

(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
2024年8月29日(29.08.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/176356 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 19/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/006252

(22) 国際出願日: 2023年2月21日(21.02.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 吉川 英治 (YOSHIKAWA Eiji); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

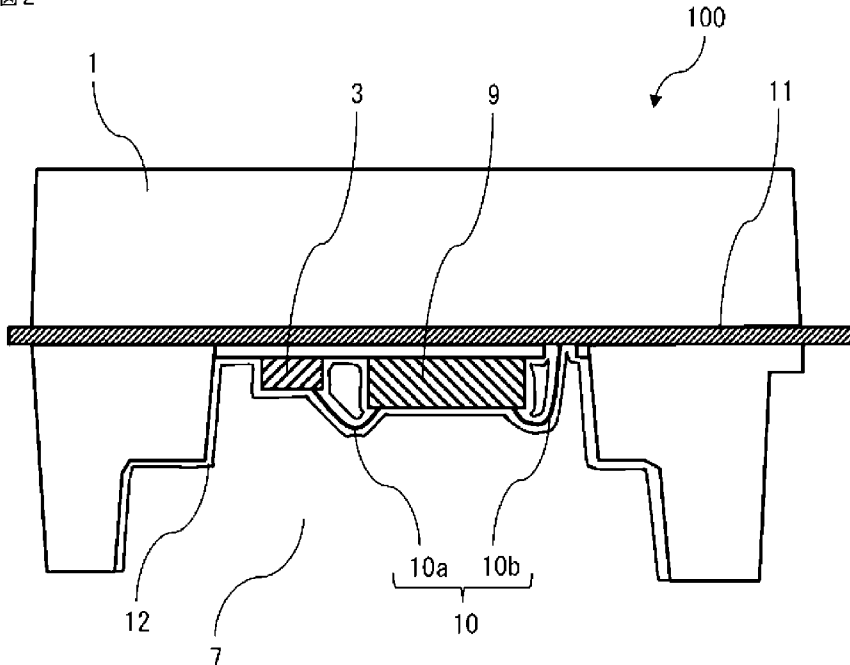
(74) 代理人:弁理士法人ぱるも特許事務所(PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR HYDROGEN PRESSURE SENSOR, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 半導体水素圧力センサ及びその製造方法

図 2



(57) **Abstract:** The semiconductor hydrogen pressure sensor (100) comprises: a semiconductor pressure detecting element (3) which accepts the pressure of a medium being measured, the medium containing hydrogen, and which electrically outputs a value corresponding to the absolute pressure of the medium being measured; a bonding wire (10a) extending from a terminal of the semiconductor pressure detecting element (3); and a protective film (12) which continuously covers parts of the semiconductor pressure detecting element (3) and the bonding wire (10a) that are exposed to the medium

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

being measured.

(57) 要約: 半導体水素圧力センサ (100) は、水素を含有した測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子 (3) と、半導体圧力検出素子 (3) の端子から延びたボンディングワイヤ (10a) と、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子 (3) 及びボンディングワイヤ (10a) の部分を、連続して被覆した保護膜 (12) と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：半導体水素圧力センサ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本願は、半導体水素圧力センサ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 自動車等の移動体に実用化されている燃料電池システムにおいて、燃料電池の発電効率を最適化するためには、燃料である水素、及び空気の供給量の高精度な制御が必要である。水素、及び空気の供給量を高精度に制御するために、これらの気体の圧力をリアルタイムで高精度に測定する圧力センサが求められている。燃料電池システムにおいて、燃料電池の近傍に搭載され、燃料電池に供給される水素及びその混合気、空気、あるいは燃料電池から排出される水蒸気等のオフガスの圧力を測定するための半導体水素圧力センサが開発され、実用化されている。

[0003] 燃料電池システムには、諸般の方式がある。例えば、自動車等の移動体に実用化されている固体高分子型燃料電池（PEFC、Polymer Electrolyte Fuel Cell）システムの場合、燃料電池システムは、アノードサブシステムと、カソードサブシステムとを有する。アノードサブシステムは、燃料電池スタックに燃料である水素を供給する。カソードサブシステムは、空気中に含まれる酸素を燃料電池スタックに供給する。酸素は、燃料と反応する。

