(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3829026号
(P3829026)
(45)発行日　平成18年10月4日(2006.10.4)　(24)登録日　平成18年7月14日(2006.7.14)

(51)Int.Cl.		F I		
G01N 27/409	(2006.01)	G01N	27/58	B
G01N 27/416	(2006.01)	G01N	27/46	331
G01N 27/419	(2006.01)	G01N	27/46	327H

請求項の数 7　(全 21 頁)

(21)出願番号　特願平11-111242
(22)出願日　平成11年4月19日(1999.4.19)
(65)公開番号　特開2000-304719(P2000-304719A)
(43)公開日　平成12年11月2日(2000.11.2)
審査請求日　平成17年1月28日(2005.1.28)

(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　生駒　信和
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガスセンサ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
導入された被測定ガスのうちの所定ガス成分を測定するセンサ素子と、該センサ素子を取り囲むように配置された保護カバーを有するガスセンサにおいて、
前記保護カバーは、前記センサ素子の少なくとも先端部を覆う内側保護カバーと、
前記内側保護カバーを覆う外側保護カバーと、
前記内側保護カバーと前記外側保護カバーとの間に設置された中間保護カバーとを具備し、
前記内側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記センサ素子に対向する位置に形成された内側ガス導入孔と、底部に形成された内側ガス排出孔とを有し、
前記外側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔に対向しない位置に外側ガス導入孔を有し、
前記中間保護カバーは、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔と前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔に対向しない位置に中間ガス導入孔を有する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、
前記外側ガス導入孔と前記中間ガス導入孔の軸方向における最近接間隔と、前記中間ガス導入孔と前記内側ガス導入孔の軸方向における最近接間隔との合計が、少なくとも１０ｍｍ以上であることを特徴とするガスセンサ。

【請求項３】
請求項１又は２記載のガスセンサにおいて、
前記外側保護カバーと前記中間保護カバーとの径方向の間、並びに前記外側保護カバーと前記内側保護カバーとの径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を有することを特徴とするガスセンサ。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか１項に記載のガスセンサにおいて、
前記中間保護カバーは、筒状に形成され、その前部に前記内側保護カバーを挿通する開口が形成され、後部に前記外側保護カバーの内壁に当接するフランジ部を有することを特徴とするガスセンサ。
【請求項５】
請求項１～４のいずれか１項に記載のガスセンサにおいて、
前記中間保護カバーは、有底筒状に形成され、その底部に中間ガス排出孔が形成されていることを特徴とするガスセンサ。
【請求項６】
請求項１～５のいずれか１項に記載のガスセンサにおいて、
前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔の一部は、該外側保護カバーの側面のうち、前記内側ガス排出孔あるいは中間ガス排出孔と外側保護カバーの底部との間に設けられていることを特徴とするガスセンサ。
【請求項７】
請求項４～６のいずれか１項に記載のガスセンサにおいて、
前記中間保護カバーにおけるフランジ部に前記中間ガス導入孔が形成されていることを特徴とするガスセンサ。
【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に関し、特に、センサ素子を取り囲むように配置された保護カバーを有するガスセンサに関する。
【０００２】
【従来の技術】
現在、酸素イオン伝導体を用いた酸素センサ、ＮＯｘセンサ（特開平８－２７１４７６号公報参照）、ＨＣセンサ（特開平８－２４７９９５号公報参照）、プロトンイオン伝導体を用いた水素センサ、H_2Oセンサ、あるいはSnO_2やTiO_2等の酸化物半導体を用いた酸素センサや各種ガスセンサなど、様々なガスセンサが提案され、実用化されている。
【０００３】
これらのガスセンサのうち、ZrO_2を用いた酸素センサやTiO_2を用いた酸素センサは、自動車の排気ガス環境下においても安定した性能を保つことから、広く自動車の排気ガス中の酸素濃度制御あるいはＡ／Ｆ制御用として用いられている。また、ZrO_2を用いたＮＯｘセンサも自動車のＮＯｘ制御用として実用段階に入っている。
【０００４】
そして、内燃機関の排気管に取り付けられる酸素センサとしては、特開平１－１６９３５０号公報に示されるように、センサ素子部の周囲に排ガスの流れを均一にするようにした保護カバーや、エンジンの始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を防止するようにした保護カバーが知られている。また、二重構造の保護カバーを取り付けた酸素センサとしては、米国特許第４５９７８５０号公報、米国特許第４６８３０４９号公報に示されるものが公知になっている。
【０００５】
これらの従来の保護カバーのうち、水掛かりを防止した耐飛水性の保護カバーにおいては

、ガスセンサでの応答性が遅くなるおそれがある。そこで、二重構造の保護カバーのうち、センサ素子に近接する内側保護カバーの内側ガス導入孔をセンサ素子に対向して設けることによって応答性を向上させたものが提案されている（特許第２６４１３４６号公報参照）。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述の従来例においては、触媒の前方に設置することを念頭に設計されており、触媒の後方に設置して使用した場合、耐飛水性（エンジン始動時に発生する凝縮水の付着を防止する性能）の点で問題があることが判明した。

【０００７】

このように、応答性を速くするために、保護カバーの構造を被測定ガスの入り量を増加させた構造にすると、エンジンの始動時に発生する凝縮水も同様に浸入しやすくなる。即ち、センサ素子への水掛かりの防止効果と応答性の向上とは背反する関係にあり、これらの効果を同時に満足することは困難である。

【０００８】

一方、酸素センサの機能を有するＮＯｘセンサをＮＯｘ吸蔵触媒の下流側に取り付けて、触媒に吸蔵されたＮＯｘを還元するために、排気ガスの空燃比をリーン（酸素過剰雰囲気）から理論空燃比又はリッチに切り換え、触媒からＮＯｘが完全に放出された段階で再びリーンに戻すというサイクルを考えた場合、触媒からＮＯｘが完全に放出されたことを早期に検出できれば、触媒から漏洩する未燃焼ガスを少なくすることができる。

【０００９】

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、耐飛水性のある保護カバーにおいて、ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、高い耐飛水性と速い応答性とを兼ね備えた新規の保護カバーを有するガスセンサを提供することを目的とする。

【００１０】

【課題を解決するための手段】

本発明は、導入された被測定ガスのうちの所定ガス成分を測定するセンサ素子と、該センサ素子を取り囲むように配置された保護カバーを有するガスセンサにおいて、前記保護カバーは、前記センサ素子の少なくとも先端部を覆う内側保護カバーと、前記内側保護カバーを覆う外側保護カバーと、前記内側保護カバーと前記外側保護カバーとの間に設置された中間保護カバーとを有する。

【００１１】

即ち、本発明に係るガスセンサに使用される保護カバーは、内側保護カバーと外側保護カバーからなる２重構造のカバーに、中間保護カバーを設けた３重構造としているため、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、しかも、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることが可能となり、速い応答性を図ることができる。

【００１２】

これにより、例えばこのガスセンサをＮＯｘ吸蔵触媒の下流側に取り付けて、触媒に吸蔵されたＮＯｘを還元するために、排気ガスの空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに切り換え、触媒からＮＯｘが完全に放出された段階で再びリーンに戻すというサイクルを考えたとき、触媒からＮＯｘが完全に放出されたことを早期に検出できるようになり、触媒から漏洩する未燃ガスを少なくすることができる。

【００１３】

前記構成において、前記内側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記センサ素子に対向する位置に内側ガス導入孔が形成され、底部に内側ガス排出孔が形成され、前記外側保護カバーは、有底筒状に形成され、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔に対向しない位置に外側ガス導入孔を有し、前記中間保護カバーは、前記内側保護カバーの前記内側ガス導入孔と前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔に対向しない位置に中間ガス導入孔を有する。

