

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2017 年 10 月 19 日(19.10.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/179648 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01N 21/3504 (2014.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/015092
- (22) 国際出願日: 2017 年 4 月 13 日(13.04.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2016-082426 2016 年 4 月 15 日(15.04.2016) JP  
特願 2016-166233 2016 年 8 月 26 日(26.08.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニックヘルスケアホールディングス株式会社(PANASONIC HEALTHCARE HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1058433 東京都港区西新橋 2-3-8-5 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 水内 公典(MIZUUCHI, Kiminori); 〒7910395 愛媛県東温市南方 2-1-3-1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内 Ehime (JP). 山本正樹(YAMAMOTO, Masaki); 〒7910395 愛媛県東温市南方 2-1-3-1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内 Ehime (JP). 阪口 明(SAKAGUCHI, Akira); 〒7910395 愛媛県東温市南方 2-1-3-1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内 Ehime (JP). 渡辺 英式(WATANABE, Hidenori); 〒7910395 愛媛県東温市南方 2-1-3-1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内 Ehime (JP). 徳丸 智祥

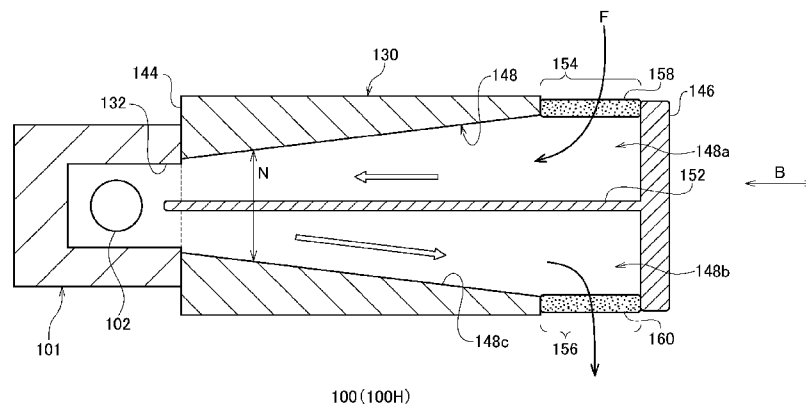
(TOKUMARU, Tomoyoshi); 〒7910395 愛媛県東温市南方 2-1-3-1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内 Ehime (JP). 樋富 嗣正(HITOMI, Tsugumasa); 〒7910395 愛媛県東温市南方 2-1-3-1 番地 1 パナソニックヘルスケア株式会社内 Ehime (JP).

- (74) 代理人: 森下 賢樹(MORISHITA Sakaki); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西 2-1-1-2 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: GAS SENSOR AND THERMOSTATIC DEVICE

(54) 発明の名称: ガスセンサ及び恒温装置



(57) Abstract: A gas sensor 100 is provided with: a gas detection section 101 having a light source 102 and a detector; and a gas passage section 130, which has a first end section 144, a second end section 146, and a hollow section 148, said first end section 144 being disposed on the gas detection section 101 side, and said second end section 146 being disposed on the gas space side. The hollow section 148 has a shape wherein a flow passage cross-sectional area N is reduced toward the first end section 144 side from the second end section 146 side. The gas passage section 130 has: a member 152 that partitions the hollow section 148 into at least a first region 148a and a second region 148b; a gas inflow port 154 that connects the gas space and the first region 148a to each other; and a gas outflow port 156 that connects the second region 148b and the gas space to each other. A gas to be detected flows into the hollow section 148 from the gas inflow port 154, flows in the first region 148a, and reaches the gas detection section 101, and the gas in the gas detection section 101 flows in the second region 148b, and flows out to the gas space from the gas outflow port 156.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/179648 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:  
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))  
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

ガスセンサ 100 は、光源 102 及び検出器を有するガス検出部 101 と、第 1 端部 144、第 2 端部 146 及び中空部 148 を有し、ガス検出部 101 側に第 1 端部 144 が配置され、ガス空間側に第 2 端部 146 が配置されるガス通路部 130 とを備える。中空部 148 は、第 2 端部 146 側から第 1 端部 144 側に向かって流路断面積  $N$  が小さくなる形状を有する。ガス通路部 130 は、中空部 148 を少なくとも第 1 領域 148a 及び第 2 領域 148b に区画する部材 152 と、ガス空間と第 1 領域 148a とを接続するガス流入口 154 と、第 2 領域 148b とガス空間とを接続するガス流出口 156 とを有する。被検出ガスは、ガス流入口 154 から中空部 148 内に流入し、第 1 領域 148a を流れてガス検出部 101 に到達し、ガス検出部 101 中の被検出ガスは、第 2 領域 148b を流れてガス流出口 156 からガス空間に流出する。

## 明 細 書

発明の名称： ガスセンサ及び恒温装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、ガスセンサと、当該ガスセンサを備える恒温装置に関する。

### 背景技術

[0002] 従来、 $\text{CO}_2$ や $\text{NO}_x$ 等のガスを検出可能なガスセンサが知られている。このようなガスセンサとして、例えば特許文献1には、被検出ガスによる赤外光の吸収を利用して被検出ガスの濃度を検出できる赤外線ガスセンサが開示されている。

[0003] 具体的には、この赤外線ガスセンサは、赤外光源と、検出器としての赤外線センサと、反射板とを備えていた。そして、赤外光源及び赤外線センサは反射板と対向し、赤外光源から出射された赤外光が反射板で反射されて赤外線センサに到達するよう配置されていた。また、赤外線ガスセンサは、赤外光源及び赤外線センサと反射板との間の空間に被検出ガスが導入されるよう構成されていた。このため、赤外光源から出射された赤外光は、その一部が被検出ガスによって吸収された後に赤外線センサに到達する。赤外線ガスセンサは、赤外光の強度変化に基づいて被検出ガスの濃度を検出することができる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-215396号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した従来のガスセンサでは、光源と検出器とが被検出ガスに曝される構造であった。一方、ガスセンサに用いられる光源や検出器の耐熱温度は、一般的に100℃程度である。このため、被検出ガスの温度が光源及び検出器の耐熱温度を超えて、これによりガスセンサの検出精度が低下するおそれ

があった。また、従来のガスセンサをインキュベータ等の恒温装置に搭載する場合、恒温装置に乾熱滅菌を施す際に、被検出ガスの収容空間の温度が光源及び検出器の耐熱温度を超える可能性があった。この場合、光源及び検出器が高温に曝されることになり、ガスセンサの検出精度が低下するおそれがあった。

[0006] 本願はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、ガスセンサの検出精度の低下を抑制する技術を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本願のある態様はガスセンサである。当該ガスセンサは、被検出ガスに向けて所定波長の光を出射する光源、及び光を受光し、被検出ガスによる光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する検出器を有するガス検出部と、第1端部、当該第1端部とは反対側の第2端部、及び第1端部から第2端部にかけて延在する中空部を有し、ガス検出部側に第1端部が配置され、被検出ガスの存在するガス空間側に第2端部が配置され、中空部を介して被検出ガスをガス空間とガス検出部との間で流通させるガス通路部と、を備える。中空部は、第2端部側から第1端部側に近づくにつれて流路断面積が段階的又は連続的に小さくなる形状を有する。ガス通路部は、中空部を、それぞれが第1端部側から第2端部側に延在する第1領域及び第2領域の少なくとも2つの領域に区画する仕切り部材と、第2端部に配置されて、ガス空間と第1領域とを接続するガス流入口と、第2端部に配置されて、第2領域とガス空間とを接続するガス流出口と、を有する。ガス空間に存在する被検出ガスは、ガス流入口から中空部内に流入し、第1領域を第1端部に向かって流れてガス検出部に到達し、ガス検出部に存在する被検出ガスは、第2領域を第2端部に向かって流れてガス流出口からガス空間に流出する。

[0008] また、本願の他の態様はガスセンサである。当該ガスセンサは、所定波長の光を出射する光源と、被検出ガスによる光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する検出器と、第1端部、及び当該第1端部とは反対側の第2端部を有

し、光源及び検出器が第1端部側に配置され、光が通過する光通路部と、光通路部の第2端部側に、被検出ガスが存在するガス空間を挟んで配置される光反射部と、を備える。光源から出射される光は、光通路部及びガス空間を経て光反射部に到達し、光反射部により反射されてガス空間及び光通路部を経て検出器に到達する。

[0009] また、本願の他の態様は恒温装置である。当該恒温装置は、ガスが収容される恒温槽と、上記態様のガスセンサと、を備え、ガスセンサにより恒温槽内のガスを検出する。

### 発明の効果

[0010] 本願によれば、ガスセンサの検出精度の低下を抑制することができる。

### 図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態1に係る恒温装置の一部分を示す水平断面図である。

[図2]実施の形態2に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。

[図3]図3(A)は、実施の形態2に係る恒温装置を模式的に示す鉛直断面図である。図3(B)は、槽内ガスの流れを模式的に示す図である。

[図4]図4(A)は、変形例1に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図4(B)は、変形例2に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。

[図5]図5(A)は、実施の形態3に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図5(B)は、実施の形態3に係るガスセンサの第2端部側の端面を模式的に示す図である。

[図6]図6(A)は、変形例3に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図6(B)は、変形例3に係るガスセンサの第2端部側の端面を模式的に示す図である。

[図7]実施の形態4に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。

[図8]図8(A)は、実施の形態5に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図8(B)は、実施の形態5に係るガスセンサを模式的に示す水平断面図である。

[図9]実施の形態6に係るガスセンサを示す水平断面図である。

[図10]実施の形態7に係る恒温装置の一部を模式的に示す断面図である。

[図11]実施の形態7に係るガスセンサの構造を示す断面図である。

[図12]図12(A)は、第1端部及び第2端部の形状を模式的に示す図である。図12(B)及び図12(C)は、光通路部の形状と、光源から検出器への光の伝達効率との関係を示すグラフである。

[図13]光源及び検出器の配置を説明するための模式図である。

[図14]光源、検出器及び光反射部の配置を説明するための模式図である。

[図15]図15(A)及び図15(B)は、光通路部の材質を説明するための模式図である。

[図16]実施の形態8に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

[図17]実施の形態9に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

[図18]実施の形態10に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

[図19]図19(A)は、実施の形態11に係るガスセンサを模式的に示す平面図である。図19(B)は、実施の形態11に係るガスセンサが備える検出器と光学フィルタとを模式的に示す側面図である。

[図20]実施の形態12に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

## 発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。

実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、各図に示す各部の縮尺や形状は、説明を容易にするために便宜的に設定されており、特に言及がない限り限定的に解釈されるものではない。また、本明細書または請求項中に用いられる「第1」、「第2」等の用語は、いかなる順序や重要度を表すものでもなく、ある構成と他の構成とを区別するためのものである。

## [0013] (実施の形態 1)

図 1 は、実施の形態 1 に係る恒温装置の一部分を示す水平断面図である。図 1 では、ガスセンサ 100 を鉛直方向上方から観察したときの断面形状を図示している。本実施の形態に係る恒温装置 1 は、筐体 2 と、恒温槽 4 と、ガスセンサ 100 (100G) とを備える。本実施の形態の恒温装置 1 は、一例として乾熱滅菌機能付きの CO<sub>2</sub> インキュベータである。筐体 2 は、恒温装置 1 の外筐を構成する。恒温槽 4 は、筐体 2 の内部に配置される。恒温槽 4 には、細胞等の培養物が収容される。恒温装置 1 は、筐体 2 に設けられる図示しない外扉と恒温槽 4 に設けられる図示しない内扉とを介して、培養物を恒温槽 4 に搬入あるいは恒温槽 4 から取り出すことができる。恒温槽 4 には、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 等を含むガス (以下では、槽内ガスと称する) が収容される。

[0014] ガスセンサ 100 は、恒温槽 4 の槽内ガスに含まれる所定のガス (以下では、被検出ガスと称する) を検出するためのセンサである。本実施の形態における被検出ガスは、一例として CO<sub>2</sub> である。ガスセンサ 100 は、被検出ガスの存在及び濃度を検出することができる。ガスセンサ 100 は、検出結果を示す信号を、恒温装置 1 の図示しない制御部に送信する。ガスセンサ 100 は、恒温槽 4 の内側と外側とを連通する貫通孔 4a に挿入されて固定される。筐体 2 と恒温槽 4 との間の空間には、図示しない断熱材が配置される。

[0015] ガスセンサ 100 は、ガス検出部 101 と、ガス通路部 130 とを備える。ガス検出部 101 は、光源 102 と、検出器 104 と、ガス導入室 132 と、ブラケット 134 とを有する。光源 102、検出器 104、ガス導入室 132 及びブラケット 134 は、筐体 101a に収容される。

[0016] 光源 102 は、所定波長の光を出射する。本実施の形態の光源 102 は、一例として、黒体薄膜からなる熱型赤外光源であり、広い波長範囲で赤外光を出射する。赤外光源としては、高温の発熱体から赤外光が発生する熱型赤外光源が主流であり、発熱体はフィラメント、セラミック、薄膜などがある。

。また、光源１０２には、ＬＥＤを利用することもできる。光源１０２は、基板１３６に搭載され、基板１３６上の図示しない配線パターンに電氣的に接続される。

[0017] 検出器１０４は、光源１０２の光を受光し、被検出ガスによる光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する。具体的には検出器１０４は、図示しない受光素子で光源１０２から出射される光を受けて、被検出ガスによる光の吸収に起因した光の強度変化に基づいて、被検出ガスを検出する。本実施の形態の検出器１０４は、一例として、赤外光を吸収して電気信号を出力する赤外線センサである。このような赤外線センサとしては、フォトダイオードやフォトコンダクタ等の、光電変換によって信号を出力する量子型センサや、サーモパイルや焦電型センサ等の、赤外光吸収による温度変化を電気信号に変換する熱型センサ等を例示することができる。検出器１０４は、基板１３８に搭載され、基板１３８上の図示しない配線パターンに電氣的に接続される。

[0018] 光源１０２と検出器１０４とは、光源１０２の光出射面１０２aと検出器１０４の受光面１０４eとが対向するように配置される。光源１０２と検出器１０４との間には、被検出ガスが流入するガス導入室１３２が配置される。ガス導入室１３２は、第１空間１３２aと、第２空間１３２bと、第３空間１３２cとを有する。第１空間１３２aは、光源１０２と検出器１０４とが並ぶ方向に対して交わる方向に延在し、ガス通路部１３０に接続される。第２空間１３２bは、第１空間１３２aから光源１０２側に延びる。第３空間１３２cは、第１空間１３２aから検出器１０４側に延びる。

[0019] 第１空間１３２aには、恒温槽４内の槽内ガスがガス通路部１３０を經由して流れ込む。第２空間１３２b及び第３空間１３２cには、第１空間１３２aを通過した槽内ガスが流れ込む。第１空間１３２aと光源１０２との間に第２空間１３２bを設け、第１空間１３２aと検出器１０４との間に第３空間１３２cを設けることで、恒温槽４から光源１０２及び検出器１０４までの槽内ガスの流路長を伸ばすことができる。これにより、光源１０２及び

検出器 104 に接近する槽内ガスの温度が低下するため、光源 102 及び検出器 104 の温度上昇を抑制することができる。

[0020] また、光源 102 と検出器 104 との間には、被検出ガスを測定するために所定の距離（光学距離）を確保する必要がある。第 2 空間 132b 及び第 3 空間 132c を介さずに第 1 空間 132a に光源 102 と検出器 104 とを接続する構造では、第 1 空間 132a の幅を光学距離まで広げる必要がある。この場合、ガス導入室 132 を画成する部材の強度を確保することが困難になるおそれがある。これに対し、第 2 空間 132b 及び第 3 空間 132c を設けることで、第 1 空間 132a の幅を光学距離よりも短くすることができる。これにより、ガス導入室 132 を画成する部材の強度をより確実に確保することができる。

[0021] 好ましくは、第 2 空間 132b を画成する壁面、及び第 3 空間 132c を画成する壁面には、金属膜が成膜される。金属膜は、例えば、赤外領域で高い反射率を有する金、アルミニウム、クロム等からなる。金属膜を設けることで、光源 102 の光が第 2 空間 132b 及び第 3 空間 132c の壁面に吸収されることを抑制し、光源 102 から検出器 104 への導光効率を高めることができる。これにより、ガスセンサ 100 の検出感度を向上させることができる。

[0022] 光源 102 及び検出器 104 は、ブラケット 134 により支持される。ブラケット 134 は、第 1 収容部 134a と、第 2 収容部 134b とを有する。第 1 収容部 134a は、ガス導入室 132 の第 2 空間 132b に隣接して配置される。第 1 収容部 134a には光源 102 が収容される。光源 102 は、光出射面 102a が第 2 空間 132b 側を向くように配置される。第 1 収容部 134a は、第 2 空間 132b 側に開口を有する。この開口は、第 1 蓋部材 140 によって塞がれる。したがって、第 1 蓋部材 140 によってガス導入室 132 と第 1 収容部 134a とが隔てられ、第 1 収容部 134a 内への槽内ガスの漏出が抑制される。これにより、ガスセンサ 100 の検出精度が低下することを抑制することができる。好ましくは、第 1 収容部 134

aの開口は、第1蓋部材140によって気密に封止される。

[0023] 第2收容部134bは、ガス導入室132の第3空間132cに隣接して配置される。第2收容部134bには検出器104が收容される。検出器104は、受光面104eが第3空間132c側を向くように配置される。第2收容部134bは、第3空間132c側に開口を有する。この開口は、第2蓋部材142によって塞がれる。したがって、第2蓋部材142によってガス導入室132と第2收容部134bとが隔てられ、第2收容部134b内への槽内ガスの漏出が抑制される。これにより、ガスセンサ100の検出精度が低下することを抑制することができる。好ましくは、第2收容部134bの開口は、第2蓋部材142によって気密に封止される。

[0024] 第1蓋部材140及び第2蓋部材142は、光源102の光に対する透過性を有する（すなわち、出射光の吸収率が低い）材料からなる。したがって、第1蓋部材140及び第2蓋部材142は、光学窓を構成する。本実施の形態では、光源102から赤外光が出射されるため、第1蓋部材140及び第2蓋部材142は、例えばゲルマニウム、シリコン、サファイア等で構成される。

[0025] 光源102と、第1蓋部材140及び第2蓋部材142とは、ブラケット134を介して熱伝導可能に接続されている。これにより、光源102の熱で第1蓋部材140及び第2蓋部材142を加熱することができる。この結果、第1蓋部材140及び第2蓋部材142に結露が生じることを抑制することができる。結露の発生を抑制することで、光源102から検出器104への導光効率の低下を抑制することができる。ブラケット134は、例えばアルミニウム等の高い熱伝導性を有する材料で形成される。

[0026] 検出器104と第2蓋部材142とは、離間して配置される。検出器104と第2蓋部材142との間に空間を設けることで、第2蓋部材142から検出器104への熱伝導を抑制することができる。これにより、ガスセンサ100の検出精度をより向上させることができる。一方、光源102と第1蓋部材140とは、接触するように配置される。これにより、光源102の

熱を第1蓋部材140により効率よく伝達することができる。また、光源102から検出器104への導光効率も高めることができる。なお、検出器104は、第2収容部134bの壁面に対しても離間するように配置される。これにより、光源102の熱がブラケット134を介して検出器104に伝わることを抑制することができる。

[0027] また、光源102及び検出器104は、ガスセンサ100の外部と、ひいては恒温装置1の外部と連通している。具体的には、第1収容部134aは、第2空間132bとは反対の側にも開口を有する。同様に、第2収容部134bは、第3空間132cとは反対の側にも開口を有する。例えば、第1収容部134a及び第2収容部134bは、ブラケット134に設けられる貫通孔からなる。また、筐体101aには、開口（図示せず）が設けられる。これにより、光源102及び検出器104は、ガスセンサ100の外部及び恒温装置1の外部と連通する。このような構成により、光源102及び検出器104の存在領域を外部との間で換気することができる。この換気により、後述するパッキン120と貫通孔4aとの隙間やパッキン120とガスセンサ100との隙間から槽内ガスが漏出してしまった場合でも、漏出したガスに起因するガスセンサ100の検出精度の低下を抑制することができる。

[0028] ガス検出部101は、ガス導入室132を加熱するヒータ（図示せず）を備えてもよい。ヒータによって被検出ガスの測定領域、言い換えれば光源102と検出器104との間に位置する被検出ガスの存在空間の温度を一定に保つことで、ガスセンサ100の検出精度を向上させることができる。また、第1蓋部材140及び第2蓋部材142に結露が生じることを抑制することができる。

[0029] ガス通路部130は、被検出ガスを含む槽内ガスの通路であり、恒温槽4とガス検出部101との間に介在する。ガス通路部130を設けることで、ガス検出部101を恒温槽4から離間させることができる。これにより、恒温槽4の内部空間から光源102及び検出器104への熱の伝達を抑制する

ことができる。その結果、光源 102 及び検出器 104 の熱による損傷を抑制することができるため、ガスセンサ 100 の検出精度の低下を抑制することができる。

[0030] ガス通路部 130 は、管状部材で構成され、第 1 端部 144 と、第 1 端部 144 とは反対側の第 2 端部 146 と、第 1 端部 144 から第 2 端部 146 にかけて延在する中空部 148 とを有する。第 1 端部 144 は、ガス検出部 101 側に配置される。第 2 端部 146 は、被検出ガスの存在するガス空間側、すなわち恒温槽 4 側に配置される。

[0031] 中空部 148 の第 1 端部 144 側の端部は、ガス導入室 132 の第 1 空間 132a に接続される。中空部 148 の第 2 端部 146 側の端部は、恒温槽 4 の内部空間に接続される。中空部 148 の第 2 端部 146 側の端部には、キャップ 150 が嵌め込まれる。キャップ 150 は、耐熱性及び撥水性を有する多孔質材料、例えばポリテトラフルオロエチレン (PTFE) 等の樹脂材料や、金属メッシュ、パンチングメタル、エキスパンドメタル等で構成される。キャップ 150 の耐熱性は、好ましくは 200℃ 以上である。キャップ 150 は、槽内ガスを通過させることができる。

[0032] 被検出ガスを含む槽内ガスは、中空部 148 を介して恒温槽 4 とガス検出部 101 との間で流通する。中空部 148 は、第 2 端部 146 側から第 1 端部 144 側に近づくにつれて流路断面積  $N$  が段階的又は連続的に小さくなる形状を少なくとも一部に有する。すなわち、中空部 148 は、第 1 端部 144 と第 2 端部 146 とが並ぶ方向に対して垂直な断面の面積が、第 2 端部 146 側から第 1 端部 144 側に近づくにつれて段階的又は連続的に小さくなる形状を有する。図 1 に示される中空部 148 は、流路断面積  $N$  が第 2 端部 146 から第 1 端部 144 にかけて連続的に小さくなる形状を有する。

[0033] 第 2 端部 146 側の流路断面積  $N$  を大きくすることで、槽内ガスを中空部 148 内に取り込みやすくすることができる。一方、第 1 端部 144 側の流路断面積  $N$  を小さくすることで、光源 102 と検出器 104 との距離を接近させやすくすることができる。本実施の形態における光源 102 と検出器 1

１０４との距離は、例えば約１０ｍｍである。光源１０２と検出器１０４との距離を接近させることで、被検出ガスの検出に必要な光源１０２の光度を低減することができる。すなわち、より低パワーでの被検出ガスの測定が可能となる。また、ガス検出部１０１の大型化を抑制することができる。

[0034] ガス通路部１３０は、少なくとも一部が断熱性材料で構成される。本実施の形態のガス通路部１３０は、全体が断熱性材料で構成される。ガス通路部１３０の一部分のみが断熱性材料で構成される場合は、第１端部１４４から第２端部１４６までの間のいずれかの位置で非断熱性材料が不連続となるように、断熱性材料が配置されることが好ましい。ガス通路部１３０の少なくとも一部が断熱性材料で構成されることで、恒温槽４の内部空間の熱がガス通路部１３０を介して光源１０２及び検出器１０４に伝達されることを抑制することができる。

