

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6563939号
(P6563939)

(45) 発行日 令和1年8月21日 (2019.8.21)

(24) 登録日 令和1年8月2日 (2019.8.2)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 L 7/00 (2006.01)	GO 1 L 7/00 P
GO 1 L 13/06 (2006.01)	GO 1 L 13/06 R
GO 1 L 9/00 (2006.01)	GO 1 L 9/00 3 O 3 C
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84 A

請求項の数 16 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2016-550033 (P2016-550033)	(73) 特許権者	000002325
(86) (22) 出願日	平成27年8月18日 (2015.8.18)		セイコーインスツル株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2015/073067		千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
(87) 国際公開番号	W02016/047315	(74) 代理人	100142837
(87) 国際公開日	平成28年3月31日 (2016.3.31)		弁理士 内野 則彰
審査請求日	平成30年6月4日 (2018.6.4)	(74) 代理人	100166305
(31) 優先権主張番号	特願2014-194224 (P2014-194224)		弁理士 谷川 徹
(32) 優先日	平成26年9月24日 (2014.9.24)	(72) 発明者	篠原 陽子
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内
		(72) 発明者	須田 正之
			千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインスツル株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力変化測定装置、高度測定装置及び圧力変化測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象圧力の変化を測定する圧力変化測定装置であって、
 前記測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体が流入するキャビティと、前記圧力伝達媒体を前記キャビティ内外に流通させる連通孔と、を有し、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧に関する情報を含む出力信号を出力する差圧センサと、
 前記測定対象圧力の変化を算出する演算処理部と、
 前記差圧が所定の範囲内にある所定状態における前記差圧センサの出力信号に基づいて、当該出力信号の基準値を表す基準値信号を設定する基準値設定部と、
 を備え、
 前記演算処理部は、

前記出力信号と前記基準値信号とに基づいて、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧を算出する差圧算出部と、

前記キャビティの内部圧力の予め設定された設定値と、前記差圧算出部により算出された差圧とに基づいて、前記測定対象圧力を算出する測定対象圧力算出部と、

前記差圧算出部により算出された差圧に基づいて、前記キャビティ内外を流通する圧力伝達媒体の所定時間の流通量を算出する流量算出部と、

前記流量算出部により算出された前記流通量と前記キャビティの容積とに基づいて、所定時間後の前記キャビティの内部圧力を算出し、当該算出した内部圧力で前記測定対象圧力算出部にて用いる前記キャビティの内部圧力の前記設定値を更新する内圧更新部と、

を有することを特徴とする圧力変化測定装置。

【請求項 2】

前記基準値設定部は、

前記差圧センサの前記出力信号に基づいて前記基準値信号を生成する判定部を有しており、

前記判定部は、前記差圧センサの出力信号の分布が所定範囲内にあるか否かを判断し、前記所定範囲内にあると判断した場合に前記所定状態であると判定して前記基準値信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 3】

前記基準値設定部は、前記測定対象圧力の変動有無を検知する検知部を有し、

10

前記判定部は、前記検知部により前記測定対象圧力の変動がないと検知した場合に、前記差圧センサの出力信号の分布が前記所定範囲内にあるか否かを判断することを特徴とする請求項 2 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 4】

前記検知部は、前記圧力変化測定装置の周囲の絶対圧を検出する絶対圧センサであって、

前記判定部は、前記絶対圧センサの出力信号の変化に基づいて前記測定対象圧力の変動有無を検知することを特徴とする請求項 3 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 5】

前記検知部は、前記差圧センサと前記測定対象圧力との間に設けられた通気孔付き筐体と、前記通気孔に接続された流量センサとであって、

20

前記判定部は、前記流量センサの出力信号の変化に基づいて前記測定対象圧力の変動有無を検知することを特徴とする請求項 3 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 6】

前記検知部は、さらに前記圧力変化測定装置が静止状態にあるか否かを検知し、

前記判定部は、前記検知部により前記静止状態にあると検知した場合に、前記所定範囲内にあるか否かを判断することを特徴とする請求項 3 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 7】

前記検知部は、前記圧力変化測定装置に作用する慣性力を検出する慣性センサを含み、

前記判定部は、前記慣性センサの出力信号の変化に基づいて前記静止状態を検知することを特徴とする請求項 6 に記載の圧力変化測定装置。

30

【請求項 8】

前記検知部は、前記圧力変化測定装置の測位情報を取得する測位システム機構であって、

前記判定部は、前記測位システム機構の測位情報の変化に基づいて前記静止状態を検知することを特徴とする請求項 6 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 9】

前記基準値設定部は、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力とを等しくするための圧力調整部を有し、

前記判定部は、前記差圧センサより前記出力信号を取得する前に、前記圧力調整部により前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力とを等しくする調整を行うことを特徴とする請求項 2 ～ 8 の何れか一項に記載の圧力変化測定装置。

40

【請求項 10】

前記圧力調整部は、前記キャビティ内部に外気を通気させる前記連通孔と別体の通気口を開閉する開閉機構であることを特徴とする請求項 9 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 11】

前記基準値設定部は、前記差圧を所定値に変化させる差圧制御部を有し、

前記判定部は、前記差圧センサより前記出力信号を取得する前に、前記差圧制御部により前記差圧を制御して変動させることを特徴とする請求項 2 ～ 8 の何れか一項に記載の圧力変化測定装置。

50

【請求項 1 2】

前記差圧制御部は、前記キャビティを形成するキャビティ筐体に設けられたメンブレン型アクチュエータであることを特徴とする請求項 1 1 に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 1 3】

前記差圧センサは、

前記連通孔を除く前記キャビティの開口面を塞ぐように設けられ、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧に応じて撓み変形するカンチレバーと、

前記カンチレバーの撓み変形に応じた変位を測定する変位測定部と、

を有することを特徴とする請求項 1 ～ 1 2 の何れか一項に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 1 4】

前記差圧センサは、

前記連通孔が前記キャビティの開口部側と接続された通路形状からなり、

前記連通孔内に配置された熱源と、

前記熱源を挟んで等間隔に配置された一对の温度センサと、

前記一对の温度センサの出力信号に応じて、前記連通孔両端の差圧を測定する差圧測定部と、

を有することを特徴とする請求項 1 ～ 1 2 の何れか一項に記載の圧力変化測定装置。

【請求項 1 5】

前記圧力変化測定装置から得られた前記測定対象圧力の変化を高度情報量に変換して出力することを特徴とする請求項 1 ～ 1 4 の何れか一項に記載の圧力変化測定装置を用いた高度測定装置。

【請求項 1 6】

測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体が流入するキャビティと、前記測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体を前記キャビティ内外に流通させる連通孔と、を有し、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧に関する情報を含む出力信号を出力する差圧センサを備えた圧力変化測定装置により該測定対象圧力の変化を測定する圧力変化測定方法であって、

前記差圧が所定の範囲内にある所定状態における前記差圧センサの出力信号に基づいて基準値信号を生成する基準値生成ステップと、

前記出力信号と前記基準値信号とに基づいて、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧を算出する差圧算出ステップと、

前記キャビティの内部圧力の予め設定された設定値と前記差圧算出ステップにより算出された差圧とに基づいて、前記測定対象圧力を算出する測定対象圧力算出ステップと、

前記差圧算出ステップにより算出された差圧に基づいて、前記キャビティ内外を流通する圧力伝達媒体の所定時間単位の流通量を算出する流量算出ステップと、

前記流量算出ステップにより算出された前記流通量と前記キャビティの容積とに基づいて、所定時間後の前記キャビティの内部圧力を算出し、当該算出した内部圧力で前記測定対象圧力算出ステップに用いる前記キャビティの内部圧力の設定値を更新する内圧更新ステップと、

を有することを特徴とする圧力変化測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧力変化測定装置、高度測定装置及び圧力変化測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、測定対象の圧力変化を測定する装置として、内室（圧力室）と、この内室の圧力と測定対象の圧力との差圧を測定する差圧計（ダイヤフラム等）と、測定対象の圧力伝達媒体が内室に対して流入出できる圧力通過孔とを有する圧力変化測定装置が知られている（例えば、特許文献 1、2）。

【0003】

ここで、上記圧力通過孔は非常に小さい構造であり、内室への圧力伝達媒体の流動を制限しており、さらに、内室の圧力は、圧力伝達媒体の流入出量によって変化するため、内室の圧力は、測定対象の圧力の変化に対して遅れて追従する。このため、内室の圧力と測定対象の圧力との差圧を測定することで、測定対象の圧力変化を検知することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開昭48-12778号公報

【特許文献2】特開平2-52229号公報

【特許文献3】特許5650360号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記の特許文献1-3に開示されている圧力変化測定装置では、その出力信号から所定のタイミングにおける測定対象の圧力変化を検知できる反面、測定対象の圧力の経時的変化、つまり時間軸に対する測定対象圧力の変化を測定することが難しい。つまり、得られた出力信号に基づいて、測定対象の圧力の経時的変化を測定する場合は、測定対象の圧力が一定である状態の基準値に対して、出力信号がどれだけ変化したかを測定する必要があるが、従来技術では、この基準値をどのように設定するかに関しては明らかにされておらず、その為、測定対象の圧力の経時的変化を高精度に測定することが困難である。また、このような圧力測定装置の出力結果に基づいて高度情報を測定する高度測定装置においても、高度情報を高精度に測定することが困難である。

【0006】

そこで本発明は、測定対象の圧力の経時的変化を高精度に測定可能な圧力変化測定装置、高度測定装置及び圧力変化測定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成すべく、本発明にあっては、

測定対象圧力の変化を測定する圧力変化測定装置であって、前記測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体が流入するキャビティと、前記圧力伝達媒体を前記キャビティ内外に流通させる連通孔と、を有し、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧に関する情報を含む出力信号を出力する差圧センサと、前記測定対象圧力の変化を算出する演算処理部と、前記差圧が所定の範囲内にある所定状態における前記差圧センサの出力信号に基づいて、当該出力信号の基準値を表す基準値信号を設定する基準値設定部と、を備え、前記演算処理部は、前記出力信号と前記基準値信号とに基づいて、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧を算出する差圧算出部と、前記キャビティの内部圧力の予め設定された設定値と、前記差圧算出部により算出された差圧とに基づいて、前記測定対象圧力を算出する測定対象圧力算出部と、前記差圧算出部により算出された差圧に基づいて、前記キャビティ内外を流通する圧力伝達媒体の所定時間の流通量を算出する流量算出部と、前記流量算出部により算出された前記流通量と前記キャビティの容積とに基づいて、所定時間後の前記キャビティの内部圧力を算出し、当該算出した内部圧力で前記測定対象圧力算出部にて用いる前記キャビティの内部圧力の前記設定値を更新する内圧更新部と、を有することを特徴とする。

【0008】

また、前記基準値設定部は、前記差圧センサの前記出力信号に基づいて前記基準値信号を生成する判定部を有しており、前記判定部は、前記差圧センサの出力信号の分布が所定範囲内にあるか否かを判断し、前記所定範囲内にあると判断した場合に前記所定状態であると判定して前記基準値信号を生成することを特徴とする。

【0009】

また、前記基準値設定部は、前記測定対象圧力の変動有無を検知する検知部を有し、前記判定部は、前記検知部により前記測定対象圧力の変動がないと検知した場合に、前記差圧センサの出力信号の分布が前記所定範囲内にあるか否かを判断することを特徴とする。

【0010】

また、前記検知部は、前記圧力変化測定装置の周囲の絶対圧を検出する絶対圧センサであって、前記判定部は、前記絶対圧センサの出力信号の変化に基づいて前記測定対象圧力の変動有無を検知することを特徴とする。

【0011】

また、前記検知部は、前記差圧センサと前記測定対象圧力との間に設けられた通気孔付き筐体と、前記通気孔に接続された流量センサとであって、前記判定部は、前記流量センサの出力信号の変化に基づいて前記測定対象圧力の変動有無を検知することを特徴とする。

10

【0012】

また、前記検知部は、さらに前記圧力変化測定装置が静止状態にあるか否かを検知し、前記判定部は、前記検知部により前記静止状態にあると検知した場合に、前記所定範囲内にあるか否かを判断することを特徴とする。

【0013】

また、前記検知部は、前記圧力変化測定装置に作用する慣性力を検出する慣性センサを含み、前記判定部は、前記慣性センサの出力信号の変化に基づいて前記静止状態を検知することを特徴とする。

20

【0014】

また、前記検知部は、前記圧力変化測定装置の測位情報を取得する測位システム機構であって、前記判定部は、前記測位システム機構の測位情報の変化に基づいて前記静止状態を検知することを特徴とする。

