

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7239434号
(P7239434)

(45)発行日 令和5年3月14日(2023.3.14)

(24)登録日 令和5年3月6日(2023.3.6)

(51)国際特許分類	F I		
G 0 1 N 27/00 (2006.01)	G 0 1 N 27/00		K
G 0 1 N 27/407 (2006.01)	G 0 1 N 27/407		

請求項の数 9 (全24頁)

(21)出願番号	特願2019-183073(P2019-183073)	(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
(22)出願日	令和1年10月3日(2019.10.3)	(74)代理人	110000017 弁理士法人アイテック国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-60217(P2021-60217A)	(72)発明者	足立 洋介 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
(43)公開日	令和3年4月15日(2021.4.15)	(72)発明者	大森 丈史 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
審査請求日	令和4年7月22日(2022.7.22)	審査官	清水 靖記

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガスセンサ及び保護カバー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

被測定ガスを導入するガス導入口を有し、該ガス導入口から内部に流入した該被測定ガスの特定ガス濃度を検出可能なセンサ素子と、

前記センサ素子の先端及び前記ガス導入口が内部に配置されるセンサ素子室を内側に有し、該センサ素子室への入口である1以上の素子室入口と該センサ素子室からの出口である1以上の素子室出口とが配設された内側保護カバーと、

前記被測定ガスの外部からの入口である1以上の外側入口と、前記被測定ガスの外部への出口である1以上の外側出口と、が配設され、前記内側保護カバーの外側に配設された外側保護カバーと、

を備え、

前記外側保護カバー及び前記内側保護カバーは、両者の間の空間として、前記外側入口と前記素子室入口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部である第1ガス室と、前記外側出口と前記素子室出口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部であり該第1ガス室と直接には連通していない第2ガス室と、を形成しており、

前記外側入口の合計断面積A [mm²]、前記素子室入口の合計断面積B [mm²]、前記素子室出口の合計断面積C [mm²]及び前記外側出口の合計断面積D [mm²]が、 $B > A > C > D$ を満たし、かつ、前記合計断面積Aと前記合計断面積Dとの比である断面積比A/Dが値2.0超過値5.0以下であり、前記合計断面積A～Dの積である $A \times B \times C \times D$ が値3000以上値8500以下である、

ガスセンサ。

【請求項 2】

前記断面積比 A / D が値 2 . 5 以上である、
請求項 1 に記載のガスセンサ。

【請求項 3】

前記合計断面積 A が 10 mm^2 以上 30 mm^2 以下であるか、前記合計断面積 B が 15 mm^2 以上 50 mm^2 以下であるか、前記合計断面積 C が 5 mm^2 以上 15 mm^2 以下であるか、前記合計断面積 D が 1.6 mm^2 以上 10 mm^2 以下であるか、のうちの 1 以上を満たす、請求項 1 又は 2 に記載のガスセンサ。

【請求項 4】

前記外側保護カバーは、側部と底部とを有する有底筒状の形状をしており、
前記外側出口は、前記外側保護カバーの側部には配設されていない、
請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のガスセンサ。

10

【請求項 5】

前記内側保護カバーは、側部と底部とを有する有底筒状の形状をしており、
前記素子室出口は、前記内側保護カバーの底部には配設されていない、
請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のガスセンサ。

【請求項 6】

前記内側保護カバーは、前記センサ素子の後端から前記先端に向かう方向を先端方向として、前記素子室入口のうち前記センサ素子室側の開口部である素子側開口部が該先端方向に向けて開口するように該素子室入口を形成している、
請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のガスセンサ。

20

【請求項 7】

前記内側保護カバーは、第 1 部材と第 2 部材とを有しており、
前記第 1 部材及び前記第 2 部材は、両者の間の隙間として、前記素子室入口を形成している、
請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のガスセンサ。

【請求項 8】

前記第 1 部材は、前記センサ素子を囲む第 1 円筒部を有しており、
前記第 2 部材は、前記第 1 円筒部よりも大径の第 2 円筒部を有しており、
前記素子室入口は、前記第 1 円筒部の外周面と前記第 2 円筒部の内周面との間の筒状の隙間である、
請求項 7 に記載のガスセンサ。

30

【請求項 9】

被測定ガスを導入するガス導入口を有し該ガス導入口から内部に流入した該被測定ガスの特定ガス濃度を検出可能なセンサ素子を保護するための保護カバーであって、
前記センサ素子の先端及び前記ガス導入口を内部に配置するためのセンサ素子室を内側に有し、該センサ素子室への入口である 1 以上の素子室入口と該センサ素子室からの出口である 1 以上の素子室出口とが配設された内側保護カバーと、

前記被測定ガスの外部からの入口である 1 以上の外側入口と、前記被測定ガスの外部への出口である 1 以上の外側出口と、が配設され、前記内側保護カバーの外側に配設された外側保護カバーと、

40

を備え、

前記外側保護カバー及び前記内側保護カバーは、両者の間の空間として、前記外側入口と前記素子室入口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部である第 1 ガス室と、前記外側出口と前記素子室出口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部であり該第 1 ガス室と直接には連通していない第 2 ガス室と、を形成しており、

前記外側入口の合計断面積 $A [\text{mm}^2]$ 、前記素子室入口の合計断面積 $B [\text{mm}^2]$ 、前記素子室出口の合計断面積 $C [\text{mm}^2]$ 及び前記外側出口の合計断面積 $D [\text{mm}^2]$ が、 $B > A > C > D$ を満たし、かつ、前記合計断面積 A と前記合計断面積 D との比である断面積

50

比 A / D が値 2.0 超過値 5.0 以下であり、前記合計断面積 $A \sim D$ の積である $A \times B \times C \times D$ が値 3000 以上値 8500 以下である、

保護カバー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスセンサ及び保護カバーに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自動車の排気ガスなどの被測定ガスにおける NO_x や酸素などの所定のガス濃度を検出するガスセンサが知られている。例えば、特許文献 1 には、外側保護カバーと、外側保護カバーとセンサ素子との間に配置されセンサ素子の先端を覆う有底筒状の内側保護カバーと、を備えたガスセンサが記載されている。特許文献 1 には、被測定ガスが流入する複数の第 1 外側ガス孔と、被測定ガスが流出する第 2 外側ガス孔とを備えた外側保護カバーが記載されている。また、特許文献 1 には、内側保護カバーの形状を所定の形状にすることで、ガス濃度検出の応答性とセンサ素子の保温性とを両立できるようにすることが記載されている。また、特許文献 2 には、こうしたガスセンサにおいて、第 1 外側ガス孔の合計断面積 S_1 と第 2 外側ガス孔の合計断面積 S_2 との比である断面積比 S_1 / S_2 を値 2.0 超過値 5.0 以下とすることで、ガス濃度検出の応答性をより高めることが記載されている。

10

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】国際公開第 2014/192945 号パンフレット

特開 2017-223620 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、ガス濃度検出の応答性は、ガスセンサの周辺を流れる被測定ガスの流速によっても変化し、流速が低い場合（例えば 2 m/s 未満）には応答性が低下しやすいという問題があった。また、応答性を高めようとすると保温性が低下してしまうことがあった。

30

【0005】

本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、被測定ガスの低流速時の応答性の低下を低減するとともに、保温性の低下を低減することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上述した主目的を達成するために以下の手段を採った。

【0007】

本発明のガスセンサは、

被測定ガスを導入するガス導入口を有し、該ガス導入口から内部に流入した該被測定ガスの特定ガス濃度を検出可能なセンサ素子と、

40

前記センサ素子の先端及び前記ガス導入口が内部に配置されるセンサ素子室を内側に有し、該センサ素子室への入口である 1 以上の素子室入口と該センサ素子室からの出口である 1 以上の素子室出口とが配設された内側保護カバーと、

前記被測定ガスの外部からの入口である 1 以上の外側入口と、前記被測定ガスの外部への出口である 1 以上の外側出口と、が配設され、前記内側保護カバーの外側に配設された外側保護カバーと、

を備え、

前記外側保護カバー及び前記内側保護カバーは、両者の間の空間として、前記外側入口と前記素子室入口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部である第 1 ガス室と、

50

前記外側出口と前記素子室出口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部であり該第1ガス室と直接には連通していない第2ガス室と、を形成しており、

前記外側入口の合計断面積 A [mm^2]、前記素子室入口の合計断面積 B [mm^2]、前記素子室出口の合計断面積 C [mm^2] 及び前記外側出口の合計断面積 D [mm^2] が、 $B > A > C > D$ を満たし、かつ、前記合計断面積 A と前記合計断面積 D との比である断面積比 A / D が値 2.0 超過値 5.0 以下であり、前記合計断面積 $A \sim D$ の積である $A \times B \times C \times D$ が値 3000 以上値 8500 以下である、

ものである。

【0008】

このガスセンサでは、ガスセンサの周囲を流れる被測定ガスは、外側保護カバーの外側入口から流入し、第1ガス室及び素子室入口を通過してセンサ素子室内のガス導入口に到達する。また、センサ素子室内の被測定ガスは、素子室出口から第2ガス室を通過して外側保護カバーの外側出口から流出する。このとき、断面積比 A / D が値 2.0 超過では、合計断面積 A が比較的大きいことで外側入口から流入する被測定ガスの流量が大きくなりやすく、合計断面積 D が比較的小さいことで外側出口から流入（逆流）しようとする被測定ガスの流量が小さくなりやすい。これらにより、ガス導入口周辺の空間が流入した被測定ガスで置換されやすくなる。したがって、特定ガス濃度検出の応答性が向上する。また、合計断面積 D が小さすぎると外側出口から流出する被測定ガスの流量が小さくなって応答性が低下する場合があるが、断面積比 A / D が値 5.0 以下では、そのような応答性の低下を低減できる。ところで、被測定ガスの流速が低流速の場合には、外側入口から流入する被測定ガスの流量が小さいため、外側入口からセンサ素子室内に流入する被測定ガスの流量そのものが小さい。このように被測定ガスの流速が低流速の場合において、合計断面積 $A \sim D$ が $B > A > C > D$ では、被測定ガスの流れが円滑になり、外側入口から流入する被測定ガスの多くがセンサ素子室内に流入し、センサ素子室内に流入した被測定ガスの多くが逆流することなく外側出口から流出する。つまり、合計断面積 B が合計断面積 A よりも大きいことで、外側入口から流入したガスの多くが素子室入口を通過してセンサ素子室内に流入することで、センサ素子室内に流入する被測定ガスの流量が大きくなりやすい。また、合計断面積 A が合計断面積 C よりも大きいことで、素子室出口から流入（逆流）しようとする被測定ガスの流量が小さくなりやすい。さらに、合計断面積 C が合計断面積 D よりも大きいことで、外側出口から流入（逆流）しようとする被測定ガスの流量が小さくなりやすい。これらにより、被測定ガスの流速が低流速の場合でも、ガス導入口周辺の空間が流入した被測定ガスで置換されやすくなる。したがって、被測定ガスの流速が低流速の場合でも、各出入口の合計断面積 $A \sim D$ を保温性が低下するほど大きくすることなく、特定ガス濃度検出の応答性を向上させることができる。さらに、合計断面積 $A \sim D$ の積である $A \times B \times C \times D$ が値 3000 以上では、 $A \sim D$ のいずれかが1以上が極端に小さかったり $A \sim D$ が全体的に小さすぎたりすることがないため、被測定ガスの流れが円滑になり、特定ガス濃度検出の応答性を向上させることができる。さらにまた、 $A \times B \times C \times D$ が値 8500 以下では、 $A \sim D$ のいずれかが1以上が極端に大きかったり $A \sim D$ が全体的に大きすぎたりすることがないため、保温性の低下も低減できる。こうして、このガスセンサでは、被測定ガスの低流速時の応答性の低下を低減するとともに、保温性の低下を低減できる。