[0004] このような燃料電池システムでは、発電効率を最適化するために、アノードサブシステムにおいては水素量を、カソードサブシステムにおいては空気量を、随時、適量となるように制御する必要がある。このため、燃料電池スタックに出入りする水素を中心とする媒体の圧力を測定する半導体水素圧力センサは、燃料電池システムの効率を大きく左右するキー・コンポーネントのひとつとされている。水素の圧力を測定する半導体水素圧力センサは、その本来の機能として高精度に圧力測定することはもとより、高い水素信頼性

を有することが求められている。特に、アノードサブシステムにおいて、半導体水素圧力センサは、システム寿命に亘ってメンテナンスフリーの状態ですべて純度100%の水素に対処する必要がある。そのため、水素に対する高い信頼性を有することが、半導体水素圧力センサの燃料電池システムへの適用における必須の条件である。一方、カソードサブシステムにおいては、原理的には扱う媒体は空気である。しかしながら、実際には、燃料電池スタック内のクロスリーク現象等により水素を含有した媒体を圧力測定の対象とするため、カソードサブシステムに設ける半導体水素圧力センサにおいても水素に対する信頼性が求められる。

[0005] しかしながら、このような信頼性の要求に応える上で、水素は半導体圧力センサの信頼性を低下させる特性を有している。この特性とは、水素が本質的に有する、多くの物質を容易に透過し、かつ、多くの金属を脆化させるという特性である。このため、水素に関わる半導体圧力センサにおいて、高精度な圧力の測定と信頼性確保とを両立させることが長らく大きな課題とされてきた。

[0006] これらの課題に対処した、従来の水素用の圧力センサの構成について説明する。圧力センサは、ステンレス鋼などからなり、水素の圧力を受ける金属製受圧ダイヤフラムと、金属製受圧ダイヤフラムの後方側に設けたオイル封入部と、金属製受圧ダイヤフラムで受けた圧力によって生じる応力をオイル封入部の後方でオイルを介して検出し、電気信号に変換する圧力検出素子とを備える。従来の圧力センサには、圧力検出素子がオイルを介して伝搬された応力を検出するという間接的な測定方式が採用されている。間接的な測定方式が採用された主たる理由は、水素に直接曝露される環境下において実用的な水素信頼性が検証された圧力検出素子が存在しなかったためである。そのため、水素と圧力検出素子とを物理的に隔離する構造を取ることが必要であった。圧力検出素子に対してこのような措置を行う一方で、水素に直接曝露される金属製受圧ダイヤフラムの水素脆化に対しては、ベーキング又はコーティング等の処理を金属製受圧ダイヤフラムに施すことで金属の脆化を防

止している。このように構成することで、水素用の圧力センサ全体として、一定の信頼性対策を施している。

[0007] 従来の水素用の圧力センサでは、上述した構成により、水素に対する信頼性は確保されている。しかしながら、金属製受圧ダイヤフラムを用いてオイルを介して間接的に水素の圧力を測定する構成なため、水素用の圧力センサ全体の小型化、軽量化を図ることが原理的に非常に困難であるという課題、及び間接的に圧力を検出するというその測定原理自体が測定精度の高精度化の支障になっているという課題が残されたままであった。

[0008] これらの課題を解決した水素圧力センサの構成が開示されている（例えば、非特許文献1参照）。非特許文献1では、半導体水素圧力センサは、ステンレス鋼等の金属材料に代え、水素脆化の懸念がなく、かつ、小型、軽量の単結晶シリコンダイヤフラムによって水素圧力を直接受圧する半導体圧力検出素子を樹脂製の筐体に搭載した構造を有している。開示された半導体水素圧力センサは実用化されており、このように構成することで、高い水素信頼性と大幅な軽量化とを両立した高精度な水素圧力センサが実現されている。

[0009] 受圧室に設けられた半導体圧力検出素子は、ゲルにより全面が覆われている。半導体圧力検出素子をゲルで覆うことにより、酸などに起因した半導体圧力検出素子の腐食を防止している。筐体及び受圧ダイヤフラムにステンレス鋼等の金属製部材を用いていないため、水素圧力センサは、大幅に小型、軽量化が図られている。また、半導体圧力検出素子は、オイルを介さずに水素圧力を直接受圧して水素の絶対圧を測定するため、水素の高精度な測定が可能で、システム全体の高効率化に寄与している。

