(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3583890号
(P3583890)
(45)発行日　平成16年11月4日(2004.11.4)　(24)登録日　平成16年8月6日(2004.8.6)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G01N 27/416　G01N 27/46　３３１
G01N 27/419　G01N 27/46　３２７Ｅ

請求項の数 15　(全 28 頁)

(21)出願番号　特願平9-49440
(22)出願日　平成9年3月4日(1997.3.4)
(65)公開番号　特開平10-246719
(43)公開日　平成10年9月14日(1998.9.14)
審査請求日　平成14年9月10日(2002.9.10)

(73)特許権者　000004064
日本碍子株式会社
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
(74)代理人　100077665
弁理士　千葉　剛宏
(74)代理人　100077805
弁理士　佐藤　辰彦
(72)発明者　加藤　伸秀
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
日本碍子株式会社内
(72)発明者　濱田　安彦
愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号
日本碍子株式会社内

審査官　谷垣　圭二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガスセンサ及びガスセンサの制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御する主ポンプ手段と、

前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解させ、該分解によって発生した酸素をポンピング処理する検出用ポンプ手段とを具備し、

前記検出用ポンプ手段のポンピング処理によって該検出用ポンプ手段に流れるポンプ電流に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサであって、

前記主ポンプ手段は、外部空間に接する固体電解質と該固体電解質の内外に形成された内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極とを有して構成され、

前記検出用ポンプ手段により汲み出す酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される前記外側主ポンプ電極側に汲み出すことを特徴とするガスセンサ。

【請求項２】

請求項１記載のガスセンサにおいて、

前記検出用ポンプ手段は、固体電解質と該固体電解質に接して形成された内側検出用ポンプ電極及び外側検出用ポンプ電極を有して構成され、

前記主ポンプ手段におけるいずれか一方のポンプ電極と前記検出用ポンプ手段における前記外側検出用ポンプ電極とが共用とされていることを特徴とするガスセンサ。

【請求項３】
外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御する主ポンプ手段と、
前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解させ、該分解によって発生した酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する濃度検出手段とを具備し、
前記濃度検出手段にて検出された起電力に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサであって、
前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出す補助ポンプ手段を有することを特徴とするガスセンサ。
【請求項４】
請求項３記載のガスセンサにおいて、
前記主ポンプ手段は、外部空間に接する固体電解質と該固体電解質の内外に形成された内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極を有して構成され、
前記補助ポンプ手段は、固体電解質と該固体電解質に接して形成された内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極を有して構成され、
前記主ポンプ手段におけるいずれか一方のポンプ電極と前記補助ポンプ手段における前記外側補助ポンプ電極とが共用とされ、
かつ、前記いずれか一方のポンプ電極がベース電位に固定されていることを特徴とするガスセンサ。
【請求項５】
請求項２又は４記載のガスセンサにおいて、
前記主ポンプ手段でのポンピング処理時における前記被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する主ポンプ用濃度測定手段と、
前記起電力に基づいて、前記主ポンプ手段の内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極間に印加される制御電圧のレベルを調整して前記主ポンプ手段でのポンピング処理を制御する主ポンプ制御手段を有することを特徴とするガスセンサ。
【請求項６】
請求項２又は５記載のガスセンサにおいて、
前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分の分解時に発生する酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する検出用濃度測定手段と、
前記起電力に基づいて、前記検出用ポンプ手段の前記内側検出用ポンプ電極と外側検出用ポンプ電極間に印加される検出用電圧のレベルを調整して前記検出用ポンプ手段でのポンピング処理を制御する検出用ポンプ制御手段を有することを特徴とするガスセンサ。
【請求項７】
請求項２、５又は６記載のガスセンサにおいて、
固体電解質と該固体電解質に接して形成された内側補助ポンプ電極と外側補助ポンプ電極とを有し、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段側に汲み出す補助ポンプ手段が設けられていることを特徴とするガスセンサ。
【請求項８】
請求項３、４、７のいずれか１項に記載のガスセンサにおいて、
前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する補助濃度測定手段と、
前記起電力に基づいて、前記補助ポンプ手段の前記内側補助ポンプ電極と外側補助ポンプ電極間に印加される補助ポンプ電圧のレベルを調整して前記補助ポンプ手段でのポンピング処理を制御する補助ポンプ制御手段とを有することを特徴とするガスセンサ。

【請求項９】
請求項３、４、７、８のいずれか１項に記載のガスセンサにおいて、
前記補助ポンプ手段における外側補助ポンプ電極と前記主ポンプ手段のベース電位に固定されている電極とが共用とされていることを特徴とするガスセンサ。
【請求項１０】
外部空間に接する固体電解質と該固体電解質の内外に形成された内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極とを有する主ポンプ手段を用いて、外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御し、
検出用ポンプ手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解し、分解時に発生した酸素をポンピング処理し、
前記検出用ポンプ手段のポンピング処理によって該検出用ポンプ手段に流れるポンプ電流に基づいて前記被測定ガス中の所定ガス成分を測定するガスセンサの制御方法であって、
前記検出用ポンプ手段により汲み出す酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される前記外側主ポンプ電極側に汲み出すことを特徴とするガスセンサの制御方法。
【請求項１１】
請求項１０記載のガスセンサの制御方法において、
検出用濃度測定手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分の分解時に発生した酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を測定し、
前記検出用濃度測定手段にて測定された起電力に基づいて前記検出用ポンプ手段でのポンピング処理を調整することを特徴とするガスセンサの制御方法。
【請求項１２】
請求項１０又は請求項１１記載のガスセンサの制御方法において、
補助ポンプ手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段側に汲み出すことを特徴とするガスセンサの制御方法。
【請求項１３】
主ポンプ手段を用いて、外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御し、
濃度検出手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解し、分解時に発生した酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じて発生する起電力を検出し、
前記濃度検出手段にて検出された起電力に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサの制御方法であって、
補助ポンプ手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すことを特徴とするガスセンサの制御方法。
【請求項１４】
請求項１２又は１３記載のガスセンサの制御方法において、
補助濃度測定手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を測定し、
前記補助濃度測定手段にて測定された起電力に基づいて前記補助ポンプ手段でのポンピング処理を調整することを特徴とするガスセンサの制御方法。
【請求項１５】
請求項１０～１４のいずれか１項に記載のガスセンサの制御方法において、
主ポンプ用濃度測定手段を用いて、前記主ポンプ手段でのポンピング処理時における前記

被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を測定し、
前記主ポンプ用濃度測定手段にて測定された起電力に基づいて、前記主ポンプ手段でのポンピング処理を調整することを特徴とするガスセンサの制御方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、例えば、車両の排出ガスや大気中に含まれるＮＯ、NO_2、SO_2、CO_2、H_2O等のガス成分を測定するガスセンサ及びガスセンサの制御方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
近時、図８に示すような酸素イオン伝導体を用いたガスセンサ１０Ａが知られている（例えば特開平８－２７１４７６号公報参照）。
【０００３】
このガスセンサ１０Ａは、外部空間に存在する被測定ガスを第１の拡散律速手段１２を通じて第１空所１４に導き、内側ポンプ電極１６、酸素イオン伝導体１８及び外側ポンプ電極２０で構成される第１の酸素ポンプ手段２２により、第１空所１４における被測定ガス中の酸素を測定対象の窒素酸化物が分解しない程度に汲み出し、又は汲み入れを行う。
【０００４】
次いで、第１空所１４内の被測定ガスを第２の拡散律速手段２４を通じて第２空所２６に導き、該第２空所２６に配置された測定ガス分解電極２８、酸素イオン伝導体３０、基準空気部３２に配置された基準電極３４で構成される第２の酸素ポンプ手段３６により、測定ガス分解電極２８の触媒作用、あるいは電圧印加による電気分解によって分解発生した酸素を汲み出し、該第２の酸素ポンプ手段３６にて汲み出すのに要した電流値を測定して窒素酸化物を間接的に測定するようにしている。
【０００５】
このガスセンサ１０Ａの実用例としては、被測定ガスに結合酸素を有するＮＯｘセンサ、H_2Oセンサ、CO_2センサ等がある。
【０００６】
ＮＯｘセンサとして適用する場合は、測定ガス分解電極２８にＲｈ、Ｐｔ等を用いることによって、ＮＯｘを触媒分解し、その分解時に発生した酸素をポンプ電流として検出し、あるいは電圧変化として検出するようにしている。
【０００７】
H_2OセンサやCO_2センサとして適用する場合は、触媒分解が困難であるため、第２の酸素ポンプ手段３６に、それぞれのガスが分解する電圧を印加し、該電圧印加に伴って生じた電気分解によって発生した酸素をポンプ電流として検出するようにしている。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
ところで、前記従来のガスセンサ１０Ａにおいては、第１の酸素ポンプ手段２２を制御するための直流電源３８と第２の酸素ポンプ手段３６を制御する直流電源４０のＧＮＤラインを共通にすることはできない。その理由は、外側ポンプ電極２０から測定ガス分解電極２８にリーク電流が流れたり、測定ガス分解電極２８から内側ポンプ電極１６にリーク電流が流れたりするからである。
【０００９】
酸素イオン伝導体中に電流が流れると、酸素の移動が起こり、それに伴って、制御が不安定になったり、測定用のポンプ電流に影響を与え、測定ができなくなるおそれがある。
【００１０】
従って、前記従来のガスセンサ１０Ａにおいては、第１及び第２の酸素ポンプ手段２２及び３６の駆動用として、互いに絶縁した直流電源が２個必要となる。
【００１１】

一方、図９示すガスセンサ１０Ｂが提案されている。このガスセンサ１０Ｂは、第２空所２６内に補助ポンプ電極４２を設けて、補助ポンプ電極４２／酸素イオン伝導体（１８、４４及び３０）／基準電極３４で、第３の酸素ポンプ手段（即ち、補助ポンプ手段）４６を構成させ、これによって、第１空所１４により微量に拡散侵入する酸素を再度汲み出し、測定精度（特に酸素濃度依存性）を大きく改善させたものである（特願平７－２７２８２６号）。

【００１２】

この提案例に係るガスセンサ１０Ｂは、補助ポンプ手段４６が付加されたことと相俟って、互いに絶縁独立した直流電源が３個も必要となる。図１０は、図９の提案例に係るガスセンサ１０Ｂの制御回路系を示したものであるが、互いに絶縁独立した３つの直流電源（第１の直流電源５０Ａ、第２の直流電源５０Ｂ及び第３の直流電源５０Ｃ）を用いて第１、第２及び第３の酸素ポンプ手段２２、３６及び４６を制御している。

