

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4793098号  
(P4793098)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年8月5日(2011.8.5)

(51) Int.Cl. F1  
GO1N 27/74 (2006.01) GO1N 27/74

請求項の数 2 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-151372 (P2006-151372)                  (22) 出願日 平成18年5月31日 (2006.5.31)                  (65) 公開番号 特開2007-322207 (P2007-322207A)                  (43) 公開日 平成19年12月13日 (2007.12.13)                  審査請求日 平成21年1月15日 (2009.1.15)</p>	<p>(73) 特許権者 000006507                  横河電機株式会社                  東京都武蔵野市中町2丁目9番32号                  (72) 発明者 原 仁                  東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横                  河電機株式会社内                  審査官 田中 洋介</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気式酸素測定方法及び磁気式酸素計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

サンプルガス入口から導入されたサンプルガスを分岐している測定側サンプルガス流路と比較側サンプルガス流路のそれぞれに同一分量流すと共に、前記測定側サンプルガス流路及び前記比較側サンプルガス流路に導通し、補助ガス入口から導入された補助ガスを分岐している第1の補助ガス流路と第2の補助ガス流路のそれぞれに同一分量流すようにした第1のステップ、

前記第1の補助ガス流路と前記測定側サンプルガス流路の交わる部分に磁界を印加する第2のステップ、

前記第1及び第2の補助ガス流路のそれぞれに垂直方向にクランク状の流路を形成し、ブリッジを形成する4つの熱線抵抗体を前記クランク状の流路に配置した第3のステップ

からなる磁気式酸素測定方法。

【請求項2】

サンプルガスを導入するサンプルガス入口を基点にしてサンプルガスを同一分量分流させる測定側サンプルガス流路及び比較側サンプルガス流路と、

前記測定側サンプルガス流路及び比較側サンプルガス流路のそれぞれに導通させ、同一量の補助ガスを流す第1及び第2の補助ガス流路と、

前記第1の補助ガス流路と前記測定側サンプルガス流路の交わる部分に磁界を印加する磁界発生手段と、

前記第 1 及び第 2 の補助ガス流路のそれぞれに垂直方向にクランク状の流路を形成し、該クランク状の流路にブリッジを形成する 4 つの熱線抵抗体を配置したフローセンサと、を備えたことを特徴とする磁気式酸素計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気式酸素測定方法及び磁気式酸素計に関し、詳しくは測定対象のサンプルガス中の酸素濃度を計測する磁気式酸素測定方法及び磁気式酸素計に関する。

【背景技術】

【0002】

従来技術における磁気式酸素計は、図 8 及び図 9 に示すように、被測定ガス（サンプルガス）を流すリングチャンパーセル 11 と、リングチャンパーセル 11 で検出した信号から酸素の量を検出する検出回路 31 とからなる。

【0003】

リングチャンパーセル 11 は、円環形状に形成されサンプルガス流路 12 に連通して設けたサンプルガス入口 13 と、このサンプルガス入口 13 の反対側に設けたサンプルガス出口 14 と、サンプルガス流路 12 の内側であって略中心位置に設けた補助ガスを流入する補助ガス入口 15 と、この補助ガス入口 15 に連通し且つサンプルガス入口 13 とサンプルガス出口 14 との間のサンプルガス流路 12 である測定側サンプルガス流路 16 に導通するように連通した第 1 の補助ガス流路 18 と、補助ガス入口 15 に連通し且つ第 1 の補助ガス流路 18 と反対側のサンプルガス流路 12 である比較側サンプルガス流路 17 に導通するように連通した第 2 の補助ガス流路 19 と、第 1 の補助ガス流路 19 に連通した測定側サンプルガス流路 16 が交わる位置に磁界を印加する磁石とヨークからなる磁気回路 21 と、第 1 の補助ガス流路 18 の略中央位置に設けた第 1 のサーミスタ 27 と、第 2 の補助ガス流路 19 の略中央位置に設けた第 2 のサーミスタ 28 と、から大略構成されている。

