

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4369452号
(P4369452)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年9月4日(2009.9.4)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 5/02 (2006.01)

F I

G O 1 N 5/02

A

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2006-210801 (P2006-210801)	(73) 特許権者	000232483
(22) 出願日	平成18年8月2日(2006.8.2)		日本電波工業株式会社
(65) 公開番号	特開2007-64970 (P2007-64970A)		東京都渋谷区笹塚一丁目50番1号 笹塚 N A ビル
(43) 公開日	平成19年3月15日(2007.3.15)	(74) 代理人	100091513
審査請求日	平成21年2月27日(2009.2.27)		弁理士 井上 俊夫
(31) 優先権主張番号	特願2005-225699 (P2005-225699)	(72) 発明者	追田 武雄
(32) 優先日	平成17年8月3日(2005.8.3)		埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2 日本電波工業株式会社 狭山事業所内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	石井 武仁
早期審査対象出願			埼玉県狭山市大字上広瀬1275番地の2 日本電波工業株式会社 狭山事業所内
		審査官	▲高▼見 重雄
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 濃度センサー及び濃度検出装置。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発振回路を備えると共に試料液の外に置かれる測定器本体に着脱自在に接続され、感知対象物の濃度を検出するための濃度センサーにおいて、

配線が形成された配線基板と、

圧電片と、この圧電片の一面側及び他面側に各々設けられかつ前記配線に接続された電極と、前記一面側の電極の表面に設けられ、試料液中の感知対象物を吸着するため吸着層と、を含み、感知対象物の吸着により固有振動数が変わる圧電振動子と、

前記圧電片が前記配線基板上に当該基板と並行に設けられかつ前記他面側の電極が、試料液が位置する領域から区画された空間に臨むように設けられたことと、

前記圧電振動子に対して並列に接続されるように、前記配線基板上の配線間に設けられ、圧電振動子が試料液中に置かれたときに前記電極間容量による発振エネルギーの消費を抑えるためのインダクタと、

前記配線基板に設けられ、前記圧電振動子の電極に前記配線を介して電氣的に接続され、測定器本体に対して前記配線基板を差し込むことにより測定器本体側の端子に接続されるように構成された端子部と、を備えたことを特徴とする濃度センサー。

【請求項 2】

前記圧電振動子との間に流体の収容空間を形成し、この収容空間に連通する液体注入口を有する上蓋ケースを備えたことを特徴とする濃度センサー。

【請求項 3】

前記インダクタのインダクタンス値は、前記圧電振動子の共振周波数にて当該圧電振動子の電極間容量をキャンセルするインダクタンス値と圧電振動子を試料液中に浸漬した状態で発振可能なインダクタンス値の最小値との平均値を中心値とし、この中心値に対して $\pm 20\%$ の値に設定されていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の濃度センサー。

【請求項 4】

前記配線基板には開口部が設けられ、前記圧電振動子は、前記開口部側に形成された凹部に下面側が面していることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載の濃度センサー。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれ一つに記載された濃度センサーと、この濃度センサーが着脱自在に接続される端子部及び前記圧電振動子を発振させるための発振回路を備えた測定器本体と、を備えたことを特徴とする濃度検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、感知対象物を吸着するための吸着層がその表面に形成され、感知対象物の吸着により固有振動数が変わる圧電片例えば水晶片を用い、この圧電片の固有振動数の変化分を検出して感知対象物の濃度を検出する装置の技術分野に関する。

【背景技術】

【0002】

微量な物質を感知する手法として水晶振動子を用いた濃度検出装置が知られている。この濃度検出装置は、水晶振動子の表面に感知対象物を吸着するための吸着層を形成して水晶センサー（濃度センサー）を構成し、感知対象物が吸着層に付着するとその固有振動数がその付着量に応じて変化することを利用して感知対象物の濃度を測定するものであり、より具体的には、水晶センサーに発振回路を接続すると共に発振回路の発振周波数を計測する測定部を設けて主要部が構成される。このような手法によれば、その応用範囲が広く、装置としても簡易な構成である上、感度が高いことから極微量な物質でも測定できるといった利点がある。

【0003】

例えば特許文献 1 では、血液、尿などに含まれる疫病マーカー物質の分析を行うにあたって、水晶センサーを用いれば、高価で大型の自動分析装置を必要とする免疫ラテックスキットに代わる有効な手法であることが記載されている。このように水晶センサーをバイオセンサーとして用いる場合には、水晶振動子に感知対象物質に対して抗体抗原反応を起こす抗体からなる吸着層が形成される。