【0009】

本発明のガスセンサにおいて、前記断面積比 A / D は値 2.5 以上が好ましく、値 3.0 以上がより好ましく、値 3.4 以上がさらに好ましい。断面積比 A / D が大きいほど、特定ガス濃度検出の応答性が向上しやすい。

【0010】

本発明のガスセンサにおいて、合計断面積 A は、 10 mm^2 以上としてもよいし 30 mm^2 以下としてもよい。また、合計断面積 B は、 15 mm^2 以上としてもよいし 50 mm^2 以下としてもよい。また、合計断面積 C は、 5 mm^2 以上としてもよいし 15 mm^2 以下としてもよい。また、合計断面積 D は、 1.6 mm^2 以上としてもよいし 10 mm^2 以下としてもよい。

10

20

30

40

50

【0011】

本発明のガスセンサにおいて、前記外側保護カバーは、側部と底部とを有する有底筒状の形状をしており、前記外側出口は、前記外側保護カバーの側部には配設されていないものとしてもよい。ここで、外側保護カバーの側部に配設された外側出口が存在する場合、側部の外側出口と周囲の被測定ガスの流れ方向との位置関係によって、応答性が変化する可能性がある。例えば、側部の外側出口が被測定ガスの流れ方向と平行且つ上流に向けて開口している場合、外側保護カバー内から側部の外側出口を通過して外部に流出しようとする被測定ガスの流れを、周囲を流れる被測定ガスが妨げてしまい、応答性が低下しやすい。このような側部の外側出口と周囲の被測定ガスの流れ方向との位置関係による応答性の変化が大きいと、例えばガスセンサの取り付けの向きによっては応答性が低下する可能性がある。外側出口が側部に配設されていないことで、ガスセンサの取り付けの向きによる応答性への影響を低減できる。この場合において、前記外側出口は、前記底部と、前記側部と前記底部との境界の角部と、の少なくとも一方に配設されていてもよい。また、前記外側出口は、前記底部にのみ配設されていてもよいし、前記角部にのみ配設されていてもよい。

10

【0012】

本発明のガスセンサにおいて、前記内側保護カバーは、側部と底部とを有する有底筒状の形状をしており、前記素子室出口は、前記内側保護カバーの底部には配設されていないものとしてもよい。素子室出口の延長線上にセンサ素子がないほうがセンサ素子に水がかかりにくく、素子室出口を内側保護カバーの底部に配設しないほうが、素子室出口の延長線上にセンサ素子がない構成を実現しやすい。

20

【0013】

本発明のガスセンサにおいて、前記内側保護カバーは、前記センサ素子の後端から前記先端に向かう方向を先端方向として、前記素子室入口のうち前記センサ素子室側の開口部である素子側開口部が該先端方向に向けて開口するように該素子室入口を形成していてもよい。こうすれば、素子側開口部から流出した被測定ガスがセンサ素子の表面（ガス導入口以外の表面）に垂直に当たることを抑制したり、センサ素子の表面上を長い距離通過してからガス導入口に到達することを抑制したりできる。これにより、センサ素子の保温性の低下をより抑制できる。しかも、素子側開口部の開口の向きを調整することでセンサ素子の保温性の低下を抑制しており、内側保護カバー内の被測定ガスの流量や流速を減らしているわけではないため、特定ガス濃度検出の応答性の低下もより低減できる。ここで、「素子側開口部が該先端方向に向けて開口する」とは、前記センサ素子の先端方向に平行に開口している場合と、前記センサ素子の後端側から先端側に向かうにつれて該センサ素子に近づくように先端方向から傾斜して開口している場合とを含む。

30

【0014】

本発明のガスセンサにおいて、前記内側保護カバーは、第1部材と第2部材とを有しており、前記第1部材及び前記第2部材は、両者の間の隙間として、前記素子室入口を形成していてもよい。さらに、前記第1部材は、前記センサ素子を囲む第1円筒部を有しており、前記第2部材は、前記第1円筒部よりも大径の第2円筒部を有しており、前記素子室入口は、前記第1円筒部の外周面と前記第2円筒部の内周面との間の筒状の隙間であってもよい。

40

【0015】

本発明の保護カバーは、

被測定ガスを導入するガス導入口を有し該ガス導入口から内部に流入した該被測定ガスの特定ガス濃度を検出可能なセンサ素子を保護するための保護カバーであって、

前記センサ素子の先端及び前記ガス導入口を内部に配置するためのセンサ素子室を内側に有し、該センサ素子室への入口である1以上の素子室入口と該センサ素子室からの出口である1以上の素子室出口とが配設された内側保護カバーと、

前記被測定ガスの外部からの入口である1以上の外側入口と、前記被測定ガスの外部への出口である1以上の外側出口と、が配設され、前記内側保護カバーの外側に配設された外側保護カバーと、

50

を備え、

前記外側保護カバー及び前記内側保護カバーは、両者の間の空間として、前記外側入口と前記素子室入口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部である第1ガス室と、前記外側出口と前記素子室出口との間の前記被測定ガスの流路の少なくとも一部であり該第1ガス室と直接には連通していない第2ガス室と、を形成しており、

前記外側入口の合計断面積 A [mm^2]、前記素子室入口の合計断面積 B [mm^2]、前記素子室出口の合計断面積 C [mm^2] 及び前記外側出口の合計断面積 D [mm^2] が、 $B > A > C > D$ を満たし、かつ、前記合計断面積 A と前記合計断面積 D との比である断面積比 A/D が値 2.0 超過値 5.0 以下であり、前記合計断面積 $A \sim D$ の積である $A \times B \times C \times D$ が値 3000 以上値 8500 以下である、

10

ものである。

【0016】

この保護カバーのセンサ素子室にセンサ素子の先端及びガス導入口を配置することで、上述した本発明のガスセンサと同様に、被測定ガスの低流速時の応答性の低下を低減するとともに保温性の低下を低減できる、という効果が得られる。本発明の保護カバーにおいて、上述したガスセンサの種々の態様を採用できる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】配管20へのガスセンサ100の取り付け状態の概略説明図。

【図2】図1のA-A断面図。

20

【図3】図2のB-B断面図。

【図4】図3のC-C断面図。

【図5】図3の外側保護カバー140のC-C断面図。

【図6】図3のD視図。

【図7】図4のE-E断面の一部を拡大した断面図。

【図8】変形例のガスセンサ200の縦断面図。

【図9】図8の外側保護カバー240のF-F断面図。

【図10】図8のG視図。

【図11】変形例の素子室入口327を示す断面図。

【図12】変形例のガスセンサ400の縦断面図。

30

【図13】実験例1の外側保護カバー540の図9に相当する断面図。

【図14】実験例1のガスセンサの図10に相当する斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

次に、本発明を実施するための形態を図面を用いて説明する。図1は配管20へのガスセンサ100の取り付け状態の概略説明図である。図2は、図1のA-A断面図である。図3は、図2のB-B断面図である。図4は、図3のC-C断面図である。図5は、図3の外側保護カバー140のC-C断面図である。なお、図5は、図4から第1円筒部134、第2円筒部136、先端部138及びセンサ素子110を除いた図に相当する。図6は、図3のD視図である。図7は、図4のE-E断面の一部を拡大した断面図である。

40

【0019】

図1に示すように、ガスセンサ100は車両のエンジンからの排気経路である配管20内に取り付けられており、エンジンから排出された被測定ガスとしての排気ガスに含まれる NO_x や O_2 、 NH_3 等のガス成分のうち少なくともいずれか1つの特定ガスの濃度である特定ガス濃度を検出するようになっている。このガスセンサ100は、図2に示すように、ガスセンサ100の中心軸が配管20内の被測定ガスの流れに垂直な状態で配管20内に固定されている。なお、ガスセンサ100の中心軸が配管20内の被測定ガスの流れに垂直且つ鉛直方向に対して所定の角度(例えば 45°)だけ傾いた状態で配管20内に固定されていてもよい。

【0020】

50

ガスセンサ 100 は、図 3 に示すように、被測定ガス中の特定ガス濃度を検出する機能を有するセンサ素子 110 と、このセンサ素子 110 を保護する保護カバー 120 とを備えている。また、ガスセンサ 100 は、金属製のハウジング 102 及び外周面におねじが設けられた金属製のボルト 103 を備えている。ハウジング 102 は配管 20 に溶接され内周面にめねじが設けられた固定用部材 22 内に挿入されており、さらにボルト 103 が固定用部材 22 内に挿入されることでハウジング 102 が固定用部材 22 内に固定されている。これにより、ガスセンサ 100 が配管 20 内に固定されている。なお、配管 20 内の被測定ガスの流れる向きは、図 3 における左から右に向かう方向である。

