

(43) 国際公開日  
2017 年 9 月 14 日(14.09.2017)



(10) 国際公開番号

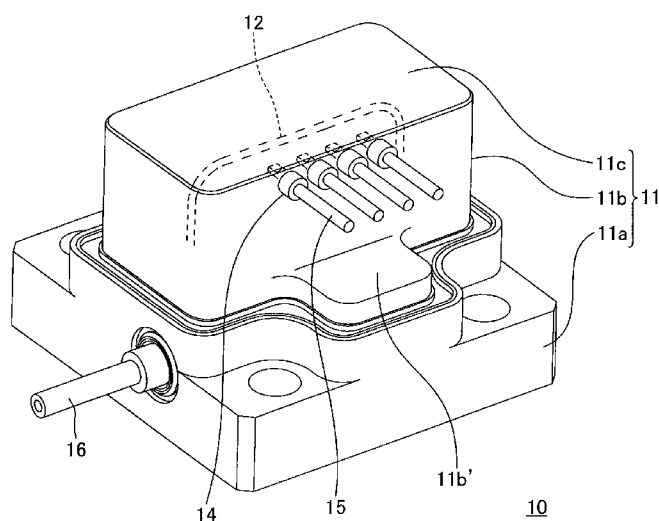
**WO 2017/154513 A1**

- |                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) 国際特許分類:<br/> <b>G01F 1/684</b> (2006.01)      <b>G01F 1/69</b> (2006.01)</p>                                                                          | <p>(74) 代理人: 特許業務法人プロスペック特許事務所<br/> <b>(PROSPEC PATENT FIRM)</b>; 〒4530801 愛知県名古屋市中村区太閤三丁目1番18号 名古屋Kビル12階 Aichi (JP).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005816</p>                                                                                                                         | <p>(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.</p> |
| <p>(22) 国際出願日: 2017年2月17日(17.02.2017)</p>                                                                                                                     | <p>(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), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),</p>                                                                                                                                                                                                               |
| <p>(25) 国際出願の言語: 日本語</p>                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>(26) 国際公開の言語: 日本語</p>                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>(30) 優先権データ:<br/>         特願 2016-048578 2016年3月11日(11.03.2016) JP</p>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>(71) 出願人: 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 Tokyo (JP).</p>                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>(72) 発明者: 佐々木 龍(SASAKI Ryu); 〒5108102 三重県三重郡朝日町小向210 日立金属ファインテック株式会社内 Mie (JP). 石井 守(ISHII Mamoru); 〒5108102 三重県三重郡朝日町小向210 日立金属ファインテック株式会社内 Mie (JP).</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

[続葉有]

**(54) Title:** THERMAL MASS FLOW RATE SENSOR, THERMAL MASS FLOW RATE SENSOR PRODUCTION METHOD, AND THERMAL MASS FLOW METER USING SAID THERMAL MASS FLOW RATE SENSOR

(54) 発明の名称：熱式質量流量センサ、当該熱式質量流量センサの製造方法、及び当該熱式質量流量センサを用いる熱式質量流量計



**(57) Abstract:** For a thermal mass flow rate sensor 10 enclosed in a sealed container 11 having an inert atmosphere for the purpose of suppressing the loss of covering layers of sensor wires 13a, 13b associated with high-temperature use, an exhaust pipe 16 is further provided that causes the inner space of the sealed container 11 and the outside to be in airtight communication with each other via an exhaust hole 16a that is a through-hole formed in the outer wall of the sealed container 11. The end part on the opposite side of the exhaust pipe 16 from the exhaust hole 16a is sealed through plastic deformation so as to form a sealed part 16b. As a result, it is possible to airtightly close the internal space of a sealed container 11 after forming the sealed container 11 in a normal atmosphere. The sealed part 16b may be further sealed through welding. In this way, it is possible to assemble a sealed container 11 simply and with a high degree of accuracy and suppress reduction in the airtightness of the sealed container 11 associated with high-temperature use.

(57) 要約:

〔続葉有〕

**WO 2017/154513 A1**



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, — 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))  
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

高温における使用に伴うセンサワイヤ 13 a 及び 13 b の被覆層の消失を抑制することを目的として不活性雰囲気にある密閉容器 11 の中に封入される熱式質量流量センサ 10 において、密閉容器 11 の外壁に形成された貫通孔である排気孔 16 a を介して密閉容器 11 の内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管 16 を更に備える。排気管 16 の排気孔 16 a とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部 16 b を形成する。これにより、通常の大気雰囲気下において密閉容器 11 を形成した後、密閉容器 11 の内部空間を気密に閉じることができる。上記封止部 16 b は溶接によって更に封止されていてもよい。このようにして密閉容器 11 を容易且つ高精度に組み立てることができ且つ高温における使用に伴う密閉容器 11 の気密性の低下を抑制することができる。

## 明 細 書

発明の名称：

熱式質量流量センサ、当該熱式質量流量センサの製造方法、及び当該熱式質量流量センサを用いる熱式質量流量計

### 技術分野

[0001] 本発明は、熱式質量流量センサ、当該熱式質量流量センサの製造方法、及び当該熱式質量流量センサを用いる熱式質量流量計に関する。より詳しくは、本発明は、センサワイヤの被覆層の高温耐久性が向上された熱式質量流量センサ、当該熱式質量流量センサの製造方法、及び当該熱式質量流量センサを用いる熱式質量流量計に関する。

### 背景技術

[0002] 質量流量センサは、例えば、半導体の製造プロセスにおいてチャンバー内に供給されるプロセスガスの質量流量を検出することを目的として広く使用されている。当該技術分野においては種々の形式の質量流量センサが知られているが、これらの中でも、熱式質量流量センサは比較的簡単な構造によってプロセスガスの質量流量を正確に測定することができるため広く普及している。

[0003] 熱式質量流量センサは、一般に、プロセスガスが流れる流路と、流路の中間に設けられたバイパスと、バイパスの上流側において流路から分岐しバイパスの下流側において流路と合流するセンサチューブと、センサチューブに巻き付けられた一対のセンサワイヤと、センサワイヤ及び他の抵抗素子によって構成されるブリッジ回路を含むセンサ回路と、によって構成される。上記バイパスはプロセスガスに対して流体抵抗を有し、流路を流動するプロセスガスの一部を一定の割合でセンサチューブに分岐させるように構成される。従って、センサチューブに流れるプロセスガスの質量流量を測定することにより、流路に流れるプロセスガスの質量流量を求めることができる。

[0004] センサワイヤに所定の電流を流すとセンサワイヤが発熱し、センサチュー

ブを流れるプロセスガスに熱が与えられる。この熱はプロセスガスの流動に伴い上流側から下流側へと移動する。この熱の移動により上流側のセンサワイヤと下流側とのセンサワイヤとの間に温度差が生じ、結果として電気抵抗の差が生ずる。その結果、ブリッジ回路の端末間に電位差が生ずる。この電位差をセンサ回路によって検出することにより、センサチューブを流れるプロセスガスの質量流量を測定することができる。

[0005] 上記のようにセンサワイヤには所定の電流が流されるため、センサワイヤ同士の間及びセンサワイヤとセンサチューブとの間において短絡（電氣的接触）が生じないように、少なくともセンサワイヤの表面は絶縁性の被覆層によって覆われることが一般的である。被覆層を構成する材料には、電気絶縁体としての機能、接着剤としての機能及び熱の伝導体としての機能が求められる。更に、センサワイヤの表面に薄く形成することができ、被覆層を形成した後のセンサワイヤをセンサチューブに巻き付けても亀裂が生じたりしないように可撓性を有する被覆層が好ましい。これらの観点から、被覆層を構成する材料としては、例えば、ポリアミドイミド及びポリイミド等の、優れた耐熱性を有する樹脂等の有機材料が広く使用されている。

[0006] ところで、熱式質量流量センサにおいては、上述したように、センサチューブを流れるプロセスガスに熱を与えるために、センサワイヤに所定の電流を流すことによってセンサワイヤを発熱させる。更に、例えば凝縮性ガス等、プロセスガスの種類によっては、高い温度において流量センサが使用される場合がある。このような高い温度において流量センサが長時間使用されると、例えば、被覆層を構成する材料が大気中の酸素と化学反応し、ガスとなって徐々に消失する虞がある。

[0007] 上記のように被覆層が消失すると、例えば、隣り合うセンサワイヤの間において電氣的接触が生じたり、センサワイヤとセンサチューブとの間において電氣的接触が生じたりする虞がある。このような電氣的接触が生ずると、センサワイヤの電気抵抗値が低下して、センサワイヤへの通電によるプロセスガスの加熱が困難となったり、流量センサとしての感度が低下したりする

。更に、センサチューブとセンサワイヤとの間において隙間が生じて熱の移動が妨げられ、センサワイヤへの通電によるプロセスガスの加熱が困難となったり、流量センサとしての感度が低下したりする。

[0008] そこで、当該技術分野においては、上述したような高温における流量センサの使用に伴う被覆層の構成材料の消失を抑制するための技術が種々検討されている。例えば、非酸化性の雰囲気ガス（例えば、窒素及びアルゴンその他の不活性ガス等）を満たしたグローブボックス中で金属製の密閉容器の開口部から流量センサを挿入した後に当該開口部を溶接して閉じることにより、上記雰囲気ガスを上記密閉容器内に封入して被覆層の表面を覆うことが提案されている（例えば、特許文献1を参照）。また、不活性ガス雰囲気下でハーメチックシール構造を有する容器内に熱型サーミスタ流量センサ装置を入れた後に、抵抗溶接法又はレーザー溶接法によって当該容器に蓋を取り付けることも提案されている（例えば、特許文献2を参照）。

[0009] 更に、底面に封止孔が設けられたパッケージの内部にICチップを実装した電子デバイスにおいて、パッケージ内部を真空又は不活性ガス雰囲気とした後、上記封止孔に設けられた半田系材料からなる封止材を（例えば、電子ビーム及びレーザー光等を照射して）加熱溶融させることにより、当該パッケージを気密封止することも提案されている（例えば、特許文献3を参照）。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0010] 特許文献1：国際公開第2015／041255号

特許文献2：特開平09－079880号公報

特許文献3：特許第4873310号公報

### 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0011] 上述した何れの従来技術によっても、密閉容器において不活性雰囲気下（

即ち、真空下又は不活性ガス雰囲気下）に熱式質量流量センサを封入することにより高温における使用に伴うセンサワイヤの被覆層の消失を抑制することができる。

[0012] しかしながら、特許文献 1 及び 2 に記載された手法においては、不活性ガス雰囲気中で金属容器の開口部を溶接して流量センサを内部に密封する作業を、例えば、真空排気装置を備えたグローブボックス等の中で行う必要がある。従って、溶接作業の作業性が著しく悪く、溶接作業の精度及び／又は効率が著しく低下するという課題がある。

[0013] 特許文献 3 に記載された手法においては、上記のようにグローブボックス等の中でパッケージを組み立てる必要は無い。しかしながら、封止材の加熱溶融により封止孔を封止する作業については、やはりグローブボックス等の中で行う必要があり、作業効率が悪い。加えて、比較的低い融点を有する半田系材料等が封止材として使用されるので、流量センサの使用温度によっては、封止材が再溶融してパッケージの気密封止が破れる虞がある。このような問題への対策として、より高い融点を有する封止材を使用すると、封止材を溶融させるための温度も高くなり、パッケージを気密封止する際に流量センサが損傷する虞がある。

### 課題を解決するための手段

[0014] 以上のように、当該技術分野においては、高温における使用に伴うセンサワイヤの被覆層の消失を抑制することを目的として不活性雰囲気にある密閉容器の中に封入される熱式質量流量センサにおいて、上記密閉容器を容易且つ高精度に組み立てることができ且つ高温における使用に伴う上記密閉容器の気密性の低下を抑制することができる技術に対する要求が存在する。尚、本明細書において「気密」とは、例えば「複数の部材が隙間無く接合されて、これらの部材の間から流体が漏れ出さない状態」等を指す。また、このように複数の部材を気密に接合することが可能な接合手法の具体例としては、例えば溶接、蝋付け接合及び拡散接合等を挙げることができる。

[0015] 本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、高温における使用に伴う

センサワイヤの被覆層の消失を抑制することを目的として不活性雰囲気にある密閉容器の中に封入される熱式質量流量センサにおいて、上記密閉容器を容易且つ高精度に組み立てることができ且つ高温における使用に伴う上記密閉容器の気密性の低下を抑制することができる技術を提供することを1つの目的としている。

[0016] 即ち、本発明に係る熱式質量流量センサ（以降、「本発明センサ」と称呼される場合がある）は、高温における使用に伴うセンサワイヤの被覆層の消失を抑制することを目的として不活性雰囲気にある密閉容器の中に封入される熱式質量流量センサである。具体的には、本発明センサは、密閉容器と、密閉容器の内部空間を画定する外壁に形成された流入口及び流出口と気密に連通し且つ密閉容器の内部空間に收容されたセンサチューブと、センサチューブに巻き付けられた一対のセンサワイヤと、少なくともセンサワイヤのセンサチューブに巻き付けられた部分を覆う被覆層と、外壁に設けられて一対のセンサワイヤのそれぞれの両端を密閉容器の外部に設けられた外部電極に電氣的に接続するハーメチックコネクタと、を備える。また、密閉容器の内部空間は不活性雰囲気に密閉されている。

[0017] 更に、本発明センサは、外壁に形成された貫通孔である排気孔を介して密閉容器の内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管を更に備える。加えて、本発明センサにおいては、排気管の排気孔とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部を形成している。

[0018] 尚、1つの好ましい態様に係る本発明センサにおいて、封止部が溶接によって更に封止されていてもよい。もう1つの好ましい態様に係る本発明センサは、封止部を收容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップを更に備え、キャップの内部空間に開口部を通して封止部が挿入された状態においてキャップと排気管とが溶接によって更に封止されていてもよい。

[0019] 上記のような構成を有する本発明センサは、以下に示す第1工程乃至第5工程を含む本発明に係る熱式質量流量センサの製造方法（以降、「本発明方法」と称呼される場合がある）によって製造することができる。

## [0020] [第1工程]

密閉容器を構成する複数の部材のうち、流入口及び流出口が形成された部材である第1部材に、流入口及び流出口とセンサチューブの両端部とが気密に連通するように、一対のセンサワイヤが巻き付けられたセンサチューブを溶接する。

## [0021] [第2工程]

密閉容器を構成する複数の部材のうち、ハーメチックコネクタが設けられた部材である第2部材に、一対のセンサワイヤのそれぞれの両端をハーメチックコネクタの対応する端子にそれぞれ電氣的に接続する。

## [0022] [第3工程]

密閉容器を構成する複数の部材のうち、排気孔が形成された部材である第3部材に、排気孔を介して密閉容器の内部空間と気密に連通するように、排気管を溶接する。

## [0023] [第4工程]

密閉容器を構成する複数の部材を互いに溶接して密閉容器を形成する。

## [0024] [第5工程]

排気管を介して（例えば、減圧ポンプ等によって）内部空間から空気を排出した後、排気管の排気孔とは反対側の端部を塑性変形によって封止して封止部を形成する。

[0025] 尚、1つの好ましい態様に係る本発明方法の第5工程において、例えば減圧ポンプ等によって、排気管を介して内部空間から空気を排出した後、排気管を介して内部空間に不活性ガスを封入した後、排気管の排気孔とは反対側の端部を塑性変形によって封止して封止部を形成するようにしてもよい。この場合、不活性ガスに含まれる水分を低減する水分低減手段によって不活性ガスにおける水分の含有率を下げた後に、排気管を介して内部空間に不活性ガスを封入するようにしてもよい。

[0026] もう1つの好ましい態様に係る本発明方法の第5工程において、封止部を形成した後、封止部を溶接によって更に封止するようにしてもよい。更にも

う1つの好ましい態様に係る本発明方法の第5工程において、封止部を形成した後、封止部を収容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップの内部空間に開口部を通して封止部が挿入された状態においてキャップと排気管とを溶接によって更に封止するようにしてもよい。

[0027] 加えて、本発明方法は、第5工程を実行する前に、密閉容器の外表面に特定の検知用ガスを局所的に供給しつつ、排気管を介して（例えば、減圧ポンプ等によって）内部空間から排出される気体中に検知用ガスが検出されたときに検知用ガスが供給されていた箇所を気密性が不十分な不良箇所として特定する気密性テスト工程を更に含むこともできる。

[0028] 更に、もう1つの好ましい態様に係る本発明方法において、室温よりも高い温度において第5工程を実行するようにしてもよい。この場合、室温よりも高く且つ200℃以下の温度において第5工程を実行するようにしてもよい。

[0029] 本発明は、上述したような構成を有する本発明センサを用いる熱式質量流量計（以降、「本発明流量計」と称呼される場合がある）にも関する。本発明流量計は、ベースの設置面及び本発明センサの密閉容器の側面のそれぞれと面接触する伝熱ブロックを更に有していてもよい。本発明流量計は、ベース及び伝熱ブロックの少なくとも一方の側面に接して設けられた温度調節ブロックを更に有していてもよい。この場合、温度調節ブロックは、伝熱材料によって形成されており、且つ、温度調節ブロックを加熱する発熱体及び／又は温度調節ブロックを冷却する冷却体を有する。

[0030] 上記の場合、熱式質量流量センサにおける熱伝導経路において、一对のセンサワイヤに対して排気孔が対称な位置にあるようにしてもよい。また、排気管が挿通する貫通孔が伝熱ブロックに形成されており、且つ、排気管の外表面と貫通孔の内面との間の最短距離が1mm以上であるようにしてもよい。更に、排気管の外表面と貫通孔の内面との間に断熱材が充填されているようにしてもよい。

