接反応するため、気体種類に依存しない。

本方法の一変形例では、第 2 の圧力センサは、熱伝導真空計、特にピラニまたは熱電対である。

【 0 0 3 4 】

50

熱伝導真空計は、明確な気体種類依存性を有し、したがって、本発明の方法による較正から受益する。

【0035】

この方法の1つの変形例では、ステップa a)、b b)およびc c)は、定期的な間隔で、特に1日に1回または週に1回繰り返される。

【0036】

時間間隔は、特にさらなるプロセスステップのタイミングに適合させることができる。状況に応じて、ステップa)の実行、すなわち共通測定ボリューム内の圧力を低圧範囲に下げることがまた、事前にも有用であり、その結果、ステップa a)、b b)およびc c)のシーケンス全体が各場合において定期的な時間間隔で繰り返される。ステップa a)、b b)およびc c)のシーケンスは、例えば真空プロセスプラントで強い温度サイクルが作動される場合に、プロセスの関数として繰り返すこともできる。

10

【0037】

本方法の一変形例では、本方法は、圧力センサグループを備える真空プロセスシステムを動作させるための方法である。ステップa a)、b b)およびc c)は、真空プロセスシステムのプロセスサイクルごとに1回繰り返される。

【0038】

そのようなプロセスサイクルは、例えば、曝気、基材の導入、圧力を高真空範囲に下げること、プロセス気体の流入を可能にすること、プロセス気体の抽出、曝気および基材の除去を含むことができる。方法のステップa a)～c c)は各々、圧力を高真空範囲に下げることと併せて実行することができる。この変形例は、例えば、自動圧力測定品質チェックと組み合わせることができ、いくつかの圧力値がプロセスステップの持続時間に関連して短い時間間隔において決定され、これらの圧力値が規定の値範囲内にあるか否かがチェックされる。このようにして、圧力変化が速すぎて良質のデータを記録できないことを排除することができる。

20

【0039】

例えば、本方法は、作動圧力範囲に達するかまたは交差するときいつでも自動的にトリガされてもよい。例えば、上述したように、重複圧力測定範囲は、ピラニセンサの較正パラメータを決定するための作動圧力範囲とすることができる。

【0040】

本方法の変形例では、第2の圧力測定範囲は、圧力が第1の圧力測定範囲の下限よりも低い低圧範囲を含む。本方法は、

30

k k) 第2の圧力センサからの第2の測定信号によって低圧範囲に達したか否かをチェックする追加のステップと、

l l) 共通測定ボリューム内の圧力が低圧範囲内にある間に第1の圧力センサの第1の測定信号を読み出す追加のステップと、

m m) 読み出された第1の測定信号を第1の圧力センサのゼロ点信号として規定する追加のステップとを含む。

【0041】

例えば、キャパシタンスダイヤフラムゲージによって、出力信号のいずれの値が0の圧力(または測定範囲の下端の圧力)に対応するかを決定することができる。この値は低速にドリフトし、測定信号の解釈を困難にする可能性がある。この方法の変形例では、このゼロ点を決定することができるように2つの圧力センサの共通測定ボリューム内に十分に低い圧力があることを確実にしながら、このゼロ点を必要に応じて繰り返し決定および更新することができる。例えば、上記のPCG550製品ファミリーの場合、ピラニセンサを第2の圧力センサとして使用して、CDGのゼロ点を確立することができ、これはこの場合、本発明による方法において第1の圧力センサの役割を有する。方法のこの変形例による較正パラメータの決定と事前ゼロ化との組み合わせは、圧力測定範囲全体にわたって圧力測定の正確度を大幅に増大させる。

40

【0042】

50

本方法の変形例は、

n n) 共通測定ボリューム内の圧力を第 1 の圧力測定範囲まで増大させるステップと、

o o) 第 1 の圧力センサの現在の第 1 の測定信号を読み出すステップと、

p p) ステップ m m) において決定される現在の第 1 の測定信号およびゼロ点信号の関数として、特に現在の第 1 の測定信号とゼロ点信号との差の関数として、現在の圧力測定値を決定するステップとをさらに含む。

【0043】

このように、現在の圧力読み値は、正しい 0 を有する現在の圧力読み値である。

本方法の一変形例では、低圧範囲は、第 1 の圧力測定範囲の下限よりも少なくとも 10 倍、特に少なくとも 100 倍低い圧力のみを含む。

【0044】

本発明者らは、この変形例によって、第 1 のセンサのゼロ点を特に正確に決定することができることを認識した。

【0045】

本方法の一変形例では、低圧範囲は $10^{-3} \text{ mbar} \sim 10^{-4} \text{ mbar}$ の範囲を含む。

【0046】

この変形例は、例えば、第 2 の圧力センサがピラニ熱伝導真空計である上記の変形例と組み合わせて実現することができる。第 1 の圧力センサの役割にあるセラミックキャパシタンスゲージは、方法のこの変形例によるゼロ点の定期的な決定から特に受益する。