【００１４】
これにより、外側保護カバーの外側ガス導入孔から入った水は、その大部分が中間保護カバーの側面や内側保護カバーの側面に当たり、ガスセンサ内方への浸入が阻止される。即ち、水のセンサ素子への浸入が阻止され、水は外側保護カバーの外側ガス導入孔を通じて遅滞なく外部に排出されることになる。
【００１５】
しかも、外側保護カバーの外側ガス導入孔から入った被測定ガスは、中間保護カバーの中間ガス導入孔と内側保護カバーの内側ガス導入孔を通じてセンサ素子に達し、その後、内側保護カバーの底部に形成されたガス排出孔と外側保護カバーの外側ガス導入孔を通じて排出されることになるが、内側保護カバーの底部のガス排出孔付近が負圧となるため、被測定ガスは前記流通経路を急速に流れることになる。これにより、被測定ガスの拡散律速が小さくなり、速い応答性を図ることができる。
【００１６】
そして、前記構成において、前記外側ガス導入孔と前記中間ガス導入孔の軸方向における最近接間隔と、前記中間ガス導入孔と前記内側ガス導入孔の軸方向における最近接間隔との合計を、少なくとも１０ｍｍ以上とすることが好ましく、更に好ましくは１８ｍｍ以上である。
【００１７】
また、前記外側保護カバーと前記中間保護カバーとの径方向の間、並びに前記外側保護カバーと前記内側保護カバーとの径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を有することが好ましい。
【００１８】
前記構成において、前記中間保護カバーを筒状に形成し、その前部に前記内側保護カバーを挿通する開口を形成し、後部に前記外側保護カバーの内壁に当接するフランジ部を設けるようにしてもよい。また、前記中間保護カバーを有底筒状に形成し、その底部に中間ガス排出孔を形成するようにしてもよい。
【００１９】
前記外側保護カバーの前記外側ガス導入孔の一部を、該外側保護カバーの側面のうち、前記内側ガス排出孔あるいは中間ガス排出孔と外側保護カバーの底部との間に設けるようにしてもよい。
【００２０】
また、前記中間保護カバーにおけるフランジ部に前記中間ガス導入孔を形成するようにしてもよい。
【００２１】
【発明の実施の形態】
以下、本発明に係るガスセンサの実施の形態例を図１～図１５を参照しながら説明する。
【００２２】
本実施の形態に係るガスセンサ１０は、図１に示すように、導入された被測定ガス（排気ガス）のうちの所定ガス成分、例えばＮＯｘ等を測定するセンサ素子１２と、該センサ素子１２の先端部を取り囲むように配置された保護カバー２００Ａ等とを有して構成されている。
【００２３】
センサ素子の説明
センサ素子１２は、図３に示すように、ZrO_2 等の酸素イオン導伝性固体電解質を用いたセラミックスによりなる例えば６枚の固体電解質層１４ａ～１４ｆが積層されて構成された基体１６を有する。
【００２４】
この基体１６は、下から１層目及び２層目が第１及び第２の基板層１４ａ及び１４ｂ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１４ｃ及び１４ｅ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１４ｄ及び１４ｆとされている。

【００２５】
第２の基板層１４ｂと第１の固体電解質層１４ｄ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１８）が、第１の固体電解質層１４ｄの下面、第２の基板層１４ｂの上面及び第１のスペーサ層１４ｃの側面によって区画、形成されている。
【００２６】
第２の固体電解質層１４ｆの下面と第１の固体電解質層１４ｄの上面との間には、被測定ガス中の酸素分圧を調整するための第１室２０と、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２２が区画、形成される。
【００２７】
そして、このセンサ素子１２は、第２のスペーサ層１４ｅの前端部に緩衝空間２４が形成され、該緩衝空間２４の前方に第１の拡散律速部２６が形成されている。この第１の拡散律速部２６の前端開口はガス導入口２８を構成している。
【００２８】
また、前記緩衝空間２４と前記第１室２０は、第２の拡散律速部３０を介して連通され、第１室２０と第２室２２は、第３の拡散律速部３２を介して連通されている。即ち、前記緩衝空間２４は、前記第２のスペーサ層１４ｅの前端部において、第２の固体電解質層１４ｆの下面、第１の固体電解質層１４ｄの上面、第１の拡散律速部２６及び第２の拡散律速部３０にて区画、形成されるようになっている。
【００２９】
ここで、第１、第２及び第３の拡散律速部２６、３０及び３２は、緩衝空間２４、第１室２０及び第２室２２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、この例では、被測定ガスを導入することができる所定の断面積を有した縦長のスリットとして形成されている。これら縦長のスリットは、共に第２のスペーサ層１４ｅの幅方向ほぼ中央部分に形成されている。
【００３０】
なお、第３の拡散律速部３２のスリット内に、ZrO_2 等からなる多孔質体を充填、配置して、前記第３の拡散律速部３２の拡散抵抗が第２の拡散律速部３０の拡散抵抗よりも大きくなるようにしてもよい。第３の拡散律速部３２の拡散抵抗は第２の拡散律速部３０のそれよりも大きい方が好ましいが、小さくても問題はない。
【００３１】
そして、前記第３の拡散律速部３２を通じて、第１室２０内の雰囲気が所定の拡散抵抗の下に第２室２２内に導入されることとなる。
【００３２】
また、前記第２の固体電解質層１４ｆの下面のうち、前記第１室２０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４０が形成され、前記第２の固体電解質層１４ｆの上面のうち、前記内側ポンプ電極４０に対応する部分に外側ポンプ電極４２が形成されており、これら内側ポンプ電極４０、外側ポンプ電極４２並びにこれら両電極４０及び４２間に挟まれた第２の固体電解質層１４ｆにて電気化学的なポンプセル、即ち、主ポンプセル４４が構成されている。
【００３３】
そして、前記主ポンプセル４４における内側ポンプ電極４０と外側ポンプ電極４２間に、外部の可変電源４６を通じて所望の制御電圧（ポンプ電圧）Ｖｐ０を印加して、外側ポンプ電極４２と内側ポンプ電極４０間に正方向あるいは負方向にポンプ電流Ｉｐ０を流すことにより、前記第１室２０内における雰囲気中の酸素を外部の外部空間に汲み出し、あるいは外部空間の酸素を第１室２０内に汲み入れることができるようになっている。
【００３４】
また、前記第１の固体電解質層１４ｄの下面のうち、基準ガス導入空間１８に露呈する部分に基準電極４８が形成されており、前記内側ポンプ電極４０及び基準電極４８並びに第

２の固体電解質層１４ｆ、第２のスペーサ層１４ｅ及び第１の固体電解質層１４ｄによって、電気化学的なセンサセル、即ち、酸素分圧検出セル５０が構成されている。

【００３５】

この酸素分圧検出セル５０は、第１室２０内の雰囲気と基準ガス導入空間１８内の基準ガス（大気）との間の酸素濃度差に基づいて、内側ポンプ電極４０と基準電極４８との間に発生する起電力を通じて、前記第１室２０内の雰囲気の酸素分圧を検出できるようになっている。

【００３６】

検出された酸素分圧値は可変電源４６をフィードバック制御するために使用され、具体的には、第１室２０内の雰囲気の酸素分圧が、次の第２室２２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、主ポンプ用のフィードバック制御系５２を通じて主ポンプセル４４のポンプ動作が制御される。

【００３７】

このフィードバック制御系５２は、内側ポンプ電極４０の電位と基準電極４８の電位の差（検出電圧Ｖ０）が、所定の電圧レベルとなるように、外側ポンプ電極４２と内側ポンプ電極４０間のポンプ電圧Ｖｐ０をフィードバック制御する回路構成を有する。