## 発明の効果

[0031] 上述した本発明センサ、本発明方法、及び本発明流量計によれば、高温における使用に伴うセンサワイヤの被覆層の消失を抑制することを目的として不活性雰囲気にある密閉容器の中に封入される熱式質量流量センサにおいて、上記密閉容器を容易且つ高精度に組み立てることができ且つ高温における使用に伴う上記密閉容器の気密性の低下を抑制することができる。従って、製造コストの増大及び／又は密閉容器の加工精度の低下を招くこと無く、熱式質量流量センサの使用に伴うセンサワイヤの被覆層の劣化に起因する経時変化を抑制することができる。

[0032] また、本発明センサ、本発明方法、及び本発明流量計によれば、密閉容器の内部空間に含まれる水分に起因して、本発明センサの使用に伴って、例えば、センサワイヤの被覆層が劣化したり、本発明センサの感度が変化したりする問題を低減することができる。

[0033] 伝熱ブロック及び／又は温度調節ブロックを更に有する本発明流量計によれば、本発明流量計の周囲の環境温度に拘わらず本発明センサの温度（センサチューブを流れるガスの温度に対応）を所望の温度に維持して、例えばセンサチューブの内部におけるガスの凝結及び劣化等の問題を低減することができる。加えて、本発明流量計によれば、伝熱ブロック及び／又は温度調節ブロックと排気管との間における熱伝導を低減することにより、温度調節ブロックが備える発熱体及び／又は冷却体の作動と停止との切り替えに伴う温度調節ブロックの過渡的な温度変化が質量流量の検出結果に影響を及ぼす等の問題を低減することができる。

[0034] 本発明の他の目的、他の特徴及び付随する利点は、以下の図面を参照しつつ記述される本発明の各実施形態についての説明から容易に理解されるであろう。

### 図面の簡単な説明

[0035] [図1]本発明の第1実施態様に係る熱式質量流量センサ（第1センサ）の斜視図である。

[図2]第1センサの（a）正面図、（b）上面図（透視図）、（c）底面図、

(d) 左側面から見た平面D-D'による断面図、及び(e)正面から見た平面E-E'による断面図である。

[図3]図2の(e)の模式的な拡大図である。

[図4]第1センサが備える排気管16の排気孔16aとは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部16bを形成している様子を示す模式的な斜視図である。

[図5]本発明の第1実施形態の変形例2に係る第1センサが備える排気管16の排気孔16aとは反対側の端部が封止部16bを形成しており、キャップ16cの内部空間に当該封止部16bが挿入された状態においてキャップ16cと排気管16とが溶接によって更に封止されている様子を示す模式的な斜視図である。

[図6]本発明の第2実施態様に係る熱式質量流量センサの製造方法(第1方法)に含まれる各工程の流れを示すフローチャートである。

[図7]第5工程において、排気管を介して密閉容器の内部空間から空気を排出した後、不活性ガスに含まれる水分を低減する水分低減手段によって水分の含有率を下げた不活性ガスを、排気管を介して、密閉容器の内部空間に封入する様子を表す模式図である。

[図8]ヘリウムリークディテクタを使用する真空法吹付け法(スプレー法)による第1センサのリークテストの様子を表す模式図である。

[図9]ベース内に設けられた流体の流路の軸線に直交する方向から観察される本発明の第3実施態様に係る熱式質量流量計(第1流量計)の模式的な正面図である。

[図10]図9に示した矢印Aの方向から観察される第1流量計の模式的な側面図である。

[図11]図9に示した矢印Bの方向から観察される第1流量計の模式的な平面図(上面図)である。

[図12]ベース内に設けられた流体の流路の軸線に直交する方向から観察される本発明の第3実施態様の変形例1に係る第1流量計の模式的な正面図であ

る。

[図13]図 1 2 に示した矢印 A の方向から観察される第 1 流量計の模式的な側面図である。

[図14]図 1 2 に示した矢印 B の方向から観察される第 1 流量計の模式的な平面図（上面図）である。

[図15]ベース内に設けられた流体の流路の軸線に直交する方向から観察される本発明の第 3 実施態様の変形例 2 に係る第 1 流量計の模式的な正面図である。

[図16]図 1 5 に示した矢印 A の方向から観察される第 1 流量計の模式的な側面図である。

[図17]図 1 5 に示した矢印 B の方向から観察される第 1 流量計の模式的な平面図（上面図）である。

[図18]本発明の第 3 実施態様の変形例 3 に係る第 1 流量計が備える第 1 センサの（a）正面図、（b）上面図（透視図）、（c）底面図、（d）左側面から見た平面 D-D' による断面図、及び（e）正面から見た平面 E-E' による断面図である。

### 発明を実施するための形態

#### [0036] 《第 1 実施形態》

以下、図面を参照しながら本発明の第 1 実施形態に係る熱式質量流量センサ（以降、「第 1 センサ」と称呼される場合がある）について説明する。

#### [0037] （構成）

図 1 乃至図 4 に示すように、第 1 センサ 10 は、センサチューブ 12 と、センサチューブ 12 に巻き付けられた一対のセンサワイヤ 13（13a 及び 13b、図 3 においてのみ図示）と、少なくともセンサワイヤ 13 のセンサチューブ 12 に巻き付けられた部分を覆う被覆層（図示せず）と、を備える点において、一般的な熱式質量流量センサと同様の構成を有する。

[0038] センサチューブ 12 は、その中を流れる被測定流体（例えば、半導体の製造プロセスにおいてチャンバー内に供給されるプロセスガス）に対して不活

性であり、且つ、被測定流体の質量流量の測定条件（例えば温度及び圧力等）に耐え得る材料によって形成された管状の部材である。本例においては、0.6 mmの外径及び0.04 mmの肉厚を有するステンレス鋼（例えば、日本工業規格のSUS316材等）製の鋼管をセンサチューブ12として使用した。

[0039] センサワイヤ13は、通電により発熱してセンサチューブ12の中を流れる被測定流体を加熱することができる発熱素子及び温度に応じて電気抵抗値が変化する抵抗素子として機能することができる導電体によって形成される線状の部材である。本例においては、35  $\mu$ mの直径を有する鉄ニッケル合金（鉄30%、ニッケル70%）製のワイヤをセンサワイヤ13として使用した。

[0040] 前述したように、被覆層を構成する材料には、電気絶縁体としての機能、接着剤としての機能及び熱の伝導体としての機能が求められる。更に、センサワイヤ13の表面に薄く形成することができ、被覆層を形成した後のセンサワイヤ13をセンサチューブ12に巻き付けても亀裂が生じたりしないように可撓性を有する被覆層が好ましい。これらの観点から、被覆層を構成する材料としては、例えば、ポリアミドイミド及びポリイミド等の、優れた耐熱性を有する樹脂等の有機材料が使用される。

[0041] 本例においては、ポリイミド前駆体であるポリイミド酸のN-メチルピロリドン溶液（以降、「溶液A」と称呼される場合がある）をセンサワイヤ13の表面に塗布、乾燥した後、焼き付けを行って、膜厚6.0  $\mu$ mのポリイミドからなる被覆層を形成させた。尚、例えばセンサチューブ12とセンサワイヤ13との間の絶縁及び接着をより確実にすること等を目的として、センサチューブ12の表面にも被覆層を設けてもよい。この場合、例えば、上記溶液Aをセンサチューブ12の表面に所定の長さに亘って塗布、乾燥した後、焼き付けを行うことにより、センサチューブ12の表面にもポリイミドからなる被覆層を形成させることができる。

[0042] センサチューブ12、センサワイヤ13及び被覆層は、高温における使用

に伴う被覆層の消失を抑制することを目的として、不活性雰囲気中に密閉された密閉容器 11 の内部空間に收容されている。本例において、密閉容器 11 は、構成部材 11 a、11 b 及び 11 c によって構成されている。構成部材 11 a、11 b 及び 11 c を構成する材料としては、例えば溶接等によって互いに気密に接合されて密閉容器 11 を構成することが可能であり且つ被測定流体の質量流量の測定条件（例えば温度及び圧力等）に耐え得る材料が選択される。本例においては、ステンレス鋼（例えば、日本工業規格の SUS 316 L 材等）製のセンサベース、42 アロイ製のセンサケース及び 42 アロイ製の蓋をそれぞれ構成部材 11 a、11 b 及び 11 c して採用し、これらを溶接によって接合することにより密閉容器 11 を構成した。

[0043] 「不活性雰囲気」とは、被覆層を劣化させない雰囲気を指す。具体的には、「不活性雰囲気」とは、例えば、酸素を始めとする酸化性ガスが密閉容器 11 の内部空間に全く存在しない又は極僅かしか存在しない状態、希ガスを始めとする不活性ガスによって密閉容器 11 の内部空間が充填されている状態、及び真空状態（極低圧状態を含む）等を指す。

[0044] センサチューブ 12 は、密閉容器 11 の内部空間を画定する外壁に形成された流入口 12 a 及び流出口 12 b と気密に連通している。流入口 12 a 及び流出口 12 b は、構成部材 11 a、11 b 及び 11 c の何れに形成されていてもよい。即ち、流入口 12 a 及び流出口 12 b は、センサベース、センサケース及び蓋の何れに形成されていてもよい。典型的には、流入口 12 a 及び流出口 12 b は、センサベースに形成される。本例においては、図 2 及び図 3 に示したように、ステンレス鋼製のセンサベースである構成部材 11 a に形成された 2 つの貫通孔の底面側（密閉容器 11 の外側）の開口部が流入口 12 a 及び流出口 12 b にそれぞれ該当する。

[0045] 一方、センサチューブ 12 は、上述したように、ステンレス鋼製の鋼管からなるので、本例においては、センサチューブ 12 と流入口 12 a 及び流出口 12 b とは、それぞれ溶接によって接合した。

[0046] 尚、第 1 センサ 10 が質量流量計の構成要素として組み込まれる際には、

被測定流体の流路（図示せず）に設けられたバイパス（図示せず）の上流と下流とをセンサチューブ 12 が連通するように、流入口 12 a 及び流出口 12 b が、被測定流体の流路におけるバイパスの上流側及び下流側にそれぞれ接続される。

[0047] 更に、第 1 センサ 10 は、密閉容器 11 の内部空間を画定する外壁に設けられて一対のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b のそれぞれの両端を密閉容器 11 の外部に設けられた外部電極 15 に電氣的に接続するハーメチックコネクタ 14 を備える。これにより、外部電極 15 を介して、密閉容器 11 の外部に設けられた電源（図示せず）から上記一対のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b のそれぞれに通電することができる。その結果、第 1 センサ 10 が質量流量計の構成要素として組み込まれる際には、センサワイヤ 13 に所定の電流を流して発熱させ、前述したようにセンサチューブ 12 の内部を流れる被測定流体（例えば、半導体の製造プロセスにおいてチャンバー内に供給されるプロセスガス）の質量流量を測定することができる。また、一対のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b 及び他の抵抗素子によって構成されるブリッジ回路を含むセンサ回路を構成して、前述したようにセンサチューブ 12 を流れる被測定流体の質量流量を測定することができる。

[0048] ハーメチックコネクタ 14 は、構成部材 11 a、11 b 及び 11 c の何れに形成されていてもよい。即ち、ハーメチックコネクタ 14 は、センサベース、センサケース及び蓋の何れに形成されていてもよい。本例においては、図 1 及び図 2 に示したように、42 アロイ製のセンサケースである構成部材 11 b にハーメチックコネクタ 14 が形成されている。ハーメチックコネクタ 14 の詳細な構成については、当業者に周知であるので、ここでの説明は割愛する。尚、本例においては、外部電極 15 を構成する材料として、金めっきされたコバール（Kovar）（登録商標）（ウェスティングハウス社製、鉄／ニッケル／コバルト合金）を使用した。

[0049] 上記に加えて、第 1 センサ 10 は、密閉容器 11 の内部空間を画定する外壁に形成された貫通孔である排気孔 16 a を介して密閉容器 11 の内部空間

と外部とを気密に連通する管である排気管 1 6 を更に備える。排気孔 1 6 a は、構成部材 1 1 a、1 1 b 及び 1 1 c の何れに形成されていてもよい。即ち、排気孔 1 6 a は、センサベース、センサケース及び蓋の何れに形成されていてもよい。本例においては、図 2 及び図 3 に示したように、ステンレス鋼製のセンサベースである構成部材 1 1 a に排気孔 1 6 a が形成されている。

[0050] 排気管 1 6 は、被測定流体の質量流量の測定条件（例えば温度及び圧力等）のみならず、詳しくは後述するように密閉容器 1 1 の内部空間から空気を排出するときの当該管の内部と外部との圧力差に耐え得る材料によって形成された管状の部材である。本例においては、2.0 mm の外径及び 0.5 mm の肉厚を有するステンレス鋼（例えば、日本工業規格の SUS 316 L 材等）製の鋼管を排気管 1 6 として使用した。

[0051] 更に、例えば図 4 に示すように、排気管 1 6 の排気孔 1 6 a とは反対側の端部は、塑性変形によって封止されて封止部 1 6 b を形成している。これにより、封止部 1 6 b における排気管 1 6 の内部空間が塞がれ、密閉容器 1 1 の内部空間が外部から遮断されている。即ち、密閉容器 1 1 は気密に閉じられている。尚、図 4 においては、排気管 1 6 を潰すことによって封止部 1 6 b が形成され、排気管 1 6 の内部空間が塞がれ、密閉容器 1 1 の内部空間が外部から遮断されている。しかしながら、排気管 1 6 を塑性変形させて封止部 1 6 b を形成させるための具体的な手法は上記に限定されない。

[0052] 上記「塑性変形」の具体例としては、例えば、潰し、曲げ、切断及びねじ切り等を挙げることができる。従って、排気管 1 6 は塑性変形が可能な材料によって形成される。典型的には、排気管 1 6 は、例えば、上述したステンレス鋼等の鉄系金属を始めとする金属によって形成される。

[0053] また、排気管 1 6 を形成する材料は、塑性変形によって封止されて封止部 1 6 b を形成する際に過大な荷重を必要としたり意図せぬ破断を生じたりしない性状を有することが望ましい。このような観点から、排気管 1 6 を形成する材料は、所定の硬度よりも小さい硬度を有する。具体的には、排気管 1

6を形成する材料は、好ましくは180以下、より好ましくは150以下のビッカース硬度を有する。このような排気管16は、例えば、所望の形状及び大きさを有するステンレス鋼製の鋼管を所定の温度において焼鈍することによって得ることができる。

[0054] 尚、第1センサ10においては、上述したように、3つの構成部材11a、11b及び11cによって密閉容器11が構成されている。しかしながら、熱式質量流量センサとしての機能を実現可能な構成を達成することができる限り、密閉容器11の構成部材の数及び個々の構成部材の形状等は上記に限定されない。即ち、密閉容器11を形成する構成部材の数及び個々の構成部材の形状等は目的とするセンサの構成に応じて種々に変更することができる。

[0055] また、第1センサ10においては、上述したように、流入口12a及び流出口12b並びに排気孔16aが構成部材11aに形成され、ハーメチックコネクタ14が構成部材11bに形成されている。しかしながら、熱式質量流量センサとしての機能を実現可能な構成を達成することができる限り、流入口12a及び流出口12b、排気孔16a並びにハーメチックコネクタ14の配置は上記に限定されない。即ち、流入口12a及び流出口12b、排気孔16a並びにハーメチックコネクタ14の全てが1つの構成部材に形成されていてもよく、或いは、それぞれが異なる構成部材に形成されていてもよい。

[0056] (効果)

第1センサ10においては、被覆層に覆われたセンサワイヤ13が巻き付けられたセンサチューブ12が不活性雰囲気にある密閉容器11の中に封入されている。従って、高温における使用に伴うセンサワイヤ13の被覆層の消失を抑制することができる。更に、上記のような構成を有する第1センサ10によれば、例えばグローブボックス等の特殊な環境下ではなく、通常の大気雰囲気下において構成部材11a乃至11cを溶接することによって、密閉容器11を組み立てることができる。従って、密閉容器11を容易且つ

高精度に組み立てることができる。

[0057] 加えて、このようにして組み立てられた密閉容器 11 の内部空間は、最終的には、排気孔 16a に連通する排気管 16 を塑性変形によって封止することによって気密に閉じられる。従って、例えばグローブボックス等の特殊な環境下ではなく、通常の大気雰囲気下において、密閉容器 11 を気密に閉じることができる。更に、例えば半田系材料からなる封止材の加熱溶融による封止とは異なり、高温における使用に伴う密閉容器 11 の気密性の低下を抑制することができる。

[0058] 上記のように、第 1 センサ 10 によれば、製造コストの増大及び／又は密閉容器の加工精度の低下を招くこと無く、熱式質量流量センサの使用に伴うセンサワイヤの被覆層の劣化に起因する経時変化を抑制することができる。

[0059] 〈第 1 実施形態の変形例 1〉

上述したように、第 1 センサ 10 においては、排気管 16 の排気孔 16a とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部 16b を形成することにより、不活性雰囲気にある密閉容器 11 の内部空間が気密に閉じられる。しかしながら、排気管 16 の塑性変形のみによる封止によって達成される密閉容器 11 の気密性では不十分な場合がある。