【0021】

センサ素子 110 は、細長な長尺の板状体形状の素子であり、ジルコニア (ZrO_2) 等の酸素イオン伝導性固体電解質層を複数積層した構造を有している。センサ素子 110 は、被測定ガスを自身の内部に導入するガス導入口 111 を有しており、ガス導入口 111 から内部に流入した被測定ガスの特定ガス濃度を検出可能に構成されている。本実施形態では、ガス導入口 111 は、センサ素子 110 の先端面 (図 3 におけるセンサ素子 110 の下面) に開口しているものとした。センサ素子 110 は、センサ素子 110 を加熱して保温する温度調整の役割を担うヒーターを内部に備えている。このようなセンサ素子 110 の構造や特定ガス濃度を検出する原理は公知であり、例えば特開 2008-164411 号公報に記載されている。センサ素子 110 は、先端 (図 3 の下端) 及びガス導入口 111 がセンサ素子室 124 内に配置されている。なお、センサ素子 110 の後端から先端に向かう方向 (図 3 の下方向) を先端方向と称する。

【0022】

また、センサ素子 110 は、表面の少なくとも一部を覆う多孔質保護層 110a を備えている。本実施形態では、多孔質保護層 110a は、センサ素子 110 の 6 つの表面のうち 5 面に形成されて、センサ素子室 124 内に露出した表面のほとんどを覆っている。具体的には、多孔質保護層 110a は、センサ素子 110 のうちガス導入口 111 が形成された先端面 (図 3 の下面) を全て覆っている。また、多孔質保護層 110a は、センサ素子 110 の先端面に接続される 4 つの表面 (図 4 のセンサ素子 110 における上下左右の面) のうちセンサ素子 110 の先端面に近い側を覆っている。多孔質保護層 110a は、例えば、被測定ガス中の水分等が付着してセンサ素子 110 にクラックが生じるのを抑制する役割を果たす。また、多孔質保護層 110a は、被測定ガスに含まれるオイル成分等がセンサ素子 110 の表面の図示しない電極等が付着するのを抑制する役割を果たす。多孔質保護層 110a は、例えばアルミナ多孔質体、ジルコニア多孔質体、スピネル多孔質体、コージェライト多孔質体、チタニア多孔質体、マグネシア多孔質体などの多孔質体からなる。多孔質保護層 110a は、例えばプラズマ溶射、スクリーン印刷、ディッピングなどにより形成することができる。なお、多孔質保護層 110a は、ガス導入口 111 も覆っているが、多孔質保護層 110a が多孔質体であるため、被測定ガスは多孔質保護層 110a の内部を流通してガス導入口 111 に到達可能である。多孔質保護層 110a の厚さは例えば $100\ \mu\text{m} \sim 700\ \mu\text{m}$ である。

【0023】

保護カバー 120 は、センサ素子 110 の周囲を取り囲むように配置されている。この保護カバー 120 は、センサ素子 110 の先端を覆う有底筒状の内側保護カバー 130 と、内側保護カバー 130 を覆う有底筒状の外側保護カバー 140 とを有している。また、内側保護カバー 130 と外側保護カバー 140 とに囲まれた空間として第 1 ガス室 122、第 2 ガス室 126 が形成され、内側保護カバー 130 に囲まれた空間としてセンサ素子室 124 が形成されている。なお、ガスセンサ 100、センサ素子 110、内側保護カバー 130、外側保護カバー 140 の中心軸は同軸になっている。保護カバー 120 は、金属 (例えばステンレス鋼) で形成されている。

【0024】

内側保護カバー 130 は、第 1 部材 131 と、第 2 部材 135 と、を備えている。第 1 部材 131 は、円筒状の大径部 132 と、円筒状で大径部 132 よりも径の小さい第 1 円

10

20

30

40

50

筒部 134 と、大径部 132 と第 1 円筒部 134 とを接続する段差部 133 と、を有している。第 1 円筒部 134 は、センサ素子 110 の周囲を囲んでいる。第 2 部材 135 は、第 1 円筒部 134 よりも径が大きい第 2 円筒部 136 と、第 2 円筒部 136 よりもセンサ素子 110 の先端方向（図 3 の下方向）に位置し有底筒状の先端部 138 と、先端部 138 の上端に接続して配設され先端部 138 の外周面よりも外側に突出する段差部 139 と、第 2 円筒部 136 の下端と段差部 139 とを接続する接続部 137 と、を有している。先端部 138 は、側部 138d と底部 138e とを有している。先端部 138 には、センサ素子室 124 と第 2 ガス室 126 とに通じ、センサ素子室 124 からの被測定ガスの出口である 1 以上の素子室出口 138a が形成されている。素子室出口 138a は、側部 138d に等間隔に形成された複数（本実施形態では 4 個）の円形の横孔 138b を有している。素子室出口 138a は、先端部 138 の底部 138e には配設されていない。素子室出口 138a の径は、例えば 0.5 mm ~ 3.0 mm であり、好ましくは 1.0 mm ~ 2.5 mm である。本実施形態では、複数の横孔 138b の径はいずれも同じ値とした。素子室出口 138a は、ガス導入口 111 よりもセンサ素子 110 の先端方向（図 3 の下方向）の位置に形成されている。換言すると、素子室出口 138a は、センサ素子 110 の後端（図 3 におけるセンサ素子 110 の図示しない上端）から見てガス導入口 111 よりも遠く（図 3 の下方向）に位置している。

10

【0025】

大径部 132、第 1 円筒部 134、第 2 円筒部 136、先端部 138 は中心軸が同一である。大径部 132 は、ハウジング 102 に内周面が当接しており、これにより第 1 部材 131 がハウジング 102 に固定されている。第 2 部材 135 は、接続部 137 の外周面が外側保護カバー 140 の内周面と当接しており溶接などにより固定されている。なお、接続部 137 の先端側の外径を外側保護カバー 140 の先端部 146 の内径よりわずかに大きく形成し、接続部 137 の先端側を先端部 146 内に圧入することで、第 2 部材 135 を固定してもよい。

20

【0026】

第 2 円筒部 136 の内周面には、第 1 円筒部 134 の外周面に向けて突出してこの外周面に接している複数の突出部 136a が形成されている。本実施形態では、図 4 に示すように、突出部 136a は 3 個設けられ、第 2 円筒部 136 の内周面の周方向に沿って均等に配置されている。突出部 136a は、略半球形状に形成されている。このような突出部 136a が設けられていることで、突出部 136a によって第 1 円筒部 134 と第 2 円筒部 136 との位置関係が固定されやすくなっている。なお、突出部 136a は、第 1 円筒部 134 の外周面を径方向内側に向けて押圧していることが好ましい。こうすれば、突出部 136a によって第 1 円筒部 134 と第 2 円筒部 136 との位置関係をより確実に固定できる。なお、突出部 136a は、3 個に限らず 2 個や 4 個以上としてもよい。なお、第 1 円筒部 134 と第 2 円筒部 136 との固定が安定化しやすいため、突出部 136a は 3 個以上とすることが好ましい。

30

【0027】

この内側保護カバー 130 は、第 1 部材 131 と第 2 部材 135 との隙間でありセンサ素子室 124 への被測定ガスの入口である素子室入口 127（図 3、4、7 参照）を形成している。素子室入口 127 は、より具体的には、第 1 円筒部 134 の外周面と第 2 円筒部 136 の内周面との間の筒状の隙間（ガス流路）として形成されている。素子室入口 127 は、外側入口 144a の配置された空間である第 1 ガス室 122 側の開口部である外側開口部 128 と、ガス導入口 111 の配置された空間であるセンサ素子室 124 側の開口部である素子側開口部 129 と、を有している。外側開口部 128 は、素子側開口部 129 よりもセンサ素子 110 の後端側（図 3 の上側）に形成されている。そのため、外側入口 144a からガス導入口 111 に達するまでの被測定ガスの経路中で、素子室入口 127 はセンサ素子 110 の後端側（図 3 の上側）から先端側（図 3 の下側）へ向かう流路となっている。また、素子室入口 127 は、センサ素子 110 の後端 - 先端方向に平行な流路（図 3 における上下方向の流路）となっている。

40

50

【 0 0 2 8 】

素子側開口部 1 2 9 は、センサ素子 1 1 0 の後端から先端へ向かう方向に開口し且つセンサ素子 1 1 0 の後端 - 先端方向に平行に開口している。すなわち、素子側開口部 1 2 9 は、図 3 , 7 の下方向（真下）に開口している。そのため、センサ素子 1 1 0 は、素子側開口部 1 2 9 から素子室入口 1 2 7 を仮想的に延長した領域（図 3 , 7 における素子側開口部 1 2 9 の真下の領域）以外の位置に、配置されている。これにより、素子側開口部 1 2 9 から流出した被測定ガスがセンサ素子 1 1 0 の表面に直接当たることを抑制でき、センサ素子 1 1 0 の保温性の低下を抑制できる。

【 0 0 2 9 】

第 1 円筒部 1 3 4 の外周面と第 2 円筒部 1 3 6 の内周面とは、素子側開口部 1 2 9 において円筒の径方向に距離 A 4（図 7 参照）だけ離れており、外側開口部 1 2 8 において円筒の径方向に距離 A 5 だけ離れている。また、第 1 円筒部 1 3 4 の外周面と第 2 円筒部 1 3 6 の内周面とは、突出部 1 3 6 a と第 1 円筒部 1 3 4 とが接触する部分（図 4 に示した断面）において距離 A 7 だけ離れている。距離 A 4 , 距離 A 5 , 距離 A 7 は、例えばそれぞれ 0 . 3 mm ~ 2 . 4 mm である。距離 A 4 , 距離 A 5 の値を調整することで、素子側開口部 1 2 9 の開口面積や外側開口部 1 2 8 の開口面積を調整することができる。本実施形態では、距離 A 4 , 距離 A 5 , 距離 A 7 は等しいものとし、素子側開口部 1 2 9 の開口面積と外側開口部 1 2 8 の開口面積とが等しいものとした。なお、本実施形態では、距離 A 4（距離 A 5 , 距離 A 7）は、第 1 円筒部 1 3 4 の外径と第 2 円筒部 1 3 6 の内径との差の半分の値と同じである。また、素子側開口部 1 2 9 と外側開口部 1 2 8 との上下方向の距離、すなわち素子室入口 1 2 7 の上下方向の距離 L（素子室入口 1 2 7 の経路長に相当）は、例えば 0 mm 超過 6 . 6 mm 以下である。距離 L は 3 mm 以上としてもよいし、5 mm 以下としてもよい。