【0015】

また、前記基準値設定部は、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力とを等しくするための圧力調整部を有し、前記判定部は、前記差圧センサより前記出力信号を取得する前に、前記圧力調整部により前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力とを等しくする調整を行うことを特徴とする。

【0016】

30

また、前記圧力調整部は、前記キャビティ内部に外気を通気させる前記連通孔と別体の通気口を開閉する開閉機構であることを特徴とする。

【0017】

また、前記基準値設定部は、前記差圧を所定値に変化させる差圧制御部を有し、前記判定部は、前記差圧センサより前記出力信号を取得する前に、前記差圧制御部により前記差圧を制御して変動させることを特徴とする。

【0018】

また、前記差圧制御部は、前記キャビティを形成するキャビティ筐体に設けられたメンブレン型アクチュエータであることを特徴とする。

【0019】

40

また、前記差圧センサは、前記連通孔を除く前記キャビティの開口面を塞ぐように設けられ、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧に応じて撓み変形するカンチレバーと、前記カンチレバーの撓み変形に応じた変位を測定する変位測定部と、を有することを特徴とする。

【0020】

また、前記差圧センサは、前記連通孔が前記キャビティの開口部側と接続された通路形状からなり、前記連通孔内に配置された熱源と、前記熱源を挟んで等間隔に配置された一対の温度センサと、前記一対の温度センサの出力信号に応じて、前記連通孔両端の差圧を測定する差圧測定部と、を有することを特徴とする。

【0021】

50

また、本発明の高度測定装置では、前記圧力変化測定装置から得られた前記測定対象圧力の変化を高度情報に変換して出力することを特徴とする。

【0022】

また、本発明の圧力変化測定方法では、

測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体が流入するキャビティと、前記測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体を前記キャビティ内外に流通させる連通孔と、を有し、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧に関する情報を含む出力信号を出力する差圧センサを備えた圧力変化測定装置により該測定対象圧力の変化を測定する圧力変化測定方法であって、

前記差圧が所定の範囲内にある所定状態における前記差圧センサの出力信号に基づいて基準値信号を生成する基準値生成ステップと、前記出力信号と前記基準値信号とに基づいて、前記キャビティの内部圧力と前記測定対象圧力との差圧を算出する差圧算出ステップと、前記キャビティの内部圧力の予め設定された設定値と前記差圧算出ステップにより算出された差圧とに基づいて、前記測定対象圧力を算出する測定対象圧力算出ステップと、前記差圧算出ステップにより算出された差圧に基づいて、前記キャビティ内外を流通する圧力伝達媒体の所定時間単位の流通量を算出する流量算出ステップと、前記流量算出ステップにより算出された前記流通量と前記キャビティの容積とに基づいて、所定時間後の前記キャビティの内部圧力を算出し、当該算出した内部圧力で前記測定対象圧力算出ステップに用いる前記キャビティの内部圧力の設定値を更新する内圧更新ステップと、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0023】

このように本発明によれば、測定対象の圧力の経時的変化を高精度に測定可能な圧力変化測定装置、高度測定装置及び圧力変化測定方法を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置の構成図である。

【図2】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置に用いる差圧センサの構造を示す説明図である。

【図3】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する検出回路の構成を示す説明図である。

【図4】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する検出回路の出力を示す説明図である。

【図5】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する差圧計測用カンチレバーの動作を示す説明図である。

【図6】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置の動作を示す説明図である。

【図7】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する演算処理部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図8】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する演算処理部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図9】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する基準値設定部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図10】第一の実施形態に係る圧力変化測定装置の変形例の構成図である。

【図11】第二の実施形態に係る圧力変化測定装置の構成図である。

【図12】第二の実施形態に係る圧力変化測定装置の構成図である。

【図13】第二の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する基準値設定部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図14】第三の実施形態に係る圧力変化測定装置の断面構造を示す断面図である。

【図15】第三の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する基準値設定部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図 1 6】 第三の実施形態に係る圧力変化測定装置の断面構造を示す断面図である。

【図 1 7】 第三の実施形態に係る圧力変化測定装置の変形例の断面構造を示す断面図である。

【図 1 8】 第三の実施形態に係る圧力変化測定装置の変形例を構成する基準値設定部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図 1 9】 第三の実施形態に係る圧力変化測定装置の変形例を構成する基準値設定部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図 2 0】 第四の実施形態に係る圧力変化測定装置の断面構造を示す断面図である。

【図 2 1】 第四の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する基準値設定部の処理の流れを示すフローチャート図である。

【図 2 2】 第四の実施形態に係る圧力変化測定装置を構成する検出回路の出力を示す説明図である。

【図 2 3】 第四の実施形態に係る圧力変化測定装置の変形例の断面構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明に係る圧力変化測定装置の実施形態について図面を参照して説明する。

(第一の実施形態)

(1-1: 全体構成)

図 1 は、本発明の第一の実施形態に係る圧力変化測定装置 1 の構成を示す。

第一の実施形態の圧力変化測定装置 1 は、差圧センサ 90 と、差圧センサ 90 の出力が所定条件を満たしているか否かを判定して、満たしている場合に、差圧センサ 90 の出力信号から基準値信号を生成する基準値設定部 60 と、差圧センサ 90 の出力信号と基準値設定部 60 が設定した基準値信号に基づいて、測定対象圧力の変化を算出する演算処理部 30 と、を有している。

【0026】

差圧センサ 90 の詳細な構造については、後述するが、キャビティ 10 と、測定対象圧力を伝達する圧力伝達媒体をキャビティ 10 内外に流通させる連通孔であるギャップ 13、キャビティ 10 の内部圧力と測定対象圧力との差圧を測定する差圧計測用カンチレバー 4 と、差圧計測用カンチレバー 4 で測定した差圧を電気信号に変換する検出回路 22 と、を有する。

【0027】

基準値設定部 60 は、差圧センサ 90 及び演算処理部 30 に接続されており、差圧センサ 90 の出力が所定条件を満たしているのか否かを判定する判定部 61 と、プログラム等を記憶する記憶装置（図示省略）と、を有する。

演算処理部 30 は、検出回路 22 及び基準値設定部 60 に接続されており、測定対象の圧力変化を算出する処理を行う集積回路（差圧算出部 31、測定対象圧力算出部 32、流量算出部 33、内圧更新部 34）と、集積回路で利用するプログラムや値を記憶する記憶装置（図示省略）とで構成される。

【0028】

次に、差圧センサ 90 の詳細な構成について、図 2 を用いて説明する。

差圧センサ 90 は、表裏の圧力差に応じて変形する差圧計測用カンチレバー 4 と、一端が差圧計測用カンチレバー 4 と対向するように配設された蓋部 12 と、差圧計測用カンチレバー 4 の変位を測定するための変位測定部 5 と、差圧計測用カンチレバー 4 及び蓋部 12 の一面に配設されたキャビティ筐体 3 と、を有する。

【0029】

キャビティ筐体 3 は、内部にキャビティ 10 が形成された箱状の部材である。キャビティ筐体 3 は、例えば、キャビティ 10 を構成するセラミック材よりなる第 1 の部分 31 と、第 1 の部分 31 上に配置され、かつ後述のシリコン支持層 2a、及びシリコン酸化膜等の酸化層 2b よりなる第 2 の部分 32 とを有している。

【0030】

差圧計測用カンチレバー 4 は、例えば、シリコン支持層 2 a、シリコン酸化膜等の酸化層 2 b、及びシリコン活性層 2 c を熱的に貼り合わせた S O I 基板 2 を加工することで形成される。具体的には、差圧計測用カンチレバー 4 は、S O I 基板 2 を構成するシリコン活性層 2 c よりなり、平板状のシリコン活性層 2 c から平面視コ字状に形成されたギャップ 1 3 を切り出した形状からなる。

これにより、差圧計測用カンチレバー 4 は、基端部 4 a を固定端とし、蓋部 1 2 と対向する側の端部である先端部 4 b を自由端とした片持ち梁構造となる。

【0031】

また、差圧計測用カンチレバー 4 は、キャビティ筐体 3 に形成されたキャビティ 1 0 の上面を囲うよう配置される。つまり、差圧計測用カンチレバー 4 は、キャビティ 1 0 の開口を略閉塞している。

差圧計測用カンチレバー 4 は、基端部 4 a を介してキャビティ筐体 3 に第 2 の部分 3 2 上に対して一体的に固定されることで、片持ち支持される。これにより、差圧計測用カンチレバー 4 は、基端部 4 a を固定端としてキャビティ 1 0 内部と外部との圧力差（差圧）に応じた撓み変形が可能になる。

【0032】

なお、差圧計測用カンチレバー 4 の基端部 4 a には、差圧計測用カンチレバー 4 が撓み変形しやすいように、平面視コ字状の貫通孔 1 5 が形成される。ただし、この貫通孔 1 5 の形状は、差圧計測用カンチレバー 4 の撓み変形を容易にする形状ならば、上記コ字状に限定されるものではない。

【0033】

蓋部 1 2 は、キャビティ 1 0 上方に位置し、ギャップ 1 3 を介して、差圧計測用カンチレバー 4 の周囲に配置されている。当該蓋部 1 2 は、シリコン活性層 2 c で構成される。

変位測定部 5 は、外部から加わる応力に応じて電気抵抗値が変化するピエゾ抵抗 2 0 と、この電気抵抗値変化を取り出す検出回路 2 2 から構成されている。

ピエゾ抵抗 2 0 は、図 1 に示すように、Y 方向において、貫通孔 1 5 を挟んだ両側に対となって配置される。これら一対のピエゾ抵抗 2 0 は、導電性材料からなる配線部 2 1 を介して相互に電氣的に接続されている。

【0034】

なお、この配線部 2 1 及びピエゾ抵抗 2 0 を含む全体的な形状は、例えば図 1 に示すように平面視 U 字状とすることができるが、別の配置形状としてもよい。

【0035】

検出回路 2 2 は、ピエゾ抵抗 2 0 と接続され、ピエゾ抵抗 2 0 の電気抵抗値変化に基づいた信号を出力する回路である。

上記検出回路 2 2 は、例えば、図 3 に示すように、ブリッジ回路及び増幅回路 2 2 a で構成される。すなわち、検出回路 2 2 は、ピエゾ抵抗 2 0 と、固定抵抗 R_o 、可変抵抗 R_o' を用いて、ブリッジ回路を構成することで、ピエゾ抵抗 2 0 の電気抵抗値の変化を電圧変化として取り出すことができる。そして、検出回路 2 2 は、この電圧変化を増幅回路 2 2 a で所定のゲインで増幅して出力する。

なお、上記ピエゾ抵抗 2 0 は、例えば、イオン注入法や拡散法等の各種方法により、リン等のドーパ剤（不純物）をシリコン活性層 2 c にドーピングすることで形成される。また、ドーパ剤は、シリコン活性層 2 c 表面近傍のみに添加される。このため、ピエゾ抵抗 2 0 の電気抵抗値の変化は、差圧計測用カンチレバー 4 に加わる応力の圧縮／伸長の方向に対して正負逆となる。

【0036】

また、一対のピエゾ抵抗 2 0 間は、配線部 2 1 のみで電氣的に導通するように構成されている。このため、差圧計測用カンチレバー 4 のうち配線部 2 1 近傍におけるシリコン活性層 2 c は、配線部 2 1 以外でピエゾ抵抗 2 0 双方が導通しないよう、エッチング等によりシリコン活性層 2 c を除去して形成した溝部 1 6 を有している。なお、上記配線部 2 1

10

20

30

40

50

近傍におけるシリコン活性層 2 c は、部分的に不純物ドーピングされることで、エッチングを省略した構成としてもよい。

【0037】

(1-2: 圧力変化時の差圧計測用カンチレバーの動作と検出回路の出力特性)

次いで、測定対象の圧力が変化した場合の差圧計測用カンチレバー 4 の動作と、その時の検出回路 22 の出力特性について、図 4 及び図 5 を用いて説明する。なお、測定対象の圧力は、以下、外圧 P_{out} と表記することとする。外圧 P_{out} は、差圧計測用カンチレバー 4 のキャビティ筐体 3 への配設面と対向する面（すなわち、図 2 における上面）側の圧力である。また、キャビティ 10 内部の内圧を内圧 P_{in} と定義し、外圧 P_{out} とする。

10

【0038】

ここで、図 4 は、図 1 に示す検出回路 22 の出力特性の一例を模式的に示す図であり、図 4 (A) は、外圧 P_{out} 及び内圧 P_{in} の経時変化を、図 4 (B) は検出回路 22 の出力信号の経時変化をそれぞれ表す。また、図 5 は、図 1 及び図 2 に示す差圧計測用カンチレバー 4 の動作の一例を模式的に示す断面図であり、(A) は初期状態、(B) は外圧 P_{out} が内圧 P_{in} より高い状態、(C) はキャビティ内外の圧力が同じに戻った状態の差圧計測用カンチレバー 4 の断面図をそれぞれ表す。なお、図 5 において、検出回路 22 の図示を省略する。