[0060] 例えば、真空状態によって不活性雰囲気が達成される場合、密閉容器 11 には、より高度な気密性が要求される。また、例えば、不活性ガスによって密閉容器 11 の内部空間が充填されており且つ流量測定時に第 1 センサ 10 を著しく高い温度にまで加熱する必要がある場合にも、より高度な気密性が要求される。

[0061] 上記のように密閉容器 11 の気密性を更に高める必要がある場合においては、上記封止部 16b が溶接によって更に封止されていてもよい。この場合、排気管 16 は溶接可能な材料によって形成される。典型的には、排気管 16 は、例えば、上述したステンレス鋼等の鉄系金属を始めとする金属によって形成される。

[0062] 上記によれば、密閉容器 11 の内部空間は、排気管 16 の塑性変形による

封止に加えて、封止部 1 6 b の溶接によって更に気密に閉じられる。その結果、密閉容器 1 1 の気密性を更に高めることができる。

[0063] 〈第 1 実施形態の変形例 2〉

ところが、上記のように排気管 1 6 の塑性変形による封止部 1 6 b を溶接によって更に封止する場合、溶接に伴う温度上昇により、例えば塑性変形の残留応力に起因して、封止部 1 6 b の形状が封止前の状態に少なくとも部分的に戻り、封止部 1 6 b における封止が破れる場合がある。また、封止部 1 6 b が溶接されていない場合、例えば、流量測定時に第 1 センサ 1 0 を著しく高い温度にまで加熱すると同様の問題が生ずる虞がある。即ち、例えば流量測定時及び溶接時等において、温度上昇による封止部 1 6 b の形状変化に起因する気密性の低下が懸念される。

[0064] 上記のような懸念がある場合においては、例えば図 5 に示すように、封止部 1 6 b を收容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップ 1 6 c を第 1 センサ 1 0 が更に備え、且つ、当該キャップ 1 6 c の内部空間に開口部を通して封止部 1 6 b が挿入された状態において当該キャップ 1 6 c と排気管 1 6 とが溶接によって更に封止されていてもよい。

[0065] この場合、上記キャップ 1 6 c は溶接可能な材料によって形成される。典型的には、上記キャップ 1 6 c は、例えば、ステンレス鋼（例えば、日本工業規格の S U S 3 1 6 L 材等）等の鉄系金属を始めとする金属によって形成される。また、温度上昇による封止部 1 6 b の形状変化に起因する気密性の低下を防止する観点からは、封止部 1 6 b から離れた位置において上記キャップ 1 6 c と排気管 1 6 とが溶接されていることが望ましい。典型的には、上記キャップ 1 6 c の開口部の周縁と、その近傍の排気管 1 6 の外側面とが溶接される。

[0066] 上記によれば、排気管 1 6 の塑性変形による封止部 1 6 b を内包するキャップ 1 6 c が排気管 1 6 に溶接されることにより更に封止される。このように、封止部 1 6 b 自体は溶接されないので、溶接に伴う温度上昇による封止部 1 6 b の形状変化に起因する気密性の低下を防止することができる。更に

、高い温度における流量測定に伴う温度上昇により封止部 16b の形状が変化して封止部 16b における封止が破れても、上記のようにキャップ 16c と排気管 16 との溶接により更に封止されているので、密閉容器 11 全体としての気密性の低下を防止することができる。

[0067] 《第 2 実施形態》

以下、図面を参照しながら本発明の第 2 実施形態に係る熱式質量流量センサの製造方法（以降、「第 1 方法」と称呼される場合がある）について説明する。

[0068] 第 1 方法によって製造される熱式質量流量センサは、上述した第 1 センサ 10 を始めとする本発明に係る熱式質量流量センサである。従って、第 1 方法によって製造される熱式質量流量センサの構成については、本発明に係る熱式質量流量センサについての説明において既に述べたので、ここでは説明を繰り返さない。

[0069] 第 1 方法は、前述したように、第 1 工程乃至第 5 工程を含む。第 1 工程乃至第 5 工程の各々について、以下に詳細に説明する。但し、本発明に係る熱式質量流量センサの製造方法は、例えば、製造しようとする熱式質量流量センサの構成及び当該製造方法が実行される製造設備の仕様等に応じて、第 1 工程乃至第 5 工程以外の工程を更に含むことができることは言うまでも無い。

[0070] 尚、理解を容易にすることを目的として、以下の説明においては、図 6 のフローチャートに示されているように第 1 工程乃至第 5 工程を順次実行することにより、上述した第 1 センサ 10 を第 1 方法によって製造する場合を想定する。従って、第 1 センサ 10 の各構成要素には、第 1 センサ 10 についての上記説明と同じ符号を付して説明する。

[0071] [第 1 工程]

先ず、ステップ S01 において、密閉容器 11 を構成する複数の部材のうち、流入口 12a 及び流出口 12b が形成された部材である第 1 部材に、流入口 12a 及び流出口 12b とセンサチューブ 12 の両端部とが気密に連通

するように、一对のセンサワイヤ13（13a及び13b）が巻き付けられたセンサチューブ12を溶接する。

[0072] 第1センサ10においては、上述したように、流入口12a及び流出口12bは構成部材11aに形成されている。従って、第1センサ10においては、構成部材11aが第1部材に該当する。

[0073] [第2工程]

次に、ステップS02において、密閉容器11を構成する複数の部材のうち、ハーメチックコネクタ14が設けられた部材である第2部材に、一对のセンサワイヤ13のそれぞれ（13a及び13b）の両端をハーメチックコネクタ14の対応する端子（図示せず）にそれぞれ電氣的に接続する。

[0074] 第1センサ10においては、上述したように、ハーメチックコネクタ14は構成部材11bに形成されている。従って、第1センサ10においては、構成部材11bが第2部材に該当する。また、上記のように、第1部材（構成部材11a）に溶接されたセンサチューブ12に巻き付けられた一对のセンサワイヤ13の両端を第2部材（構成部材11b）の内側に配設されたハーメチックコネクタ14の端子に電氣的に接続する必要がある。この作業を容易とするため、構成部材11bの上側（構成部材11aに対向する側とは反対側）は開口している。尚、この開口は、詳しくは後述するように、構成部材11cによって塞がれることにより密閉容器11が形成される。

[0075] 一对のセンサワイヤ13の両端をハーメチックコネクタ14の対応する端子に接続するための具体的な手法は、第1センサ10の製造条件及び被測定流体の質量流量の測定条件（例えば温度及び圧力等）に当該接続が耐え得る限り、特に限定されない。第1方法においては、センサワイヤ13の両端をハーメチックコネクタ14の対応する端子に溶接によって接続した。

[0076] [第3工程]

更に、ステップS03において、密閉容器11を構成する複数の部材のうち、排気孔16aが形成された部材である第3部材に、排気孔16aを介して密閉容器11の内部空間と気密に連通するように、排気管16を溶接する

。

[0077] 第1センサ10においては、上述したように、排気孔16aは構成部材11aに形成されている。従って、第1センサ10においては、構成部材11aが第3部材に該当する。即ち、第1センサ10においては、構成部材11aが第1部材及び第3部材の両方に該当する。

[0078] 但し、第1部材乃至第3部材は、密閉容器11を構成する複数の構成部材のうちの何れであってもよい。例えば、密閉容器11を構成する複数の構成部材のうちの1つの構成部材が第1部材乃至第3部材の全てに該当していてもよく、或いは、密閉容器11を構成する複数の構成部材のうちの異なる構成部材に第1部材乃至第3部材がそれぞれ該当していてもよい。

[0079] [第4工程]

次に、ステップS04において、密閉容器11を構成する複数の部材を互いに溶接して密閉容器11を形成する。即ち、第4工程においては、上述した第1部材、第2部材及び第3部材を含む複数の部材を互いに溶接して密閉容器11を形成する。本例においては、ステンレス鋼製のセンサベースである構成部材11a及び42アロイ製のセンサケースである構成部材11bに加えて42アロイ製の蓋である構成部材11cを互いに溶接して密閉容器11を形成する。

[0080] 上記のように各構成部材を溶接して密閉容器11を形成するための具体的な手法は特に限定されず、例えば上述した抵抗溶接法又はレーザー溶接法等の溶接法を採用することができる。ところで、本例においては、図1及び図2の(b)に示したように、構成部材11b(センサケース)の構成部材11a(センサベース)に対向する部分(接合部分)の一部が突出している。具体的には、構成部材11aと構成部材11bとの接合面への投影図において、構成部材11bの外部に設けられた外部電極15が存在する領域を上記接合部分の輪郭が包含するように、上記接合部分の一部に突出部11b'が形成されている。

[0081] これは、本例においては、各構成部材を溶接して密閉容器11を形成する

ための具体的な手法として、レーザー溶接法を採用したためである。このレーザー溶接法においては図1に向かって上側（即ち、構成部材11b側）から接合部分にレーザー光線が照射される。従って、上記のような突出部11b'が形成されていないと、接合部分に照射されるべきレーザー光線が外部電極15と干渉して、構成部材11aと構成部材11bとを十分に接合させることが困難となったり外部電極15が損傷したりする虞がある。

[0082] ここまでの工程は何れも通常の大気雰囲気下において実行することが可能であり、例えばグローブボックス等の特殊な環境を必要としない。従って、上述した第1工程乃至第4工程において行われる各種処理を容易且つ高精度に実行することができる。尚、この段階においては、第3部材（構成部材11a）に形成された排気孔16a及び排気管16を介して密閉容器11の内部空間と外部とが未だ連通しており、密閉容器11の内部空間は未だ大気雰囲気にある（不活性雰囲気ではない）。

[0083] [第5工程]

そこで、ステップS05において、排気管16を介して減圧ポンプ等（図示せず）によって密閉容器11の内部空間から空気（大気）を排出した後、排気管16の排気孔16aとは反対側の端部を塑性変形によって封止して封止部16bを形成する。

[0084] 前述したように、上記「塑性変形」の具体例としては、例えば、潰し、曲げ、切断及びねじ切り等を挙げることができる。また、このような排気管16の塑性変形は、例えば、ペンチ、ニッパ及びプライヤ等の工具並びにプレス機等の加工機械を使用して生じさせることができる。更に、上記封止部16bは、必ずしも排気管16の塑性変形の開始時点から排気管16の排気孔16aとは反対側の端部に位置する必要は無い。例えば、排気管16の両端の間にある中間部を塑性変形させて封止し、当該中間部を切断した結果として、排気管16の排気孔16aとは反対側の端部に封止部16bが形成されるようにしてもよい。

[0085] 尚、第1方法に関する上記説明においては、図6のフローチャートに示さ

れているように第1工程乃至第5工程を順次実行する場合について説明した。しかしながら、本発明に係る熱式質量流量センサの製造方法に含まれる各工程の実行順序は図6のフローチャート及び上述した説明に限定されない。具体的には、第3部材（構成部材11a）に形成された排気孔16a及び排気管16を除いて密閉容器11の内部空間が気密に閉じられた状態になった後に排気管16を塑性変形によって封止して封止部16bを形成する第5工程が実行される限り、各工程の実行順序は特に限定されない。例えば、図6のフローチャートにおいて破線によって囲まれたステップS01乃至S04は、目的とする構成を有する熱式質量流量センサを得ることが可能である限り、それらのステップの実行順序は特に限定されない。

[0086] （効果）

以上のように、第1方法によれば、被覆層に覆われたセンサワイヤ13が巻き付けられたセンサチューブ12を不活性雰囲気（本例においては真空状態）にある密閉容器11の中に封入することにより高温における使用に伴うセンサワイヤ13の被覆層の消失を抑制することができる第1センサ10を容易且つ高精度に製造することができる。具体的には、第1方法によれば、例えばグローブボックス等の特殊な環境下ではなく、通常の大気雰囲気下において構成部材11a乃至11cを溶接することによって密閉容器11を組み立てることができる。従って、密閉容器11を容易且つ高精度に組み立てることができる。

[0087] 加えて、上記のようにして組み立てられた密閉容器11の内部空間は、最終的には、排気孔16aに連通する排気管16を塑性変形によって封止することによって気密に閉じられる。従って、例えばグローブボックス等の特殊な環境下ではなく、通常の大気雰囲気下において、密閉容器11を気密に閉じることができる。更に、例えば半田系材料からなる封止材の加熱溶融による封止とは異なり、高温における使用に伴う密閉容器11の気密性の低下を抑制することができる。

[0088] 上記のように、第1方法によれば、製造コストの増大及び／又は密閉容器

の加工精度の低下を招くこと無く、熱式質量流量センサの使用に伴うセンサワイヤの被覆層の劣化に起因する経時変化を抑制することができる。

[0089] 〈第2実施形態の変形例1〉

上述した第1方法に含まれる第5工程においては、排気管16を介して減圧ポンプ等によって密閉容器11の内部空間から空気（大気）を排出した後、排気管16の排気孔16aとは反対側の端部を塑性変形によって封止して封止部16bを形成した。これにより、密閉容器11の内部空間は不活性雰囲気としての真空状態となる。しかしながら、密閉容器11の内部空間が真空状態にある場合、密閉容器11の内部空間と外部との間の圧力差が非常に大きく、封止部16b及び密閉容器11の構成部材間の接合部の気密性によっては、その後の第1センサ10の使用期間中に密閉容器11の内部空間に周囲雰囲気から空気等が進入し、密閉容器11の内部空間が不活性雰囲気ではなくなる懸念がある。このような懸念を低減するためには、例えば、密閉容器11の内部空間が不活性ガスによって充填されている状態において封止部16bを形成することが望ましい。

[0090] このような場合は、上記第5工程において、排気管16を介して減圧ポンプ等によって密閉容器11の内部空間から空気を排出した後、排気管16を介して密閉容器11の内部空間に不活性ガスを封入した後、排気管16の排気孔16aとは反対側の端部を塑性変形によって封止して封止部16bを形成するようにしてもよい。

[0091] 上記によれば、密閉容器11の内部空間が不活性ガスによって充填されている状態において封止部16bが形成される。その結果、密閉容器11の内部空間と外部との間の圧力差を小さくすることができる。従って、その後の第1センサ10の使用期間中に密閉容器11の内部空間に周囲雰囲気から空気等が進入して密閉容器11の内部空間が不活性雰囲気ではなくなる懸念を低減することができる。

[0092] ところで、上記のように密閉容器11の内部空間に充填される不活性ガスが水分を含んでいる場合、例えば、第1センサ10の使用に伴ってセンサワ

イヤ１３の被覆層が（例えば加水分解等により）劣化したり、第１センサ１０の感度が変わったりする問題等に繋がる虞がある。そこで、第５工程において、排気管１６を介して密閉容器１１の内部空間から空気を排出した後、不活性ガスに含まれる水分を低減する水分低減手段によって水分の含有率を下げた不活性ガスを、排気管１６を介して、密閉容器１１の内部空間に封入するようにしてもよい。

[0093] 具体的には、例えば、図７に示すように、第１センサ１０の排気管１６に、分岐点Ｂを介して、排気用ライン２０及び封入用ライン３０が接続された配管系を用意する。排気用ライン２０の分岐点Ｂとは反対側の末端には減圧ポンプ（真空ポンプ）２１が接続されており、減圧ポンプと分岐点Ｂとの間には開閉弁２２が介装されている。一方、封入用ライン３０の分岐点Ｂとは反対側の末端には不活性ガス（例えば、窒素及びアルゴン等）の供給源となる不活性ガス源３１（例えば、ボンベ等）が接続されており、不活性ガス源３１から分岐点Ｂに向かう順に、レギュレータ３２、開閉弁３３、水分低減手段３４、及び開閉弁３５が介装されている。尚、水分低減手段３４の具体例としては、例えば、不活性ガス中の水分を化学吸着又は物理吸着により除去・低減することができるケミカルフィルタ及び水分除去フィルタ等の各種フィルタを挙げることができる。更に、開閉弁３５と分岐点Ｂとの間の封入用ライン３０には圧力計Ｐが配設されている。

[0094] 上記のような構成を有する配管系において、先ず、開閉弁２２を開き且つ開閉弁３５を閉じている状態にて、減圧ポンプ２１を作動させることにより、排気管１６及び排気用ライン２０を介して密閉容器１１（図示せず）の内部空間から空気を排出する（図中、白抜きの矢印を参照。）。その後、開閉弁２２を閉じ且つ開閉弁３３及び開閉弁３５を開いて、不活性ガス源３１から封入用ライン３０及び排気管１６を介して密閉容器１１の内部空間に不活性ガスを封入する（図中、黒塗りの矢印を参照。）。このとき、不活性ガス源３１から密閉容器１１へと流れる不活性ガスは封入用ライン３０に介装された水分低減手段３４を通過するので、不活性ガスに含まれる水分が低減さ

れて、不活性ガスにおける水分の含有率が低下する。

[0095] 上記によれば、密閉容器 11 の内部空間に充填しようとする不活性ガスが水分を含んでいる場合であっても、水分低減手段 34 によって当該水分が低減される。従って、例えば、第 1 センサ 10 の使用に伴ってセンサワイヤ 13 の被覆層が（例えば加水分解等）により劣化したり、第 1 センサ 10 の感度に変化したりする問題を低減することができる。

[0096] 〈第 2 実施形態の変形例 2〉

前述したように、排気管 16 の塑性変形のみによる封止によって達成される密閉容器 11 の気密性では不十分な場合がある。そこで、上記第 5 工程において、封止部 16b を形成した後、当該封止部 16b を溶接によって更に封止してもよい。