【0047】

本方法の一変形例では、圧力センサグループは少なくとも 3 つの圧力センサを含む。本発明の方法によるステップは、圧力センサグループの圧力センサの第 1 の対に適用され、本発明の方法によるステップは、圧力センサグループの圧力センサの第 2 の対にも適用される。この場合、第 1 の対の圧力センサの一方は、第 2 の対の圧力センサでもある。

【0048】

この変形例によれば、本発明による方法は、3 つ以上の圧力センサを有する圧力センサグループにカスケード式に拡張することができ、圧力センサの第 1 の対において、一方が第 1 の圧力センサの役割を有し、他方が第 2 の圧力センサの役割を有する。圧力センサの別の対において、第 2 の圧力センサは、本方法による第 1 の圧力センサの役割を有することができ、以下同様である。グループの全圧力測定範囲をカスケード状に拡張するための前提条件は、いずれの場合も、2 つの隣接する圧力センサの測定範囲がそれらの測定範囲に対して重複することである。

【0049】

例えば、キャパシタンスダイヤフラムゲージ、ピラニセンサ、およびイオン化ゲージを含む圧力センサグループにおいて、異なる圧力センサの測定範囲のカスケード状の連鎖が可能である。例えば、第 1 の対の第 1 の圧力センサとしてのキャパシタンスダイヤフラムゲージおよび第 1 の対の第 2 の圧力センサとしてのピラニセンサの調整点は、約 1 mbar に設定することができる。さらに、第 2 の対の第 1 の圧力センサとしてのピラニセンサおよび第 2 の対の第 2 の圧力センサとしてのイオン化ゲージの調整点は、約 10^{-3} mbar に設定することができる。較正は、この変形例に従ってカスケード接続される。例えば、イオン化圧力計は、ベアード・アルパート型圧力計であってもよく、または、上述した他のイオン化圧力計であってもよい。例えば、圧力センサグループは、大気圧で完全に撓むキャパシタンスダイヤフラムゲージの形態の第 4 の圧力センサに関してもよい。したがって、組み合わせて、大気圧から 10^{-10} mbar の圧力までの合計測定範囲を有するこのような「四重」圧力センサを得ることができ、これは、本発明による動作によって測定範囲全体にわたって、高い正確度または気体種類からの相当の無依存性を達成する。

【0050】

さらに、本発明は、本発明による方法を実行するための装置である、請求項 17 に記載の装置にも関する。

【0051】

10

20

30

40

50

本装置は、

圧力センサグループであって、

グループが、少なくとも、第1の圧力測定範囲を有する第1の圧力センサと、第2の圧力測定範囲を有する第2の圧力センサとを備え、第1の圧力センサおよび第2の圧力センサが、共通測定ボリューム内の圧力を測定するように構成されており、第1の圧力測定範囲および第2の圧力測定範囲は、重複圧力測定範囲内で重複する、圧力センサグループと、真空圧力センサの測定信号を処理するために、第1の真空圧力センサの第1の信号出力および第2の真空圧力センサの第2の信号出力に動作可能に接続されている制御ユニットとを含む。

【0052】

10

この装置は、特に、共通のハウジング内にすべての記載された要素を備えるユニット（圧力センサユニット、「圧力計」）として実現することができる。例えば、このハウジングは、真空システムに接続するための標準的な真空フランジを有することができる。例えば、このユニットは、単一の処理された圧力信号を外部に提供するデータインターフェースを有することができ、この処理された圧力信号は、すべての較正およびグループのすべての利用可能な圧力センサを考慮することによって得られる。特に、このユニットは、まだ説明されていない、例えばファームウェアの形態のコンピュータプログラム製品を含むことができる。

【0053】

装置の一実施形態では、第1の圧力センサはダイヤフラムゲージである。第1の圧力測定範囲および第2の圧力測定範囲が重複する重複圧力測定範囲は、0.1 mbarの圧力を含む。圧力センサグループは、第3の圧力測定範囲を有する第3の圧力センサを含み、第3の圧力測定範囲は、第1の圧力測定範囲をより高い圧力まで拡張する。

20

【0054】

装置のこの実施形態は、例えば、以下の圧力センサの組み合わせ、すなわち、第1の圧力センサとしてのキャパシタンスダイヤフラムゲージ、第2の圧力センサとしてのピラニセンサ、および再び第3のセンサとしてのキャパシタンスダイヤフラムゲージによって実現することができる。第1の圧力センサは、例えば、圧力0.1 mbarを含み、30倍をカバーする測定範囲を有することができる。この例のピラニセンサは、圧力0.1 mbarも含む測定範囲を有する。第3の圧力センサは、大気圧においてフルスケールを有する第3の圧力測定範囲を有することができ、圧力センサグループ全体の圧力範囲を高圧に拡張することができる。第3の圧力測定範囲は、第1の圧力測定範囲および/または第2の圧力測定範囲と重複してもよい。グループの3つの圧力センサはすべて、共通のハウジング内に設置されてもよい。

30

【0055】

一実施形態では、装置は、共通測定ボリューム内の圧力を変化させるための少なくとも1つの手段を備え、圧力を変化させるための少なくとも1つの手段は、共通測定ボリューム内の圧力の低減または増大を開始するために圧力制御ユニットに動作可能に接続される。