【 0 0 3 0 】

外側保護カバー 1 4 0 は、図 3 に示すように、円筒状の大径部 1 4 2 と、大径部 1 4 2 に接続しており大径部 1 4 2 よりも径の小さい円筒状の胴部 1 4 3 と、有底筒状で胴部 1 4 3 よりも内径の小さい先端部 1 4 6 とを有している。また、胴部 1 4 3 は、外側保護カバー 1 4 0 の中心軸方向（図 3 の上下方向）に沿った側面をもつ側部 1 4 3 a と、胴部 1 4 3 の底部であり側部 1 4 3 a と先端部 1 4 6 とを接続する段差部 1 4 3 b と、を有している。なお、大径部 1 4 2 , 胴部 1 4 3 , 先端部 1 4 6 の中心軸はいずれも内側保護カバー 1 3 0 の中心軸と同一である。大径部 1 4 2 は、ハウジング 1 0 2 及び大径部 1 3 2 に内周面が当接しており、これにより外側保護カバー 1 4 0 がハウジング 1 0 2 に固定されている。胴部 1 4 3 は、第 1 円筒部 1 3 4 , 第 2 円筒部 1 3 6 の外周を覆うように位置している。大径部 1 4 2 と胴部 1 4 3 とは、径が同じであってもよい。先端部 1 4 6 は、先端部 1 3 8 を覆うように位置していると共に、内周面が接続部 1 3 7 の外周面と当接している。先端部 1 4 6 は、外側保護カバー 1 4 0 の中心軸方向（図 3 の上下方向）に沿った側面を有し外径が側部 1 4 3 a の内径よりも小さい側部 1 4 6 a と、外側保護カバー 1 4 0 の底部である底部 1 4 6 b と、側部 1 4 6 a と底部 1 4 6 b とを接続し側部 1 4 6 a から底部 1 4 6 b に向けて縮径するテーパ部 1 4 6 c と、を有している。先端部 1 4 6 は、胴部 1 4 3 よりも先端方向側に位置している。この外側保護カバー 1 4 0 は、胴部 1 4 3 に形成され被測定ガスの外部からの入口である 1 以上（本実施形態では複数であり、具体的には 1 2 個）の外側入口 1 4 4 a と、先端部 1 4 6 に形成され、被測定ガスの外部への出口である 1 以上（本実施形態では 1 個）の外側出口 1 4 7 a とを有している。

【 0 0 3 1 】

外側入口 1 4 4 a は、外側保護カバー 1 4 0 の外側（外部）と第 1 ガス室 1 2 2 とに通じる孔である。外側入口 1 4 4 a は、側部 1 4 3 a に等間隔に形成された 1 以上（本実施形態では複数であり、具体的には 6 個）の横孔 1 4 4 b と、段差部 1 4 3 b に等間隔に形成された 1 以上（本実施形態では複数であり、具体的には 6 個）の縦孔 1 4 4 c とを有している（図 3 ~ 6）。この外側入口 1 4 4 a（横孔 1 4 4 b 及び縦孔 1 4 4 c）は、円形に開けられた孔である。この 1 2 個の外側入口 1 4 4 a の径は、例えば 0 . 5 mm ~ 2 mm

10

20

30

40

50

mである。外側入口144aの径は、1.5mm以下としてもよい。なお、本実施形態では、複数の横孔144bの径はいずれも同じ値とし、複数の縦孔144cの径はいずれも同じ値とした。また、横孔144bの径は縦孔144cの径よりも大きい値とした。なお、外側入口144aは、図4, 5に示すように、外側保護カバー140の周方向に沿って横孔144bと縦孔144cとが交互に等間隔に位置するように形成されている。すなわち、図4, 5における横孔144bの中心と外側保護カバー140の中心軸とを結んだ線と、その横孔144bに隣接する縦孔144cの中心と外側保護カバー140の中心軸とを結んだ線と、のなす角が30°(360°/12個)となっている。

【0032】

外側出口147aは、外側保護カバー140の外側(外部)と第2ガス室126とに通じる孔である。この外側出口147aは、先端部146の底部146bの中心に形成された1つの縦孔147cとして構成されている(図3, 5, 6参照)。なお、外側入口144aとは異なり、外側出口147aは、外側保護カバー140の側部(ここでは先端部146の側部146a)には配設されていない。この外側出口147a(ここでは縦孔147c)は、円形に開けられた孔である。この外側出口147aの径は、例えば0.5mm~3.6mmである。外側出口147aの径は、1.4mm~2.5mmとしてもよい。なお、本実施形態では、縦孔147cの径は、横孔144bや縦孔144cの径よりも大きい値とした。

10

【0033】

外側保護カバー140及び内側保護カバー130は、胴部143と内側保護カバー130との間の空間として第1ガス室122を形成している。より具体的には、第1ガス室122は、段差部133, 第1円筒部134, 第2円筒部136, 大径部142, 側部143a, 段差部143bにより囲まれた空間である。センサ素子室124は、内側保護カバー130により囲まれた空間である。外側保護カバー140及び内側保護カバー130は、先端部146と内側保護カバー130との間の空間として第2ガス室126を形成している。より具体的には、第2ガス室126は、先端部138と先端部146とに囲まれた空間である。なお、先端部146の内周面が接続部137の外周面と当接しているため、第1ガス室122と第2ガス室126とは直接には連通していない。

20

【0034】

ここで、ガスセンサ100が特定ガス濃度を検出する際の保護カバー120内の被測定ガスの流れについて説明する。配管20内を流れる被測定ガスは、まず、複数の外側入口144a(横孔144b及び縦孔144c)の少なくともいずれかを通して第1ガス室122内に流入する。次に、被測定ガスは、第1ガス室122から外側開口部128を経て素子室入口127に流入し、素子室入口127を経て素子側開口部129から流出して、センサ素子室124に流入する。素子側開口部129からセンサ素子室124内に流入した被測定ガスは、少なくとも一部がセンサ素子110のガス導入口111に到達する。被測定ガスがガス導入口111に到達してセンサ素子110の内部に流入すると、この被測定ガス中の特定ガス濃度に応じた電気信号(電圧又は電流)をセンサ素子110が発生させ、この電気信号に基づいて特定ガス濃度が検出される。また、センサ素子室124内の被測定ガスは、素子室出口138a(横孔138b)の少なくともいずれかを通して第2

30

40

【0035】

ここで、外側保護カバー140は、外側入口144aの合計断面積A[m²]と外側出口147aの合計断面積D[m²]との比である断面積比A/Dが値2.0超過値5.0以下となっている。断面積比A/Dが値2.0超過では、合計断面積Aが比較的大きいことで外側入口144aから流入する被測定ガスの流量が大きくなりやすく、合計断面積Dが比較的小さいことで外側出口147aから流入(逆流)しようとする被測定ガスの流量が小さくなりやすい。これらにより、ガス導入口111周辺の空間が流入した被測定ガス

50

で置換されやすくなる。したがって、特定ガス濃度検出の応答性が向上する。また、合計断面積Dが小さすぎると外側出口147aから流出する被測定ガスの流量が小さくなって応答性が低下する可能性があるが、断面積比A/Dが値5.0以下では、そのような応答性の低下を低減できる。なお、断面積比A/Dの調整は、例えば外側入口144a及び外側出口147aの数を調整することで行ってもよいし、外側入口144aの各々の断面積及び外側出口147aの各々の断面積を調整することで行ってもよい。

【0036】

また、内側保護カバー130は、素子室入口127の合計断面積B[mm²]が素子室出口138aの合計断面積C[mm²]より大きく形成されている。そして、外側保護カバー140及び内側保護カバー130は、合計断面積A~DがB>A>C>Dを満たし、A×B×C×Dが値3000以上値8500以下を満たすようになっている。こうしたガスセンサ100では、被測定ガスの流速が低流速の場合において、被測定ガスの流れが円滑になり、外側入口144aから流入する被測定ガスの多くがセンサ素子室124内に流入するとともに、センサ素子室124内に流入した被測定ガスの多くが逆流することなく外側出口147aから流出する。つまり、合計断面積Bが合計断面積Aよりも大きいことで、外側入口144aから流入したガスの多くが素子室入口127を通過してセンサ素子室124内に流入することで、センサ素子室124内に流入する被測定ガスの流量が大きくなりやすい。また、合計断面積Aが合計断面積Cよりも大きいことで、素子室出口138aから流入（逆流）しようとする被測定ガスの流量が小さくなりやすい。さらに、合計断面積Cが合計断面積Dよりも大きいことで、外側出口147aから流入（逆流）しようとする被測定ガスの流量が小さくなりやすい。これらにより、被測定ガスの流速が低流速の場合でも、ガス導入口111周辺の空間が流入した被測定ガスで置換されやすくなる。したがって、被測定ガスの流速が低流速の場合でも、各出入口の合計断面積A~Dを保温性が低下するほど大きくすることなく、特定ガス濃度検出の応答性を向上させることができる。

【0037】

なお、本実施形態では、合計断面積Aは、6個の横孔144bの合計断面積と6個の縦孔144cの合計断面積との和である。合計断面積Cは、4個の横孔138bの合計断面積である。合計断面積Dは、1個の縦孔147cの断面積である。外側入口144aの断面積は、外側入口144aを通過する被測定ガスの向きに垂直な方向の面積とする。本実施形態では、外側入口144aはいずれも円形の孔であるため、この円の面積が断面積となる。素子室出口138a及び外側出口147aについても同様である。また、例えばある1つの外側入口144aにおいて、入口側（外側保護カバー140の外表面側）と出口側（外側保護カバー140の内表面側）とで断面積が異なるなど、外側入口144aの断面積が一定でない場合には、断面積の最小値をその外側入口144aの断面積とする。素子室出口138a及び外側出口147aについても同様である。また、本実施形態では、合計断面積Bは、素子室入口127の断面積であり、第1円筒部134の外周面と第2円筒部136の内周面との間の筒状の隙間の断面積である。素子室入口127の断面積は、素子室入口127を通過する被測定ガスの向きに垂直な方向の面積とする。本実施形態では、第1円筒部134の外周面及び第2円筒部136の内周面はいずれも円形であるため、第2円筒部136の内径を直径とする円の断面積から第1円筒部134の外径を直径とする円の断面積とを差し引いた値が素子室入口127の断面積となる。また、例えば素子室入口127において、外側開口部128と素子側開口部129とで断面積が異なるなど、素子室入口127における被測定ガスの流れの向きに垂直な方向の断面積が一定でない場合には、断面積の最小値をその素子室入口127の断面積とする。本実施形態では、素子室入口127のうち突出部136aが最も突出している断面、つまり図4の断面において素子室入口127の断面積が最小値であるため、図4の断面における素子室入口127の断面積が合計断面積Bとなる。