[0097] 上記によれば、密閉容器 11 の内部空間は、排気管 16 の塑性変形による封止に加えて、封止部 16b の溶接によって更に気密に閉じられる。その結果、密閉容器 11 の気密性を更に高めることができる。

[0098] 〈第 2 実施形態の変形例 3〉

ところが、前述したように、例えば流量測定時及び溶接時等において、温度上昇による封止部 16b の形状変化に起因する気密性の低下が懸念される場合がある。このような場合は、上記第 5 工程において、封止部 16b を形成した後、当該封止部 16b を収容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップ 16c の内部空間に開口部を通して当該封止部 16b が挿入された状態において、上記キャップ 16c と上記排気管 16 とを溶接によって更に封止してもよい。

[0099] 上記によれば、排気管 16 の塑性変形による封止部 16b を内包するキャップ 16c が排気管 16 に溶接されることにより更に封止される。このように、封止部 16b 自体は溶接されないので、溶接に伴う温度上昇による封止部 16b の形状変化に起因する気密性の低下を防止することができる。更に、高い温度における流量測定に伴う温度上昇により封止部 16b の形状が変化して封止部 16b における封止が破れても、上記のようにキャップ 16c

と排気管 16 との溶接により更に封止されているので、密閉容器 11 全体としての気密性の低下を防止することができる。

[0100] 〈第 2 実施形態の変形例 4〉

ところで、第 1 方法によって製造される第 1 センサ 10 において、センサチューブ 12 に巻き付けられたセンサワイヤ 13 を覆う被覆層が高温における第 1 センサ 10 の使用に伴って消失することを確実に抑制するためには、密閉容器 11 の気密性が高いことが必要である。そこで、第 1 方法は、密閉容器 11 の気密性を調べる気密性テスト工程を更に含むことができる。

[0101] 上記気密性テスト工程の具体的な手法は特に限定されないが、排気管を備えない従来技術に係る密閉容器については、当該密閉容器の内部からの特定成分ガスの漏れの有無を検出する手法が採用されることが一般的である。具体的には、例えば水素 ( $H_2$ )、アルゴン (Ar) 又はヘリウム (He) 等の特定成分を含む検知用ガス (トレーサガス) を密閉容器の内部に充填しておき、この密閉容器をチャンバー内に所定条件下にて所定期間放置する。その後、当該チャンバー内に漏れ出た上記特定成分の有無を例えば半導体式ガスセンサ等の検出手段によって検知することにより、当該密閉容器の気密性を調べることが一般的である。しかしながら、このような手法によれば、密閉容器の内部からの漏れの有無は検知することができるものの、漏れが発生している箇所を特定することはできない。

[0102] 漏れが発生している箇所を特定することが可能な気密性テストの具体的な手法としては、例えば、図 8 に示すようなヘリウムリークディテクタを使用する真空法吹付け法 (スプレー法) を挙げることができる。この手法においては、例えばポンプ 52 によって排気管 51 を介して密閉容器 50 の内部空間の気体を排出しつつ、スプレー 54 を使用して密閉容器 50 の外表面に検知用ガス (He) を局所的に供給する。そして、例えば質量分析装置 53 等の検出手段によって上記排出される気体中に上記検知用ガスが検出されたときに検知用ガスが供給されていた箇所を気密性が不十分な不良箇所として特定する。

[0103] 但し、排気管を備えない従来技術に係る密閉容器 50 についての気密性テストにおいて上記のような手法を採用するためには、密閉容器 50 の内部空間と連通する排気管 51 を新たに設ける必要がある。従って、密閉容器 50 の全数について検査を行うことができず、抜き取り検査を採用せざるを得ない。更に、製造コストの大幅な増大を招く。

[0104] ところが、第 1 センサ 10 を始めとする本発明に係る熱式質量流量センサは密閉容器 11 の内部空間と連通する排気管 16 を備えている。従って、上述した第 5 工程において排気管 16 を封止する前であれば、特段の加工を必要とすること無く、上記のような真空法吹付け法による気密性テストを行うことができる。

[0105] そこで、第 1 方法は、上記第 5 工程を実行する前に、密閉容器 11 の外表面に特定の検知用ガスを局所的に供給しつつ、排気管 16 を介して（例えば、減圧ポンプ等によって）密閉容器 11 の内部空間から排出される気体中に上記検知用ガスが検出されたときに上記検知用ガスが供給されていた箇所を気密性が不十分な不良箇所として特定する気密性テスト工程を更に含むことができる。

[0106] 上記によれば、特段の加工を必要とすること無く、上記真空法吹付け法による気密性テストを行うことができる。従って、製造コストの増大を低減しつつ、第 1 方法によって製造される熱式質量流量センサの全数について、密閉容器の気密性テストを行うことができる。

[0107] 尚、上述した図 8 に示した例においては、検知用ガス（に含まれる特定成分）の検出手段として質量分析装置 53 を使用したが、当然のことながら、質量分析装置 53 に代えて、例えば特定成分に特化した検出能を有する分析管等の相対的に簡易な検出手段を採用することができる。

[0108] 〈第 2 実施形態の変形例 5〉

ところで、前述したように第 1 センサ 10 の密閉容器 11 の内部空間に充填される不活性ガスが水分を含んでいる場合のみならず、例えば、密閉容器 11 の内壁に微量の水分が付着していたり、センサワイヤ 13 の被覆層を構

成する樹脂等の材料が水分を吸着していたりする場合においても、例えば、第1センサ10の使用に伴ってセンサワイヤ13の被覆層が（例えば加水分解等）により劣化したり、第1センサ10の感度が変化したりする問題に繋がる虞がある。

[0109] そこで、第1方法は、室温よりも高い温度において上述した第5工程を実行することができる。この場合、室温よりも高い温度において、密閉容器11の内部空間から排気管16を介して空気が排出される（例えば、図7の白抜きの矢印を参照。）。従って、密閉容器11の内壁に微量の水分が付着していたり、センサワイヤ13の被覆層を構成する樹脂等の材料が水分を吸着していたりしても、室温において第5工程を実行する場合と比べて、密閉容器11の内部空間から水分がより有効に低減される。その結果、例えば、第1センサ10の使用に伴ってセンサワイヤ13の被覆層が（例えば加水分解等）により劣化したり、第1センサ10の感度が変化したりする問題を低減することができる。

[0110] また、第5工程において密閉容器11の内部空間から排気管16を介して空気を排出した後に排気管16を介して内部空間に不活性ガスを封入する場合においては、室温よりも高い温度において不活性ガスが内部空間に封入される。従って、第1センサ10が室温よりも高い温度において使用される場合、室温において第5工程を実行する場合と比べて、不活性ガスの封入時の温度と第1センサ10の使用時の温度との差がより小さい。その結果、第1センサ10の使用時における内部空間の圧力が大気圧よりも著しく高くなることを防止することができる。

[0111] 上記において、基本的には、第5工程を実行するときの温度が高いほど、密閉容器11の内部空間から水分がより有効に低減される。しかしながら、第5工程を実行するときの温度を過度に高くすると、例えば、センサワイヤ13の被覆層を構成する樹脂等が劣化したり、密閉容器11を構成するステンレス鋼が変色したりする等の問題に繋がる虞がある。かかる観点から、より好ましくは、第5工程を実行するときの温度は、室温よりも高く且つ20

0℃以下の温度である。

[0112] 《第3実施形態》

前述したように、本発明は、本発明に係る熱式質量流量センサを用いる熱式質量流量計にも関する。以下、図面を参照しながら本発明の第3実施形態に係る熱式質量流量計（以降、「第1流量計」と称呼される場合がある）について説明する。

[0113] 図9は、ベース内に設けられた流体の流路の軸線に直交する方向から観察される第1流量計の模式的な正面図である。図10は図9に示した矢印Aの方向から観察される第1流量計の模式的な側面図である。図11は図9に示した矢印Bの方向から観察される第1流量計の模式的な平面図（上面図）である。

[0114] 図9乃至図11においては、第1流量計1の構成についての理解を容易にすることを目的として、内部に設けられた流路2d、バイパス3、センサチューブ12、並びにセンサワイヤ13a及び13b等が破線によって表されている。但し、図10及び図11においては、センサチューブ12並びにセンサワイヤ13a及び13bを省略した。

[0115] 図9乃至図11に示すように、第1流量計1は、一の設置面2aを有し、内部に流体の流路2dが設けられたベース2と、流路2dの中間に設けられたバイパス3と、第1センサ10と、第1センサ10が備えるセンサワイヤ13a及び13b並びに他の抵抗素子（図示せず）によって構成されたブリッジ回路を含むセンサ回路（図示せず）と、を有する。センサチューブ12は、バイパス3の上流側において流路2dから分岐し設置面2aの外側を迂回した後バイパス3の下流側において流路2dに合流するように構成されている。

[0116] 上記のように、第1流量計1は熱式質量流量センサとして第1センサ10を採用している。これにより、第1センサ10について既に述べたように、製造コストの増大及び／又は密閉容器の加工精度の低下を招くことなく、熱式流量計の使用に伴うセンサワイヤの被覆層の劣化に起因する経時変化を抑

制することができる。

[0117] 尚、第1センサ10及びその各種変形例の構成については、既に詳細に説明したので、ここでの説明は割愛する。また、熱式質量流量計の一般的な構成については当業者に周知であるので、ここでのより詳細な説明は割愛する。また、本発明に係る熱式質量流量計を構成する熱式質量流量センサは、第1センサ10に限定されるものではなく、本発明に係る種々の熱式質量流量センサを使用することができる。

[0118] 〈第3実施形態の変形例1〉

ところで、例えば半導体の製造プロセス等においては、ある種の液体材料の気化ガスや固体材料の昇華ガスのように、常温で凝結（液体化又は固体化）し易いガス（以降、「凝結性ガス」と称される場合がある。）をプロセスガスとして使用する場合がある。このような場合、半導体の製造プロセスにおいてチャンバー内に供給されるプロセスガスが配管内で凝結してしまわないように、チャンバーに至るまでの全ての配管系を臨界温度以上の温度に加熱保持しなければならない。この配管系には、上述したベース2の内部に設けられた流体の流路2dも含まれる。

[0119] しかしながら、上述したように、第1流量計1においては、内部に流路2dが設けられたベース2の設置面2a上に第1センサ10が配設されている。即ち、センサチューブ12はベース2から突出して設けられている。このため、センサチューブ12を含む第1センサ10は、第1流量計1の周囲の環境温度の影響を受けて冷却され易い。その結果、センサチューブ12を流れるガスの温度を高い温度に維持するのが困難となり、例えばセンサチューブ12の内部におけるガスの凝結等の問題に繋がる虞がある。

[0120] そこで、本発明の第3実施形態の変形例1に係る第1流量計1は、ベース2から第1センサ10の密閉容器11へと熱を伝導する部材（伝熱ブロック）を更に有してもよい。図12は、ベース内に設けられた流体の流路の軸線に直交する方向から観察される、本発明の第3実施形態の変形例1に係る第1流量計の模式的な正面図である。図13は図12に示した矢印Aの方向か

ら観察される第1流量計の模式的な側面図である。図14は図12に示した矢印Bの方向から観察される第1流量計の模式的な平面図（上面図）である。

[0121] 図12乃至図14においては、第1流量計1の構成についての理解を容易にすることを目的として、内部に設けられた流路2d、バイパス3、第1センサ10、密閉容器11、排気管16（の一部）、及び排気管16を挿通するために伝熱ブロック5（後述する）に形成された貫通孔5a等が破線によって表されている。尚、上述した図9とは異なり、図12乃至図14においては、センサチューブ12並びにセンサワイヤ13a及び13bを省略した。図12乃至図14の右下がりの斜線によってハッチングが施されている部分は、伝熱ブロック5の実施の形態を例示している。

[0122] 本発明の第3実施形態の変形例2に係る第1流量計1は、ベース2の設置面2aに接して、密閉容器11と隣り合う位置に設けられ且つ伝熱材料によって形成された伝熱ブロック5を更に有する。伝熱ブロック5の底面と設置面2aとは面接触をしており、伝熱ブロック5の少なくとも一の側面と密閉容器11の側面とは面接触をしている。図12乃至図14に示す第1流量計1においては、伝熱ブロック5は、密閉容器11の側面及び上面（頂面）、並びにベース2の設置面2aと面接触をしている。ここで、面接触とは、一の部品と他の部品とが接触する位置が平面によって構成され、両者が隙間無く接触していることをいう。

[0123] 伝熱ブロック5の表面がベース2の設置面2a及び密閉容器11の側面（及び頂面）の双方と面接触することにより、ベースの設置面2aから伝熱ブロック5を介して密閉容器11に滞り無く熱が伝導し、ベース2と密閉容器11の温度差が減少する。これにより、ベース2の内部に形成された流路2dと密閉容器11の内部に收容されたセンサチューブ12の温度差も減少する。

[0124] 伝熱ブロック5は、できるだけ高い熱伝導率を有する材料によって構成することが好ましい。従って、伝熱ブロック5は伝熱材料によって形成されて

いる。本明細書において、伝熱材料は、高い熱伝導率を有する材料（即ち、熱の良導体）を指し、少なくともステンレス鋼より高い熱伝導率を有する。具体的には、銅若しくはアルミニウム又は銅若しくはアルミニウムを含む合金を用いることができる。伝熱ブロック 5 に好適に用いることができるアルミニウムを含む合金の具体例としては、例えば、熱伝導性に優れた工業用純アルミニウム（国際アルミニウム合金名が 1 0 0 0 番台のもの）及び強度と加工性に優れた A l - M g 系合金（国際アルミニウム合金名が 5 0 0 0 番台のもの）等を挙げることができる。

[0125] 伝熱ブロック 5 は、ベース 2 の設置面 2 a に接して、密閉容器 1 1 と隣り合う位置に設けられる必要がある。これにより、設置面 2 a から密閉容器 1 1 に向かって熱を効率的に伝導することができる。図 1 2 乃至図 1 4 に示したように、伝熱ブロック 5 は、密閉容器 1 1 の（設置面 2 a と接触する底面を除く）全ての外面を覆うように設置することが好ましい。しかしながら、ベースの設置面 2 a から伝熱ブロック 5 を介して密閉容器 1 1 に滞り無く熱を伝導することが可能である限り、伝熱ブロック 5 の実施の形態は特に限定されない。具体的には、熱式質量流量計を構成する他の部品との位置関係等により伝熱ブロック 5 が密閉容器 1 1 の全ての外面を覆うように設置することができず密閉容器 1 1 の外面の一部が露出していても、伝熱ブロック 5 が密閉容器 1 1 の外面の他の部分と隣り合う位置に設けられ且つ当該他の部分及びベース 2 の設置面 2 a に接していればよい。

[0126] 伝熱ブロック 5 の形状は、任意の形状に設計することができる。また、伝熱ブロック 5 は、組み立ての便宜上、複数の部分に分割できるように設けることができる。例えば、図 1 2 乃至図 1 4 に例示する伝熱ブロック 5 は、2 つの部分からなっており、密閉容器 1 1 を挟むようにして組み立てて固定することができる。尚、密閉容器 1 1 の排気管 1 6 が突出している面を覆うように伝熱ブロック 5 を配設する場合は、図 1 2 乃至図 1 4 に例示したように、排気管 1 6 を挿通するための貫通孔 5 a を伝熱ブロック 5 に形成することができる。

[0127] 上記によれば、ベース 2 と第 1 センサ 10（の密閉容器 11）との間の熱伝導が伝熱ブロック 5 によって促進されるので、第 1 流量計 1 の周囲の環境温度の影響を受けて第 1 センサ 10 が冷却され難くなる。その結果、例えば、プロセスガスとして凝結性ガスを使用するときにプロセスガスが配管内で凝結しないように配管系を加熱保持する場合において、センサチューブ 12 を流れるガスの温度を所望の温度に維持することが容易となり、例えばセンサチューブ 12 の内部におけるガスの凝結等の問題を低減することができる。

[0128] 尚、以上の説明においては、プロセスガスとして凝結性ガスを使用するときにプロセスガスが配管内で凝結しないように配管系を加熱保持する場合について説明したが、例えば、特定の温度を超えると劣化（例えば、分解及び変質等）し得る性質を有するガスをプロセスガスとして使用する場合には、プロセスガスが配管内で劣化しないように配管系を冷却保持する必要がある。このような場合においてもベース 2 と第 1 センサ 10（の密閉容器 11）との間の熱伝導が伝熱ブロック 5 によって促進されるので、第 1 流量計 1 の周囲の環境温度の影響を受けて第 1 センサ 10 が加熱され難くなる。その結果、センサチューブ 12 を流れるガスの温度を所望の温度に維持することが容易となり、例えばセンサチューブ 12 の内部におけるガスの劣化等の問題を低減することができる。

[0129] 図示しないが、第 1 流量計 1 は、ベース 2 から密閉容器 11 及び／又は伝熱ブロック 5 への熱伝導を更に促進するための部材である伝熱促進部材を更に有してもよい。このような伝熱促進部材の具体例としては、例えば、ベース 2 の側面及び伝熱ブロック 5 の側面に接して設けられた伝熱シート等を挙げることができる。このような伝熱シートを形成する材料としては、例えば、上述した伝熱ブロック 5 を形成する金属材料、グラファイト及びシリコン系材料等を挙げることができる。

[0130] また、第 1 流量計 1 は、ベース 2、密閉容器 11 及び伝熱ブロック 5 の少なくとも 1 つからの放熱を低減するための部材である断熱材を更に有してよ