【００３８】

従って、主ポンプセル４４は、第１室２０に導入された被測定ガスのうち、酸素を前記ポンプ電圧Ｖｐ０のレベルに応じた量ほど汲み出す、あるいは汲み入れる。そして、前記一連の動作が繰り返されることによって、第１室２０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。

【００３９】

なお、前記内側ポンプ電極４０及び外側ポンプ電極４２を構成する多孔質サーメット電極は、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２０内に配置される内側ポンプ電極４０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_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。

【００４０】

一方、前記第２の固体電解質層１４ｆの下面のうち、前記第２室２２を形づくる下面全面には、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６０が形成されており、前記主ポンプセル４４の外側ポンプ電極４２及び前記補助ポンプ電極６０並びに第２の固体電解質層１４ｆにて補助的な電気化学的ポンプセル、即ち、補助ポンプセル６２が構成されている。

【００４１】

そして、前記補助ポンプセル６２における外側ポンプ電極４２と補助ポンプ電極６０間に、外部の補助可変電源６４を通じて所望の補助制御電圧Ｖｐ１を印加することにより、第２室２２内の雰囲気中の酸素を外部空間に汲み出す、あるいは外部空間の酸素を第２室２２内に汲み入れるようになっている。

【００４２】

また、前記補助ポンプ電極６０及び基準電極４８並びに第２の固体電解質層１４ｆ、第２のスペーサ層１４ｅ及び第１の固体電解質層１４ｄによって、電気化学的なセンサセル、即ち、補助酸素分圧検出セル６６が構成され、この補助酸素分圧検出セル６６は、第２室２２内の雰囲気と基準ガス導入空間１８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６０と基準電極４８との間に発生する起電力を通じて、前記第２室２２内の雰囲気の酸素分圧を検出できるようになっている。

【００４３】

検出された酸素分圧値は補助可変電源６４をフィードバック制御するために使用され、具体的には、第２室２２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補助フィードバック制御系６８を通じて補助ポンプセル６２のポンプ動作が制御される。

【００４４】

この補助フィードバック制御系６８は、補助ポンプ電極６０の電位と基準電極４８の電位の差（補助検出電圧）Ｖ１が、所定の電圧レベルとなるように、外側ポンプ電極４２と補助ポンプ電極６０間の電圧（補助制御電圧）Ｖｐ１をフィードバック制御する回路構成を有する。

【００４５】

従って、補助ポンプセル６２は、第２室２２に導入された被測定ガスのうち、酸素を前記補助制御電圧Ｖｐ１のレベルに応じた量ほど汲み出す、あるいは汲み入れる。そして、前記一連の動作が繰り返されることによって、第２室２２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。

【００４６】

この場合、前記第１室２０における主ポンプセル４４の働きにより、この第２室２２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２２における酸素分圧は精度よく一定に制御される。

【００４７】

このセンサ素子１２においては、前記第１の固体電解質層１４ｄの上面のうち、前記第２室２２を形づくる上面であって、かつ第３の拡散律速部３２から離間した部分に、平面ほぼ矩形状の多孔質サーメット電極からなる検出電極７０が形成され、この検出電極７０を被覆するように、第４の拡散律速部７２を構成するアルミナ膜が形成されている。そして、該検出電極７０、前記基準電極４８及び第１の固体電解質層１４ｄによって、電気化学的なポンプセル、即ち、測定用ポンプセル７４が構成される。

【００４８】

前記検出電極７０は、被測定ガス成分たる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２２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、前記基準電極４８との間に、直流電源（定電圧電源）７６を通じて一定電圧Ｖｐ２が印加されることによって、第２室２２内の雰囲気中の酸素を基準ガス導入空間１８に汲み出せるようになっている。この測定用ポンプセル７４のポンプ動作によって流れるポンプ電流Ｉｐ２は、電流計によって検出されるようになっている。

【００４９】

前記定電圧電源７６は、第４の拡散律速部７２により制限されたＮＯｘの流入下において、測定用ポンプセル７４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を印加できるようになっている。

【００５０】

更に、このセンサ素子１２においては、第１及び第２の基板層１４ａ及び１４ｂ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８０が埋設されている。このヒータ８０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８０の上下面には、基板層１４ａ及び１４ｂとの電気的絶縁を得るために、アルミナ等のセラミック層８２が形成されている。

【００５１】

前記ヒータ８０は、図示するように、第１室２０から第２室２２の全体にわたって配設され、更にヒータ８０に接続されたヒータ出力コントローラ８４による制御によって、第１室２０及び第２室２２がそれぞれ所定の温度に加熱され、併せて主ポンプセル４４、酸素分圧検出セル５０、補助ポンプセル６２及び測定用ポンプセル７４も所定の温度に加熱、保持されるようになっている。この場合、ヒータ８０の正側リード線はヒータ出力コント

ローラ８４を通じてヒータ電源８６に接続され、ヒータ８０の負側リード線は接地（ＧＮＤ）とされている。

【００５２】

そして、このセンサ素子１２においては、前記主ポンプセル４４における外側ポンプ電極４２がヒータ８０の正側リード線に接続されて構成される。

【００５３】

次に、このセンサ素子１２の動作について説明する。まず、センサ素子１２の先端部側が外部空間に配置され、これによって、被測定ガスは、第１の拡散律速部２６、緩衝空間２４及び第２の拡散律速部３０を通じて所定の拡散抵抗の下に、第１室２０に導入される。この第１室２０に導入された被測定ガスは、主ポンプセル４４を構成する外側ポンプ電極４２及び内側ポンプ電極４０間に所定のポンプ電圧Ｖｐ０が印加されることによって引き起こされる酸素のポンピング作用を受け、その酸素分圧が所定の値、例えば10^{-7}ａｔｍとなるように制御される。この制御は、フィードバック制御系５２を通じて行われる。

【００５４】

なお、第２の拡散律速部３０は、主ポンプセル４４にポンプ電圧Ｖｐ０を印加した際に、被測定ガス中の酸素が測定空間（第１室２０）に拡散流入する量を絞り込んで、主ポンプセル４４に流れる電流を抑制する働きをしている。

【００５５】

また、第１室２０内においては、外部の被測定ガスによる加熱、更にはヒータ８０による加熱環境下においても、内側ポンプ電極４０にて雰囲気中のＮＯが還元されない酸素分圧下の状態、例えばＮＯ→１／２N_2 ＋１／２O_2 の反応が起こらない酸素分圧下の状況が形成されている。これは、第１室２０内において、被測定ガス（雰囲気）中のＮＯが還元されると、後段の第２室２２内でのＮＯｘの正確な測定ができなくなるからであり、この意味において、第１室２０内において、ＮＯの還元に関与する成分（ここでは、内側ポンプ電極４０の金属成分）にてＮＯが還元され得ない状況を形成する必要がある。具体的には、前述したように、内側ポンプ電極４０にＮＯ還元性の低い材料、例えばＡｕとＰｔの合金を用いることで達成される。

【００５６】

そして、前記第１室２０内のガスは、第３の拡散律速部３２を通じて所定の拡散抵抗の下に、第２室２２に導入される。この第２室２２に導入されたガスは、補助ポンプセル６２を構成する外側ポンプ電極４２及び補助ポンプ電極６０間に補助制御電圧Ｖｐ１が印加されることによって引き起こされる酸素のポンピング作用を受け、その酸素分圧が一定の低い酸素分圧値となるように微調整される。