先行技術文献

非特許文献

[0010] 非特許文献1：「燃料電池電気自動車向け水素圧力センサ」、三菱電機技報、Vol. 96、No. 1、2022

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0011] 上述したように半導体水素圧力センサを構成した場合、水素圧力センサの小型化、軽量化、及び高精度化を図ることができる。しかしながら、我々は、上述した半導体水素圧力センサにおいても、システム内における特定の搭載部位、特定のシステム動作条件、特定の周囲の環境条件等が組み合わさった、限定された複合条件下においては、半導体圧力検出素子による直接受圧方式ゆえの改善すべき脆弱性が残っていることを見出した。以下、見出した脆弱性について説明する。
- [0012] 半導体圧力検出素子を覆うゲルは、高温常圧下においては、測定対象媒体が酸等の腐食性の液体であっても高い保護効果を有する。しかしながら、高温、高湿、高圧が組み合わさった特定の複合条件下においては、数日単位の非常にゆっくりとした速度ではあるものの、測定対象媒体がゲルの内部に一定の速度で吸収される。ゲルの内部に測定対象媒体が一旦吸収されても、システム停止時等、測定対象媒体の供給が停止されれば、測定対象媒体はゲルから放出されていく。問題につながっていくリスクが生じ始めるのは、半導体水素圧力センサの搭載部位の環境、測定対象媒体の状態、システム動作について、特定の条件が組み合わさって、ゲルの内部に吸収された測定対象媒体に含まれていた水蒸気が、相対的にやや低温である半導体圧力検出素子、及び半導体圧力検出素子に接続されたボンディングワイヤ等の表面に結露する場合である。
- [0013] 結露した水滴が付着している部位には、導電部が含まれる。具体的には、ボンディングワイヤの全面、ボンディングワイヤと半導体圧力検出素子とを電氣的に結ぶ半導体圧力検出素子上のボンディングパッド外縁部、外部と接続されるリードフレームとボンディングワイヤとのボンディング部である。結露しても、システムが停止しており、半導体水素圧力センサに電力が供給されていなければ問題とはならない。しかしながら、結露が解消されないままシステムが稼働し、半導体圧力検出素子に電力が供給されると、これらの導電部に接して結露した水滴を介し、他のいずれかの導電性部位との間で生

じた電位差により水滴の電気分解が始まる。このような現象により、半導体圧力検出素子上の配線、及びボンディングワイヤ等の導電部の腐食が始まる事が確認されている。限定された条件下で、かつ、非常に遅い速度で進む現象ではあるものの、システムの動作条件によっては、このような現象が繰り返されて腐食が累積していくため、システムの想定寿命を迎えるまでの間に、このような導電性部位が断線に至るリスクが生じ得る。

[0014] このようにガス等を吸収し、放出する特性自体は、どのようなポッティング用のゲル材料であっても有しており、ゲル材料の固有の特性である。したがって、全くガスを吸収しないか、システム想定寿命に支障を及ぼさない範囲でしかガスを吸収しない特性をもったゲル材料を半導体水素圧力センサに使用すればよいことになる。しかしながら、現時点ではシステムで想定されるあらゆる媒体条件下において、完全にガスの吸放出現象を止めるゲル材料は存在していないため、半導体水素圧力センサにおいて、導電部に水滴が付着するという課題があった。

[0015] そこで、本願は、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ及びその製造方法を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0016] 本願に開示される半導体水素圧力センサは、水素を含有した測定対象媒体の圧力を受圧し、前記測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子と、前記半導体圧力検出素子の端子から延びたボンディングワイヤと、前記測定対象媒体に露出した、前記半導体圧力検出素子及び前記ボンディングワイヤの部分を、連続して被覆した保護膜と、を備えたものである。

[0017] 本願に開示される半導体水素圧力センサの製造方法は、測定対象媒体の圧力を受圧し、前記測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子、ボンディングワイヤを用意する部材用意工程と、前記ボンディングワイヤを前記半導体圧力検出素子に電氣的に接続する接続工程と、前記測定対象媒体に露出した、前記半導体圧力検出素子及び前記ボンディン

グワイヤの部分、保護膜により連続して被覆する成膜工程と、を備えている。

発明の効果

[0018] 本願に開示される半導体水素圧力センサによれば、水素を含有した測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子と、半導体圧力検出素子の端子から延びたボンディングワイヤと、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子及びボンディングワイヤの部分、を連続して被覆した保護膜と、を備えたため、保護膜に結露することがあっても、半導体圧力検出素子とボンディングワイヤの導電部に水滴が付着することがないため、水滴の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じないので、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサを得ることができる。