【0004】

ところで水晶センサーが液体中に浸漬されると、水晶片の等価直列抵抗の値が例えば数百のレベルで増加し、例えば純水であれば 150 程度増加する。このため水晶片に大きなエネルギーを与えるように設計されるが、水晶振動子の電極間容量 C_0 がこのエネルギーを消費してエネルギーロスになってしまう。このため発振回路側にて電極間容量 C_0 をキャンセルさせる必要があるが、ある水晶センサーについて発振回路側にてインダクタにより電極間容量 C_0 をキャンセルさせていても、電極間容量 C_0 の異なる水晶センサーに交換する場合には、発振回路側においてインダクタのインダクタンス値をその都度調整する必要がある。この操作は、ユーザ側で水晶センサーの種別毎に電極間容量 C_0 を LCR メータなどで測定し、その測定値に基づいて計算した上で該当するインダクタンス値を有するインダクタと交換するという、煩雑で時間のかかる作業を強いられることになる。またインダクタを交換する代わりに、使用する水晶センサーの種別に対応して発振回路を用意しておくことも考えられるが、その場合には高価なシステムになってしまう。

なお特許文献 2 には、水晶振動子に並列にインダクタンスを接続して電極間容量を打ち消す必要があることが記載されているが、技術分野が全く異なる上、本発明の課題を解決できるものでもない。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2001-83154号公報：段落0002、0004

【特許文献2】実開昭61-85920号公報：第1図

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

本発明はこのような事情の下になされたものであり、感知対象物の吸着により固有振動数が変わる圧電片を用いた濃度センサー及びこれを使用した濃度検出装置において、共通の発振回路を用いながら複数の種別の濃度センサーに対応することができる技術を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明は、発振回路を備えると共に試料液の外に置かれる測定器本体に着脱自在に接続され、感知対象物の濃度を検出するための濃度センサーにおいて、

配線が形成された配線基板と、

圧電片と、この圧電片の一面側及び他面側に各々設けられかつ前記配線に接続された電極と、前記一面側の電極の表面に設けられ、試料液中の感知対象物を吸着するため吸着層と、を含み、感知対象物の吸着により固有振動数が変わる圧電振動子と、

前記圧電片が前記配線基板上に当該基板と並行に設けられかつ前記他面側の電極が、試料液が位置する領域から区画された空間に臨むように設けられたことと、

20

前記圧電振動子に対して並列に接続されるように、前記配線基板上の配線間に設けられ、圧電振動子が試料液中に置かれたときに前記電極間容量による発振エネルギーの消費を抑えるためのインダクタと、

前記配線基板に設けられ、前記圧電振動子の電極に前記配線を介して電氣的に接続され、測定器本体に対して前記配線基板を差し込むことにより測定器本体側の端子に接続されるように構成された端子部と、を備えたことを特徴とする。

前記圧電振動子との間に流体の収容空間を形成し、この収容空間に連通する流体注入口を有する上蓋ケースを設けるようにしてもよい。

前記圧電振動子に対して並列に接続され、前記配線基板の一对の導電路の間に設けられたインダクタと、を備えたことを特徴とする濃度センサーである。

30

【 0 0 0 8 】

前記インダクタのインダクタンス値は、前記圧電振動子の共振周波数にて当該圧電振動子の電極間容量をキャンセルするインダクタンス値と圧電振動子を被測定流体中に浸漬した状態で発振可能なインダクタンス値の最小値との平均値を中心値とし、この中心値に対して $\pm 20\%$ の値に設定されていることが好ましい。

また前記配線基板には開口部が設けられ、前記圧電振動子は、前記開口部側に形成された凹部に下面側が面している構造を採用することが好ましい。

本発明の濃度センサーは、例えば圧電片として水晶片を用いたランジュバン型の水晶センサーとして構成され、基板上に水晶振動子を装着すると共に水晶振動子の電極に例えば導電性接着剤を介して基板上の導電路をなすプリント配線を接続し、プリント配線間にインダクタを接続して構成される。