【0056】

圧力制御ユニットは、真空圧力センサからの測定信号を処理するための制御ユニットであってもよく、または例えばバルブもしくはポンプの状態を送信するために、または調整に備えて圧力を変更するなどの制御コマンドを受信するために、真空圧力センサに動作可能に接続されてもよい。

40

【0057】

圧力を変化させるための手段は、例えば、ポンプまたはバルブを含んでもよい。

またさらに、本発明は、請求項20に記載のコンピュータプログラム製品に関する。

【0058】

本発明によるコンピュータプログラム製品は、命令が本発明の装置の制御ユニットによって実行されると、制御ユニットに本発明の方法のステップを実行させる命令を含む。

【0059】

50

例えば、コンピュータプログラム製品は、圧力センサ構成内のファームウェアを含んでもよく、または圧力センサ構成のファームウェアからなることができる。

【 0 0 6 0 】

本発明の例示的な実施形態が、図を参照して下記にさらに詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 1 】

【図 1】本発明による方法のフロー図である。

【図 2】本方法の一実施形態のフローチャートである。

【図 3】本方法の一実施形態のフローチャートである。

【図 4】本方法のさらなる実施形態のフロー図である。

10

【図 5】第 1 の圧力センサをゼロ化することを含む方法の一実施形態のフローチャートである。

【図 6】第 1 の圧力測定範囲および第 2 の圧力測定範囲の可能な相対位置の概略図である。

【図 7】本方法を実行するための装置の概略図である。

【図 8】本方法の変形例における圧力の時系列の概略図である。

【図 9】ピラニセンサによって決定された圧力の、気体の種類に対する依存性を示す両対数図である。

【図 1 0】有効圧力の関数としての指示圧力の両対数図によって、第 2 の気体種類依存圧力センサの気体種類依存圧力測定信号を、1 つまたは複数の校正係数を用いて本発明による方法によって調整することができ、その結果、第 2 の気体種類依存圧力センサのみが測定する範囲内でも圧力測定値が補正され、気体種類依存性が排除される 2 通りの方法を示す図である。

20

【図 1 1】有効圧力の関数としての指示圧力の両対数図によって、第 2 の気体種類依存圧力センサの気体種類依存圧力測定信号を、1 つまたは複数の校正係数を用いて本発明による方法によって調整することができ、その結果、第 2 の気体種類依存圧力センサのみが測定する範囲内でも圧力測定値が補正され、気体種類依存性が排除される 2 通りの方法を示す図である。

【図 1 2】有効圧力の関数としての指示圧力の両対数図によって、第 2 の気体種類依存圧力センサの気体種類依存圧力測定信号を、1 つまたは複数の校正係数を用いて本発明による方法によって調整することができ、その結果、第 2 の気体種類依存圧力センサのみが測定する範囲内でも圧力測定値が補正され、気体種類依存性が排除される 2 通りの方法を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 6 2 】

図 1 は、本発明による方法 1 0 0 のフローチャートを示す。本方法は、

a a) 共通測定ボリューム内の圧力が重複圧力測定範囲内にある間に、第 1 の圧力センサの第 1 の測定信号と第 2 の圧力センサの第 2 の測定信号とを実質的に同時に読み出すステップ 1 0 1 と、

b b) 読み出された第 1 の測定信号を第 2 の圧力センサの調整点として規定するステップ 1 0 2 と、

40

c c) 第 2 の圧力センサの少なくとも 1 つの校正パラメータ K_1 、 K_2 、特に気体依存校正パラメータを、第 1 の測定信号の関数として、ステップ b b) において決定された第 2 の圧力センサの調整点の関数として、および第 2 の測定信号の関数として決定するステップ 1 0 3 とを含む。

【 0 0 6 3 】

ステップ 1 0 1、1 0 2、1 0 3 は、順次実施される。

図 2 には、本方法の一実施形態 1 2 0 のフローチャートが示されている。最初に、本発明による方法 1 0 0 のすべてのステップが実行される。これに続いて、

d d) 共通測定ボリューム内の圧力が重複圧力測定範囲内にある間に、第 1 の圧力センサのさらなる第 1 の測定信号および第 2 の圧力センサのさらなる第 2 の測定信号を実質的

50

に同時に読み出すステップ 104 であって、共通測定ボリューム内の圧力がステップ a a) の圧力とは異なる、読み出すステップ 104 と、

e e) 読み出されたさらなる第 1 の測定信号を第 2 の圧力センサのさらなる調整点として規定するステップ 105 と、

f f) 第 2 の圧力センサのさらなる較正パラメータ K 2、特にさらなる気体依存較正パラメータを、さらなる第 1 の測定信号の関数として、ステップ e e) において決定されたさらなる調整点の関数として、およびさらなる第 2 の測定信号の関数として決定するステップ 106 とが実行される。

【0064】

図 3 は、本方法の一実施形態 130 のフローチャートを示す。最初に、本発明による方法 100 のすべてのステップが実行される。これに続いて、g g) 共通測定ボリューム 2 内に存在する気体組成が目標仕様から逸脱しているか否かを判断するステップ 107 であって、第 1 の測定信号から導出された圧力測定値からの現在の圧力測定値の偏差が考慮され、第 1 の測定信号の読み出しは、現在の第 2 の測定信号の読み出しと実質的に同時に、かつ共通測定ボリューム内の圧力が重複圧力測定範囲 6 内にある間に行われる、判断するステップが実行される。