【００１３】

第１の直流電源５０Ａは、前記第１の酸素ポンプ手段２２を制御するためのポンプ制御回路５２の電源として用いられ、該ポンプ制御回路５２は、測定電極５４及び基準電極３４間の起電力を第１の比較器５６で検出し、次いで目標とする電圧（例えば３００ｍＶ）との差を第２の比較器５８により求め、その差の電圧を増幅器６０により増幅し、該増幅電圧を制御電圧E_0　として第１の酸素ポンプ手段２２における外側ポンプ電極２０及び内側ポンプ電極１６間に印加することによって、第１の酸素ポンプ手段２２を制御するようにしている。

【００１４】

第２の直流電源５０Ｂは、補助ポンプ手段（第３の酸素ポンプ手段）４６に電圧E_1　を供給するための電源として用いられ、具体的には、ツェナーダイオード６２により定電圧を得た後、補助ポンプ手段４６に印加する電圧E_1　を分圧回路６４で作り、補助ポンプ手段４６に印加するようにしている。

【００１５】

第３の直流電源５０Ｃは、第２の酸素ポンプ手段３６に電圧E_2　を供給するための電源として用いられ、前記第２の直流電源５０Ｂと同様の方法により、第２の酸素ポンプ手段３６に供給するための電圧E_2　を作り、該第２の酸素ポンプ手段３６に供給するようにしている。

【００１６】

前記３つの互いに絶縁独立した直流電源（以下、絶縁型電源と記し、絶縁独立が必要のない電源を非絶縁型電源と記す）５０Ａ、５０Ｂ及び５０Ｃは、図１１に示すように、基本的にバッテリ（例えばカーバッテリの場合は１２Ｖ）７０の後段に発振回路７２、絶縁型変圧器７４及び整流回路７６が接続されて構成される。この場合、非絶縁型電源がトランジスタやオペアンプ等の半導体部品のみで構成できるのに対し、前記絶縁型電源は変圧器７４を必要とするため、ガスセンサ１０Ａ及び１０ＢＢにおける制御回路系の小型化、軽量化が困難になり、しかも、製造コストが高価になるという不都合が懸念される。

【００１７】

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、複数の直流電源における基準電位のライン（例えばＧＮＤライン）を共通にすることができ、絶縁独立した直流電源（絶縁型電源）の個数を最小限にとどめることが可能で、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化を促進させることができるガスセンサ及びガスセンサの制御方法を提供することを目的とする。

【００１８】

【課題を解決するための手段】

請求項１記載の本発明に係るガスセンサは、外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御する主ポンプ手段と、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被

測定ガス中に含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解させ、該分解によって発生した酸素をポンピング処理する検出用ポンプ手段とを具備し、前記検出用ポンプ手段のポンピング処理によって該検出用ポンプ手段に流れるポンプ電流に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサであって、前記検出用ポンプ手段により汲み出す酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すように構成する。

【００１９】

これにより、まず、外部空間から導入された被測定ガスのうち、酸素が主ポンプ手段によってポンピング処理され、該酸素は所定濃度に調整される。前記主ポンプ手段にて酸素の濃度が調整された被測定ガスは、次の検出用ポンプ手段に導かれる。検出用ポンプ手段は、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解させ、該分解によって発生した酸素をポンピング処理する。前記検出用ポンプ手段によりポンピング処理される酸素の量に応じて該検出用ポンプ手段に生じるポンプ電流に基づいて、酸素量に応じた所定ガス成分が測定される。

【００２０】

特に、本発明においては、前記所定ガス成分の測定時において、前記検出用ポンプ手段により汲み出される酸素が前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出される。

【００２１】

その結果、検出用ポンプ手段を駆動するために、絶縁独立した直流電源を必要としなくなり、絶縁型トランスを用いない非絶縁型電源にて駆動電圧を作成することができる。これは、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化の促進につながる。

【００２２】

そして、前記主ポンプ手段を、外部空間に接する固体電解質と該固体電解質の内外に形成された内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極を有して構成し、前記検出用ポンプ手段を、固体電解質と該固体電解質に接して形成された内側検出用ポンプ電極及び外側検出用ポンプ電極を有して構成し、前記主ポンプ手段におけるいずれか一方のポンプ電極と前記検出用ポンプ手段における前記外側検出用ポンプ電極とを共用とし、かつ、前記いずれか一方のポンプ電極をベース電位に固定するようにしてもよい（請求項２記載の発明）。

【００２３】

この場合、検出用ポンプ手段を通じて酸素を汲み出すにあたっては、前記内側検出用ポンプ電極及び外側検出用ポンプ電極間に印加される検出用電圧は、主ポンプ手段における内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極に対して負の電圧が印加されることになる。

【００２４】

その結果、主ポンプ手段の内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極間に印加すべき制御電圧の電源と、検出用ポンプ手段の内側検出用ポンプ電極及び外側検出用ポンプ電極間に印加すべき検出用電圧の電源の各基準ライン（ベース電位に固定されたライン）を共通にすることが可能となる。

【００２５】

これにより、主ポンプ手段のいずれか一方のポンプ電極と検出用ポンプ手段における外側検出用ポンプ電極が共用（共通）とされ、該共通電極を例えばＧＮＤラインに接続することにより、検出用ポンプ手段を駆動するための電源として、半導体部品を用いた非絶縁型電源を使用することができる。

【００２６】

次に、請求項３記載の本発明に係るガスセンサは、外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御する主ポンプ手段と、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解させ

、該分解によって発生した酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する濃度検出手段とを具備し、前記濃度検出手段にて検出された起電力に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサであって、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出す補助ポンプ手段を設けて構成する。

【００２７】

これにより、まず、外部空間から導入された被測定ガスのうち、酸素が主ポンプ手段によってポンピング処理され、該酸素は所定濃度に調整される。前記主ポンプ手段にて酸素の濃度が調整された被測定ガスは、次の濃度検出手段に導かれ、該濃度検出手段において、被測定ガス中に含まれる所定ガス成分の分解によって発生された酸素の量と外側検出電極側のガスに含まれる酸素の量との差に応じた酸素濃淡電池起電力が内側検出電極及び外側検出電極間に発生し、該起電力が電圧検出手段により検出されることで、酸素量に応じた所定ガス成分が測定される。

【００２８】

特に、本発明においては、主ポンプ手段にて酸素濃度が所定濃度に粗調整された被測定ガスは、更に補助ポンプ手段によって酸素濃度が微調整されることになる。

【００２９】

一般に、外部空間における被測定ガス中の酸素濃度が大きく（例えば０から２０％）変化すると、主ポンプ手段に導かれる被測定ガスの酸素濃度分布が大きく変化し、濃度検出手段の処理空間に導かれる酸素量も変化する。

【００３０】

このとき、主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスにおける酸素濃度は、補助ポンプ手段でのポンピング処理にて微調整されることになるが、主ポンプ手段でのポンピング処理によって、前記補助ポンプ手段に導かれる被測定ガス中の酸素の濃度変化は、外部空間からの被測定ガス（主ポンプ手段に導かれる被測定ガス）における酸素の濃度変化よりも大幅に縮小されるため、濃度検出手段での所定ガス成分の測定を精度よく一定に制御することができる。

【００３１】

従って、濃度検出手段に導かれる所定ガス成分は、前記被測定ガス（主ポンプ手段に導かれる被測定ガス）における酸素の濃度変化の影響を受け難くなり、その結果、濃度検出手段にて発生する起電力は、前記被測定ガスにおける酸素の濃度変化に影響されず、被測定ガス中に存在する所定ガス成分に正確に対応した値となる。

【００３２】

しかも、本発明においては、補助ポンプ手段を通じて主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにしているため、補助ポンプ手段を駆動するために、絶縁独立した直流電源を必要としなくなり、絶縁型トランスを用いない非絶縁型電源にて前記検出用電圧を作成することができる。これは、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化の促進につながる。

【００３３】

そして、前記主ポンプ手段を、外部空間に接する固体電解質と該固体電解質の内外に形成された内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極を有して構成し、前記補助ポンプ手段を、固体電解質と該固体電解質に接して形成された内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極を有して構成し、前記主ポンプ手段におけるいずれか一方のポンプ電極と前記補助ポンプ手段における前記外側補助ポンプ電極とを共用とし、かつ、前記いずれか一方のポンプ電極をベース電位に固定するようにしてもよい（請求項４記載の発明）。

【００３４】

この場合、補助ポンプ手段を通じて酸素を汲み出すにあたっては、前記内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極間に印加される補助電圧は、主ポンプ手段における内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極に対して負の電圧が印加されることになる。

【００３５】
その結果、主ポンプ手段の内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極間に印加すべき制御電圧の電源と、補助ポンプ手段の内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極間に印加すべき補助電圧の電源の各基準ライン（ベース電位に固定されたライン）を共通にすることが可能となる。
【００３６】
これにより、主ポンプ手段のいずれか一方のポンプ電極と補助ポンプ手段における外側補助ポンプ電極が共用（共通）とされ、該共通電極を例えばＧＮＤラインに接続することにより、補助ポンプ手段を駆動するための電源として、半導体部品を用いた非絶縁型電源を使用することができる。
【００３７】
そして、前記構成において、前記主ポンプ手段でのポンピング処理時における前記被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する主ポンプ用濃度測定手段と、前記起電力に基づいて、前記主ポンプ手段の内側主ポンプ電極と外側主ポンプ電極間に印加される制御電圧のレベルを調整して前記主ポンプ手段でのポンピング処理を制御する主ポンプ制御手段を設けるようにしてもよい（請求項５記載の発明）。
【００３８】
これにより、前記主ポンプ用濃度測定手段において、前記主ポンプ手段でのポンピング処理時における前記被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力が発生する。そして、主ポンプ制御手段を通じ、前記起電力に基づいて、前記主ポンプ手段における内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極間に印加される制御電圧のレベルが調整される。
【００３９】
主ポンプ手段は、外部空間から導入された被測定ガスのうち、酸素を制御電圧のレベルに応じた量ほどポンピング処理する。前記レベル調整された制御電圧の主ポンプ手段への供給によって、前記被測定ガスにおける酸素の濃度は、所定レベルにフィードバック制御されることとなる。この場合、例えば主ポンプ手段での処理雰囲気中の酸素分圧が、所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御される。
【００４０】
また、前記構成において、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分の分解時に発生する酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する検出用濃度測定手段と、前記起電力に基づいて、前記検出用ポンプ手段の前記内側検出用ポンプ電極と外側検出用ポンプ電極間に印加される検出用電圧のレベルを調整して前記検出用ポンプ手段でのポンピング処理を制御する検出用ポンプ制御手段を設けるようにしてもよい（請求項６記載の発明）。
【００４１】
これにより、前記検出用濃度測定手段において、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分の分解時に発生する酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力が発生する。
【００４２】
そして、検出用ポンプ制御手段を通じ、前記起電力に基づいて、前記検出用ポンプ手段における内側検出用ポンプ電極及び外側検出用ポンプ電極間に印加される検出用電圧のレベルが調整される。
【００４３】
検出用ポンプ手段は、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解させ、該分解によって発生した酸素をポンピング処理するわけだが、前記レベル調整された検出用電圧の検出用ポンプ手段への供給によって、被測定ガス中の所定ガス成分が分解され得る所定の値にフィードバック制御される。