[0035] 例えば、断熱性材料としては、恒温槽４の内部の温度が１９０℃のときに、光源１０２及び検出器１０４周辺の温度が１００℃以下になる材料が選択される。断熱性材料として熱抵抗の高い材料を選択することで、断熱効果を高めることができる。また断熱性材料としては、高温耐性樹脂が好適である。高温耐性樹脂は、金属に比べて加工が容易であるとともに、熱抵抗が高いためである。断熱性材料の具体例としては、ポリフェニレンサルファイド（ＰＰＳ）；ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）やテフロン（登録商標）等のフッ素樹脂；ポリエーテルエーテルケトン（ＰEEK）；シリコン樹脂；ポリアミドイミド（ＰＡＩ）等を例示することができる。

[0036] 本実施の形態では、ガス通路部１３０と、ガス検出部１０１のガス導入室１３２とが断熱性材料で一体成形された構造を有する。すなわち、断熱性材料からなる一体の管状部材の内部に、中空部１４８と、第１空間１３２ａと、第２空間１３２ｂと、第３空間１３２ｃとが画成されている。

[0037] ガスセンサ１００は、恒温槽４の貫通孔４ａにガス通路部１３０が挿通された状態で、ガス通路部１３０の外側面と貫通孔４ａ内側面との間にパッキン１２０が嵌め込まれることにより、恒温槽４に対して固定される。パッキン

ン１２０は、例えばシリコン樹脂からなる。ガスセンサ１００は、ガス通路部１３０の第２端部１４６が恒温槽４内に露出し、ガス通路部１３０が貫通孔４ａ内に位置し、ガス検出部１０１が恒温槽４の外部に位置する。

[0038] ガスセンサ１００は、恒温槽４に固定された状態で、ガス通路部１３０が水平に延在するように配置される。すなわち、ガスセンサ１００は、第１端部１４４と第２端部１４６とが水平方向に並ぶように配置される。このように、ガスセンサ１００を横置きとすることで、ガス通路部１３０やガス導入室１３２の内部にダストや液体が進入することと、進入したダストや液体が内部に溜まることを抑制することができる。これにより、ガスセンサ１００の検出精度の低下を抑制することができる。

[0039] ガスセンサ１００が恒温槽４に固定された状態で、中空部１４８及び第１空間１３２ａは、水平方向で且つ恒温槽４の壁面４ｂの法線方向に延在する。第２空間１３２ｂ及び第３空間１３２ｃは、水平方向で且つ恒温槽４の壁面４ｂに平行に延在する。光源１０２及び検出器１０４は、水平方向に配列される。光源１０２と検出器１０４とをガスセンサ１００の側面に配置することで、光源１０２上あるいは検出器１０４上にダストや水分が溜まることを抑制することができる。

[0040] また、中空部１４８は、底面が第２端部１４６側に位置し、上面が第１端部１４４側に位置する略円錐台形状の部分有する。したがって、中空部１４８の鉛直方向下側の表面は、少なくとも一部において、第１端部１４４から第２端部１４６に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜するテーパ状となっている。これにより、中空部１４８やガス導入室１３２の内部からダストや液体が排出されやすくなるため、ダストや液体が溜まることをより抑制することができる。

[0041] 恒温槽４の槽内ガスは、キャップ１５０を介して中空部１４８に流入する。中空部１４８に流入した槽内ガスは、第１端部１４４側に進み、ガス導入室１３２の第１空間１３２ａに流入する。第１空間１３２ａに流入した槽内ガスは、第２空間１３２ｂ及び第３空間１３２ｃに流入する。この結果、第

1 空間 1 3 2 a ~ 第 3 空間 1 3 2 c は槽内ガスで満たされる。

[0042] 光源 1 0 2 の光は、被検出ガスに向けて出射される。すなわち、光源 1 0 2 の光は、被検出ガスを含む槽内ガスが充満する第 2 空間 1 3 2 b に向けて出射される。光源 1 0 2 から出射される光は、第 1 蓋部材 1 4 0、第 2 空間 1 3 2 b、第 1 空間 1 3 2 a における第 2 空間 1 3 2 b と第 3 空間 1 3 2 c とで挟まれる領域、第 3 空間 1 3 2 c、第 2 蓋部材 1 4 2 を経て、検出器 1 0 4 に到達する。この過程で、第 1 空間 1 3 2 a ~ 第 3 空間 1 3 2 c に存在する被検出ガスにより所定波長の光が吸収される。検出器 1 0 4 は、この所定波長の光の光量変化から、被検出ガスの存在及び濃度を検出することができる。

[0043] 本実施の形態では、光源 1 0 2 から赤外光が出射され、第 1 空間 1 3 2 a ~ 第 3 空間 1 3 2 c に存在する  $\text{CO}_2$  によって波長 4.26  $\mu\text{m}$  の光が吸収される。検出器 1 0 4 は、光源 1 0 2 から出射された光における波長 4.26  $\mu\text{m}$  の光の強度（光量）を基準として、受光素子が受けた光における波長 4.26  $\mu\text{m}$  の光の強度（光量）に基づいて  $\text{CO}_2$  の存在及び濃度を検出することができる。ガスセンサ 1 0 0 が検出可能な  $\text{CO}_2$  の濃度は、例えば 0 ~ 20 % である。

[0044] 本発明者らは、本実施の形態に係るガスセンサ 1 0 0 を用いて、 $\text{CO}_2$  の濃度を測定した。第 1 端部 1 4 4 から第 2 端部 1 4 6 までの距離は 50 mm とした。ガス通路部 1 3 0 とガス検出部 1 0 1 とが並ぶ方向における第 1 端部 1 4 4 から光出射面 1 0 2 a の中心までの距離は 10 mm とした。第 1 蓋部材 1 4 0 から第 2 蓋部材 1 4 2 までの距離は 10 mm とした。中空部 1 4 8 の第 2 端部 1 4 6 側の直径は 20 mm とした。ガス導入室 1 3 2 には、5 % 濃度の  $\text{CO}_2$  ガスを導入した。光源 1 0 2 には、ブロードな発光スペクトルを持つ黒体放射の赤外発光光源を用いた。検出器 1 0 4 の受光面 1 0 4 e には、波長 4.26  $\mu\text{m}$  の光のみを透過する光学フィルタを設置した。この  $\text{CO}_2$  の濃度測定の結果、ガスセンサ 1 0 0 の検出感度が良好であり、高精度に  $\text{CO}_2$  の濃度を検出できることを確認した。また、恒温槽 4 内を 190 °C に加熱

し、光源１０２及び検出器１０４の周辺温度を測定した。そして、当該周辺温度が１００℃以下であることを確認した。

[0045] 以上説明したように、本実施の形態に係るガスセンサ１００は、光源１０２及び検出器１０４を有するガス検出部１０１と、恒温槽４とガス検出部１０１との間で被検出ガスを流通させるガス通路部１３０とを備える。ガス通路部１３０は、第１端部１４４、第２端部１４６、及び第１端部１４４から第２端部１４６にかけて延在する中空部１４８を有する。中空部１４８は、第２端部１４６側から第１端部１４４側に近づくにつれて流路断面積 $N$ が段階的又は連続的に小さくなる形状を有する。第１端部１４４はガス検出部１０１側に配置され、第２端部１４６はガス空間側に配置される。被検出ガスは、中空部１４８を介して恒温槽４とガス検出部１０１との間で流通する。

[0046] ガス通路部１３０を設けることで、光源１０２及び検出器１０４と、恒温槽４とを熱的に分離することができる。これにより、槽内ガスの温度が光源１０２及び検出器１０４の耐熱温度を超える場合や、槽内ガスが充填される空間に乾熱滅菌が施される場合等、恒温槽４の温度が高温になる場合であっても、光源１０２及び検出器１０４の熱による損傷を抑制することができる。よって、ガスセンサ１００の検出精度の低下を抑制することができる。

[0047] また、ガスセンサ１００を恒温装置１に搭載することで、槽内ガスに含まれる被検出ガスの濃度を高精度に検出することができるため、恒温装置１の性能を向上させることができる。また、ガスセンサ１００を取り外すことなく乾熱滅菌処理を施すことができるため、恒温装置１の使い勝手を向上させることができる。

[0048] なお、本実施の形態では、光源１０２と検出器１０４とを水平方向に配列しているが、特にこの構成に限定されない。例えば、光源１０２と検出器１０４とは、鉛直方向に配列されてもよい。この場合、光源１０２を下方に配置することが好ましい。これにより、光源１０２の熱を第１蓋部材１４０及び第２蓋部材１４２に伝えやすくすることができる。この結果、第１蓋部材１４０に結露が生じることを抑制することができる。

## [0049] (実施の形態2)

図2は、実施の形態2に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図3(A)は、実施の形態2に係る恒温装置を模式的に示す鉛直断面図である。図3(B)は、槽内ガスの流れを模式的に示す図である。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態1と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。

[0050] 図2に示すように、本実施の形態に係るガスセンサ100(100H)は、光源102、検出器104(図1参照)及びガス導入室132を有するガス検出部101と、ガス通路部130とを備える。ガス通路部130は、第1端部144と、第2端部146と、中空部148と、仕切り部材152とを有する。第1端部144は、ガス検出部101側に配置され、第2端部146は、恒温槽4側に配置される。ガス通路部130は、中空部148を介して被検出ガスを恒温槽4とガス検出部101との間で流通させる。中空部148は、第2端部146側から第1端部144側に近づくにつれて流路断面積Nが小さくなる形状を有する。また、中空部148は、鉛直方向下側の表面148cが第1端部144から第2端部146に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜する。

[0051] 仕切り部材152は、中空部148を、第1領域148a及び第2領域148bの少なくとも2つの領域に区画する部材である。本実施の形態では、仕切り部材152によって中空部148が第1領域148a及び第2領域148bの2つの領域に区画されている。第1領域148a及び第2領域148bは、それぞれ第1端部144側から第2端部146側に延在する。本実施の形態では、仕切り部材152は、第1端部144から第2端部146にかけて延在する。したがって、第1領域148a及び第2領域148bは、それぞれ第1端部144から第2端部146にかけて延在する。

[0052] また、ガス通路部130は、ガス流入口154と、ガス流出口156とを有する。ガス流入口154は、第2端部146に配置されて、恒温槽4の内部空間と第1領域148aとを接続する。ガス流出口156は、第2端部1

46に配置されて、第2領域148bと恒温槽4の内部空間とを接続する。ガス流入口154は多孔質部材158で塞がれ、ガス流出口156は多孔質部材160で塞がれる。多孔質部材158、160を構成する材料としては、キャップ150を構成する材料と同じものが例示される。多孔質部材158、160は、被検出ガスを通過させることができる。

[0053] ガス流入口154及びガス流出口156の開口面は、第1端部144と第2端部146とが並ぶ方向B（図2において矢印Bで示す方向）に対して平行に延在する。多孔質部材158及び多孔質部材160が方向Bに対して平行に延在していることから、ガス流入口154及びガス流出口156の開口面が矢印Bに対して平行に延在することが理解できる。すなわち、ガス流入口154及びガス流出口156は、ガス通路部130の側面に配置されている。

[0054] 図3（A）及び図3（B）に示すように、ガスセンサ100は、ガス流入口154及びガス流出口156が恒温槽4の壁面4bから内部空間に突出するようにして、恒温槽4の壁面4bに設置される。通常、恒温槽4内には、槽内ガスの流れ（ガス流れF）が存在する。ガス流入口154は、開口面が恒温槽4におけるガス流れFと交わるように、すなわち被検出ガスの流れる方向と交わるように配置される。好ましくは、ガス流入口154は、開口面がガス流れFと直交するように配置される。また、ガス流出口156は、ガス流れFの方向においてガス流入口154とは反対側に配置される。

[0055] また、ガス流入口154は、ガス流れFの上流側に配置され、ガス流出口156は、ガス流入口154よりもガス流れFの下流側に配置される。さらに、第2端部146は、恒温槽4において被検出ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に配置される。そして、ガス流入口154はガス流出口156よりも鉛直方向上方に配置される。

[0056] 恒温槽4に存在する、被検出ガスを含む槽内ガスは、ガス流入口154から中空部148内に流入し、第1領域148aを第1端部144に向かって流れてガス検出部101に到達する。これにともない、ガス検出部101に

存在する、被検出ガスを含む槽内ガスは、第2領域148bを第2端部146に向かって流れてガス流出口156から恒温槽4に流出する。

[0057] このように、仕切り部材152で中空部148を第1領域148aと第2領域148bとに分割し、第1領域148aにガス流入口154を設け、第2領域148bにガス流出口156を設けることで、中空部148内での槽内ガスの流れを整えて、対流を生じさせることができる。これにより、被検出ガスをより効率的にガス検出部101へ導入することができ、したがって、ガス導入室132内のガスを速やかに置換することができる。よって、ガスセンサ100の検出速度を向上させることができる。

[0058] また、ガス流れFの存在する領域にガスセンサ100の第2端部146を突出させると、ガス流れFの上流側の面、すなわちガス流れFが直に当たる面にかかる圧力は、下流側の面、すなわちガス流れFが回り込んで到達する面にかかる圧力に比べて大きくなる。したがって、上流側の面と下流側の面とで圧力差が生じる。このため、ガス流れFに対して上流側にガス流入口154を配置し、下流側にガス流出口156を配置することで、この圧力差を利用して、槽内ガスを中空部148内に円滑に導入することができる。

[0059] また、ガス流入口154は、第1端部144と第2端部146とが並ぶ方向Bに対して平行に延在する開口面を有し、開口面がガス流れFの方向と交わるように配置される。これにより、ガス流入口154にガス流れFを直接当てることができるため、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0060] さらに本実施の形態では、槽内ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に第2端部146が配置され、ガス流入口154はガス流出口156よりも鉛直方向上方に配置されている。これにより、槽内ガスにかかる重力を利用して上述の圧力差をより大きくすることができる。よって、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0061] また、ガス流入口154は、ガス流出口156よりも開口面積が大きい。これにより、第1領域148a内と第2領域148b内とに、開口面積の差

に起因する差圧を生じさせることができる（ベルヌーイの定理）。具体的には、第1領域148a内に比べて第2領域148b内の圧力が小さくなる。したがって、第1領域148a内に比べて第2領域148b内における槽内ガスの流速が速くなる。よって、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0062] また、本実施の形態に係る恒温装置1は、槽内ガスが壁面4bに沿って流れるように送風するファン6をさらに備える。ガスセンサ100は、ファン6よりもガス流れFの下流側に配置される。ファン6を設けることで、ガス流入口154側とガス流出口156側との間の圧力差をより大きくすることができる。よって、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0063] また、恒温装置1は、槽内ガスが流れるガス流路8をさらに備える。ガス流路8は、恒温槽4の内部空間において、壁面4bに沿って配置される。例えば、ガス流路8は、壁面4bに沿って延在する仕切り板10と、壁面4bとで画成される。ガス流路8を設けることで、ガス流れFをガスセンサ100の第2端部146により確実に当てることができる。よって、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。本実施の形態では、ガス流路8の入口近傍にファン6が配置される。また、恒温装置1は、槽内ガスを恒温槽4に導入するためのガス導入管12を有する。ガス導入管12は、好ましくはガス導入管12とガスセンサ100との間にファン6が位置するように配置される。

[0064] 実施の形態2に係るガスセンサ100には、以下の変形例を挙げることができる。図4（A）は、変形例1に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図4（B）は、変形例2に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。

[0065] 図4（A）に示すように、変形例1に係るガスセンサ100（100H'）では、ガス流入口154及びガス流出口156の開口面が、第1端部144と第2端部146とが並ぶ方向Bに対して交わる方向に延在する。したが

って、ガス流入口１５４及びガス流出口１５６は、開口面が恒温槽４におけるガス流れＦに対して略平行に延在する。ガス流入口１５４及びガス流出口１５６は、被検出ガスが通過可能な多孔質部材１６２で塞がれる。多孔質部材１６２を構成する材料としては、キャップ１５０を構成する材料と同じものが例示される。このような構成によっても、ガス流入口１５４側とガス流出口１５６側との圧力差を利用した中空部１４８への槽内ガスの導入が可能である。

[0066] 図４（Ｂ）に示すように、変形例２に係るガスセンサ１００（１００Ｈ’）は、実施の形態２と変形例１とを組み合わせた構造を有する。すなわち、ガス流入口１５４及び１５６の開口面は、第１端部１４４と第２端部１４６とが並ぶ方向Ｂに対して平行に延在する領域と、第１端部１４４と第２端部１４６とが並ぶ方向Ｂに対して交わる方向に延在する領域とを有する。これにより、中空部１４８への槽内ガスの取り込み量を増やすことができるため、ガス検出部１０１への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0067] （実施の形態３）

図５（Ａ）は、実施の形態３に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図５（Ｂ）は、実施の形態３に係るガスセンサの第２端部側の端面を模式的に示す図である。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態１と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。

[0068] 本実施の形態に係るガスセンサ１００（１００Ｉ）は、光源１０２、検出器１０４（図１参照）及びガス導入室１３２を有するガス検出部１０１と、ガス通路部１３０とを備える。ガス通路部１３０は、第１端部１４４と、第２端部１４６と、中空部１４８と、仕切り部材１５２とを有する。第１端部１４４は、ガス検出部１０１側に配置され、第２端部１４６は、恒温槽４側に配置される。ガス通路部１３０は、中空部１４８を介して被検出ガスを恒温槽４とガス検出部１０１との間で流通させる。中空部１４８は、第２端部

146側から第1端部144側に近づくにつれて流路断面積Nが小さくなる形状を有する。また、中空部148は、鉛直方向下側の表面148cが第1端部144から第2端部146に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜する。

[0069] 仕切り部材152は、中空部148を、第1領域148a及び第2領域148bの少なくとも2つの領域に区画する部材である。本実施の形態では、仕切り部材152によって中空部148が第1領域148a及び第2領域148bの2つの領域に区画されている。第1領域148a及び第2領域148bは、それぞれ第1端部144から第2端部146にかけて延在する。

[0070] また、ガス通路部130は、ガス流入口154と、ガス流出口156とを有する。ガス流入口154は、第2端部146に配置されて、恒温槽4の内部空間と第1領域148aとを接続する。ガス流出口156は、第2端部146に配置されて、第2領域148bと恒温槽4の内部空間とを接続する。ガス流入口154及びガス流出口156は、被検出ガスが通過可能な多孔質部材164で塞がれる。多孔質部材164を構成する材料としては、キャップ150を構成する材料と同じものが例示される。ガス流入口154及びガス流出口156の開口面は、第1端部144と第2端部146とが並ぶ方向Bに対して交わる方向に延在する。

[0071] また、ガス流入口154は、ガス流出口156よりも開口面積が大きい。本実施の形態では、仕切り部材152の第2端部146側の端部152aが、多孔質部材164に埋め込まれている。そして、端部152aは、ガス流入口154とガス流出口156との境界を構成する。また、仕切り部材152は、第1端部144から第2端部146に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜している。これにより、開口面積の大きいガス流入口154と、開口面積の小さいガス流出口156とが形成されている。

[0072] ガスセンサ100は、恒温槽4の壁面4bに設置される(図1, 3(A)参照)。通常、恒温槽4内には、槽内ガスの流れ(ガス流れF)が存在する。ガス流入口154は、ガス流れFの上流側に配置され、ガス流出口156

は、ガス流入口 1 5 4 よりもガス流れ F の下流側に配置される。さらに、第 2 端部 1 4 6 は、恒温槽 4 において被検出ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に配置される。そして、ガス流入口 1 5 4 はガス流出口 1 5 6 よりも鉛直方向上方に配置される。

[0073] 恒温槽 4 に存在する、被検出ガスを含む槽内ガスは、ガス流入口 1 5 4 から中空部 1 4 8 内に流入し、第 1 領域 1 4 8 a を第 1 端部 1 4 4 に向かって流れてガス検出部 1 0 1 に到達する。これにともない、ガス検出部 1 0 1 に存在する、被検出ガスを含む槽内ガスは、第 2 領域 1 4 8 b を第 2 端部 1 4 6 に向かって流れてガス流出口 1 5 6 から恒温槽 4 に流出する。

[0074] このように、仕切り部材 1 5 2 で中空部 1 4 8 を第 1 領域 1 4 8 a と第 2 領域 1 4 8 b とに分割し、第 1 領域 1 4 8 a にガス流入口 1 5 4 を設け、第 2 領域 1 4 8 b にガス流出口 1 5 6 を設けることで、中空部 1 4 8 内での槽内ガスの流れを整えることができる。これにより、ガスセンサ 1 0 0 の検出速度を向上させることができる。

[0075] また、ガス流入口 1 5 4 は、ガス流出口 1 5 6 よりも開口面積が大きい。このため、第 1 領域 1 4 8 a 内と第 2 領域 1 4 8 b 内とは、開口面積の差に起因する差圧が生じる。具体的には、第 1 領域 1 4 8 a 内に比べて第 2 領域 1 4 8 b 内の圧力が小さくなる。これにより、第 1 領域 1 4 8 a 内に比べて第 2 領域 1 4 8 b 内における槽内ガスの流速が速くなる。よって、ガス検出部 1 0 1 への被検出ガスの導入効率を高めることができる。

[0076] また、仕切り部材 1 5 2 の傾斜によって、少なくとも一部において、第 1 領域 1 4 8 a の流路断面積よりも第 2 領域 1 4 8 b の流路断面積の方が小さくなっている。これにより、第 1 領域 1 4 8 a 内に比べて第 2 領域 1 4 8 b 内における槽内ガスの流速が速くなる。よって、ガス検出部 1 0 1 への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0077] さらに、槽内ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に第 2 端部 1 4 6 が配置され、ガス流入口 1 5 4 はガス流出口 1 5 6 よりも鉛直方向上方に配置されている。これにより、槽内ガスにかかる重力を利用してガス流入口 1

５４とガス流出口１５６とにおける圧力差を大きくすることができる。よって、ガス検出部１０１への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0078] 実施の形態３に係るガスセンサ１００には、以下の変形例を挙げることができる。図６（Ａ）は、変形例３に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図６（Ｂ）は、変形例３に係るガスセンサの第２端部側の端面を模式的に示す図である。

[0079] 図６（Ａ）及び図６（Ｂ）に示すように、変形例３に係るガスセンサ１００（１００１'）では、ガス流出口１５６の一部が塞がれることで、ガス流入口１５４及びガス流出口１５６の開口面積に差が付けられている。本変形例では、ガス流出口１５６の一部を塞ぐ部材として、フィン構造を有する整流板１６６が用いられている。

[0080] 整流板１６６は、第２端部１４６におけるガス流入口１５４とガス流出口１５６との間の領域から恒温槽４の内部空間に向けて突出する部材である。整流板１６６は、ガス通路部１３０側の端部が、多孔質部材１６４における第２領域１４８ｂと接する領域に埋め込まれている。これにより、ガス流出口１５６の開口面積をガス流入口１５４の開口面積よりも小さくすることができる。

[0081] また、整流板１６６は、恒温槽４の内部空間側に突出する部分によって、恒温槽４におけるガス流れＦ（被検出ガスの流れ）を規制する。恒温槽４を流れる槽内ガスの一部は、第２端部１４６の近傍を通過する際に整流板１６６に当たり、進行方向がガス流入口１５４に向けられる。したがって、整流板１６６によって槽内ガスを中空部１４８内に誘導することができる。これにより、ガス検出部１０１への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0082] （実施の形態４）