ここで、第 1 及び第 2 のサーミスタ 27、28 は、第 1 及び第 2 の補助ガス流路 18、19 のそれぞれに対して、第 1 及び第 2 の補助ガス流路 18、19 が分岐する位置に設けた補助ガス入口 15 から等距離の位置に配置された構成になっている。

【0004】

検出回路 31 は、第 1 のサーミスタ 27 に接続してある第 1 の定抵抗回路 32 と、第 2 のサーミスタ 28 に接続してある第 2 の定抵抗回路 33 と、これらの第 1 及び第 2 の定抵抗回路 32、33 からの信号を受信する差動増幅器 34 とからなる。

【0005】

このような構成のリングチャンパーセル 11 において、サンプルガス中に酸素分子が含まれていない場合は、リングチャンパーセル 11 の測定側サンプルガス流路 16 と比較側サンプルガス流路 17 の流量は等しく、補助ガス入口 15 から導入された窒素ガスが左右の流路（第 1 及び第 2 の補助ガス流路 18、19）に流れる流量は等しくなる。

これに対して、サンプルガス中に酸素分子が含まれる場合は、酸素は磁化率が大きく磁界に引き寄せられる性質があることにより、磁界印加領域 22 が酸素を引きつけることによって生じる第 1 及び第 2 の補助ガス流路 18、19 両端の圧力変化によって流量差が生じる。

【0006】

ここで、磁界のある第 1 の補助ガス流路 18 の流量を  $Q_L$ 、磁界のない第 2 の補助ガス流路 19 の流量を  $Q_R$  とすると、サンプルガス中に酸素分子がない場合は  $Q_R = Q_L$  で流量差  $Q = 0$ 、酸素分子がある場合は  $Q_R > Q_L$  で流量差  $Q = Q_R - Q_L$  となる。

流量差  $Q$  はサンプル中の酸素濃度に比例するので、各々の流量を第 1 のサーミスタ 27 と第 2 のサーミスタ 28 で測定して出力差をとると酸素濃度に応じた信号出力（ $O_2$  信号）が得られる。

【特許文献 1】特開 2004 - 325368 号公報（第 5 頁～第 6 頁 第 1 図）

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

しかし、従来技術で説明した磁気式酸素計においては、補助ガスの流量変動がある場合、2分岐されて流路に流れる窒素の流量変動が生じ、サーミスタの熱の平衡が影響をうける。このため、補助ガスの流量変動を極力抑えるため、流量制御機構が必要となり、構造が複雑になり、部品点数が増え、流量調整が必要などの問題を有している。

## 【0008】

又、2つのサーミスタは離れた位置に配置されるため、リングチャンバセルに温度分布があった場合は各々のサーミスタの熱接地温度が異なるために、熱接地温度差が信号出力に影響を与えてしまう。このために、リングチャンバセルを高精度に温度制御する恒温槽の機能を必要としている。

10

## 【0009】

従って、流量比式検出器の2つのサーミスタを、4線熱線式フローセンサ2組に置き換えると共に流路形状の改善と演算方式の変更によって、補助ガスの流量変動とリングチャンバセルの温度変動の影響を低減して、酸素濃度測定のス/Nを向上した磁気式酸素計を実現することに解決しなければならない課題を有する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0010】

上記課題を解決するために、本願発明の磁気式酸素測定方法及び磁気式酸素計は、次に示す構成にしたことである。

20

## 【0011】

(1) 磁気式酸素測定方法は、サンプルガス入口から導入されたサンプルガスを分岐している測定側サンプルガス流路と比較側サンプルガス流路のそれぞれに同一分量流すと共に、前記測定側サンプルガス流路及び前記比較側サンプルガス流路に導通し、補助ガス入口から導入された補助ガスを分岐している第1の補助ガス流路と第2の補助ガス流路のそれぞれに同一分量流すようにした第1のステップ、前記第1の補助ガス流路と前記測定側サンプルガス流路の交わる部分に磁界を印加する第2のステップ、前記第1及び第2の補助ガス流路のそれぞれに垂直方向にクランク状の流路を形成し、ブリッジを形成する4つの熱線抵抗体を前記クランク状の流路に配置した第3のステップ、からなる。