【００４４】
また、前記構成において、固体電解質と該固体電解質に接して形成された内側補助ポンプ電極と外側補助ポンプ電極とを有し、かつ、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段側に汲み出す補助ポンプ手段を設けるようにしてもよい（請求項７記載の発明）。
【００４５】
これにより、検出用ポンプ手段と補助ポンプ手段とを有することとなり、請求項３記載の発明と同様に、主ポンプ手段にて酸素濃度が所定濃度に粗調整された被測定ガスは、更に補助ポンプ手段によって酸素濃度が微調整されることになる。
【００４６】
従って、検出用ポンプ手段に導かれる所定ガス成分は、前記被測定ガス（主ポンプ手段に導かれる被測定ガス）における酸素の濃度変化の影響を受け難くなり、その結果、検出用ポンプ手段を流れるポンプ電流は、前記被測定ガスにおける酸素の濃度変化に影響されず、被測定ガス中に存在する所定ガス成分に正確に対応した値となる。
【００４７】
また、前記構成において、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を発生する補助濃度測定手段と、前記起電力に基づいて、前記補助ポンプ手段の前記内側補助ポンプ電極と外側補助ポンプ電極間に印加される補助ポンプ電圧のレベルを調整して前記補助ポンプ手段でのポンピング処理を制御する補助ポンプ制御手段を設けるようにしてもよい（請求項８記載の発明）。
【００４８】
これにより、前記補助濃度測定手段において、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力が発生する。そして、補助ポンプ制御手段を通じ、前記起電力に基づいて、前記補助ポンプ手段における内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極間に印加される補助ポンプ電圧のレベルが調整される。
【００４９】
補助ポンプ手段は、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスのうち、酸素を補助ポンプ電圧のレベルに応じた量ほどポンピング処理する。前記レベル調整された補助ポンプ電圧の補助ポンプ手段への供給によって、前記被測定ガスにおける酸素の濃度は、所定レベルにフィードバック制御されることとなる。
【００５０】
そして、前記構成において、前記補助ポンプ手段における外側補助ポンプ電極と前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極とを共用にすることが望ましい（請求項９記載の発明）。
【００５１】
この場合、補助ポンプ手段を通じて酸素を汲み出すにあたっては、前記内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極間に印加される補助電圧は、主ポンプ手段における内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極に対して負の電圧が印加されることになる。
【００５２】
その結果、主ポンプ手段の内側主ポンプ電極及び外側主ポンプ電極間に印加すべき制御電圧の電源と、補助ポンプ手段の内側補助ポンプ電極及び外側補助ポンプ電極間に印加すべき補助電圧の電源の各基準ライン（ベース電位に固定されたライン）を共通にすることが可能となる。
【００５３】
次に、請求項１０記載の本発明に係るガスセンサの制御方法は、主ポンプ手段を用いて、外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御し、検出用ポンプ手段を用い

て、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解し、分解時に発生した酸素をポンピング処理し、前記検出用ポンプ手段のポンピング処理によって該検出用ポンプ手段に流れるポンプ電流に基づいて前記被測定ガス中の所定ガス成分を測定するガスセンサの制御方法であって、前記検出用ポンプ手段により汲み出す酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにする。

【００５４】

これにより、検出用ポンプ手段において、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解し、分解時に発生した酸素がポンピング処理され、それによって生じるポンプ電流が検出されることで、酸素量に応じた所定ガス成分が測定される。

【００５５】

特に、本発明に係るガスセンサの制御方法においては、前記所定ガス成分の測定時において、前記検出用ポンプ手段により汲み出される酸素を前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにしている。その結果、検出用ポンプ手段を駆動するために、絶縁独立した直流電源を必要としなくなり、絶縁型トランスを用いない非絶縁型電源にて駆動電圧を作成することができる。これは、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化の促進につながる。

【００５６】

そして、前記方法において、検出用濃度測定手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分の分解時に発生した酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を測定し、前記検出用濃度測定手段にて測定された起電力に基づいて前記検出用ポンプ手段でのポンピング処理を調整するようにしてもよい（請求項１１記載の発明）。

【００５７】

また、前記方法において、補助ポンプ手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段の処理空間側に汲み出すようにしてもよい（請求項１２記載の発明）。

【００５８】

次に、請求項１３記載の本発明に係るガスセンサの制御方法は、主ポンプ手段を用いて、外部空間に接する固体電解質にて区画形成された処理空間に導入された前記外部空間からの被測定ガスに含まれる酸素をポンピング処理して、前記処理空間における酸素分圧を測定対象である所定ガス成分が分解され得ない所定の値に制御し、濃度検出手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる前記所定ガス成分を触媒作用及び／又は電気分解により分解し、分解時に発生した酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じて発生する起電力を検出し、前記濃度検出手段にて検出された起電力に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサの制御方法であって、補助ポンプ手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにする。

【００５９】

これにより、前記濃度検出手段において、被測定ガス中に含まれる所定ガス成分の分解によって発生された酸素の量と外側検出電極側のガスに含まれる酸素の量との差に応じた酸素濃淡電池起電力が内側検出電極及び外側検出電極間に発生し、該起電力が電圧検出手段により検出されることで、酸素量に応じた所定ガス成分が測定される。

【００６０】

そして、前記所定ガス成分の測定時において、前記主ポンプ手段にて酸素濃度が所定濃度に粗調整された被測定ガスは、更に補助ポンプ手段によって酸素濃度が微調整されることになる。そのため、濃度検出手段に導かれる所定ガス成分は、前記被測定ガス（主ポンプ手段に導かれる被測定ガス）における酸素の濃度変化の影響を受け難くなり、その結果、

濃度検出手段にて発生する起電力は、前記被測定ガスにおける酸素の濃度変化に影響されず、被測定ガス中に存在する所定ガス成分に正確に対応した値となる。

【００６１】

しかも、本発明においては、補助ポンプ手段を通じて主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにしているため、補助ポンプ手段を駆動するために、絶縁独立した直流電源を必要としなくなり、絶縁型トランスを用いない非絶縁型電源にて駆動電圧を作成することができる。これは、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化の促進につながる。

【００６２】

そして、前記方法において、補助濃度測定手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を測定し、前記補助濃度測定手段にて測定された起電力に基づいて前記補助ポンプ手段でのポンピング処理を調整するようにしてもよい（請求項１４記載の発明）。

【００６３】

また、主ポンプ用濃度測定手段を用いて、前記主ポンプ手段でのポンピング処理時における前記被測定ガスに含まれる酸素の量と基準ガスに含まれる酸素の量との差に応じた起電力を測定し、前記主ポンプ用濃度測定手段にて測定された起電力に基づいて、前記主ポンプ手段でのポンピング処理を調整するようにしてもよい（請求項１５記載の発明）。

【００６４】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係るガスセンサ及びガスセンサの制御方法を例えば車両の排気ガスや大気中に含まれるＮＯ、NO_2 、SO_2 、CO_2 、H_2 Ｏ等のガス成分を測定するガスセンサに適用したいくつかの実施の形態例を図１～図７を参照しながら説明する。

【００６５】

まず、第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａは、図１及び図２に示すように、全体として、長尺な板状体形状に構成されており、ZrO_2 等の酸素イオン伝導性固体電解質を用いたセラミックスよりなる例えば６枚の固体電解質層１０２ａ～１０２ｆが積層されて構成され、下から１層目及び２層目が第１及び第２の基板層１０２ａ及び１０２ｂとされ、下から３層目及び５層目が第１及び第２のスペーサ層１０２ｃ及び１０２ｅとされ、下から４層目及び６層目が第１及び第２の固体電解質層１０２ｄ及び１０２ｆとされている。

【００６６】

具体的には、第２の基板層１０２ｂ上に第１のスペーサ層１０２ｃが積層され、更に、この第１のスペーサ層１０２ｃ上に第１の固体電解質層１０２ｄ、第２のスペーサ層１０２ｅ及び第２の固体電解質層１０２ｆが順次積層されている。

【００６７】

第２の基板層１０２ｂと第１の固体電解質層１０２ｄとの間には、酸化物測定の基準となる基準ガス、例えば大気が導入される空間（基準ガス導入空間）１０４が、第１の固体電解質層１０２ｄの下面、第２の基板層１０２ｂの上面及び第１のスペーサ層１０２ｃの側面によって区画、形成されている。

【００６８】

また、第１及び第２の固体電解質層１０２ｄ及び１０２ｆ間に第２のスペーサ層１０２ｅが挟設されると共に、第１及び第２の拡散律速部１０６及び１０８が挟設されている。

【００６９】

そして、第２の固体電解質層１０２ｆの下面、第１及び第２の拡散律速部１０６及び１０８の側面並びに第１の固体電解質層１０２ｄの上面によって、被測定ガス中の酸素分圧を調整するための第１室１１０が区画、形成され、第２の固体電解質層１０２ｆの下面、第２の拡散律速部１０８の側面、第２のスペーサ層１０２ｅの側面並びに第１の固体電解質層１０２ｄの上面によって、被測定ガス中の酸素分圧を微調整し、更に被測定ガス中の酸