【００５７】

前記第３の拡散律速部３２は、前記第２の拡散律速部３０と同様に、補助ポンプセル６２に補助制御電圧Ｖｐ１を印加した際に、被測定ガス中の酸素が測定空間（第２室２２）に拡散流入する量を絞り込んで、補助ポンプセル６２に流れるポンプ電流Ｉｐ１を抑制する働きをしている。

【００５８】

また、第２室２２内においても、第１室２０内と同様に、外部の被測定ガスによる加熱やヒータ８０による加熱環境下において、補助ポンプ電極６０によって、雰囲気中のＮＯが還元されない酸素分圧下の状態が形成されている。このため、前記補助ポンプ電極６０においても、内側ポンプ電極４０と同様に、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。

【００５９】

そして、上述のようにして第２室２２内において酸素分圧が制御された被測定ガスは、第

４の拡散律速部７２を通じて所定の拡散抵抗の下に、検出電極７０に導かれることとなる。

【００６０】

ところで、前記主ポンプセル４４を動作させて第１室２０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、酸素分圧検出セル５０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５２を通じて可変電源４６のポンプ電圧Ｖｐ０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２２内の雰囲気及び検出電極７０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、第１室２０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。

【００６１】

しかし、このセンサ素子１２においては、第２室２２に対して、その内部の雰囲気の酸素分圧を常に一定の低い酸素分圧値となるように、補助ポンプセル６２を設けるようにしているため、第１室２０から第２室２２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６２のポンプ動作によって、第２室２２内の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。

【００６２】

そして、検出電極７０に導入された被測定ガスのＮＯｘは、該検出電極７０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、測定用ポンプセル７４を構成する検出電極７０と基準電極４８との間には、酸素が第２室２２から基準ガス導入空間１８側に汲み出される方向に、所定の電圧Ｖｐ２、例えば４３０ｍＶが印加される。

【００６３】

従って、測定用ポンプセル７４に流れるポンプ電流Ｉｐ２は、第２室２２に導かれる雰囲気中の酸素濃度、即ち、第２室２２内の酸素濃度と検出電極７０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。

【００６４】

この場合、第２室２２内の雰囲気中の酸素濃度は、補助ポンプセル６２にて一定に制御されていることから、前記測定用ポンプセル７４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。また、このＮＯｘの濃度は、第４の拡散律速部７２に制限されるＮＯｘの拡散量に対応していることから、被測定ガスの酸素濃度が大きく変化したとしても、測定用ポンプセル７４から電流計を通じて正確にＮＯｘの濃度を測定することが可能となる。

【００６５】

このことから、測定用ポンプセル７４におけるポンプ電流値Ｉｐ２は、ほとんどがＮＯｘ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。

【００６６】

ところで、このセンサ素子１２においては、外部空間における排気圧の脈動によって、ガス導入口２８を通じて酸素がセンサ素子１２内に急激に入り込むことになるが、この外部空間からの酸素は、直接第１室２０に入り込まずに、その前段の緩衝空間２４に入り込むことになる。つまり、排気圧の脈動による酸素濃度の急激な変化は、緩衝空間２４によって打ち消され、第１室２０に対する排気圧の脈動の影響はほとんど無視できる程度となる。

【００６７】

その結果、第１室２０における主ポンプセル４４による酸素ポンピング量と被測定ガス中の酸素濃度との相関性がよくなり、測定用ポンプセル７４での測定精度の向上が図られることになると同時に、制御用酸素分圧検出セルを例えば空燃比を求めるためのセンサとし

て兼用させることが可能となる。

【００６８】

この場合、主ポンプセル４４のポンプ電流Ｉｐ０を通じて空燃比のリーンとリッチを検出することができ、外側ポンプ電極４２と基準電極４８間の電圧Ｖ３を通じて空燃比のストイキを検出することができる。

【００６９】

なお、センサ素子１２としては、前記測定用ポンプセル７４を用いるほかに、図４に示すように、ＮＯｘを検出する電気化学的センサセルとして、前記測定用ポンプセル７４の代わりに測定用酸素分圧測定セル９０を用いるようにしてもよい。

【００７０】

この測定用酸素分圧測定セル９０は、第１の固体電解質層１４ｄの上面のうち、前記第２室２２を形づくる上面に形成された検出電極９２と、前記第１の固体電解質層１４ｄの下面に形成された前記基準電極４８と、前記第１の固体電解質層１４ｄによって構成されている。

【００７１】

この場合、測定用酸素分圧測定セル９０における検出電極９２と基準電極４８との間に、該検出電極９２の周りの雰囲気と基準電極４８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）Ｖ２が発生することとなる。

【００７２】

従って、前記検出電極９２及び基準電極４８間に発生する起電力（電圧）Ｖ２を電圧計にて測定することにより、検出電極９２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Ｖ２として検出される。

【００７３】

そして、この起電力Ｖ２の変化の度合いが、ＮＯｘの濃度を表すことになる。つまり、前記検出電極９２と基準電極４８と第１の固体電解質層１４ｄとから構成される測定用酸素分圧測定セル９０から出力される起電力Ｖ２が、被測定ガス中のＮＯｘの濃度を表すことになる。

【００７４】

保護カバーの説明

そして、図１に示すように、センサ素子１２を取り囲むように配置された第１の具体例に係る保護カバー２００Ａは、センサ素子１２の先端部を覆う内側保護カバー１００と、該内側保護カバー１００を覆う外側保護カバー１０２と、前記内側保護カバー１００と外側保護カバー１０２との間に設置された中間保護カバー１０４とを有して構成されている。

【００７５】

前記内側保護カバー１００は、金属にて有底筒状に形成され、前記センサ素子１２に対向する位置に複数の内側ガス導入孔１０６が形成され、底部（前端部）に内側ガス排出孔１０８が形成されている。

【００７６】

前記外側保護カバー１０２は、金属にて有底筒状に形成され、その側周面のうち、前記内側保護カバー１００の内側ガス導入孔１０６に対向しない位置に外側ガス導入孔１１０を有する。

【００７７】

前記中間保護カバー１０４は、金属にて筒状に形成され、その前部に内側保護カバー１００を挿通する開口１１２が形成され、後部に外側保護カバー１０２の内壁に当接するフランジ部１１４を有する。

【００７８】

フランジ部１１４は、その後端部分が横方向に屈曲され、その周端縁に後方に屈曲してなる屈曲部１１６が一体に形成されている。この屈曲部１１６の外周面が前記外側保護カバー１０２の内壁に当接されるようになっている。