い。このような断熱材の具体例としては、例えば、ベース 2、密閉容器 11 及び伝熱ブロック 5 の露出面の少なくとも一部を覆うように配設された断熱シートを挙げることができる。このような断熱シートを形成する材料としては、例えば、ガラス繊維をバインダで固めたもの等を挙げることができる。

[0131] 〈第 3 実施形態の変形例 2〉

上述した第 3 実施形態の変形例 1 に係る第 1 流量計 1 においては、ベース 2 と第 1 センサ 10（の密閉容器 11）との間の熱伝導を伝熱ブロック 5 によって促進することにより、第 1 流量計 1 の周囲の環境温度の影響を受けて第 1 センサ 10 の温度を所望の温度に維持することを容易にしている。即ち、伝熱ブロック 5 は、自ら能動的に熱を発生するものではなく、ベース 2 の熱を密閉容器 11 に伝える受動的な役割を担っている。

[0132] しかしながら、第 1 流量計 1 は、伝熱ブロック 5 に加えて、ベース 2 及び／又は伝熱ブロック 5 を能動的に加熱又は冷却することにより第 1 センサ 10 の温度を所望の温度に維持する手段を有していてもよい。

[0133] 図 15 は、ベース内に設けられた流体の流路の軸線に直交する方向から観察される、本発明の第 3 実施形態の変形例 2 に係る第 1 流量計の模式的な正面図である。図 16 は図 15 に示した矢印 A の方向から観察される第 1 流量計の模式的な側面図である。図 17 は図 15 に示した矢印 B の方向から観察される第 1 流量計の模式的な平面図（上面図）である。

[0134] 図 15 乃至図 17 においては、第 1 流量計 1 の構成についての理解を容易にすることを目的として、内部に設けられた流路 2d、バイパス 3、排気管 16（の一部）、伝熱ブロック 5、排気管 16 を挿通するために温度調節ブロック 8（後述する）に形成された貫通孔 8a、及び発熱体 8b（又は冷却体 8c）等が破線によって表されている。尚、上述した図 12 乃至図 14 とは異なり、図 15 乃至図 17 においては、第 1 センサ 10 及び密閉容器 11 等を省略した。また、図 16 においては、発熱体 8b（又は冷却体 8c）を省略した。図 15 乃至図 17 の右上がりの斜線によってハッチングが施されている部分は、温度調節ブロック 8 の実施の形態を例示している。

[0135] 本発明の第3実施形態の変形例2に係る第1流量計1は、上述した伝熱ブロック5に加えて、ベース2及び伝熱ブロック5の少なくとも一方の側面に接して設けられた温度調節ブロック8を更に有する。温度調節ブロック8は、伝熱材料によって形成されており、且つ、温度調節ブロック8を加熱する発熱体8b及び／又は温度調節ブロック8を冷却する冷却体8cを有する。図15乃至図17に示す第1流量計1においては、温度調節ブロック8が、伝熱ブロック5の側面及び上面（頂面）並びにベース2の側面及び底面と面接触をしている。

[0136] しかしながら、ベース2及び／又は伝熱ブロック5を能動的に加熱又は冷却することにより第1センサ10の温度を所望の温度に維持することが可能である限り、温度調節ブロック8の配置及び形状は特に限定されない。また、図15乃至図17に示した例においては複数の部材に分割できるように温度調節ブロック8が構成されているが、例えば、組み立てにおける不都合等が伴わない範囲において、温度調節ブロック8を構成する部材の形状及び個数は適宜定めることができる。尚、伝熱ブロック5と同様に、密閉容器11の排気管16が突出している面を覆うように温度調節ブロック8を配設する場合は、図15乃至図17に例示したように、排気管16を挿通するための貫通孔8aを温度調節ブロック8に形成することができる。

[0137] 温度調節ブロック8もまた、伝熱ブロック5と同様に、できるだけ高い熱伝導率を有する材料によって構成することが好ましい。従って、温度調節ブロック8もまた伝熱材料によって形成されている。温度調節ブロック8に好適に用いることができる伝熱材料の具体例としては、例えば、上述した伝熱ブロック5を形成する金属材料に加えて、シリコンゴム及びセラミックス等を挙げることができる。

[0138] 発熱体8bは熱エネルギーを発生する素子又は装置であり、その具体例としては、例えば、ニクロム線を含むカートリッジヒータ等を挙げることができる。一方、冷却体8cは熱エネルギーを吸収する素子又は装置であり、その具体例としては、例えば、ペルチェ素子等を挙げることができる。

- [0139] 従って、ベース 2 及び／又は伝熱ブロック 5 を加熱しようとする場合、温度調節ブロック 8 の具体例としては、例えば、アルミニウム合金によって形成された板状又はブロック状の部材にニクロム線を含む棒状のカートリッジヒータ等の発熱体 8 b を挿入したもの、シリコンゴムによって形成された板状又はブロック状の部材の中に発熱体 8 b を設けたラバーヒータ、セラミックスによって形成された板状又はブロック状の部材の中に発熱体 8 b を設けたプレートヒータ等を好適に用いることができる。
- [0140] 一方、ベース 2 及び／又は伝熱ブロック 5 を冷却しようとする場合、温度調節ブロック 11 の具体例としては、例えば、アルミニウム合金によって形成された板状又はブロック状の部材にペルチェ素子等の冷却体 8 c を挿入及び／又は貼付したもの、シリコンゴムによって形成された板状又はブロック状の部材の中に冷却体 8 c を設けたラバークーラ、セラミックスによって形成された板状又はブロック状の部材の中に冷却体 8 c を設けたプレートクーラ等を好適に用いることができる。
- [0141] 上記によれば、ベース 2 及び／又は伝熱ブロック 5 を温度調節ブロック 8 によって能動的に加熱又は冷却することができるので、第 1 流量計 1 の周囲の環境温度に拘わらず第 1 センサ 10 の温度を所望の温度に維持することが更に容易となる。その結果、例えばセンサチューブ 12 の内部におけるガスの凝結及び劣化等の問題を低減することができる。
- [0142] 図示しないが、この第 1 流量計 1 は、温度調節ブロック 8 からベース 2 及び／又は密閉容器 11 及び／又は伝熱ブロック 5 への熱伝導を更に促進するための部材である伝熱促進部材を更に有してもよい。このような伝熱促進部材の具体例としては、例えば、温度調節ブロック 8 の何れかの面とベース 2 及び／又は密閉容器 11 及び／又は伝熱ブロック 5 の何れかの面とに接して設けられた伝熱シート等を挙げることができる。このような伝熱シートを形成する材料としては、例えば、上述した伝熱ブロック 5 を形成する金属材料、グラファイト及びシリコン系材料等を挙げることができる。
- [0143] また、この第 1 流量計 1 は、温度調節ブロック 8、ベース 2、密閉容器 1

1 及び伝熱ブロック 5 の少なくとも 1 つからの放熱を低減するための部材である断熱材を更に有してよい。このような断熱材の具体例としては、例えば、温度調節ブロック 8、ベース 2、密閉容器 11 及び伝熱ブロック 5 の少なくとも一部の表面を覆うように配設された断熱シートを挙げることができる。このような断熱シートを形成する材料としては、例えば、ガラス繊維をバイндаで固めたもの等を挙げることができる。

[0144] 〈第 3 実施形態の変形例 3〉

上述した第 3 実施形態の変形例 2 に係る第 1 流量計 1 は、伝熱ブロック 5 に加えて、発熱体 8 b 及び／又は冷却体 8 c を備えた温度調節ブロック 8 により、ベース 2 及び／又は伝熱ブロック 5 を能動的に加熱又は冷却することができる。これにより、第 1 流量計 1 の周囲の環境温度に拘わらず第 1 センサ 10 の温度を所望の温度に維持することを更に容易にし、例えばセンサチューブ 12 の内部におけるガスの凝結及び劣化等の問題を低減することができる。

[0145] ところで、上記のように第 1 センサ 10 の温度を所望の温度に維持する制御においては、第 1 センサ 10 の温度と目標温度との関係に応じて、温度調節ブロック 8 が備える発熱体 8 b 及び／又は冷却体 8 c の作動と停止とが切り替えられる。

[0146] 一方、上述したように、第 1 センサ 10 は、密閉容器 11 の内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管 16 を備える。排気管 16 は、被測定流体の質量流量の測定条件（例えば温度及び圧力等）のみならず、密閉容器 11 の内部空間から空気を排出するときの当該管の内部と外部との圧力差に耐え得る材料によって形成される。典型的には、例えばステンレス鋼製の鋼管等の金属製の管が排気管 16 として使用される。従って、排気管 16 は、密閉容器 11 の内部空間と外部との間で熱を伝導する熱伝導経路としても作用し得る。

[0147] その結果、例えば発熱体 8 b 及び／又は冷却体 8 c の作動と停止との切り替えに伴う温度調節ブロック 8 の過渡的な温度変化が排気管 16 を介して密

閉容器 11 の内部空間へと伝わり、第 1 センサ 10 による質量流量の検出結果に影響を及ぼす場合がある。この現象は、例えば第 1 センサ 10 における（排気管 16 の密閉容器 11 の内部空間側の端部に該当する）排気孔 16 a の位置が一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b の何れか一方により近い等、第 1 センサ 10 における熱伝導経路において一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b に対して排気孔 16 a が非対称な位置にある場合により顕著となる。

[0148] そこで、本発明の第 3 実施形態の変形例 3 に係る第 1 流量計 1 においては、前記熱式質量流量センサにおける熱伝導経路において、前記一对のセンサワイヤに対して前記排気孔が対称な位置にある。換言すれば、この第 1 流量計 1 は、排気管 16 の密閉容器 11 の内部空間側の端部に該当する排気孔 16 a から一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b のそれぞれに対して同じように熱が伝わるように構成される。

[0149] 具体的には、例えば、図 18 に示す例のように、排気管 16 及び排気孔 16 a が一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b の対称軸上にあるように第 1 センサ 10 を構成することにより、「熱伝導経路において、一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b に対して対称な位置」に排気孔 16 a を配置することができる。図 2 に示した例においては密閉容器 11 の構成部材 11 a の左側面に排気管 16 が配設されているが、図 18 に示した例においては密閉容器 11 の構成部材 11 a の背面の中心に排気管 16 が配設されている。

[0150] 但し、排気孔 16 a から一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b のそれぞれに対して同じように熱が伝わるのが可能である限り、排気管 16 及び排気孔 16 a の配置は特に限定されない。例えば、排気管 16 を介して伝導される熱の大部分又は全てが排気孔 16 a の周縁を介して一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b に伝わる場合は、排気孔 16 a さえ一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b の対称軸上にあれば、排気管 16 が当該対称軸上に無くてもよい。

[0151] 上記によれば、排気管 16 及び排気孔 16 a を介して伝導される熱が一对のセンサワイヤ 13 a 及び 13 b のそれぞれに対して同じように伝わる。そ

の結果、例えば発熱体 8 b 及び／又は冷却体 8 c の作動と停止との切り替えに伴う温度調節ブロック 8 の過渡的な温度変化が排気管 1 6 を介して密閉容器 1 1 の内部空間へと伝わり、第 1 センサ 1 0 による質量流量の検出結果に影響を及ぼす等の問題が低減される。

[0152] 〈第 3 実施形態の変形例 4〉

上述した第 3 実施形態の変形例 3 においては、排気管 1 6 及び排気孔 1 6 a を介して伝導される熱が一对のセンサワイヤ 1 3 a 及び 1 3 b のそれぞれに対して同じように伝わるようにすることにより、発熱体 8 b 及び／又は冷却体 8 c の作動と停止との切り替えに伴う温度調節ブロック 8 の過渡的な温度変化が第 1 センサ 1 0 による質量流量の検出結果に影響を及ぼす等の問題を低減した。しかしながら、伝熱ブロック 5 及び／又は温度調節ブロック 8 と排気管 1 6 との間における熱伝導を低減することができれば、上記問題を根本的に低減することができる筈である。

[0153] そこで、本発明の第 3 実施形態の変形例 4 に係る第 1 流量計 1 においては、伝熱ブロック 5 及び／又は温度調節ブロック 8 と排気管 1 6 とを空間的に離すことにより、伝熱ブロック 5 及び／又は温度調節ブロック 8 と排気管 1 6 との間における熱伝導を低減する。具体的には、この第 1 流量計 1 においては、排気管 1 6 が挿通する貫通孔 5 a 及び貫通孔 8 a が伝熱ブロック 5 及び温度調節ブロック 8 にそれぞれ形成されている。加えて、排気管 1 6 の外面と貫通孔 5 a 及び貫通孔 8 a の内面との間の最短距離が 1 mm 以上である。

[0154] 上記によれば、伝熱ブロック 5 及び／又は温度調節ブロック 8 と排気管 1 6 とが空間的に離れるので、伝熱ブロック 5 及び／又は温度調節ブロック 8 と排気管 1 6 との間における熱伝導を低減することができる。その結果、排気管 1 6 を介する密閉容器 1 1 の内部空間と外部との間での熱伝導を低減することができるので、上述した問題を根本的に低減することができる。

[0155] 〈第 3 実施形態の変形例 5〉

本発明の第 3 実施形態の変形例 5 に係る第 1 流量計 1 は、上述した第 3 実

施形態の変形例４に係る第１流量計１であって、排気管１６の外表面と貫通孔５a及び貫通孔８aの内表面との間に断熱材が充填されている。

[0156] 上記によれば、伝熱ブロック５及び／又は温度調節ブロック８と排気管１６との間における熱伝導を断熱材によって更に低減することができる。その結果、排気管１６を介する密閉容器１１の内部空間と外部との間での熱伝導を更に低減することができるので、上述した問題をより確実に低減することができる。

[0157] 尚、当業者に周知であるように、本発明に係る熱式質量流量計（本発明流量計）を、流量制御弁、上記流量制御弁の開度を増減するアクチュエータ、及び本発明流量計によって検出される流体の流量を目標値に近付けるように上記アクチュエータを用いて上記流量制御弁の開度を制御する制御装置と組み合わせることにより、熱式質量流量制御装置を構成することができる。従って、本発明は、上述した熱式質量流量センサ及び熱式質量流量計のみならず、本発明流量計を用いる熱式質量流量制御装置にも関する。

[0158] 以上、本発明を説明することを目的として、特定の構成を有する幾つかの実施形態及び変形例につき、時に添付図面を参照しながら説明してきたが、本発明の範囲は、これらの例示的な実施形態及び変形例に限定されると解釈されるべきではなく、特許請求の範囲及び明細書に記載された事項の範囲内で、適宜修正を加えることが可能であることは言うまでも無い。

## 符号の説明

[0159] １…熱式質量流量計、２…ベース、２a…設置面、２d…流路、３…バイパス、５…伝熱ブロック、５a…（伝熱ブロック５の）貫通孔、８…温度調節ブロック、８a…（温度調節ブロック８の）貫通孔、８b…発熱体、８c…冷却体、１０…熱式質量流量センサ（第１センサ）、１１…密閉容器、１１a、１１b及び１１c…構成部材、１２…センサチューブ、１２a…流入口、１２b…流出口、１３、１３a及び１３b…センサワイヤ、１４…ハーメチックコネクタ、１５…外部電極、１６…排気管、１６a…排気孔、１６b…封止部、１６c…キャップ、２０…排気用ライン、２１…減圧ポンプ（

真空ポンプ)、22…開閉弁22、30…封入用ライン、31…不活性ガス源、32…ギューレータ、33…開閉弁、34…水分低減手段、35…開閉弁、B…分岐点、P…圧力計、50…密閉容器、51…排気管、52…ポンプ、53…質量分析装置、並びに54…スプレー。

## 請求の範囲

- [請求項1] 密閉容器と、前記密閉容器の内部空間を画定する外壁に形成された流入口及び流出口と気密に連通し且つ前記密閉容器の前記内部空間に収容されたセンサチューブと、前記センサチューブに巻き付けられた一対のセンサワイヤと、少なくとも前記センサワイヤの前記センサチューブに巻き付けられた部分を覆う被覆層と、前記外壁に設けられて前記一対のセンサワイヤのそれぞれの両端を前記密閉容器の外部に設けられた外部電極に電氣的に接続するハーメチックコネクタと、を備え、
- 前記密閉容器の前記内部空間は不活性雰囲気気に密閉されている、
- 熱式質量流量センサであって、
- 前記外壁に形成された貫通孔である排気孔を介して前記密閉容器の前記内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管を更に備え、
- 前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部を形成している、
- 熱式質量流量センサ。
- [請求項2] 請求項1に記載の熱式質量流量センサであって、
- 前記封止部が溶接によって更に封止されている、
- 熱式質量流量センサ。
- [請求項3] 請求項1に記載の熱式質量流量センサであって、
- 前記封止部を収容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップを更に備え、
- 前記キャップの前記内部空間に前記開口部を通して前記封止部が挿入された状態において前記キャップと前記排気管とが溶接によって更に封止されている、
- 熱式質量流量センサ。
- [請求項4] 密閉容器と、前記密閉容器の内部空間を画定する外壁に形成された流入口及び流出口と気密に連通し且つ前記密閉容器の前記内部空間に

収容されたセンサチューブと、前記センサチューブに巻き付けられた一対のセンサワイヤと、少なくとも前記センサワイヤの前記センサチューブに巻き付けられた部分を覆う被覆層と、前記外壁に設けられて前記一対のセンサワイヤのそれぞれの両端を前記密閉容器の外部に設けられた外部電極に電氣的に接続するハーメチックコネクタと、を備え、