[0019] 本願に開示される半導体水素圧力センサの製造方法によれば、測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子、及びボンディングワイヤを用意する部材用意工程と、ボンディングワイヤを半導体圧力検出素子に電氣的に接続する接続工程と、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子及びボンディングワイヤの部分、を保護膜により連続して被覆する成膜工程と、を備えたため、保護膜に結露することがあっても、半導体圧力検出素子とボンディングワイヤの導電部に水滴が付着することがないため、水滴の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じないので、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサを製造することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]実施の形態1に係る半導体水素圧力センサの概略を示す断面図である。

[図2]実施の形態1に係る半導体水素圧力センサの受圧室の概略を示す断面図である。

[図3]実施の形態1に係る半導体水素圧力センサの効果を説明する図である。

[図4]実施の形態1に係る半導体水素圧力センサの製造工程を示す図である。

[図5]実施の形態2に係る半導体水素圧力センサの受圧室の要部を示す断面図である。

[図6]実施の形態3に係る半導体水素圧力センサの製造工程を示す図である。

[図7]実施の形態3に係る半導体水素圧力センサの残留応力の変動を示す図である。

[図8]実施の形態4に係る半導体水素圧力センサの受圧室の概略を示す断面図である。

[図9]実施の形態5に係る半導体水素圧力センサの概略を示す断面図である。

[図10]実施の形態6に係る半導体水素圧力センサの概略を示す断面図である。

[図11]比較例の半導体水素圧力センサの概略を示す断面図である。

[図12]比較例の半導体水素圧力センサの受圧室の概略を示す断面図である。

[図13]図12に示した比較例の半導体水素圧力センサの受圧室に水滴が付いた図である。

[図14]燃料電池システムのガス供給系の概略を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本願の実施の形態による半導体水素圧力センサ及びその製造方法を図に基づいて説明する。なお、各図において同一、または相当部材、部位については同一符号を付して説明する。

[0022] 実施の形態1.

図1は実施の形態1に係る半導体水素圧力センサ100の概略を示す断面図で、保護膜12を省略して示した図、図2は半導体水素圧力センサ100の受圧室7の概略を示す断面図、図3は半導体水素圧力センサ100の効果を説明する図、図4は実施の形態1に係る半導体水素圧力センサ100の製造工程を示す図である。半導体水素圧力センサ100は、測定対象媒体の圧力を受ける部分と検出素子との間にオイルなどの他の部材を介することなく、半導体圧力検出素子3で測定対象媒体を直接受圧して、測定対象媒体の絶対圧を測定し、測定結果を出力するセンサである。

[0023] <半導体水素圧力センサ 100>

半導体水素圧力センサ 100 は、図 2 に示すように、水素を含有した測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子 3 と、半導体圧力検出素子 3 の端子から延びたボンディングワイヤ 10 a と、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子 3 及びボンディングワイヤ 10 a の部分を、連続して被覆した保護膜 12 とを備える。本実施の形態では、半導体水素圧力センサ 100 は、内側に半導体圧力検出素子 3 が固定された樹脂製の受圧室 7 にインサート成形されたリードフレーム 11 と、受圧室 7 の内側に固定され、半導体圧力検出素子 3 にボンディングワイヤ 10 a を介して接続され、リードフレーム 11 に接続された信号処理回路である ASIC 9 とを備える。また本実施の形態では、保護膜 12 は、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子 3、ボンディングワイヤ 10、ASIC 9、及び受圧室 7 の部分を、連続して被覆している。ボンディングワイヤ 10 は、例えば、金からなるワイヤである。

[0024] 半導体水素圧力センサ 100 は、図 1 に示すように、半導体圧力検出素子 3 及び ASIC 9 が内側に固定され、測定対象媒体を内側に取り込む開口部 7 a を有した受圧室 7 と、開口部 7 a を介して受圧室 7 と連通し、測定対象媒体を外部から受圧室 7 に取り込む導圧管 2 とをさらに備える。測定対象媒体は、導圧管 2 を通じて、図に示した矢印の方向に外部から受圧室 7 に取り込まれる。本実施の形態では、測定対象媒体は、主に水素である。受圧室 7 の周囲の筐体 1 の部分と、受圧室 7 と、導圧管 2 とは、Oリング 8 a を介して連結される。導圧管 2 と外部の測定対象媒体の流路（図示せず）とは、Oリング 8 b を介して連結される。このように、測定対象媒体の流路となる部分は、密閉されている。