40

【 0 0 0 9 】

また本発明の濃度検出装置は、上記の濃度センサーと、この濃度センサーの着脱端子、前記圧電片を発振させるための発振回路及び発振回路からの発振出力に基づいて感知対象物の濃度を検出する測定部と、を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、濃度センサーを構成する圧電片に対して並列にインダクタを接続しているため、そのインダクタンス値を適切な値に決定することにより、電極間容量による発振エネルギーの消費を抑えながら、粘性の異なる種々の被測定流体（試料流体）中にて発

50

振停止することがない。そして濃度センサーにインダクタを設けていることから、種々の濃度センサーに対して発振回路側を調整しなくて済むので、即ち共通の発振回路でありながら種々の濃度センサーに対応することができるので、ユーザ側で発振回路側を調整するという煩雑で手間のかかる作業が不要になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

以下に本発明に係る濃度検出装置の実施の形態を説明する。先ず濃度検出装置の全体構造について簡単に説明しておく。この濃度検出装置は図1に示すように、複数例えば8個の濃度センサー（水晶センサー）1と、これら濃度センサー1が着脱自在に装着される測定器本体100とを備えている。濃度センサー1は、図1及び図2に示すように配線基板例えばプリント基板21を備えており、このプリント基板21には、開口部23aが形成されている。前記プリント基板21の表面側にはゴムシート22が重ねられ、このゴムシート22には、凹部23が設けられている。ゴムシート22の下面側において、この凹部23に対応する部位は突出しており、その突出部位は前記開口部23に嵌合している。そして前記凹部23を塞ぐように圧電振動子である水晶振動子24が設けられている。即ち、水晶振動子24の一面側（下面側）は前記開口部23側に向いていることになり、水晶振動子24の下面側は前記凹部23により気密空間とされ、これによってランジュバン型の濃度センサーが構成される。

【0012】

更にゴムシート22の上から上蓋ケース25が装着されている。上蓋ケース25には、被測定流体である試料溶液を注入するための注入口25aと試料溶液の観察口25bとが形成され、注入口25aから試料溶液が注入され、水晶振動子24の上面側の空間に試料溶液が満たされることになる（水晶片が試料溶液に浸漬されることになる）。

なお、濃度センサー1の構造としては、水晶振動子24を、前記開口部23aを塞ぐようにプリント基板21の表面に載置するように設け、水晶振動子24の周縁部をゴムシート22により押さえつける構造であってもよい。

【0013】

水晶振動子24は、図3に示すように例えば円形的水晶片20の両面に夫々電極24a、24b（裏面側の電極24bは表面側の周縁部に連続形成されている）が設けられ、これら電極24a、24bは導電性接着剤26を介して基板21に設けられている一対の導電路であるプリント配線27a、27bに夫々電氣的に接続されている。また水晶振動子24の一面例えば電極24aの表面には、感知対象物を吸着するための吸着層（図示せず）が形成されている。

【0014】

更に図2～図4に示すように、プリント配線27a、27b間には、例えば個別部品からなるインダクタ3が接続されており、このインダクタ3は配線基板21上の実装されて、上蓋ケース25により覆われている。なおインダクタ3は、プリントパターンにより形成されていてもよい。

このインダクタ3のインダクタンス値の決定方法について説明する。濃度センサーは、特殊な吸着膜に付着する感知物質の質量に応じた発振周波数の変化量に基づいて、被測定流体例えば被測定溶液中の感知物質の濃度を検出するものであるから、被測定流体中において発振停止してはならない。しかしながら実験によれば、水晶片20を液体試料中に浸漬すると、水晶片20の等価直列抵抗R1が飛躍的に増大し、31MHzで水晶片20を駆動させる場合を例にとると、水晶片20を気体中に置いたときには10であるのに対して500にもなり、非常に発振しにくい状態となる。

【0015】

これを打開するために、本発明では水晶片20に対して並列にインダクタ3を接続し、水晶片20の位相をコントロールして発振防止を図ろうとしている。しかしインダクタ3のインダクタンス値を電極間容量C0をキャンセルする値に設定すると次ぎのような不具合が生じる。