図７は、実施の形態４に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態１と異なる構成

を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。

- [0083] 本実施の形態に係るガスセンサ100（100J）は、光源102、検出器104及びガス導入室132を有するガス検出部101と、ガス通路部130とを備える。ガス通路部130は、第1端部144と、第2端部146と、中空部148と、仕切り部材152とを有する。第1端部144は、ガス検出部101側に配置され、第2端部146は、恒温槽4側に配置される。ガス通路部130は、中空部148を介して被検出ガスを恒温槽4とガス検出部101との間で流通させる。中空部148は、第2端部146側から第1端部144側に近づくにつれて流路断面積Nが小さくなる形状を有する。また、中空部148は、鉛直方向下側の表面148cが第1端部144から第2端部146に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜する。
- [0084] 仕切り部材152は、中空部148を、第1領域148a及び第2領域148bの少なくとも2つの領域に区画する部材である。本実施の形態では、仕切り部材152によって中空部148が第1領域148a及び第2領域148bの2つの領域に区画されている。第1領域148a及び第2領域148bは、それぞれ第1端部144から第2端部146にかけて延在する。
- [0085] また、ガス通路部130は、ガス流入口154と、ガス流出口156とを有する。ガス流入口154は、第2端部146に配置されて、恒温槽4の内部空間と第1領域148aとを接続する。ガス流出口156は、第2端部146に配置されて、第2領域148bと恒温槽4の内部空間とを接続する。ガス流入口154及びガス流出口156は、被検出ガスが通過可能な多孔質部材168で塞がれる。多孔質部材168を構成する材料としては、キャップ150を構成する材料と同じものが例示される。ガス流入口154及びガス流出口156の開口面は、第1端部144と第2端部146とが並ぶ方向Bに対して交わる方向に延在する。また、ガス流入口154は、ガス流出口156よりも開口面積が大きい。
- [0086] 本実施の形態では、光源102は、検出器104よりも鉛直方向下方に配

置される。また、ガス流入口１５４は、ガス流出口１５６よりも鉛直方向下方に配置される。したがって、第１領域１４８ａは、第２領域１４８ｂよりも鉛直方向下方で延在する。ガス検出部１０１では、鉛直方向下方に配置された光源１０２の熱によってガス導入室１３２内のガスが温められる。これにより、光源１０２から検出器１０４に向かって上昇するガスの流れが発生する。ガス導入室１３２において上昇流となったガスは、第２領域１４８ｂを第２端部１４６側に進み、ガス流出口１５６から流出する。一方、第１領域１４８ａ側では、光源１０２の熱に起因するガスの上昇流によって圧力が低下する。このため、ガス流入口１５４から第１領域１４８ａに槽内ガスが流れ込む。これにより、ガス流入口１５４から中空部１４８内に流入した槽内ガスがガス検出部１０１に到達し、再び中空部１４８内を経てガス流出口１５６から流出するという、槽内ガスの循環が生まれる。

[0087] このように、仕切り部材１５２で中空部１４８を第１領域１４８ａと第２領域１４８ｂとに分割し、第１領域１４８ａにガス流入口１５４を設け、第２領域１４８ｂにガス流出口１５６を設けることで、中空部１４８内での槽内ガスの流れを整えることができる。これにより、ガスセンサ１００の検出速度を向上させることができる。また、光源１０２の熱を利用して被検出ガスを循環させているため、ガスセンサ１００の検出速度をより向上させることができる。

[0088] また、中空部１４８は、鉛直方向上側の表面１４８ｄが第１端部１４４から第２端部１４６に近づくにつれて鉛直方向上方に向かうように傾斜するテーパ状となっている。これにより、ガス検出部１０１からガス流出口１５６への槽内ガスの流れをより円滑にすることができる。よって、ガスセンサ１００の検出速度をより向上させることができる。また、鉛直方向上側の表面１４８ｄの傾斜は、鉛直方向下側の表面１４８ｃの傾斜よりも急である。これにより、ガスセンサ１００の大型化を抑制することができる。

[0089] また、ガス流入口１５４は、ガス流出口１５６よりも開口面積が大きい。このため、第１領域１４８ａ内と第２領域１４８ｂ内とは、開口面積の差

に起因する差圧が生じる。これにより、第1領域148a内に比べて第2領域148b内における槽内ガスの流速が速くなる。よって、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。また、仕切り部材152は、第1端部144から第2端部146に近づくにつれて鉛直方向上方に向かうように傾斜している。このため、少なくとも一部において、第1領域148aの流路断面積よりも第2領域148bの流路断面積の方が小さくなっている。これにより、第1領域148a内に比べて第2領域148b内における槽内ガスの流速が速くなる。よって、ガス検出部101への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0090] (実施の形態5)

図8(A)は、実施の形態5に係るガスセンサを模式的に示す鉛直断面図である。図8(B)は、実施の形態5に係るガスセンサを模式的に示す水平断面図である。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態1及び2と異なる構成を中心に説明し、実施の形態1又は2と共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。

[0091] 本実施の形態に係るガスセンサ100(100K)は、光源102及び検出器104を有するガス検出部101と、ガス通路部130とを備える。ガス通路部130は、第1端部144と、第2端部146と、中空部148と、仕切り部材152とを有する。第1端部144は、ガス検出部101側に配置され、第2端部146は、恒温槽4側に配置される。ガス通路部130は、中空部148を介して被検出ガスを恒温槽4とガス検出部101との間で流通させる。中空部148は、第2端部146側から第1端部144側に近づくにつれて流路断面積Nが小さくなる形状を有する。また、中空部148は、鉛直方向下側の表面148cが第1端部144から第2端部146に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜する。

[0092] 仕切り部材152は、中空部148を、第1領域148a及び第2領域148bの少なくとも2つの領域に区画する部材である。本実施の形態では、仕切り部材152によって中空部148が第1領域148a及び第2領域1

４８ｂの２つの領域に区画されている。第１領域１４８ａ及び第２領域１４８ｂは、それぞれ第１端部１４４側から第２端部１４６側に延在する。なお、仕切り部材１５２の両端は、第１端部１４４及び第２端部１４６まで延在していない。したがって、中空部１４８内において、第１領域１４８ａ及び第２領域１４８ｂの両端部は連通している。第１端部１４４側での第１領域１４８ａと第２領域１４８ｂとの接続面積と、第２端部１４６側での当該接続面積とは、ガス流入口１５４から流入した槽内ガスの大部分あるいは全てが第１領域１４８ａを通過して第１端部１４４側に流れるように設定される。

[0093] また、ガス通路部１３０は、ガス流入口１５４と、ガス流出口１５６とを有する。ガス流入口１５４は、第２端部１４６に配置されて、恒温槽４と第１領域１４８ａとを接続する。ガス流出口１５６は、第２端部１４６に配置されて、第２領域１４８ｂと恒温槽４とを接続する。ガス流入口１５４は多孔質部材１５８で塞がれ、ガス流出口１５６は多孔質部材１６０で塞がれる。ガス流入口１５４及びガス流出口１５６の開口面は、第１端部１４４と第２端部１４６とが並ぶ方向Ｂに対して平行に延在する。すなわち、ガス流入口１５４及びガス流出口１５６は、ガス通路部１３０の側面に配置されている。

[0094] 光源１０２は、光出射面１０２ａが中空部１４８側を向くように配置される。すなわち、光源１０２は、出射する光Ｍが中空部１４８を通過するように配置される。また、検出器１０４は、受光面１０４ｅが中空部１４８側を向くように配置される。光源１０２及び検出器１０４は、光源１０２から出射される光Ｍが検出器１０４の受光面１０４ｅに直に照射されないよう、互いの位置関係が定められる。

[0095] また、ガスセンサ１００は、光反射部１０８を備える。光反射部１０８は、ガス通路部１３０の第２端部１４６に固定される。光反射部１０８は、凹面反射面１０８ａを含む。凹面反射面１０８ａは、中空部１４８を臨むように配置される。これにより、凹面反射面１０８ａは、光源１０２及び検出器１０４と対向する。凹面反射面１０８ａは例えば、赤外領域で高い反射率を

有する金、アルミニウム、クロム等の金属を光反射部 108 の表面に成膜することで、形成することができる。

[0096] 光源 102 から出射される光 M は、中空部 148 内を進行して凹面反射面 108 a で反射され、再び中空部 148 内を進行して検出器 104 に到達する。したがって、中空部 148 は、光 M の通路としても機能する。中空部 148 を画成する壁面には、金属膜 114 が成膜される。金属膜 114 は、例えば、赤外領域で高い反射率を有する金、アルミニウム、クロム等からなる。金属膜 114 を設けることで、光源 102 の光が中空部 148 の壁面に吸収されることを抑制し、光源 102 から検出器 104 への導光効率を高めることができる。これにより、ガスセンサ 100 の検出感度を向上させることができる。また、仕切り部材 152 は金属からなる。例えば、仕切り部材 152 は赤外領域で高い反射率を有する金、アルミニウム、クロム等からなる。また、好ましくは、仕切り部材 152 の表面には鏡面処理が施され、光 M の反射率が高められる。これにより、光源 102 から検出器 104 への導光効率を高めることができる。

[0097] また、ガス検出部 101 は、ブラケット 170 を有する。ブラケット 170 は、光源 102 及び検出器 104 の収容部 172 を有する。収容部 172 は、中空部 148 側に開口を有する。この開口は、蓋部材 174 によって塞がれる。好ましくは、収容部 172 の開口は、蓋部材 174 によって気密に封止される。蓋部材 174 は、光源 102 の光に対する透過性を有する材料からなる。本実施の形態では、光源 102 から赤外光が出射されるため、蓋部材 174 は、例えばゲルマニウム、シリコン、サファイア等で構成される。

[0098] ガスセンサ 100 は、ガス流入口 154 及びガス流出口 156 が恒温槽 4 の壁面 4 b から槽内に突出するようにして、恒温槽 4 の壁面 4 b に設置される（図 3（A）参照）。ガス流入口 154 は、開口面が恒温槽 4 におけるガス流れ F（すなわち、被検出ガスの流れる方向）と交わるように配置される。好ましくは、ガス流入口 154 は、開口面がガス流れ F と直交するように

配置される。また、ガス流出口 1 5 6 は、ガス流れ F の方向においてガス流入口 1 5 4 とは反対側に配置される。

[0099] また、ガス流入口 1 5 4 は、ガス流れ F の上流側に配置され、ガス流出口 1 5 6 は、ガス流入口 1 5 4 よりもガス流れ F の下流側に配置される。さらに、第 2 端部 1 4 6 は、恒温槽 4 において被検出ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に配置される。そして、ガス流入口 1 5 4 はガス流出口 1 5 6 よりも鉛直方向上方に配置される。

[0100] 恒温槽 4 に存在する槽内ガスは、ガス流入口 1 5 4 から中空部 1 4 8 内に流入し、第 1 領域 1 4 8 a を第 1 端部 1 4 4 に向かって流れてガス検出部 1 0 1 に到達する。これにともない、ガス検出部 1 0 1 に存在する槽内ガス（蓋部材 1 7 4 に接する槽内ガス）は、第 2 領域 1 4 8 b を第 2 端部 1 4 6 に向かって流れてガス流出口 1 5 6 から恒温槽 4 に流出する。

[0101] このように、仕切り部材 1 5 2 で中空部 1 4 8 を第 1 領域 1 4 8 a と第 2 領域 1 4 8 b とに分割し、第 1 領域 1 4 8 a にガス流入口 1 5 4 を設け、第 2 領域 1 4 8 b にガス流出口 1 5 6 を設けることで、中空部 1 4 8 内での槽内ガスの流れを整えることができる。これにより、ガス検出部 1 0 1 への被検出ガスの導入効率を高めることができ、ガスセンサ 1 0 0 の検出速度を向上させることができる。

[0102] また、ガス流れ F の存在する領域にガスセンサ 1 0 0 の第 2 端部 1 4 6 を突出させることで、ガス流れ F の上流側の面と下流側の面とで圧力差を生じさせることができる。ガス流れ F に対して上流側にガス流入口 1 5 4 を配置し、下流側にガス流出口 1 5 6 を配置することで、この圧力差を利用して、槽内ガスを中空部 1 4 8 内に円滑に導入することができる。

[0103] また、ガス流入口 1 5 4 は、第 1 端部 1 4 4 と第 2 端部 1 4 6 とが並ぶ方向 B に対して平行に延在する開口面を有し、開口面がガス流れ F の方向と交わるように配置される。これにより、ガス検出部 1 0 1 への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。さらに、槽内ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に第 2 端部 1 4 6 が配置され、ガス流入口 1 5 4 はガス流出

口 1 5 6 よりも鉛直方向上方に配置されている。これにより、ガス検出部 1 0 1 への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0104] また、ガス流入口 1 5 4 は、ガス流出口 1 5 6 よりも開口面積が大きい。このため、第 1 領域 1 4 8 a と第 2 領域 1 4 8 b とには、開口面積の差に起因する差圧が生じる。これにより、ガス検出部 1 0 1 への被検出ガスの導入効率をより高めることができる。

[0105] 光源 1 0 2 から出射される光 M は、中空部 1 4 8 内を進行し、直にあるいは金属膜 1 1 4 及び仕切り部材 1 5 2 で反射されながら第 2 端部 1 0 6 b に到達する。そして、光 M は凹面反射面 1 0 8 a で反射され、再び中空部 1 4 8 内を進行し、直にあるいは金属膜 1 1 4 及び仕切り部材 1 5 2 で反射されながら検出器 1 0 4 に到達する。この過程で、光 M は中空部 1 4 8 に充満した槽内ガスを通過する。この際、槽内ガスに含まれる被検出ガスにより所定波長の光が吸収される。検出器 1 0 4 は、光源 1 0 2 から出射された光における所定波長の光の強度（光量）を基準として、受光素子が受けた光における所定波長の光の強度（光量）に基づいて被検出ガスの存在及び濃度を検出することができる。

[0106] このように、槽内ガスが充満する中空部 1 4 8 に光 M を通過させて被検出ガスを検出する構成とすることで、被検出ガスの測定距離を伸ばすことができる。この結果、例えば水蒸気（ $H_2O$ ）等の比較的長い測定距離が必要とされるガスを、より高精度に検出することができる。また、被検出ガスが微量であっても、高精度に検出することができる。

[0107] 好ましくは、中空部 1 4 8 は、第 1 端部 1 4 4 側の開口形状が楕円状であり、第 2 端部 1 4 6 側の開口形状が真円状である。また、中空部 1 4 8 は、第 1 端部 1 4 4 から第 2 端部 1 4 6 にかけて楕円から真円に近づくように徐々に変化する形状を有する。これにより、両端が真円状あるいは楕円状の中空部に比べて、光源 1 0 2 から検出器 1 0 4 への光 M の伝達効率を向上させることができる。

[0108] 中空部 1 4 8 の第 1 端部 1 4 4 側を楕円状とする場合、光源 1 0 2 及び検

出器 104 は、光源 102 及び検出器 104 と中空部 148 との配列方向から見て、楕円の中心（楕円の長軸と短軸との交点）を対称点とする点対称の位置に配置されることが好ましい。この場合、例えば光源 102 及び検出器 104 の任意の一部が、点対称の位置に配置される。あるいは、光源 102 の光出射面 102 a の中心と検出器 104 の第 2 検出部 104 b の中心とが、点対称の位置に配置される。これにより、光源 102 から出射される光を検出器 104 へより集光させることができる。よって、光 M の伝達効率を向上させることができる。また、光源 102 及び検出器 104 は、より好ましくは楕円の長径上に配置され、さらに好ましくは光源 102 が楕円の一方の焦点上に、検出器 104 が楕円の他方の焦点上にそれぞれ配置される。これにより、光 M の伝達効率をより向上させることができる。

[0109] （実施の形態 6）

図 9 は、実施の形態 6 に係るガスセンサを示す水平断面図である。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態 1 と異なる構成を中心に説明し、実施の形態 1 と共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。

[0110] 本実施の形態に係るガスセンサ 100（100L）は、光源 102、検出器 104 及びガス導入室 132 を有するガス検出部 101 と、ガス通路部 130 とを備える。ガス通路部 130 は、第 1 端部 144 と、第 2 端部 146 と、中空部 148 とを有する。第 1 端部 144 は、ガス検出部 101 側に配置され、第 2 端部 146 は、恒温槽 4 側に配置される。ガス通路部 130 は、中空部 148 を介して被検出ガスを恒温槽 4 とガス検出部 101 との間で流通させる。中空部 148 は、第 2 端部 146 側から第 1 端部 144 側に近づくにつれて流路断面積 N が小さくなる形状を有する。

[0111] 光源 102 は、基板 136 に搭載され、基板 136 上の図示しない配線パターンに電氣的に接続される。また、基板 136 には、加熱素子 180 が搭載される。加熱素子 180 は、例えば通電により所定温度まで発熱する抵抗体である。加熱素子 180 は、第 1 蓋部材 140 の近傍に配置され、基板 1

36上の配線パターンに電氣的に接続される。加熱素子180の熱により、第1蓋部材140及び第2蓋部材142を加熱することができる。

[0112] 検出器104は、基板138に搭載され、基板138上の図示しない配線パターンに電氣的に接続される。また、基板138には、加熱素子182が搭載される。加熱素子182は、加熱素子180と同様の抵抗体で構成される。加熱素子182は、第2蓋部材142の近傍に配置され、基板138上の配線パターンに電氣的に接続される。加熱素子182の熱により、第1蓋部材140及び第2蓋部材142を加熱することができる。

[0113] 加熱素子180、182で第1蓋部材140及び第2蓋部材142を加熱することで、第1蓋部材140及び第2蓋部材142に結露が生じることを抑制することができる。結露の発生を抑制することで、光源102から検出器104への導光効率の低下を抑制することができ、ガスセンサ100の検出精度をより高めることができる。また、加熱素子180、182を用いることで、ヒータを設ける場合に比べてガスセンサ100を小型化することができる。また、第1蓋部材140及び第2蓋部材142を局所的に加熱することができるため、ガスセンサ100の低消費電力化が可能である。さらに、加熱素子180を光源102と同一の基板136に実装し、加熱素子182を検出器104と同一の基板138に実装することで、ガスセンサ100の小型化や部品点数の削減が可能である。

[0114] なお、検出器104は、周囲の温度により出力が変動しやすい機器である。例えば、検出器104の一例であるサーモパイルは、その構造に起因して出力変動しやすいことが知られている。具体的には、サーモパイルで構成される検出素子は、台座と、台座から熱的に分離された薄膜部とを有する。薄膜部は、赤外線吸収により温度が上昇する検出部として機能する。当該検出素子は、台座を冷接点、すなわち基準温度として、薄膜部と台座の温度差による起電力を検出する。このため、台座や台座に熱的に接続された配線の温度変化が、検出素子の出力に大きく影響を及ぼす。通常この出力変動への対応として、基板と検出素子との間に断熱材が配置され、基板の熱が検出素

子に伝わることを抑制している。

[0115] しかしながら、本実施の形態では、加熱素子 182 により基板 138 を加熱している。このため、断熱材だけでは、熱による検出器 104 の出力変動を十分に抑制できない可能性がある。これに対し、本発明者らは鋭意研究を重ねた結果、加熱素子 180 及び加熱素子 182 の発熱量のバランスを調整することで、検出器 104 の出力変動を抑制できることを見出した。

[0116] 検出器 104 側の加熱素子 182 のみを設けた場合、検出器 104 の信号強度が時間の経過とともに減少する傾向を示す。これは、基板 138 の加熱により冷接点側の温度が上昇した結果、検出部と冷接点との温度差が減少したためと考えられる。雰囲気温度の変化に起因して検出器 104 の出力が変動した場合、時間の経過とともに冷接点と検出部との温度差の変化が解消されるため、出力変動は解消される。しかしながら、加熱素子 182 による加熱は局所的である。このため、時間が経過しても冷接点と検出部との温度差の変化は解消されにくく、出力変動は維持される傾向にある。

[0117] 一方、光源 102 側の加熱素子 180 のみを設けた場合、検出器 104 の信号強度が時間の経過とともに増加する傾向を示す。これは、光源 102 側の温度上昇に起因する輻射熱によって検出器 104 の検出部が加熱され、冷接点と検出部との温度差が増大したためと考えられる。

[0118] したがって、加熱素子 180 による光源 102 側の加熱と、加熱素子 182 による検出器 104 側の加熱とを組み合わせることで、加熱素子 180 の加熱による検出器 104 の出力変動と、加熱素子 182 の加熱による検出器 104 の出力変動とを相殺することができる。例えば、加熱素子 180 及び加熱素子 182 を発熱させるとともに、加熱素子 180 の発熱量を加熱素子 182 の発熱量よりも大きくすることで、検出器 104 の出力変動を抑制することができる。これにより、安定したガス検出が可能となる。加熱素子 180 及び加熱素子 182 が検出器 104 に与える熱量は、各加熱素子 180, 182 の配置、基板 136, 138 やブラケット 134 の断熱性等によっても調整することができる。

[0119] 本実施の形態では、基板 136 に加熱素子 180 を搭載し、基板 138 に加熱素子 182 を搭載しているが、第 1 蓋部材 140 及び第 2 蓋部材 142 の結露を抑制する上では、加熱素子 180 及び加熱素子 182 のうち一方のみが設けられる構成であってもよい。

[0120] (実施の形態 7)

図 10 は、実施の形態 7 に係る恒温装置の一部分を模式的に示す断面図である。図 11 は、実施の形態 7 に係るガスセンサの構造を示す断面図である。本実施の形態に係る恒温装置 1 は、筐体 2 と、恒温槽 4 と、ガスセンサ 100 (100A) とを備える。本実施の形態の恒温装置 1 は、一例として乾熱滅菌機能付きの CO<sub>2</sub> インキュベータである。筐体 2 は、恒温装置 1 の外筐を構成する。恒温槽 4 は、筐体 2 の内部に配置される。恒温槽 4 には、細胞等の培養物が収容される。恒温装置 1 は、筐体 2 に設けられる図示しない外扉と恒温槽 4 に設けられる図示しない内扉とを介して、培養物を恒温槽 4 に搬入あるいは恒温槽 4 から取り出すことができる。恒温槽 4 には、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 等を含むガス (以下では、槽内ガスと称する) が収容される。

[0121] ガスセンサ 100 は、恒温槽 4 内のガス (以下では、被検出ガスと称する) を検出するためのセンサである。本実施の形態における被検出ガスは、一例として CO<sub>2</sub> である。ガスセンサ 100 は、被検出ガスの存在及び濃度を検出することができる。ガスセンサ 100 は、検出結果を示す信号を、恒温装置 1 の図示しない制御部に送信する。ガスセンサ 100 は、恒温槽 4 の内側と外側とを連通する貫通孔 4a に挿入されて、固定される。ガスセンサ 100 は、一部が恒温槽 4 の内部に配置され、残部が筐体 2 と恒温槽 4 との間の空間に配置される。また、筐体 2 と恒温槽 4 との間の空間には、図示しない断熱材が配置される。

[0122] ガスセンサ 100 は、光源 102 と、検出器 104 と、光通路部 106 と、光反射部 108 とを備える。光源 102 は、所定波長の光を出射する。本実施の形態の光源 102 は、一例として、黒体薄膜からなる熱型赤外光源であり、広い波長範囲で赤外光を出射する。赤外光源としては、高温の発熱体

から赤外光が発生する熱型赤外光源が主流であり、発熱体はフィラメント、セラミック、薄膜などがある。また、光源 102 には、LED を利用することもできる。

[0123] 検出器 104 は、被検出ガスによる光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する。具体的には検出器 104 は、図示しない受光素子で光源 102 から出射される光を受けて、被検出ガスによる光の吸収に起因した光の強度変化に基づいて、被検出ガスを検出する。本実施の形態の検出器 104 は、一例として、赤外光を吸収して電気信号を出力する赤外線センサである。このような赤外線センサとしては、フォトダイオードやフォトコンダクタ等の、光電変換によって信号を出力する量子型センサや、サーモパイルや焦電型センサ等の、赤外光吸収による温度変化を電気信号に変換する熱型センサ等を例示することができる。