30

## 【0012】

(2) 磁気式酸素計は、サンプルガスを導入するサンプルガス入口を基点にしてサンプルガスを同一分量分流させる測定側サンプルガス流路及び比較側サンプルガス流路と、

前記測定側サンプルガス流路及び比較側サンプルガス流路のそれぞれに導通させ、同一量の補助ガスを流す第1及び第2の補助ガス流路と、前記第1の補助ガス流路と前記測定側サンプルガス流路の交わる部分に磁界を印加する磁界発生手段と、前記第1及び第2の補助ガス流路のそれぞれに垂直方向にクランク状の流路を形成し、該クランク状の流路にブリッジを形成する4つの熱線抵抗体を配置したフローセンサと、を備えたことである。

## 【発明の効果】

## 【0013】

本提案によれば、センサに4線熱線式フローセンサを搭載した構成にしたことで、補助ガス変動、周囲温度変動の影響が低減できるため補助ガス流量や温度変動を抑えるための部品のコストが大幅に削減でき、従来の磁気式酸素計のフルスケールに対する最大誤差は1桁ほど改善でき、高精度な酸素濃度の設定が可能になる。

40

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0014】

次に、本願発明に係る磁気式酸素測定方法及び磁気式酸素計の実施形態について、図面を参照して説明する。尚、従来技術で説明したものと同じものには同じ符号を付与して説明する。

## 【実施例1】

50

## 【 0 0 1 5 】

本願発明の磁気式酸素測定方法を具現化できる磁気式酸素計は、図 8 及び図 9 に示した従来例とほとんど変わらないが、第 1 の補助ガス流路と第 2 の補助ガス流路のそれぞれに、クランク状の流路を形成し、第 1 のクランク状の流路に 4 線の熱線（図 3 の F S 1、F S 2、F S 3、F S 4）を配置した第 1 の 4 線熱線式フローセンサと、第 2 のクランク状の流路に 4 線の熱線（図 3 の F S 5、F S 6、F S 7、F S 8）を配置した第 2 の 4 線熱線式フローセンサを配置することを特徴としている。

## 【 0 0 1 6 】

その構成は、図 1 及び図 2 に示すように、被測定ガス（サンプルガス）を流すリングチャンパーセル 1 1 と、リングチャンパーセル 1 1 で検出した信号から酸素の量を検出する検出回路 3 1 とからなる。

10

## 【 0 0 1 7 】

リングチャンパーセル 1 1 は、円環形状に形成されサンプルガス流路 1 2 に連通して設けたサンプルガス入口 1 3 と、このサンプルガス入口 1 3 の反対側に設けたサンプルガス出口 1 4 と、サンプルガス流路 1 2 の内側であって略中心位置に設けた補助ガスを流入する補助ガス入口 1 5 と、この補助ガス入口 1 5 に連通し且つサンプルガス入口 1 3 とサンプルガス出口 1 4 との間のサンプルガス流路 1 2 である測定側サンプルガス流路 1 6 に導通するように連通した第 1 の補助ガス流路 1 8 と、補助ガス入口 1 5 に連通し且つ第 1 の補助ガス流路 1 8 と反対側のサンプルガス流路 1 2 である比較側サンプルガス流路 1 7 に導通するように連通した第 2 の補助ガス流路 1 9 と、第 1 の補助ガス流路 1 8 と測定側サンプルガス流路 1 6 が交わる位置に磁界を印加する磁石とヨークからなる磁気回路（磁界発生手段）2 1 と、第 1 の補助ガス流路 1 8 の略中央位置にクランク状の流路 2 3 を形成し、このクランク状の流路 2 3 に 4 線の熱線（図 3 の F S 1、F S 2、F S 3、F S 4）を配置した第 1 の 4 線熱線式フローセンサ 2 5 と、第 2 の補助ガス流路 1 9 の略中央位置にクランク状の流路 2 4 を形成し、このクランク状の流路 2 4 に 4 線の熱線（図 3 の F S 5、F S 6、F S 7、F S 8）を配置した第 2 の 4 線熱線式フローセンサ 2 6 と、から大略構成されている。