【0038】

以上詳述した本実施形態のガスセンサ100によれば、断面積比A/Dが値2.0超過値5.0以下であり、かつ、B>A>C>Dを満たし、さらに、合計断面積A~Dの積で

10

20

30

40

50

ある $A \times B \times C \times D$ が値 3000 以上値 8500 以下を満たすことで、被測定ガスの流速が低流速の場合でも特定ガス濃度検出の応答性の低下を低減できるとともに、保温性の低下を低減できる。断面積比 A/D は値 2.5 以上が好ましく、値 3.0 以上がより好ましく、値 3.4 以上がさらに好ましい。断面積比 A/D が大きいほど、特定ガス濃度検出の応答性が向上しやすい。合計断面積 A は、 10 mm^2 以上 30 mm^2 以下としてもよいし、 10 mm^2 以上 18 mm^2 以下としてもよい。また、合計断面積 B は、 15 mm^2 以上 50 mm^2 以下としてもよいし、 15 mm^2 以上 35 mm^2 以下としてもよいし、 20 mm^2 以上 35 mm^2 以下としてもよい。また、合計断面積 C は、 5 mm^2 以上 15 mm^2 以下としてもよいし、 5 mm^2 以上 10 mm^2 以下としてもよい。また、合計断面積 D は、 1.6 mm^2 以上 10 mm^2 以下としてもよいし、 2.8 mm^2 以上 3.5 mm^2 以下としてもよい。さらにまた、合計断面積 B と合計断面積 A との比である断面積比 B/A は、値 1 超過（つまり $B > A$ ）値 4.5 以下としてもよいし、値 1.4 以上値 3.3 以下としてもよい。また、合計断面積 A と合計断面積 C との比である断面積比 A/C は、値 1 超過（つまり $A > C$ ）値 6.0 以下としてもよいし、値 1.1 以上値 3.0 以下としてもよい。また、合計断面積 C と合計断面積 D との比である断面積比 C/D は、値 1 超過（つまり $C > D$ ）値 9.4 以下としてもよいし、値 1.3 以上値 4.0 以下としてもよい。

【0039】

また、ガスセンサ 100 では、外側保護カバー 140 は、側部 146 a と底部 146 b とを有する有底筒状の先端部 146 を有しており、外側出口 147 a は、外側保護カバー 140 の側部 146 a には配設されていない。ここで、外側保護カバー 140 の側部 146 a に配設された外側出口 147 a が存在する場合、側部 146 a の外側出口 147 a と周囲の被測定ガスの流れ方向との位置関係によって、応答性が変化する可能性がある。このような側部 146 a の外側出口 147 a（ここでは横孔）と周囲の被測定ガスの流れ方向との位置関係による応答性の変化が大きいと、ガスセンサ 100 の取り付けの向き（外側保護カバー 140 の中心軸を中心とした回転方向の角度）によっては応答性が低下する可能性がある（上述した特許文献 2 参照）。これに対し、本実施形態のガスセンサ 100 では、外側出口 147 a が側部 146 a には配設されていないため、ガスセンサ 100 の取り付けの向きによる応答性への影響を低減できる。なお、このようなガスセンサ 100 の取り付けの向きによる応答性への影響を角度依存性と称する。本実施形態のガスセンサ 100 では、外側出口 147 a が側部 146 a には配設されていないことで、角度依存性を小さくできる。また、外側保護カバー 140 では、外側出口 147 a は、底部 146 b に形成された 1 つの縦孔 147 c として構成されており、縦孔 147 c の径は比較的大きく、例えば横孔 144 b や縦孔 144 c の径よりも大きい。このため、 $B > A > C > D$ を満たすように合計断面積 D を設定しても、外側出口 147 a にすすがつまりにくい。

【0040】

さらに、ガスセンサ 100 では、内側保護カバー 130 は、側部 138 d と底部 138 e とを有する有底筒状の形状をしており、素子室出口 138 a は、内側保護カバー 130 の底部 138 e には配設されていない。一般的に底部 138 e よりも側部 138 d の方が面積が大きい場合が多く、その場合には素子室出口 138 a の合計断面積 C を大きくしやすいため、 $C > D$ を実現しやすい。また、素子室出口 138 a の延長線上にセンサ素子 110 がないほうがセンサ素子 110 に水がかかりにくく、素子室出口 138 a を内側保護カバー 130 の側部 138 d に配設したほうが、素子室出口の延長線上にセンサ素子がない構成を実現しやすい。また、内側保護カバー 130 の底部 138 e に素子室出口 138 a が配設されていると、外側保護カバー 140 の底部 146 b に配設された外側出口 147 a と、内側保護カバー 130 の底部 138 e に配設された素子室出口 138 a とセンサ素子 110 とが一直線上に配設される場合がある。外側出口 147 a と素子室出口 138 a と、センサ素子 110 とが一直線上に配設されている場合、外側出口 147 a から侵入した水がセンサ素子 110 にかかりやすくなることが懸念される。これに対し、本実施形態のガスセンサ 100 では、素子室出口 138 a は内側保護カバー 130 の底部 138 e には配設されていないため、外側出口 147 a から侵入した水がセンサ素子 110 にかか

10

20

30

40

50

りにくい。

【0041】

さらにまた、ガスセンサ100において、内側保護カバー130は、素子側開口部129が先端方向に向けて開口するように素子室入口127を形成している。そのため、素子側開口部129から流出した被測定ガスがセンサ素子110の表面（ガス導入口111以外の表面）に垂直に当たることを抑制したり、センサ素子110の表面上を長い距離通過してからガス導入口111に到達することを抑制したりできる。これにより、センサ素子110の保温性の低下をより抑制できる。しかも、素子側開口部129の開口の向きを調整することでセンサ素子110の保温性の低下を抑制しており、内側保護カバー130内の被測定ガスの流量や流速を減らしているわけではないため、特定ガス濃度検出の応答性の低下もより低減できる。

10

【0042】

なお、本発明は上述した実施形態に何ら限定されることはなく、本発明の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施しうることは言うまでもない。

【0043】

例えば、保護カバー120の形状は上述した実施形態に限られない。保護カバー120の形状や素子室入口127、素子室出口138a、外側入口144a、外側出口147aの形状、個数、配置などは、適宜変更してもよい。例えば、外側保護カバー140の先端部146は、有底筒状で、側部146aと底部146bとテーパ部146cとを有するものとしたが、テーパ部146cを省略した円筒形状としてもよい。また、内側保護カバー130の先端部138は、側部138dの外径が一定で側部138dと底部138eとが同径となるような形状としたが、例えば円錐台を逆さにした形状など、側部138dの外径が底部138eに近づくほど小さくなる傾向を有する形状としてもよい。図8は、外側保護カバー140の先端部146をテーパ部146cを省略した円筒形状とし、内側保護カバー130の先端部138を円錐台を逆さにした形状としたガスセンサ200の縦断面図（ガスセンサ100のB-B断面図に相当）である。図9は図8の外側保護カバー240のF-F断面図であり、図10は図8のG視図である。図8～10では、ガスセンサ100と同じ構成要素については同じ符号を付して、詳細な説明を省略する。図8に示すように、ガスセンサ200の保護カバー220は内側保護カバー130に代えて内側保護カバー230を備え、外側保護カバー140に代えて外側保護カバー240を備えている。内側保護カバー230の第2部材235は、先端部138及び段差部139に代えて円錐台を逆さにした形状の先端部238を有している。また、先端部238には、センサ素子室124と第2ガス室126とに通じ、センサ素子室124からの被測定ガスの出口である素子室出口238aが形成されている。素子室出口238aは、先端部238の底面の中心に形成された円形の縦孔を1つ有している。外側保護カバー240は、先端部146に代えて、有底筒状（円筒形状）で胴部143よりも内径の小さい先端部246を有している。先端部246は、外側保護カバー240の中心軸方向（図8の上下方向）に沿った側面を有し外径が側部143aの内径よりも小さい側部246aと、外側保護カバー240の底部である底部246bと、を有している。また、先端部246には、被測定ガスの外部への出口である複数（ここでは6個）の外側出口247aが形成されている。この外側出口247aは、先端部246の底部246bに外側保護カバー240の周方向に沿って等間隔に形成された複数（ここでは6個）の縦孔247cを有している（図8～10参照）。こうしたガスセンサ200でも、断面積比A/Dが値2.0超過値5.0以下で、かつ $B > A > C > D$ を満たし、さらに $A \times B \times C \times D$ が値3000以上値8500以下を満たすようにすることで、上述した実施形態と同様の効果が得られる。

20

30

40

【0044】

上述した実施形態では、素子室入口127は第1部材131と第2部材135との隙間としたが、これに限らず、素子室入口はセンサ素子室124への入口であればどのような形状であってもよい。例えば素子室入口は内側保護カバー130に形成された貫通孔であってもよい。なお、素子室入口が貫通孔である場合も、素子室入口がセンサ素子110の

50

後端側から先端側へ向かう流路を形成していてもよい。例えば素子室入口が縦孔や図3の上下方向から傾斜した孔であってもよい。また、素子側開口部129が先端方向に向けて開口していてもよい。また、素子室入口127の数は1つに限らず複数でもよい。素子室出口138a, 外側入口144a, 外側出口147aについても、孔に限らず保護カバー120を構成する複数の部材の隙間であってもよいし、各々の数は1以上であればよい。また、外側入口144aは横孔144bと縦孔144cとを有するものとしたが、いずれか一方のみを有するものとしてもよい。また、横孔144b及び縦孔144cに加えて又は代えて、側部143aと段差部143bとの境界の角部に角孔を形成してもよい。素子室入口127, 素子室出口138a, 外側出口147aについても、同様に横孔, 縦孔, 角孔のいずれか1以上を有するものとしてもよい。また、外側出口147aは、テーパ部146cに設けられた貫通孔を有するものとしてもよい。ただし、上述したように外側出口147aについては横孔を有さない、すなわち外側出口147aは側部146aには配設されていないことが好ましい。また、上述したように素子室出口138aについては縦孔を有さない、すなわち素子室出口138aは底部138eには配設されていないことが好ましい。

10

【0045】

上述した実施形態では、突出部136aは第2円筒部136の内周面に形成されているが、これに限られない。第1円筒部134の外周面と第2円筒部136の内周面との少なくとも一方の面に、他方の面に向けて突出してその面に接する突出部が形成されていればよい。また、上述した実施形態では、図3, 4に示すように、第2円筒部136のうち突出部136aが形成されている部分の外周面は内側に窪んでいるが、これに限らず外周面が窪んでいなくてもよい。また、突出部136aは半球形状に限らずどのような形状であってもよい。なお、第1円筒部134の外周面及び第2円筒部136の内周面に突出部136aが形成されていなくてもよい。