【0065】

図 4 は、本方法のさらなる実施形態 140 のフロー図を示す。最初に、変形例 120 (図 2 参照) または変形例 130 (図 3 参照) のステップが代替的に実施される。これに続いて、

h h) 参照気体、この場合は気体窒素について予想される勾配からのこの勾配の偏差を決定するステップ 108 と、 ;

i i) ステップ h h) において決定される偏差を偏差の所定の許容閾値と比較するステップ 109 と、

j j) 許容閾値を超える場合に、共通測定ボリューム 2 内の水蒸気の存在についての警報をトリガするステップ 110 とが実行される。

【0066】

図 5 は、本方法の一実施形態 150 のフローチャートを示す。これは、代替的に図 100 , 120 , 130 または図 140 のいずれかに従って、実施形態のステップが続く前に、第 1 の圧力センサをゼロ化するためのステップ 111 , 112 , 113 のシーケンスが事前に実行される組み合わせである。破線で囲まれて示されているのは、ステップ 114 , 115 および 116 のさらなるシーケンスであり、その追加の結果としてさらなる実施形態がもたらされる。図 5 の矢印で区切られたブロックは、時間的に遠く離れて実行することができる。ブロック中で組み合わせられたステップは、好ましくは、次々にすぐに実行される。

【0067】

図 6 は、圧力軸 p 上の圧力センサグループの第 1 の圧力センサ 1 ' または第 2 の圧力センサ 1 ' ' の第 1 の圧力測定範囲 4 ' および第 2 の圧力測定範囲 4 ' ' の相対位置を概略的に示す。圧力軸 p は、ここでは概略的に理解されるべきであり、例えば、直線軸または対数軸であってもよい。高圧は、低圧よりも軸上でさらに上に引かれる。第 1 の圧力測定範囲 4 ' および第 2 の圧力測定範囲 4 ' ' が重複する重複圧力測定範囲 6 が存在する。本方法のステップ a a) における第 1 の測定信号および第 2 の測定信号の読み出しは、共通測定ボリューム内の圧力がこの重複圧力測定範囲 6 内にある間に行われる。

【0068】

ここに示す例において、本方法の変形例では、第 2 の圧力測定範囲 4 ' ' は、圧力が第 1 の圧力測定範囲 4 ' の下限よりも低い低圧範囲 5 を含むことがさらに示されている。圧力がこの低圧範囲にある間、より高い圧力測定範囲 (4 ') を有する圧力センサをゼロ化することができる。図 8 に示す手順を参照されたい。

【0069】

図 7 は、本方法を実行するための例示的な装置 10 を概略的に示す。本装置は、共通測

10

20

30

40

50

定ボリューム 2 内の圧力を測定することができる少なくとも 1 つの第 1 の圧力センサ 1' および 1 つの第 2 の圧力センサ 1'' を有する圧力センサグループ 1 を備える。測定ボリューム 2 は、特に、一点鎖線で囲まれた領域によって概略的に示されるように、真空チャンバの部分容積であり得る。第 1 の圧力センサ 1' は、第 1 の測定信号 3' を制御ユニット 12 に転送するようにセットアップされる。第 2 の圧力センサ 1'' は、第 2 の測定信号 3'' を制御ユニット 12 に転送するようにセットアップされる。図示の例では、制御ユニットは、ポンプ 11' を制御するための動作接続部 13 と、入口バルブ 11'' を制御するための動作接続部 14 とを有する。ポンプ 11' および入口バルブ 11'' は、それらが接続されているチャンバ内の圧力を変化させるための手段であり、したがって特に、チャンバの部分容積を含む共通測定ボリューム 2 内の圧力を変化させるための手段でもある。破線で描かれた測定信号および動作接続部は、例えばワイヤによって実装することができる。それらは、例えば、無線信号 (Bluetooth (登録商標) など) または光信号伝送によって実装することもできる。

10

【0070】

図示のデバイスの部品またはデバイス全体は、共通のハウジング内に設置することができる。特に、圧力センサグループと制御ユニットとを共通のハウジング内で組み合わせて圧力センサユニットを形成することができる。図示の構成では、測定信号を処理するように設計された制御ユニット 12 は、圧力を変化させる手段の制御も実施する。後者の機能は、別個の圧力制御ユニットによって実施することもできる。

【0071】

20

図 8 は、本方法の変形例における圧力の概略時間 - 圧力図を示す。時間 t は水平方向に示されており、圧力軸 p は垂直方向に延在しており、図 6 と同じ圧力範囲が示されている。経時的な圧力曲線は太線で示されている。点線の長方形は、個々の方法ステップの時間位置をマークしている。必要に応じて、低圧範囲 5 を上回る圧力から低圧範囲に下げるステップがこれに先行する。ゼロ点信号をチェックするステップ 111、読み出すステップ 112、および決定するステップ 113 はすべて、低圧範囲 5 内の圧力において行われる。ここで、ステップ 113 において決定されたゼロ点信号を使用して、現在の第 1 の測定信号を、第 1 の圧力センサのいかなるゼロ点ドリフトにも依存しない正確な圧力測定値に変換することができる。その後、図示の例では、圧力は重複圧力測定範囲 6 内へと増大される。本発明による方法の基本シーケンスのステップ 101, 102 および 103 は、この重複圧力測定範囲 6 内で実行される。これに続いて、圧力センサグループの測定範囲全体にわたって測定正確度を増大させるためにゼロ化および較正パラメータが使用されるさらなるステップが実行される。