前記密閉容器の前記内部空間は不活性雰囲気中に密閉されており、

前記外壁に形成された貫通孔である排気孔を介して前記密閉容器の前記内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管を更に備え、

前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部を形成している、

熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記密閉容器を構成する複数の部材のうち、前記流入口及び前記流出口が形成された部材である第1部材に、前記流入口及び前記流出口と前記センサチューブの両端部とが気密に連通するように、前記一対のセンサワイヤが巻き付けられた前記センサチューブを溶接する第1工程と、

前記密閉容器を構成する前記複数の部材のうち、前記ハーメチックコネクタが設けられた部材である第2部材に、前記一対のセンサワイヤのそれぞれの両端を前記ハーメチックコネクタの対応する端子にそれぞれ電氣的に接続する第2工程と、

前記密閉容器を構成する前記複数の部材のうち、前記排気孔が形成された部材である第3部材に、前記排気孔を介して前記密閉容器の前記内部空間と気密に連通するように、前記排気管を溶接する第3工程と、

前記密閉容器を構成する前記複数の部材を互いに溶接して前記密閉容器を形成する第4工程と、

前記排気管を介して前記内部空間から空気を排出した後、前記排気

管の前記排気孔とは反対側の端部を塑性変形によって封止して前記封止部を形成する第5工程と、

を含む、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項5]

請求項4に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記第5工程において、前記排気管を介して前記内部空間から空気を排出した後、前記排気管を介して前記内部空間に不活性ガスを封入した後、前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部を塑性変形によって封止して前記封止部を形成する、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項6]

請求項5に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記第5工程において、前記排気管を介して前記内部空間から空気を排出した後、前記不活性ガスに含まれる水分を低減する水分低減手段によって水分の含有率を下げた前記不活性ガスを、前記排気管を介して、前記内部空間に封入する、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項7]

請求項4乃至請求項6の何れか1項に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記第5工程において、前記封止部を形成した後、前記封止部を溶接によって更に封止する、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項8]

請求項4乃至請求項6の何れか1項に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記第5工程において、前記封止部を形成した後、前記封止部を収容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップの前記内部空間に前記開口部を通して前記封止部が挿入された状態において前記キャップと前記排気管とを溶接によって更に封止する、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項9] 請求項4乃至請求項8の何れか1項に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記第5工程を実行する前に、前記密閉容器の外表面に特定の検知用ガスを局所的に供給しつつ、前記排気管を介して前記内部空間から排出される気体中に前記検知用ガスが検出されたときに前記検知用ガスが供給されていた箇所を気密性が不十分な不良箇所として特定する気密性テスト工程を更に含む、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項10] 請求項4乃至請求項9の何れか1項に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

室温よりも高い温度において前記第5工程を実行する、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項11] 請求項10に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、  
室温よりも高く且つ200℃以下の温度において前記第5工程を実行する、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項12] 一の設置面を有し、内部に流体の流路が設けられたベースと、  
前記流路の中間に設けられたバイパスと、  
請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の熱式質量流量センサと、  
、  
前記センサワイヤ及び他の抵抗素子によって構成されたブリッジ回路を含むセンサ回路と、  
を有し、  
前記センサチューブは、前記バイパスの上流側において前記流路から分岐し前記設置面の外側を迂回した後に前記バイパスの下流側において前記流路に合流するように構成されている、  
熱式質量流量計。

[請求項13] 請求項12に記載の熱式質量流量計であって、

前記設置面に接して、前記密閉容器と隣り合う位置に設けられた、伝熱材料によって形成された伝熱ブロックを更に有し、

前記伝熱ブロックの底面と前記設置面とは面接触をしており、

前記伝熱ブロックの少なくとも一の側面と前記密閉容器の側面とは面接触をしている、  
熱式質量流量計。

[請求項14]

請求項13に記載の熱式質量流量計であって、

前記ベース及び前記伝熱ブロックの少なくとも一方の側面に接して設けられた温度調節ブロックを更に有し、

前記温度調節ブロックは、伝熱材料によって形成されており、且つ、前記温度調節ブロックを加熱する発熱体及び／又は前記温度調節ブロックを冷却する冷却体を有する、  
熱式質量流量計。

[請求項15]

請求項14に記載の熱式質量流量計であって、

前記熱式質量流量センサにおける熱伝導経路において、前記一对のセンサワイヤに対して前記排気孔が対称な位置にある、  
熱式質量流量計。

[請求項16]

請求項14又は請求項15に記載の熱式質量流量計であって、

前記排気管が挿通する貫通孔が前記伝熱ブロック及び前記温度調節ブロックに形成されており、

前記排気管の外面と前記貫通孔の内面との間の最短距離が1mm以上である、  
熱式質量流量計。

[請求項17]

請求項16に記載の熱式質量流量計であって、

前記排気管の外面と前記貫通孔の内面との間に断熱材が充填されている、  
熱式質量流量計。

**補正された請求の範囲**  
**[2017年6月29日 (29.06.2017) 国際事務局受理]**

[請求項 1]       (補正後) 密閉容器と、前記密閉容器の内部空間を画定する外壁に形成された流入口及び流出口と気密に連通し且つ前記密閉容器の前記内部空間に收容されたセンサチューブと、前記センサチューブに巻き付けられた一対のセンサワイヤと、少なくとも前記センサワイヤの前記センサチューブに巻き付けられた部分を覆う被覆層と、前記外壁に設けられて前記一対のセンサワイヤのそれぞれの両端を前記密閉容器の外部に設けられた外部電極に電氣的に接続するハーメチックコネクタと、を備え、

前記密閉容器の前記内部空間は不活性雰囲気中に密閉されている、  
熱式質量流量センサであって、

前記外壁に形成された貫通孔である排気孔を介して前記密閉容器の前記内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管を更に備え、

前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部を形成しており、

前記封止部を收容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップを更に備え、

前記キャップの前記内部空間に前記開口部を通して前記封止部が挿入された状態において前記キャップと前記排気管とが溶接によって更に封止されている、

熱式質量流量センサ。

[請求項 2]       請求項 1 に記載の熱式質量流量センサであって、

前記封止部が溶接によって更に封止されている、

熱式質量流量センサ。

[請求項 3]       (補正後) 密閉容器と、前記密閉容器の内部空間を画定する外壁に形成された流入口及び流出口と気密に連通し且つ前記密閉容器の前記内部空間に收容されたセンサチューブと、前記センサチューブに巻き付けられた一対のセンサワイヤと、少なくとも前記センサワイヤの前記センサチューブに巻き付けられた部分を覆う被覆層と、前記外壁に設

けられて前記一对のセンサワイヤのそれぞれの両端を前記密閉容器の外部に設けられた外部電極に電氣的に接続するハーメチックコネクタと、を備え、

前記密閉容器の前記内部空間は不活性雰囲気中に密閉されており、

前記外壁に形成された貫通孔である排気孔を介して前記密閉容器の前記内部空間と外部とを気密に連通する管である排気管を更に備え、

前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部が塑性変形によって封止されて封止部を形成しており、

前記封止部を収容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップを更に備え、

前記キャップの前記内部空間に前記開口部を通して前記封止部が挿入された状態において前記キャップと前記排気管とが溶接によって更に封止されている、

熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記密閉容器を構成する複数の部材のうち、前記流入口及び前記流出口が形成された部材である第1部材に、前記流入口及び前記流出口と前記センサチューブの両端部とが気密に連通するように、前記一对のセンサワイヤが巻き付けられた前記センサチューブを溶接する第1工程と、

前記密閉容器を構成する前記複数の部材のうち、前記ハーメチックコネクタが設けられた部材である第2部材に、前記一对のセンサワイヤのそれぞれの両端を前記ハーメチックコネクタの対応する端子にそれぞれ電氣的に接続する第2工程と、

前記密閉容器を構成する前記複数の部材のうち、前記排気孔が形成された部材である第3部材に、前記排気孔を介して前記密閉容器の前記内部空間と気密に連通するように、前記排気管を溶接する第3工程と、

前記密閉容器を構成する前記複数の部材を互いに溶接して前記密閉容器を形成する第4工程と、

前記排気管を介して前記内部空間から空気を排出した後、前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部を塑性変形によって封止して前記封止部を形成する第5工程と、  
を含み、

前記第5工程において、前記封止部を形成した後、前記封止部を收容可能な内部空間及び開口部が形成されたキャップの前記内部空間に前記開口部を通して前記封止部が挿入された状態において前記キャップと前記排気管とを溶接によって更に封止する、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 4] (補正後) 請求項 3 に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、  
、

前記第5工程において、前記排気管を介して前記内部空間から空気を排出した後、前記排気管を介して前記内部空間に不活性ガスを封入した後、前記排気管の前記排気孔とは反対側の端部を塑性変形によって封止して前記封止部を形成する、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 5] (補正後) 請求項 4 に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、  
、

前記第5工程において、前記排気管を介して前記内部空間から空気を排出した後、前記不活性ガスに含まれる水分を低減する水分低減手段によって水分の含有率を下げた前記不活性ガスを、前記排気管を介して、前記内部空間に封入する、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 6] (補正後) 請求項 3 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

前記第5工程において、前記封止部を形成した後、前記封止部を溶接によって更に封止する、  
熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 7] (補正後) 請求項 3 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載の熱式質量流量

センサの製造方法であって、

前記第5工程を実行する前に、前記密閉容器の外表面に特定の検知用ガスを局所的に供給しつつ、前記排気管を介して前記内部空間から排出される気体中に前記検知用ガスが検出されたときに前記検知用ガスが供給されていた箇所を気密性が不十分な不良箇所として特定する気密性テスト工程を更に含む、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 8] (補正後) 請求項 3 乃至請求項 7 の何れか 1 項に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって、

室温よりも高い温度において前記第5工程を実行する、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 9] (補正後) 請求項 8 に記載の熱式質量流量センサの製造方法であって

、

室温よりも高く且つ 200℃以下の温度において前記第5工程を実行する、

熱式質量流量センサの製造方法。

[請求項 10] (補正後) 一の設置面を有し、内部に流体の流路が設けられたベースと、

前記流路の中間に設けられたバイパスと、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の熱式質量流量センサと、

前記センサワイヤ及び他の抵抗素子によって構成されたブリッジ回路を含むセンサ回路と、

を有し、

前記センサチューブは、前記バイパスの上流側において前記流路から分岐し前記設置面の外側を迂回した後に前記バイパスの下流側において前記流路に合流するように構成されている、

熱式質量流量計。

[請求項 11] (補正後) 請求項 10 に記載の熱式質量流量計であって、

前記設置面に接して、前記密閉容器と隣り合う位置に設けられた、

伝熱材料によって形成された伝熱ブロックを更に有し、  
前記伝熱ブロックの底面と前記設置面とは面接触をしており、  
前記伝熱ブロックの少なくとも一の側面と前記密閉容器の側面とは面接触をしている、  
熱式質量流量計。

[請求項 12] (補正後) 請求項 1 1 に記載の熱式質量流量計であって、  
前記ベース及び前記伝熱ブロックの少なくとも一方の側面に接して設けられた温度調節ブロックを更に有し、  
前記温度調節ブロックは、伝熱材料によって形成されており、且つ、前記温度調節ブロックを加熱する発熱体及び／又は前記温度調節ブロックを冷却する冷却体を有する、  
熱式質量流量計。

[請求項 13] (補正後) 請求項 1 2 に記載の熱式質量流量計であって、  
前記熱式質量流量センサにおける熱伝導経路において、前記一对のセンサワイヤに対して前記排気孔が対称な位置にある、  
熱式質量流量計。

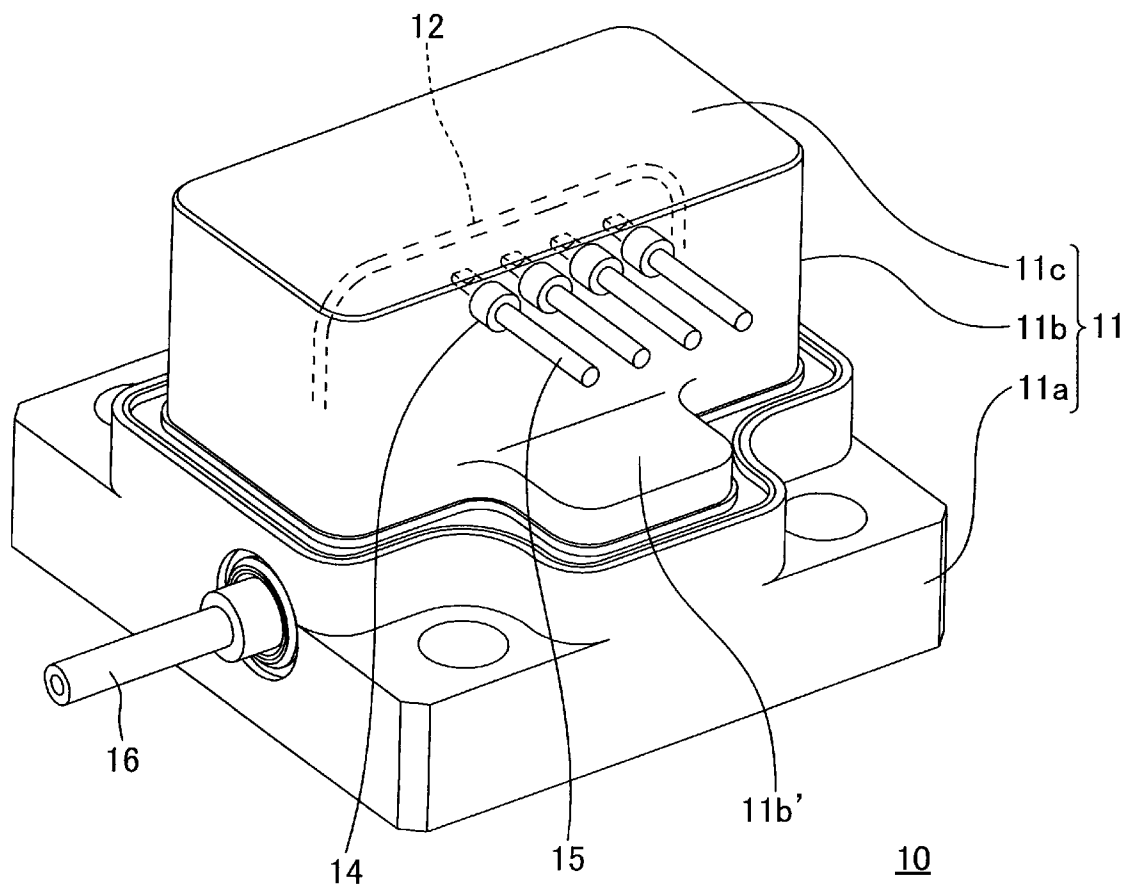
[請求項 14] (補正後) 請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載の熱式質量流量計であって、  
前記排気管が挿通する貫通孔が前記伝熱ブロック及び前記温度調節ブロックに形成されており、  
前記排気管の外表面と前記貫通孔の内面との間の最短距離が 1 mm 以上である、  
熱式質量流量計。

[請求項 15] (補正後) 請求項 1 4 に記載の熱式質量流量計であって、  
前記排気管の外表面と前記貫通孔の内面との間に断熱材が充填されている、  
熱式質量流量計。

[請求項 16] (削除)

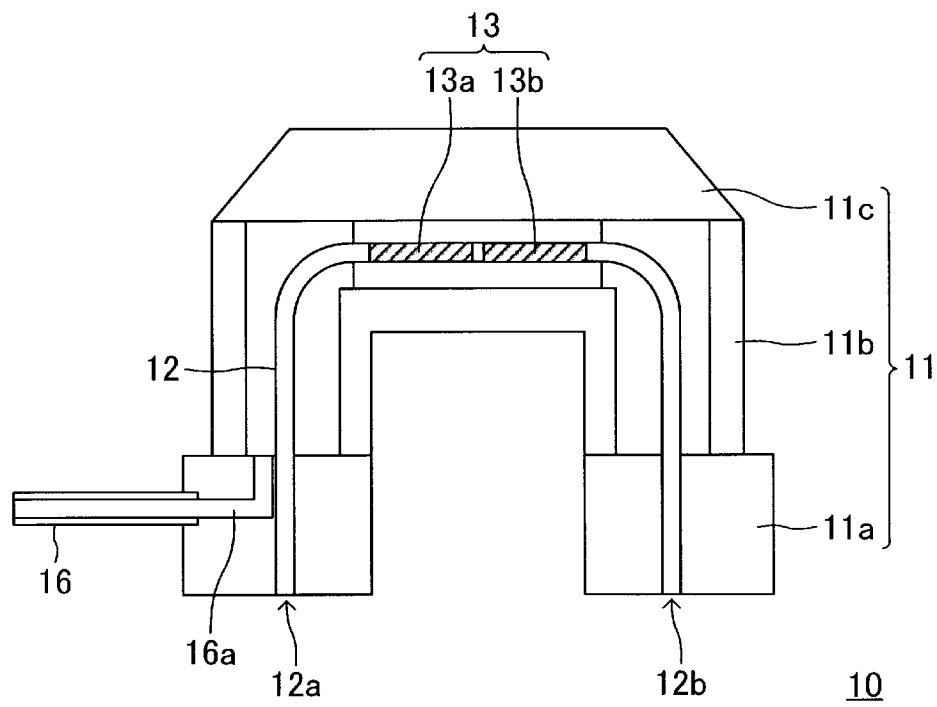
[請求項 17] (削除)

[図1]

