

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4332296号
(P4332296)

(45) 発行日 平成21年9月16日(2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年6月26日(2009.6.26)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 L 21/12 (2006.01) GO 1 L 21/12

請求項の数 6 (全 7 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2000-513120 (P2000-513120) | (73) 特許権者 | 502079409 |
| (86) (22) 出願日 | 平成10年9月1日(1998.9.1) | | インフィコン ゲゼルシャフト ミット |
| (65) 公表番号 | 特表2001-517784 (P2001-517784A) | | ベシュレンクテル ハフツング |
| (43) 公表日 | 平成13年10月9日(2001.10.9) | | スイス国 ツェーハー 7 3 1 0 パート |
| (86) 国際出願番号 | PCT/CH1998/000375 | | ラーガツ ヒンターガッセ 1 5 ベー |
| (87) 国際公開番号 | WO1999/015869 | (74) 代理人 | 100064746 |
| (87) 国際公開日 | 平成11年4月1日(1999.4.1) | | 弁理士 深見 久郎 |
| 審査請求日 | 平成17年7月13日(2005.7.13) | (74) 代理人 | 100085132 |
| (31) 優先権主張番号 | 2216/97 | | 弁理士 森田 俊雄 |
| (32) 優先日 | 平成9年9月22日(1997.9.22) | (74) 代理人 | 100083703 |
| (33) 優先権主張国 | スイス(CH) | | 弁理士 仲村 義平 |
| 前置審査 | | (74) 代理人 | 100096781 |
| | | | 弁理士 堀井 豊 |
| | | (74) 代理人 | 100098316 |
| | | | 弁理士 野田 久登 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 容器内の気体の圧力を測定する方法およびそれを実行するための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容器内の気体の圧力 (p) を測定する方法を実施するための装置であって、
前記方法において、前記気体の圧力は、電流が流れかつ前記気体を介して前記容器の壁と熱伝導接触状態にある少なくとも1つの抵抗素子 (3 、 6) により測定され、電気変数が抵抗素子 (3 、 6) の少なくとも2つの異なる測定温度 (T₁、T₂) の各々について測定され、前記気体の圧力 (p) は前記変数に基づいて求められ、2つの抵抗素子 (3 、 6) が異なる温度 (T₁、T₂) に調整され、その温度の同じ変化が補償され、

前記装置は、

演算増幅器 (1 0) により平衡状態にされ第1の分岐に抵抗素子 (3) があるホイートストンブリッジ (1) を含み、抵抗素子 (6) が同様に前記ホイートストンブリッジ (1) の第2の分岐にあり、前記第2の分岐の前記抵抗素子は、測定範囲の少なくとも1点において、平衡させるためにホイートストンブリッジ (1) でタップをとられた電圧の抵抗素子 (3 、 6) の測定温度 (T₁、T₂) への線形依存性がそれぞれの分岐において等しくなるように調整されることを特徴とする、装置。

【請求項 2】

第1のブリッジ抵抗 (2) と第1の抵抗素子 (3) との間にある、前記ホイートストンブリッジ (1) のタップは、分圧器 (7) を介して前記演算増幅器 (1 0) に接続され、直列抵抗 (5) が回路において第2の抵抗素子 (6) の直ぐ上流に配置されることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

10

20

【請求項3】

前記分圧器(7)の出力は定電流源(11)に接続されることを特徴とする、請求項2に記載の装置。

【請求項4】

容器内の気体の圧力(p)を測定する方法を実施するための装置であって、

前記方法において、前記気体の圧力は、電流が流れかつ前記気体を介して前記容器の壁と熱伝導接触状態にある少なくとも1つの抵抗素子(3、6)により測定され、電気変数が抵抗素子(3、6)の少なくとも2つの異なる測定温度(T_1 、 T_2)の各々について測定され、前記気体の圧力(p)は前記変数に基づいて求められ、前記少なくとも1つの抵抗素子(3)には少なくとも周期的に既知の定電流(I_0)が印加され、その抵抗が、前記抵抗素子(3)の電圧降下(U_0)から求められ、前記壁の温度(T_w)は前記抵抗から求められ、

前記装置は、

演算増幅器(10)により平衡状態にすることが可能で第1の分岐に抵抗素子(3)があるホイートストンブリッジ(1)を含み、前記演算増幅器(10)の出力はスイッチ(14)を介してホイートストンブリッジ(1)に戻され、前記ホイートストンブリッジ(1)は定電流源(15)に接続されることを特徴とする、装置。