【0039】

始めに、図 4 (A) における期間 A のように、外圧 P_{out} と内圧 P_{in} とが等しく、差圧 ΔP がゼロである場合には、図 5 (A) に示すように、差圧計測用カンチレバー 4 は撓み変形しない。

20

【0040】

ここで、図 4 (A) における時刻 t 以降の期間 B のように、例えば、外圧 P_{out} がステップ状に上昇すると、内圧 P_{in} は急激に変化できず、差圧 ΔP が生じるため、図 5 (B) に示すように、差圧計測用カンチレバー 4 はキャビティ 10 内部に向けて撓み変形する。すると、当該差圧計測用カンチレバー 4 の撓み変形に応じてピエゾ抵抗 20 に応力が加わり、電気抵抗値が変化するので、図 4 (B) に示すように、検出回路 22 の出力信号が増大する。

【0041】

また、外圧 P_{out} の上昇以降（時刻 t_1 以降）において、ギャップ 13 を介してキャビティ 10 の外部から内部へと圧力伝達媒体が徐々に流動する。このため、図 4 (A) に示すように、内圧 P_{in} は時間の経過とともに、外圧 P_{out} に遅れながら、かつ外圧 P_{out} の変動よりも緩やかな応答で上昇する。

30

【0042】

その結果、内圧 P_{in} が外圧 P_{out} に徐々に近づくので、差圧計測用カンチレバー 4 の撓みが徐々に小さくなり、図 4 (B) に示すように上記出力信号が徐々に低下する。

【0043】

そして、図 4 (A) に示す時刻 t_3 以降の期間 D のように、内圧 P_{in} が外圧 P_{out} と同じになると、図 5 (C) に示すように、差圧計測用カンチレバー 4 の撓み変形が解消され、図 5 (A) に示す初期状態に復帰する。さらに、図 4 (B) に示すように、検出回路 22 の出力信号も期間 A の初期状態と同値に戻る。

40

【0044】

なお、検出回路 22 の出力信号は、初期状態における基準電圧と、ピエゾ抵抗 20 の抵抗変化に基づいて増幅された信号との加算となる。初期状態における基準電圧は、差圧計測用カンチレバー 4 に加わる差圧 ΔP がゼロの場合の、図 3 に図示したブリッジ回路分圧点 V_a と V_b との電圧差を増幅回路 22 a で増幅した電圧値となる。後述するが、基準値設定部 60 は、初期状態、つまり内圧 P_{in} と外圧 P_{out} との差圧 ΔP ($= P_{out} - P_{in}$) が所定の範囲内にある状態（所定状態）にあるか否かを判別して、基準電圧を測定し、基準値として設定する。なお、ここでいう「所定の範囲内」とは、具体的には 1 P

50

a以内であり、好ましくは0.5Pa以内の範囲を指す。

【0045】

このように、差圧計測用カンチレバー4の変位に基づいた検出回路22の出力信号をモニタすることで、差圧計測用カンチレバー4の変形、そして差圧 ΔP の時間変化、さらに外圧Poutの時間変化を測定することができる。

【0046】

特に、SOI基板2のシリコン活性層2cを利用して半導体プロセス技術により差圧計測用カンチレバー4を形成できるので、非常に薄型化（例えば数十から数百nm厚）しやすい。したがって、微小な圧力変動の検出を精度よく行うことができる。

【0047】

さらに、外圧Poutが非常に緩やかに変化する場合、ギャップ13による圧力伝達媒体の流動制限機能が作用せず、内圧Pinは外圧Poutに対して時間遅れせず、ほぼ同じ圧力値となり、差圧 ΔP が発生しないが、本実施形態では、これを逆に利用し、外圧Poutが非常に遅い変化速度の場合（例えば、気象変化のような気圧変化の場合）、外圧Poutの変化を無視することが可能となる。よって、気象変化のような気圧変化をノイズとして除去することが可能になる。

【0048】

（1-3：圧力変化測定装置の制御処理）

次に図4のフローチャートを用いて、外圧Poutに変化の変化を算出する処理について説明する。

【0049】

まず、圧力変化測定装置1の外部の圧力、すなわち、外圧Poutが変化する（ステップS1）。

すると、キャビティ10内部の内圧である内圧Pinは、ステップS1における外圧Poutの変化に追従するように変化する（ステップS2）。ここで、ギャップ13はキャビティ10内外を連通する連通孔として機能するため、差圧計測用カンチレバー4の表裏に加わる差圧に応じて、高圧側から低圧側へと圧力伝達媒体が移動する。ただし、圧力伝達媒体の移動が微小なギャップ13によって規制されているため、内圧Pinは、外圧Poutの変化に応じて急激に変化することではなく、外圧Poutの変化に対して遅れて追従することとなる。

【0050】

そして、差圧計測用カンチレバー4の表裏面には、上述の外圧Poutの変化に対する内圧Pinの遅れによって、圧力差（以下、差圧 $\Delta P = P_{out} - P_{in}$ ）が発生する（ステップS3）。その結果、差圧計測用カンチレバー4は、ステップS4に係る差圧 ΔP の大きさに応じて撓み変形することになる（ステップS4）。

【0051】

差圧計測用カンチレバー4が撓み変形をすると、差圧計測用カンチレバー4の基端部に設けられた圧電抵抗20に応力が加わり（ステップS5）、圧電抵抗20の電気抵抗値が変化する（ステップS6）。ここで、検出回路22は、圧電抵抗20へ電流を流すことで、ステップS6に係る圧電抵抗20の電気抵抗値の変化を検出する（ステップS7）。そして、演算処理部30は、検出回路22より圧電抵抗20の電気抵抗値の変化に応じた信号が入力されると、当該入力された信号と基準値設定部60より入力された基準値信号とに基づいて、外圧Poutの変化を算出する（ステップS8）。

この処理により、演算処理部30は外圧Poutの変化を算出することができる。

【0052】

（1-4：演算処理部による外圧Poutの変化の算出処理）

次に、図4のステップS8で述べた、演算処理部30による外圧Poutの変化の算出処理について、図7及び図8のフローチャートを用いて詳細に説明する。

【0053】

まず、図7に示すように、演算処理部30は、基準値設定部60から受信した基準値信

10

20

30

40

50

号に基づいて記憶装置に記憶されている（予め設定されている）基準値を読み込む（ステップS701）。なお、基準値設定部60による基準値信号の生成処理については、図9を用いて後段で詳述する。

【0054】

次いで、演算処理部30は、ステップS8で述べた検出回路22から出力信号が検出されると（ステップS702）、当該検出回路22の出力信号の値を一定時間 Δt 毎に合計N個、記憶装置（図示省略）に格納する（ステップS703）。

【0055】

次いで、演算処理部30は、換算期間（ $N \times \Delta t$ ）中に、上記出力信号N個に対して、ステップS701にて記憶した基準値を減算することで、ピエゾ抵抗20の抵抗値変化の部分だけを算出する（ステップS704）。次いで、演算処理部30は、上記減算結果に対して、検出回路22を構成する増幅回路22aの増幅率（ゲイン値）で除算することで、図3で示したブリッジ回路から出力される一定時間 Δt 毎の電圧値のうち、ピエゾ抵抗20の抵抗値変化に基づく部分の電圧値N個を算出する（ステップS705）。

【0056】

次いで、演算処理部30は、ステップS705の除算結果（ピエゾ抵抗20の抵抗値変化に基づく、ブリッジ回路からの電圧値）と、ブリッジ回路を構成する抵抗素子の抵抗値 R_0 と、ブリッジ回路に供給される電圧とから、一定時間 Δt 毎のピエゾ抵抗20の電気抵抗値 $R + \Delta R$ をN個、算出する（ステップS706）。なお、電気抵抗値 R は、差圧 ΔP がゼロの場合のピエゾ抵抗20の電気抵抗値、電気抵抗値 ΔR は加わる差圧 ΔP によって変化した、ピエゾ抵抗20の変化を示す。

【0057】

次いで、演算処理部30の差圧算出部31は、ステップS706で算出したピエゾ抵抗20の電気抵抗値 $R + \Delta R$ から、差圧計測用カンチレバー4に加わる差圧 ΔP 、N個（ $\Delta P(1 \sim N)$ ）を差圧データベースから求める（ステップS707；差圧算出ステップ）。

【0058】

この差圧データベースは、差圧 ΔP と電気抵抗値の変化率 $\Delta R/R$ との関係性を、差圧 ΔP ごとに格納したものである。具体的には、上記差圧データベースは、予め、差圧計測用カンチレバー4に差圧 ΔP を加えた場合の検出回路22の出力値を測定し、差圧 ΔP の値と、上記測定値から算出される電気抵抗値の変化率 $\Delta R/R$ と、を対応付けて演算処理部30の記憶装置に格納した数値データベースである。

そのため、演算処理部30の差圧算出部31は、差圧データベースを参照することで、差圧 ΔP がゼロの場合のピエゾ抵抗20の電気抵抗値 R と、ステップS706で算出したピエゾ抵抗20の電気抵抗値 $R + \Delta R$ とにより、差圧計測用カンチレバー4に加わる差圧 ΔP を求めることができる。

【0059】

次いで、図8に示すように、演算処理部30の測定対象圧力算出部32は、内圧 $P_{in}(i)$ のうち（ $i = 1 \sim N$ 、 $N: 2$ 以上の自然数）、最も時刻の早い1個目の内圧 $P_{in}(1)$ に初期値を設定する（ステップS708）。本実施形態にかかる内圧 $P_{in}(1)$ は、空気中で用いることを前提として、大気圧とする。

【0060】

次いで、演算処理部30の測定対象圧力算出部32は、 $P_{in}(i)$ に差圧 $\Delta P(i)$ を加算して、外圧 $P_{out}(i)$ を算出する（ステップS709；測定対象圧力算出ステップ）。

【0061】

次いで、演算処理部30の流量算出部33は、差圧 $\Delta P(i)$ を用いて、キャビティ10に流入する圧力伝達媒体の流量 $Q(i)$ を流量データベースから読み出す（ステップS710；流量算出ステップ）。

ここで流量データベース（流量データベース部）は、差圧 ΔP と流量 Q との関係性を、

10

20

30

40

50

差圧 ΔP の値ごとに、予め記憶装置に格納したものである。これにより、差圧 ΔP と差圧計測用カンチレバー４の表裏を流動する圧力伝達媒体の流量 Q との関係を得ることができる。つまり、演算処理部３０の流量算出部３３は、上記関係性から構築される流量データベースに基づいて、差圧 ΔP よりキャビティに流れ込む流量 Q を特定できる。

【００６２】

次いで、演算処理部３０の内圧更新部３４は、流量 $Q(i)$ とキャビティの容積 V から、 Δt 時間後の内圧 $P_{in}(i+1)$ を算出する（ステップＳ７１１）。ここで、一定時間 Δt は非常に小さく、また Δt 毎の外圧 P_{out} の変化が非常に小さいと仮定し、熱移動や圧力損失を無視できるほど小さいとする。このため、圧力伝達媒体がキャビティ１０に流入した分だけ内圧 P_{in} が上昇する。したがって流量 $Q(i)$ 、容積 V 、内圧 $P_{in}(i+1)$ 、内圧 $P_{in}(i)$ の関係を、以下の式（１）で表すことができる。

$$P_{in}(i) \times (V + Q(i) \times \Delta t) = P_{in}(i+1) \times V \quad \dots (1)$$

【００６３】

このため、演算処理部３０の内圧更新部３４は、 Δt 時間後の $P_{in}(i+1)$ を、次の式（２）で得ることができる。

$$P_{in}(i+1) = (V + Q(i) \times \Delta t) \times P_{in}(i) / V \quad \dots (2)$$

次いで、演算処理部３０は、ステップＳ７１１にて得られた $P_{in}(i+1)$ と、当初算出した $P_{out}(i)$ とを演算処理部３０を構成する記憶装置に格納する（ステップＳ７１２）。

【００６４】

次いで演算処理部３０は、 i に $i+1$ を代入し、 i が N を上回ったか否かを判断して（ステップＳ７１３）、 i が N 以下と判断した場合（ステップＳ７１３； N ）、ステップＳ７０９～Ｓ７１２の処理を繰り返す（繰返し処理ステップ）。この際、演算処理部３０の内圧更新部３４は、ステップＳ７０９にて使用する内圧 P_{in} を、ステップＳ７１１にて算出した $P_{in}(i+1)$ に更新する（内圧更新ステップ）。