【００７９】
また、前記フランジ部１１４は、図２に示すように、その前方周面に中間ガス導入孔を構成する複数のスリット１１８が形成されている。本実施の形態では６等配のスリット１１８が形成され、各スリット１１８は、フランジ部１１４の円周に対して中心角４０°の円弧状を有する。なお、隣接するスリット１１８間には中心角２０°の円弧状の隙間１２０が置かれている。
【００８０】
好ましい寸法関係は、外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０と中間保護カバー１０４の中間ガス導入孔（スリット１１８）の軸方向における最近接間隔Ｌ１と中間保護カバー１０４の中間ガス導入孔（スリット１１８）と内側保護カバー１００の内側ガス導入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２との合計を少なくとも１０ｍｍ以上とし、好ましくは１８ｍｍ以上とする。
【００８１】
また、外側保護カバー１０２と中間保護カバー１０４との径方向の間、並びに外側保護カバー１０２と内側保護カバー１００との径方向の間に、界面張力により水が溜まらない空隙を設けることが好ましい。
【００８２】
この場合、外側保護カバー１０２と内側保護カバー１００との空隙Ｚ１の寸法Ｌ３を少なくとも径方向に１．５ｍｍ以上とし、外側保護カバー１０２と中間保護カバー１０４との空隙Ｚ１の寸法Ｌ４を少なくとも１．５ｍｍ以上とする。中間保護カバー１０４と内側保護カバー１００との空隙Ｚ２の寸法Ｌ５は１ｍｍ以上とするのが好ましい。
【００８３】
外側保護カバー１０２の底部から最も近接するガス排出孔（この実施の形態では内側ガス排出孔１０８）までの距離Ｌ６を少なくとも１．５ｍｍ以上とし、好ましくは３ｍｍ以上とする。
【００８４】
更に、図２に示すように、中間保護カバー１０４のフランジ部１１４に設けられたスリット１１８の径方向の幅ｗを０．５～１．５ｍｍとし、図１に示すように、屈曲部１１６の内部に形成される空隙の高さｈを約１．０ｍｍ以上にすることが好ましい。
【００８５】
第１の具体例に係る保護カバー２００Ａの具体的な寸法例を示すと、外側保護カバー１０２については、該外側保護カバー１０２の外径Ｄｏが約１４．２ｍｍとされ、外側保護カバー１０２の側周面のうち、内側ガス排出孔１０８と外側保護カバー１０２の底部との間に、直径ｄ１＝約２．５ｍｍの外側ガス導入孔１１０が６等配に形成され、該外側保護カバー１０２の厚みは約０．４ｍｍとされている。
【００８６】
内側保護カバー１００は、金属にて有底円筒状に形成され、その外径Ｄｉが約６．６ｍｍとされ、その側周面のうち、センサ素子１２に対向する部分に複数の内側ガス導入孔１０６が形成されている。この実施の形態では、直径ｄ２＝約１．４ｍｍの内側ガス導入孔１０６が６等配に形成され、これら６つの内側ガス導入孔１０６のうち、１つの内側ガス導入孔１０６がセンサ素子１２における外側ポンプ電極４２の形成面（第２の固体電解質層１４ｆの表面）に対向する位置に設けられている。内側保護カバー１００の底部に設けられた内側ガス排出孔１０８の径ｄ３は約２．０ｍｍである。なお、内側保護カバー１００の厚みは約０．３ｍｍとされている。
【００８７】
中間保護カバー１０４においては、その外径Ｄｃが約９．４ｍｍとされ、その厚みは約０．３ｍｍとされている。
【００８８】
そして、外側ガス導入孔１１０と中間ガス導入孔（スリット１１８）の軸方向における最近接間隔Ｌ１は約１５．１ｍｍであり、中間ガス導入孔（スリット１１８）と内側ガス導

入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２は約３．３ｍｍであり、外側ガス導入孔１１０と中間ガス導入孔（スリット１１８）の軸方向における最近接間隔Ｌ１と中間ガス導入孔（スリット１１８）と内側ガス導入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２との合計は約１８．４ｍｍである。

【００８９】

また、外側保護カバー１０２と中間保護カバー１０４との間の空隙Ｚ１の径方向の寸法Ｌ４は約２ｍｍであり、外側保護カバー１０２と内側保護カバー１００との間の空隙Ｚ１の径方向の寸法Ｌ３は約３．４ｍｍである。

【００９０】

中間保護カバー１０４と内側保護カバー１００との間の空隙Ｚ２の径方向の寸法Ｌ５は約１．１ｍｍであり、外側保護カバー１０２の底部から内側ガス排出孔１０８までの距離Ｌ６は約４ｍｍである。

【００９１】

更に、中間保護カバー１０４のフランジ部１１４に設けられたスリット１１８の径方向の幅ｗは約１．０ｍｍであり、屈曲部１１６の内部に形成される空隙１２２の高さｈは約１．２ｍｍである。

【００９２】

このように、第１の具体例に係る保護カバー２００Ａは、内側保護カバー１００と外側保護カバー１０２からなる２重構造の保護カバーに、中間保護カバー１０４を設けた３重構造としているため、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができる。

【００９３】

外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０から入った水は、その大部分が中間保護カバー１０４の側面や内側保護カバー１００の側面に当たり、ガスセンサ１０内方への水の浸入が阻止される。即ち、水のセンサ素子１２への浸入が阻止され、水は外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０を通じて遅滞なく外部に排出されることになる。

【００９４】

しかも、外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０から入った被測定ガスは、中間保護カバー１０４の中間ガス導入孔（スリット１１８）と内側保護カバー１００の内側ガス導入孔１０６を通じてセンサ素子１２に達し、その後、内側保護カバー１００の底部に形成された内側ガス排出孔１０８と外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０を通じて排出されることになるが、内側保護カバー１００の底部の内側ガス排出孔１０８付近が負圧となるため、被測定ガスは前記流通経路を急速に流れることになる。その結果、被測定ガスの拡散律速が小さくなり、速い応答性を図ることができる。

【００９５】

これにより、例えばこのガスセンサ１０をＮＯｘ吸蔵触媒の下流側に取り付けて、触媒に吸蔵されたＮＯｘを還元するために、排気ガスの空燃比をリーンから理論空燃比又はリッチに切り換え、触媒からＮＯｘが完全に放出された段階で再びリーンに戻すというサイクルを考えたとき、触媒からＮＯｘが完全に放出されたことを早期に検出できるようになり、触媒から漏洩する未燃ガスを少なくすることができる。

【００９６】

次に、第２の具体例に係る保護カバー２００Ｂについて図５を参照しながら説明する。なお、図１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。

【００９７】

この第２の具体例に係る保護カバー２００Ｂは、図５に示すように、第１の具体例に係る保護カバー２００Ａとほぼ同様の構成を有するが、中間保護カバー１０４の側周面のうち、内側保護カバー１００の内側ガス導入孔１０６と外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０に対向しない位置に中間ガス導入孔１３０が形成されている点と、フランジ部１１４が横方向に屈曲された板片１３２で構成されている点で異なる。

【００９８】

中間ガス導入孔１３０は、それぞれ直径ｄ４＝約１．４ｍｍであり、６等配に形成されている。

【００９９】

そして、外側ガス導入孔１１０と中間ガス導入孔１３０の軸方向における最近接間隔Ｌ１は約１４．１ｍｍであり、中間ガス導入孔１３０と内側ガス導入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２は約２．４ｍｍである。

【０１００】

この第２の具体例に係る保護カバー２００Ｂにおいても、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、しかも、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【０１０１】

次に、第３の具体例に係る保護カバー２００Ｃについて図６を参照しながら説明する。なお、図１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。

【０１０２】

この第３の具体例に係る保護カバー２００Ｃは、図６に示すように、第２の具体例に係る保護カバー２００Ｂとほぼ同様の構成を有するが、中間ガス導入孔１３０が、内側ガス導入孔１０６の形成位置よりも外側保護カバー１０２の底部寄りの位置に形成されている点で異なる。

【０１０３】

そして、外側ガス導入孔１１０と中間ガス導入孔１３０の軸方向における最近接間隔Ｌ１は約７．９ｍｍであり、中間ガス導入孔１３０と内側ガス導入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２は約３．０ｍｍである。

【０１０４】

この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【０１０５】

次に、第４の具体例に係る保護カバー２００Ｄについて図７及び図８を参照しながら説明する。なお、図６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。

【０１０６】

この第４の具体例に係る保護カバー２００Ｄは、図７に示すように、第３の具体例に係る保護カバー２００Ｃとほぼ同様の構成を有するが、内側保護カバー１００の先端部が絞られて、その先端に直径約２ｍｍの内側ガス排出孔１０８が形成されている点と、中間保護カバー１０４が、外側保護カバー１０２の内周壁に接する円筒部３００と、該円筒部３００の下部において内方に屈曲する屈曲部３０２とで一体に形成されている点で異なる。なお、内側保護カバー１００の内側ガス導入孔１０６の径は約１．４ｍｍであり、外側保護カバー１０２の外側ガス導入孔１１０の径は約２．０ｍｍである。