30

【0072】

図 9 は、ピラニセンサによって決定された圧力の、特定の気体種類に対する依存性を両対数表現で示す図である。水平方向において、「有効」圧力 p_{eff} が示されており、これは、気体種類非依存センサ、例えば、本発明による方法における第 1 の圧力センサの役割を有することができる CDG 圧力センサを用いて決定される。垂直方向において、ピラニセンサ上で読み取られた圧力 p (mbar) は、各々が別個の曲線を有する異なる気体種類の有効圧力 p_{eff} (mbar) の関数としてプロットされる。グラフの右上領域の各曲線のラベルを参照されたい。示されている圧力範囲は、両方の軸で 10^{-3} mbar ~ 10^2 mbar であり、すなわち 5 桁を超える。この場合、ピラニセンサは、気体種類が空気の圧力 p_{eff} を示すように較正され、すなわち、空気に対する圧力曲線 (Air) は、両対数プロットの対角線上の直線である。約 1 mbar 未満の圧力範囲では、気体種類の影響は、 p_{eff} とピラニセンサによって測定された圧力 p との間の係数によって説明することができる。より高い圧力において、気体種類の圧力 p_{eff} 特性からの非線形偏差が生じる。有効圧力 p_{eff} は、第 1 の圧力測定値を決定するときに測定することができ、圧力 p は、第 2 の圧力測定値を決定するステップにおいて決定することができる。図 9 に示す種類の記憶された曲線を使用して、測定ボリューム中に存在する気体組成が予想される気体組成と一致するか否か、または有効気体組成が目標仕様から逸脱するか否かについて、 p

40

50

と p_{eff} との間の偏差から記述することができる（ステップ $g g$ ）、107 参照）。例えば、示されている圧力範囲全体にわたって水素（ H_2 ）が存在する結果として、ピラニセンサにおいて読み取られる圧力値は、例えば気体種類窒素（ N_2 ）について予想されるよりも著しく高くなる。この評価の 1 つの可能な用途は、漏れ測定である。外部気体の決定およびその濃度の推定が可能である。目標値からの逸脱の程度は、例えば、さらなるプロセスステップの決行 / 中止の判断の基礎として使用することができる。

【0073】

図 10 は、図 11 および図 12 において説明される 2 通りの可能性の基本状況、すなわち、第 2 の気体種類依存圧力センサの気体種類依存圧力測定信号を、1 つまたは複数の校正係数を用いて本発明による方法によってどのように調整することができ、その結果、それに従って圧力測定値が補正され、第 2 の気体種類依存圧力センサのみが測定する範囲内でも気体種類依存性が排除されるかを、両対数表現において示す。図解は図 9 と同様であり、細い破線は所望の最適出力信号 90 を示し、有効圧力（水平軸）= 指示圧力（垂直軸）が適用される。さらに、第 1 の圧力センサからの信号 91（この場合、すべての気体について同一）、 H_2 中の第 2 の圧力センサからの信号 92、水蒸気中の第 2 の圧力センサからの信号 93、およびキセノン中の第 2 の圧力センサからの信号 94 が示されている。 $10^{-3} \text{ mbar} \sim 10^{+3} \text{ mbar}$ の 6 桁を超える圧力が図に示されている。

10

【0074】

図 10 は、気体種類非依存センサ 1、この場合はフルスケールが 10 mbar で動作範囲が 25 倍の容量式ダイヤフラムセンサの出力信号 91、および様々な気体の気体種類依存ピラニセンサの出力信号 92、93、94 を示す。この結果として、すべての気体について $5 \times 10^{-2} \text{ mbar} \sim 約 5 \text{ mbar}$ の範囲内の重複圧力測定範囲が得られ、 H_2 についての 5 mbar のピラニセンサの測定範囲の上端が試験気体として適用される。 $5 \times 10^{-2} \text{ mbar} \sim 約 0.4 \text{ mbar}$ の関心重複圧力測定範囲が、ここで強調されるべきであり、図 10 のような図 9 の気体特性の大部分は、両対数表現において線形である。

20

【0075】

図 11 . a) のように、同時読み取りによってこの重複圧力測定範囲内のキセノンに対してピラニ特性の校正パラメータ K が決定される場合、図 11 . b) に示すように、校正係数によって曲線を調整することによってピラニ特性を調整することができ、その結果、圧力がピラニによってのみ読み取られ得る低圧範囲 5 においても正しい測定信号が出力される。第 2 の圧力センサの信号の調整 95 の効果は、太い矢印によって示されている。例えば、キセノン中の調整された表示信号 97 の曲線は、有効圧力 96 において方法ステップにおいて読み取られ、破線によって示すように表示信号 97 をもたらす。図 11 に示す場合において、 $0.1 \sim 1 \text{ mbar}$ 、より正確には約 0.2 mbar の圧力が調整点 102 として決定される。