[0124] 光源 102 及び検出器 104 は、基板 110 に搭載される。光源 102 及び検出器 104 は、基板 110 上の図示しない配線パターンに電氣的に接続される。光源 102 と検出器 104 とは、光源 102 から出射される光が検出器 104 の受光面に直に照射されないよう、互いの位置関係が定められる。例えば、赤外光の出射方向において、検出器 104 の受光面が光源 102 の発光面よりも後方に配置される。基板 110 は、基板ホルダ 112 により支持される。また、検出器 104 としてサーモパイル等の熱型センサが用いられる場合、光源 102 の熱が検出器 104 に伝わることで検出器 104 の測定精度が低下する可能性がある。このため、検出器 104 と光源 102 との間には、断熱材が設けられることが好ましい。

[0125] 光通路部 106 は、光源 102 から出射される光の通路である。本実施の形態の光通路部 106 は、一例として、第 1 端部 106a と、第 1 端部 106a とは反対側の第 2 端部 106b とを有する管状部材で構成される。第 1 端部 106a には、基板ホルダ 112 が固定される。これにより、光源 102 及び検出器 104 が第 1 端部 106a 側に配置される。また、光源 102 は、出射する光が管状部材の中空部を通過するように配置される。管状部材

の内側面には、金属膜 114 が成膜される。金属膜 114 は、例えば、赤外領域で高い反射率を有する金、アルミニウム、クロム等からなる。金属膜 114 を設けることで、光源 102 の光が光通路部 106 により吸収されることを抑制し、検出器 104 の受光量の低下を抑制することができる。

[0126] 光通路部 106 は、第 2 端部 106 b から第 1 端部 106 a とは反対方向に延出する光反射部ホルダ 106 c を有する。光反射部ホルダ 106 c は管状であり、光反射部ホルダ 106 c の内側に光反射部 108 が嵌め込まれる。また、光反射部ホルダ 106 c には、キャップ 116 が被せられる。キャップ 116 は、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）等の耐熱性の高い多孔質材料で構成される。

[0127] 光反射部 108 が光反射部ホルダ 106 c に嵌め込まれた状態で、光反射部ホルダ 106 c 内における光反射部 108 と第 2 端部 106 b との間に、空間が形成される。この空間は、ガス空間 GS を構成する。ガス空間 GS は、被検出ガスを含む槽内ガスが存在する空間であり、したがって被検出ガスの測定領域である。光反射部ホルダ 106 c は、ガス空間 GS に対応する位置に、ガスセンサ 100 の外部と光反射部ホルダ 106 c の内部とを連通する開口部 106 d を有する。槽内ガスは、開口部 106 d を介してガス空間 GS に進入することができる。

[0128] したがって、光反射部 108 は、光通路部 106 の第 2 端部 106 b 側に、ガス空間 GS を挟んで配置される。光反射部 108 は、凹面反射面 108 a を含む。凹面反射面 108 a は、光通路部 106 の中空部を臨むように配置される。これにより、凹面反射面 108 a は、光源 102 及び検出器 104 と対向する。凹面反射面 108 a は例えば、赤外領域で高い反射率を有する金、アルミニウム、クロム等の金属を光反射部 108 の表面に成膜することで、形成することができる。

[0129] また、第 2 端部 106 b には、蓋部材 118 が設けられる。蓋部材 118 は、光通路部 106 の第 2 端部 106 b 側の開口を塞ぐ。蓋部材 118 は、光源 102 が出射する光に対する透過性を有する（すなわち、出射光の吸収

率が低い)材料からなる。本実施の形態では、光源102から赤外光が出射されるため、蓋部材118は、例えばゲルマニウム、シリコン、サファイア等で構成される。蓋部材118が設けられることで、ガス空間GSに存在する槽内ガスの光通路部106への進入を抑制することができる。したがって、凹面反射面108aと蓋部材118との間の距離が、光源102から出射される光によって被検出ガスが測定される距離(光学距離)となる。

[0130] ガスセンサ100は、恒温槽4の貫通孔4aに光通路部106が挿通された状態で、光通路部106の外側面と貫通孔4aの内側面との間にパッキン120が嵌め込まれることにより、恒温槽4に対して固定される。パッキン120は、例えばシリコン樹脂からなる。ガスセンサ100は、光通路部106の開口部106dが恒温槽4の内部に位置し、光源102及び検出器104が恒温槽4の外部に位置する。

[0131] 上述した構成を備えるガスセンサ100において、光源102から出射される光は、光通路部106及びガス空間GSを経て光反射部108に到達する。そして、光反射部108の凹面反射面108aにより反射されて、ガス空間GS及び光通路部106を経て検出器104に到達する。より具体的には、光源102の光は、第1端部106aから光通路部106の中空部に進入し、直に、あるいは金属膜114で反射されながら第2端部106bに到達する。そして、蓋部材118を通過してガス空間GSに進入する。ガス空間GSを進行する光は、凹面反射面108aで反射され、ガス空間GSから蓋部材118を経て再び光通路部106の中空部に入射する。中空部に入射した光は、直に、あるいは金属膜114で反射されながら第1端部106a側に進行して、検出器104に到達する。

[0132] 光源102から出射される光は、光源102から検出器104に到達する過程でガス空間GSを通過する。この際、ガス空間GSに存在する被検出ガスにより所定波長の光が吸収される。本実施の形態では、光源102から赤外光が出射され、ガス空間GSに存在するCO<sub>2</sub>によって波長4.26  $\mu\text{m}$ の光が吸収される。検出器104は、光源102から出射された光における波

長4.26  $\mu\text{m}$ の光の強度（光量）を基準として、受光素子が受けた光における波長4.26  $\mu\text{m}$ の光の強度（光量）に基づいてガス空間GSにおけるCO<sub>2</sub>の存在及び濃度を検出することができる。ガスセンサ100が検出可能なCO<sub>2</sub>の濃度は、例えば0～20%である。

[0133] ガスセンサ100が光通路部106を備えることで、光源102及び検出器104をガス空間GSから離間させることができる。このため、光源102及び検出器104が槽内ガスに曝されることを回避することができる。また、恒温槽4の内部空間から光源102及び検出器104への熱の伝達を抑制することができる。これにより、光源102及び検出器104の熱による損傷を抑制することができるため、ガスセンサ100の検出精度の低下を抑制することができる。

[0134] ここで、本実施の形態の光通路部106の形状と、光源102、検出器104及び光反射部108の配置と、光通路部106の材質とについて、さらに詳細に説明する。

[0135] 図12（A）は、第1端部106a及び第2端部106bの形状を模式的に示す図である。図12（B）及び図12（C）は、光通路部106の形状と、光源102から検出器104への光の伝達効率との関係を示すグラフである。図12（B）に結果が示される伝達効率の計測では、第1端部106aが楕円状であり第2端部106bが真円状である第1の光通路部と、真円管状（したがって、第1端部106a及び第2端部106bがともに真円状）である第2の光通路部と、楕円管状（したがって、第1端部106a及び第2端部106bがともに楕円状）である第3の光通路部とを用意した。

[0136] そして、第1の光通路部については、第2端部106bの真円の直径を変化させた場合の直径と伝達効率との関係を計測した。楕円の長径及び短径は、それぞれ16mm、8mmに固定した。この楕円の大きさは、光源102の発光面と検出器104が有する受光素子の受光面を含む最小の大きさである。光源102と光反射部108との間、及び光反射部108と検出器104との間の光の伝達効率を除外して、第1端部106aを含む平面上での伝

達効率のみを考えた場合、楕円の面積が小さいほど光の伝達効率は向上する。図12(B)において、結果は実線で示されている。また、第2の光通路部については、真円の直径を変化させた場合の直径と伝達効率との関係を計測した。図12(B)において、結果は点線で示されている。また、第3の光通路部については、楕円の長径(直径)を変化させた場合の長径(直径)と伝達効率との関係を計測した。楕円の長径と短径の比率は、2:1に固定した。図12(B)において、結果は破線で示されている。

[0137] 図12(C)に結果が示される伝達効率の計測では、第1端部106aが楕円状であり第2端部106bが真円状である第1の光通路部と、円錐台状(したがって、第1端部106a及び第2端部106bがともに真円状)である第4の光通路部と、楕円錐台状(したがって、第1端部106a及び第2端部106bがともに楕円状)である第5の光通路部とを用意した。

[0138] そして、第1の光通路部については、第2端部106bの真円の直径を変化させた場合の直径と伝達効率との関係を計測した。図12(C)において、結果は実線で示されている。また、第4の光通路部については、第2端部106bの真円の直径を変化させた場合の直径と伝達効率との関係を計測した。図12(C)において、結果は点線で示されている。また、第5の光通路部については、第2端部106bの楕円の長径(直径)を変化させた場合の長径(直径)と伝達効率との関係を計測した。楕円の長径と短径の比率は、2:1に固定した。図12(C)において、結果は破線で示されている。第1の光通路部及び第5の光通路部における第1端部106aの楕円は、長径及び短径をそれぞれ16mm、8mmに固定した。また、第4の光通路部における第1端部106aの真円は、直径16mmに固定した。この楕円及び真円の大きさは、光源102の発光面と検出器104が有する受光素子の受光面を含む最小の大きさである。

[0139] また、図12(B)に結果が示される計測と図12(C)に結果が示される計測のいずれにおいても、光源102と検出器104との間の距離は10mmに固定した。また、凹面反射面108aの直径は、第2端部106bの

直径の変化範囲における最大値よりも十分に大きく設定した。伝達効率は、光源 102 から出射された光における波長  $4.26\ \mu\text{m}$  の光の光量に対する、受光素子が受けた光における波長  $4.26\ \mu\text{m}$  の光の光量、すなわち光源 102 から出た光が検出器 104 で受光される割合（単位は任意単位：arbitrary unit、a.u.）とした。

[0140] 図 12 (A) に示すように、本実施の形態に係るガスセンサ 100 の光通路部 106 は、第 1 端部 106 a が楕円状であり、第 2 端部 106 b が真円状である。特に、第 1 端部 106 a の内側面（金属膜 114 が設けられる面）が楕円状であり、第 2 端部 106 b の内側面が真円状である。また、光通路部 106 は、第 1 端部 106 a から第 2 端部 106 b にかけて楕円から真円に近づくように徐々に変化する形状を有する。図 12 (B) に示すように、第 1 端部 106 a を楕円状、第 2 端部 106 b を真円状とした光通路部 106 は、両端が真円状あるいは楕円状の光通路部に比べて、伝達効率が向上する傾向にある。また、図 12 (C) に示すように、第 1 端部 106 a を楕円状、第 2 端部 106 b を真円状とした光通路部 106 は、円錐台状あるいは楕円錐台状の光通路部に比べて、伝達効率が向上する傾向にある。このため、ガスセンサ 100 の精度をより向上させることができ、また検出器 104 の簡素化を図ることもできる。また、伝達効率の低下を抑えながら光通路部 106 の直径を小さくすることができる。また、図 12 (C) に示される結果から、第 2 端部 106 b の面積に対して第 1 端部 106 a の面積が小さい程、伝達効率が向上する傾向にあることがわかる。したがって、光源 102 及び検出器 104 の配置と、第 1 端部 106 a に重なる発光面及び受光面の面積とを考慮した上で、第 1 端部 106 a の面積は極力小さいことが好ましい。

[0141] 図 13 は、光源 102 及び検出器 104 の配置を説明するための模式図である。光通路部 106 の第 1 端部 106 a が楕円状である場合、図 13 に示すように光源 102 及び検出器 104 は、光源 102 及び検出器 104 と光通路部 106 との配列方向（図 10 の矢印 A 方向）から見て、楕円の中心 P

1を対称点とする点対称の位置に配置されることが好ましい。この場合、例えば光源102及び検出器104の任意の一部が、点対称の位置に配置される。あるいは、光源102の光出射部の中心P2と検出器104の受光面（例えば、光反射部108側から図10の矢印A方向で観察して見える面）の中心P3とが、点対称の位置に配置される。これにより、光源102から出射される光を検出器104へより集光させることができる。したがって、光源102から検出器104への光の伝達効率を向上させることができる。なお、楕円の中心P1は、楕円の長軸と短軸との交点である。

[0142] また、光源102及び検出器104は、より好ましくは楕円の長径上に配置され、さらに好ましくは光源102が楕円の一方の焦点上に、検出器104が楕円の他方の焦点上にそれぞれ配置される。これらにより、光の伝達効率をより向上させることができる。

[0143] 図14は、光源102、検出器104及び光反射部108の配置を説明するための模式図である。図14に示すように、本実施の形態の凹面反射面108aは、所定の曲率半径Rを有する。そして、光源102、検出器104及び光反射部108は、凹面反射面108aと光源102との距離L1、及び凹面反射面108aと検出器104との距離L2が、 $R \times 0.9 \leq L1$ 、 $L2 \leq R \times 1.1$ の条件を満たすように配置される。この場合、例えば光源102の光出射部の任意の一部から凹面反射面108aの中心P4までの距離、あるいは光出射部の中心P2から中心P4までの距離が距離L1とされる。また、検出器104の受光面の任意の一部から中心P4までの距離、あるいは受光面の中心P3から中心P4までの距離が距離L2とされる。

[0144] このように、距離L1、L2を凹面反射面108aの曲率半径Rに近似させることで、光源102と検出器104とは、光が光源102から凹面反射面108aに向かう方向あるいは凹面反射面108aから検出器104に向かう方向（すなわち光の伝搬方向）で、凹面反射面108aに対して共焦点関係となる。これにより、光源102の光を検出器104により集光させることができる。その結果、光源102から検出器104への光の伝達効率を

向上させることができる。

[0145] また、光源 102、検出器 104 及び光反射部 108 は、距離  $L_1$  及び距離  $L_2$  の少なくとも一方が、 $R \times 0.9$  以上  $R$  未満、又は  $R$  より大きく  $R \times 1.1$  以下の条件を満たすように配置されてもよい。言い換えれば、距離  $L_1$ 、 $L_2$  の少なくとも一方（これを  $L$  と表す）は、 $R \times 0.9 \leq L < R$ 、又は  $R < L \leq R \times 1.1$  の条件を満たす。すなわち、距離  $L_1$  及び／又は距離  $L_2$  は、曲率半径  $R$  の近傍であって且つ曲率半径  $R$  と同一でない値に設定される。このように、光源 102 及び検出器 104 の少なくとも一方を凹面反射面 108a の焦点位置から若干ずらすことで、距離  $L_1$  及び距離  $L_2$  が曲率半径  $R$  と同一である場合に比べて、検出器 104 の受光面における集光スポットの径を大きくする、すなわち集光スポットをぼかすことができる。これにより、光の伝達効率を確保するとともに、ガスセンサ 100 を構成する各部の機械的変動等に対する検出器 104 の出力変動が大きくなることを抑制することができる。

[0146] 光源 102 及び検出器 104 を、第 1 端部 106a の楕円の焦点位置に置き、且つ凹面反射面 108a までの距離  $L_1$ 、 $L_2$  を曲率半径  $R$  に近づけることで、楕円面内及び光の伝搬方向のそれぞれにおいて、光源 102 及び検出器 104 を共焦点関係とすることができる。これにより、光源 102 から検出器 104 への光の伝達効率を大幅に高めることができる。

[0147] 図 15 (A) 及び図 15 (B) は、光通路部 106 の材質を説明するための模式図である。図 15 (A) 及び図 15 (B) では、断熱性材料で構成される部分に模様を付している。本実施の形態の光通路部 106 は、図 15 (A) に示すように全体が断熱性材料で構成される。なお、光通路部 106 は、図 15 (B) に示すように一部分のみが断熱性材料で構成されてもよい。この場合、第 1 端部 106a から第 2 端部 106b までの間のいずれかの位置で非断熱性材料が不連続となるように、断熱性材料が配置されることが好ましい。

[0148] 光通路部 106 の少なくとも一部が断熱性材料で構成されることで、恒温

槽 4 の内部空間の熱が光通路部 106 を介して光源 102 及び検出器 104 に伝達されることを抑制することができる。例えば、断熱性材料としては、恒温槽 4 の内部の温度が 190℃ のときに、光源 102 及び検出器 104 周辺の温度が 100℃ 以下になる材料が選択される。断熱性材料として熱抵抗の高い材料を選択することで、断熱効果を高めることができる。また断熱性材料としては、高温耐性樹脂が好適である。高温耐性樹脂は、金属に比べて加工が容易であるとともに、熱抵抗が高いためである。断熱性材料の具体例としては、ポリフェニレンサルファイド（PPS）；ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）やテフロン（登録商標）等のフッ素樹脂；ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）；シリコン樹脂；ポリアミドイミド（PAI）等を例示することができる。なお、光通路部 106 を空洞にすることは、断熱効果を高める上で有効である。

[0149] 以上説明したように、本実施の形態に係るガスセンサ 100 は、光源 102 と、被検出ガスによる光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する検出器 104 と、光通路部 106 と、光反射部 108 とを備える。光源 102 及び検出器 104 は、光通路部 106 の第 1 端部 106a 側に配置され、光反射部 108 は、第 1 端部 106a とは反対側の第 2 端部 106b 側にガス空間 GS を挟んで配置される。光源 102 から出射される光は、光通路部 106 及びガス空間 GS を経て光反射部 108 で反射され、再びガス空間 GS 及び光通路部 106 を経て検出器 104 によって受光される。光源 102 から出射される光に含まれる特定波長の光は、ガス空間 GS を通過する際に被検出ガスによって吸収される。検出器 104 は、この特定波長の光の光量変化から、被検出ガスの存在及び濃度を検出することができる。

[0150] ガスセンサ 100 は、光反射部 108 側の先端部に被検出ガスの測定領域を有し、この先端部のみが、槽内ガスが充填された閉鎖空間に挿入される。光源 102 及び検出器 104 は、光通路部 106 によって被検出ガスの測定領域から離間される。これにより、槽内ガスの温度が光源 102 及び検出器 104 の耐熱温度を超える場合や、槽内ガスが充填される空間に乾熱滅菌が

施される場合等、被検出ガスの測定領域の温度が高温になる場合であっても、光源１０２及び検出器１０４への伝熱を抑制することができる。このため、ガスセンサ１００の検出精度の低下を抑制することができる。また、光通路部１０６は、少なくとも一部が断熱性材料で構成される。これにより、ガスセンサ１００の検出精度の低下をより抑制することができる。

[0151] また、本実施の形態の光通路部１０６は管状部材で構成され、ガス空間ＧＳ側の第２端部１０６ｂには蓋部材１１８が設けられる。これにより、ガス空間ＧＳに存在する槽内ガスが光通路部１０６の中空部に進入することを抑制することができる。ガス空間ＧＳにある槽内ガスが光通路部１０６の内部に進入すると、光通路部１０６の内部でも被検出ガスにより光が吸収されるため、被検出ガスの検出精度が低下し得る。したがって、蓋部材１１８を設けることで被検出ガスをより高精度に検出することができる。また、光通路部１０６内に槽内ガスが流入すると、槽内ガスの対流によって、被検出ガスの濃度変化に対する検出器１０４の応答速度が低下し得る。したがって、蓋部材１１８を設けることで、被検出ガスの検出速度を向上させることができる。

[0152] また、光通路部１０６は、光源１０２及び検出器１０４が配置される第１端部１０６ａ側が楕円状であり、光反射部１０８が配置される第２端部１０６ｂ側が真円状である。これにより、光源１０２から検出器１０４への光の伝達効率を高めることができ、よってガスセンサ１００の精度を高めることができる。なお、光の伝達効率は、光路上にレンズ等の光学部材を設けることでも向上させることができる。しかしながら、光学部材の追加によって、ガスセンサ１００の部品点数が増加してしまう。また、光源１０２が赤外光を出射する場合、赤外光を透過する光学部材は高価であるため、ガスセンサ１００の製造コストが上昇する。これに対し、本実施の形態では光通路部１０６の形状を工夫することで光の伝達効率を向上させているため、ガスセンサ１００の部品点数の増加と製造コストの上昇とを抑えることができる。

[0153] また、光源１０２及び検出器１０４は、第１端部１０６ａ側の形状である

楕円の中心 P 1 を対称点とする点対称の位置に配置される。また、光反射部 108 の凹面反射面 108 a と光源 102 との距離 L 1、及び凹面反射面 108 a と検出器 104 との距離 L 2 は、光反射部 108 の曲率半径 R の 90 % から 110 % の範囲に含まれる。これらにより、光の伝達効率をより高めることができる。また、距離 L 1 及び距離 L 2 の少なくとも一方は、曲率半径 R の 90 % から 110 % の範囲で且つ曲率半径 R と一致しないように設定されてもよい。これにより、光の伝達効率を確保するとともに、ガスセンサ 100 の各部の機械的変動等に起因する検出器 104 の出力変動を低減することができる。

[0154] また、ガスセンサ 100 を恒温装置 1 に搭載することで、恒温装置 1 の使い勝手及び性能をより向上させることができる。

[0155] (実施の形態 8)

実施の形態 8 に係るガスセンサは、第 1 端部 106 a 側の開口を塞ぐ蓋部材をさらに備える点を除き、実施の形態 7 と共通の構成を有する。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態 7 と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。図 16 は、実施の形態 8 に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

[0156] 本実施の形態に係るガスセンサ 100 (100 B) は、光源 102 と、検出器 104 と、光通路部 106 と、光反射部 108 と、蓋部材 118 と、蓋部材 122 とを備える。光通路部 106 は、管状部材で構成される。光源 102 は、光が管状部材の中空部を通過するように配置される。そして、光通路部 106 の第 2 端部 106 b には、蓋部材 118 が設けられる。また、光通路部 106 の第 1 端部 106 a には、蓋部材 122 が設けられる。

[0157] 蓋部材 122 は、光通路部 106 の第 1 端部 106 a 側の開口を塞ぐ。蓋部材 122 は、蓋部材 118 と同様に、光源 102 が出射する光に対する透過性を有する材料からなる。ガスセンサ 100 が設けられる恒温装置 1 では、筐体 2 と恒温槽 4 との間の空間に、恒温装置 1 の周囲に存在する雰囲気ガスが流入する。したがって、光通路部 106 の第 1 端部 106 a 側に蓋部材

122が設けられていない場合、恒温装置1の雰囲気ガスが第1端部106a側の開口から光通路部106の中空部内に進入し得る。

[0158] 一方、恒温装置1では、外扉及び内扉が開かれると、被検出ガスを含む槽内ガスが外部に漏れ出して雰囲気ガス中に拡散する。これにより、雰囲気ガスにおける被検出ガスの濃度は変化する。第1端部106a側の開口に蓋部材122が設けられていない場合、雰囲気ガス中の被検出ガスの濃度変化によって、光通路部106内の被検出ガスの濃度が変化し得る。光通路部106内の被検出ガスの濃度変化は測定誤差の要因となるため、被検出ガスの濃度を精度よく検出することが困難になる。

[0159] これに対し、本実施の形態のガスセンサ100は、第1端部106a側の開口を塞ぐ蓋部材122を備える。このため、恒温装置1の雰囲気ガスが光通路部106の中空部へ進入することを抑制することができる。したがって、雰囲気ガス中の被検出ガスの濃度が変化した場合であっても、ガス空間GSに存在する被検出ガスを、安定的且つ高精度に検出することができる。

[0160] (実施の形態9)

実施の形態9に係るガスセンサは、蓋部材118に代えて、第1端部106a側の開口を塞ぐ蓋部材122のみを備える点を除き、実施の形態7と共通の構成を有する。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態7と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。図17は、実施の形態9に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

[0161] 本実施の形態に係るガスセンサ100(100C)は、光源102と、検出器104と、光通路部106と、光反射部108と、蓋部材122とを備える。光通路部106は、管状部材で構成される。光源102は、光が管状部材の中空部を通過するように配置される。光通路部106の第1端部106aには、蓋部材122が設けられる。蓋部材122は、光通路部106の第1端部106a側の開口を塞ぐ。蓋部材122は、蓋部材118と同様に、光源102が出射する光に対する透過性を有する材料からなる。