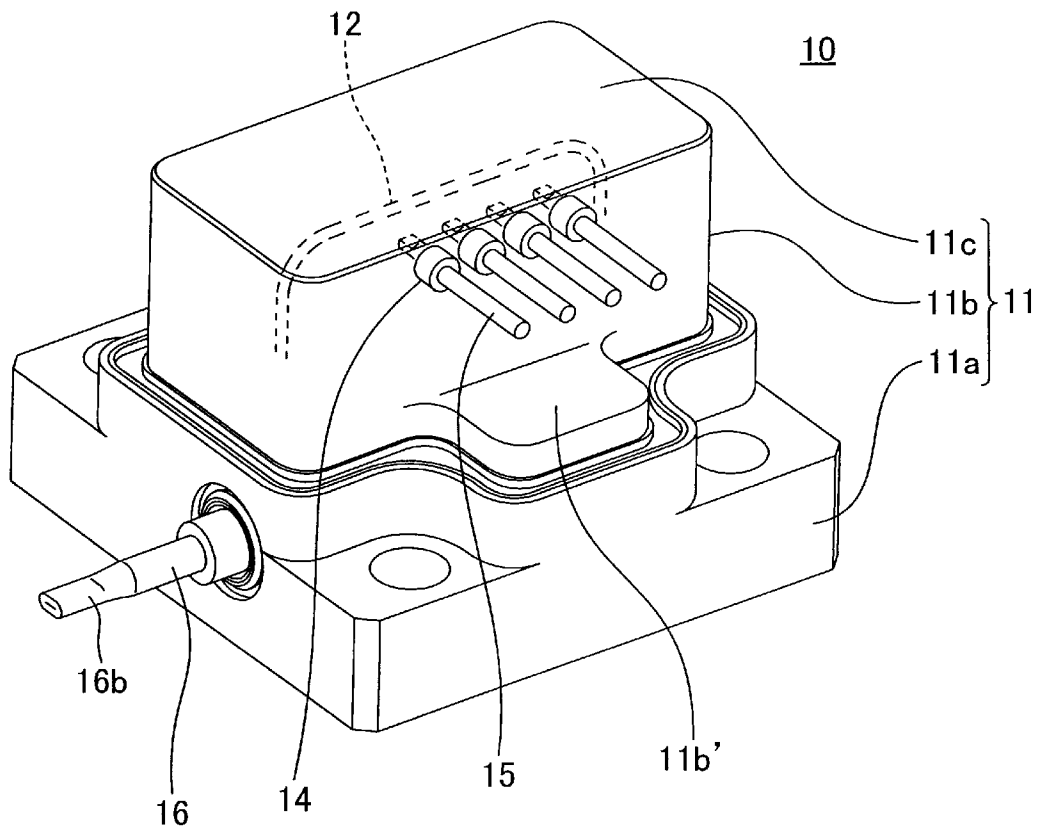




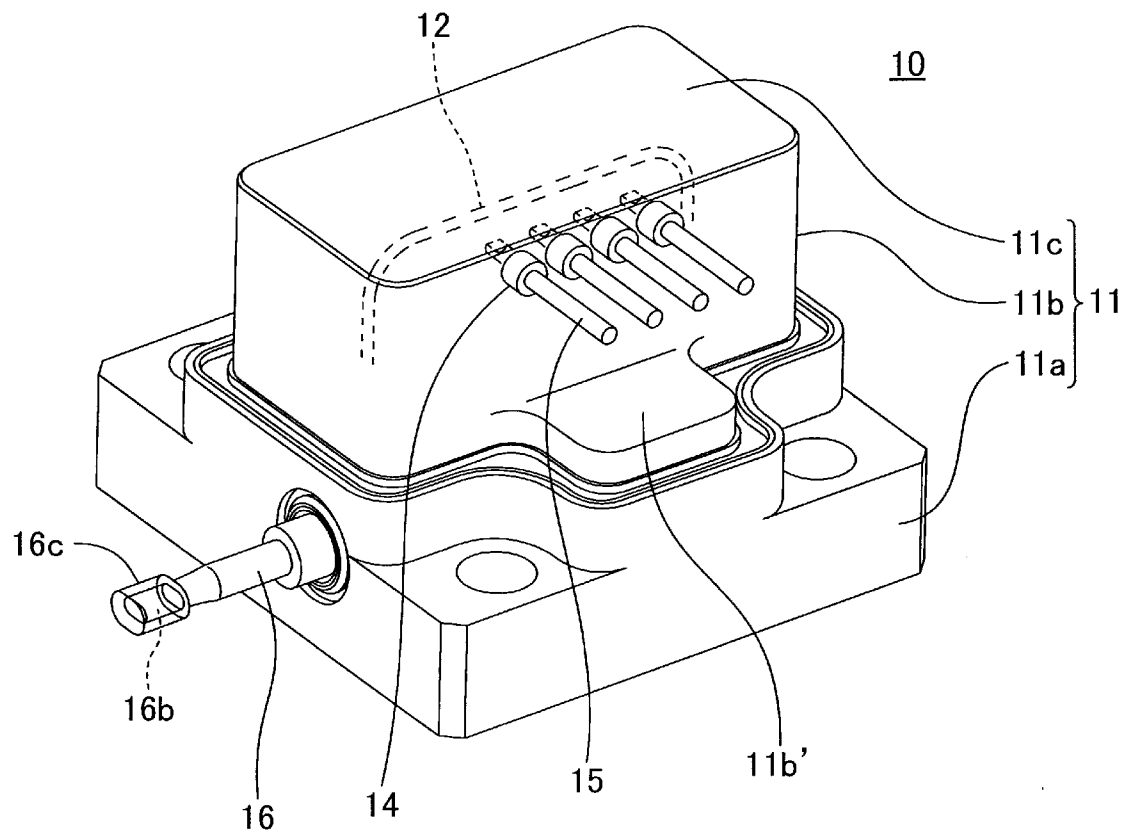
[図3]



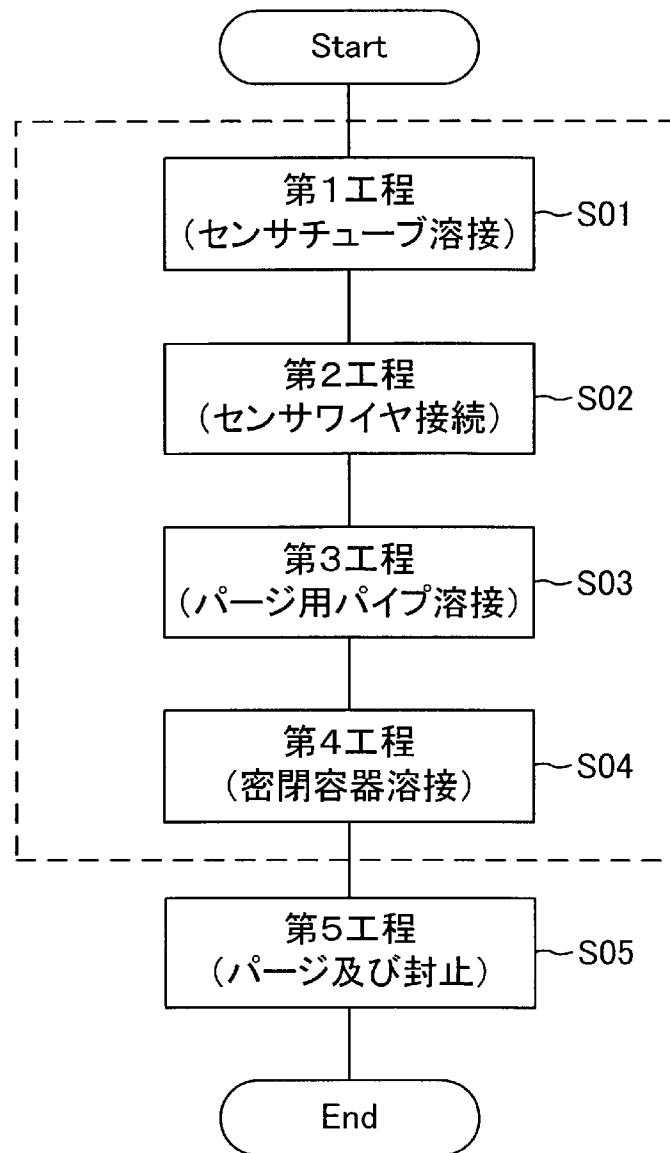
[図4]



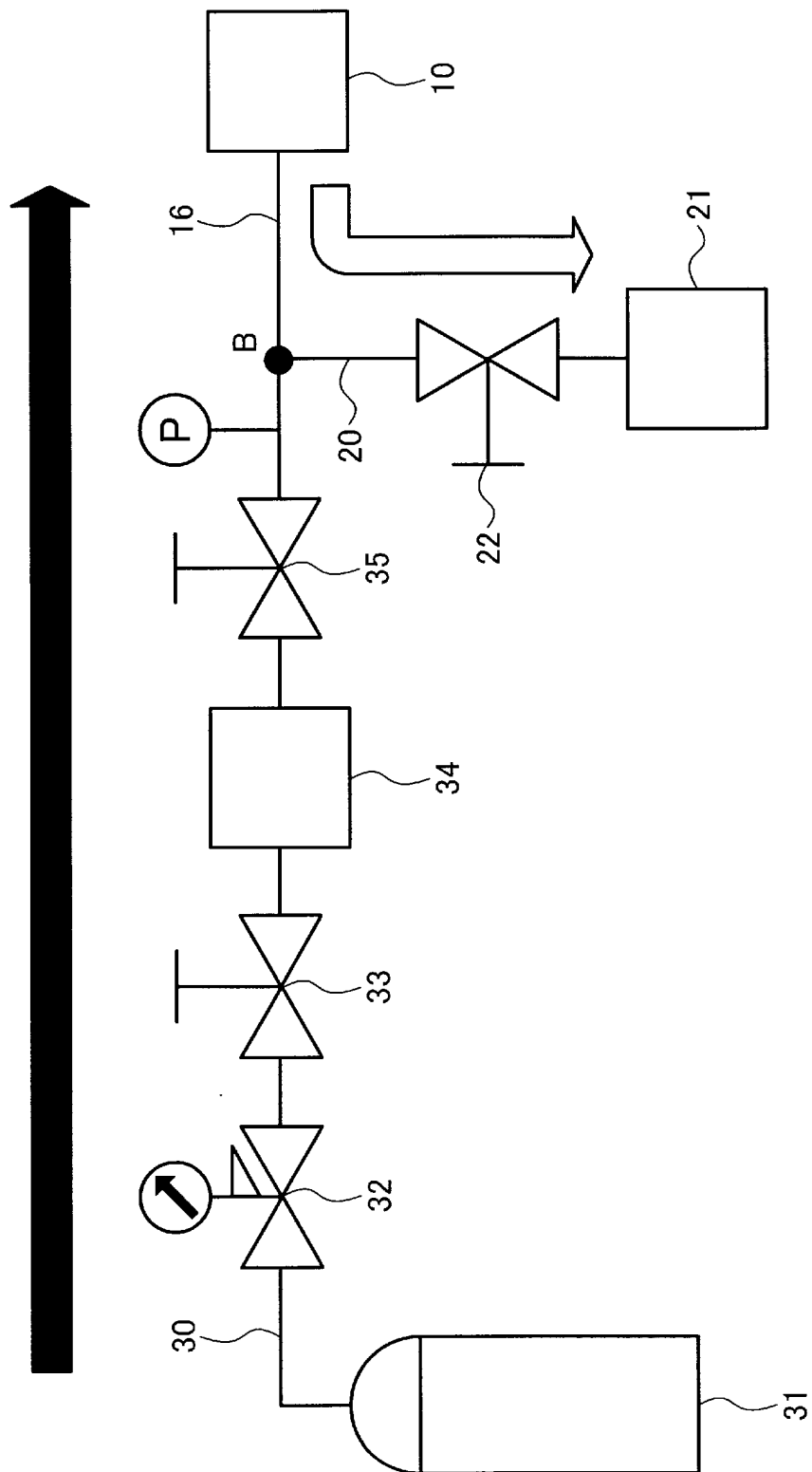
[図5]



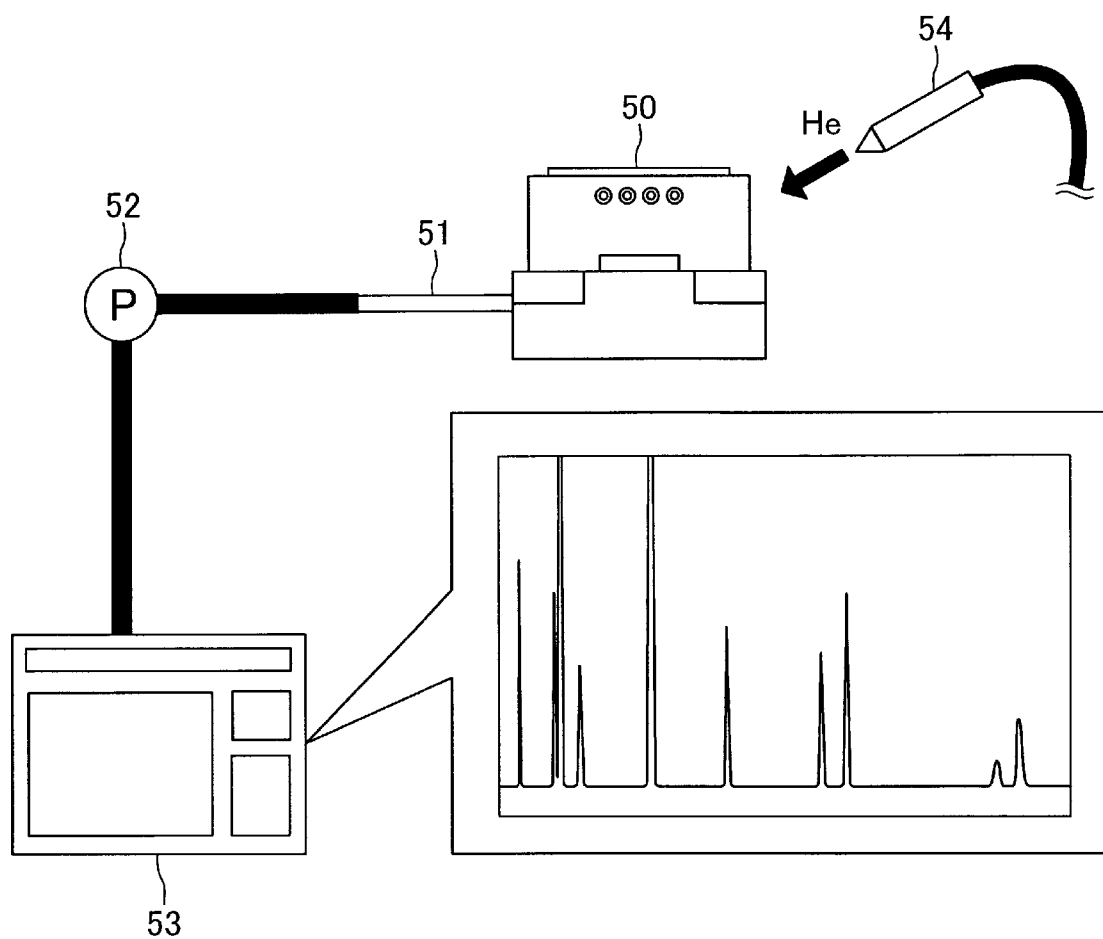
[図6]



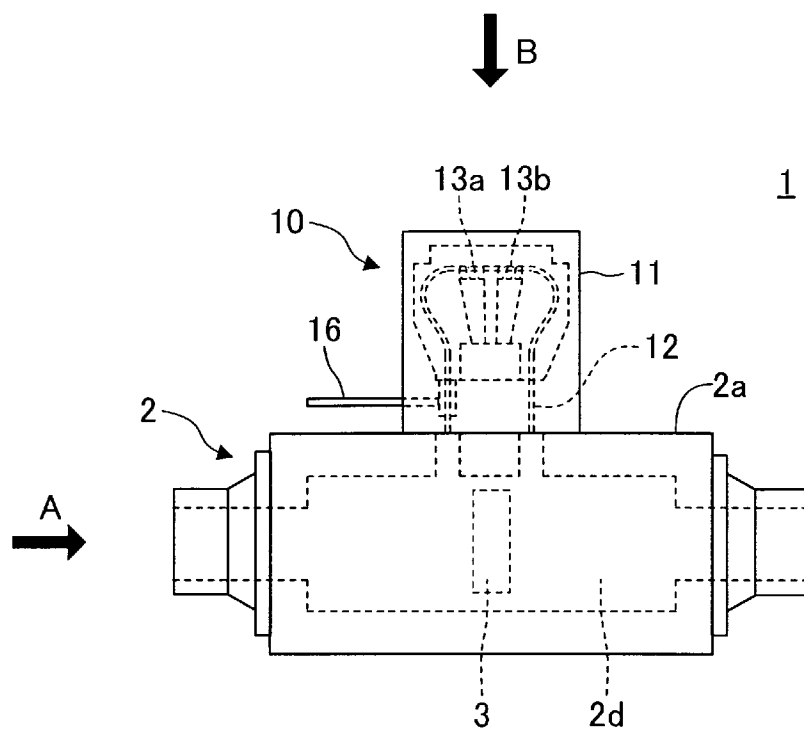
[図7]