20

ここで、第 1 及び第 2 の 4 線熱線式フローセンサ 2 5、2 6 は、第 1 及び第 2 の補助ガス流路 1 8、1 9 のそれぞれに対して、第 1 及び第 2 の補助ガス流路 1 8、1 9 が分岐する位置に設けた補助ガス入口 1 5 から等間隔の位置に配置された構成になっている。

30

## 【 0 0 1 8 】

検出回路 3 1 は、第 1 の 4 線熱線式フローセンサ 2 5 に接続してある第 1 の定抵抗回路 3 2 と、第 2 の 4 線熱線式フローセンサ 2 6 に接続してある第 2 の定抵抗回路 3 3 と、これらの第 1 及び第 2 の定抵抗回路 3 2、3 3 からの信号を受信する差動増幅器 3 4 とからなる。

## 【 0 0 1 9 】

このような構成をした磁気式酸素計において、先ず、サンプルガス入口 1 3 から導入されたサンプルガスは、測定側サンプルガス流路 1 6 と比較側サンプルガス流路 1 7 に 2 分岐され、同一分量分流される。補助ガス入口 1 5 から導入された補助ガス（例えば窒素、酸素分子を含まないガス）は、第 1 の補助ガス流路 1 8 と第 2 の補助ガス流路 1 9 に 2 分岐され、同一分量分流される。

40

## 【 0 0 2 0 】

第 1 の補助ガス流路 1 8 と測定側サンプルガス流路 1 6 の交わる部分には、磁気回路 2 1 によって磁界印加領域 2 2 が形成されている。サンプルガスと補助ガスは、混合した状態でサンプルガス出口 1 4 から排出される。

## 【 0 0 2 1 】

本提案の第 1 の 4 線熱線式フローセンサ 2 5 の流路 2 3 はクランク状に形成され、2 本ずつの熱線の流路の流れの向き逆となるように流路がターンしており、熱線 F S 1 と F S 2 が一對、熱線 F S 3 と F S 4 が一對となるように、例えば 0.5 mm 程度近接して配置されている。定常的なガスの流れによって、上流側の熱線 F S 1 の温度が下がって下流側

50

の熱線 F S 2 の温度が上がり、上流側の熱線 F S 3 の温度が下がって下流側の熱線 F S 4 の温度が上がる。4 つの熱線でフルブリッジ回路を構成してブリッジ電圧を印加するとガスの流量に応じた信号  $V_1$  が得られる。

【 0 0 2 2 】

同様にして、第 2 の 4 線熱線式フローセンサ 2 6 の流路 2 4 はクランク状に形成され、2 本ずつの熱線の流路の流れの向き逆となるように流路がターンしており、熱線 F S 5 と F S 6 が一對、熱線 F S 7 と F S 8 が一對となるように、例えば 0.5 mm 程度近接して配置されている。定常的なガスの流れによって、上流側の熱線 F S 5 の温度が下がって下流側の熱線 F S 6 の温度が上がり、上流側の熱線 F S 7 の温度が下がって下流側の熱線 F S 8 の温度が上がる。4 つの熱線でフルブリッジ回路を構成してブリッジ電圧を印加するとガスの流量に応じた信号  $V_2$  が得られる。

10

【 0 0 2 3 】

この第 1 及び第 2 の 4 線熱線式フローセンサについて、図 3 に示す電気回路を用いて、動作を説明する。

第 1 及び第 2 の補助ガス流路 1 8, 1 9 に設置された第 1 及び第 2 の 4 線熱線式フローセンサ 2 5, 2 6 の信号は、各熱線の抵抗値が全て等しいときは平衡状態にありブリッジ出力である信号  $V_1$  と信号  $V_2$  は  $V_1 = V_2 = 0$  となるが、一般的には抵抗値バラツキがあるため、オフセット出力が発生する。サンプルガス中の酸素分子がない酸素濃度ゼロで、補助ガスが 2 分岐されているときの初期のブリッジ出力を信号  $V_1$  と信号  $V_2$  とする。