20

【0046】

上述した実施形態では、素子室入口127は第1円筒部134の外周面と第2円筒部136の内周面との間の筒状の隙間としたが、これに限られない。例えば、第1円筒部の外周面と第2円筒部の内周面との少なくとも一方に凹部(溝)が形成されており、素子室入口は、凹部により形成された第1円筒部と第2円筒部との隙間としてもよい。図11は、変形例の素子室入口327を示す断面図である。図11に示すように、第1円筒部334の外周面と第2円筒部336の内周面とは接しており、第1円筒部334の外周面には複数(図11では4個)の凹部334aが等間隔に形成されている。この凹部334aと第2円筒部336の内周面との間の隙間が、素子室入口327となっている。このように素子室入口327が複数の(図11では4箇所)の隙間で構成されている場合には、複数の隙間の合計断面積を合計断面積Bとする。

30

【0047】

上述した実施形態では、素子室入口127は、センサ素子110の後端-先端方向に平行な流路(図3における上下方向に平行な流路)としたが、これに限られない。例えば、素子室入口は、センサ素子110の後端側から先端側に向かうにつれてセンサ素子110に近づくように後端-先端方向から傾斜した流路としてもよい。図12は、この場合の変形例のガスセンサ400の縦断面図である。図12では、ガスセンサ100, 200と同じ構成要素については同じ符号を付して、詳細な説明を省略する。図12に示すように、ガスセンサ400の保護カバー420は、内側保護カバー230に代えて内側保護カバー430を備えている。内側保護カバー430は、第1部材431と、第2部材435と、を備えている。第1部材431は、第1部材131と比べて、第1円筒部134を備えない代わりに、円筒状の胴部434aと、センサ素子110の後端側から先端側に向かうにつれて縮径する円筒状の第1円筒部434bと、を備えている。第1円筒部434bは、センサ素子110の後端側の端部で胴部434aと接続されている。第2部材435は、第2部材235と比べて、第2円筒部136及び接続部137を備えない代わりに、センサ素子110の後端側から先端側に向かうにつれて縮径する円筒状の第2円筒部436を

40

50

備えている。第2円筒部436は、先端部238と接続されている。第1円筒部434bの外周面と第2円筒部436の内周面とは接しておらず、両者により形成される隙間が素子室入口427となっている。素子室入口427は、第1ガス室122側の開口部である外側開口部428と、センサ素子室124側の開口部である素子側開口部429と、を有している。この素子室入口427は、第1円筒部434b及び第2円筒部436の形状によって、センサ素子110の後端側から先端側に向かうにつれてセンサ素子110に近づくように（内側保護カバー430の中心軸に近づくように）後端 - 先端方向から傾斜した流路となっている。同様に、素子側開口部429は、センサ素子110の後端側から先端側に向かうにつれてセンサ素子110に近づくように後端 - 先端方向から傾斜して開口している（図12の拡大図参照）。このように素子室入口427が傾斜した流路である場合や素子側開口部429が傾斜して開口している場合、素子側開口部429からセンサ素子室124に流出する被測定ガスの流れる向きはセンサ素子110の後端 - 先端方向から傾斜した向きになる。これにより、上述した実施形態の素子室入口127や素子側開口部129と同様の効果が得られる。すなわち、被測定ガスがセンサ素子110の表面（ガス導入口111以外の表面）に垂直に当たることを抑制したり、センサ素子110の表面上を長い距離通過してからガス導入口111に到達することを抑制したりできる。これにより、センサ素子110の保温性の低下を抑制できる。また、図12では、素子室入口427の幅は、センサ素子110の後端側から先端側に向かうにつれて狭くなっている。そのため、素子側開口部429の開口面積は外側開口部428の開口面積よりも小さい。換言すると、素子室入口427は、図7を用いて説明した距離A5よりも距離A4の方が小さくなっている。これにより、被測定ガスが外側開口部428から流入して素子側開口部429から流出することで流入時と比べて流出時の被測定ガスの流速が高まる。そのため、特定ガス濃度検出の応答性を向上させることができる。なお、図12では、素子室入口427がセンサ素子110の後端 - 先端方向から傾斜した流路となっており、素子側開口部429がセンサ素子110の後端 - 先端方向から傾斜して開口し、且つ素子側開口部429の開口面積が外側開口部428の開口面積よりも小さくなるようにしているが、これらの3つの特徴のうち1以上を省略してもよいし、ガスセンサがこれらの3つの特徴のうち1以上の特徴を有するようにしてもよい。こうしたガスセンサ400でも、断面積比A/Dが値2.0超過値5.0以下で、かつ $B > A > C > D$ を満たし、さらに $A \times B \times C \times D$ が値3000以上値8500以下を満たすようにすることで、上述した実施形態と同様の効果が得られる。なお、図12のガスセンサ400では、ガスセンサ200のように、外側保護カバー240の先端部246をテーパ部を省略した円筒形状とし、内側保護カバー430の先端部238を円錐台を逆さにした形状としたが、ガスセンサ100のような先端部138、段差部139及び先端部146を有するものとしてもよい。

【0048】

上述した実施形態では、素子側開口部129は先端方向に向けて開口していたが、これに限らず、例えば先端方向と垂直な方向に向けてセンサ素子室124に開口していてもよい。また、上述した実施形態では、素子室入口127はセンサ素子110の後端 - 先端方向に平行な流路としたが、これに限らず、例えば先端方向と垂直な方向に沿った流路としてもよい。

【0049】

上述した実施形態では、外側入口144aと素子室入口127との間の被測定ガスの流路は第1ガス室122のみとしたが、これに限られない。第1ガス室122は、外側入口144aと素子室入口127との間の被測定ガスの流路の少なくとも一部であればよい。例えば、保護カバー120が内側保護カバー130及び外側保護カバー140の他に両者の間に配置された中間保護カバーを備えており、外側入口144aと素子室入口127との間の被測定ガスの流路が複数のガス室を含んでいてもよい。同様に、上述した実施形態では、外側出口147aと素子室出口138aとの間の被測定ガスの流路は第2ガス室126のみとしたが、これに限られない。第2ガス室126は、外側出口147aと素子室出口138aとの間の被測定ガスの流路の少なくとも一部であればよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

上述した実施形態では、内側保護カバー 1 3 0 は、第 1 部材 1 3 1 と第 2 部材 1 3 5 と 2 つの部材を備えていたが、第 1 部材 1 3 1 と第 2 部材 1 3 5 とは一体化された部材であってもよい。

【 0 0 5 1 】

上述した実施形態では、ガス導入口 1 1 1 は、センサ素子 1 1 0 の先端面（図 3 におけるセンサ素子 1 1 0 の下面）に開口しているものとしたが、これに限られない。例えば、センサ素子 1 1 0 の側面（図 4 におけるセンサ素子 1 1 0 の上下左右の面）に開口していてもよい。

【 0 0 5 2 】

上述した実施形態では、センサ素子 1 1 0 は多孔質保護層 1 1 0 a を備えているが、多孔質保護層 1 1 0 a を備えていなくてもよい。

【 0 0 5 3 】

上述した実施形態では、保護カバー 1 2 0 をガスセンサ 1 0 0 の一部として説明したが、保護カバー 1 2 0 は単独で流通してもよい。

【実施例】

【 0 0 5 4 】

以下には、ガスセンサを具体的に作製した例を実施例として説明する。実験例 4 ~ 7 , 9 ~ 1 0 , 1 2 ~ 1 4 , 1 8 , 2 1 , 2 3 が本発明の実施例に相当し、実験例 1 ~ 3 , 8 , 1 1 , 1 5 ~ 1 7 , 1 9 ~ 2 0 , 2 2 が比較例に相当する。なお、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

【 0 0 5 5 】

[実験例 1]

外側保護カバー 2 4 0 に代えて図 1 3 , 1 4 に示す外側保護カバー 5 4 0 を用いた以外は図 8 ~ 1 0 に示したガスセンサ 2 0 0 を実験例 1 とした。具体的には、内側保護カバー 2 3 0 の第 1 部材 1 3 1 は、板厚が 0 . 3 mm、軸方向長さが 1 0 . 2 mm、大径部 1 3 2 の軸方向長さが 1 . 8 mm、大径部 1 3 2 の外径が 1 4 . 4 mm、第 1 円筒部 1 3 4 の軸方向長さが 8 . 4 mm、第 1 円筒部 1 3 4 の外径が 8 . 4 8 mm とした。第 2 部材 2 3 5 は、板厚が 0 . 3 mm、軸方向長さが 1 1 . 5 mm、第 2 円筒部 1 3 6 の軸方向長さが 4 . 5 mm、第 2 円筒部 1 3 6 の内径が 9 . 7 mm、先端部 2 3 8 の軸方向長さが 4 . 9 mm、先端部 2 3 8 の底面の径が 3 . 0 mm とした。素子室入口 1 2 7 に関して、距離 A 4 , A 5 , A 7 はいずれも 0 . 6 1 mm 距離 L は 4 mm とした。素子室出口 2 3 8 a の径は 1 . 5 mm とした。外側保護カバー 5 4 0 は、板厚が 0 . 4 mm、軸方向長さが 2 4 . 3 5 mm、大径部 1 4 2 の軸方向長さが 5 . 8 5 mm、大径部 1 4 2 の外径が 1 5 . 2 mm、胴部 1 4 3 の軸方向長さが 8 . 9 mm（胴部 1 4 3 の上端から段差部 1 4 3 b の上面までの軸方向長さが 8 . 5 mm）、胴部 1 4 3 の外径が 1 4 . 6 mm、先端部 2 4 6 の軸方向長さが 9 . 6 mm、先端部 2 4 6 の外径が 8 . 7 mm とした。外側入口 1 4 4 a は、径 1 mm の横孔 1 4 4 b を 6 個、径 1 mm の縦孔 1 4 4 c を 6 個、それぞれ交互に等間隔（隣接する孔のなす角が 3 0 °）に形成した。外側出口 5 4 7 a は、径 1 mm の横孔 5 4 7 b を 3 個、径 1 mm の縦孔 5 4 7 c を 3 個、それぞれ交互に等間隔（隣接する孔のなす角が 6 0 °）に形成した。保護カバー 2 2 0 の材質は、S U S 3 1 0 S とした。また、ガスセンサ 2 0 0 のセンサ素子 1 1 0 は、幅（図 8 における左右長さ）が 4 mm、厚さ（図 8 における紙面に垂直な方向の長さ）が 1 . 5 mm とした。多孔質保護層 1 1 0 a はアルミナ多孔質体とし、厚さは 4 0 0 μ m とした。実験例 1 では、合計断面積 A は 9 . 4 mm² とし、合計断面積 B は 1 5 . 9 mm² とし、合計断面積 C は 1 . 8 mm² とし、合計断面積 D は 4 . 7 mm² とした。断面積比 A / D は値 2 . 0 とした。