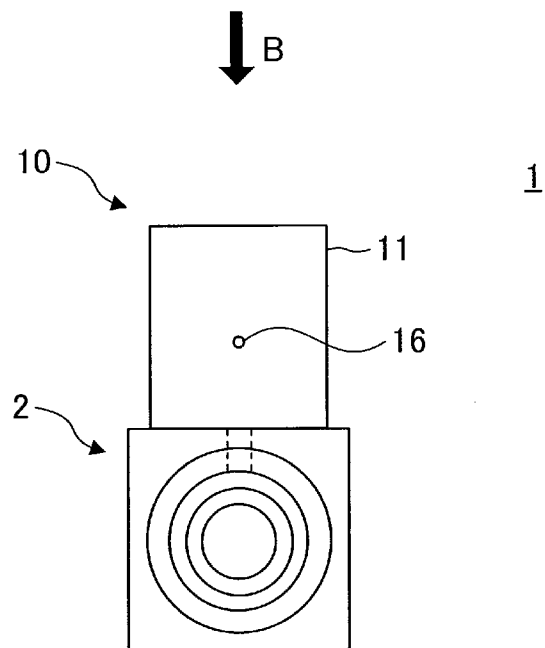
[図8]



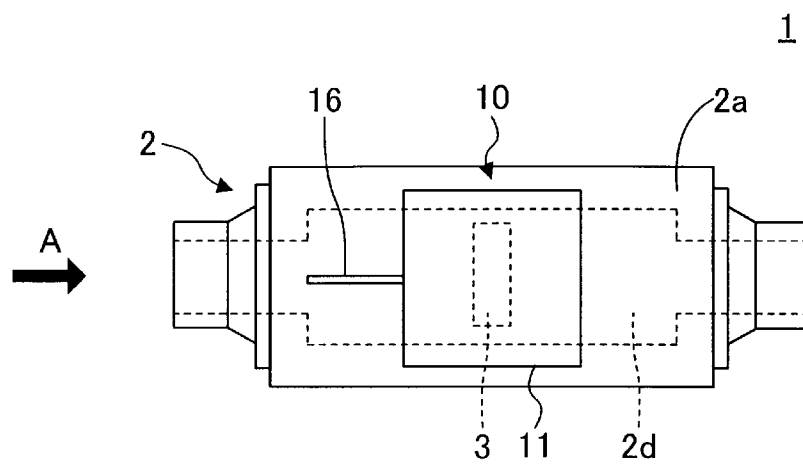
[図9]



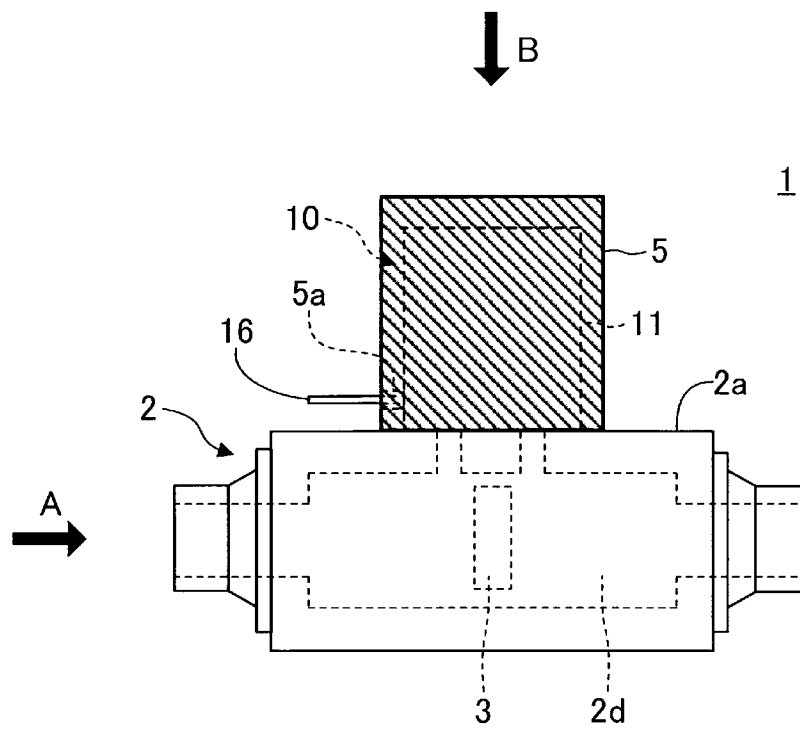
[図10]



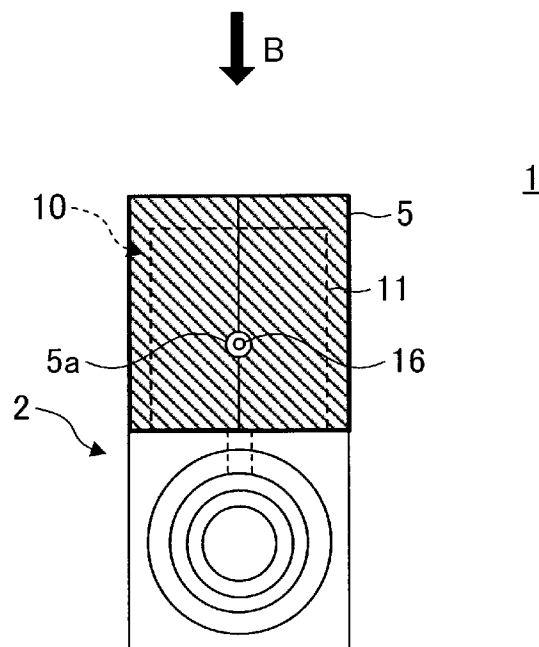
[図11]



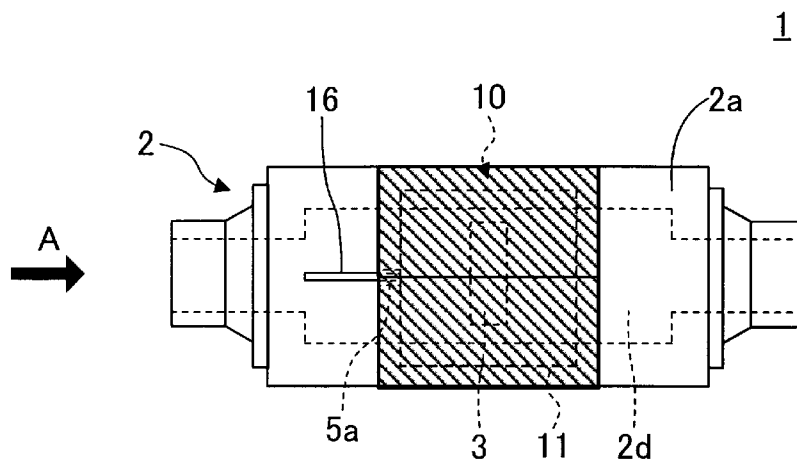
[図12]



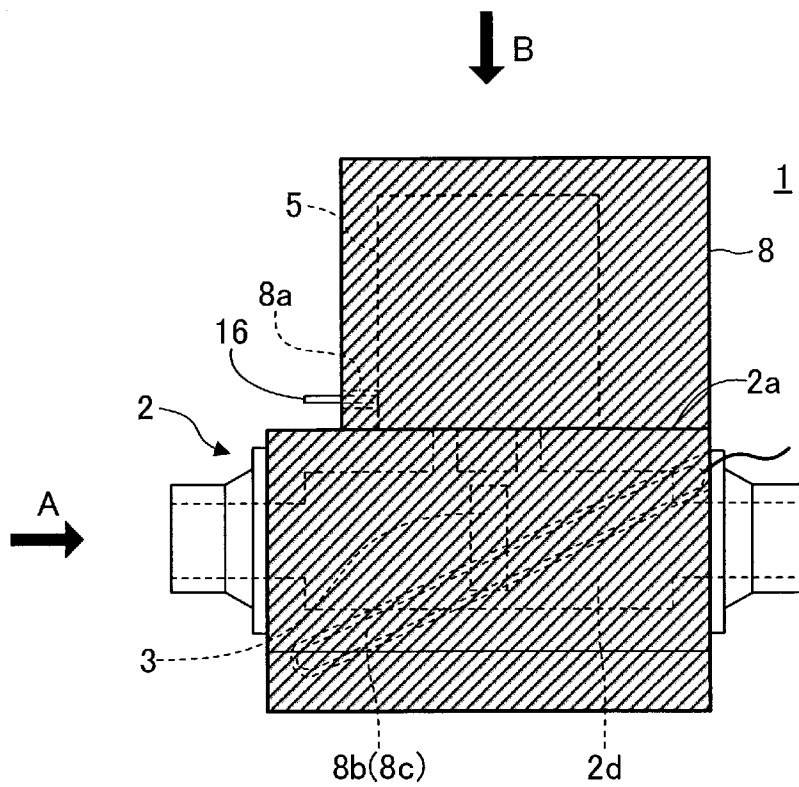
[図13]



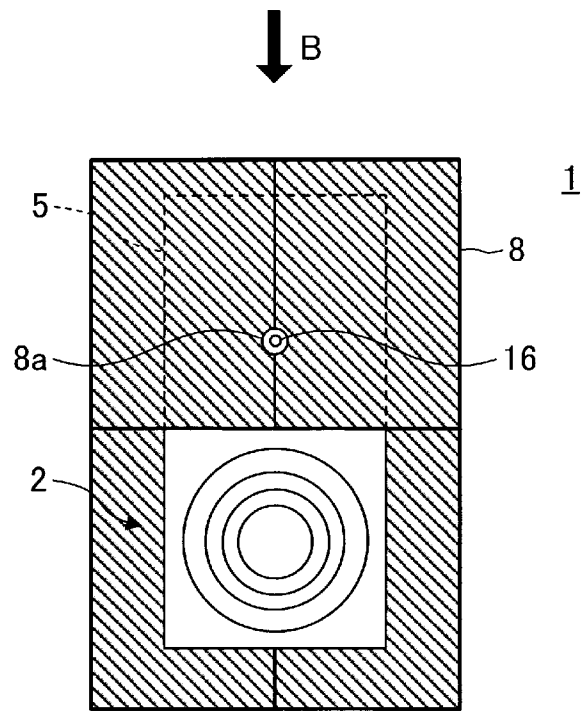
[図14]



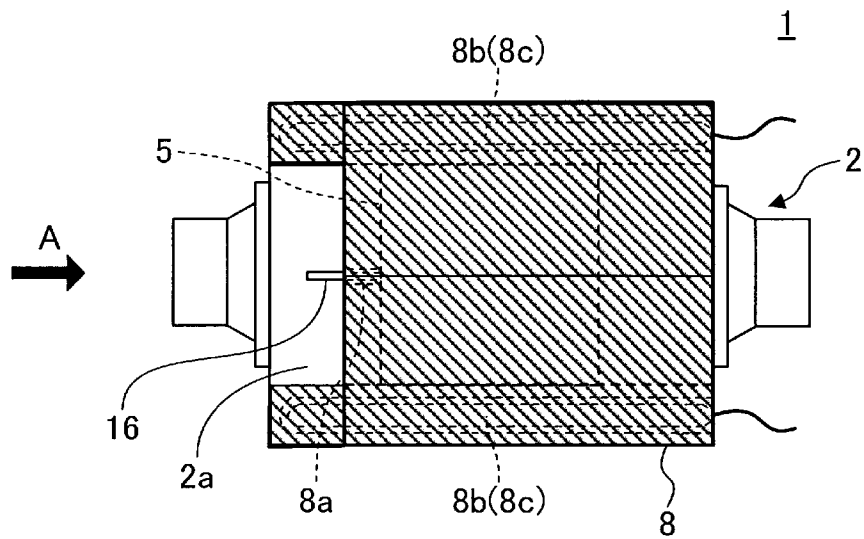
[図15]



[図16]



[図17]





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/005816

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F1/684(2006.01)i, G01F1/69(2006.01)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)

G01F1/68-1/699, F28D15/02

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)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                | Relevant to claim No.         |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y<br>A    | JP 3-167425 A (Estic Corp.),<br>19 July 1991 (19.07.1991),<br>page 1, lower left column, line 16 to page 3,<br>upper right column, line 4; all drawings<br>& US 5309762 A<br>specification, column 1, line 6 to column 3,<br>line 61; fig. 1 to 2 | 1-2, 4-7, 9-14<br>3, 8, 15-17 |
| Y<br>A    | WO 2015/041255 A1 (Hitachi Metals, Ltd.),<br>26 March 2015 (26.03.2015),<br>paragraphs [0002] to [0005]; fig. 4<br>& US 2016/0231155 A1<br>paragraphs [0002] to [0005]; fig. 4<br>& KR 10-2016-0057394 A & CN 105556257 A                         | 1-2, 4-7, 9-14<br>3, 8, 15-17 |

☒ 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

"T" 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  
30 March 2017 (30.03.17)

Date of mailing of the international search report  
11 April 2017 (11.04.17)

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/JP2017/005816

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                             | Relevant to claim No.         |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Y<br>A    | JP 2-196472 A (Fuji Electric Co., Ltd.),<br>03 August 1990 (03.08.1990),<br>page 3, lower right column, lines 7 to 10; fig. 3<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                | 1-2, 4-7, 9-14<br>3, 8, 15-17 |
| Y<br>A    | Microfilm of the specification and drawings<br>annexed to the request of Japanese Utility<br>Model Application No. 094597/1981 (Laid-open<br>No. 001181/1983)<br>(Fuji Denki Seizo Kabushiki Kaisha),<br>06 January 1983 (06.01.1983),<br>specification, page 2, line 20 to page 3, line<br>9; page 5, lines 5 to 11; fig. 1<br>(Family: none) | 1-2, 4-7, 9-14<br>3, 8, 15-17 |
| Y<br>A    | JP 2004-020418 A (Japan Atomic Energy Research<br>Institute),<br>22 January 2004 (22.01.2004),<br>paragraphs [0004] to [0006]<br>(Family: none)                                                                                                                                                                                                | 6, 9-14<br>1-5, 7-8,<br>15-17 |
| Y<br>A    | JP 1-100433 A (Mitsubishi Motors Corp.),<br>18 April 1989 (18.04.1989),<br>page 1, lower left column, line 11 to page 2,<br>lower left column, line 11<br>(Family: none)                                                                                                                                                                       | 9-14<br>1-8, 15-17            |
| Y<br>A    | JP 62-087825 A (Varian Associates, Inc.),<br>22 April 1987 (22.04.1987),<br>page 4, lower left column, lines 1 to 8<br>& US 4735084 A<br>specification, column 1, lines 25 to 31<br>& EP 218458 A2                                                                                                                                             | 9-14<br>1-8, 15-17            |
| Y<br>A    | WO 2015/141437 A1 (Hitachi Metals, Ltd.),<br>24 September 2015 (24.09.2015),<br>paragraphs [0022] to [0031], [0043], [0049] to<br>[0056]; fig. 1 to 3, 5 to 8<br>& KR 10-2016-0134675 A                                                                                                                                                        | 13-14<br>1-12, 15-17          |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01F1/684(2006.01)i, G01F1/69(2006.01)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（IPC））

Int.Cl. G01F1/68-1/699, F28D15/02

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）

## 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                   |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Y<br>A          | JP 3-167425 A（株式会社エステック）1991.07.19, 1頁左下欄16行目-3頁右上欄4行目, 全図 & US 5309762 A, 明細書第1欄6行目-第3欄61行目, 図1-2                                           | 1-2, 4-7,<br>9-14<br>3, 8, 15-17 |
| Y<br>A          | WO 2015/041255 A1（日立金属株式会社）2015.03.26, 段落[0002]-[0005], 図4 & US 2016/0231155 A1, 段落[0002]-[0005], 図4 & KR 10-2016-0057394 A & CN 105556257 A | 1-2, 4-7,<br>9-14<br>3, 8, 15-17 |

☒ 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

30.03.2017

国際調査報告の発送日

11.04.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

山下 雅人

2 F

6000

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

| 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                   |
| Y<br>A                | JP 2-196472 A (富士電機株式会社) 1990.08.03, 3 頁右下欄 7-10 行目, 第 3 図 (ファミリーなし)                                                                                                 | 1-2, 4-7,<br>9-14<br>3, 8, 15-17 |
| Y<br>A                | 日本国実用新案登録出願 56-094597 号 (日本国実用新案登録出願公開 58-001181 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (富士電機製造株式会社) 1983.01.06, 明細書 2 頁 20 行目-3 頁 9 行目, 5 頁 5 行目-11 行目, 第 1 図 (ファミリーなし) | 1-2, 4-7,<br>9-14<br>3, 8, 15-17 |
| Y<br>A                | JP 2004-020418 A (日本原子力研究所) 2004.01.22, 段落 [0004]-[0006] (ファミリーなし)                                                                                                   | 6, 9-14<br>1-5, 7-8,<br>15-17    |
| Y<br>A                | JP 1-100433 A (三菱自動車工業株式会社) 1989.04.18, 1 頁左下欄 11 行目-2 頁左下欄 11 行目 (ファミリーなし)                                                                                          | 9-14<br>1-8, 15-17               |
| Y<br>A                | JP 62-087825 A (バリアン・アソシエイツ・インコーポレイテッド) 1987.04.22, 4 頁左下欄 1-8 行目 & US 4735084 A, 明細書第 1 欄 25-31 行目, & EP 218458 A2                                                  | 9-14<br>1-8, 15-17               |
| Y<br>A                | WO 2015/141437 A1 (日立金属株式会社) 2015.09.24, 段落 [0022]-[0031], [0043], [0049]-[0056], 図 1-3, 5-8 & KR 10-2016-0134675 A                                                  | 13-14<br>1-12, 15-17             |