【００６５】

そして、演算処理部３０は、 i が N を上回ったと判断した場合（ステップＳ７１３； Y ）、本処理を終了する。これにより、演算処理部３０は、 Δt 時間毎に N 個の P_{out} を記憶装置内部に蓄積することができる。この情報は、 $N \times \Delta t$ 期間中に、外圧 P_{out} がどのように変化したかを示している。

【００６６】

なお、上記 Δt （所定時間）は、演算処理部３０により予め設定された値であっても良いし、圧力変化測定装置１に備わる図示しないユーザーインターフェース部を介してユーザーが適宜設定できるように構成してもよい。

これらの処理によって、演算処理部３０は、検出回路２２の出力信号と基準値設定部６０の基準値信号から容易に得られなかった外圧 P_{out} の変化を計測することができる。

【００６７】

（１－５：基準値設定部による基準値生成処理）

次いで、図９を参照して、図７のステップＳ７０１に示す基準値設定部６０による基準値信号の生成方法について説明する。図９は、基準値設定部６０が検出回路２２の出力信号に基づいて、基準値を算出及び更新する処理の流れを示すフローチャート図である。なお、基準値設定部６０の生成処理は、大まかには、図４で述べた圧力変化測定装置１の制御処理のうち、外圧 P_{out} の変化から検出回路２２の出力信号までをおおよそ逆順に演算して行うものである。つまり、図６中のステップＳ１～Ｓ８をおおよそ逆順に演算処理していくことになる。

【００６８】

まず、基準値設定部６０は、検出回路２２の出力信号を受信すると（ステップＳ９０１）、当該検出回路２２の出力信号の値 N_r 個を、時間 Δt_r 毎に記憶装置（図示省略）に格納する（ステップＳ９０２）。

【００６９】

10

20

30

40

50

ついで、基準値設定部60の判定部61は、判定期間($N_r \times \Delta t_r$)において、差圧センサ90の出力信号の分布、具体的には、上記で説明した出力信号 N_r 個の分布が所定範囲内か否かを判断し、所定範囲内にあると判断した場合は、外圧 P_{out} がほぼ一定であり、差圧 ΔP がゼロ近傍の状態、即ち、所定状態であると判断する(ステップS903)。

より具体的には、例えば、上記ステップS902にて格納した出力信号のノイズ幅を V_n 、ステップ応答時の時定数を τ とした場合に、判定部61は、判定期間を τ とし、当該判定期間 τ 中の出力信号の最大値と最小値の差が $2 \times V_n$ 以内の場合に、「出力信号の分布が所定範囲内」と判断する。

つまり、外圧 P_{out} が変化した後一定圧力となっても、出力信号は変化し続ける(図5(B)、期間Cに相当)。この期間は少なくとも時定数 τ 以上であるため、外圧 P_{out} が変動せずに一定であり、かつ差圧 ΔP がゼロ近傍である条件を判定するには、少なくとも判定期間 τ 以上の時間を必要とするためである。また、出力信号は実際には、ある一定幅の電氣的なノイズ V_n が付加されて出力されるため、これを加味して出力信号の所定範囲を設定する必要があるためである。

【0070】

次いで、判定部61が上記出力信号の変動が所定範囲外であると判断した場合(ステップS903; N)、ステップS901~S903の処理を繰り返す。

【0071】

一方、判定部61は、上記出力信号の値 N_r 個が所定範囲内であると判断した場合(ステップS903; Y)、基準値を算出する(ステップS904)。ここで、判定部61は、例えば、判定期間($N_r \times \Delta t_r$)中の出力信号の平均値を基準値として算出する。

【0072】

この時の出力信号は前述したように、外圧 P_{out} の変化に応じて変動する信号と、外圧 P_{out} と内圧 P_{in} の差圧 ΔP がゼロの場合の電圧である基準値(電圧)とを加算した信号である。すなわち、ステップS904に係る処理は、出力信号の N_r 個の分布が所定範囲内であれば、外圧 P_{out} の変動が小さく、上記出力信号はおおよそ基準値近傍にあると考えられるため、この現象を利用して基準値を設定する。

【0073】

次いで、基準値設定部60は、ステップS904にて算出した基準値と判定期間($N_r \times \Delta t_r$)中の出力信号の値 N_r 個とを演算処理部30に出力する(ステップS905)。

すると、演算処理部30は、割り込み処理を行う。具体的には、受信した出力信号の値 N_r 個と基準値とを用い、(演算処理部による外圧 P_{out} の変化の算出処理)で述べた外圧 P_{out} の変化の算出処理とおおよそ同等の処理を行う(図7; ステップS704~図8; ステップS713参照)。最終的には、ステップS713と同等の処理で算出した外圧 P_{out} に関する N_r 個の情報を、基準値設定部60に出力する(ステップS906)。

【0074】

その後、判定部61は、受信した外圧 P_{out} 情報 N_r 個より、 Δt_r 毎の各時間における外圧 P_{out} の N_r 個の情報が、所定範囲内にあるか否かを判断する(ステップS907)。判定部61は、例えば、時間軸に対する外圧 P_{out} 情報のプロットに対して、一次近似式を算出し、当該近似式の勾配が $1/12\tau$ (m/sec) 以下の場合、所定範囲内にある判定とする。このステップS907では、ステップS904で算出された基準値が正確であるか検証することを目的としている。

【0075】

基準値が正確であり、かつ差圧 ΔP がおおよそゼロの場合、得られる外圧 P_{out} は、時間軸に対して一定値をとるはずである。一方、基準値が正しくない場合、時間軸に対して外圧 P_{out} が一定の傾きを持つこととなる。つまり、不正確な基準値は正確な基準値と誤差との加算値であり、不正確な基準値に基づいて外圧 P_{out} を算出する際に、この

10

20

30

40

50

誤差分が外圧 P_{out} に積算されていくため、時間軸に対する外圧 P_{out} は一定の傾きを持つこととなる。

【0076】

そして、判定部 61 は、上記所定範囲外であると判断した場合（ステップ S907；N）、算出した基準値の修正処理を行い、修正した基準値に更新する（ステップ S908）。上述したように、基準値の誤差と時間軸における外圧 P_{out} の勾配とは関係性があるため、例えば、ステップ S904 にて算出した基準値から上記近似式の勾配に応じて算出した数値を減算した値を修正後の基準値として更新する等の修正処理を行うことができる。

【0077】

一方で、判定部 61 は、上記上下方向の位置に関する N_r 個の情報が所定範囲内であると判断した場合（ステップ S907；Y）、もしくはステップ S908 の処理を終えた後、基準値から基準値信号を生成し、演算処理部 30 へ出力し（ステップ S909）、処理を終了する。

【0078】

その後、演算処理部 30 は、受信した基準値信号に基づいて、基準値を演算処理部 30 の記憶装置に格納し、次回、基準値を必要とする場合は、この値を参照する。

上記により、基準値設定部 60 は、検出回路 22 の出力信号に基づいて基準値を算出し、基準値として適正かどうか判断した上で、設定することができる。

これにより、正確な基準値を設定することができるため、正確な外圧 P_{out} の変化を測定することができる。

【0079】

（1-6：「変形例 1」 基準値信号でブリッジの抵抗やアンプのオフセット調整）

第一の実施形態に係る基準値設定部 60 は、基準値信号を演算処理部 30 に出力する処理の流れを示した。

この際、本変形例のように、基準値設定部 60 が基準値信号を生成した後、検出回路 22 の出力特性を制御する構成を設けても良い。

ここで、本変形例の圧力変化測定装置 1 の構成を図 10 に示す。本変形例に係る圧力変化測定装置 1 では、第一の実施形態の圧力変化測定装置 1 の基準値設定部 60 と検出回路 22 との間に調整回路 70 を設ける。

【0080】

そして、調整回路 70 は、基準値設定部 60 から出力される基準値信号を受信すると、基準値信号に基づいて調整信号を生成し、当該調整信号を検出回路 22 に出力する。ここで、調整信号とは、差圧 ΔP がゼロの場合に出力信号が規定電圧となるよう、検出回路 22 の出力特性を調整制御するための信号である。調整信号を受信した検出回路 22 は、基準値信号に基づいて生成された調整信号により、検出回路 22 の出力信号を調整する。

【0081】

ここで、出力信号の調整とは、具体的には、検出回路 22 の可変抵抗 R_o' をプログラマブル可変抵抗で構成し、受信した調整信号に基づいて電気抵抗値を変更する、もしくは、増幅回路 22a に調整信号を入力し、増幅回路 22a の出力のオフセットを調整する等の処理である。

これにより、基準値信号に基づいて生成された調整信号から、出力信号の調整を行うことで、差圧 ΔP がおよそゼロの場合、出力信号の値を規定電圧に調整することが可能となる。

【0082】

（第二の実施形態）

第二の実施形態に係る圧力変化測定装置 1 について、図 11 を用いて説明する。なお、前述の第一の実施形態に係る圧力変化測定装置と同様の構成については、同じ名称及び符号を用い、その説明を省略する。

【0083】

(2-1: 全体構成)

ここで、第二の実施形態に係る圧力変化測定装置1において、第一の実施形態に係る圧力変化測定装置1と異なる点は、圧力変化測定装置1を構成する基準値設定部60が、判定部61と、検知部62と、記憶装置(図示省略)とからなることである。

検知部62は、外圧Poutの変化の有無を検知するセンサや検出器からなる。また、判定部61は、第一の実施形態同様、検出回路22の出力信号から基準値を算出、更新して、基準値信号を生成する機能を有する。

【0084】

ここで、検知部62を構成するセンサや検知器は二種類ある。

ひとつは外圧Poutが変化したことを直接検知するもの、もうひとつは圧力変化測定装置が上下動していることを検知して、上下動による外圧Poutの変化を推定するものである。重力加速度が加わる状況で使用する場合、大気圧や水压等と重力加速度方向の位置とは関連があり、重力加速度方向の位置(上下方向の位置)変化により装置周囲の圧力が変化するためである。

【0085】

まず、外圧Poutが変化したことを直接検知する構成について示す。検知部62は例えば、絶対圧センサやカンチレバー上部と外部との間に設けられた流量センサ等である。これらのセンサの出力に基づいて圧力変化の測定精度をおおまかに把握できるため、圧力変化測定装置1周囲の外圧Pout変動の有無を判定することができる。

【0086】

検知部62を絶対圧センサを用いた場合の構成例は図11であるが、流量センサを用いた場合の構成例を図12に示す。カンチレバー4と測定対象の圧力との間に通気孔付き筐体80を設け、通気孔に検知部62を構成する流量センサを設置する。通気孔付き筐体80外部の測定対象の圧力が変動すると、通気孔付き筐体80内の圧力が外部の圧力に連動して変動する。

【0087】

このとき、通気孔を経由して圧力伝達媒体が通気孔付き筐体80内外を出入りする。測定対象の圧力が変動しない場合は、通気孔を圧力伝達媒体が移動しない。このため、圧力伝達媒体が通気孔を移動するかどうかを検知することで、外圧Poutの変動の有無を判断できることとなる。そこで、通気孔を移動する圧力伝達媒体の流速もしくは流量を流量センサで検知すると、外圧Poutが変動しない瞬間をとらえることができ、その時刻における検出回路22の出力信号から基準値を算出して、基準値信号を生成することが可能となる。

【0088】

次に、圧力変化測定装置1が重力加速度の方向(上下方向)の位置が変化していることを検知して、外圧Poutの有無を推定する構成について説明する。検知部62を構成するセンサや検出器は、例えば、加速度センサや、角速度センサ、磁気センサ、絶対圧センサ、GPS等である。すなわち、判定部61は、これらのセンサやシステムの出力から、上下方向の位置移動をおおまかに把握できるため、圧力変化測定装置1の動き(移動)に応じた外圧Pout変動の有無を判定することができる。

【0089】

(2-2: 基準値設定部による基準値生成処理)

第二の実施形態の上下動検知による外圧Poutの推定に係る基準値測定部60による基準値生成処理について、図13を用いて図9に示したフローチャートとの相違点を中心に説明する。図13は、基準値測定部60が基準値信号を生成するまでの処理の流れを示すフローチャートである。

【0090】

まず、基準値設定部60は、検出回路22の出力信号を検出し(ステップS901)、記憶装置に格納した後(ステップS902)、検知部62の検知信号を検知し(ステップS1303)、時間Δtr毎に検知信号Nr個を記憶装置に格納する(ステップS130