[0025] 受圧室 7 は、半導体圧力検出素子 3 及び ASIC 9 を取り囲む部分であり、図 2 において保護膜 12 が設けられた部分である。受圧室 7 は、外部との電気信号の授受に用いられるリードフレーム 11 の周囲に樹脂を充填するインサート成形によって形成される。リードフレーム 11 は、銅などの金属に

より作製される。リードフレーム 11 と ASIC 9 との間は、ボンディングワイヤ 10b により接続される。受圧室 7 の周囲の、受圧室 7 を保持する部分は、半導体水素圧力センサ 100 の筐体 1 である。筐体 1 は樹脂により作製される。導圧管 2 も筐体 1 と同一の材料により作製される。筐体 1 は、外部との接続に用いられるコネクタ部 5 を有する。コネクタ部 5 は、内側にターミナル 6 を有する。ターミナル 6 は、銅などの金属により作製される。ターミナル 6 は、例えば、はんだによりリードフレーム 11 と電氣的に接続される。半導体圧力検出素子 3 の出力は、ASIC 9 を介してターミナル 6 から外部に出力される。半導体水素圧力センサ 100 は、筐体 1 及び導圧管 2 が樹脂により作製され、ターミナル 6 及びリードフレーム 11 が樹脂により一体化されているため、小型化及び軽量化されている。

[0026] 半導体圧力検出素子 3 は、測定対象媒体の圧力を受け、圧力を電気信号に変換して出力する。ASIC 9 は、半導体圧力検出素子 3 の出力した電気信号を増幅すると共に、温度、圧力に対して検出した圧力特性を補償する機能を有する。半導体圧力検出素子 3 は、例えば、特許第 6300773 号公報に記載された素子である。半導体圧力検出素子 3 は、単結晶シリコンダイアフラムで水素圧力を直接受圧し、ダイアフラムの歪をその外縁部等に設けたピエゾ抵抗によって電気信号に変換する方式のものであって、純水素に直接曝露される環境下での使用においても十分に高い水素信頼性を有するものである。半導体圧力検出素子 3 は、ボンディングワイヤ 10a に接続される端子を、表面に有する。図ではボンディングワイヤ 10a は 1 つのみを示しているが、ボンディングワイヤ 10a の本数及び端子は複数でも構わない。

[0027] <比較例>

本願の要部である保護膜 12 の説明に先立ち、比較例について説明する。図 11 は比較例の半導体水素圧力センサ 101 の概略を示す断面図、図 12 は比較例の半導体水素圧力センサ 101 の受圧室 7 の概略を示す断面図、図 13 は図 12 に示した比較例の半導体水素圧力センサ 101 の受圧室 7 の内側に水滴 13 が付いた様子を示す図である。半導体水素圧力センサ 101 は

、保護膜 12 を有さず、受圧室 7 に設けられた半導体圧力検出素子 3、ASIC 9、及びボンディングワイヤ 10 がゲル 4 により覆われている。半導体水素圧力センサ 101 は、半導体圧力検出素子 3、ASIC 9、及びボンディングワイヤ 10 が有した導電部がゲル 4 により覆われている点で、半導体水素圧力センサ 100 と異なっている。

[0028] 半導体圧力検出素子 3 を覆うゲル 4 は、高温常圧下においては、測定対象媒体が酸等の腐食性の液体であっても高い保護効果を有する。しかしながら、高温、高湿、高圧が組み合わさった特定の複合条件下においては、数日単位の非常にゆっくりとした速度ではあるものの、測定対象媒体がゲル 4 の内部に一定の速度で吸収される。半導体水素圧力センサ 101 の搭載部位の環境、測定対象媒体の状態、及びシステム動作の状況が、特定の条件で組み合わせることで、ゲル 4 の内部に吸収された測定対象媒体に含まれている水蒸気が、相対的にやや低温である半導体圧力検出素子 3 等の表面に結露する場合がある。半導体圧力検出素子 3、ASIC 9、及びボンディングワイヤ 10 の表面に結露して、それらの部位に水滴 13 が生じた状態の例を図 13 に示す。