【０１０７】

前記屈曲部３０２は、図８に示すように、内側保護カバー１００を挿通させるための貫通孔３０４が形成され、更に、この貫通孔３０４の周囲に例えば半楕円状の切欠き３０６が例えば５等配で形成されている。この切欠き３０６は、その深さｋが約０．８ｍｍであり、中間保護カバー１０４における中間ガス導入孔１３０を構成することになる。

【０１０８】

そして、外側ガス導入孔１１０と切欠き３０６の軸方向における最近接間隔Ｌ１は約５．５ｍｍであり、切欠き３０６と内側ガス導入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２は約６．３ｍｍである。

【０１０９】

この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【０１１０】
次に、第５の具体例に係る保護カバー２００Ｅについて図９及び図１０を参照しながら説明する。なお、図７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。
【０１１１】
この第５の具体例に係る保護カバー２００Ｅは、図９に示すように、第４の具体例に係る保護カバー２００Ｄとほぼ同様の構成を有するが、中間保護カバー１０４が、内側保護カバー１００の外周壁に接する円筒部３１０と、該円筒部３１０の下部において外方に屈曲するフランジ部３１２とで一体に形成されている点で異なる。
【０１１２】
前記円筒部３１０は、図１０に示すように、内側保護カバー１００を挿通させるための中空部３１４が形成され、更に、このフランジ部３１２の周端縁に例えば半楕円状の切欠き３１６が例えば５等配で形成されている。この切欠き３１６は、その深さｋが約０．８ｍｍであり、中間保護カバー１０４における中間ガス導入孔１３０を構成することになる。
【０１１３】
そして、外側ガス導入孔１１０と切欠き３１６の軸方向における最近接間隔Ｌ１は約５．５ｍｍであり、切欠き３１６と内側ガス導入孔１０６の軸方向における最近接間隔Ｌ２は約６．３ｍｍである。
【０１１４】
この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。
【０１１５】
ここで、２つの実験例（便宜的に第１及び第２の実験例）を示す。第１の実験例は、２．０リットルのガソリンエンジン（１８００ｒｐｍ・４ｋｇｍ）の条件で、実施例１～７に係るガスセンサと比較例１及び２に係るガスセンサをそれぞれコントローラセンサとして使用し、リッチとリーンを繰り返す周波数を測定したものである。
【０１１６】
実施例１は、第２の具体例に係る保護カバー２００Ｂとほぼ同じ構成を有し、実施例２は、第３の具体例に係る保護カバー２００Ｃとほぼ同じ構成を有する。実施例３～実施例５は、第１の具体例に係る保護カバー２００Ａとほぼ同じ構成を有し、特に、実施例３は、最近接間隔Ｌ１と最近接間隔Ｌ２との合計を１８．４ｍｍとしたものであり、実施例４は、最近接間隔Ｌ１と最近接間隔Ｌ２との合計を１７．４ｍｍとしたものであり、実施例５は、最近接間隔Ｌ１と最近接間隔Ｌ２との合計を１６．４ｍｍとしたものである。実施例６は、第４の具体例に係る保護カバー２００Ｄとほぼ同じ構成を有し、実施例７は、第５の具体例に係る保護カバー２００Ｅとほぼ同じ構成を有する。
【０１１７】
一方、比較例１は、図１１に示すように、第１の具体例に係る保護カバー２００Ａから中間保護カバー１０４を取り外して、外側保護カバー１０２と内側保護カバー１００からなる二重構造とし、更に、内側保護カバー１００のうち、センサ素子１２と対向する位置に内側ガス導入孔１０６を形成し、外側保護カバー１０２に形成された外側ガス導入孔１１０と前記内側ガス導入孔１０６との軸方向における最近接間隔を短くして応答性を向上させたものである。
【０１１８】
比較例２は、図１２に示すように、第１の具体例に係る保護カバー２００Ａから中間保護カバー１０４を取り外して、外側保護カバー１０２と内側保護カバー１００からなる二重構造とし、更に、耐飛水性を改善するために、内側保護カバー１００の側周面のうち、センサ素子１２と対向しない位置に内側ガス導入孔１０６を形成し、外側保護カバー１０２の側周面のうち、前記内側ガス導入孔１０６よりも後部寄りに外側ガス導入孔１１０を形成し、外側保護カバー１０２の底部にガス排出孔１４０を形成したものである。
【０１１９】

第１の実験例の結果を図１３に示す。この結果から、比較例１は、リミットサイクル周波数が０．７９Ｈｚと大きく、応答性が速いことがわかる。一方、比較例２は、耐飛水性を考慮した構造となっているため、リミットサイクル周波数が０．５６Ｈｚと小さく、応答性が遅くなっている。

【０１２０】

実施例１～７はリミットサイクル周波数が０．７５Ｈｚ以上であり、中間保護カバー１０４を設けることによって応答性が向上していることがわかる。

【０１２１】

実施例１では０．７８Ｈｚ、実施例２では０．７５Ｈｚ、実施例３では０．７８Ｈｚ、実施例４では０．８Ｈｚ、実施例５では０．８１Ｈｚ、実施例６では０．７５Ｈｚ、実施例７では０．７５Ｈｚという結果から、第３の具体例に係る保護カバー２００Ｃのように、フランジ部１１６に屈曲部１３０を一体形成する構造を採用することによって、応答性の向上のみを図った比較例１のリミットサイクル周波数０．７９Ｈｚとほぼ同じかそれ以上の周波数を得ることができ、応答性の向上の点で有利であることがわかる。

【０１２２】

第２の実験例は、実施例１～７に係るガスセンサと比較例１及び２に係るガスセンサにおいて、水掛かりの状況とセンサ素子１２へのクラックの発生度合いをみたものである。

【０１２３】

具体的には、水掛かりの状況は、触媒後方近傍に１００ｃｃの墨汁等により着色した水を溜め、１．５分間、ガスセンサを暖気した後、エンジンをスタートし、アイドル状態を１０秒間維持させた後に、５０００ｒｐｍのレーシングを１回実施し、センサ素子１２への凝縮水の付着状態を１０段階でみたものである。

【０１２４】

センサ素子１２に水が付着したか否かの判定は目視により行い、水滴付着率を算定した。

【０１２５】

センサ素子１２へのクラックの発生度合いは、各比較例及び各実施例毎に所定数のサンプルを用意し、これらサンプルのセンサ素子にクラックが発生している場合を「１」として累積し、この累積値を１０段階評価したものである。

【０１２６】

第２の実験例の結果を図１４に示す。この図１４において、水掛かりの状況におけるｎ／１０は、センサ素子１２全体に対してどのくらい凝縮水が付着したかを示す指標であって、ｎの数が１０に近づくほど凝縮水が多く付着していることを示す。表現としては、ｎの数が大きいほど水掛かり状況が悪く、ｎの数が小さいほど水掛かり状況が良好という表現に統一する。従って、１０／１０は、センサ素子１２全体に凝縮水が付着した状態で、水掛かり状況が最悪であることを示し、０／１０は、センサ素子１２に凝縮水がまったく付着しなかった状態で、水掛かり状況が最良であることを示す。

【０１２７】

また、水掛かりの状況におけるｍ／１０は、センサ素子１２にクラックが発生する度合い（確率）を示すものであって、ｍの値が大きくなるほどクラックが発生し易いことを示し、０／１０はクラックが全く発生しなかったことを示す。