[0162] 本実施の形態のガスセンサ１００は、蓋部材１１８を備えておらず、第２端部１０６ｂ側の開口は開放されている。このため、ガス空間ＧＳ中の槽内ガスは、第２端部１０６ｂ側の開口から光通路部１０６の中空部に進入することができる。これにより、光源１０２から出射される光がガス空間ＧＳを通過する距離、言い換えれば被検出ガスの測定距離を伸ばすことができる。この結果、例えば水蒸気（ $\text{H}_2\text{O}$ ）等の比較的長い測定距離が必要とされるガスを、より高精度に検出することができる。なお、光通路部１０６に進入した槽内ガスは、蓋部材１２２によって恒温装置１の外部への漏出が抑制される。

[0163] （実施の形態１０）

実施の形態１０に係るガスセンサは、仕切り部材を備える点が実施の形態８と大きく異なり、その他の点は実施の形態８と概ね共通の構成を有する。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態８と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。図１８は、実施の形態１０に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。なお、図１８は、図１０におけるガスセンサ１００の観察方向に対して、光通路部１０６の管の周方向で９０度ずれた方向からガスセンサを観察した様子を図示している。また、図１８では、紙面の奥行き方向で検出器１０４よりも奥側に配置される光源１０２を破線で示している。

[0164] 本実施の形態に係るガスセンサ１００（１００Ｄ）は、光源１０２と、検出器１０４と、光通路部１０６と、光反射部１０８と、蓋部材１１８と、蓋部材１２２と、仕切り部材１２４とを備える。光通路部１０６は、管状部材で構成される。仕切り部材１２４は、光通路部１０６の中空部を、第１領域１０６ｅと第２領域１０６ｆとに区画する。第１領域１０６ｅ及び第２領域１０６ｆは、それぞれが第１端部１０６ａ側から第２端部１０６ｂ側にかけて延在する。なお、仕切り部材１２４は、光通路部１０６の中空部を少なくとも２つの領域に区画していればよい。したがって、仕切り部材１２４によって光通路部１０６の内部が３つ以上の領域に区画されてもよい。仕切り部

材 1 2 4 は、一方の端部が蓋部材 1 2 2 に当接し、他方の端部が光反射部 1 0 8 に当接する。

[0165] 蓋部材 1 1 8 は、第 1 領域 1 0 6 e の第 2 端部 1 0 6 b 側の開口を塞ぐ。蓋部材 1 1 8 は、第 2 領域 1 0 6 f の第 2 端部 1 0 6 b 側の開口は塞がない。したがって、第 2 領域 1 0 6 f の第 2 端部 1 0 6 b 側の開口は開放される。第 1 領域 1 0 6 e 及び第 2 領域 1 0 6 f の第 1 端部 1 0 6 a 側の開口は、蓋部材 1 2 2 で塞がれる。

[0166] 光源 1 0 2 は、光が第 1 領域 1 0 6 e 及び第 2 領域 1 0 6 f を通過するように配置される。検出器 1 0 4 は、第 1 領域 1 0 6 e を通過する光を受ける第 1 検出部 1 0 4 a と、第 2 領域 1 0 6 f を通過する光を受ける第 2 検出部 1 0 4 b とを有する。第 1 検出部 1 0 4 a 及び第 2 検出部 1 0 4 b は、それぞれ受光素子である。

[0167] 光源 1 0 2 から出射される光の一部は、蓋部材 1 2 2、第 1 領域 1 0 6 e 及び蓋部材 1 1 8 を順に通過して光反射部 1 0 8 に到達する。そして、光反射部 1 0 8 で反射されて、蓋部材 1 1 8、第 1 領域 1 0 6 e 及び蓋部材 1 2 2 を順に通過して第 1 検出部 1 0 4 a に到達する。また、光源 1 0 2 から出射される光の他の一部は、蓋部材 1 2 2 及び第 2 領域 1 0 6 f を順に通過して光反射部 1 0 8 に到達する。そして、光反射部 1 0 8 で反射されて、第 2 領域 1 0 6 f 及び蓋部材 1 2 2 を順に通過して第 2 検出部 1 0 4 b に到達する。

[0168] 槽内ガスは、開口部 1 0 6 d (図 1 1 参照) から光反射部 1 0 8 と第 2 端部 1 0 6 b との間の空間に導入される。第 1 領域 1 0 6 e の第 2 端部 1 0 6 b 側の開口には蓋部材 1 1 8 が設けられているため、槽内ガスは第 1 領域 1 0 6 e には進入することができない。一方、第 2 領域 1 0 6 f の第 2 端部 1 0 6 b 側の開口は開放されているため、槽内ガスは第 2 領域 1 0 6 f に進入することができる。第 1 領域 1 0 6 e と第 2 領域 1 0 6 f との境界には仕切り部材 1 2 4 があるため、第 2 領域 1 0 6 f に進入した槽内ガスは、第 1 領域 1 0 6 e へ進入することができない。

[0169] したがって、第1領域106eを通過する光については、光反射部108と蓋部材118との間の領域がガス空間GS、すなわち被検出ガスの測定領域となる。一方、第2領域106fを通過する光については、光反射部108と蓋部材122との間の領域がガス空間GSとなる。よって、第1領域106eを通過する光は、被検出ガスの測定距離が相対的に短く、第2領域106fを通過する光は、被検出ガスの測定距離が相対的に長い。

[0170] このように、仕切り部材124によってガス空間GSの延在範囲が異なる複数の領域を形成することで、1つのガスセンサ100で複数種の被検出ガスを検出することができる。例えば、本実施の形態のガスセンサ100によれば、CO<sub>2</sub>濃度と湿度（すなわちH<sub>2</sub>O濃度）とを同時に測定することができる。CO<sub>2</sub>の好適な測定距離はH<sub>2</sub>Oに比べて短く、例えば数mmである。一方、H<sub>2</sub>Oの好適な測定距離は、例えば数cmである。また、CO<sub>2</sub>の吸収波長は4.26μmであり、H<sub>2</sub>Oの吸収波長は2.5～2.9μm、及び5～7μmである。そこで、第1領域106eを通過する光を受ける第1検出部104aで、波長4.26μmの光の強度変化を計測する。また、第2領域106fを通過する光を受ける第2検出部104bで、波長2.5～2.9μmの光の強度変化を計測する。これにより、CO<sub>2</sub>及びH<sub>2</sub>Oの濃度を同時に測定することができる。

[0171] （実施の形態11）

実施の形態11に係るガスセンサは、複数の検出部と複数の光学フィルタとを備える点が実施の形態7と大きく異なり、その他の点は実施の形態7と概ね共通の構成を有する。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態7と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。図19（A）は、実施の形態11に係るガスセンサを模式的に示す平面図である。図19（B）は、実施の形態11に係るガスセンサが備える検出器と光学フィルタとを模式的に示す側面図である。なお、図19（A）では、光反射部108及び蓋部材118の図示を省略している。

[0172] 本実施の形態に係るガスセンサ100（100E）は、光源102と、検出器104と、光通路部106と、光反射部108（図10参照）と、蓋部材118（図10参照）と、複数の光学フィルタ126a, 126bとを備える。検出器104は、複数の検出部104c, 104dを有する。検出部104c及び検出部104dは、それぞれ受光素子である。検出部104cと検出部104dとは、光源102の中心P2と検出器104の中心P3とを通る直線を対称軸とする線対称の位置に配置されることが好ましい。これにより、ガスセンサ100の各部の機械的変動や光源102の出力変化に起因する光の強度変化を、検出部104cと検出部104dとで相殺することができる。

[0173] 複数の光学フィルタ126a, 126bは、複数の検出部104c, 104dのそれぞれに対応して配置される。本実施の形態では、光学フィルタ126aが検出部104cに対応して配置され、光学フィルタ126bが検出部104dに対応して配置される。各光学フィルタは、各検出部の受光面上に直接、あるいは空間を隔てて配置される。光学フィルタ126a, 126bは、所定波長の光を、対応する検出部104c, 104dへ選択的に入射させる光学部材である。すなわち、各光学フィルタ126a, 126bはそれぞれ所定波長の光のみを透過し、各光学フィルタ126a, 126bを透過した光が検出部104c, 104dに入射する。

[0174] また、複数の光学フィルタにおいて、そのうち一部の光学フィルタは、被検出ガスによって吸収される波長の光を透過し、他の光学フィルタは、当該一部の光学フィルタが透過する光の波長とは異なる波長の光を透過する。

[0175] 本実施の形態では、一例として光学フィルタ126aがCO<sub>2</sub>によって吸収される波長4.26  $\mu$ mの光を透過し、光学フィルタ126bが波長3.91  $\mu$ mの光を透過する。ガスセンサ100は、検出部104dによって波長3.91  $\mu$ mの光の強度変化を検出する。そして、ガスセンサ100は、検出部104cが検出する波長4.26  $\mu$ mの光の強度変化と検出部104dの検出結果とに基づいて、CO<sub>2</sub>の存在及び濃度を検出する。

[0176] 波長 $3.91\mu\text{m}$ の光は参照光として用いられ、波長 $3.91\mu\text{m}$ の光の強度変化から、被検出ガスによる光の吸収以外の外乱に起因する光の強度変化を検出することができる。このように、一部の検出部で参照光の強度変化を検出し、この検出結果を被検出ガスの検出に用いることで、より高精度に被検出ガスを検出することができる。また、検出部104cと検出部104dとで、別々の被検出ガスを検出するように設定することもできる。これにより、1つのガスセンサ100で複数種の被検出ガスを検出することができる。なお、検出器104は、3つ以上の検出部と光学フィルタとを有してもよい。

[0177] (実施の形態12)

実施の形態12に係るガスセンサは、検出器104の受光面上に光学フィルタを設けた点を除き、実施の形態7と共通の構成を有する。以下、本実施の形態に係るガスセンサについて実施の形態7と異なる構成を中心に説明し、共通する構成については簡単に説明するか、あるいは説明を省略する。図20は、実施の形態12に係るガスセンサを模式的に示す側面図である。

[0178] 本実施の形態に係るガスセンサ100(100F)は、光源102と、検出器104と、光通路部106と、光反射部108と、蓋部材118と、光学フィルタ128とを備える。光学フィルタ128は、所定波長の光を検出器104へ選択的に入射させる光学部材である。例えば、光学フィルタ128は、被検出ガスである $\text{CO}_2$ によって吸収される波長 $4.26\mu\text{m}$ の光を透過する。この結果、検出器104には波長 $4.26\mu\text{m}$ の光が選択的に入射される。これにより、ガスセンサ100の検出精度をより高めることができる。

[0179] また、本実施の形態の光学フィルタ128は、透過させる波長帯域の変更が可能な波長可変フィルタである。これにより、1つのガスセンサ100で複数種の被検出ガスを検出することができる。また、所定波長の光を参照光として用い、その強度変化を検出することで、より高精度に被検出ガスを検出することができる。

- [0180] 本発明は、上述した各実施の形態及び変形例に限定されるものではなく、各実施の形態及び変形例を組み合わせたり、当業者の知識に基づいて各種の設計変更などのさらなる変形を加えることも可能であり、そのように組み合わせられ、もしくはさらなる変形が加えられた実施の形態及び変形例も本発明の範囲に含まれる。上述した各実施の形態及び変形例の組み合わせ、及び上述した各実施の形態及び変形例へのさらなる変形の追加によって生じる新たな実施の形態は、組み合わせられる実施の形態、変形例、及びさらなる変形それぞれの効果をあわせもつ。
- [0181] 上述した各実施の形態及び変形例では、恒温装置 1 として  $\text{CO}_2$  インキュベータを例に挙げて説明したが、恒温装置 1 は、被検出ガスが充填される恒温槽 4 を備えるものであればよい。また、上述した各実施の形態及び変形例に係るガスセンサ 100 は、高温環境下でのガス濃度の測定に好適に用いることができる。例えば、ガスセンサ 100 は、排気ガスや燃焼ガス等の測定に用いることもできる。
- [0182] また、被検出ガスは、 $\text{CO}_2$  及び  $\text{H}_2\text{O}$  以外の他のガスであってもよい。他の被検出ガスとしては、二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ 、吸収波長： $7.3\ \mu\text{m}$ 、 $7.35\ \mu\text{m}$ )、三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ 、吸収波長： $7.25\ \mu\text{m}$ 、 $7.14\ \mu\text{m}$ )、一酸化窒素 ( $\text{NO}$ 、吸収波長： $5.3\ \mu\text{m}$ 、 $5.5\ \mu\text{m}$ )、一酸化炭素 ( $\text{CO}$ 、吸収波長： $4.2\ \mu\text{m}$ )、亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ 、吸収波長： $4\ \mu\text{m}$ 、 $4.5\ \mu\text{m}$ 、 $7.9\ \mu\text{m}$ )、二酸化窒素 ( $\text{NO}_2$ 、吸収波長： $5.7\ \mu\text{m}$ 、 $6.3\ \mu\text{m}$ ) 等を例示することができる。
- [0183] 実施の形態 1～6 において、検出器 104 には、実施の形態 11, 12 のように光学フィルタを設置してもよい。光学フィルタは、所定波長の光を検出器 104 へ選択的に入射させる光学部材である。光学フィルタが選択的に透過する波長は、被検出ガスの種類に応じて決定することができる。例えば、光学フィルタは、被検出ガスである  $\text{CO}_2$  によって吸収される波長  $4.26\ \mu\text{m}$  の光を透過する。この結果、検出器 104 には波長  $4.26\ \mu\text{m}$  の光が選択的に入射される。これにより、ガスセンサ 100 の検出精度をより高め

ることができる。

[0184] また、光学フィルタは、透過させる波長帯域の変更が可能な波長可変フィルタであってもよい。これにより、1つのガスセンサ100で複数種の被検出ガスを検出することができる。また、所定波長の光を参照光として用いてその強度変化を検出し、この検出結果を被検出ガスの検出に用いることで、より高精度に被検出ガスを検出することができる。

[0185] また、検出器104が複数の検出部（受光素子）を有し、各検出部に異なる波長の光を透過する光学フィルタが設けられてもよい。これにより、1つのガスセンサ100で複数種の被検出ガスを検出することができる。また、一部の検出部で参照光の強度変化を検出し、この検出結果を他の検出部での被検出ガスの検出に用いることで、より高精度に被検出ガスを検出することができる。

[0186] 上述した実施の形態7～12において、光通路部106は中実体であってもよい。これにより、蓋部材118、122を省略することができる。この場合、光通路部106は、蓋部材118と同様に光源102が出射する光に対する透過性を有する材料（例えば、赤外光に対するゲルマニウム、シリコン、サファイア等）で構成されることが好ましい。

## 符号の説明

[0187] 1 恒温装置、 4 恒温槽、 6 ファン、 8 ガス流路、 100 ガスセンサ、 101 ガス検出部、 102 光源、 104 検出器、 104a 第1検出部、 104b 第2検出部、 106 光通路部、 106a 第1端部、 106b 第2端部、 106e 第1領域、 106f 第2領域、 108 光反射部、 108a 凹面反射面、 118, 122 蓋部材、 124 仕切り部材、 126a, 126b, 128 光学フィルタ、 130 ガス通路部、 140 第1蓋部材、 142 第2蓋部材、 144 第1端部、 146 第2端部、 148 中空部、 148a 第1領域、 148b 第2領域、 152 仕切り部材、 154 ガス流入口、 156 ガス流出口、 166 整流板

。

### 産業上の利用可能性

[0188] 本発明は、ガスセンサ及び恒温装置に利用することができる。

## 請求の範囲

[請求項1] 被検出ガスに向けて所定波長の光を出射する光源、及び前記光を受光し、被検出ガスによる前記光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する検出器を有するガス検出部と、

第1端部、当該第1端部とは反対側の第2端部、及び前記第1端部から前記第2端部にかけて延在する中空部を有し、前記ガス検出部側に前記第1端部が配置され、被検出ガスの存在するガス空間側に前記第2端部が配置され、前記中空部を介して被検出ガスを前記ガス空間と前記ガス検出部との間で流通させるガス通路部と、  
を備え、

前記中空部は、前記第2端部側から前記第1端部側に近づくにつれて流路断面積が段階的又は連続的に小さくなる形状を有し、

前記ガス通路部は、

前記中空部を、それぞれが前記第1端部側から前記第2端部側に延在する第1領域及び第2領域の少なくとも2つの領域に区画する仕切り部材と、

前記第2端部に配置されて、前記ガス空間と前記第1領域とを接続するガス流入口と、

前記第2端部に配置されて、前記第2領域と前記ガス空間とを接続するガス流出口と、  
を有し、

前記ガス空間に存在する被検出ガスは、前記ガス流入口から前記中空部内に流入し、前記第1領域を前記第1端部に向かって流れて前記ガス検出部に到達し、前記ガス検出部に存在する被検出ガスは、前記第2領域を前記第2端部に向かって流れて前記ガス流出口から前記ガス空間に流出することを特徴とするガスセンサ。

[請求項2] 前記ガス通路部が水平に延在するように配置される請求項1に記載のガスセンサ。

- [請求項3] 前記中空部は、鉛直方向下側の表面が前記第1端部から前記第2端部に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜する請求項2に記載のガスセンサ。
- [請求項4] 前記ガス流入口は、前記ガス流出口よりも開口面積が大きい請求項1乃至3のいずれか1項に記載のガスセンサ。
- [請求項5] 前記ガス空間における被検出ガスの流れの上流側に前記ガス流入口が配置され、前記ガス流入口よりも被検出ガスの流れの下流側に前記ガス流出口が配置される請求項1乃至4のいずれか1項に記載のガスセンサ。
- [請求項6] 前記第2端部は、前記ガス空間において被検出ガスが鉛直方向下方に向かって流れる領域に配置され、  
前記ガス流入口は前記ガス流出口よりも鉛直方向上方に配置される請求項5に記載のガスセンサ。
- [請求項7] 前記ガス流入口は、前記第1端部と前記第2端部とが並ぶ方向に対して平行に延在する開口面を有し、前記開口面が前記ガス空間における被検出ガスの流れる方向と交わるように配置される請求項5又は6に記載のガスセンサ。
- [請求項8] 前記第2端部における前記ガス流入口と前記ガス流出口との間の領域から前記ガス空間に向けて突出し、前記ガス空間における被検出ガスの流れを規制する整流板をさらに備える請求項1乃至7のいずれか1項に記載のガスセンサ。
- [請求項9] 前記光源と前記検出器とは、前記光源の光出射面と前記検出器の受光面とが対向するように配置される請求項1乃至8のいずれか1項に記載のガスセンサ。
- [請求項10] 前記光源は、前記検出器よりも鉛直方向下方に配置され、  
前記ガス流入口は、前記ガス流出口よりも鉛直方向下方に配置される請求項1乃至4のいずれか1項に記載のガスセンサ。
- [請求項11] 前記中空部は、鉛直方向上側の表面が前記第1端部から前記第2端

部に近づくにつれて鉛直方向上方に向かうように傾斜する請求項 10 に記載のガスセンサ。

[請求項12] 前記中空部は、鉛直方向下側の表面が前記第 1 端部から前記第 2 端部に近づくにつれて鉛直方向下方に向かうように傾斜し、  
前記鉛直方向上側の表面の傾斜は、前記鉛直方向下側の表面の傾斜よりも急である請求項 11 に記載のガスセンサ。

[請求項13] 前記ガス検出部は、  
被検出ガスが流入するガス導入室と、  
前記ガス導入室に隣接して配置され、前記光源が収容される第 1 収容部と、  
前記ガス導入室に隣接して配置され、前記検出器が収容される第 2 収容部と、  
前記光に対する透過性を有し、前記ガス導入室と前記第 1 収容部とを隔てる第 1 蓋部材と、  
前記光に対する透過性を有し、前記ガス導入室と前記第 2 収容部とを隔てる第 2 蓋部材と、を有する請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載のガスセンサ。

[請求項14] 前記検出器と前記第 2 蓋部材とは、離間して配置される請求項 13 に記載のガスセンサ。

[請求項15] 前記ガス通路部は、少なくとも一部が断熱性材料で構成される請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載のガスセンサ。

[請求項16] 所定波長の光を出射する光源と、  
被検出ガスによる前記光の吸収に基づいて被検出ガスを検出する検出器と、  
第 1 端部、及び当該第 1 端部とは反対側の第 2 端部を有し、前記光源及び前記検出器が前記第 1 端部側に配置され、前記光が通過する光通路部と、  
前記光通路部の前記第 2 端部側に、被検出ガスが存在するガス空間

を挟んで配置される光反射部と、  
を備え、

前記光源から出射される前記光は、前記光通路部及び前記ガス空間を経て前記光反射部に到達し、前記光反射部により反射されて前記ガス空間及び前記光通路部を経て前記検出器に到達することを特徴とするガスセンサ。

[請求項17]

前記光通路部は、管状部材で構成され、

前記光源は、前記光が前記管状部材の中空部を通過するように配置され、

前記光に対する透過性を有し、前記光通路部の前記第2端部側の開口を塞ぐ蓋部材をさらに備える請求項16に記載のガスセンサ。

[請求項18]

前記光通路部は、管状部材で構成され、

前記光源は、前記光が前記管状部材の中空部を通過するように配置され、

前記光に対する透過性を有し、前記光通路部の前記第1端部側の開口を塞ぐ蓋部材をさらに備える請求項16又は17に記載のガスセンサ。

[請求項19]

前記光通路部は、管状部材で構成され、

前記管状部材の中空部を、それぞれが前記第1端部側から前記第2端部側にかけて延在する少なくとも第1領域と第2領域とに区画する仕切り部材と、

前記光に対する透過性を有し、前記第1領域の前記第2端部側の開口を塞ぐ蓋部材をさらに備え、

前記第2領域の前記第2端部側の開口は開放され、

前記光源は、前記光が前記第1領域及び前記第2領域を通過するように配置され、

前記検出器は、前記第1領域を通過する光を受ける第1検出部と、前記第2領域を通過する光を受ける第2検出部とを有する請求項16

に記載のガスセンサ。

[請求項20] 前記光通路部は、前記第1端部が楕円状であり、前記第2端部が真円状である請求項16乃至19のいずれか1項に記載のガスセンサ。

[請求項21] 前記光通路部の前記第1端部は楕円状であり、  
前記光源及び前記検出器は、前記光源及び前記検出器と前記光通路部との配列方向から見て、楕円の中心を対称点とする点対称の位置に配置される請求項16乃至20のいずれか1項に記載のガスセンサ。

[請求項22] 前記光反射部は、所定の曲率半径 $R$ を有する凹面反射面を含み、  
前記光源、前記検出器及び前記光反射部は、前記凹面反射面と前記光源との距離 $L_1$ 、及び前記凹面反射面と前記検出器との距離 $L_2$ が、 $R \times 0.9 \leq L_1$ 、 $L_2 \leq R \times 1.1$ の条件を満たすように配置される請求項16乃至21のいずれか1項に記載のガスセンサ。

[請求項23] 前記光源、前記検出器及び前記光反射部は、前記距離 $L_1$ 及び前記距離 $L_2$ の少なくとも一方が、 $R \times 0.9$ 以上 $R$ 未満、又は $R$ より大きく $R \times 1.1$ 以下の条件を満たすように配置される請求項22に記載のガスセンサ。

[請求項24] 前記検出器は、複数の検出部を有し、  
前記複数の検出部のそれぞれに対応して配置され、所定波長の光に対応する検出部へ選択的に入射させる複数の光学フィルタをさらに備え、

前記複数の光学フィルタのうち一部の光学フィルタは、被検出ガスによって吸収される波長の光を透過し、他の光学フィルタは、前記波長とは異なる波長の光を透過する請求項16乃至23のいずれか1項に記載のガスセンサ。