[0029] 水滴 13 が付着している部位には、導電部が含まれる。具体的には、導電部は、ボンディングワイヤ 10 の全面、ボンディングワイヤ 10a と半導体圧力検出素子 3 とを電氣的に接続する半導体圧力検出素子 3 上の端子であるボンディングパッドの外縁部、及びリードフレーム 11 とボンディングワイヤ 10b とのボンディング部である。結露しても、システムが停止しており、半導体水素圧力センサ 101 に電力が供給されていなければ問題は生じない。しかしながら、結露が解消されないままシステムが稼働して電力が半導体水素圧力センサ 101 に供給されると、これらの導電部は、導電部に接して結露した水滴 13 を介し、他のいずれかの導電性部位との間で電位差が生じる。生じた電位差により、水滴 13 において電気分解が始まる。このような現象により、これらの導電部の腐食が始まることになる。限定された条件下で、かつ、非常に遅い速度で進む現象ではあるものの、システムの動作条

件によっては、このような現象が繰り返されて累積していくため、システムの想定寿命を迎えるまでの間に、腐食の生じた導電部は断線に至るリスクが生じ得る。

[0030] 全くガスを吸収しないか、システムの想定寿命に支障を及ぼさない範囲でしかガスを吸収しない特性を有したゲル4を半導体水素圧力センサ101に使用すれば、導電部が断線に至ることはない。しかしながら、現時点ではシステムで想定されるあらゆる媒体条件下において、完全にガスの吸放出現象を止めるゲル4は存在していないため、半導体水素圧力センサ101において、ゲル4に接触させずに、導電部に水滴13を付着させないことが重要である。

[0031] <保護膜12>

本願の要部である保護膜12について説明する。導電部に水滴13を付着させないために、保護膜12は、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子3及びボンディングワイヤ10の部分に、連続して被覆されている。保護膜12で被覆する部分はこれに限るものではなく、本実施の形態では、図2に示すように、受圧室7が形成される全ての箇所に保護膜12が被覆されている。保護膜12は、撥水性、水蒸気不透過性、酸腐食耐性等の機能を有するポリマー・コーティング・フィルムであって、例えば、コンフォーマルにコーティングできるパリレン膜が好適である。保護膜12は、例えば、化学蒸着法(CVD)により形成することが好ましい。化学蒸着法により保護膜12を形成することで、被覆の効果を最大化するために、導電部の表面のみならず、受圧室7の内壁にも連続的にコーティングすることができる。

[0032] 上述した材質で、上述した製造方法により形成された保護膜12は、被着体の露出表面だけでなく、複雑に入り組んだ微細な溝及び孔の中にまで均一に進入して被着体を保護するため、非常に優れた被覆性を発揮する。また、膜厚の精密な制御も可能であり、保護膜12の膜厚は、2～10 μ mとするのが好ましい。原理的には、当然ながら保護膜12の膜厚は厚いほど保護膜12による保護効果は高くなる。しかしながら保護膜12の膜厚が厚いほど

、保護膜 1 2 の残留応力が大きくなる。そのため、保護膜 1 2 の膜厚が厚い場合、ピエゾ抵抗の感歪特性における非線形性等の好ましくない影響が増大することになる。また、保護膜 1 2 の膜厚が厚い場合、半導体水素圧力センサ 1 0 0 の使用中において高温の影響等により残留応力の変動量が増大し、半導体水素圧力センサ 1 0 0 の検出特性の経時変動の増大につながる。このような問題を回避するために、保護膜 1 2 の膜厚を上述した範囲に制御することで、保護膜 1 2 による保護効果の向上と半導体水素圧力センサ 1 0 0 における高精度測定の維持の両立を図ることができる。また、半導体水素圧力センサ 1 0 0 は、受圧室 7 に設けた半導体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 1 0 a 等の部分に保護膜 1 2 のみを設けた構成なので、半導体水素圧力センサ 1 0 0 を大型化させることなく、半導体水素圧力センサ 1 0 0 は小型化及び軽量化されている。

[0033] このように保護膜 1 2 を半導体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 1 0 a の測定対象媒体に対して露出した部分に連続して被覆することで、図 3 のように保護膜 1 2 に結露して水滴 1 3 が付着することがあっても、半導体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 1 0 a の導電部に水滴 1 3 が付着することがないため、水滴 1 3 の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じないので、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ 1 0 0 を得ることができる。また本実施の形態では、保護膜 1 2 は、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子 3、ボンディングワイヤ 1 0、ASIC 9、及び受圧室 7 の部分を、連続して被覆しているため、受圧室 7 の内部が結露から効果的に保護されるので、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ 1 0 0 を得ることができる。

[0034] <燃料電池システム 1 0 0 0>

本実施の形態に示した半導体水素圧力センサ 1 0 0 の燃料電池システム 1 0 0 0 への適用箇所と水滴の関係について、図 1 4 を用いて説明する。図 1 4 は、典型的な P E F C 型の燃料電池システム 1 0 0 0 のガス供給系の概略を示す模式図で、関連補器類は省略している。半導体水素圧力センサ 1 0 0