【 0 0 2 4 】

20

サンプルガスに酸素分子が存在している場合の、磁界印加領域 2 2 のある第 1 の補助ガス流路 1 8 の流量  $Q_L$  と磁界のない第 2 の補助ガス流路 1 9 の流量  $Q_R$  は、 $Q_R > Q_L$  で流量差  $Q = Q_R - Q_L$  となる。流量差  $Q$  によって生じる信号変化の係数を  $\alpha$  とすると、信号  $V_1$  と信号  $V_2$  を  $V_1(1 - \alpha)$  と  $V_2(1 + \alpha)$  で記述する。

補助ガスの流量変動の係数を  $\beta$  とすると、酸素濃度の増加と補助ガス流量の変動による信号は下記のように表すことができる。

【 0 0 2 5 】

【数 1】

磁界がある流路のフローセンサ出力： $V_1' = V_1(1 - \alpha)\beta$  ……式 (1)

30

【 0 0 2 6 】

【数 2】

磁界がない流路のフローセンサ出力： $V_2' = V_2(1 + \alpha)\beta$  ……式 (2)

【 0 0 2 7 】

ここで、信号の大小関係は、 $V_1' < V_2'$  となる。補助ガス流量の変動を除くため、信号  $S$  を下記の演算方式で得ると、上辺と下辺の  $\beta$  を除くことができ、 $\alpha$  のみが係数として残る。

【 0 0 2 8 】

【数 3】

40

$S = \frac{V_2' - V_1'}{V_2' + V_1'} = \frac{V_2(1 + \alpha) - V_1(1 - \alpha)}{V_2(1 + \alpha) + V_1(1 - \alpha)}$  ……式 (3)

【 0 0 2 9 】

抵抗値バラツキによる 2 つのブリッジ出力の差分を  $\gamma$  として、 $V_1 = V_2$  とすると、式 3 は次に示すようになる。

【 0 0 3 0 】

【数 4】

$S = \frac{V_2' - V_1'}{V_2' + V_1'} = \frac{V_2(1 + \alpha) - \gamma V_2(1 - \alpha)}{V_2(1 + \alpha) + \gamma V_2(1 - \alpha)} = \frac{(1 + \alpha) - \gamma(1 - \alpha)}{(1 + \alpha) + \gamma(1 - \alpha)}$  ……式 (4)

50

## 【 0 0 3 1 】

となる。この式(4)の動作を確認するため、一例として以下の条件で演算信号Sと酸素濃度の関係を図4に示す。

酸素濃度0からフルスケールFS： $= 0 \sim 1.0$ 、ステップ0.1

2つのブリッジ出力のバラツキ(非平衡分)： $= 0.7$ (平衡状態に対して0.3の変動)、1.0(平衡状態)であるとする、

式(4)にそれぞれの値を入れて演算すると、2つのブリッジ出力のバラツキ(非平衡分)が反映され、バラツキがない状態からシフトしたグラフになるが、酸素濃度0、0.5FS、FSの3点で校正すると図5のようにリニアリティが良好な検量線が得られ、フルスケールに対する最大誤差は0.1%FS程度となる。一般にはブリッジに非平衡は10%以下であることから、最大誤差は0.1%FS未満となり、従来の磁気式酸素計より1桁ほど改善できる。

10

## 【 0 0 3 2 】

このようにして、本願発明の磁気式酸素計は、(1)補助ガスの流量変動の影響が低減できる、(2)4線熱線式フローセンサブリッジ回路は、熱接地温度の変動を差動で低減できる、(3)熱接地温度の影響が少ないため、従来製品より恒温槽の温度制御の精度を下げることができる、(4)熱線の抵抗値バラツキによる2つの熱線式フローセンサの非平衡分は本提案の演算方法と校正方法によって低減できる。

このような効果を得ることができるため、補助ガス変動、周囲温度変動の影響が低減でき、補助ガス流量や温度変動を抑えるための部品コストが大幅に削減でき、従来の磁気式酸素計のフルスケールに対する最大誤差は1桁ほど改善でき、高精度な酸素濃度の測定が可能になるのである。