化物、例えば窒素酸化物（ＮＯｘ）を測定するための第２室１１２が区画、形成される。
【００７０】
外部空間と前記第１室１１０は、第１の拡散律速部１０６を介して連通され、第１室１１０と第２室１１２は、前記第２の拡散律速部１０８を介して連通されている。
【００７１】
ここで、前記第１及び第２の拡散律速部１０６及び１０８は、第１室１１０及び第２室１１２にそれぞれ導入される被測定ガスに対して所定の拡散抵抗を付与するものであり、例えば、被測定ガスを導入することができる多孔質材料（例えばZrO_2　等からなる多孔質体）又は所定の断面積を有した小孔からなる通路として形成することができる。また、印刷による多孔質層もしくは空隙層にて構成してもよい。なお、第１及び第２の拡散律速部１０６及び１０８における各拡散抵抗の大小関係は、ここでは問わないが、第２の拡散律速部１０８の拡散抵抗が第１の拡散律速部１０６より大きい方が好ましい。
【００７２】
そして、前記第２の拡散律速部１０８を通じて、第１室１１０内の雰囲気が所定の拡散抵抗の下に第２室１１２内に導入される。
【００７３】
また、前記第２の固体電解質層１０２ｆの下面のうち、前記第１室１１０を形づくる下面全面に、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる内側ポンプ電極１１４が形成され、前記第２の固体電解質層１０２ｆの上面のうち、前記内側ポンプ電極１１４に対応する部分に、外側ポンプ電極１１６が形成されており、これら内側ポンプ電極１１４、外側ポンプ電極１１６並びにこれら両電極１１４及び１１６間に挟まれた第２の固体電解質層１０２ｆにて電気化学的なポンプセル、即ち、主ポンプセル１１８が構成されている。
【００７４】
そして、前記主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４と外側ポンプ電極１１６間に、外部の可変電源１２０を通じて所望の制御電圧（ポンプ電圧）Ｖｐ１を印加して、外側ポンプ電極１１６と内側ポンプ電極１１４間に正方向あるいは負方向にポンプ電流Ｉｐ１を流すことにより、前記第１室１１０内における雰囲気中の酸素を外部空間に汲み出し、あるいは外部空間の酸素を第１室１１０内に汲み入れることができるようになっている。
【００７５】
また、前記第１の固体電解質層１０２ｄの上面のうち、前記第１室１１０を形づくる上面であって、かつ第２の拡散律速部１０８に近接する部分に、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる測定電極１２２が形成され、前記第１の固体電解質層１０２ｄの下面のうち、基準ガス導入空間１０４に露呈する部分に基準電極１２４が形成されており、これら測定電極１２２、基準電極１２４及び第１の固体電解質層１０２ｄによって、電気化学的なセンサセル、即ち、制御用酸素分圧測定セル１２６が構成されている。
【００７６】
この制御用酸素分圧測定セル１２６は、第１室１１０内の雰囲気と基準ガス導入空間１０４内の基準ガス（大気）との間の酸素濃度差に基づいて、測定電極１２２と基準電極１２４との間に発生する起電力を電圧計１２８にて測定することにより、前記第１室１１０内の雰囲気の酸素分圧が検出できるようになっている。
【００７７】
即ち、基準電極１２４及び測定電極１２２間に生じる電圧Ｖ０は、基準ガス導入空間１０４に導入される基準ガスの酸素分圧と、第１室１１０内の被測定ガスの酸素分圧との差に基づいて生じる酸素濃淡電池起電力であり、ネルンストの式として知られる
$V0 = RT / 4F \cdot \ln(P1(O_2) / P0(O_2))$
Ｒ：気体定数
Ｔ：絶対温度
Ｆ：ファラデー数
$P1(O_2)$：第１室１１０内の酸素分圧

Ｐ０（O_2　）：基準ガスの酸素分圧
の関係を有している。そこで、前記ネルンストの式に基づく電圧Ｖ０を電圧計１２８によって測定することで、第１室１１０内の酸素分圧を検出することができる。
【００７８】
前記検出された酸素分圧値は可変電源１２０のポンプ電圧Ｖｐ１をフィードバック制御系１３０を通じて制御するために使用され、具体的には、第１室１１０内の雰囲気の酸素分圧が、次の第２室１１２において酸素分圧の制御を行い得るのに十分な低い所定の値となるように、主ポンプセル１１８のポンプ動作が制御される。
【００７９】
なお、前記主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４及び外側ポンプ電極１１６並びに制御用酸素分圧測定セル１２６における測定電極１２２は、ガスセンサ１００Ａ内に導入された被測定ガス中のＮＯｘ、例えば、ＮＯに対する触媒活性が低い不活性材料により構成される。特に、前記内側ポンプ電極１１４及び測定電極１２２は、多孔質サーメット電極にて構成することができ、この場合、Ｐｔ等の金属とZrO_2　等のセラミックスとから構成されることになるが、被測定ガスに接触する第１室１１０内に配置される内側ポンプ電極１１４及び測定電極１２２は、測定ガス中のＮＯ成分に対する還元能力を弱めた、あるいは還元能力のない材料を用いる必要があり、例えばLa_3　CuO_4　等のペロブスカイト構造を有する化合物、あるいはＡｕ等の触媒活性の低い金属とセラミックスのサーメット、あるいはＡｕ等の触媒活性の低い金属とＰｔ族金属とセラミックスのサーメットで構成されることが好ましい。更に、電極材料にＡｕとＰｔ族金属の合金を用いる場合は、Ａｕ添加量を金属成分全体の０．０３～３５ｖｏｌ％にすることが好ましい。
【００８０】
また、前記第１の固体電解質層１０２ｄの上面のうち、前記第２室１１２を形づくる上面に、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる検出電極１３２が形成されている。そして、該検出電極１３２、前記主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４、第１の固体電解質層１０２ｄ、第２のスペーサ層１０２ｅ及び第２の固体電解質層１０２ｆによって、電気化学的なポンプセル、即ち、検出用ポンプセル１３４が構成される。
【００８１】
前記検出電極１３２は、被測定ガス成分であるＮＯｘを還元し得る金属であるＲｈとセラミックスとしてのジルコニアからなる多孔質サーメットにて構成され、これによって、第２室１１２内の雰囲気中に存在するＮＯｘを還元するＮＯｘ還元触媒として機能するほか、前記内側ポンプ電極１１４との間に、可変電源１３６を通じて検出用電圧Ｖｐ２が印加されることによって、第２室１１２内の雰囲気中の酸素を第１室１１０内に汲み出せるようになっている。この検出用ポンプセル１３４のポンプ動作によって流れるポンプ電流Ｉｐ２は、電流計１３８によって検出されるようになっている。
【００８２】
また、この第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａにおいては、前記検出電極１３２、前記基準電極１２４及び第１の固体電解質層１０２ｄによって、電気化学的なセンサセル、即ち、検出制御用酸素分圧測定セル１４０が構成される。
【００８３】
この検出制御用酸素分圧測定セル１４０は、前記制御用酸素分圧測定セル１２６と同様に、第２室１１２内の雰囲気と基準ガス導入空間１０４内の基準ガス（大気）との間の酸素濃度差に基づいて、検出電極１３２と基準電極１２４との間に発生する起電力Ｖ１を電圧計１４２にて測定することにより、前記第２室１１２内の雰囲気の酸素分圧値が検出できるようになっている。
【００８４】
前記検出された酸素分圧値は可変電源１３６の検出用電圧Ｖｐ２をフィードバック制御系１４４を通じて制御するために使用され、具体的には、前記検出電極１３２によって分解されたＮＯｘから生成された酸素を第２室１１２の外部に十分に汲み出すことができる電圧値となるように制御される。

【００８５】
この場合、第１室１１０における主ポンプセル１１８の働きにより、この第２室１１２内に導入される酸素の量の変化は、被測定ガスの変化よりも大幅に縮小されるため、第２室１１２における酸素分圧は精度よく一定に制御される。
【００８６】
また、この第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａにおいては、第１及び第２の基板層１０２ａ及び１０２ｂにて上下から挟まれた形態において、外部からの給電によって発熱するヒータ１４６が埋設されている。このヒータ１４６は、酸素イオンの伝導性を高めるために設けられるもので、該ヒータ１４６の上下面には、基板層１０２ａ及び１０２ｂとの電気的絶縁を得るために、アルミナ等の絶縁層１４８が形成されている。
【００８７】
前記ヒータ１４６は、図２に示すように、第１室１１０から第２室１１２の全体にわたって配設されており、これによって、第１室１１０及び第２室１１２がそれぞれ所定の温度に加熱され、併せて主ポンプセル１１８、制御用酸素分圧測定セル１２６及び検出用ポンプセル１３４も所定の温度に加熱、保持されるようになっている。
【００８８】
第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａは、基本的には以上のように構成されるものであり、次にその作用効果について説明する。
【００８９】
窒素酸化物の測定に先立ち、当該第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａを第１室１１０内に被測定ガスが導入できる状態に設定する。次いで、ヒータ１４６に通電し、例えばガスセンサ１００Ａにおける第１室１１０の第１及び第２の固体電解質層１０２ｄ及び１０２ｆを７００℃～９００℃に加熱すると共に、第２室１１２の第１及び第２の固体電解質層１０２ｄ及び１０２ｆを４００℃～９００℃に加熱する。ガスセンサ１００Ａをこのような温度状態に加熱することにより、第１及び第２の固体電解質層１０２ｄ及び１０２ｆが所望の状態に活性化されることになる。
【００９０】
次に、前述のように設定したガスセンサ１００Ａに対して被測定ガスを導入することにより、前記被測定ガス中に含まれるＮＯｘ等の酸化物の測定を開始する。
【００９１】
第１の拡散律速部１０６を介して所定の拡散抵抗のもとに第１室１１０内に導入された被測定ガスは、可変電源１２０によって内側ポンプ電極１１４及び外側ポンプ電極１１６間に印加されたポンプ電圧Ｖｐ１によって、その中に含まれる酸素分圧が所定値に制御される。即ち、第１室１１０内の酸素分圧は、制御用酸素分圧測定セル１２６の電圧計１２８によって検出される基準電極１２４及び測定電極１２２間の電圧Ｖ０に基づいて測定することができる。この電圧Ｖ０は、前述したネルンストの式で規定される酸素濃淡電池起電力であり、この電圧Ｖ０が１５０ｍＶ～３５０ｍＶとなるようにフィードバック制御系１３０を通じて可変電源１２０のポンプ電圧Ｖｐ１を制御することで、第１室１１０内の酸素分圧が所定値に制御される。
【００９２】
第１室１１０において所定の酸素分圧に制御された被測定ガスは、第１の拡散律速部１０６よりも拡散抵抗が大きく設定された第２の拡散律速部１０８を介して第２室１１２に導入される。
【００９３】
第２室１１２では、検出電極１３２と内側ポンプ電極１１４との間に当該第２室１１２内の酸素を充分に汲み出すことができるような電圧値に制御された検出用電圧Ｖｐ２が可変電源１３６（起電力Ｖ１によって制御）を通じて印加されており、この検出用電圧Ｖｐ２によって、被測定ガスに含まれるＮＯ、NO_2　等のＮＯｘがＲｈサーメットからなる酸化物分解触媒としての検出電極１３２によって分解されるか、あるいは、検出電極１３２とは別に存在する触媒で分解され、それによって発生した酸素が第２の固体電解質層１０

２ｆを介して第１室１１０側に汲み出される。このとき、酸素イオンの移動によって生じた電流値Ｉｐ２は、電流計１３８によって測定され、この電流値Ｉｐ２から被測定ガス中に含まれる所定の酸化物、例えば、ＮＯ、NO_2　等のＮＯｘの濃度が測定されることになる。

【００９４】

次に、図３を参照しながら前記第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａの制御回路系（以下、単に第１の実施の形態に係る制御回路系と記す）１５０Ａについて説明する。