[請求項25] 所定波長の光を前記検出器へ選択的に入射させる光学フィルタをさらに備え、

前記光学フィルタは、透過させる波長帯域の変更が可能な波長可変フィルタである請求項16乃至24のいずれか1項に記載のガスセン

サ。

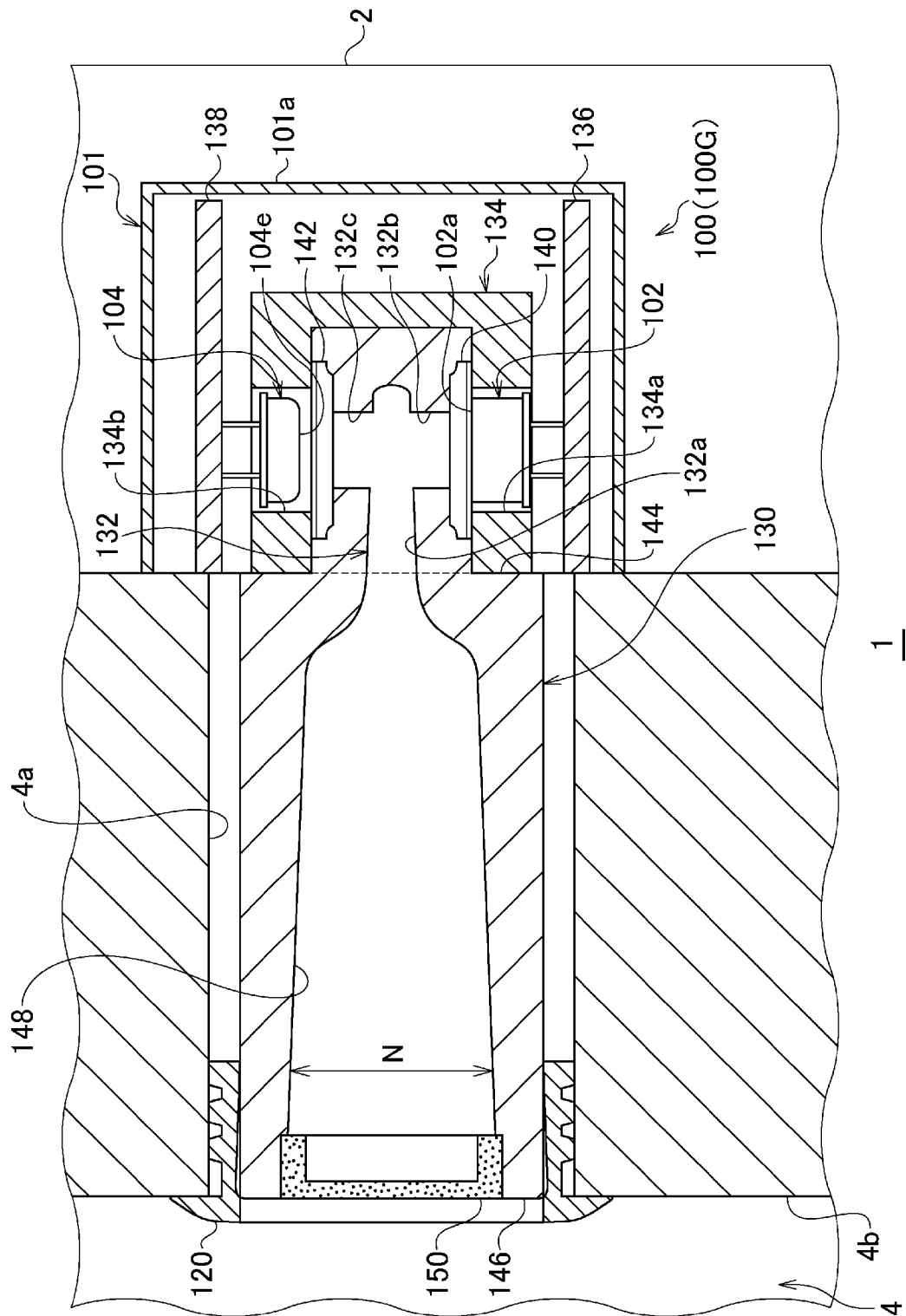
[請求項26] 前記光通路部は、少なくとも一部が断熱性材料で構成される請求項16乃至25のいずれか1項に記載のガスセンサ。

[請求項27] ガスが収容される恒温槽と、  
請求項1乃至26のいずれか1項に記載のガスセンサと、  
を備え、  
前記ガスセンサにより前記恒温槽内の前記ガスを検出することを特徴とする恒温装置。

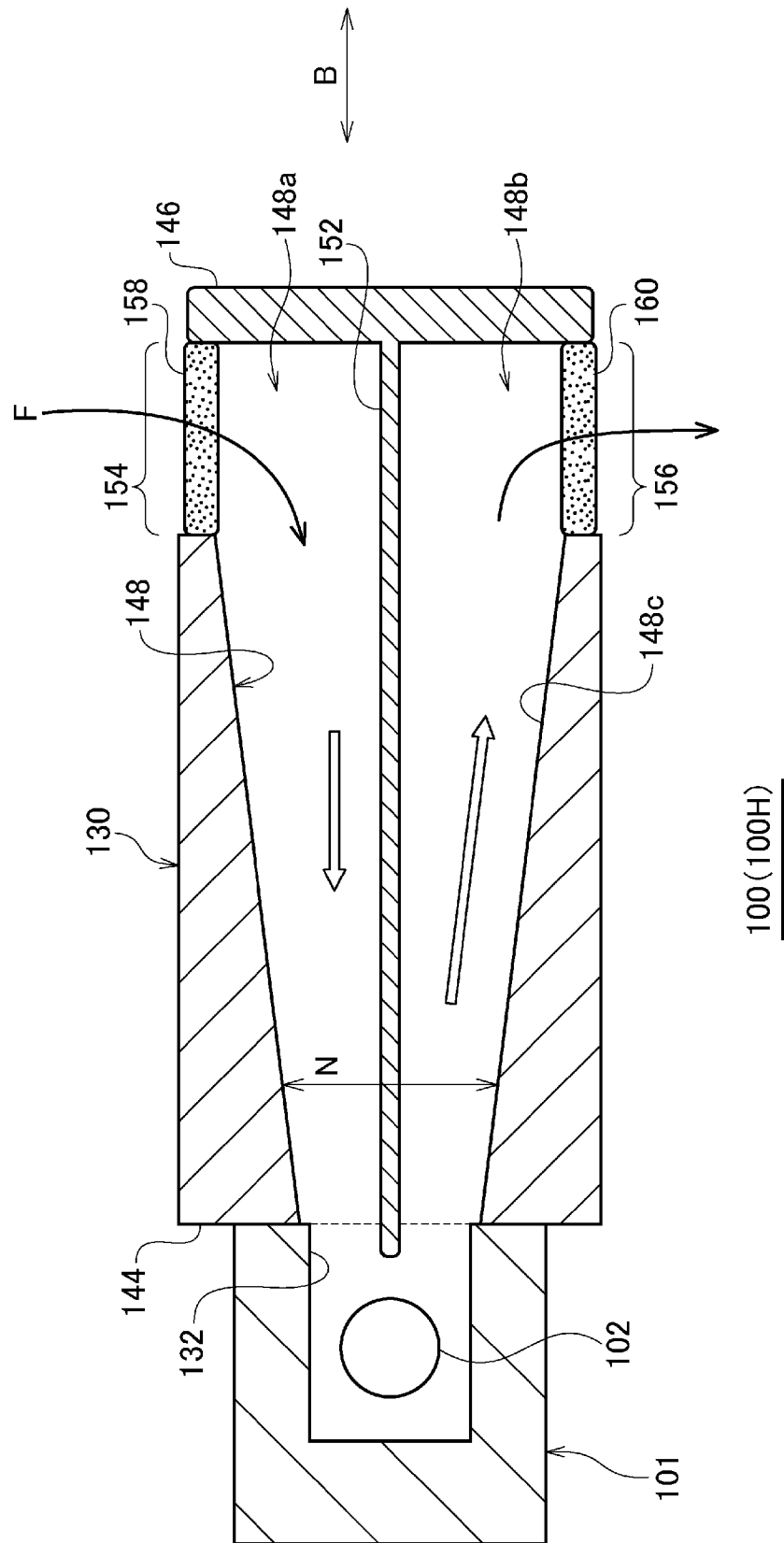
[請求項28] 前記ガスセンサは、前記恒温槽の壁面に設置され、  
前記ガスが前記壁面に沿って流れるように送風するファンをさらに備える請求項27に記載の恒温装置。

[請求項29] 前記ガスセンサは、前記恒温槽の壁面に設置され、  
前記壁面に沿って配置され、前記ガスが流れるガス流路をさらに備える請求項27又は28に記載の恒温装置。

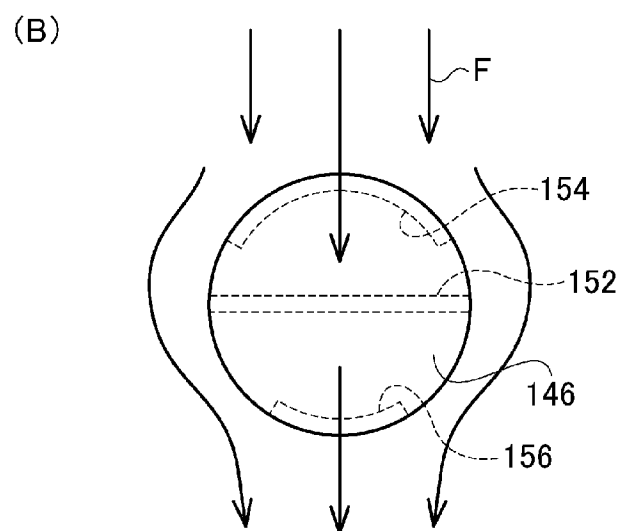
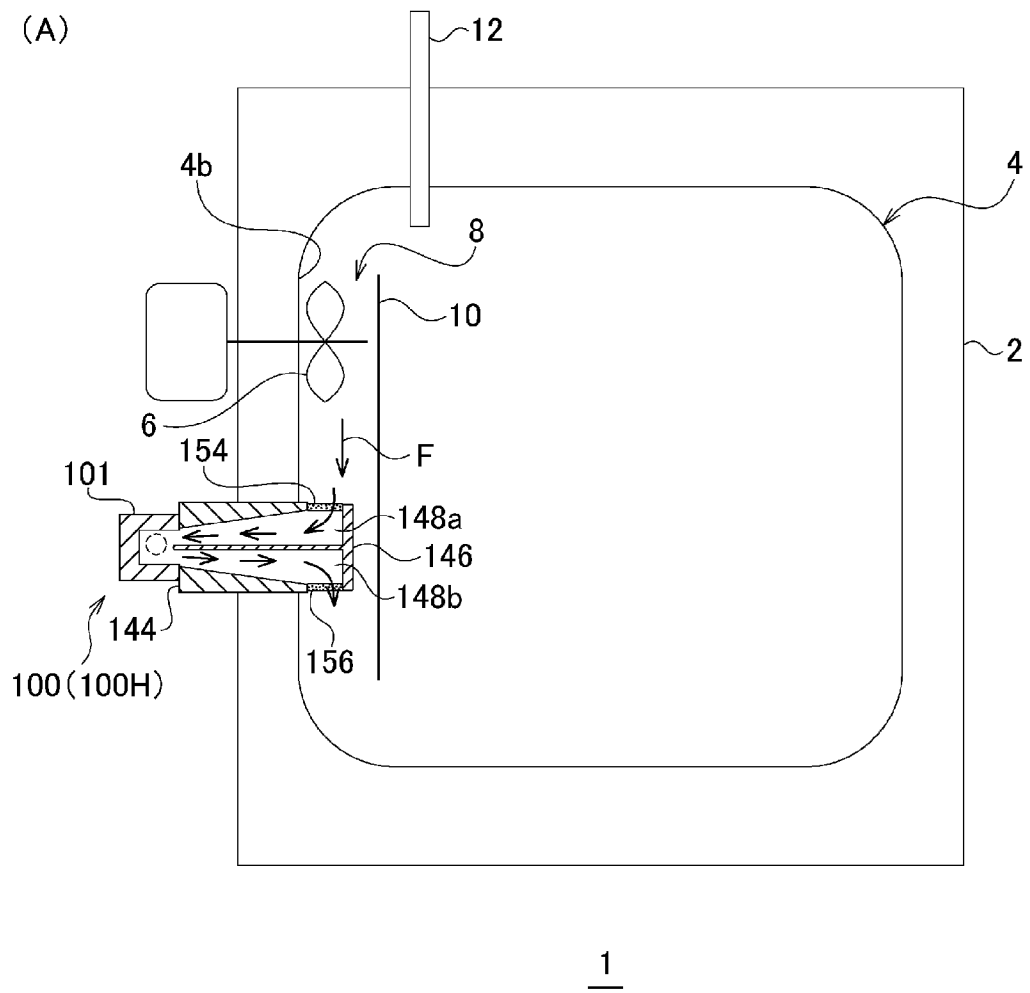
[図1]



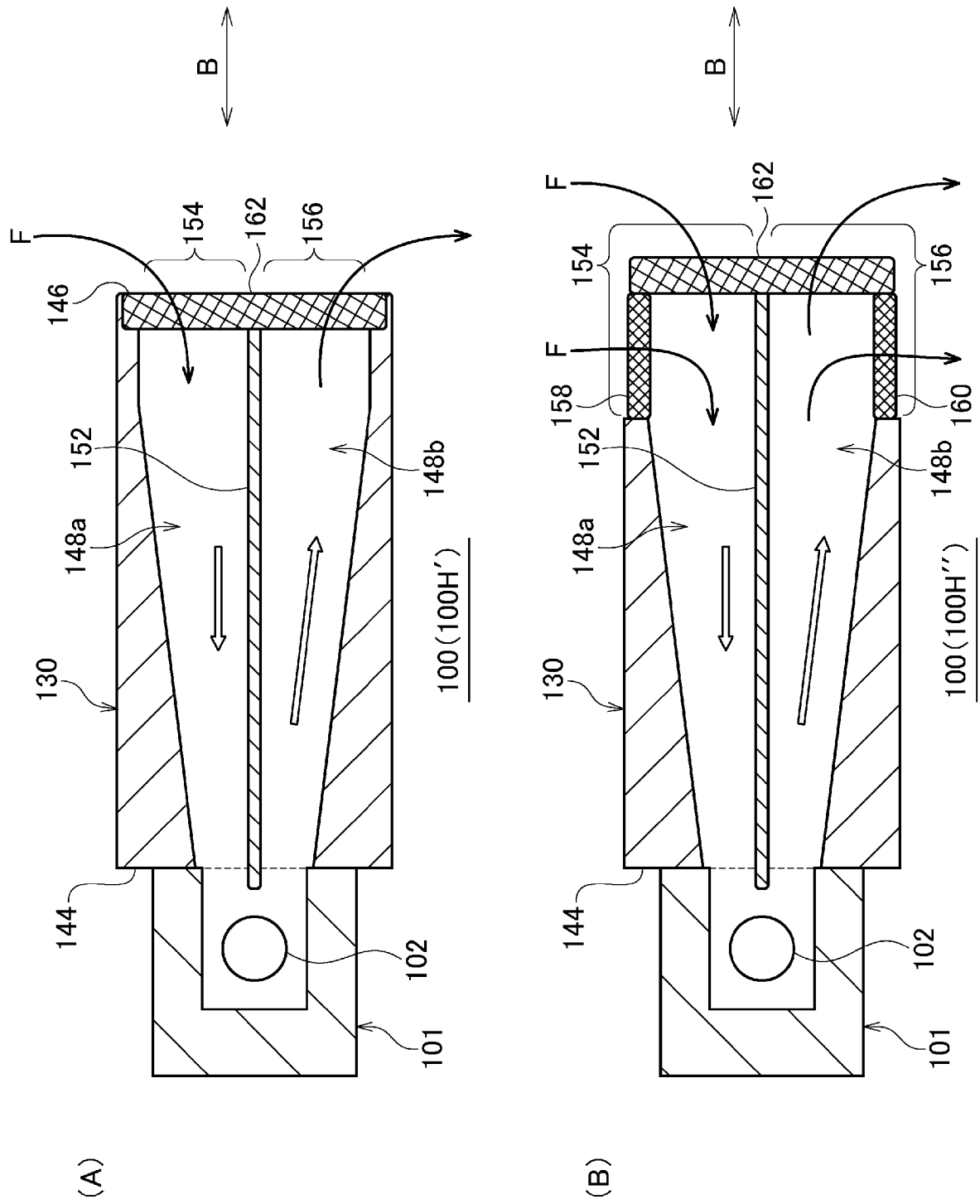
[図2]



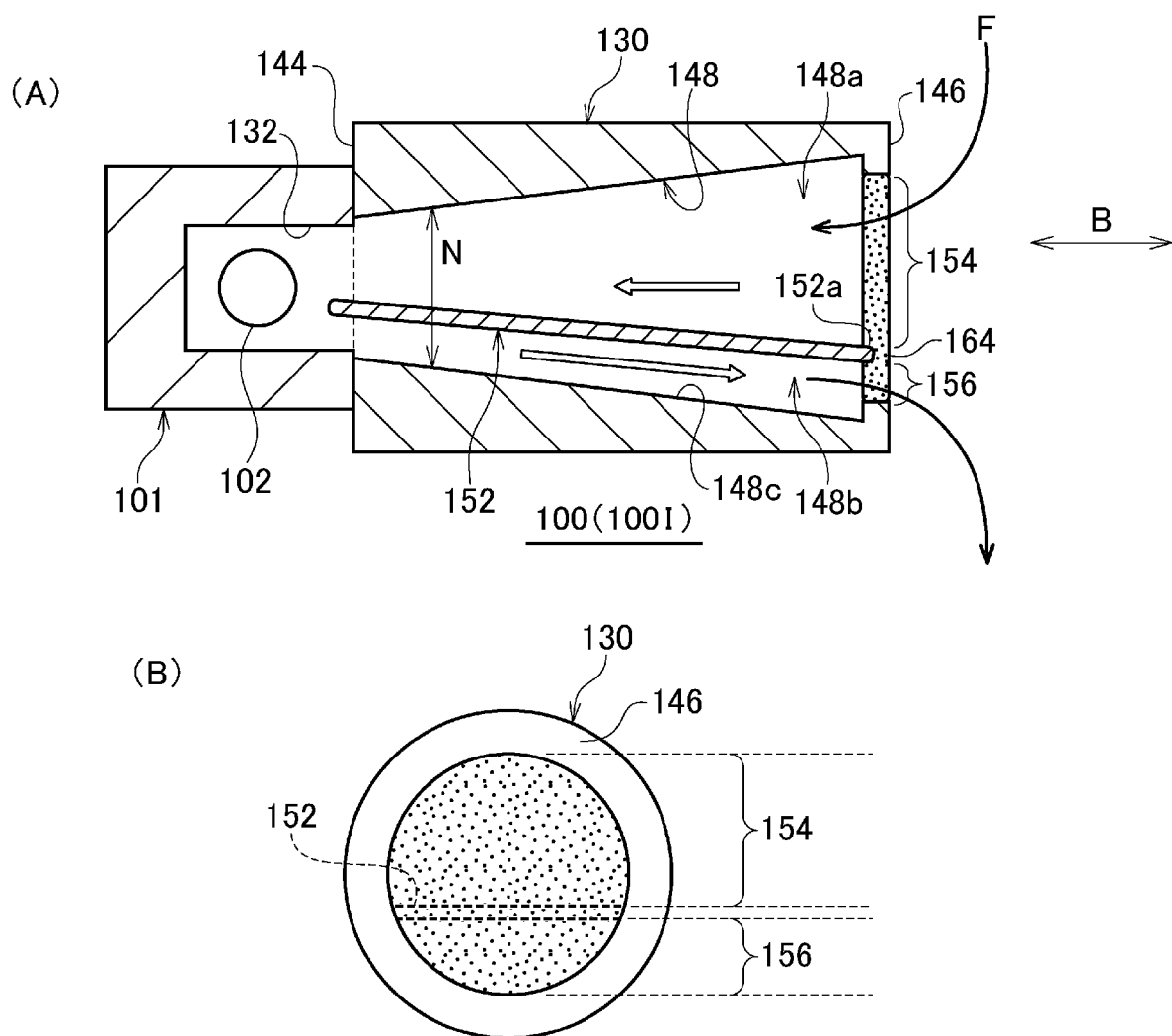
[図3]



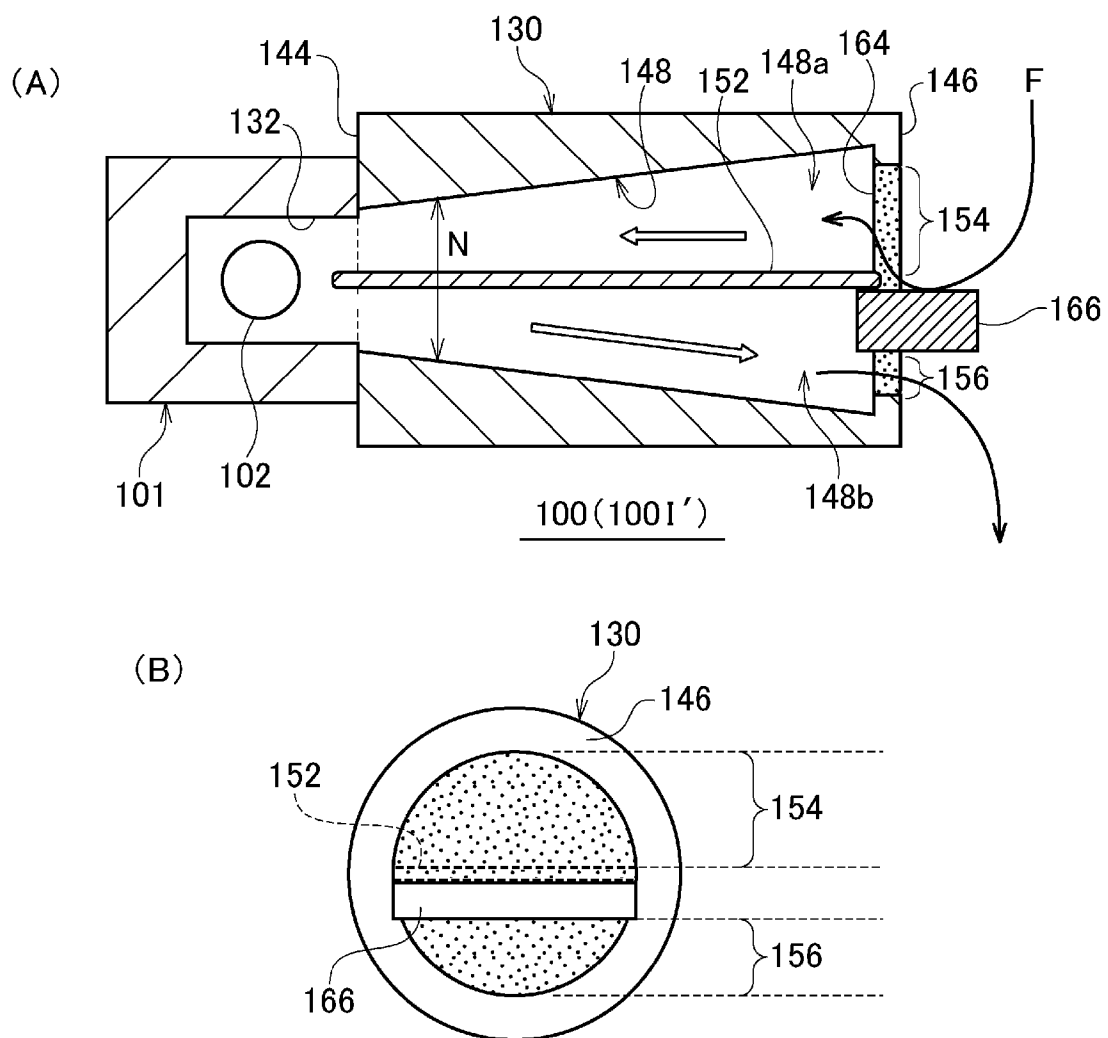
[図4]