【請求項5】

容器内の気体の圧力(p)を測定する方法を実施するための装置であって、

前記方法において、前記気体の圧力は、電流が流れかつ前記気体を介して前記容器の壁と熱伝導接触状態にある少なくとも1つの抵抗素子(3、6)により測定され、電気変数が抵抗素子(3、6)の少なくとも2つの異なる測定温度(T_1 、 T_2)の各々について測定され、前記気体の圧力(p)は前記変数に基づいて求められ、前記測定温度(T_1 、 T_2)の各々において、前記少なくとも1つの抵抗素子(3)は振動が可能なシステムの一部であり、前記システムの周波数(ω_1 、 ω_2)は、前記気体の圧力(p)および前記壁の温度(T_w)に依存し、上記各々について求められ、

前記装置は、

演算増幅器(10)により平衡状態にされ第1の分岐に抵抗素子(3)があるホイートストンブリッジ(1)を含み、前記演算増幅器(10)に対し、振幅コントローラ(19)が制御する増幅器(17)を介してフィードバックが行なわれることを特徴とする、装置。

【請求項6】

分圧比を変更するために、前記ホイートストンブリッジ(1)の分岐のうち1つにおいて少なくとも1つの抵抗値の切換が可能であることを特徴とする、請求項5に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

この発明は、請求項1の前文に記載の方法および請求項5、8または9の前文に記載の方法を実施するための装置に関する。

【0001】

容器内の圧力を、ピラニ法を用いて、たとえばスライド線といった抵抗素子で得られる電力を測定することによって測定できることはかなり前からわかっており、この電力は抵抗素子から容器の壁への熱伝達をもたらすものである。すでにわかっている圧力と気体の熱伝導率との関係を用いて、最終的には、抵抗素子と容器の壁との間の熱伝達から、必要な容器内の気体の圧力を求めることができる。

【0002】

しかしながら、この測定方法には種々の妨害要因があり、これを取除くまたは補償するのは困難であるかまたはかなりの労力を費やさなければ不可能であることもわかっている。容器の壁の温度に依存する気体の熱伝導だけでなく、抵抗素子と容器の壁との間の熱伝達も、抵抗素子が接続されている領域における輻射のやりとりおよび熱伝導により生じる成分を含む。この2つの成分もまた容器の壁の温度に対する依存性が高く、これを、十分に

10

20

30

40

50

正確な測定値が得られる程度まで測定するのは、多大な労力を費やさなければ不可能である。

【 0 0 0 3 】

抵抗素子を含むホイートストーンブリッジに温度依存性の抵抗を設けることにより、温度の影響を補償する試みはすでに行なわれている。しかしながら、このやり方で比較的大きな圧力範囲にわたり十分な補償を行なうことは非常に困難である。

【 0 0 0 4 】

DE - A - 4 3 0 8 4 3 4 もまた、このような解決策において、温度依存性抵抗の抵抗値を測定し、これをたとえば計算でのさらなる温度補償のために用いることが可能であることを開示している。しかしながらここでもまた、温度の影響の補償は、かなりの労力を費やしているにもかかわらず最も望ましいものではない。

10

【 0 0 0 5 】

したがって、この発明の目的は、妨害要因を基本的で同時に簡単なやり方で取除くことができ、特に気体の圧力について求めた値に対する壁の温度の影響を広い圧力範囲にわたって補償する、測定方法を提供することである。

【 0 0 0 6 】

特許請求の範囲において特徴づけられるこの発明は、気体の圧力を、容易に得られる電気変数から、本質的に妨害によって損なわれない形式において簡単なやり方で求める方法を提供する。この発明はまた、この発明に従う方法を特に有利なやり方で実施できる装置を提供する。提案する実施例によれば、測定の正確度に関する要求に応じて、電気変数を別に測定しデジタル処理することによって気体の圧力を非常に正確に求めることができる。

20

【 0 0 0 7 】

この発明について実施例のみを示している図面を参照しながら以下でさらに詳細に説明する。

【 0 0 0 8 】

圧力の測定は、抵抗素子から容器の壁への熱伝達の結果として生じた電力出力を、容器内の気体の圧力 p 、抵抗素子の温度 T 、および壁の温度 T_w の関数として表わした式に基づく。

【 0 0 0 9 】

(1) $N (p) = (T^4 - T_w^4) + (T - T_w) / T_w \times p + (T - T_w)$
この式は、例として、H.R. Hidber および G. Sussによる、「Pirani manometer with linearized response」、Rev. Sci. Instrum. 47/8 (1976)、912-914から既知である。