10

20

30

40

50

4)。

【0091】

次いで、判定部61は、圧力変化測定装置1が静止状態、つまり位置の移動がない状態かどうか、検知部22の検知信号から判断する。ここで、検知部62は、加速度センサ等の慣性センサやGPS等の測位システムからなっており、位置の移動を検知できる。判定条件は、例えば、検知部62を加速度センサで構成し、検知信号である加速度センサの出力信号が 1 ± 0.02 Gの範囲にある場合、静止状態にあると判定する。

【0092】

そして、判定部61は、上記検知信号からの判断が静止状態でないと判断した場合（ステップS1305；N）、ステップS901～S1305の処理を繰り返す。

10

一方、判定部61は、上記検知信号からの判断が静止状態であると判断した場合（ステップS1305；Y）、第一の実施形態と同様、ステップS904～S909までの処理を実行する。

これにより、検出回路の出力信号からだけでなく、他のセンサや検知器からの情報に基づいて、外圧Poutの変化の有無を検知することができるため、正確な基準値を設定することができる。このため、微小な差圧 ΔP を測定でき、外圧Poutの変動を高精度に測定できる。

【0093】

（2-3：「変形例2」）

第二の実施形態では、重力加速度の方向（上下方向）の位置変化に基づいて装置周囲の外圧Poutの変動有無を検知する構成を例示した。この際、外圧Poutの変動が上下方向の位置移動によって主に引き起こされる使用状況であると、圧力変化測定装置1を上下方向の位置変化を検知する装置として使用することも可能である。

20

【0094】

この際、本変形例のように、圧力変化測定装置1を用いて車両の上下方向の位置の変化を検知する場合、検知部62は上述の慣性センサや測位システムでなくとも良い。

すなわち、車両が上下方向に移動していない状態の判定は、慣性だけでなく、車輪が動いていないか、動力源が停止状態かどうかでも判別できる。例えば、自動車等に圧力変化測定装置1を搭載して上下方向の位置変化を検知する場合、検知部62の検知信号として自動車の本体より検出可能な車速パルスを用いることができる。判定部61は、車速パルスが検出できない場合、搭載した自動車は動いておらず、静止状態と判別できる。

30

【0095】

このように、圧力変化測定装置1を自動車等に搭載して上下方向の位置変化を検知する場合、検知部62を構成するセンサとしては、車速センサやクランクシャフトセンサ、パーキングブレーキセンサーやスイッチ等を利用し、自転車に搭載する場合の検知部62を構成するセンサとしては、速度計やケイデンスセンサー等を利用することで、静止状態を判別することができる。

【0096】

さらに、基準値設定部60は、カーナビ等の地図情報の上下方向の位置情報を利用して、基準値を設定することも可能である。例えば、基準値設定部60は、航路軌跡を記憶しておき、周囲に高架道路等の上下方向の位置が異なる箇所のない地点の上下方向の位置と、時間経過した後、再度、同一地点を通過した時の上下方向の位置とが一致するよう、基準値を設定することで、正確な基準値設定をすることが可能となる。

40

【0097】

（第三の実施形態）

第三の実施形態に係る圧力変化測定装置1について、図14を用いて説明する。なお、前述の第一及び第二の実施形態に係る圧力変化測定装置と同様の構成については、同じ名称及び符号を用い、その説明を省略する。

【0098】

（3-1：全体構成）

50

ここで、第三の実施形態に係る圧力変化測定装置 1 において、第一及び第二の実施形態に係る圧力変化測定装置 1 と異なる点は、基準値設定部 60 を判定部 61 と、圧力調整部 63 と、記憶装置（図示省略）とで構成する点である。また、判定部 61 には、ユーザーからの基準値の設定指示を受信するためのユーザーインターフェース（図示省略）が接続されているものとする。さらに、図 14 に示す圧力調整部 63 は、差圧計測用カンチレバー 4 におけるキャビティ 10 と外部との間に設けられた通気孔を開閉制御可能なバルブである。

【0099】

（3-2：基準値設定部による基準値生成処理）

第三の実施形態に係る基準値測定部 60 による基準値生成処理について、図 15 を用いて図 9 に示したフローチャートとの相違点を中心に説明する。図 15 は、基準値測定部 60 が基準値信号を生成するまでの処理の流れを示すフローチャートである。

10

【0100】

まず、判定部 61 は、接続されたユーザーインターフェースから基準値の設定指示を表す設定信号を受信するまで待機する（ステップ S1501）。そして、判定部 61 は、設定信号を受信すると（ステップ S1501；Y）、圧力調整部 63（バルブ）を閉状態から開状態へ変更する（ステップ S1502）。すると、キャビティ 10 と外気との間の通気孔が開放し、通気孔を介して圧力伝達媒体が流動することで、キャビティ 10 の内圧 P_{in} と外圧 P_{out} とが等しくなる。

【0101】

20

次いで、基準値設定部 60 は、検出回路 22 の出力信号を検出し（ステップ S901）、記憶装置に格納する（ステップ S902）。すなわち、ここで得られる出力信号値は、内圧 P_{in} と外圧 P_{out} が等しい、つまり差圧 ΔP がおおよそゼロの状態の出力信号である。

【0102】

次いで、判定部 61 は、圧力調整部 63 を開状態から閉状態に変更する（ステップ S1503）。これにより、差圧計測用カンチレバー 4 周囲に設けられたギャップ 13 もしくは貫通孔 15 のみで、キャビティ 10 内部と外気とが連通することとなり、圧力伝達媒体の流動が制限される。このため、外圧 P_{out} に遅れて内圧 P_{in} が追従することとなり、差圧 ΔP が発生する構成となる。

30

【0103】

次いで、基準値設定部 60 の判定部 61 は、上記出力信号の変動が所定範囲内か判断する（ステップ S903）。ここで判定部 61 は、異常な状態で、出力信号が取得されていないか判断する。そして、判定部 61 は、所定範囲を超える異常値が含まれると判断した場合（ステップ S903；N）、ユーザーインターフェースを介してエラーを示す表示を行い（ステップ S1504）、処理を終了する。

一方、判定部 61 は、出力信号が所定範囲内であると判断した場合（ステップ S903；Y）、ステップ S904～S909 の処理を実行する。

【0104】

これにより、上下方向の位置の計測時以外の期間を選択して、ユーザーが基準値を設定する操作を行うことができる。また、差圧 ΔP がゼロとなる状態を意図的に作り出せるため、正確な基準値を設定することができ、高精度に外圧 P_{out} の変動を測定することができる。

40

【0105】

なお、圧力調整部 63 は、キャビティ筐体 3 に設けられたバルブに限らない。バルブを用いない圧力変化測定装置 1 の構成例を図 16 に示す。

図 16 に示す通気孔付き筐体 80 は、内部に、キャビティ筐体 3 及び差圧計測用カンチレバー 4 をすべてを収容し、一部に外部と通気するための通気孔を備えて構成される。そして、通気孔には、当該通気孔の開閉を制御するためのシャッターが備わる。該シャッターは、差圧計測用カンチレバー 4 に加わる外圧 P_{out} と、通気孔付き筐体 80 外部の圧力

50

との遮断／伝達を制御する機能を有し、圧力調整部 63 として機能する。つまり、判定部 61 がシャッターを閉状態にすると、通気孔付き筐体 80 内部の圧力変化が一定となり、外圧 P_{out} と内圧 P_{in} が徐々に等しくなり、差圧 ΔP がゼロとなる。

【0106】

そして、判定部 61 は、シャッターを閉状態にして、所定の待機時間を経た後、図 9 に示した基準値生成処理を行うことで、基準値の設定を正確に行うことが可能となる。

なお、バルブの圧力調整部 63 の開閉制御した直後にも、内圧 P_{in} が圧力制御部 63 の開閉動作に起因する圧力変動を生じることがある。このような場合にも、開閉制御と出力信号の検出との間（ステップ S1402 と S901 との間）に、待機時間を設けることで、基準値の設定を正確に行うことができる。

10

【0107】

（3-3：「変形例 3」）

差圧計測用カンチレバー 4 を用いる圧力変化測定装置 1 の構成を示してきたが、本変形例のように、外圧 P_{out} とキャビティ内部の内圧 P_{in} の差圧 ΔP を測定するのに、上述の差圧計測用カンチレバー 4 を用いない構成も可能である。

【0108】

ここで、本変形例の圧力変化測定装置 1 の構成を図 17 に示す。具体的には、圧力変化測定装置 1 は、熱式差圧計 40 と、熱式差圧計 40 の一端に設けられたキャビティ筐体 3 と、熱式差圧計 40 の検出回路 22 に接続された演算処理部 30 と、該検出回路 22 と該演算処理部 30 とに接続された基準値設定部 60 と、で構成される。

20

【0109】

基準値設定部 60 は、検出回路 22 と演算処理部 30 とに接続された判定部 61 と、該判定部 61 と接続され、圧力変化測定装置 1 の静止状態を検知するための検知部 62 と、キャビティ筐体 3 内部と外部とを連通する通気孔を開閉制御するために設置されたバルブである圧力調整部 63 とからなる。

【0110】

熱式差圧計 40 は、一般的に微細な流路 43 内に設けられた一对の温度センサ 41 と、各温度センサ 41 から等距離の位置に設置されたヒーター 42（熱源）と、から構成され、連通孔がキャビティ筐体 3 の開口部側と接続された通路形状からなる。熱式差圧計 40 では、ヒーター 42 が発熱していると、流路 43 内部の圧力伝達媒体が加熱される。そして、熱式差圧計 40 では、圧力伝達媒体が停止していると、ヒーター 42 を中心に熱が広がり、流路 43 内において左右対称の温度分布が得られる。この場合、各々の温度センサ 41 からは同じ出力値が得られる。

30

【0111】

ここで、流路 43 両端に差圧が発生すると、圧力伝達媒体は高い圧力側の流路 43 端から低い圧力側の流路 43 端へと流動する。この時の流路 43 内部の温度分布は、下流側に押し流されるため、上流側の温度が低く、下流側の温度が高くなる。

【0112】

このため、下流側の温度センサ 41 の出力値が大きくなる。そのため、熱式差圧計 40 では、この時の上流側と下流側の温度センサ 41 の出力値の差から圧力伝達媒体の流速が得られるので、この流速から流路 43 両端の差圧を測定することが可能となる。

40

【0113】

このため、熱式差圧計 40 を備える圧力変化測定装置 1 は、演算処理部 30 が熱式差圧計 40 の検出回路 22 からの出力信号と、基準値設定部 60 からの基準値設定信号とを用いて外圧 P_{out} の変動を測定することができる。

【0114】

（3-4：基準値設定部による基準値生成処理）

次に、基準値設定部 60 の処理の流れについて、図 18 及び 19 を用いて説明する。

まず、基準値設定部 60 は、検知部 62 の検知信号を検知し（ステップ S1303）、時間 Δt_r 毎に検知信号に関する N_r 個の情報を記憶装置に格納する（ステップ S130

50

4)。そして、判定部61は、検知信号を用いて、圧力変化測定装置1が静止状態、つまり特に上下方向の位置の変化のない状態かどうかを判断する（ステップS1305）。

【0115】

そして、判定部61は、ステップS1305において静止状態でないと判断した場合（ステップS1305；N）、ステップS1303～S1305の処理を繰り返す。

【0116】

一方、判定部61は、ステップS1305において静止状態であると判断した場合（ステップS1305；Y）、圧力調整部63を閉状態から開状態に変更する（ステップS1502）。そして、判定部61は、制御部63の動作によりキャビティ10内部の内圧Pinが変化するため、確実に差圧ΔPがゼロとなるまで所定の時間待機する（ステップS1801）。

10

【0117】

次いで、判定部61は、検出回路22の出力信号を検出し（ステップS901）、記憶装置に格納した後（ステップS902）、圧力調整部63を開状態から閉状態に変更する（ステップS1503）。

次いで、基準値設定部60の判定部61は、上記出力信号の変動が所定範囲内か否かを判断する（ステップS903）。ここで判定部61は、異常な状態で、出力信号が取得されていないか判断する。そして、判定部61は、所定範囲を超える異常値が含まれると判断した場合（ステップS903；N）、エラーを示す表示を行い（ステップS1504）、処理を終了する。

20

【0118】

一方、判定部61は、出力信号が所定範囲内であると判断した場合（ステップS903；Y）、ステップS904～S909の処理を実行する。

これにより、圧力変化測定装置1の上下方向の位置の変化がない状態を検知して、差圧ΔPがゼロの状態を意図的に作り出せることができ、正確な基準値を設定することができる。このため、高精度に外圧Poutの変化を測定することができる。

【0119】

（第四の実施形態）

第四の実施形態に係る圧力変化測定装置1について、図20を用いて説明する。なお、前述の第一から第三いずれかの実施形態に係る圧力変化測定装置と同様の構成については、同じ名称及び符号を用い、その説明を省略する。