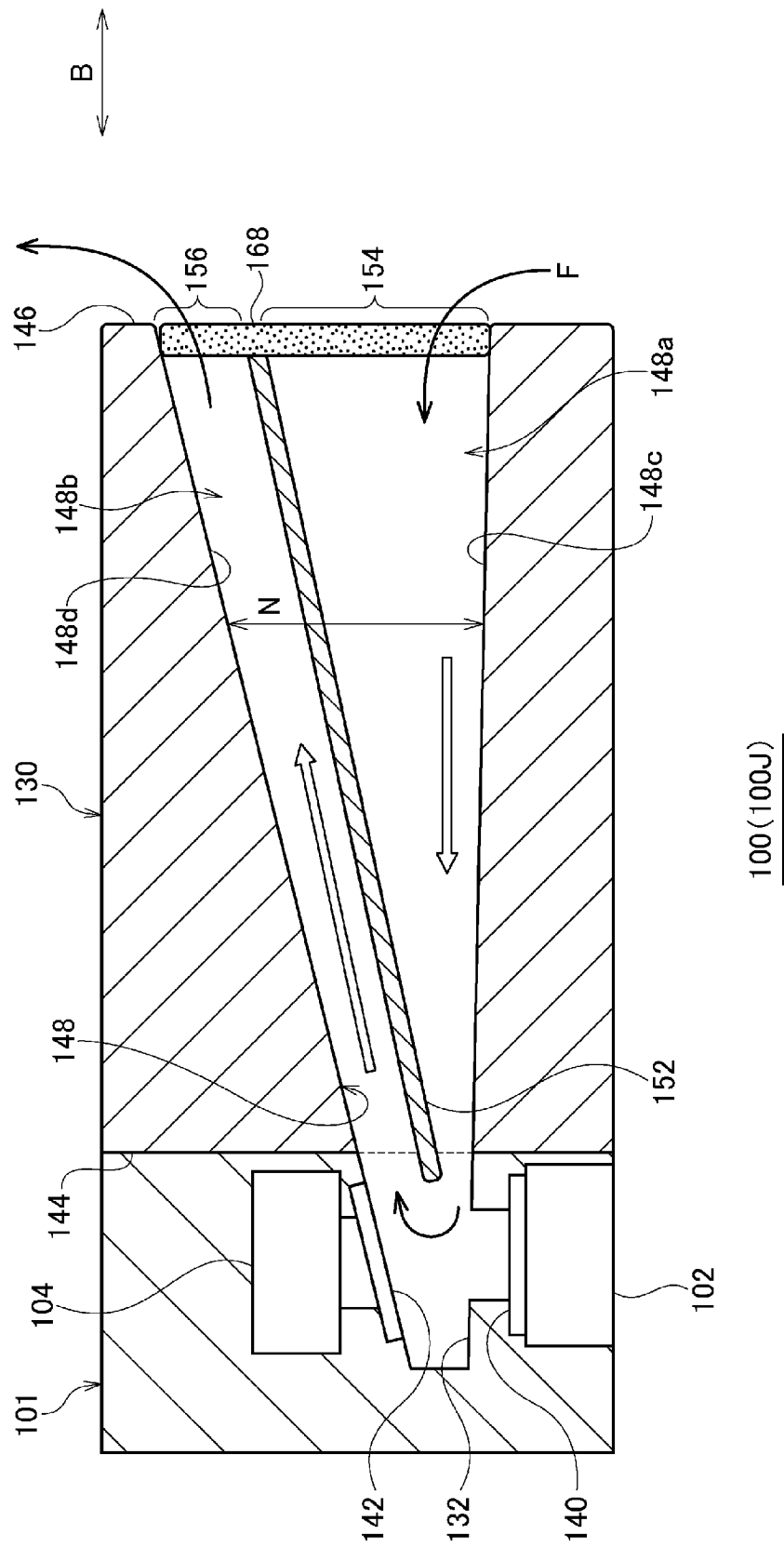
[図5]



[図6]



[図7]

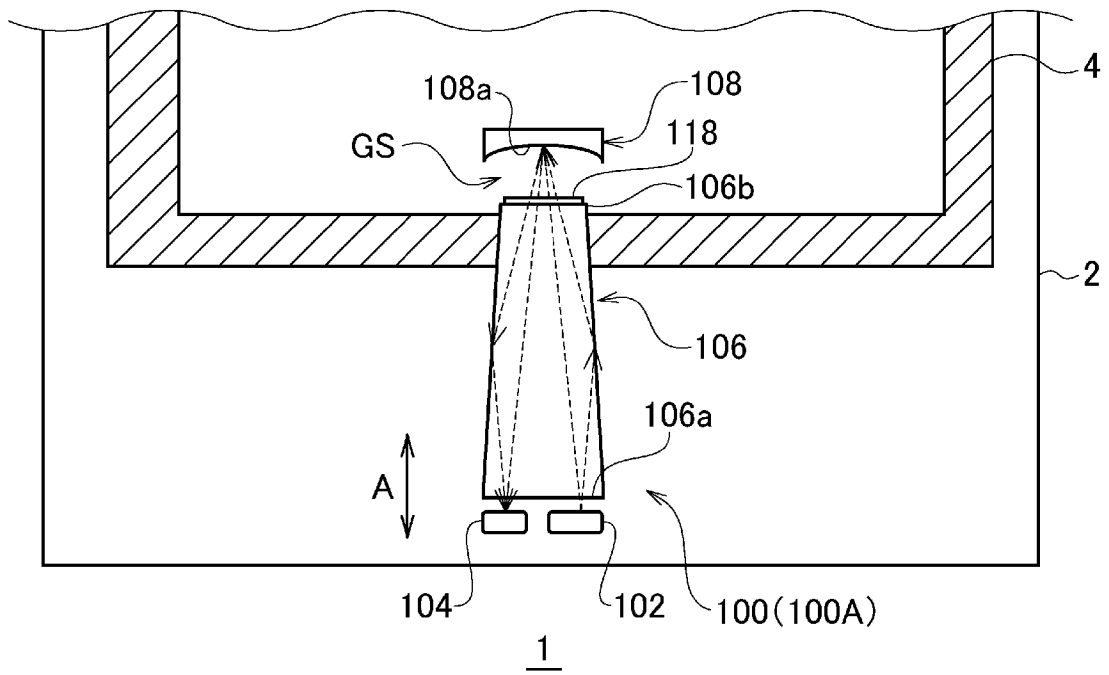


(B)

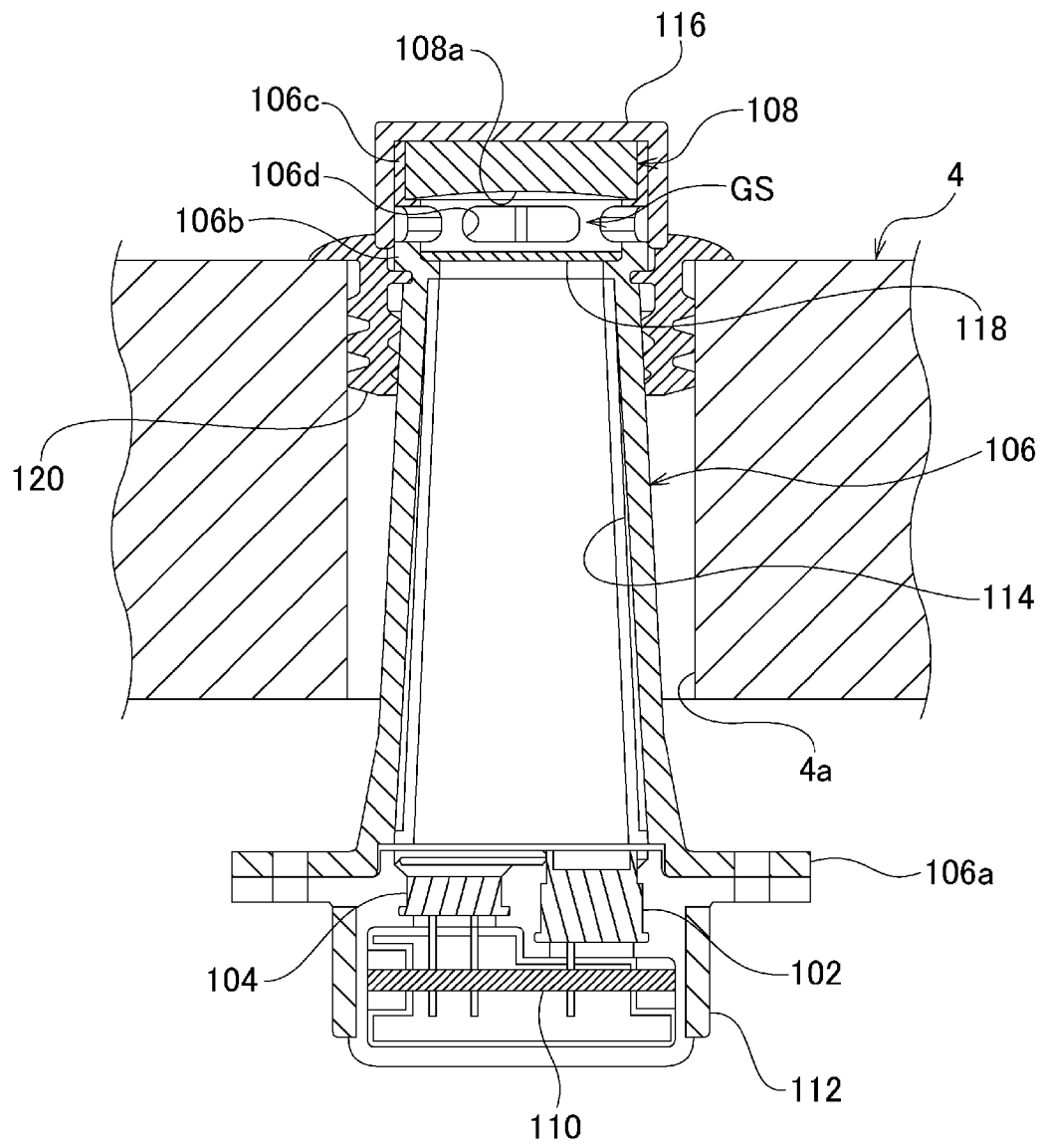
101 172 104 144 104e 174 114 130 146 M 108 108a 148 114 100(100K) 102 102a 170



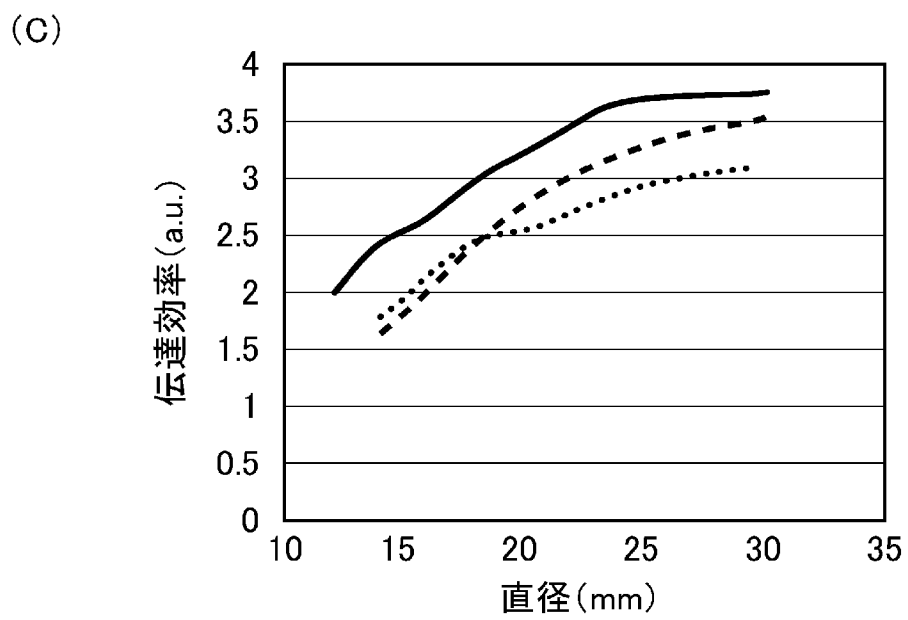
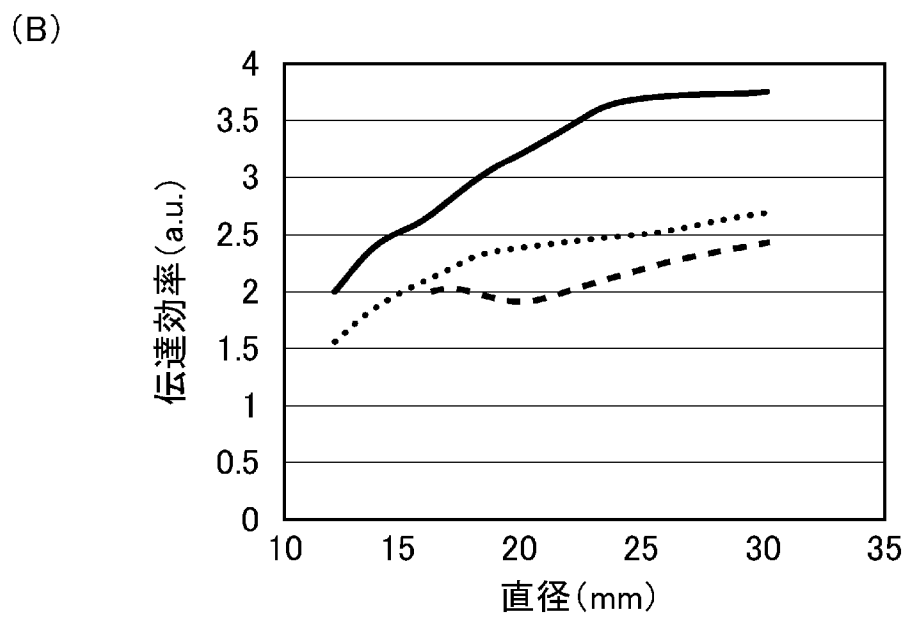
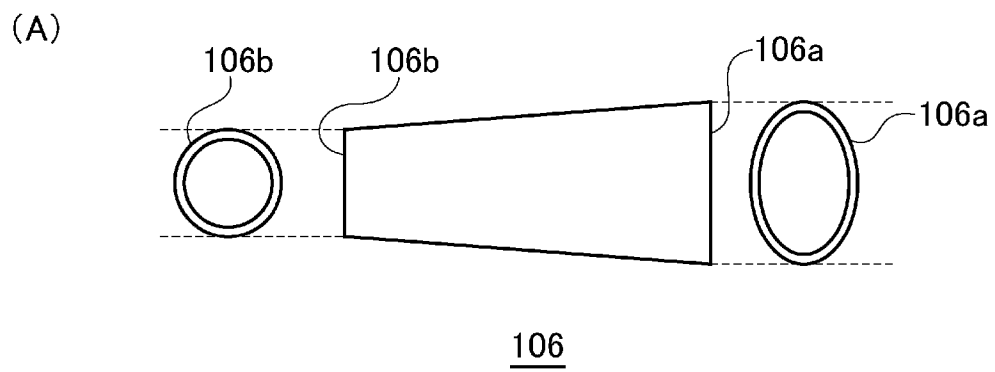
[図10]



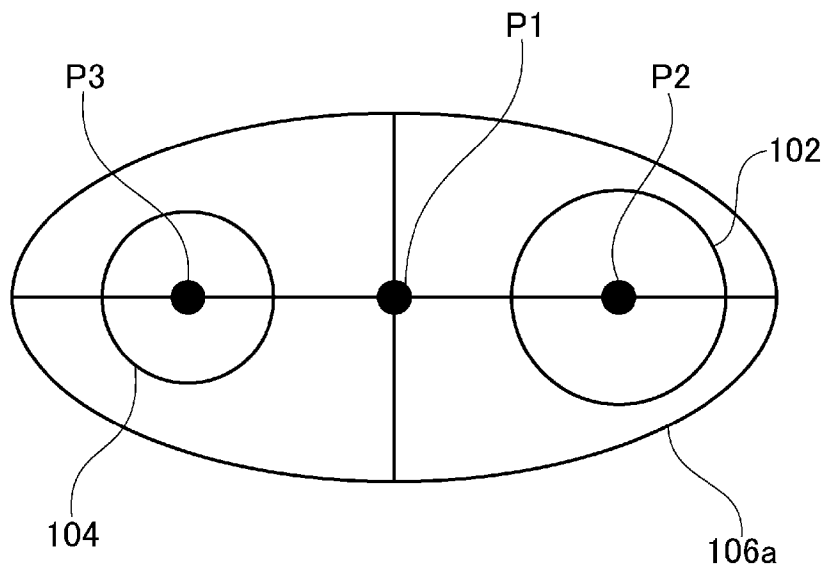
[図11]

100

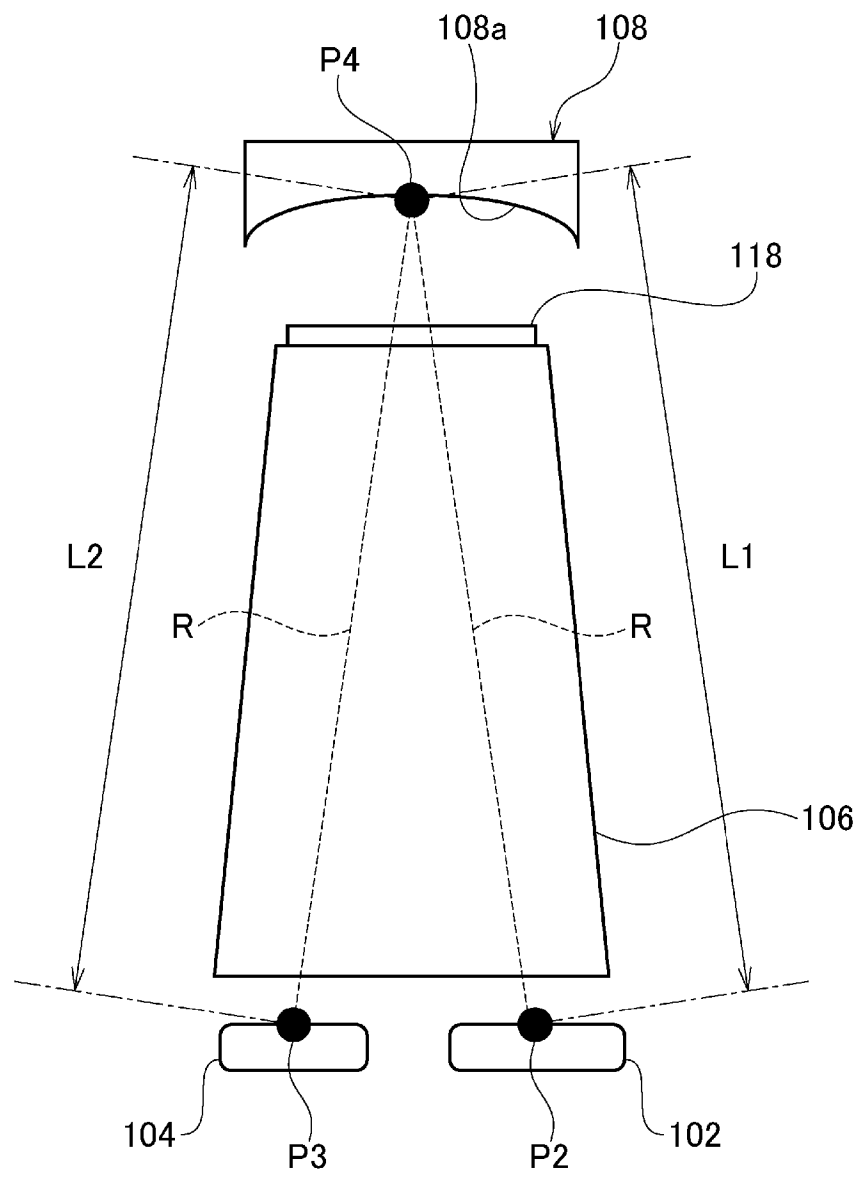
[図12]



[図13]

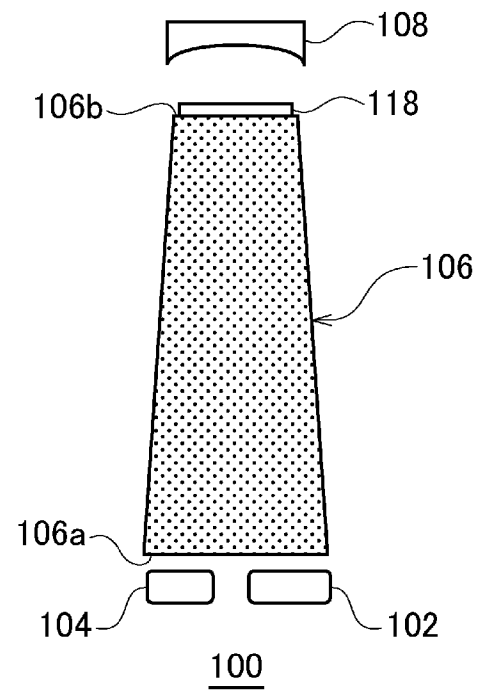


[図14]

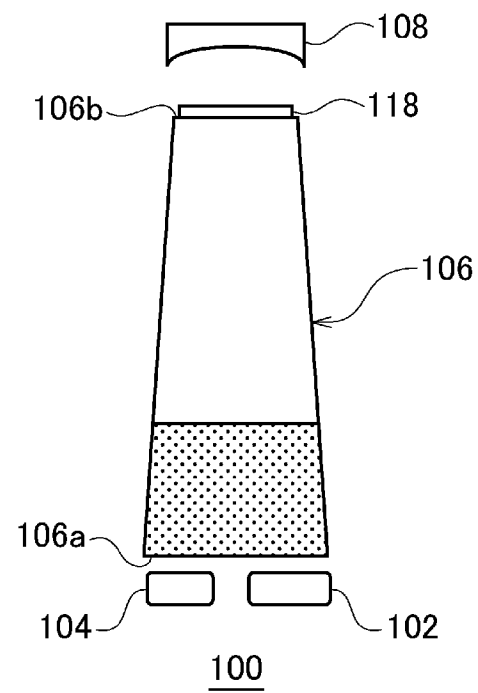
100

[図15]