30

【0076】

図 12 . a) および図 12 . b) において、いくつかの圧力点を本方法に使用すると、調整方法を改善することができることが示されている。異なる圧力点 p_1 および p_2 における同時読み出しにより、気体種類非依存センサ 1 の読み出し圧力点、この場合は K_1 および K_2 に応じて異なる校正パラメータが得られる、図 12 . a) 参照。圧力における圧力依存一次校正係数などの適切な補正方法によって、ここで、水蒸気の場合のように、他の気体の勾配とは異なる両対数表現の勾配を有する特性曲線を補正することが可能になり、その結果、圧力がピラニによってのみ読み取られ得る低圧範囲 5 でも、正しい測定信号が出力される。第 2 の圧力センサの信号の調整 95 の効果は、太い矢印によって示されている。例えば、水蒸気中の調整された表示信号 98 の曲線は、有効圧力 96 において方法ステップにおいて読み取られ、破線によって示すように表示信号 98 をもたらす。調整点の役割を有する圧力 p_1 および p_2 は、10 倍をわずかに下回って離れている。ここに具体的に示されているのは、 p_1 約 0.5 mbar および p_2 約 0.07 mbar である。

40

【0077】

したがって、本発明および本発明の上記の実施形態は、要約すると、以下の効果を達成

50

することができる。

【 0 0 7 8 】

- a) 圧力測定範囲全体にわたって圧力測定の正確度を増大させる。
- b) 気体種類依存圧力測定原理を有する圧力センサの測定範囲においてさえ、気体種類依存性を最小にする。

【 0 0 7 9 】

- d) 特定の限界内で圧力測定を超えて気体組成を決定する能力を提供する。
- e) 意図しないシステム変更をユーザに警告するように、気体組成の変化、または少なくとも気体種類依存圧力測定値の変化をユーザに警告する。

【 0 0 8 0 】

- f) 二次関数として圧力センサのゼロ化を容易にする。

【符号の説明】

【 0 0 8 1 】

参照記号のリスト

1 圧力センサグループ

1 ' グループの第 1 の圧力センサ

1 ' ' グループの第 2 の圧力センサ

2 圧力センサの共通測定ボリューム

3 ' 第 1 の測定信号

3 ' ' 第 2 の測定信号

4 ' 第 1 の圧力測定範囲

4 ' ' 第 2 の圧力測定範囲

5 低圧範囲

6 重複圧力測定範囲

1 0 本方法を実行するための装置

1 1 ' ポンプ

1 1 ' ' 入口バルブ

1 2 制御ユニット

1 3 動作接続部 (ポンプを制御するための)

1 4 動作接続部 (入口バルブを制御するための)

9 0 最適出力信号 (有効圧力 = 指示圧力)

9 1 第 1 の圧力センサの信号 (すべての気体の)

9 2 H 2 中の第 2 の圧力センサの信号

9 3 水蒸気中の第 2 の圧力センサの信号

9 4 キセノン中の第 2 の圧力センサの信号

9 5 第 2 の圧力センサの信号の調整

9 6 方法ステップ 1 x x における有効圧力

9 7 キセノン中の調整された表示信号

9 8 水蒸気中の調整された表示信号

1 0 0 本発明による方法

1 0 1 ステップ a a) 第 1 の測定信号および第 2 の測定信号を読み出す

1 0 2 ステップ b b) 調整点を規定する

1 0 3 ステップ c c) 少なくとも 1 つの較正パラメータを決定する

1 0 4 ステップ d d) 第 1 の測定信号および第 2 の測定信号をさらに読み出す

1 0 5 さらに調整点のステップ e e)

1 0 6 ステップ f f) さらに較正パラメータを決定する

1 0 7 ステップ g g) 現在の圧力測定値を決定する

1 0 8 ステップ h h) 予想される勾配からの偏差を決定する

1 0 9 ステップ i i) 偏差と許容閾値とを比較する

1 1 0 ステップ j j) 水蒸気の警報をトリガする

10

20

30

40

50

1 1 1 ステップ k k) 低圧範囲に達したか否かをチェックする
1 1 2 ステップ I I) 第 1 の測定信号を読み出す (低圧範囲内の圧力中)
1 1 3 ステップ m m) 0 点信号を規定する
1 1 4 ステップ n n) 圧力を増大させる
1 1 5 ステップ o o) 現在の第 1 の測定信号の読み出し
1 1 6 ステップ P P) 現在の圧力測定値を (0 点信号を考慮して) 決定する
1 2 0 , 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0 方法の実施形態
K , K 1 , K 2 較正パラメータ
P 圧力
p 1 測定点 1 (圧力)
p 2 測定点 2 (圧力)
t 時間
開始 方法の開始 (フローチャート内)
終了 方法の終了 (フローチャート内)