【 0 0 5 6 】

[実験例 2]

図 3 ~ 7 に示したガスセンサ 1 0 0 を実験例 2 とした。具体的には、内側保護カバー 1 3 0 の第 1 部材 1 3 1 は、板厚が 0 . 3 mm、軸方向長さが 1 0 . 2 mm、大径部 1 3 2

10

20

30

40

50

の軸方向長さが1.8 mm、大径部132の外径が14.4 mm、第1円筒部134の軸方向長さが8.4 mm、第1円筒部134の外径が8.48 mmとした。第2部材135は、板厚が0.3 mm、軸方向長さが11.5 mm、第2円筒部136の軸方向長さが4.5 mm、第2円筒部136の内径が9.7 mm、先端部138の軸方向長さが4.9 mm、先端部138の側部138dの外径が5.6 mmとした。素子室入口127に関して、距離A4, A5, A7はいずれも0.61 mm、距離Lは4 mmとした。素子室出口138aは、径1.5 mmの横孔138bを4個、等間隔に形成した。外側保護カバー140は、板厚が0.4 mm、軸方向長さが24.35 mm、大径部142の軸方向長さが5.85 mm、大径部142の外径が15.2 mm、胴部143の軸方向長さが8.9 mm（胴部143の上端から段差部143bの上表面までの軸方向長さが8.5 mm）、胴部143の外径が14.6 mm、先端部146の軸方向長さが9.6 mm、先端部146の側部146aの軸方向長さが9.6 mm、先端部146の側部146aの外径が8.7 mm、先端部146の底部146bの径が2.6 mmとした。外側入口144aは、径1.5 mmの横孔144bを6個、径1.0 mmの縦孔144cを6個、それぞれ交互に等間隔に形成した。外側出口147aの径は、1.0 mmとした。保護カバー120の材質は、SUS310Sとした。また、ガスセンサ100のセンサ素子110は、幅（図4における左右長さ）が4 mm、厚さ（図4における上下長さ）が1.5 mmとした。多孔質保護層110aはアルミナ多孔質体とし、厚さは400 μmとした。実験例2では、合計断面積Aは15.3 mm²とし、合計断面積Bは15.9 mm²とし、合計断面積Cは7.1 mm²とし、合計断面積Dは0.8 mm²とした。断面積比A/Dは値19.1とした。

10

20

【0057】

[実験例3]

図8～10に示したガスセンサ200を実験例3とした。実験例3では、外側出口247aは横孔を備えず、縦孔247cを6個とし、縦孔247cの径は実験例1と同じ1.0 mmとした。横孔144bの径は1.5 mmとした。それ以外は実験例1と同じ寸法とした。実験例3では、合計断面積Aは15.3 mm²とし、合計断面積Bは15.9 mm²とし、合計断面積Cは1.8 mm²とし、合計断面積Dは4.7 mm²とした。断面積比A/Dは値3.3とした。

【0058】

[実験例4～23]

実験例4～23では、合計断面積A～Dが表1に示す値となるように外側入口144a, 素子室入口127, 素子室出口138a, 外側出口147aの寸法を調整した以外は、実験例2のガスセンサ100と同様とした。具体的には、実験例5, 7～11, 16～19では、外側入口144aとして、径1.06 mmの横孔144bを6個、径1.06 mmの縦孔144cを6個、それぞれ交互に等間隔に形成して、合計断面積Aを10.6 mm²とした。また、実験例7, 9, 11, 15, 17, 19, 20, 22では、第1円筒部134の外径は8.5 mm、第2円筒部136の内径は10.7 mmとして、合計断面積Bを31.7 mm²とした。実験例23では、第1円筒部134の外径は9.48 mm、第2円筒部136の内径は11.0 mmとして、合計断面積Bを24.4 mm²とした。さらに、実験例6では、素子室出口138aとして、径1.47 mmの横孔138bを4個等間隔に形成して、合計断面積Cを6.8 mm²とした。実験例8, 9, 12, 13では、素子室出口138aとして、径1.14 mmの横孔138bを4個等間隔に形成して、合計断面積Cを4.1 mm²とした。実験例10, 11, 14, 15では、素子室出口138aとして、径1.77 mmの横孔138bを4個等間隔に形成して、合計断面積Cを9.8 mm²とした。そして、実験例4～15, 23では、外側出口147aの径を2.0 mmとして、合計断面積Dを3.1 mm²とした。実験例18, 19, 21, 22では、外側出口147aの径を2.44 mmとして、合計断面積Dを4.7 mm²とした。

30

40

【0059】

[応答性及び保温性の評価]

実験例1～23のガスセンサをそれぞれ図1, 2と同様に配管に取り付けた。大気に酸

50

素を混合して任意の酸素濃度に調節したガスを被測定ガスとし、この被測定ガスを配管内に流速 $V = 1 \text{ m/s}$ 又は流速 $V = 10 \text{ m/s}$ で流した。そして、配管内に流す被測定ガスの酸素濃度を 22.9% から 20.2% に変化させた場合における、センサ素子の出力の時間変化及びヒーターの投入パワーの変化を調べた。酸素濃度を变化させる直前のセンサ素子の出力値を 0% 、酸素濃度の变化後にセンサ素子の出力が変化して安定したときの出力値を 100% として、出力値が 10% を越えたときから 90% を越えるまでの経過時間を特定ガス濃度検出の応答時間 (sec) とした。この応答時間が短いほど特定ガス濃度検出の応答性が高いことを意味する。また、出力値が 10% を越えたときから 90% を越えるまでのセンサ素子のヒーターの投入パワーの最大値をヒーターパワー (W) として測定した。流速が急激に変化すると、センサ素子が冷えることでヒーターパワーが高くなるため、この値が小さいということは、センサ素子が冷えにくいすなわち保温性が高いことを意味する。なお、応答時間及びヒーターパワーの測定は、各実験例について複数回を行い、各々の平均値を各実験例についての応答時間及びヒーターパワーとした。

10

【0060】

表1に、実験例1～23のガスセンサにおける合計断面積、合計断面積比、応答性、保温性をまとめた。なお、表1では、被測定ガスの流速を 1 m/s として測定した応答時間を応答性の評価に用い、この応答時間が3秒以下の場合に応答性が良好 (OK) と判断した。また、被測定ガスの流速を 60 m/s として測定したヒーターパワー (電力) を保温性の評価に用い、この電力が 10 W 以下の場合に保温性が良好と判断した。

20

【0061】

【表1】

	合計断面積[mm ²]				断面積比等					応答性		保温性	
	A	B	C	D	B/A	A/C	C/D	A/D	A×B×C×D	応答時間	評価	電力	評価
										[s]	(≤3s)	[W]	(≤10W)
実験例1	9.4	15.9	1.8	4.7	1.7	5.2	0.4	2.0	1264	6.40	NG	8.37	OK
実験例2	15.3	15.9	7.1	0.8	1.0	2.2	8.9	19.1	1382	6.19	NG	8.20	OK
実験例3	15.3	15.9	1.8	4.7	1.0	8.5	0.4	3.3	2058	3.53	NG	8.96	OK
実験例4	15.3	15.9	7.1	3.1	1.0	2.2	2.3	4.9	5354	2.21	OK	9.04	OK
実験例5	10.6	15.9	7.1	3.1	1.5	1.5	2.3	3.4	3710	2.60	OK	8.84	OK
実験例6	15.3	15.9	6.8	3.1	1.0	2.3	2.2	4.9	5128	2.37	OK	8.83	OK
実験例7	10.6	31.7	7.1	3.1	3.0	1.5	2.3	3.4	7396	1.80	OK	8.83	OK
実験例8	10.6	15.9	4.1	3.1	1.5	2.6	1.3	3.4	2142	4.20	NG	8.30	OK
実験例9	10.6	31.7	4.1	3.1	3.0	2.6	1.3	3.4	4271	2.50	OK	8.60	OK
実験例10	10.6	15.9	9.8	3.1	1.5	1.1	3.2	3.4	5120	2.20	OK	8.80	OK
実験例11	10.6	31.7	9.8	3.1	3.0	1.1	3.2	3.4	10208	1.00	OK	10.30	NG
実験例12	15.3	15.9	4.1	3.1	1.0	3.7	1.3	4.9	3092	3.00	OK	8.50	OK
実験例13	15.3	31.7	4.1	3.1	2.1	3.7	1.3	4.9	6164	1.90	OK	9.20	OK
実験例14	15.3	15.9	9.8	3.1	1.0	1.6	3.2	4.9	7391	1.60	OK	9.40	OK
実験例15	15.3	31.7	9.8	3.1	2.1	1.6	3.2	4.9	14735	0.80	OK	11.00	NG
実験例16	10.6	15.9	7.1	0.8	1.5	1.5	8.9	13.3	957	6.00	NG	8.20	OK
実験例17	10.6	31.7	7.1	0.8	3.0	1.5	8.9	13.3	1909	3.50	NG	8.50	OK
実験例18	10.6	15.9	7.1	4.7	1.5	1.5	1.5	2.3	5624	2.00	OK	8.80	OK
実験例19	10.6	31.7	7.1	4.7	3.0	1.5	1.5	2.3	11213	0.95	OK	10.50	NG
実験例20	15.3	31.7	7.1	0.8	2.1	2.2	8.9	19.1	2755	3.20	NG	8.40	OK
実験例21	15.3	15.9	7.1	4.7	1.0	2.2	1.5	3.3	8118	1.40	OK	9.60	OK
実験例22	15.3	31.7	7.1	4.7	2.1	2.2	1.5	3.3	16185	0.78	OK	11.30	NG
実験例23	15.3	24.4	7.1	3.1	1.6	2.2	2.3	4.9	8323	1.33	OK	9.80	OK

30

40

【0062】

表1に示すように、合計断面積 $A \sim D$ が $B > A > C > D$ を満たし (表1では $B/A > 1$ 、 $A/C > 1$ 、 $C/D > 1$ のすべてを満たす)、かつ合計断面積比 A/D が値 2.0 超過