10

20

30

40

50

図5は、インダクタ3のインダクタンス値とループゲインとの関係を計算により求めた関係図である。ここでは水晶片3の等価直列抵抗 R_1 を6.8、100及び500の3通りに設定している。このように3通り設定した理由は、インダクタンス値と発振ループゲインとの関係が等価直列抵抗 R_1 をパラメータとしてどのように変化するかを調べるためであり、また濃度センサーの被測定溶液の中で粘性が最も大きい溶液を想定し、その溶液に水晶片3を浸漬したときの等価直列抵抗 R_1 を500と見積もって、過酷条件下における上記関係を把握するためである。この例では、水晶片20の共振周波数 F_r が31MHz、電極間容量 C_0 が7.05pFであるため、水晶片20の直列共振点 F_r にて電極間容量 C_0 をキャンセルするインダクタンス値はおよそ3.8 μ Hとなる。このインダクタンス値は、前記共振周波数 F_r の角速度を ω とすると、 $1/(C_0 \cdot \omega^2)$ で表される。

10

【0016】

しかし、等価直列抵抗 R_1 が500である場合には、3.8 μ Hという値は発振ループゲインが1に近付いていることから適切な値ではない。インダクタンス値を設定するときにこのインダクタンス値を越えることはあり得ないので、ここではこのインダクタンス値を L_{max} （設定限界の最大値）と称することにしている。

【0017】

一方、いずれの等価直列抵抗 R_1 においても、インダクタンス値を小さくしていくと、電極間容量 C_0 の影響を打ち消すことができなくなって発振なくなり、その限界値はおよそ2.0 μ H程度である。ここでこの限界値である2.0 μ Hを求める手法について述べる。発振回路の発振条件は、意図した発振ループとなる回路を信号が一巡したときにゲインが1以上であり、かつ位相が360度の整数倍になることである。後者の条件である位相条件を満足するインダクタンス値の最小値が2.0 μ Hである。

20

これら条件の求め方について具体例を挙げると、意図した発振ループの一箇所を切断し、接点Aと接点Bとを形成する。そして回路が線形で動作する程度の小信号の信号源を接点Aに接続し、ドライブする。このとき接点Bの信号を観測し、接点Aと接点Bとにおける信号の比を取り、発振ループを一巡したときのゲインと位相とを調べる。従ってインダクタのインダクタンス値を変えていったときに、位相条件を満足しなくなるインダクタンス値の最小値を得ることができる。そして水晶振動子に並列に接続されるインダクタのインダクタンス値をパラメータとしてゲインをプロットすると、図5に示す結果が得られる。

30

【0018】

上記のインダクタンス値2.0 μ Hの値は、水晶片20を被測定流体中に浸漬した状態で発振可能なインダクタンス値の最小値であると評価したインダクタンス値 L_{min} ということになる。図5から分かるように、濃度センサーにおいては、前記インダクタンス値は、電極間容量 C_0 をキャンセルするインダクタンス値 L_{max} に設定することは適切ではなく、水晶片20を被測定液に浸漬した状態でのインダクタンス値 L_{min} と L_{max} との間におけるインダクタンス値と発振ループゲインとの関係から、発振停止領域に近すぎず、十分な発振ループゲインが得られる値に決定することが適切である。この例では、インダクタンス値 L_{min} と L_{max} との平均値2.9 μ Hを中心として $\pm 20\%$ の2.3 μ H～3.5 μ Hの範囲をインダクタ3のインダクタンス値の最適範囲として取り扱っている。このようにインダクタンス値を設定すれば、濃度センサーを量産する場合において、量産品の特性が安定する。

40

【0019】

ここで等価直列抵抗 R_1 が大きくなるほど、インダクタ3のインダクタンス値の増大に伴う発振ループゲインの低下の程度が大きいことから、濃度センサーが使用される被測定流体の中で最も粘度が大きい流体、例えば気液両用の濃度センサーであれば、被測定液のなかで最も粘度が大きいときの等価直列抵抗 R_1 について、インダクタンス値 L_{min} と L_{max} とを求め、そしてその間におけるインダクタンス値と発振ループゲインとの関係に基づいてインダクタ3のインダクタンス値の適切な値を決定すればよいことになる。

50

【 0 0 2 0 】

続いて測定器本体 1 0 0 の内部回路について図 6 を用いて簡単に説明しておく。図 6 中、4 は濃度センサー 1 の水晶振動子 2 4 を発振させるための発振回路であり、この発振回路 4 の後段には、バッファアンプ 5 を介して測定部 6 が接続されている。発振回路 4 はコルピッツ型発振回路として構成されており、 T_r は、発振増幅素子としてのトランジスタ、 C_0 、 C_1 は分割容量成分をなすコンデンサ、 V_c は電源である。その他の部位については、 $C_2 \sim C_4$ はコンデンサ、 $C_5 \sim C_8$ は抵抗である。また 4 9 は濃度センサー 1 が着脱自在に接続される端子部であり、図 1 に示す測定器本体 1 0 0 に設けられている。