20

## 【 0 0 3 3 】

次に、4線熱線フローセンサの変形例について、図6及び図7を参照して説明する。

上記説明した4線熱線式フローセンサの流路がリングチャンバーセルの同一平面上に配置されている構成であるが、本提案は補助ガス流路とフローセンサの流路が屈曲して流れがUターンできればよいことから、第1及び第2の補助ガス流路18、19に形成されたクランク状の流路23、24を第1及び第2の補助ガス流路18、19に対して垂直方向に配置した構成になっている。

その他の構成は上記した図1及び図2に示す構成と同じであるためその説明は省略する。

30

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 0 3 4 】

補助ガス流路にクランク状の流路を形成し、そこに4線熱式フローセンサを配置した構成にすることで、補助ガスの流量変動とリングチャンバーセルの温度変動の影響を低減して、酸素濃度測定のス/Nを向上した磁気式酸素計を提供する。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 3 5 】

【 図 1 】本願発明の磁気式酸素計のリングチャンバーセルを略示的に示した構成図である。

40

【 図 2 】同、図1におけるリングチャンバーセルのA-A'線断面図である。

【 図 3 】同、図1における4線熱線フローセンサを2組組み込んだ磁気流量比式検出器の電気回路を示した説明図である。

【 図 4 】同、補助ガス流量の変動成分による酸素計出力への影響を示したグラフである。

【 図 5 】同、補助ガス流量の変動成分による酸素計出力の影響に対して、酸素濃度の3点で校正したときのグラフである。

【 図 6 】同、4線熱式フローセンサの配置を補助ガス流路に対して直交方向に配置した様子を示した説明図である。

【 図 7 】同、図6におけるリングチャンバーセルのB-B'線断面図である。

【 図 8 】従来技術における磁気式酸素計のリングチャンバーセルを略示的に示した構成図

50

である。

【図9】同、図8におけるリングチャンバセルのC-C'線断面図である。

【符号の説明】

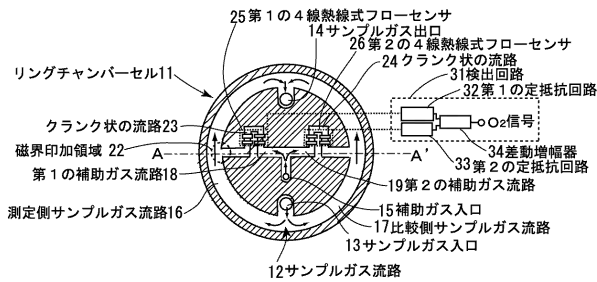
【0036】

- 11 リングチャンバセル
- 12 サンプルガス流路
- 13 サンプルガス入口
- 14 サンプルガス出口
- 15 補助ガス入口
- 16 測定側サンプルガス流路
- 17 比較側サンプルガス流路
- 18 第1の補助ガス流路
- 19 第2の補助ガス流路
- 21 磁気回路
- 22 磁界印加領域
- 23 クランク状の流路
- 24 クランク状の流路
- 25 第1の4線熱線式フローセンサ
- 26 第2の4線熱線式フローセンサ
- 31 検出回路
- 32 第1の定抵抗回路
- 33 第2の定抵抗回路
- 34 差動増幅器