【００９５】

この第１の実施の形態に係る制御回路系１５０Ａは、図３に示すように、主ポンプ制御回路１５２と検出用ポンプ制御回路１５４を有して構成されている。

【００９６】

主ポンプ制御回路１５２は、測定電極１２２の電位と接地電位との差（測定電圧Ｖａ）と、基準電極１２４の電位と接地電位との差（基準電圧Ｖｂ）との差分をとる第１の比較器１５６と、該第１の比較器１５６の出力Ｖｃと目標電圧Ｖｄ（例えば３００ｍＶ）との差分をとる第２の比較器１５８と、該第２の比較器１５８の出力Ｖｅを所定のゲインにて増幅して外側ポンプ電極１１６にポンプ電圧Ｖｐ１として出力する第１の増幅器１６０を有して構成されている。

【００９７】

前記検出用ポンプ制御回路１５４は、検出電極１３２の電位と接地電位との差（検出電圧Ｖｆ）と、基準電極１２４の電位と接地電位との差（基準電圧Ｖｂ）との差分をとる第３の比較器１６２と、該第３の比較器１６２の出力Ｖｇと目標電圧Ｖｈ（例えば４５０ｍＶ）との差分をとる第４の比較器１６４と、該第４の比較器１６４の出力Ｖｉを所定のゲインにて増幅して検出電極１３２に検出用電圧Ｖｐ２として出力する第２の増幅器１６６を有して構成されている。

【００９８】

前記主ポンプ制御回路１５２を構成する第１の比較器１５６、第２の比較器１５８及び第１の増幅器１６０、並びに検出用ポンプ制御回路１５４を構成する第３の比較器１６２、第４の比較器１６４及び第２の増幅器１６６は、いずれもオペアンプにて構成されており、それぞれ一方の電源端子が直流電源１６８から引き出された＋側電源ラインＬ１あるいは－側電源ラインＬ２に接続され、他方の電源端子が直流電源１６８から引き出されたＧＮＤラインＬｇに接続されている。また、内側ポンプ電極１１４は前記ＧＮＤラインＬｇに接続されている。

【００９９】

これによって、前記主ポンプ制御回路１５２においては、まず、被測定ガスが第１の拡散律速部１０６を通じて第１室１１０に導入され、そのときの測定電圧Ｖａと基準電圧Ｖｂが第１の比較器１５６に供給され、該第１の比較器１５６からは前記測定電圧Ｖａと基準電圧Ｖｂとの差分電圧Ｖｃが出力される。この差分電圧Ｖｃは、後段の第２の比較器１５８の例えば反転端子に印加される。この第２の比較器１５８においては、反転端子に供給される前記差分電圧Ｖｃと非反転端子に供給される目標電圧Ｖｄ（例えば３００ｍＶ）との差分がとられ、その出力端子からは、その差分を示す電圧信号Ｖｅが出力される。そして、この電圧信号Ｖｅは、後段の第１の増幅器１６０にて所定のゲインにて増幅されてポンプ電圧Ｖｐ１として主ポンプセル１１８の外側ポンプ電極１１６に供給される。この場合、内側ポンプ電極１１４はＧＮＤラインＬｇに接続されて接地電位（０Ｖ）とされていることから、結局、主ポンプセル１１８の両電極１１４及び１１６間の電圧は、第１の増幅器１６０からのポンプ電圧Ｖｐ１と等価とされる。

【０１００】

この場合、直流電源１６８は、±の出力を有しており、第１室１１０内の酸素濃度が第１室１１０内の目標酸素濃度よりも低い場合は、外側ポンプ電極１１６に負の電圧が印加され、これによって、外部空間の酸素が第１室１１０内に汲み入れられる。逆に第１室１１０内の酸素濃度が目標酸素濃度よりも高い場合は、外側ポンプ電極１１６に正の電圧が印

加され、これによって、第１室１１０内の酸素が外部空間に汲み出されることになる。

【０１０１】

即ち、主ポンプセル１１８は、第１室１１０に導入された被測定ガスのうち、酸素を前記ポンプ電圧Ｖｐ１のレベルに応じた量ほど汲み出す、あるいは汲み入れ、これらの一連の動作が繰り返されることによって、第１室１１０内における酸素濃度は、所定レベルにフィードバック制御されることになる。

【０１０２】

一方、検出用ポンプ制御回路１５４においては、第１室１１０内の被測定ガスが第２の拡散律速部１０８を通じて第２室１１２に導入され、そのときの検出電圧Ｖｆと基準電圧Ｖｂが第３の比較器１６２に供給され、該第３の比較器１６２からは前記検出電圧Ｖｆと基準電圧Ｖｂとの差分電圧Ｖｇが出力される。この差分電圧Ｖｇは、後段の第４の比較器１６４の例えば反転端子に印加される。この第４の比較器１６４においては、反転端子に供給される前記差分電圧Ｖｇと非反転端子に供給される目標電圧Ｖｈ（例えば４５０ｍＶ）との差分がとられ、その出力端子からは、その差分を示す電圧信号Ｖｉが出力される。そして、この電圧信号Ｖｉは、後段の第２の増幅器１６６にて所定のゲインにて増幅されて検出用電圧Ｖｐ２として検出用ポンプセル１３４の検出電極１３２に供給される。この場合、内側ポンプ電極１１４がＧＮＤラインＬｇに接続されて接地電位（０Ｖ）とされていることから、結局、検出用ポンプセル１３４の両電極１１４及び１３２間の電圧は、第２の増幅器１６６からの検出用電圧Ｖｐ２と等価とされる。

【０１０３】

この場合、第２室１１２内の目標酸素濃度を第１室１１０内の目標酸素濃度よりも低く設定してあるため、検出電極１３２には負の電圧が印加されることになり、これによって、第２室１１２内の酸素は第２の固体電解質層１０２ｆを通じて第１室１１０内に汲み出されることになる。

【０１０４】

このように、前記第１実施の形態に係るガスセンサ１００Ａにおいては、検出用ポンプセル１３４により汲み出す酸素を、主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４及び外側ポンプ電極１１６のうち、直流電源１６８のＧＮＤラインＬｇに接続される内側ポンプ電極１１４側に汲み出す、即ち、第１室１１０内に汲み出すようにしているため、検出用ポンプセル１３４を通じて酸素を汲み出すにあたっては、検出電極１３２に負の電圧が印加されることになる。

【０１０５】

これにより、主ポンプセル１１８における外側ポンプ電極１１６及び内側ポンプ電極１１４間に印加すべきポンプ電圧Ｖｐ１の電源と、検出用ポンプセル１３４における検出電極１３２と内側ポンプ電極１１４間に印加すべき検出用電圧Ｖｐ２の電源の各基準ライン（ＧＮＤラインＬｇ）を共通にすることが可能となる。

【０１０６】

その結果、検出用ポンプセル１３４を駆動するために、絶縁独立した直流電源（絶縁型電源）を別途必要としなくなり、絶縁型変圧器を用いない非絶縁型電源にて前記検出用電圧Ｖｐ２を作成することができる。これは、ガスセンサ１００Ａの制御回路系１５０Ａの小型化、軽量化の促進、ひいてはガスセンサ１００Ａ自体の小型化、軽量化の促進につながる。

【０１０７】

特に、前記第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａにおいては、主ポンプセル１１８における電位的に基準となる電極と、検出用ポンプセル１３４における電位的に基準となる電極を、共に内側ポンプ電極１１４として共通化したので、該内側ポンプ電極１１４を本例のように、ＧＮＤラインＬｇに接続することにより、検出用ポンプセル１３４を駆動するための電源として、半導体部品を用いた非絶縁型電源を使用することが可能となる。

【０１０８】

つまり、従来では、図１０に示すように、直流電源あるいは直流電源につながるＤＣ－Ｄ

Ｃコンバータを制御回路（ポンプ制御回路５２）及び電源電圧生成回路（電圧Ｅ１及びＥ２の生成回路）の数分だけ揃える必要があったが、この第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａにおいては、制御回路（主ポンプ制御回路１５２及び検出用ポンプ制御回路１５４）の数よりも少ない数の直流電源１６８あるいはＤＣ－ＤＣコンバータを揃えればよく、特に、１つの直流電源１６８のみ、あるいは１つの直流電源１６８につながる１つのＤＣ－ＤＣコンバータのみを揃えるだけで、各制御回路（１５２、１５４）への電源供給を行わせることが可能となる。

【０１０９】

次に、図４を参照しながら第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａの変形例について説明する。なお、図２と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【０１１０】

この変形例に係るガスセンサ１００Ａａは、図４に示すように、前記第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａ（図２参照）とほぼ同様の構成を有するが、主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４が制御用酸素分圧測定セル１２６における測定電極１２２（図２参照）を兼用している点で異なる。従って、この変形例に係るガスセンサ１００Ａａにおいては前記測定電極１２２は存在しない。

【０１１１】

この変形例に係るガスセンサ１００Ａａの動作を説明すると、まず、被測定ガスが第１室１１０内に導入され、そのときの主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４と基準ガス導入空間１０４側に形成された基準電極１２４との間の両端電圧Ｖ０が電圧計１２８によって測定され、この測定電圧Ｖ０に基づいて可変電源１２０がフィードバック制御される。これによって、第１室１１０内の雰囲気の酸素分圧が、次の第２室１１２において酸素分圧の制御を行い得るのに十分な低い所定の値となるように、主ポンプセル１１８のポンプ動作が制御される。

【０１１２】

この場合、制御用酸素分圧測定セル１２６の電圧計１２８にて検出される測定電圧Ｖ０を内側ポンプ電極１１４と基準電極１２４との間の両端電圧Ｖ０としている。そのため、主ポンプセル１１８による酸素の汲み出し量が変化して、第１室１１０内における雰囲気の酸素濃度が変化すると、主ポンプセル１１８の内側ポンプ電極１１４と基準電極１２４間の両端電圧Ｖ０が時間遅れなく変化するため、可変電源１２０に対するフィードバック制御系１３０は、発振現象を生じることなく、高精度に第１室１１０内の酸素濃度を制御することができる。

【０１１３】

この変形例に係るガスセンサ１００Ａａにおいては、（内側ポンプ電極１１４と第２の固体電解質層１０２ｆ間の界面抵抗）×（主ポンプセル１１８に流れるポンプ電流Ｉｐ１）が前記制御用酸素分圧測定セル１２６での起電力測定の誤差となるため、図３に示す主ポンプ制御回路１５２の第２の比較器１５８において、第１の比較器１５６からの出力Ｖｃと比較すべき目標電圧Ｖｄを、前記誤差分を考慮した目標電圧値に補正することが望ましい。

【０１１４】

次に、図５を参照しながら第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂについて説明する。なお、図２と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【０１１５】