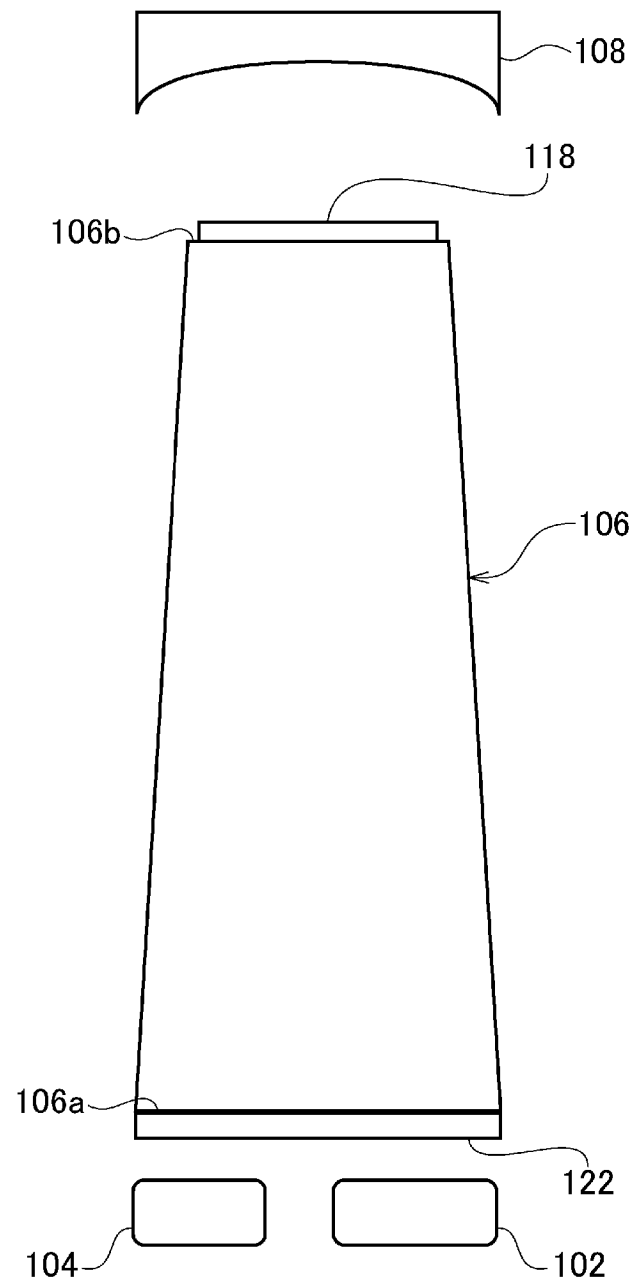
(A)



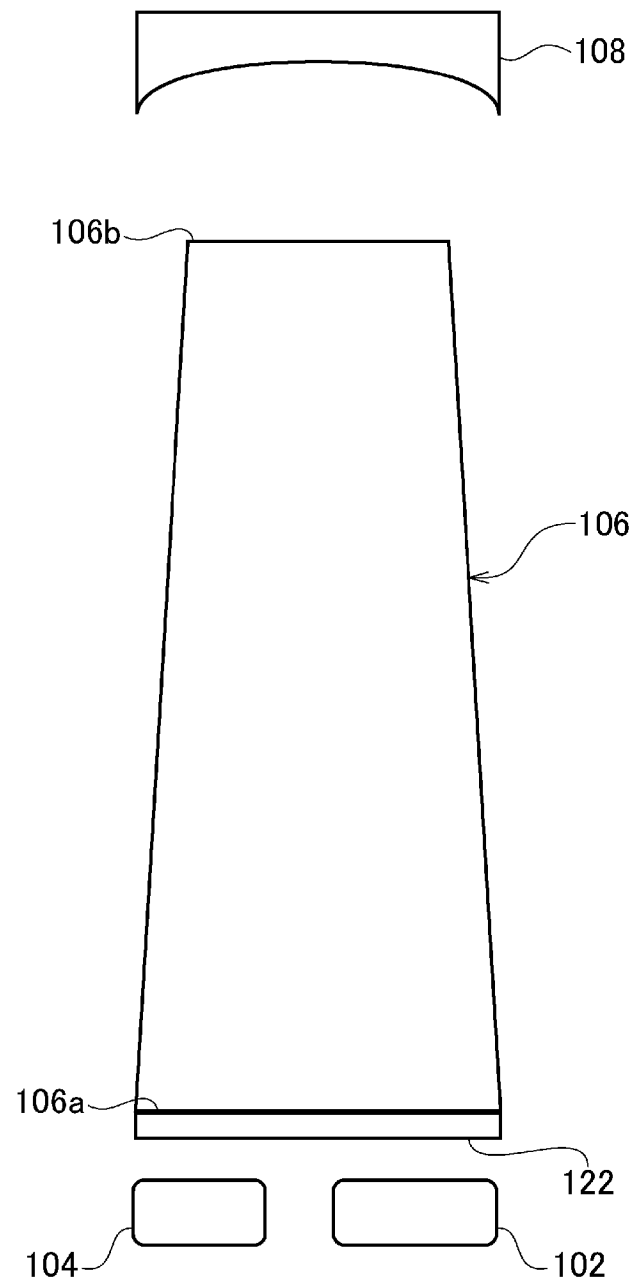
(B)



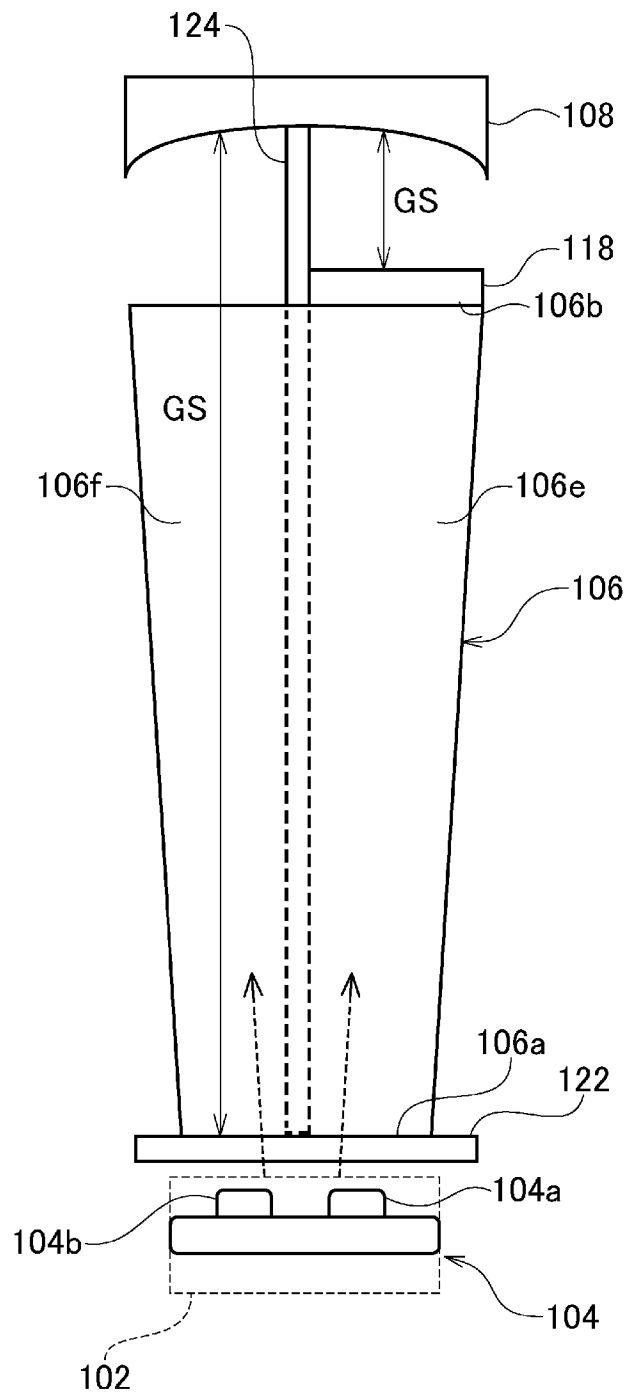
[図16]

100 (100B)

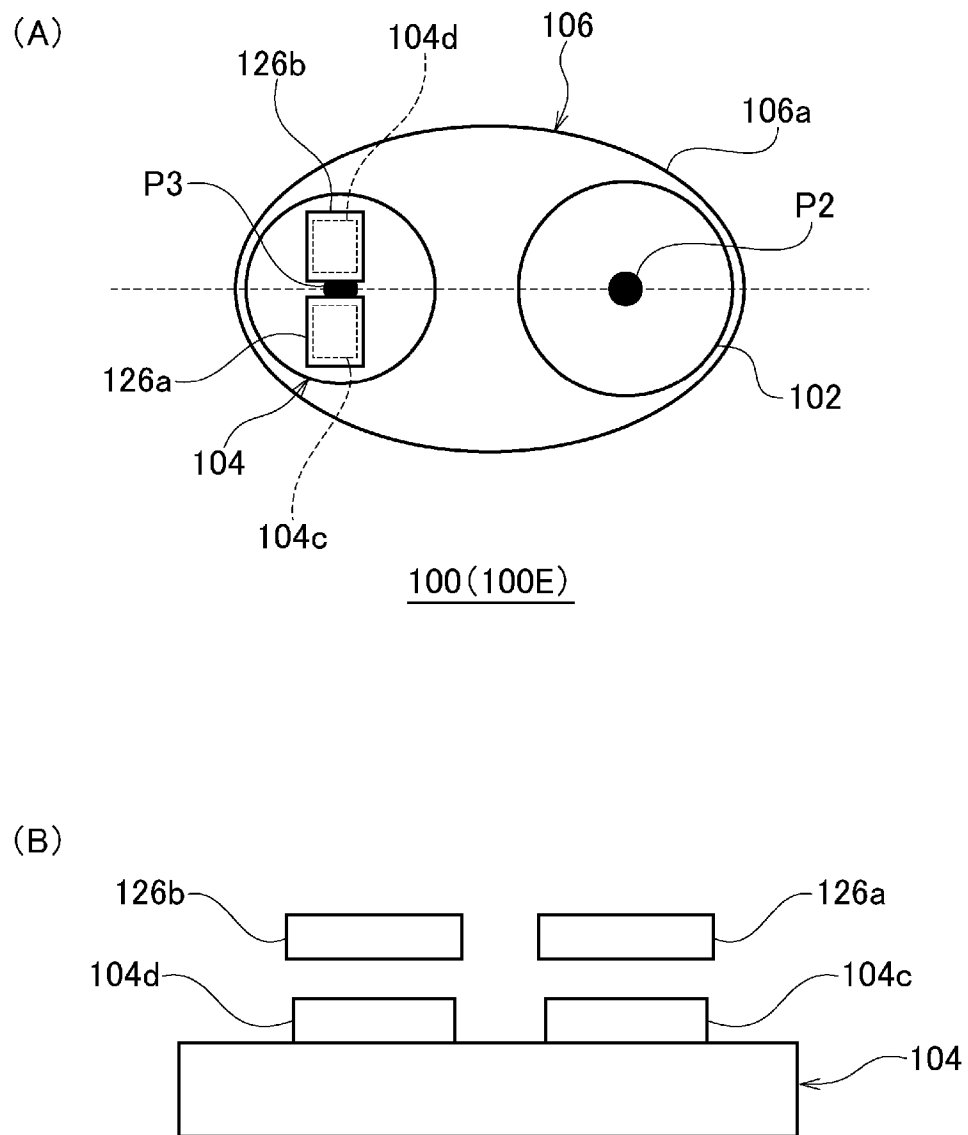
[図17]

100 (100C)

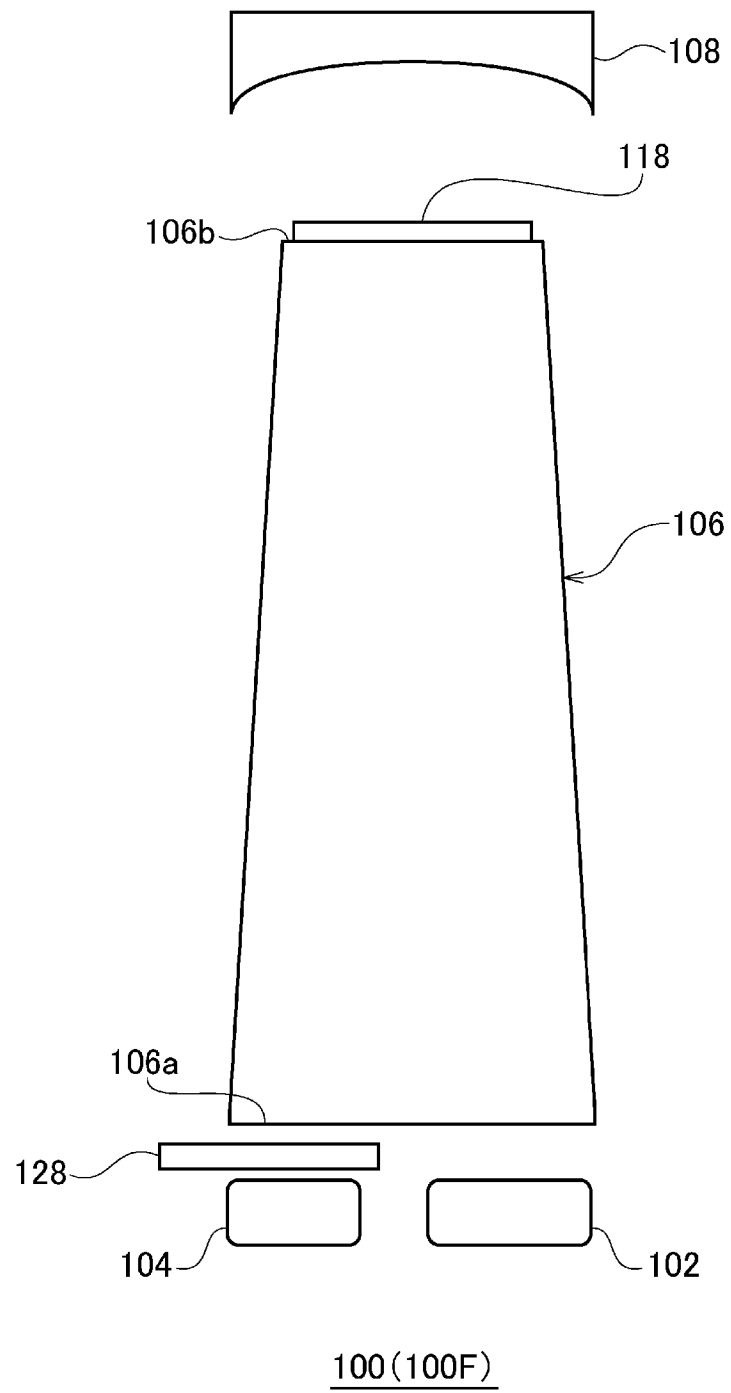
[図18]

100(100D)

[図19]



[図20]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/015092

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/3504(2014.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/00-21/958

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 2012-215396 A (Asahi Kasei EMD Corp.),<br>08 November 2012 (08.11.2012),<br>fig. 1, 2<br>(Family: none)                                                                                                                              | 16-18<br>1-15, 19-29  |
| X<br>A    | JP 8-114501 A (Microparts Gesellschaft fur<br>Mikrostrukturtechnik mbH),<br>07 May 1996 (07.05.1996),<br>paragraphs [0010] to [0024]; fig. 1<br>& US 5550375 A<br>specification, column 1, line 62 to column 4,<br>line 39; fig. 1A, 1B | 16-18<br>1-15, 19-29  |
| X<br>A    | GB 2391310 A (EDINBURGH INSTRUMENTS LTD.),<br>04 February 2004 (04.02.2004),<br>fig. 1a<br>& GB 213326 D                                                                                                                                | 16-18<br>1-15, 19-29  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 June 2017 (14.06.17)

Date of mailing of the international search report  
27 June 2017 (27.06.17)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/015092

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                      | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>A    | JP 9-184803 A (Horiba, Ltd.),<br>15 July 1997 (15.07.1997),<br>fig. 3<br>(Family: none)                                 | 16-18<br>1-15, 19-29  |
| X<br>A    | JP 9-229858 A (Horiba, Ltd.),<br>05 September 1997 (05.09.1997),<br>fig. 3<br>(Family: none)                            | 16-18<br>1-15, 19-29  |
| X<br>A    | JP 10-332585 A (Horiba, Ltd.),<br>18 December 1998 (18.12.1998),<br>fig. 3<br>(Family: none)                            | 16-18<br>1-15, 19-29  |
| A         | JP 5-014899 U (Horiba, Ltd.),<br>26 February 1993 (26.02.1993),<br>fig. 1 to 5<br>(Family: none)                        | 1-29                  |
| A         | JP 61-122545 U (Fuji Electric Co., Ltd.),<br>01 August 1986 (01.08.1986),<br>fig. 3<br>(Family: none)                   | 1-29                  |
| A         | JP 60-231140 A (Fuji Electric Co., Ltd.),<br>16 November 1985 (16.11.1985),<br>fig. 1, 2<br>& US 4651004 A<br>fig. 1, 2 | 1-29                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/015092

**Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:  
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/015092

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Document 1: JP 2012-215396 A (Asahi Kasei EMD Corp.), 08 November 2012 (08.11.2012), fig. 1, 2 (Family: none)

Document 2: JP 8-114501 A (Microparts Gesellschaft fur Mikrostrukturtechnik mbH), 07 May 1996 (07.05.1996), paragraphs [0010] to [0024]; fig. 1 & US 5550375 A specification, column 1, line 62 to column 4, line 39; fig. 1A, 1B

Document 3: GB 2391310 A (EDINBURGH INSTRUMENTS LTD.), 04 February 2004 (04.02.2004), fig. 1a & GB 213326 D

Document 4: JP 9-184803 A (Horiba, Ltd.), 15 July 1997 (15.07.1997), fig. 3 (Family: none)

Document 5: JP 9-229858 A (Horiba, Ltd.), 05 September 1997 (05.09.1997), fig. 3 (Family: none)

Document 6: JP 10-332585 A (Horiba, Ltd.), 18 December 1998 (18.12.1998), fig. 3 (Family: none)

Claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) claims 1-15 and the parts of claims 27-29 which have a relationship with claims 1-15

Claims 1-15 have a special technical feature of a "gas sensor, which uses light, has a first end portion side that is provided with a light source and a detector that performs gas detection by receiving light, and a second end portion side that is provided with a gas inflow port and a gas outflow port, and in which a gas space has a shape wherein the cross-sectional area becomes smaller toward the first end portion side from the second end portion side, said gas space being partitioned into at least two regions, i.e., a first region connected to the gas inflow port by means of a partitioning member extending from the first end portion side to the second end portion side, and a second region connected to the gas outflow port". Consequently, the claims are classified as the inventions of the invention group 1.

Further, the parts of claims 27-29 which refer to and have a relationship with claims 1-15 are classified into Invention 1.

(Invention 2) claims 16-26 and the parts of claims 27-29 which are not classified into Invention 1

Each of documents 1-6 has set forth a "gas sensor wherein a light source and a light receiver are attached to a same end portion side, said gas sensor being provided with a configuration wherein light emitted from the light source is reflected by a reflecting section that is provided on an end portion side on the opposite side to the end portion side by having the gas space therebetween, and is received by the light receiver". Since claim 16 lacks novelty due to any one of documents 1-6, the claim does not have a special technical feature.

Since claims 17 and 18 have, with respect to claim 16, an additional technical feature of using a cover for an opening on the end portion side, said cover passing light used in the gas sensor, the claims are classified as the inventions of the invention group 2.

Claim 19 is a dependent claim of claim 16, and since the claim has an additional technical feature of having a partitioning member that partitions a gas space of a gas sensor into at least two regions, and a plurality of detection units corresponding to the regions, respectively, the claim is classified as the invention of the invention group 2.

Claims 20-26 are classified into Invention 2, since said claims have a relationship with claim 16.

The parts of claims 27-29 which are not classified into Invention 1 have a relationship with claims 16-26, and are therefore classified into Invention 2.

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/3504(2014. 01) i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01N21/00-21/958

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                    | 関連する<br>請求項の番号       |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| X<br>A          | JP 2012-215396 A（旭化成エレクトロニクス株式会社）2012. 11. 08,<br>図1、2（ファミリーなし）                                                                                                      | 16-18<br>1-15, 19-29 |
| X<br>A          | JP 8-114501 A（マイクロパーツ ゲゼルシャフト フェア ミクロ<br>ストルクトゥーアテヒニク ミット ベシュレンクテル ハフツン<br>グ）1996. 05. 07, [0010] - [0024]、図1<br>& US 5550375 A, 明細書第1欄62行目-第4欄39行目、F i g<br>1 A、1 B | 16-18<br>1-15, 19-29 |

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 06. 2017

国際調査報告の発送日

27. 06. 2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

立澤 正樹

2W

8353

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                       |                      |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                     | 関連する<br>請求項の番号       |
| X<br>A                | GB 2391310 A (EDINBURGH INSTRUMENTS LIMITED) 2004.02.04,<br>F i g . 1 a & GB 213326 D | 16-18<br>1-15, 19-29 |
| X<br>A                | JP 9-184803 A (株式会社堀場製作所) 1997.07.15, 図3<br>(ファミリーなし)                                 | 16-18<br>1-15, 19-29 |
| X<br>A                | JP 9-229858 A (株式会社堀場製作所) 1997.09.05, 図3<br>(ファミリーなし)                                 | 16-18<br>1-15, 19-29 |
| X<br>A                | JP 10-332585 A (株式会社堀場製作所) 1998.12.18, 図3<br>(ファミリーなし)                                | 16-18<br>1-15, 19-29 |
| A                     | JP 5-014899 U (株式会社堀場製作所) 1993.02.26, 図1 - 5<br>(ファミリーなし)                             | 1-29                 |
| A                     | JP 61-122545 U (富士電機株式会社) 1986.08.01, 第3図<br>(ファミリーなし)                                | 1-29                 |
| A                     | JP 60-231140 A (富士電機株式会社) 1985.11.16, 第1図、第2図<br>& US 4651004 A, Fig.1,2              | 1-29                 |

## 第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。  
つまり、
2. ☐ 請求項 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。  
特別ページ参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

## &lt;第Ⅲ欄の続き&gt;

- 文献1：JP 2012-215396 A (旭化成エレクトロニクス株式会社) 2012.11.08, 図1、2  
(ファミリーなし)
- 文献2：JP 8-114501 A (マイクロパーツ ゲゼルシャフト フュア ミクロストルクトゥー  
アテヒニク ミット ベシュレンクテル ハフツング) 1996.05.07,  
[0010] - [0024]、図1  
& US 5550375 A, 明細書第1欄62行目-第4欄39行目、Fig 1 A、1 B
- 文献3：GB 2391310 A (EDINBURGH INSTRUMENTS LIMITED) 2004.02.04, Fig. 1 a  
& GB 213326 D
- 文献4：JP 9-184803 A (株式会社堀場製作所) 1997.07.15, 図3 (ファミリーなし)
- 文献5：JP 9-229858 A (株式会社堀場製作所) 1997.09.05, 図3 (ファミリーなし)
- 文献6：JP 10-332585 A (株式会社堀場製作所) 1998.12.18, 図3 (ファミリーなし)

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

(発明1) 請求項1-15、請求項27-29のうち請求項1-15に関連する部分

請求項1-15は、「光を用いるガスセンサにおいて、光源、及び受光によりガス検出する検出器が具備された第1端部側と、ガス流入口、及び流出口が具備された第2端部側を有し、ガス空間は第2端部側から第1端部側へと断面積が小さくなる形状を有し、かつ該ガス空間は、第1端部側から第2端部側に延在する仕切り部材によって前記ガス流入口と接続する第1領域と、前記ガス流出口と接続する第2領域の少なくとも2つの領域に区画された、ガスセンサ」、という特別な技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。また、請求項27-29のうち、請求項1-15を引用し、関連する部分は、発明1に区分する。

(発明2) 請求項16-26、請求項27-29のうち発明1に区分されない部分

文献1-6には、それぞれ、「光源と受光器が同じ端部側に取付けられたガスセンサにおいて、前記光源から発せられた光が、前記端部側とはガス空間を挟んで反対側にある端部側に具備した反射部で反射され、前記受光器で受光される構成を具備したガスセンサ」が記載されており、請求項16は、文献1-6のいずれかにより、新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。請求項17、及び18は端部側の開口に、ガスセンサに用いる光に対する透過性を有する蓋を用いるという、請求項16に対する追加の技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。請求項19は請求項16の従属請求項であり、ガスセンサのガス空間を少なくとも2つの領域にする仕切り部材と、同領域にそれぞれ対応する複数の検出部を有するという追加の技術的特徴を有するので、発明2に区分する。請求項20-26は請求項16に対して連関を有しているので、発明2に区分する。請求項27-29のうち、発明1に区分されない部分は、請求項16-26に対して連関を有しているので、発明2に区分する。