30

【 0 0 1 0 】

上記の式において、最初の項は輻射による熱伝達に関し、最終項は抵抗素子の接続領域における熱伝導による熱伝達に関し、中央項は、ここでは特に重要である、1ミリパール未満の圧力範囲に対し、気体による圧力依存熱伝導により生じる熱伝達を表わす。これよりも高い圧力での飽和も考慮し、圧力に対するこの項の依存性についてもう少し複雑な式を用いても、この発明に従う方法を大きな変更なしで実質的により広い圧力範囲に応用することができる。

【 0 0 1 1 】

(1) は、消去し難い要素として、実質的に測定結果に影響し得る壁の温度 T_w を含む。この発明の基本的概念に従うと、壁の温度の効果を、最初から回路を以下のように設計することにより抑制する。すなわち、周囲温度の影響による抵抗素子の抵抗値の変化が実質的に装置の電氣的状態に影響しないようにする、または、抵抗が環境に対し熱平衡状態にありその抵抗に小さな電気負荷が加わったときの抵抗素子の温度を求めることによって上記の変化を計算で補償する。または、壁の温度の効果を、最初から異なる2つの温度間で切換を行ない周囲温度について得た測定結果の依存性を帰納的に補償することによって抑制する。

40

【 0 0 1 2 】

図1に従う装置は、直列する、第1のブリッジ抵抗2とモニタする容器にあり好ましくは

50

スライド線である第1の抵抗素子3とを第1の分岐において含むホイートストンブリッジ1を含む。これに並列する第2の分岐において、第2のブリッジ抵抗4と、直列抵抗5とがあり、加えてこれに直列し同様にスライド線で同じ容器にあり好ましくは第1の抵抗3近傍に設けられる第2の抵抗6がある。

【0013】

第1のブリッジ抵抗2と第1の抵抗素子3との間に、高インピーダンス抵抗8および9からなる分圧器7を介して演算増幅器10の反転入力に接続されるタップがあり、第2のブリッジ抵抗4と直列抵抗5との間の第2のタップはその非反転入力に接続される。演算増幅器10の出力はホイートストンブリッジ1に給電しかつ出力電圧 U_a を配電する。

【0014】

定電流 I_0 を供給する定電流源11は、抵抗8と9との間にある、第1の抵抗素子3に並列する分圧器の出力に接続される。第1の抵抗素子3の抵抗 R_{P1} および第2の抵抗素子6の抵抗 R_{P2} は各々正の温度係数を有する。

【0015】

ホイートストンブリッジ1は、演算増幅器10によって平衡状態に保たれる。第1のブリッジ抵抗2の値および第2のブリッジ抵抗4の値を R_{G1} および R_{G2} で示し、直列抵抗5の値を R_V で示し、分圧器7の分圧率を k で示し、最初は定電流 I_0 を無視する。こうして以下の式が得られる。

【0016】

$$(2) \quad k \times R_{P1} / (R_{P1} + R_{G1}) = (R_V + R_{P2}) / (R_{G2} + R_V + R_{P2})$$

このようにして、好ましくは測定範囲の中でも高い方である特定の圧力について、および壁の温度の平均値について、第1の抵抗素子3の温度 T_1 に関する式(2)の左項の導関数が第2の抵抗素子6の温度 T_2 に関する右項の導関数に対応するようにすれば、抵抗の大きさを定めることができる。

【0017】

壁の温度 T_w が変化したとき、第1の抵抗素子3および第2の抵抗素子6の温度 T_1 および T_2 の温度は同じように変化するので、これらの項は本質的に同等のままである。定電流 I_0 を印加すると、左項はわずかに変化するので、同じ温度変化の場合2つの項は2つのポイントで対応しこれらは非常に接近している。したがって、この範囲の抵抗素子3および6の温度 T_1 および T_2 の変化が同じであれば実質的にホイートストンブリッジ1の調整はない。すなわち、壁の温度 T_w が変化したとき、事実上出力電圧 U_a には変化はない。

【0018】

例として、抵抗の大きさを以下のように選択できる。すなわち、 $R_{G1} = 100$ 、 $R_{G2} = 475$ および $R_V = 128$ とすることができる。抵抗素子3および6は各々87 という冷抵抗(cold resistance)を有する。分圧器7の抵抗8および9は、上記のように高インピーダンスであるため、ホイートストンブリッジ1を流れる電流に対する影響はほとんどない。これらを例として82.2k および100k として選択できる。最後に、定電流 I_0 をたとえば1 μ Aとすることができる。

【0019】

いずれにせよ、ホイートストンブリッジ1の2つの分岐は、第1の抵抗素子3を含む分岐に比較的高い電流が流れ、第2の抵抗素子6を含む分岐に実質的に低い電流が流れるように調整される。したがって、抵抗素子3および6の温度 T_1 および T_2 は異なる。抵抗素子の抵抗 R_{P1} および R_{P2} の温度変化は、圧力変化および結果として生じる熱損失の変化によるものであるが、これも同様に異なっており、演算増幅器10によりホイートストンブリッジ1の平衡を再び確立することにつながり、これは出力電圧 U_a における変化にも反映される。