この第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂは、図５に示すように、前記第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａ（図２参照）とほぼ同様の構成を有するが、補助ポンプセル１７０と補助用酸素分圧測定セル１７２が設けられている点で異なる。

【０１１６】

この補助ポンプセル１７０は、第２の固体電解質層１０２ｆの下面のうち、第２室１１２を形づくる下面全面に形成された平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる補助ポ

ンプ電極１７４と、前記主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４と、第２の固体電解質層１０２ｆにて構成されている。

【０１１７】

前記補助ポンプ電極１７４は、前記主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４と同様に、被測定ガス中のＮＯ成分に対する還元能力を弱めた、あるいは還元能力のない材料を用いている。この場合、例えばLa_3CuO_4等のペロブスカイト構造を有する化合物、あるいはＡｕ等の触媒活性の低い金属とセラミックスのサーメット、あるいはＡｕ等の触媒活性の低い金属とＰｔ族金属とセラミックスのサーメットで構成されることが好ましい。更に、電極材料にＡｕとＰｔ族金属の合金を用いる場合は、Ａｕ添加量を金属成分全体の０．０３～３５ｖｏｌ％にすることが好ましい。

【０１１８】

そして、前記補助ポンプセル１７０における補助ポンプ電極１７４と内側ポンプ電極１１４間に、可変電源１７６を通じて補助ポンプ電圧Ｖｐ３を印加することにより、第２室１１２内の雰囲気中の酸素を第１室１１０側に汲み出せるようになっている。

【０１１９】

また、補助用酸素分圧測定セル１７２は、前記補助ポンプ電極１７４及び前記基準電極１２４並びに第２の固体電解質層１０２ｆ、第２のスペーサ層１０２ｅ及び第１の固体電解質層１０２ｄにて構成されている。

【０１２０】

前記補助用酸素分圧測定セル１７２は、前記制御用酸素分圧測定セル１２６と同様に、第２室１１２内の雰囲気と基準ガス導入空間１０４内の基準ガス（大気）との間の酸素濃度差に基づいて、補助ポンプ電極１７４と基準電極１２４との間に発生する起電力Ｖ２を電圧計１７８にて測定することにより、前記第２室１１２内の雰囲気の酸素分圧が検出できるようになっている。

【０１２１】

前記検出された酸素分圧値は可変電源１７６の補助ポンプ電圧Ｖｐ３をフィードバック制御系１８０を通じて制御するために使用され、第２室１１２内の雰囲気の酸素分圧が、実質的に被測定ガス成分（ＮＯｘ）が還元又は分解され得ない状況下で、かつ目的成分量の測定に実質的に影響がない低い酸素分圧値となるように制御される。具体的には、前記可変電源１７６は、補助ポンプセル１７０で分解時に生成した酸素のポンピングに対して限界電流を与える大きさの電圧値に制御される。この場合、補助ポンプセル１７０による酸素の汲み出し量が変化して、第２室１１２内における雰囲気の酸素濃度が変化すると、補助ポンプ電極１７４と基準電極１２４間の両端電圧Ｖ２が時間遅れなく変化するため、可変電源１７６に対するフィードバック制御系１８０は、発振現象を生じることなく、高精度に第２室１１２内の酸素濃度を制御することができる。

【０１２２】

ところで、前記主ポンプセル１１８を動作させて第１室１１０内の雰囲気の酸素分圧をＮＯｘ測定に実質的に影響がない低い酸素分圧値に制御しようとしたとき、換言すれば、制御用酸素分圧測定セル１２６にて検出される電圧Ｖ０が一定となるように、フィードバック制御系１３０を通じて可変電源１２０のポンプ電圧Ｖｐ１を調整したとき、被測定ガス中の酸素濃度が大きく、例えば０～２０％に変化すると、通常、第２室１１２内の雰囲気及び検出電極１３２付近の雰囲気の各酸素分圧は、僅かに変化するようになる。これは、被測定ガス中の酸素濃度が高くなると、測定電極１２２上の第１室１１０の幅方向及び厚み方向に酸素濃度分布が生じ、この酸素濃度分布が被測定ガス中の酸素濃度により変化するためであると考えられる。

【０１２３】

しかし、この第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂにおいては、第２室１１２に対して、その内部の雰囲気の酸素分圧を常に一定に低い酸素分圧値となるように、補助ポンプセル１７０を設けるようにしているため、第１室１１０から第２室１１２に導入される雰囲気の酸素分圧が被測定ガスの酸素濃度に応じて変化しても、前記補助ポンプセル１７

０のポンプ動作によって、第２室１１２内における雰囲気の酸素分圧を常に一定の低い値とすることができ、その結果、ＮＯｘの測定に実質的に影響がない低い酸素分圧値に制御することができる。

【０１２４】

そして、検出電極１３２に導入された被測定ガスのＮＯｘは、該検出電極１３２の周りにおいて還元又は分解されて、例えばＮＯ→１／２Ｎ$_2$　＋１／２Ｏ$_2$　の反応が引き起こされる。このとき、検出用ポンプセル１３４を構成する検出電極１３２と内側ポンプ電極１１４との間には、酸素が第２室１１２から第１室１１０側に汲み出される方向に、所定の電圧Ｖｐ２、例えば４３０ｍＶ（７００℃）が印加される。

【０１２５】

従って、検出用ポンプセル１３４に流れるポンプ電流Ｉｐ２は、第２室１１２に導かれる雰囲気中の酸素濃度、即ち、第２室１１２内の酸素濃度と検出電極１３２にてＮＯｘが還元又は分解されて発生した酸素濃度との和に比例した値となる。

【０１２６】

この場合、第２室１１２内の雰囲気中の酸素濃度は、補助ポンプセル１７０にて一定に制御されていることから、前記検出用ポンプセル１３４に流れるポンプ電流Ｉｐ２は、ＮＯｘの濃度に比例することになる。この場合、検出電極１３２を被覆するように、第３の拡散律速部を構成するアルミナ膜（図示せず）を形成すれば、このＮＯｘの濃度は、第３の拡散律速部にて制限されるＮＯｘの拡散量に対応することになり、被測定ガスの酸素濃度が大きく変化したとしても、検出用ポンプセル１３４から電流計１３８を通じて正確にＮＯｘ濃度を測定することが可能となる。

【０１２７】

例えば、補助ポンプセル１７０にて制御された第２室１１２内の雰囲気の酸素分圧が０．０２ｐｐｍで、被測定ガス中のＮＯｘ成分たるＮＯ濃度が１００ｐｐｍとすると、ＮＯが還元又は分解されて発生する酸素濃度５０ｐｐｍと第２室１１２内の雰囲気中の酸素濃度０．０２ｐｐｍとの和（＝５０．０２ｐｐｍ）に相当するポンプ電流Ｉｐ２が流れることとなる。従って、検出用ポンプセル１３４におけるポンプ電流値Ｉｐ２は、ほとんどがＮＯが還元又は分解された量を表し、そのため、被測定ガス中の酸素濃度に依存するようなこともない。

【０１２８】

次に、図６を参照しながら前記第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂの制御回路系（以下、単に第２の実施の形態に係る制御回路系）１５０Ｂについて説明する。なお、図３と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【０１２９】

この第２の実施の形態に係る制御回路系１５０Ｂは、図６に示すように、前記第１の実施の形態に係る制御回路系１５０Ａ（図３参照）とほぼ同様の構成を有するが、前記補助ポンプセル１７０が付加されたことに伴って、主ポンプ制御回路１５２と検出用ポンプ制御回路１５４との間に、前記補助ポンプセル１７０を制御するための補助ポンプ制御回路１８２が挿入接続されている点で異なる。

【０１３０】

この補助ポンプ制御回路１８２は、図６に示すように、補助ポンプ電極１７４の電位と接地電位との差（検出電圧Ｖｊ）と、基準電極１２４の電位と接地電位との差（基準電圧Ｖｂ）との差分をとる第５の比較器１８４と、該第５の比較器１８４の出力Ｖｋと目標電圧Ｖｍ（例えば４５０ｍＶ）との差分をとる第６の比較器１８６と、該第６の比較器１８６の出力Ｖｎを所定のゲインにて増幅して補助ポンプ電極１７４に補助ポンプ電圧Ｖｐ３として出力する第３の増幅器１８８を有して構成されている。

【０１３１】

前記第５の比較器１８４、第６の比較器１８６並びに第３の増幅器１８８は、前記主ポンプ制御回路１５２を構成する第１の比較器１５６、第２の比較器１５８及び第１の増幅器１６０、並びに検出用ポンプ制御回路１５４を構成する第３の比較器１６２、第４の比較

器１６４及び第２の増幅器１６６と同様に、それぞれオペアンプにて構成されており、一方の電源端子が直流電源１６８から引き出された＋側電源ラインＬ１あるいは－側電源ラインＬ２に接続され、他方の電源端子が直流電源１６８から引き出されたＧＮＤラインＬｇに接続されている。この場合も、内側ポンプ電極１１４は前記ＧＮＤラインＬｇに接続されている。

【０１３２】

これにより、前記補助ポンプ制御回路１８２においては、第１室１１０内の被測定ガスが第２の拡散律速部１０８を通じて第２室１１２に導入され、そのときの検出電圧Ｖｊと基準電圧Ｖｂが第５の比較器１８４に供給され、該第５の比較器１８４からは前記検出電圧Ｖｊと基準電圧Ｖｂとの差分電圧Ｖｋが出力される。この差分電圧Ｖｋは、後段の第６の比較器１８６の例えば反転端子に印加される。この第６の比較器１８６においては、反転端子に供給される前記差分電圧Ｖｋと非反転端子に供給される目標電圧Ｖｍ（例えば４５０ｍＶ）との差分がとられ、その出力端子からは、その差分を示す電圧信号Ｖｎが出力される。そして、この電圧信号Ｖｎは、後段の第３の増幅器１８８にて所定のゲインで増幅されて補助ポンプ電圧Ｖｐ３として補助ポンプセル１７０の補助ポンプ電極１７４に供給される。この場合、内側ポンプ電極１１４がＧＮＤラインＬｇに接続されて接地電位（０Ｖ）とされていることから、結局、補助ポンプセル１７０の両電極１１４及び１７４間の電圧は、第３の増幅器１８８からの補助ポンプ電圧Ｖｐ３と等価とされる。

【０１３３】

この場合、第２室１１２内の目標酸素濃度を第１室１１０内の目標酸素濃度よりも低く設定してあるため、補助ポンプ電極１７４には負の電圧が印加されることになり、これによって、第２室１１２内の酸素は第２の固体電解質層１０２ｆを通じて第１室１１０内に汲み出されることになる。

【０１３４】

即ち、補助ポンプセル１７０は、第２室１１２に導入された被測定ガスのうち、酸素を前記補助ポンプ電圧Ｖｐ３のレベルに応じた量ほど第１室１１０に汲み出し、これらの一連の動作が繰り返されることによって、第２室１１２における酸素濃度は、所定レベルにフィードバック制御されることになる。