30

【0120】

（4-1：全体構成）

ここで、第四の実施形態に係る圧力変化測定装置1において、第一から第三いずれかの実施形態に係る圧力変化測定装置1と異なる点は、基準値設定部60を判定部61と、差圧制御部64と、記憶装置（図示省略）とで構成する点である。また、判定部61には、ユーザーからの基準値の設定指示を受信するためのユーザーインターフェース（図示省略）が接続されているものとする。さらに、図20に示す差圧制御部64は、キャビティ筐体3に接続され、かつキャビティ筐体3および差圧計測用カンチレバー4を上下方向に振動させる直動アクチュエータである。

40

【0121】

（4-2：基準値設定部による基準値生成処理）

第四の実施形態に係る基準値測定部60による基準値生成処理について、図21を用いて図9に示したフローチャートとの相違点を中心に説明する。図21は、第四の実施形態に係る基準値測定部60が基準値信号を生成するまでの処理の流れを示すフローチャートである。

【0122】

まず、判定部61は、接続されたユーザーインターフェースから基準値の設定指示を表す設定信号を受信するまで待機する（ステップS1501）。そして、判定部61は、設定信号を受信すると（ステップS1501；Y）、差圧制御部64が駆動し、キャビティ

50

筐体 3 および差圧計測用カンチレバー 4 を上下方向に振動させる（ステップ S 2 1 0 1）。すると、上下方向の移動量に応じて外圧 P o u t が変化し、キャビティ 1 0 との間に差圧 ΔP が発生する。ここでは、例えば、一定時間間隔にパルス状の上下移動を行う。この時の上下方向の移動量と出力信号の関係について、図 2 2 に説明する。 ΔH の移動量でパルス状に下方向に移動すると（図 2 2（A）参照）、移動に応じて検出回路の出力信号が得られる（図 2 2（B）参照）。この時の出力信号の変動幅を $\Delta V 1 \sim \Delta V 3$ 、移動直後の出力信号の極大値を $V 1 \sim V 3$ とする。

【0 1 2 3】

次いで、基準値設定部 6 0 は、上述の検出回路 2 2 の出力信号を検出し、（ステップ S 9 0 1）、記憶装置に格納する（ステップ S 9 0 2）。 10

【0 1 2 4】

次いで、上下方向の移動発生時の出力信号値の変動量 $\Delta V 1 \sim \Delta V 3$ と、上下方向の移動量 ΔH に基づく外圧 P o u t の変動量との関連を求める（ステップ S 1 5 0 2）。この関連と上下方向の移動発生時直後の出力信号の極大値 $V 1 \sim V 3$ とから、基準値を算出する（ステップ S 1 5 0 3）。ここで、移動時毎の極大値 $V 1 \sim V 3$ からそれぞれ基準値が算出できるが、例えば算出した 3 つの基準値の平均をとり、最終的な基準値とする。

【0 1 2 5】

次いで、基準値と出力信号を演算処理部へと出力する（ステップ S 9 0 5）。

次いで、基準値設定部 6 0 の判定部 6 1 は、上記出力信号の変動が、与えた上下方向の移動量に対して所定範囲内か判断する（ステップ S 9 0 7）。範囲外の場合（ステップ S 9 0 7；N）、エラー表示して（ステップ S 1 5 0 4）、処理を終了する。範囲内の場合（ステップ S 9 0 7；Y）は上述同様の処理を実行する。 20

【0 1 2 6】

なお、ここで、上下方向の移動量 ΔH は同じで複数回の振動を与え、得られた出力信号の応答から基準値を得た。しかし、既知の移動量であれば、その時の外圧 P o u t の変動量を算出できるため、複数種類の上下方向の移動量を与えても、基準値の算出は可能である。また、出力信号と上下方向の移動量との関連を算出する例を示したが、予めデータベースとして記憶装置に格納しておき、必要に応じて読みだしても基準値の設定は実現可能である。

【0 1 2 7】

これにより、上下移動量により差圧 ΔP を制御して発生させることができるため、ユーザーが基準値を設定する操作を行うことができる。また、差圧 ΔP を制御して発生させ、その時の出力信号の応答との関連から、差圧 ΔP がゼロとなる状態の出力信号値を予測できるため、正確な基準値を設定することができ、高精度に外圧 P o u t の変動を測定することができる。 30

【0 1 2 8】

なお、差圧制御部 6 4 は、上下方向に振動させる直動アクチュエータに限らない。直動アクチュエータを用いない圧力変化測定装置 1 の構成を図 2 3 に示す。

図 2 3 に示すメンブレン付キャビティ筐体 8 3 は、その一面にメンブレン型アクチュエータを備えて構成される。メンブレン型アクチュエータは、差圧制御部 6 4 として機能する。すなわち、メンブレン部分を変形させて、キャビティ内圧 P i n を制御する。そして、キャビティ内圧 P i n を変化させることで、差圧計測用カンチレバー 4 表裏に差圧 ΔP を発生させることが可能となる。このため、直動アクチュエータを用いずとも、上述の基準値生成処理を実行でき、基準値の設定を正確に行うことが可能となる。 40

【0 1 2 9】

（第五の実施形態）

第五の実施形態に係る圧力変化測定装置 1 に用いる基準値判定部 6 0 について説明する。なお、前述の第一から第四いずれかの実施形態に係る圧力変化測定装置と同様の構成については、同じ名称及び符号を用い、その説明を省略する。

【0 1 3 0】

(5-1: 全体構成)

ここで、第五の実施形態に係る圧力変化測定装置 1 に用いる基準値設定部 60 において、第一から第四いずれかの基準値設定部 60 と異なる点は、基準値設定部 60 をフィルターで構成する点である。

検出回路 22 から出力された出力信号は、基準値設定部 60 に入力される。

【0131】

基準値設定部 60 はごく低周波数の遮断周波数を持つハイパスフィルターで構成される。このため、検出回路 22 から入力された信号は、基準値設定部 60 の周波数特性に応じた信号を出力することとなる。おおよそ、直流電圧から遮断周波数までの信号をカットして出力するため、基準値をゼロとして出力することとなる。このため、基準値設定部 60 からの出力信号は、基準値がゼロで、かつ遮断周波数より高速な圧力変動に応じた信号を出力信号として出力することができる。

10

【0132】

なお、上記遮断周波数は、測定したい圧力変動の周波数で設定することも可能であるが、キャビティ筐体 3 と差圧計測用カンチレバー 4 の構成と圧力伝達媒体の物性により定まる圧力変化測定装置 1 の周波数特性の遮断周波数より小さいことが望ましい。

【0133】

また、基準値設定部 60 をフィルターのみではなく、フィルターと比較器を用いて構成することも可能である。検出回路からの出力信号を二分割し、一方を上記のハイパスフィルターに入力する。他方の出力信号とハイパスフィルターの出力信号を比較器に入力し、双方の信号の差分を演算する。比較器の出力は、基準値とハイパスフィルターの遮断周波数と圧力変化測定装置 1 の遮断周波数の間でバンドパスフィルターを通した信号との加算になる。

20

【0134】

したがって、比較器からの出力信号は、基準値を中心として非常に低周波で変動する信号となる。このため、比較器からの信号を平均化することで、基準値を算出することが可能となる。このため、基準値の設定を正確に行うことができ、この基準値を用いて外圧 Pout の変動を正確に計測することが可能となる。

【0135】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上述した実施例の構成に限るものではない。一例をあげると、第二の実施形態の静止状態の検知と第三の実施形態のキャビティ筐体にバルブを取り付けた構成を組み合わせ、静止検知した時にバルブを開放して基準値信号を生成することも可能である。

30

【0136】

また、測定対象圧力の変動を測定する装置及び方法について述べたが、例えば、測定対象圧力の変動を測定して、別の物理量に変換して、別の物理量の変動を測定する装置にも応用可能である。別の物理量としては、例えば、第二の実施形態に述べた上下方向の移動量や、気体の膨張や収縮等の容積変化、さらに容積変化から温度変化等への変換も可能である。即ち、圧力変化測定装置から得られた測定対象圧力の変化を高度情報量に変換して出力することで、高度を測定する高度測定装置として利用することも可能である。これによれば、例えば使用者が高度を測定する際に、気象条件の変動に伴う気圧変動をノイズとして除去したうえで、使用者の高度変化を高精度に測定することが可能になる。

40

【符号の説明】

【0137】

- 1 圧力変化測定装置
- 2 SOI 基板
- 3 キャビティ筐体
- 4 差圧計測用カンチレバー（カンチレバー）
- 5 変位測定部
- 10 キャビティ

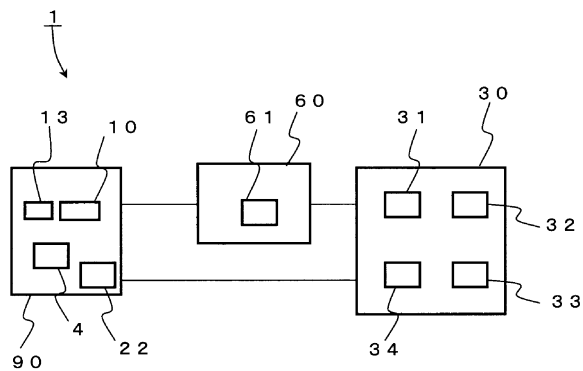
50

- 1 2 蓋部
- 1 3 ギャップ
- 1 5 貫通孔
- 1 6 溝部
- 2 0 ピエゾ抵抗
- 2 2 検出回路
- 3 0 演算処理部
- 3 1 差圧算出部
- 3 2 測定対象圧力算出部
- 3 3 流量算出部
- 3 4 内圧更新部
- 4 0 熱式差圧計
- 4 1 温度センサ
- 4 2 ヒーター
- 4 3 流路
- 6 0 基準値設定部
- 6 1 判定部
- 6 2 検知部
- 6 3 圧力調整部
- 6 4 差圧制御部
- 7 0 調整回路
- 8 0 通気孔付き筐体
- 8 3 メンブレン付キャビティ筐体
- 9 0 差圧センサ