【 図 面 】

【 図 1 】

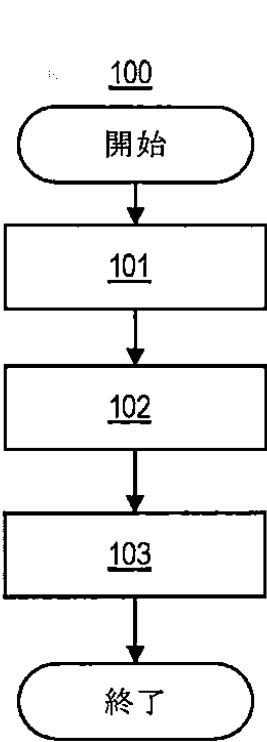


Fig. 1

【 図 2 】

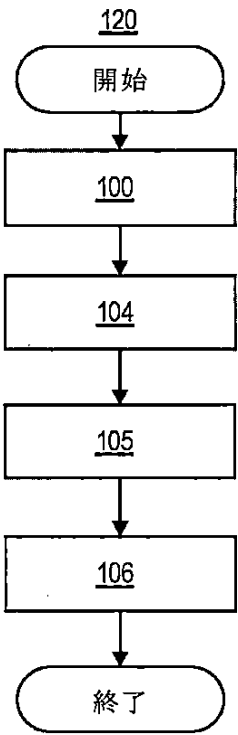


Fig. 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

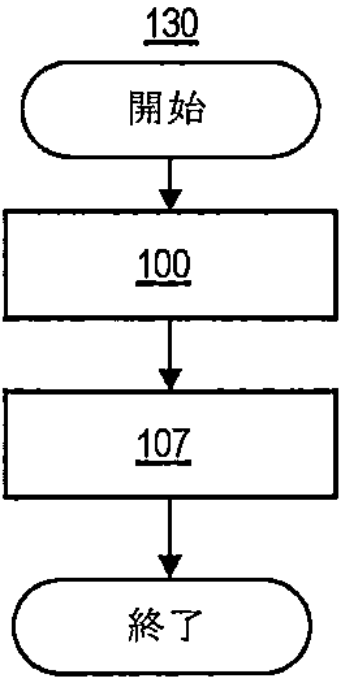


Fig. 3

【 図 4 】

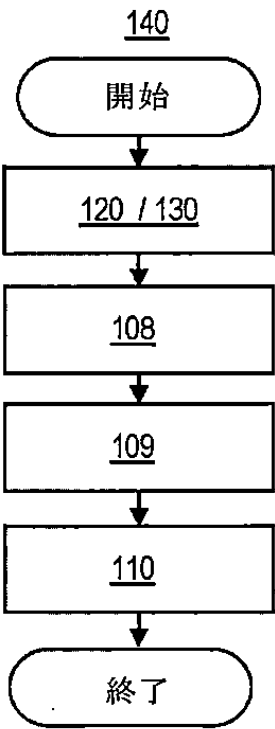


Fig. 4

【 図 5 】

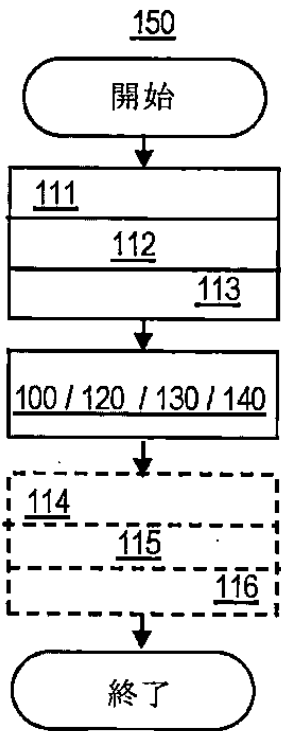


Fig. 5

【 図 6 】

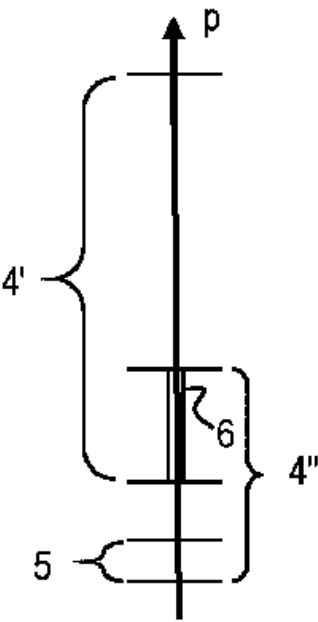


Fig. 6

10

20

30

40

50

【 図 7 】

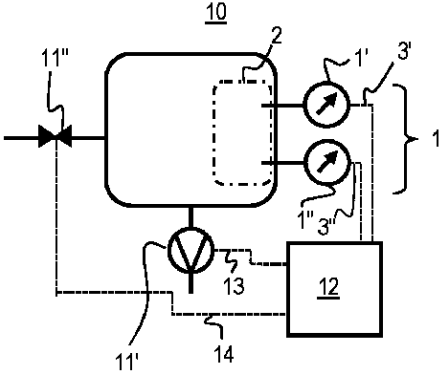


Fig. 7

【 図 8 】

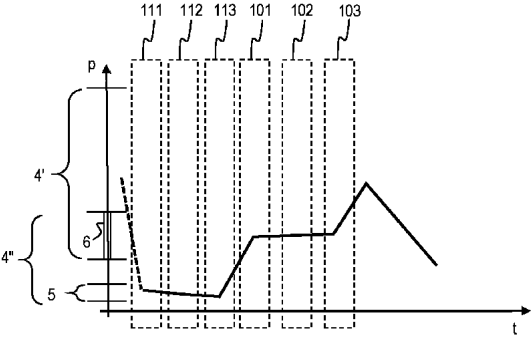


Fig. 8

【 図 9 】

圧力の読み取り（空気に対して校正）
p (mbar)