【０１２８】

図１４の結果から、比較例１は、主に応答性の向上を目的として構成されているため、水掛かり状況が１０／１０であってセンサ素子１２全体に凝縮水の付着があり、センサ素子１２にクラックが発生していた。

【０１２９】

比較例２は、水掛かり状況が０／１０であって凝縮水の付着がなく、センサ素子１２へのクラックの発生もなかった。これは、比較例2の保護カバーが、主に耐飛水性の向上を目的として構成されているため、応答性は第１の実験例（図１３参照）からもわかるように低下している。

【０１３０】

実施例１～７は、実施例１や実施例６及び７において水掛かり状況が３／１０～４／１０と比較的水掛かり状況が悪くなっているが、全体としてみた場合、水掛かり状況は良好で、耐飛水性が改善されていることがわかる。また、センサ素子１２へのクラックの発生はなかった。

【０１３１】

このように、実施例１～７は、互いに背反する耐飛水性の向上と応答性の向上を共に実現させることができる。

【０１３２】

次に、第６の具体例に係る保護カバー２００Ｆについて図１５を参照しながら説明する。なお、図１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。

【０１３３】

第６の具体例に係る保護カバー２００Ｆは、図１５に示すように、第１の具体例に係る保護カバー２００Ａとほぼ同様の構成を有するが、中間保護カバー１０４が有底円筒状に形成され、該中間保護カバー１０４の前端部で内側保護カバー１００の前端部を覆うように構成されている点で異なる。

【０１３４】

そして、中間保護カバー１０４の前端面の中央に、直径ｄ５＝約２．０ｍｍの中間ガス排出孔１４２が形成され、内側保護カバー１００の内側ガス排出孔１０８の直径ｄ３は約４．５ｍｍとされている。

【０１３５】

この場合も、エンジン始動時に発生する凝縮水の付着（いわゆる水掛かり）を有効に防止することができ、しかも、被測定ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、速い応答性を図ることができる。

【０１３６】

なお、この発明に係るガスセンサは、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。

【０１３７】

【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、耐飛水性のある保護カバーにおいて、ガスの拡散律速をできるだけ小さくすることができ、高い耐飛水性と速い応答性とを兼ね備えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】第１の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図２】第３の具体例に係る保護カバーのフランジ部の構成を内側保護カバーの前端側から見て示す図である。

【図３】本実施の形態に係るガスセンサにおけるセンサ素子の一例を示す断面図である。

【図４】本実施の形態に係るガスセンサにおけるセンサ素子の他の例を示す断面図である。

【図５】第２の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図６】第３の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図７】第４の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

【図８】第４の具体例に係る保護カバーの屈曲部の構成を保護カバーの前端側から見て示す図である。

【図９】第５の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。

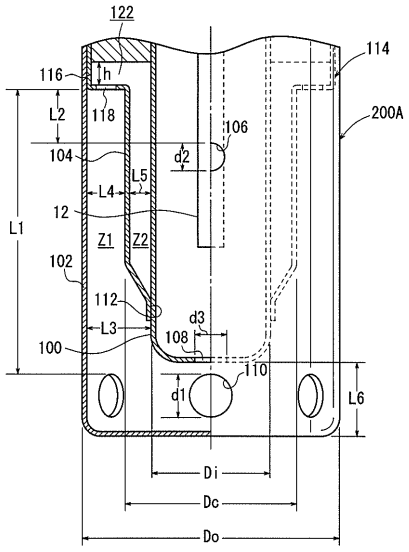
【図１０】第５の具体例に係る保護カバーの屈曲部の構成を保護カバーの前端側から見て

示す図である。
【図１１】比較例１の構成を示す図である。
【図１２】比較例２の構成を示す図である。
【図１３】第１の実験例（応答性をみる実験）の結果を示す特性図である。
【図１４】第２の実験例（耐飛水性をみる実験）の結果を示す表図である。
【図１５】第６の具体例に係る保護カバーを取り付けた本実施の形態に係るガスセンサを一部省略して示す断面図である。
【符号の説明】

１０…ガスセンサ	１２…センサ素子
１００…内側保護カバー	１０２…外側保護カバー
１０４…中間保護カバー	１０６…内側ガス導入孔
１０８…内側ガス排出孔	１１０…外側ガス導入孔
１１４…フランジ部	１１６…屈曲部
１１８…スリット	１３０…中間ガス導入孔
１４２…中間ガス排出孔	２００Ａ～２００Ｆ…保護カバー

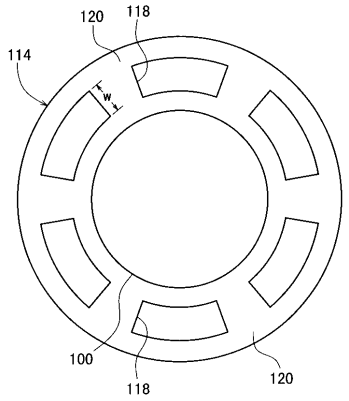
【図１】

FIG. 1



【図２】

FIG. 2



【図３】

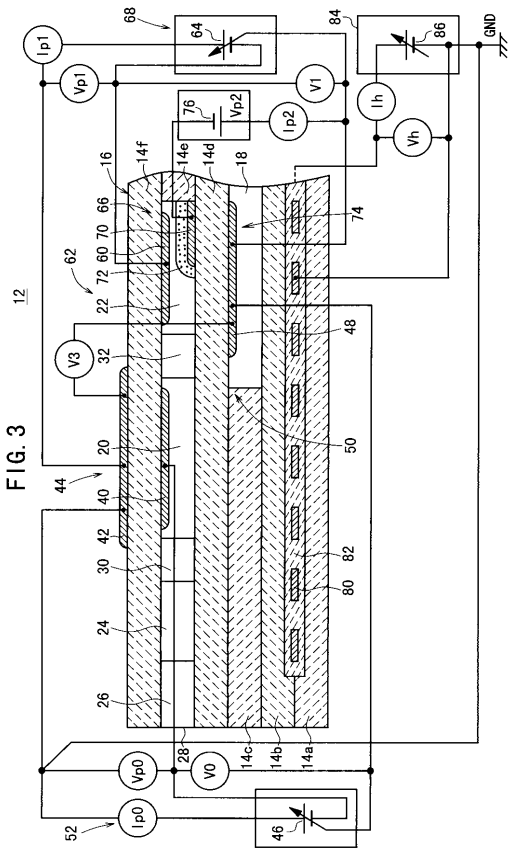


FIG. 3
12
Ip1
Vp1
V1
Ih
Vh
GND
Ip2
Vp2
V3
VpO
VO
IpO
68
64
84
86
76
16
14f
14e
14d
18
74
66
70
60
72
62
22
32
48
50
20
44
40
42
30
24
26
82
80
28
14c
14b
14a
52
46