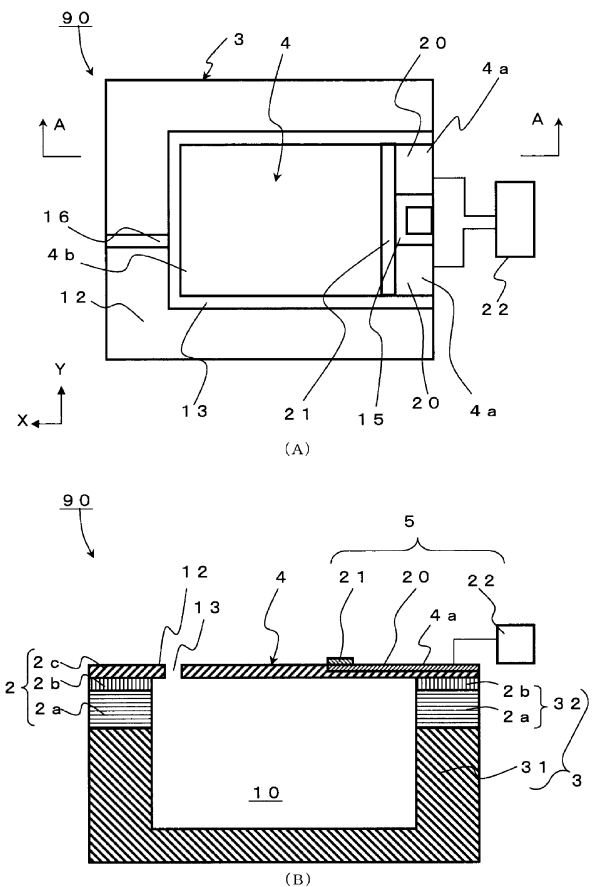
10

20

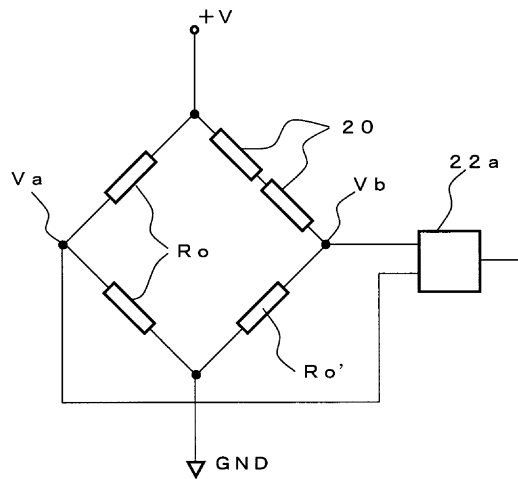
【図 1】



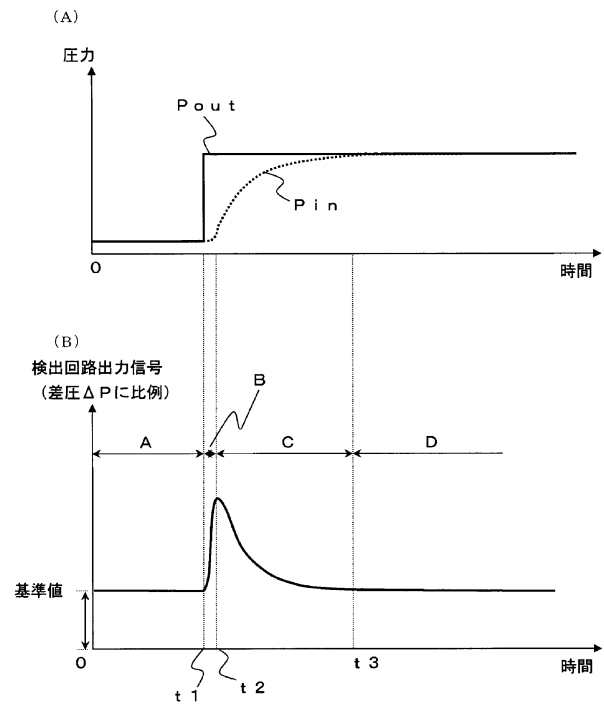
【図 2】



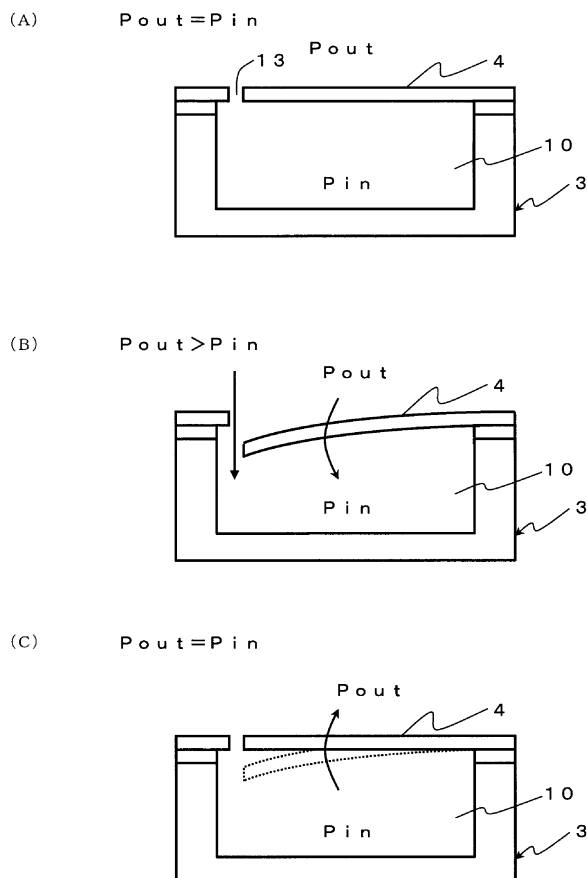
【図 3】



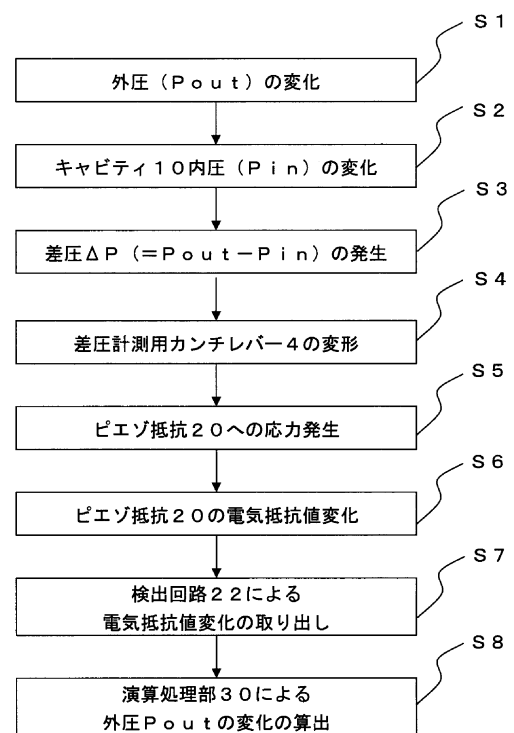
【図 4】



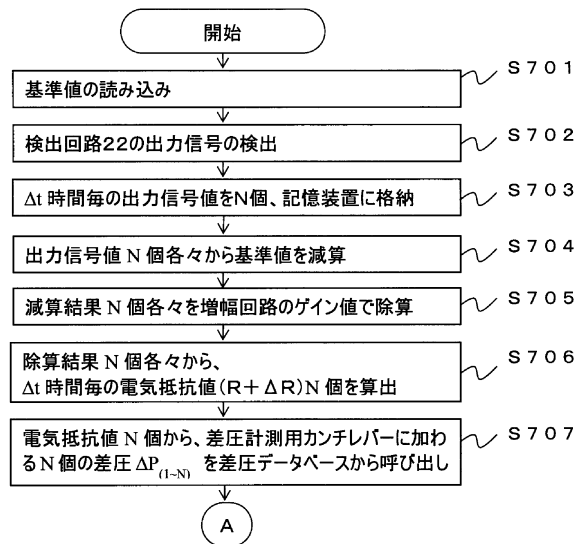
【図 5】



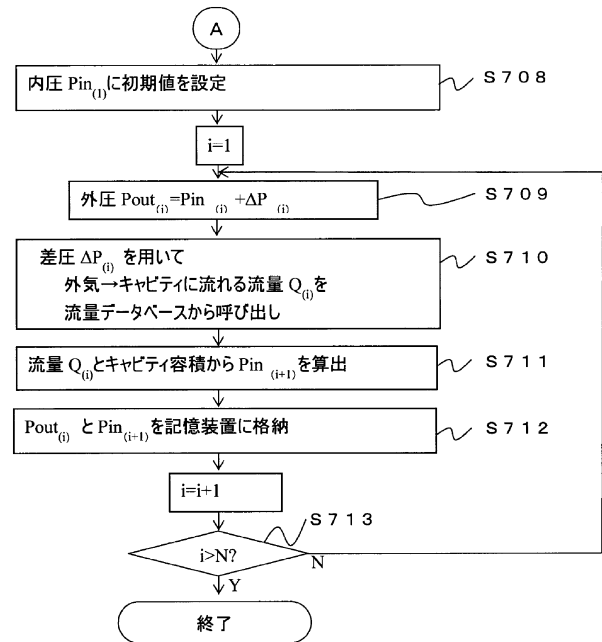
【図 6】



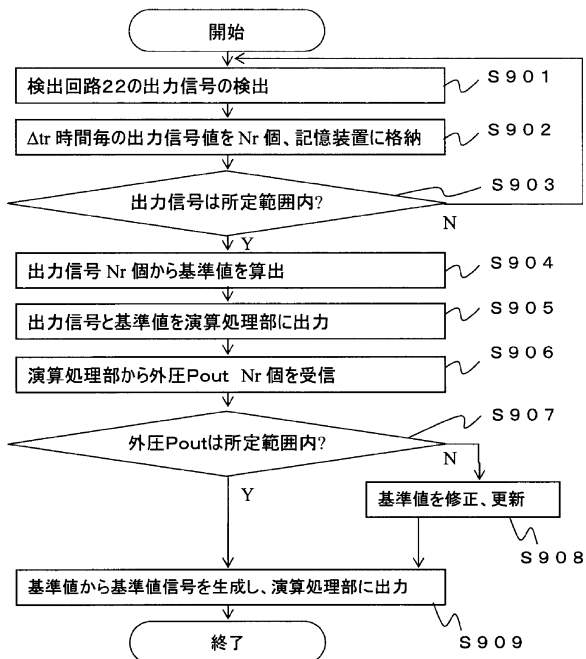
【図 7】



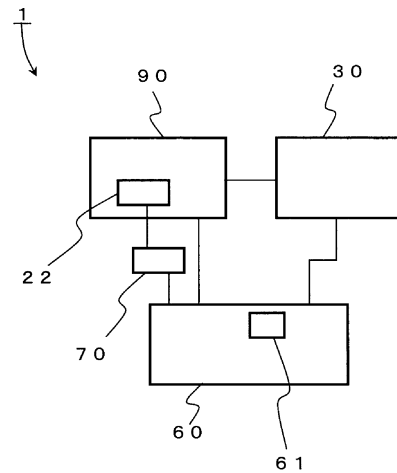
【図 8】



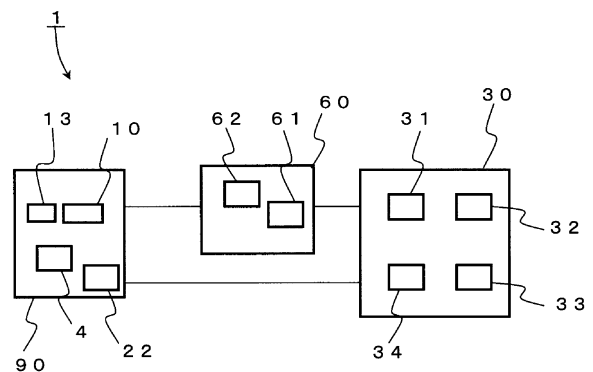
【図 9】



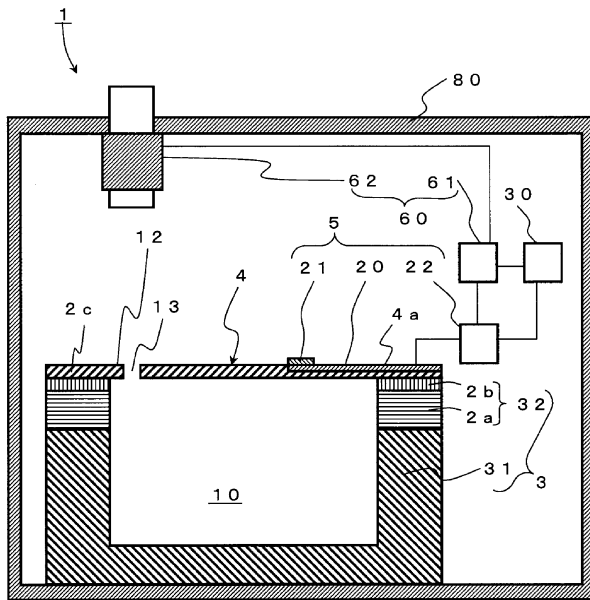
【図 10】



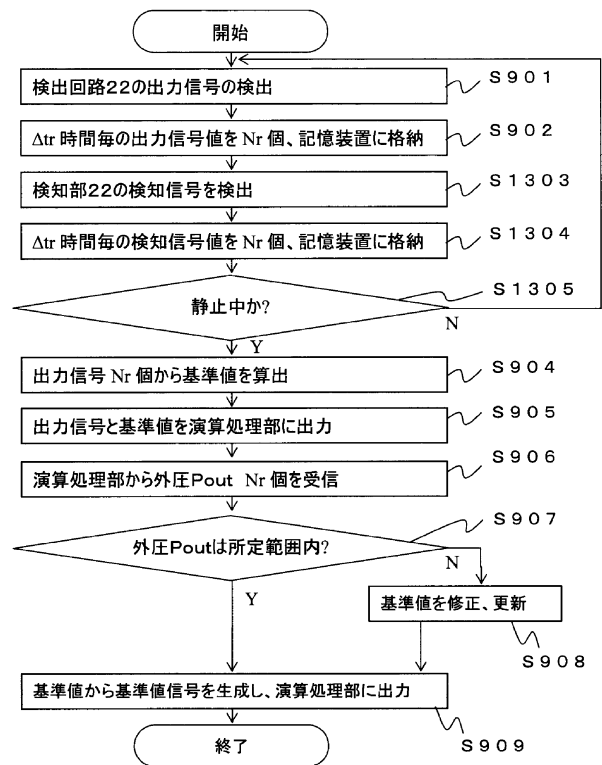
【図 11】



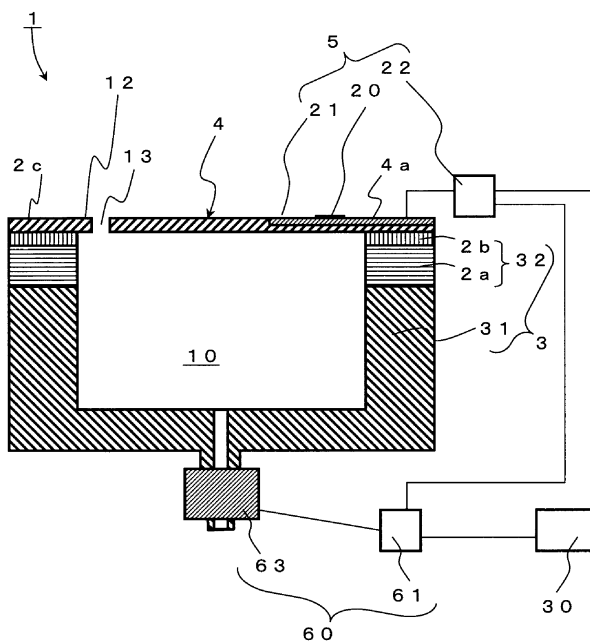
【図 12】



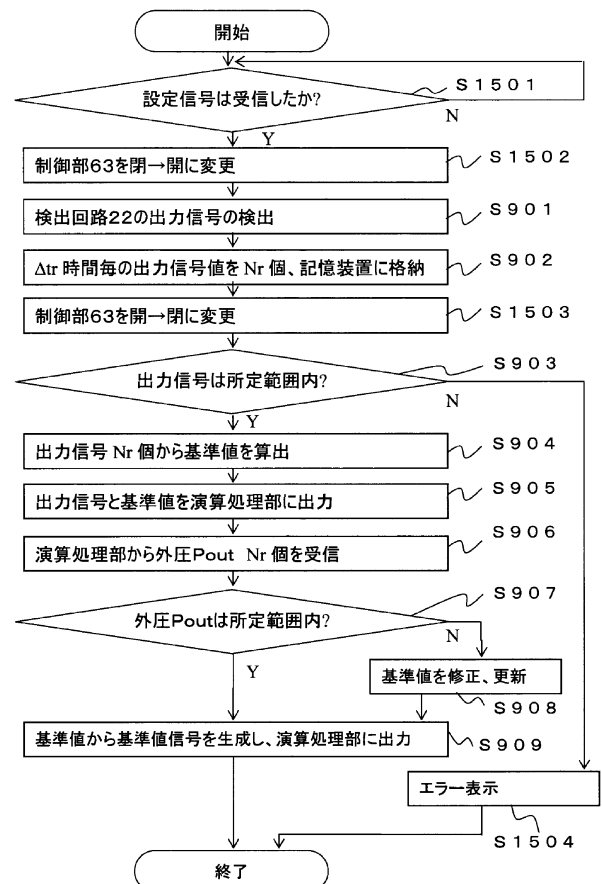
【図 13】



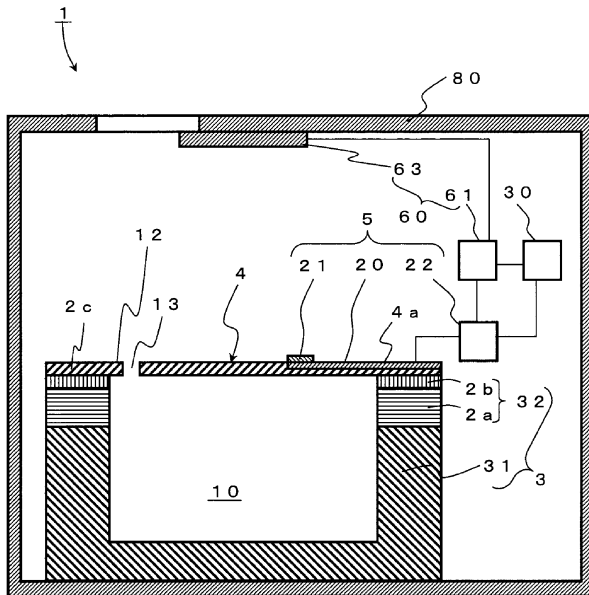
【図 14】



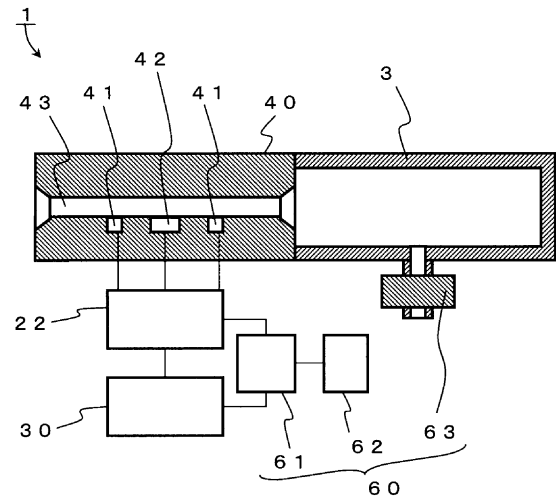
【図 15】



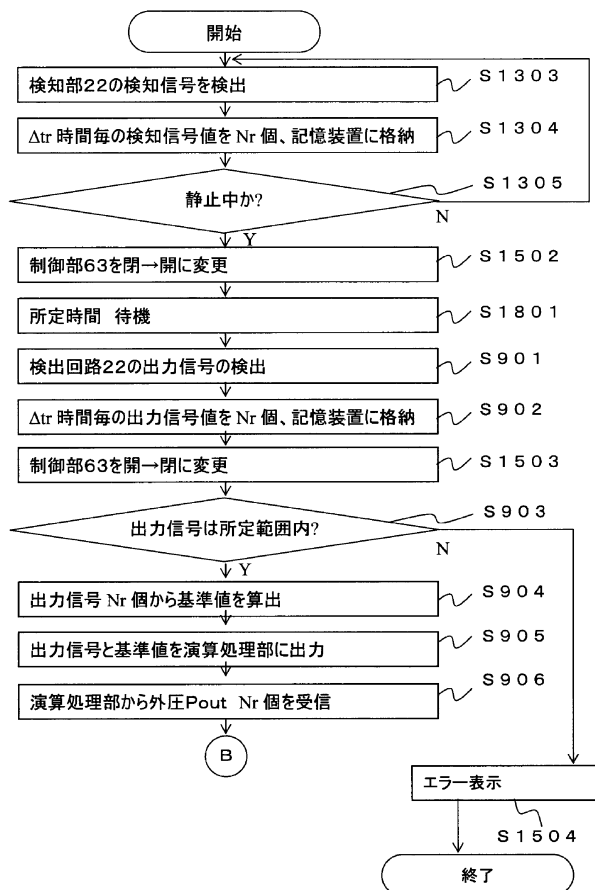