【0020】

本来出力信号の評価は記録した校正曲線に従い行なわれる。その理由は、装置の設計が比較的複雑であるため、純粋に計算によって評価しようとするればかなりの労力を必要とするからである。同一の抵抗素子において異なる温度での抵抗を、たとえば抵抗素子を含むホ

10

20

30

40

50

イートストンブリッジの抵抗を周期的に切替えることによって温度を変化させて測定することもできる。

【0021】

具体的にこれは図2に従う装置において少し異なるやり方で行なわれる。この装置は同様に、直列の第1のブリッジ抵抗2と容器に配置され好ましくはスライド線の形状である抵抗素子3とを含む第1の分岐と、2つのベース抵抗12および13からなる直列回路を含む第2の分岐とを有する、ホイートストンブリッジ1を含む。ホイートストンブリッジ1はこの場合、演算増幅器10によって平衡状態にされる。これはたとえばトランジスタであるスイッチ14によって行なわれる。定電流源15はホイートストンブリッジ1に定電流 I_0 を供給する。例として、ブリッジ抵抗2の値は100でありベース抵抗12および13の値はそれぞれ10kおよび14kであるのに対し、抵抗素子3の冷抵抗は87である。定電流 I_0 は100 μ Aとすることができる。

10

【0022】

スイッチ14を閉じたとき、ホイートストンブリッジ1は演算増幅器10によって平衡状態にされる。回路が熱的に安定した後、抵抗素子3の抵抗 R_p は出力電圧 U_a および一定の抵抗値から既知の態様で得られ、抵抗素子3の温度 T_1 もまた温度と抵抗 R_p との既知の関係から得られ、これに加えて、この抵抗素子3の電圧降下、したがって輻射および熱伝導の結果として出力される圧力依存性電力 $N(p)$ が得られるので、これにより当然(1)に従うと、正確にはわかっていない壁の温度 T_w は、この変数に影響する。

20

【0023】

スイッチ14を開くことによって、ホイートストンブリッジ1の平衡は消滅する。熱的に安定した後、(前もって過渡効果の曲線から最終的な値を求めることができるかもしれない)好ましくは抵抗素子3をあまり加熱しないように大きさが定められた定電流 I_0 の成分が、抵抗素子3を流れる。今度は、抵抗素子3の電圧 U_0 の降下およびホイートストンブリッジ1においてわかっているさらなる抵抗の値から、抵抗素子3の抵抗を求め、壁の温度 T_w に相当する温度 T_2 を求めることができる。この値を(1)に代入すると、この等式を解いて p を得ることができる。

【0024】

次に、図3に従う装置はホイートストンブリッジ1を含み、このホイートストンブリッジ1は、第1の分岐において、たとえば100のブリッジ抵抗2と、このブリッジ抵抗2と直列接続され、容器の中に配置され、好ましくは冷抵抗が87のスライド線である抵抗素子3とを備え、かつ第2の分岐において、たとえば10kおよび14kの2つのベース抵抗12および13を備える。このブリッジは演算増幅器10によって平衡状態にされる。たとえば120kの並列抵抗13をスイッチ16によって第2のベース抵抗13に並列に接続することができる。

30

【0025】

たとえば1Mの結合抵抗18を介し演算増幅器10の非反転入力に導かれる増幅器17と、これに並列する振幅コントローラ19とが、演算増幅器10の出力に接続される。さらに、出力電圧 U_a が、測定結果をマイクロプロセッサ21に伝達する周波数メータ20に与えられる。マイクロプロセッサ21もまたスイッチ16を始動させる。

40

【0026】

たとえばスイッチ16が開いた場合、過渡効果がトリガされ、抵抗素子3の温度は T_1 である。増幅器17を介したホイートストンブリッジ1のフィードバックの結果、完全な平衡に相当する静止位置に関する振動が安定する。このフィードバックは振幅コントローラ19が制御する。増幅器17は、振動の振幅が、固定した比較的小さな値となるように制御される。この振動の周波数 f_1 は、気体の圧力 p ならびに気体の熱伝導率および熱容量を通した壁の温度 T_w に依存し、周波数メータ20により測定され、マイクロプロセッサ21に送られる。