【０１３５】

このように、前記第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂにおいては、検出用ポンプセル１３４及び補助ポンプセル１７０により汲み出す酸素を、直流電源１６８のＧＮＤラインＬｇに接続される内側ポンプ電極１１４側に汲み出すようにしているため、検出用ポンプセル１３４及び補助ポンプセル１７０を通じて酸素を汲み出すにあたっては、検出電極１３２及び補助ポンプ電極１７４にそれぞれ負の電圧が印加されることになる。

【０１３６】

これにより、主ポンプセル１１８における外側ポンプ電極１１６及び内側ポンプ電極１１４間に印加すべきポンプ電圧Ｖｐ１の電源と、検出用ポンプセル１３４における検出電極１３２と内側ポンプ電極１１４間に印加すべき検出用電圧Ｖｐ２の電源と、補助ポンプセル１７０における補助ポンプ電極１７４と内側ポンプ電極１１４間に印加すべき補助ポンプ電圧Ｖｐ３の電源の各基準ライン（ＧＮＤラインＬｇ）を共通にすることが可能となる。

【０１３７】

その結果、検出用ポンプセル１３４及び補助ポンプセル１７０を駆動するために、それぞれ絶縁独立した直流電源（絶縁型電源）を別途必要としなくなり、絶縁型変圧器を用いない非絶縁型電源にて前記検出用電圧Ｖｐ２及び補助ポンプ電圧Ｖｐ３を作成することができる。これは、ガスセンサ１００Ｂの制御回路系１５０Ｂの小型化、軽量化の促進、ひいてはガスセンサ１００Ｂ自体の小型化、軽量化の促進につながる。

【０１３８】

特に、前記第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂにおいては、主ポンプセル１１８を構成する電位的に基準となる電極と、検出用ポンプセル１３４を構成する電位的に基準

となる電極と、補助ポンプセル１７０を構成する電位的に基準となる電極を、共に内側ポンプ電極１１４として共通化したので、該内側ポンプ電極１１４を本例のように、ＧＮＤラインＬｇに接続することにより、検出用ポンプセル１３４及び補助ポンプセル１７０を駆動するための各電源として、それぞれ半導体部品を用いた非絶縁型電源を使用することが可能となる。

【０１３９】

これにより、第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂにおいては、制御回路（主ポンプ制御回路１５２、検出用ポンプ制御回路１５４及び補助ポンプ制御回路１８２）の数よりも少ない数の直流電源１６８あるいはＤＣ－ＤＣコンバータを揃えればよく、特に、１つの直流電源１６８のみ、あるいは１つの直流電源１６８につながる１つのＤＣ－ＤＣコンバータのみを揃えるだけで、各制御回路（１５２、１５４及び１８２）への電源供給を行わせることが可能となる。

【０１４０】

また、前記第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂにおいても、前記第１の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａの変形例１００Ａａと同様に、主ポンプセル１１８における内側ポンプ電極１１４を制御用酸素分圧測定セル１２６における測定電極１２２（図５参照）として兼用させるようにしてもよい。

【０１４１】

次に、図７を参照しながら第３の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｃについて説明する。なお、図５と対応するものについては同符号を付してその重複説明を省略する。

【０１４２】

この第３の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｃは、図７に示すように、前記第２の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｂとほぼ同じ構成を有するが、ＮＯｘを検出する電気化学的センサセルとして、前記検出用ポンプセル１３４の代わりに検出用酸素分圧測定セル１９０を用いている点で異なる。

【０１４３】

この検出用酸素分圧測定セル１９０は、第１の固体電解質層１０２ｄの上面のうち、前記第２室１１２を形づくる上面に形成された検出電極１９２と、前記第１の固体電解質層１０２ｄの下面に形成された前記基準電極１２４と、前記第１の固体電解質層１０２ｄによって構成されている。

【０１４４】

この場合、検出用酸素分圧測定セル１９０における検出電極１９２と基準電極１２４との間に、該検出電極１９２の周りの雰囲気と基準電極１２４の周りの雰囲気との間の酸素濃度差に応じた起電力（酸素濃淡電池起電力）Ｖ１が発生することとなる。

【０１４５】

従って、前記検出電極１９２及び基準電極１２４間に発生する起電力（電圧）Ｖ１を電圧計１９４にて測定することにより、検出電極１９２の周りの雰囲気の酸素分圧、換言すれば、被測定ガス成分（ＮＯｘ）の還元又は分解によって発生する酸素によって規定される酸素分圧が電圧値Ｖ１として検出される。

【０１４６】

そして、この起電力Ｖ１の変化の度合いが、ＮＯｘ濃度を表すことになる。つまり、前記検出電極１９２と基準電極１２４と第１の固体電解質層１０２ｄとから構成される検出用酸素分圧測定セル１９０から出力される起電力Ｖ１が、被測定ガス中のＮＯｘ濃度を表すことになる。

【０１４７】

この第３の実施の形態に係るガスセンサ１００Ｃにおいても、補助ポンプセル１７０により汲み出す酸素を、直流電源１６８のＧＮＤラインＬｇに接続される内側ポンプ電極１１４側に汲み出すようにしているため、主ポンプセル１１８に供給すべきポンプ電圧Ｖｐ１の電源と、補助ポンプセル１７０に供給すべき補助ポンプ電圧Ｖｐ３の電源の各基準ライン（ＧＮＤラインＬｇ）を共通にすることが可能となる。

【０１４８】
その結果、補助ポンプセル１７０を駆動するために、絶縁独立した直流電源（絶縁型電源）を別途必要としなくなり、絶縁型変圧器を用いない非絶縁型電源にて前記補助ポンプ電圧Ｖｐ３を作成することができる。これは、ガスセンサ１００Ｃの制御回路系の小型化、軽量化の促進、ひいてはガスセンサ１００Ｃ自体の小型化、軽量化の促進につながる。
【０１４９】
ところで、前記第１～第３の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａ～１００Ｃにおいては、主ポンプセル１１８の内側ポンプ電極１１４にＧＮＤラインＬｇを接続するようにしたが、該ＧＮＤラインＬｇを主ポンプセル１１８の外側ポンプ電極１１６に接続するようにしてもよい。ヒータ１４６の負側リードを外側ポンプ電極１１６に接続しておけば、ヒータ１４６のＧＮＤとも共通化させることができ、配線の簡略化を図ることができる。
【０１５０】
この場合、内側ポンプ電極１１４に負の電圧が印加されることによって、第１室１１０内の酸素が外部空間に汲み出され、内側ポンプ電極１１４に正の電圧が印加されることによって外部空間の酸素が第１室１１０内に汲み入れられることになる。
【０１５１】
そして、第２室１１２からは検出用ポンプセル１３４（及び補助ポンプセル１７０）を通じて外側ポンプ電極１１６側に酸素が汲み出されることになり、検出電極１３２には負の電圧が印加されることになる。
【０１５２】
通常、ヒータ１４６と基板層１０２ａ及び１０２ｂとの電気的絶縁を図るために形成される絶縁層１４８の絶縁抵抗は、高温状態で数ＭΩ程度となる。この場合、内側ポンプ電極１１４にＧＮＤラインＬｇを接続した場合においては、例えば１２Ｖのヒータ電源を用いると、ヒータ１４６から数μＡ程度のリーク電流が内側ポンプ電極１１４に流れることになる。酸素イオン伝導体である第１及び第２の固体電解質層１０２ｄ及び１０２ｆにリーク電流が流れると、酸素の移動が生じ、第１室１１０内の酸素濃度はリーク電流の大小によって影響を受けることになる。
【０１５３】
一方、外側ポンプ電極１１６にＧＮＤラインＬｇを接続した場合においては、前記リーク電流が外側ポンプ電極１１６に流れることになり、この場合、酸素の移動が生じても第１室１１０内の酸素濃度に影響を及ぼすことはない。
【０１５４】
また、内側ポンプ電極１１４は第１室１１０内に配設されているため、第２室１１２内の酸素を検出用ポンプセル１３４及び補助ポンプセル１７０を通じて内側ポンプ電極１１４側に汲み出した場合、その酸素分を再度主ポンプセル１１８で外部空間に汲み出す必要がある。
【０１５５】
これに対して、第２室１１２内の酸素を外側ポンプ電極１１６側に汲み出すようにすれば、外部空間における被測定ガスがO_2　のリッチ雰囲気の場合において、再度主ポンプセル１１８にてポンピングする必要がなくなるという利点を有する。
【０１５６】
なお、直流電源１６８としては、該直流電源１６８から引き出されるＧＮＤラインＬｇ、＋側電源ラインＬ１及び－側電源ラインＬ２を通じて、それぞれ０Ｖ、＋５Ｖ及び－５Ｖが現れるようにしてもよいし、バッテリー電圧（０～１２Ｖ）を中点で分割し、６Ｖ（信号上の接地電位）、１２Ｖ（＋電源電圧）及び０Ｖ（－電源電圧）として使用するようにしてもよい。
【０１５７】
上述した第１～第３の実施の形態に係るガスセンサ１００Ａ～１００Ｃ（変形例を含む）においては、被測定ガス成分としてＮＯｘが対象とされているが、被測定ガス中に存在する酸素の影響を受けるＮＯｘ以外の結合酸素含有ガス成分、例えばH_2　ＯやCO_2　等

の測定にも有効に適用することができる。

【０１５８】

なお、この発明に係るガスセンサ及びガスセンサの制御方法は、上述の実施の形態に限らず、この発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

【０１５９】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るガスセンサによれば、検出用ポンプ手段のポンピング処理によって該検出用ポンプ手段に流れるポンプ電流に基づいて前記被測定ガス中の所定ガス成分を測定するガスセンサにおいて、前記検出用ポンプ手段により汲み出す酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにしており、また、濃度検出手段にて検出された起電力に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサにおいて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガス中に含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出す補助ポンプ手段を設けるようにしている。

【０１６０】

このため、複数の直流電源における基準電位のライン（例えばＧＮＤライン）を共通にすることができ、絶縁独立した直流電源（絶縁型電源）の個数を最小限にとどめることが可能で、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化を促進させることができるという効果が達成される。

【０１６１】

また、本発明に係るガスセンサの制御方法によれば、検出用ポンプ手段のポンピング処理によって該検出用ポンプ手段に流れるポンプ電流に基づいて被測定ガス中の所定ガス成分を測定するガスセンサの制御方法において、前記検出用ポンプ手段により汲み出す酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにしており、また、濃度検出手段にて検出された起電力に基づいて前記被測定ガス中の前記所定ガス成分を測定するガスセンサの制御方法であって、補助ポンプ手段を用いて、前記主ポンプ手段にてポンピング処理された後の被測定ガスに含まれる酸素を、前記主ポンプ手段のベース電位に固定される電極側に汲み出すようにしている。