【図 16】



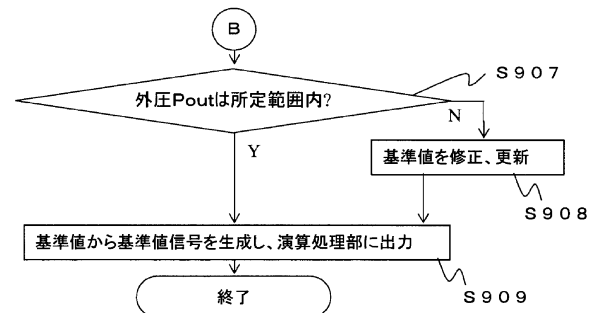
【図 17】



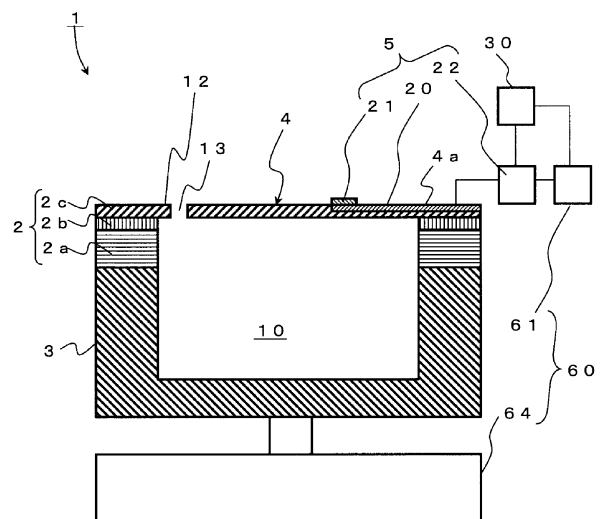
【図 18】



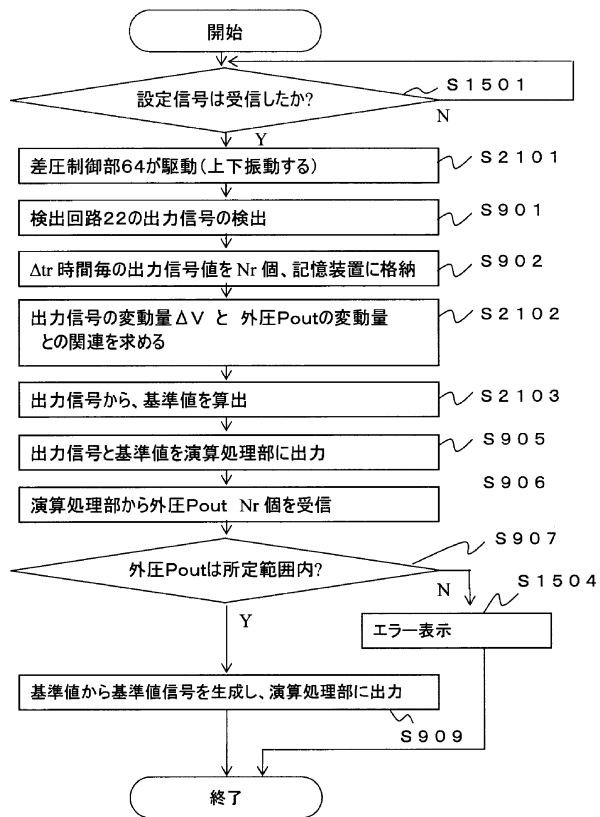
【図 19】



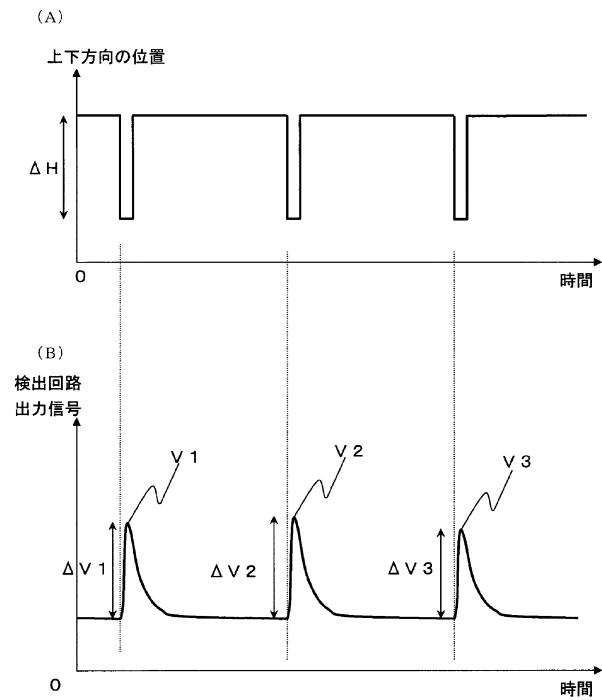
【図 20】



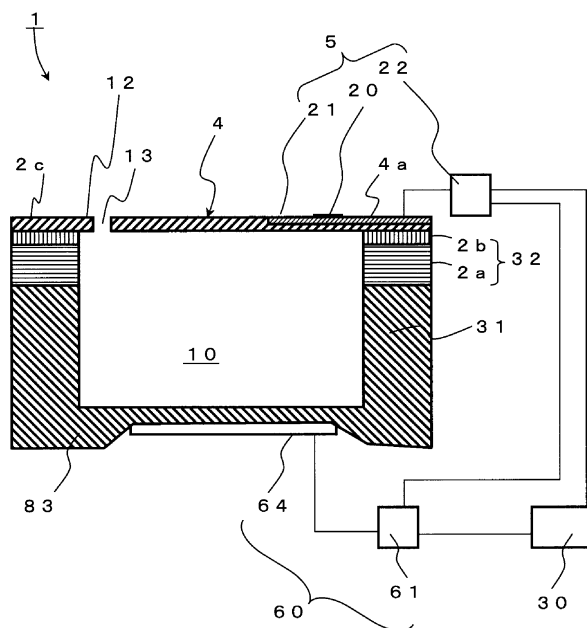
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 大海 学
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 内山 武
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 海法 克享
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内
- (72)発明者 野邊 彩子
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セイコーインスツル株式会社内

審査官 岡田 卓弥

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0172351 (US, A1)
特開2013-234853 (JP, A)
特開2012-237694 (JP, A)
米国特許出願公開第2006/0000286 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01L 7/00-23/32
G01L27/00-27/02
H01L29/84