測定部 6 は、発振回路 4 の発振出力の周波数に関する信号を測定する例えば周波数カウンタ、そのカウント数の変化分を演算する演算部などを備えている。

10

なおこの例では濃度センサー 1 が 8 個取り付けられる 8 チャンネル構成になっていて、図 6 に示す回路が 8 チャンネル用意され、各チャンネルの出力が切り替えられて測定部 6 に接続される構成となっている。

【 0 0 2 1 】

続いてこの実施の形態の作用について述べる。先ず濃度センサー 1 (図 1 参照) を測定器本体 1 0 0 に差込み、例えばブランク値を求めるために感知対象物が含まれない溶液を濃度センサー 1 内に満たし、水晶振動子 2 4 を発振させる。この溶液は純水であってもよいし、あるいはその他の溶液であってもよい。発振回路 3 における発振出力はバッファアンプ 5 を介して測定部 6 に入力され、例えば発振出力の周波数が測定される。次いで感知対象物の感知を行うために検体である被測定溶液を濃度センサー 1 に注入し、被測定溶液を入れたことによる発振周波数の変化分を測定部 6 により求め、例えば予め作成した検量線によりその変化分に基づいて感知対象物の濃度を検出する。

20

【 0 0 2 2 】

上述の実施の形態によれば、水晶片 2 0 に対して並列にインダクタ 3 を接続し、水晶片 2 0 を被測定溶液に浸漬した状態での発振可能なインダクタンス値の最小値であると評価した値 L_{min} と電極間容量 C_0 をキャンセルする値 L_{max} とを求め、これらの間において、インダクタンス値と発振ループゲインとの関係を見据えた上でそのインダクタンス値を適切な値に決定しているため、電極間容量 C_0 による発振エネルギーの消費を抑えることができ、また粘性の異なる種々の被測定流体に用いても発振停止することがない。そして測定器本体に着脱できる濃度センサー 1 にインダクタ 3 を設けていることから、試料流体の粘度に見合ったインダクタ 3 を備えた濃度センサー 1 を用いることにより、適切な測定を行うことができる。従って種々の濃度センサーに対して発振回路 4 側を調整しなくて済むので、即ち共通の発振回路 4 でありながら種々の濃度センサーに対応することができるので、ユーザ側で発振回路 4 側を調整するという煩雑で手間のかかる作業が不要になる。

30

更に上述の濃度センサー 1 によれば、測定器本体 1 0 0 に対してプリント基板 2 1 を着脱することにより濃度センサー 1 を交換できるので、交換作業が容易である。またプリント基板 2 1 に形成した開口部 2 3 a を利用して水晶振動子 2 4 の下面側に気密空間を形成してランジュバン型の濃度センサーを構成しているので、前記気密空間を形成する構造が簡単である。

【 0 0 2 3 】

なお本発明の濃度センサーは、感知対象物の濃度を求めることに限定されるものではなく、感知対象物の有無センサーも含むものとする。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 本発明に係る濃度センサーを含む濃度検出装置の実施の形態の外観を示す斜視図である。