が測定対象とする媒体の組成及び状態は、燃料電池システム１０００の構成、及び半導体水素圧力センサ１００の測定位置によって大きく異なる。

[0035] 燃料電池システム１０００は、アノードサブシステムとカソードサブシステムとから構成される。アノードサブシステムは、水素燃料タンク２０から水素を燃料電池スタック１９に供給する。カソードサブシステムは、外部から空気を燃料電池スタック１９に供給し、反応によって生成された水又は水蒸気を燃料電池スタック１９から外部へ排出する。図１４に示した矢印は、媒体の流れる方向を示す。アノードサブシステムにおいて、水素燃料タンク２０が有した純水素は、燃料電池スタック１９に供給される。未反応の水素及び反応によって生じた水蒸気の一部等は、燃料電池スタック１９に再循環するために、水素燃料タンク２０から供給される純水素に合流させて再び燃料電池スタック１９に供給される。一方、カソードサブシステムにおいて、反応によって生じた副生成物である水及び水蒸気は、再循環させずに、外部に排出される。

[0036] このような燃料電池システム１０００において、半導体水素圧力センサ１００をアノードサブシステムのＡ１部に配置した場合、半導体水素圧力センサ１００の測定対象媒体は、水素燃料タンク２０から供給された水素ガスである。Ａ１部における測定対象媒体は、純度がほぼ１００％の水素ガスであり、水蒸気等の他のガス成分が測定対象媒体に含まれることはない。そのため、十分な水素信頼性を有するように設計され、製造された半導体水素圧力センサ１００に問題となる水滴が付着することはない。

[0037] 半導体水素圧力センサ１００をアノードサブシステムのＡ２部又はＡ３部に配置した場合、半導体水素圧力センサ１００の測定対象媒体は、水素が主成分ではあるものの、一定程度の水蒸気を含んだ水素である。Ａ２部又はＡ３部は、上述した再循環が行われる経路内に設けた半導体水素圧力センサ１００の配置箇所である。そのため、測定対象媒体内に含まれる水蒸気が、特定の複合条件下では、媒体温度と、半導体圧力検出素子３、ＡＳＩＣ９、及びボンディングワイヤ１０等との温度差により、これらの部材の表面におい

て結露することになる。また、システムの動作状態によっては、再循環が行われる経路に水滴を含んだ媒体が流れていることがある。例えば、A 3 部の位置では、気液分離器（図示せず）の設計又は動作によって、完全に水滴が除去されない場合である。また、A 2 部の位置では、再循環経路から戻ってきた相対的に高温高湿な媒体と、水素燃料タンク 2 0 から供給された相対的に低温で乾燥した水素とが合流するので、再循環経路の側から流入してきた媒体が急激に冷却されるため、半導体水素圧力センサ 1 0 0 に結露が発生しやすく、問題となる水滴が半導体水素圧力センサ 1 0 0 に付着することがある。

[0038] 半導体水素圧力センサ 1 0 0 をカソードサブシステムの C 1 部に配置した場合、半導体水素圧力センサ 1 0 0 の測定対象媒体は、基本的には、外気から取り入れた空気である。しかしながら、特定の状況下においては、アノード側から燃料電池スタック 1 9 を透過して水素ガスが拡散してくる場合があるので、圧力を測定する上では一定の水素耐性が必要なため、C 1 部にも半導体水素圧力センサ 1 0 0 が用いられる。半導体水素圧力センサ 1 0 0 が用いられるものの、半導体水素圧力センサ 1 0 0 に問題となる水滴が付着することはない。

[0039] 半導体水素圧力センサ 1 0 0 をカソードサブシステムの C 2 部に配置した場合、半導体水素圧力センサ 1 0 0 の測定対象媒体は、反応の副生成物として生成され、燃料電池スタック 1 9 から排出される水又は水蒸気を含む気体である。C 2 部は、半導体水素圧力センサ 1 0 0 に、問題となる水滴が最も付着しやすい箇所である。C 2 部は、燃料電池の原理として、反応の副生成物である水が発生する場所である。ページ等の特段の措置を採らない場合、システムの動作中は、媒体はほぼ常時 9 0 % 以上の高湿度であり、媒体の一部は水滴化している。よって、常時、図 3 のように、半導体圧力検出素子 3 、 A S I C 9 、 及びボンディングワイヤ 1 0 の表面に水滴 1 3 が付着している状況を想定しておく必要がある。