【0027】

これによって、スイッチ16が、たとえば装置すなわち測定した周波数 f_1 が完全に安定

50

化した後に閉じ、その結果、分圧比が変化し、抵抗素子3をより低い抵抗すなわちより低い温度 T_2 に調整することによってホイートストンブリッジ1の平衡は再び確立される。この静止位置についてもまた、周波数 ω_2 の振動が装置の安定化後に生じ、この周波数を周波数メータ20で測定する。この周波数は気体の圧力 p に依存しかつ気体の熱伝導率および熱容量を通した壁の温度 T_w に依存する。壁の温度 T_w が約25℃の場合、 10^{-3} ミリバールでは50Hzであり1バールでは2kHzという大きさのオーダの周波数の結果、上記のような大きさになる。

【0028】

ω_1 および ω_2 (図4参照)で定められる面において、各ポイントは圧力-温度の対(p 、 T_w)に対応する。 ω_1 および ω_2 の値は特定の圧力に対応し、壁の温度は校正測定値によって求めることができ、これはメモリにおいて表形式で記憶される。逆に、マイクロプロセッサ21は記憶した値の中で最も近いものからの内挿により周波数の対(ω_1 、 ω_2)から圧力 p および壁の温度 T_w を求めることができる。図4は、壁の一定温度 T_w の線および気体の一定圧力 p の線を示す。したがってここでもまた、気体の圧力 p は、1つの抵抗素子3において連続的に生じる電気変数をもとにして求められる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に従う方法を実施するための、この発明に従う第1の実施例の装置の回路図を示す。

【図2】 この発明に従う方法を実施するための、この発明に従う第2の実施例の装置の回路図を示す。

20

【図3】 この発明に従う方法を実施するための、この発明に従う第3の実施例の装置の回路図を示す。

【図4】 図3に従う装置により求められる変数からなる面において一定圧力および一定温度についての曲線を示す。

【図1】

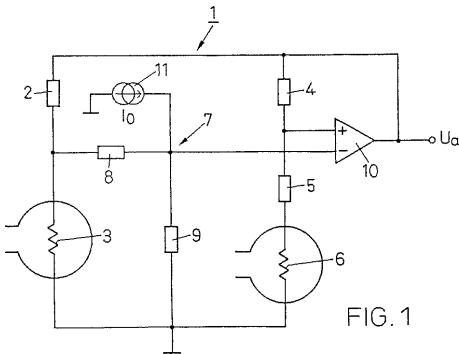


FIG. 1

【図3】

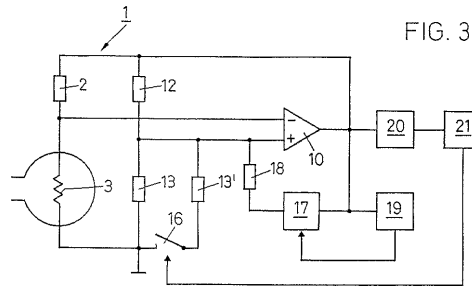


FIG. 3

【図2】

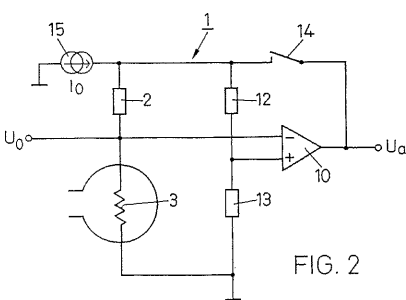
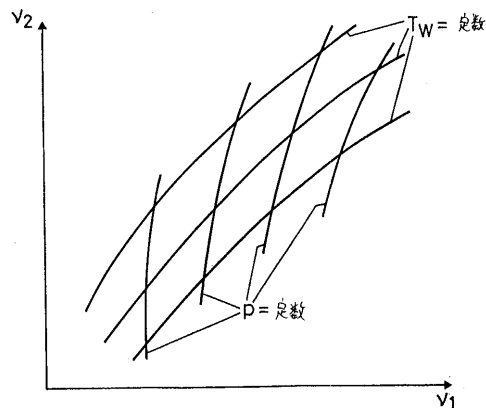


FIG. 2

【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 将行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 ロルフ, ノルベルト

ドイツ連邦共和国、デー - 5 0 1 6 9 ホレム、ハウプトシュトラッセ、1 0 1

(72)発明者 ストッカー, ルドルフ

スイス、ツェー・ハー - 9 4 7 8 アツモース、ランガカー (番地なし)

審査官 松川 直樹

(56)参考文献 特開平03 - 255926 (JP, A)

特表平08 - 507863 (JP, A)

超小型フィラメント・ピラニ真空計の開発, 真空 第37巻 第3号, 日本, 日本真空協会, 1994年 3月20日, 第37巻 第3号, p. 278~281

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 21/12

JSTPlus(JDreamII)