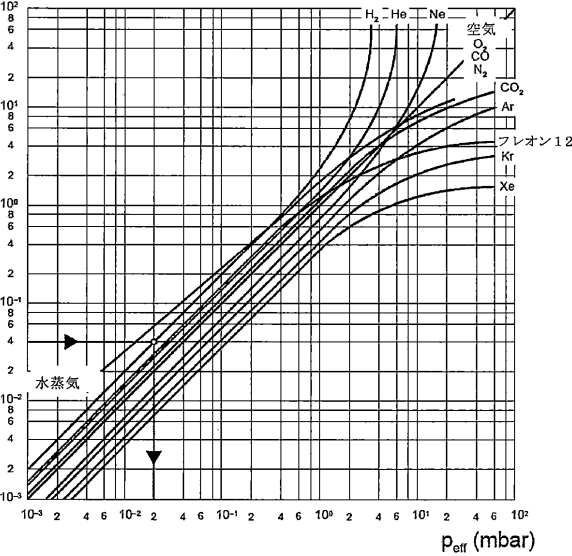


Fig. 9

【 図 10 】

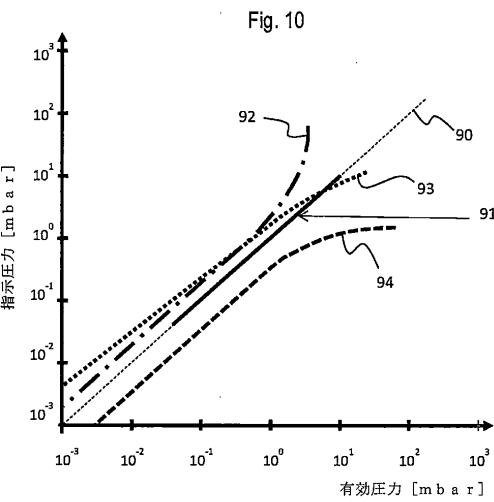


Fig. 10

10

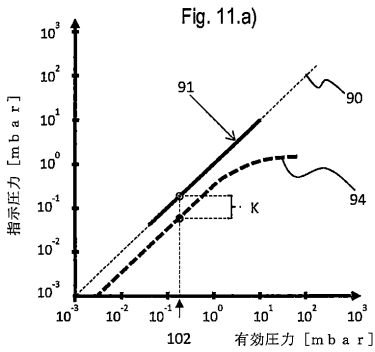
20

30

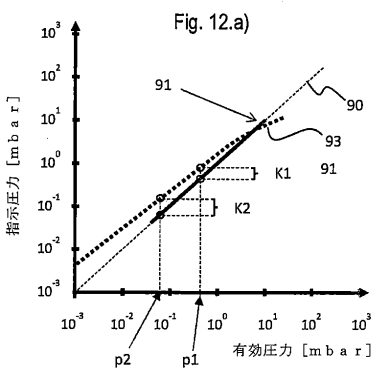
40

50

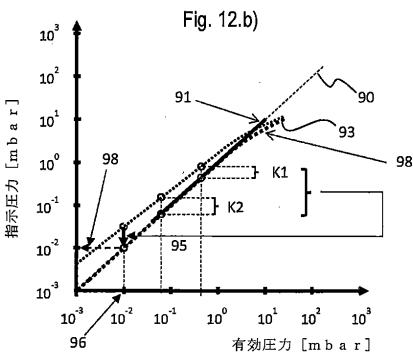
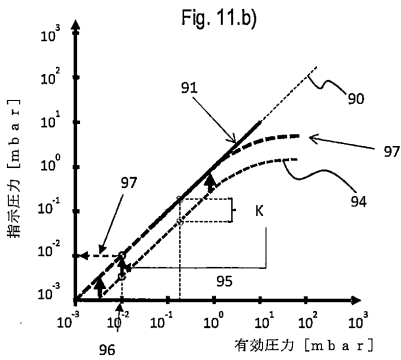
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



10



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 アンドレアウス、ベルンハルト
 スイス、 8 6 4 0 ラッパースビル、 リートシュトラーゼ、 1 0
 審査官 平野 真樹
- (56)参考文献 独国特許出願公開第 1 9 8 6 0 5 0 0 (D E , A 1)
 米国特許出願公開第 2 0 2 0 / 0 1 0 3 3 2 3 (U S , A 1)
 特開 2 0 1 9 - 1 2 8 1 9 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
 G 0 1 L 7 / 0 0 - 2 3 / 3 2 , 2 7 / 0 0 - 2 7 / 0 2