【０１６２】

このため、複数の直流電源における基準電位のライン（例えばＧＮＤライン）を共通にすることができ、絶縁独立した直流電源（絶縁型電源）の個数を最小限にとどめることが可能で、ガスセンサの制御回路系の小型化、軽量化を促進させることができるという効果が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図１】第１の実施の形態に係るガスセンサを示す平面図である。

【図２】第１の実施の形態に係るガスセンサを示す断面図（図１におけるＡ－Ａ線上の断面図）である。

【図３】第１の実施の形態に係る制御回路系を示す回路図である。

【図４】第１の実施の形態に係るガスセンサの変形例を示す断面図である。

【図５】第２の実施の形態に係るガスセンサを示す断面図である。

【図６】第２の実施の形態に係る制御回路系を示す回路図である。

【図７】第３の実施の形態に係るガスセンサを示す断面図である。

【図８】従来例に係るガスセンサを示す断面図である。

【図９】提案例に係るガスセンサを示す断面図である。

【図１０】提案例に係るガスセンサの制御回路系を示す回路図である。

【図１１】互いに絶縁独立した直流電源の一例を示す回路図である。

【符号の説明】

１００Ａ、１００Ａａ、１００Ｂ、１００Ｃ…ガスセンサ

１０４…基準ガス導入空間　　１０６…第１の拡散律速部

１０８…第２の拡散律速部　　１１０…第１室

１１２…第２室　　１１４…内側ポンプ電極
１１６…外側ポンプ電極　　１１８…主ポンプセル
１２０、１３６、１７６…可変電源　　１２２…測定電極
１２４…基準電極　　１２６…制御用酸素分圧測定セル
１３２…検出電極　　１３４…検出用ポンプセル
１４０…測定制御用酸素分圧測定セル　　１４６…ヒータ
１５０Ａ、１５０Ｂ…制御回路系　　１５２…主ポンプ制御回路
１５４…検出用ポンプ制御回路　　１７０…補助ポンプセル
１７２…補助用酸素分圧測定セル　　１７４…補助ポンプ電極
１８２…補助ポンプ制御回路　　１９０…検出用酸素分圧測定セル

【図１】

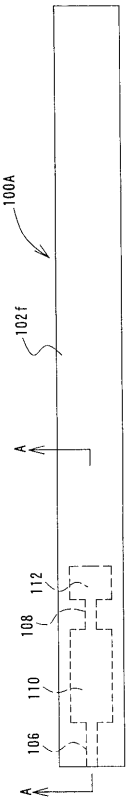


FIG. 1

【図２】

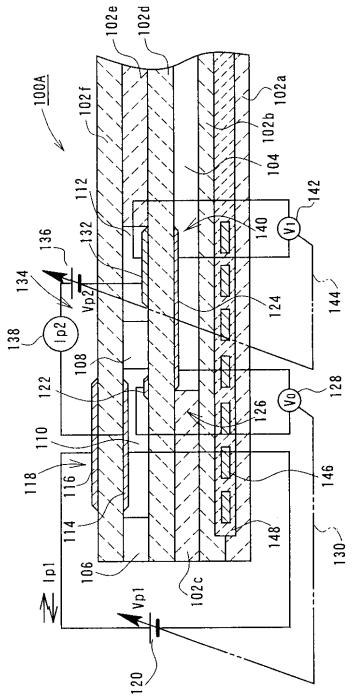
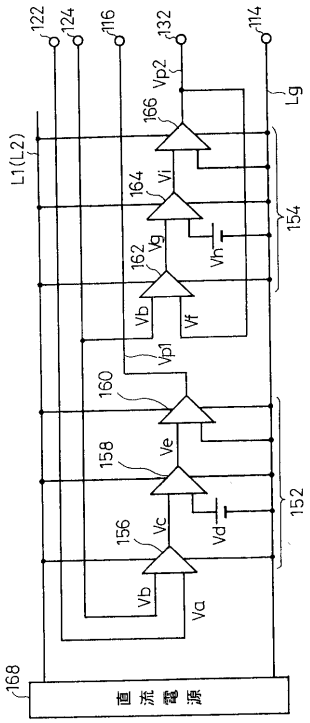


FIG. 2

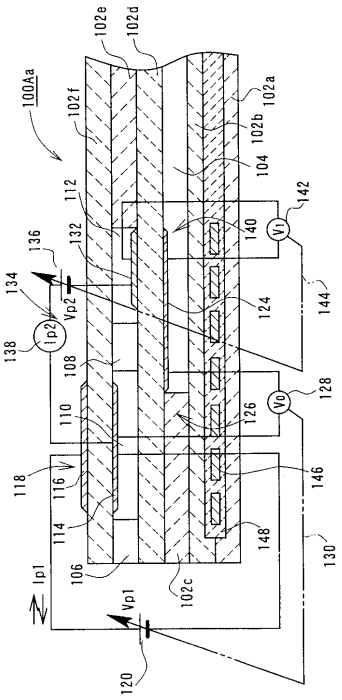
【図３】

FIG. 3



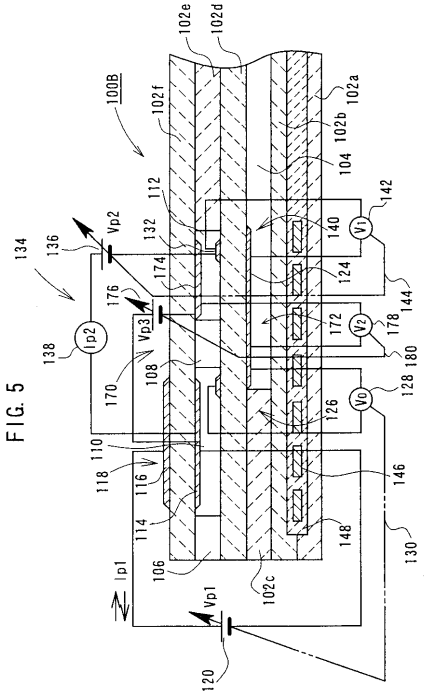
【図４】

FIG. 4



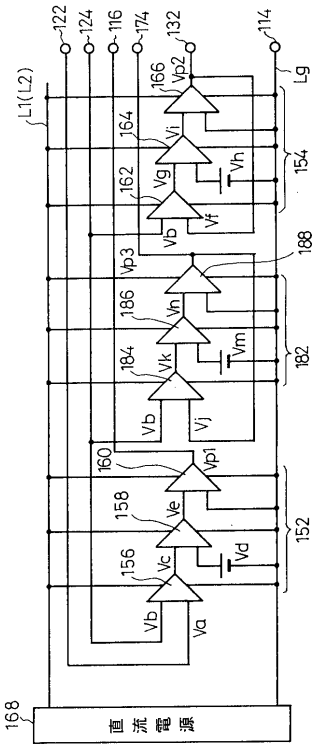
【図５】

FIG. 5



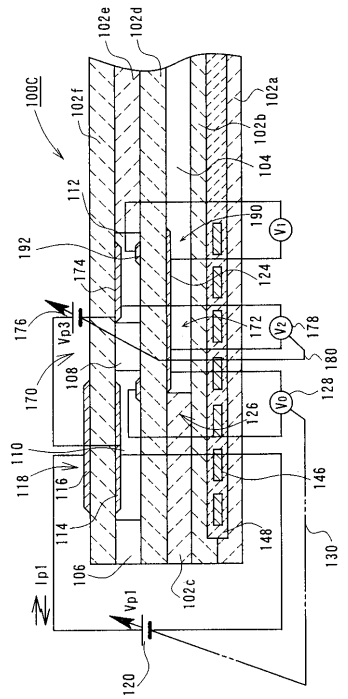
【図６】

FIG. 6



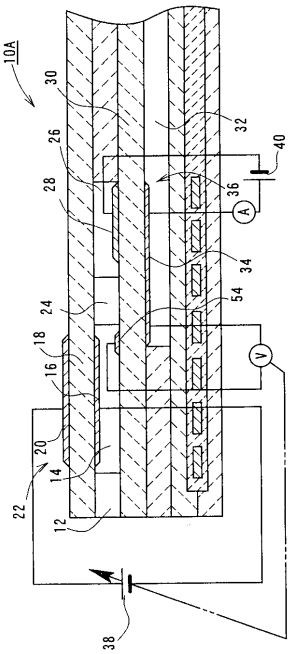
【図７】

FIG. 7



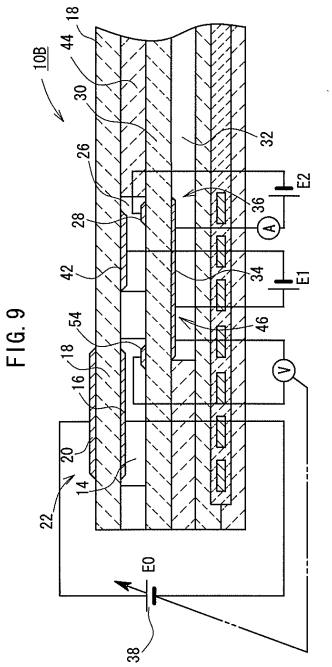
【図８】

FIG. 8



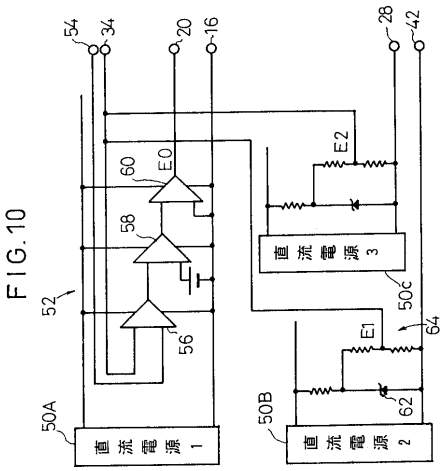
【図９】

FIG. 9



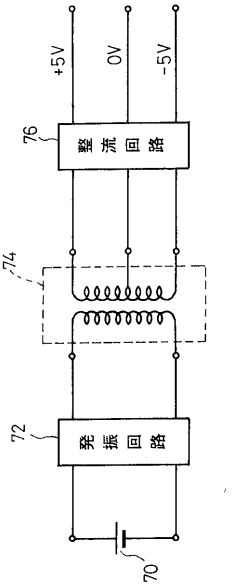
【図１０】

FIG. 10



【図１１】

FIG.11



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－２７１４７６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２４９８２２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９６／１４５７５（WO，Ａ１）
国際公開第９６／２０４００（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01N 27/416
G01N 27/419
JICSTファイル(JOIS)