【 図 2 】 上記実施の形態に用いられる濃度センサーを示す縦断面図である。

【 図 3 】 上記実施の形態に用いられる水晶振動子及び周辺の配線を示す説明図である。

【 図 4 】 上記実施の形態に用いられる濃度センサー基板及び配線を示す平面図である。

【 図 5 】 上記実施の形態に用いられる濃度センサーに設けられるインダクタのインダクタ

50

ンス値を決めるためのデータを示す説明図である。

【図6】上記実施の形態の濃度検出装置を示すブロック回路図である。

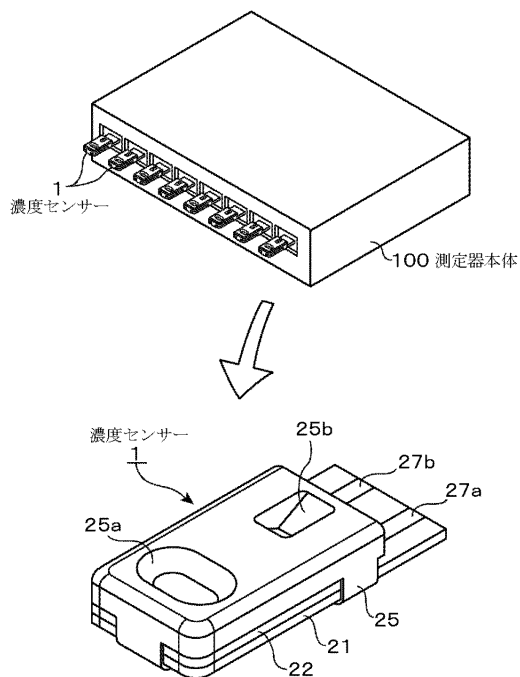
【符号の説明】

【0025】

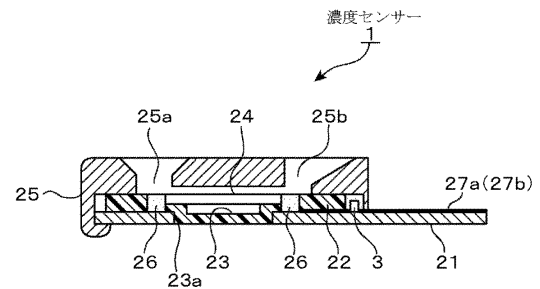
1	濃度センサー
20	水晶片
24	水晶振動子
24a、24b	電極
27a、27b	導回路をなすプリント配線
3	インダクタ
4	発振回路
49	端子部
5	バッファアンプ
6	測定部
100	測定器本体

10

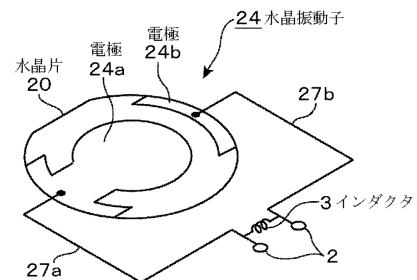
【図1】



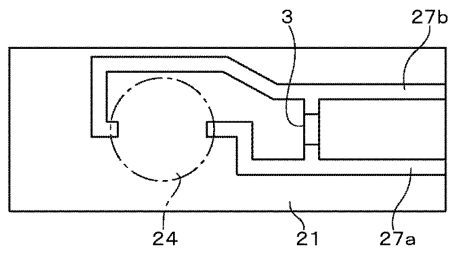
【図2】



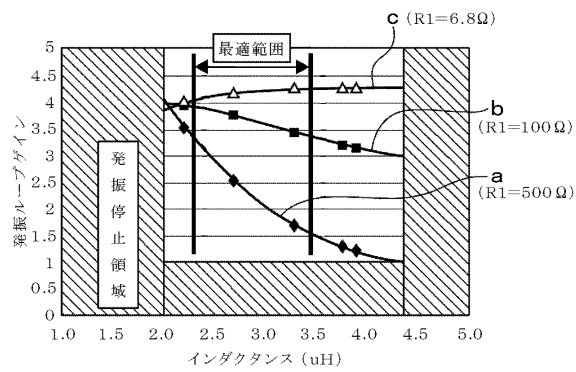
【図3】



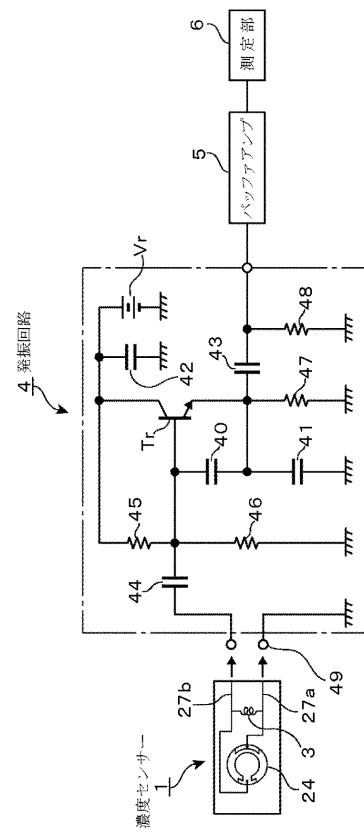
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-304766(JP,A)
特開2005-515432(JP,A)
特開2005-043123(JP,A)
特開2001-083154(JP,A)
実開昭61-085920(JP,U)
国際公開第2004/085976(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 5/02