50

値 5.0 以下を満たし、 $A \times B \times C \times D$ が値 3000 以上値 8500 以下を満たす実験例 4 ~ 7, 9 ~ 10, 12 ~ 14, 18, 21, 23 では、応答性及び保温性の両方を良好にできることがわかった。具体的には、 A/D の値が 2.0 以下の実験例 1 や、 A/D の値が 5.0 より大きい実験例 2, 16, 17, 20 では応答性が低いことから、応答性を高めるためには A/D が値 2.0 超過値 5.0 以下を満たす必要があると考えられる。また、 C/D が値 1 以下つまり $C < D$ となる実験例 1, 3 では、応答性が低いことから、応答性を高めるためには $C > D$ を満たす必要があると考えられる。さらに、 C/D 及び A/C の値が同じで B/A の値だけの異なる実験例同士、つまり実験例 2, 20、実験例 4, 23、実験例 5, 7、実験例 8, 9、実験例 10, 11、実験例 12, 13、実験例 14, 15、実験例 16, 17、実験例 18, 19、実験例 21, 22 を各々比較すると、 B/A の値が小さいほど応答性が低い傾向が見られた。実験例のうち B/A の値が最も小さいものでも B/A は値 1 超過であることから、応答性を高めるためには、 B/A が値 1 超過、つまり $B > A$ を満たす必要があると推察される。さらにまた、 B/A の値が同じで A/C の値の異なる実験例同士、つまり、実験例 3, 21、実験例 4, 6, 12, 14、実験例 5, 8, 10、実験例 7, 9, 11、実験例 13, 15 を各々比較すると、 A/C の値が小さいほど保温性が低い傾向が見られた。実験例のうち A/C の値が最も小さいものでも A/C は値 1 超過であることから、保温性を高めるためには、 A/C が値 1 超過、つまり $A > C$ を満たす必要があると推察される。そして、上述した全てを満たす場合でも、 $A \times B \times C \times D$ の値が 3000 未満である実験例 8 では応答性が低いことから、応答性を高めるためには $A \times B \times C \times D$ の値が 3000 以上である必要があると考えられる。また、 $A \times B \times C \times D$ の値が 8500 を超える実験例 11, 15, 19, 22 では保温性が低いことから、保温性を高めるためには $A \times B \times C \times D$ の値が 8500 以下である必要があると考えられる。

【符号の説明】

【0063】

20 配管、22 固定用部材、100, 200, 400 ガスセンサ、102ハウジング、103 ボルト、110 センサ素子、110a 多孔質保護層、111 ガス導入口、120, 220, 420 保護カバー、122 第1ガス室、124 センサ素子室、126 第2ガス室、127, 327, 427 素子室入口、128, 428 外側開口部、129, 429 素子側開口部、130, 230, 430 内側保護カバー、131, 431 第1部材、132 大径部、133 段差部、134, 334 第1円筒部、135, 235, 435 第2部材、136, 336, 436 第2円筒部、136a 突出部、137 接続部、138, 238 先端部、138a, 238a 素子室出口、138b 横孔、138d 側部、138e 底部、139 段差部、140, 240, 540 外側保護カバー、142 大径部、143 胴部、143a 側部、143b 段差部、144a 外側入口、144b 横孔、144c 縦孔、146, 246 先端部、146a, 246a 側部、146b, 246b 底部、146c テーパー部、147a, 247a, 547a 外側出口、147c, 247c, 547c 縦孔、334a 凹部、434a 胴部、434b 第1円筒部、547b 横孔。

10

20

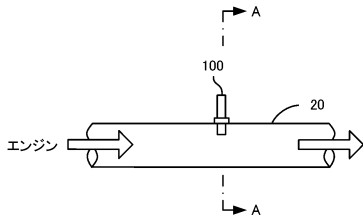
30

40

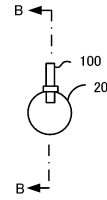
50

【図面】

【図 1】

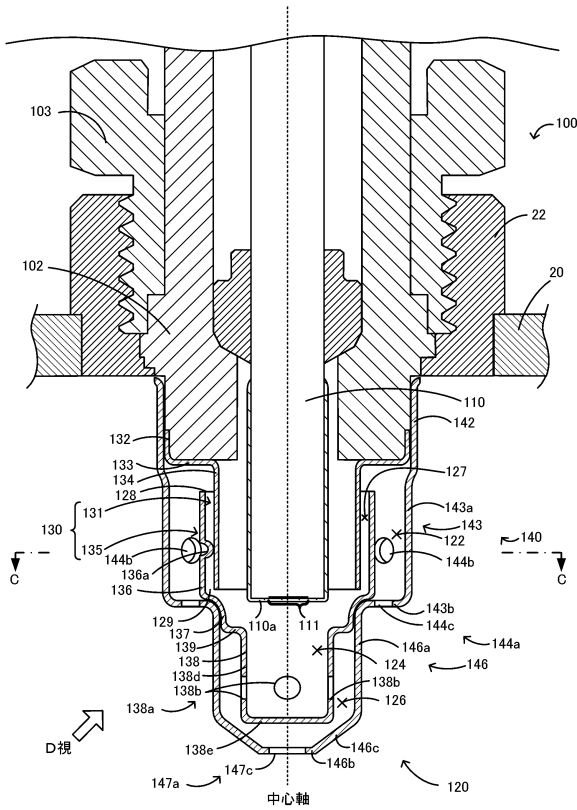


【図 2】

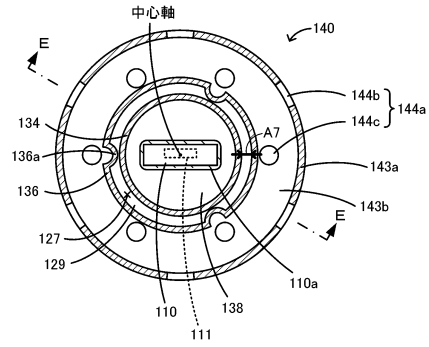


10

【図 3】



【図 4】



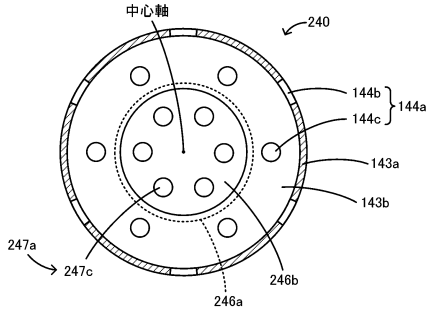
20

30

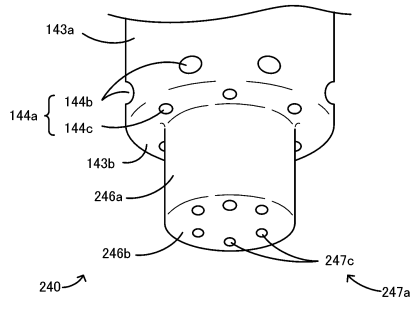
40

50

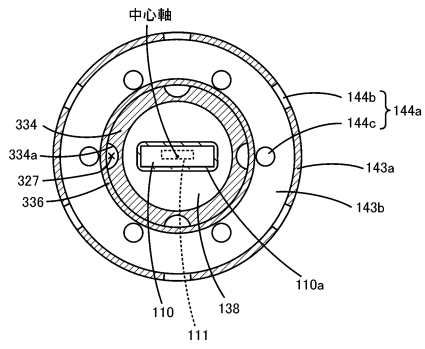
【図9】



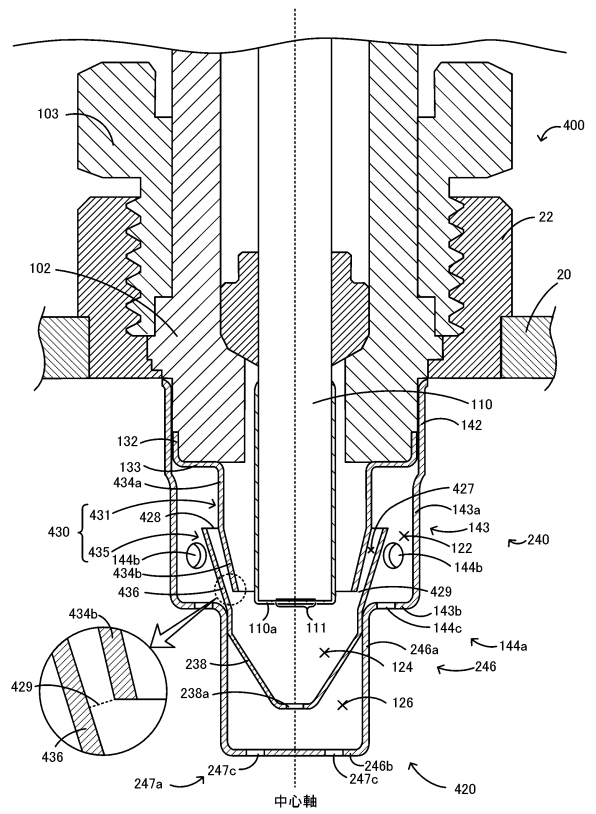
【図10】



【図11】



【図12】



10

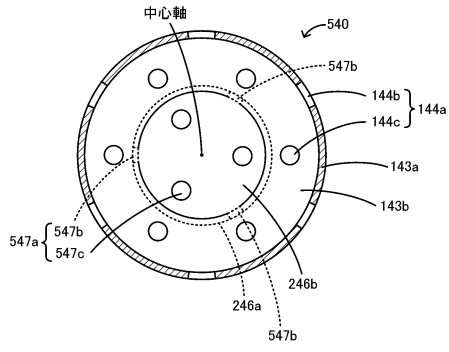
20

30

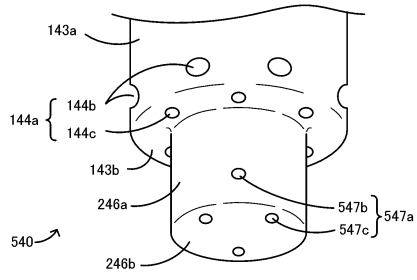
40

50

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-223620(JP,A)
特開2017-223621(JP,A)
特開2016-109693(JP,A)
特開2013-127454(JP,A)
特開2015-099142(JP,A)
特開2013-238587(JP,A)
特開2018-4525(JP,A)
中国特許出願公開第1699987(CN,A)
特開2004-301579(JP,A)
特開2017-223619(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01N 27/00 - G01N 27/10
G01N 27/14 - G01N 27/24
G01N 27/406 - G01N 27/413
G01N 27/417 - G01N 27/419
G01N 33/00
G01N 33/22
G01N 33/497
G01K 1/00 - G01K 19/00