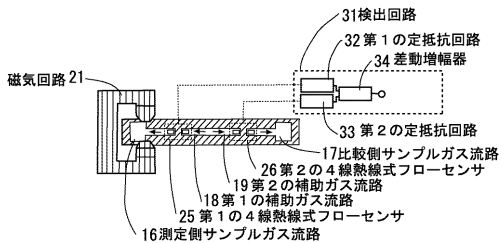
10

20

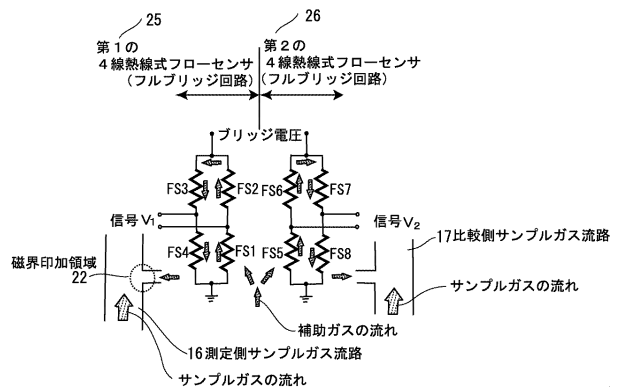
【図1】



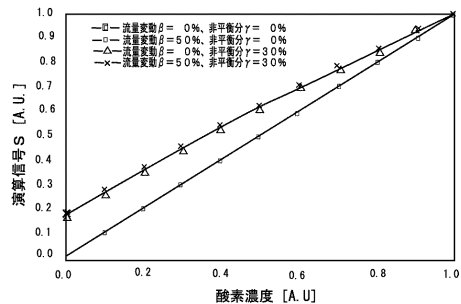
【図2】



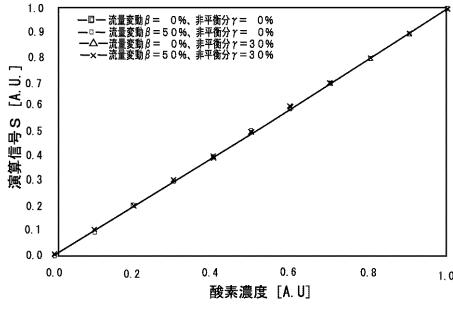
【図3】



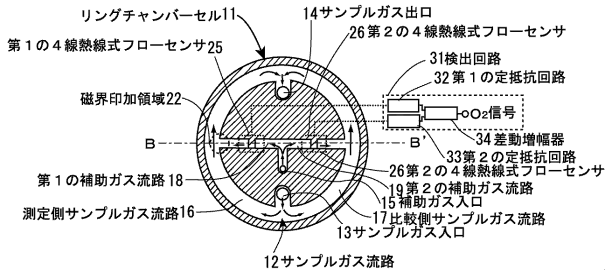
【図4】



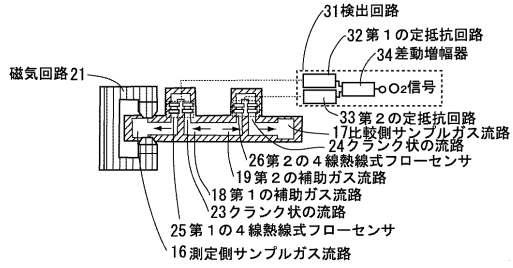
【図5】



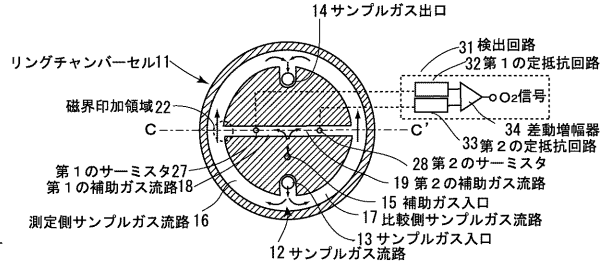
【図6】



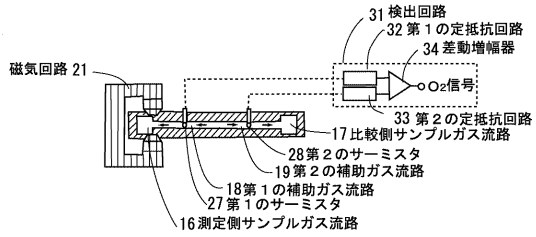
【図7】



【図8】



【図9】





---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-325368(JP,A)  
特開平08-105777(JP,A)  
特開2005-003468(JP,A)  
特開平11-118567(JP,A)  
特開平07-027582(JP,A)  
特開平02-141621(JP,A)  
特開2007-033056(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/72 - 27/90  
G01F 1/68 - 1/699  
JSTPlus/JST7580(JDreamII)