【図４】

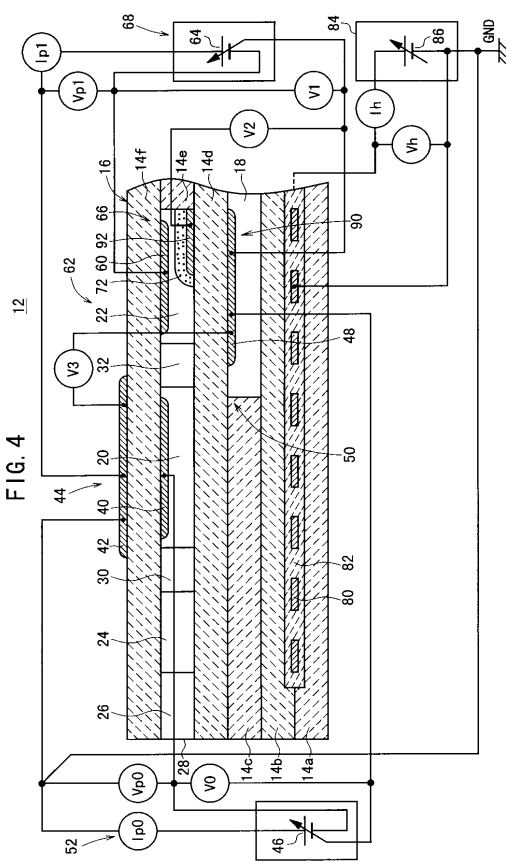


FIG. 4
12
Ip1
Vp1
V1
V2
Ih
Vh
GND
V3
VpO
VO
IpO
68
64
84
86
16
14f
14e
14d
18
90
66
92
60
72
62
22
32
48
50
20
44
40
42
30
24
26
82
80
28
14c
14b
14a
52
46

【図５】

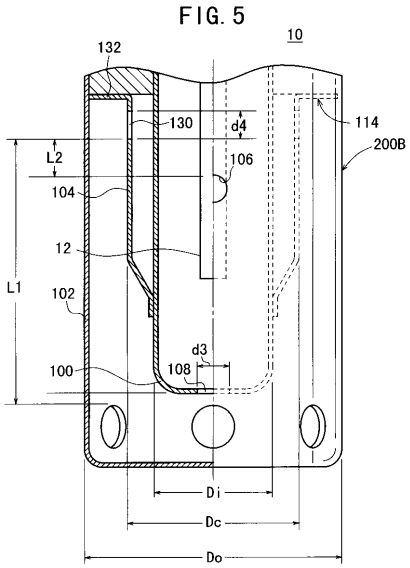


FIG. 5
10
132
130
d4
114
200B
L2
104
106
12
L1
102
d3
108
100
Di
Dc
Do

【図６】

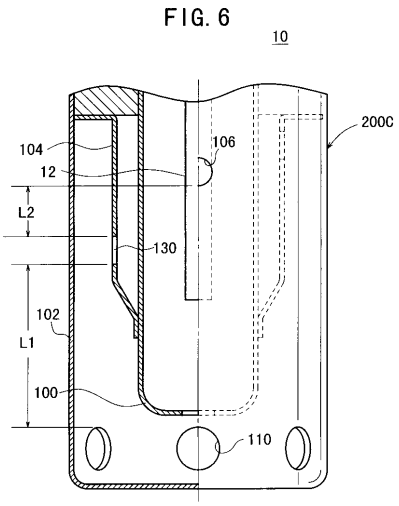
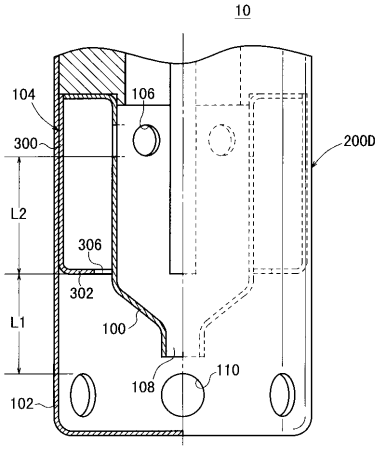


FIG. 6
10
200C
104
106
12
L2
130
102
L1
100
110

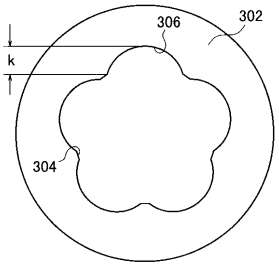
【図７】

FIG. 7



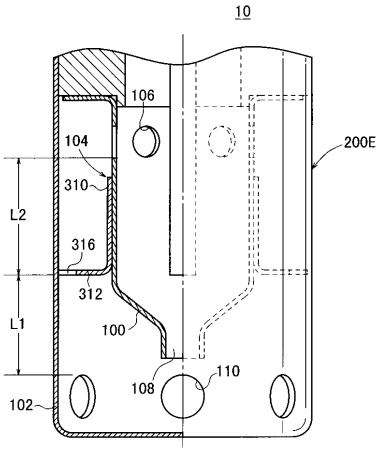
【図８】

FIG. 8



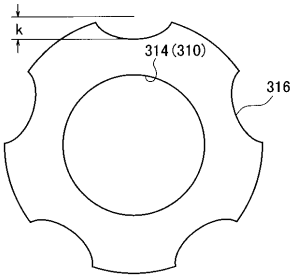
【図９】

FIG. 9



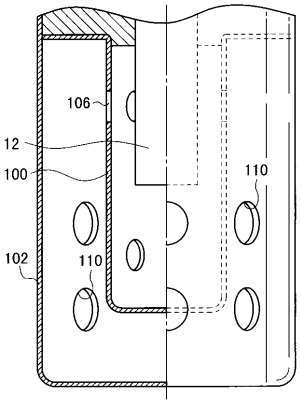
【図１０】

FIG. 10



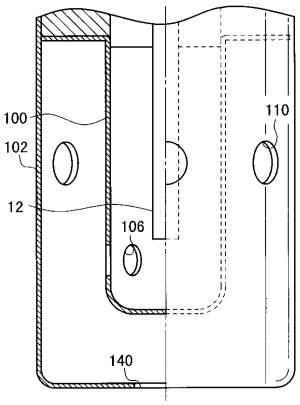
【図１１】

FIG. 11



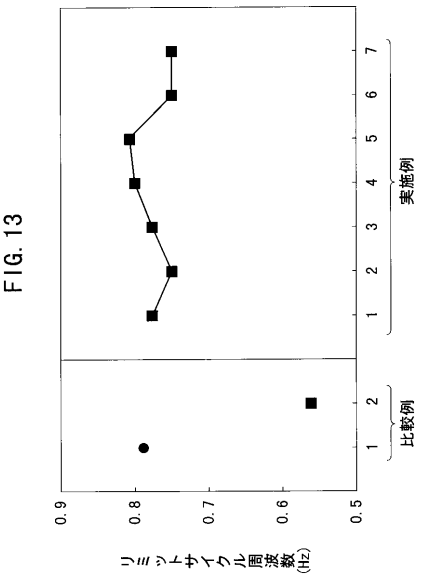
【図１２】

FIG. 12



【図１３】

FIG. 13



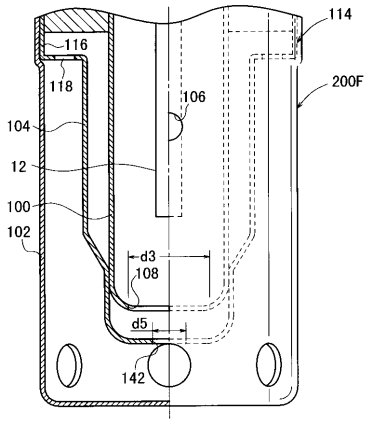
【図１４】

FIG. 14

	水掛かりの状況	クラック
比較例1	10/10	2/10
比較例2	0/10	0/10
実施例1	3/10	0/10
実施例2	2/10	0/10
実施例3	0/10	0/10
実施例4	1/10	0/10
実施例5	1/10	0/10
実施例6	3/10～4/10	0/10
実施例7	3/10～4/10	0/10

【図１５】

FIG. 15



フロントページの続き

(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　黒田　浩一

(56)参考文献　特開平０９－１４５６６８（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１７１４３０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１８０４０１（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－８８７９５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１７７００５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01N 27/409
G01N 27/416
G01N 27/419
G01N 27/12