[0040] このように、半導体水素圧力センサ 1 0 0 を A 2 部、A 3 部、又は C 2 部

に配置した場合、半導体水素圧力センサ１００に結露が発生しやすく、問題となる水滴が半導体水素圧力センサ１００に付着することになる。図１２に示した比較例の半導体水素圧力センサ１０１とは異なり、本実施の形態では、半導体圧力検出素子３、ＡＳＩＣ９、及びボンディングワイヤ１０の表面に保護膜１２を設けている。そのため、半導体水素圧力センサ１００に結露が発生し、水滴が存在することになっても、水滴とこれらの導電部とが物理的、電氣的に絶縁されているので、水滴に電気分解は起こらず、腐食は発生しないという顕著な信頼性向上の効果を得ることができる。仮に燃料電池システム１０００が動作状態であって、半導体水素圧力センサ１００に電力が供給されている状況であったとしても、同様に信頼性向上の効果を得ることができる。

[0041] ＜半導体水素圧力センサ１００の製造方法＞

半導体水素圧力センサ１００の製造方法について、図４を用いて説明する。半導体水素圧力センサ１００の製造方法は、部材用意工程（Ｓ１１）、接続工程（Ｓ１２）、及び成膜工程（Ｓ１３）を備える。

[0042] 各工程の詳細を説明する。部材用意工程は、測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子３、及びボンディングワイヤ１０を用意する工程である。図１に示した半導体水素圧力センサ１００は、さらに、ＡＳＩＣ９、リードフレーム１１、受圧室７、ターミナル６、Ｏリング８ａ、８ｂ、及び導圧管２を有するため、これらについても本工程にて用意する。

[0043] 接続工程は、ボンディングワイヤ１０ａを半導体圧力検出素子３に電氣的に接続する工程である。接続工程に先立ち、測定対象媒体を取り込む受圧室７を、インサート成形によりリードフレーム１１の周囲に形成する。受圧室７の形成の際、リードフレーム１１のボンディングワイヤ１０ｂと接続される部分は、外部に露出している。受圧室７の内側に半導体圧力検出素子３とＡＳＩＣ９とを固定した後、ボンディングワイヤ１０ａにより半導体圧力検出素子３とＡＳＩＣ９とが接続され、ボンディングワイヤ１０ｂによりＡＳ

ＩＣ９とリードフレーム１１の外部に露出した部分とが接続される。図２に示すように、半導体圧力検出素子３とＡＳＩＣ９とは、樹脂を介して、リードフレーム１１の受圧室７の側の面に、並べて配置されて、固定される。固定方法は、例えば、接着である。

[0044] 成膜工程は、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子３及びボンディングワイヤ１０ａの部分、保護膜１２により連続して被覆する工程である。本実施の形態では、保護膜１２は、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子３、ボンディングワイヤ１０、ＡＳＩＣ９、及び受圧室７の部分、を連続して被覆している。保護膜１２は、例えば、ポリマー・コーティング・フィルムであり、化学蒸着法により形成される。

[0045] 成膜工程の後、ターミナル６を、例えばはんだによりリードフレーム１１に電氣的に接続する。次に、インサート成形により、受圧室７の周囲に筐体１形成する。次に、受圧室７の周囲の筐体１の部分と、受圧室７と、導圧管２とを、Ｏリング８ａを介して連結する。外部の測定対象媒体の流路（図示せず）は、Ｏリング８ｂを介して導圧管２に連結される。このような工程を経て、図１に示した半導体水素圧力センサ１００が製造される。

[0046] 半導体水素圧力センサ１００をこのように製造することで、保護膜１２に結露することがあっても、半導体圧力検出素子３とボンディングワイヤ１０ａの導電部に水滴１３が付着することがないため、水滴１３の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じないので、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ１００を製造することができる。

[0047] 以上のように、実施の形態１による半導体水素圧力センサ１００は、水素を含有した測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子３と、半導体圧力検出素子３の端子から延びたボンディングワイヤ１０ａと、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子３及びボンディングワイヤ１０ａの部分、を連続して被覆した保護膜１２と、を備えたため、保護膜１２に結露することがあっても、半導

体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 10 a の導電部に水滴 13 が付着することがないため、水滴 13 の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じないので、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ 100 を得ることができる。

[0048] 保護膜 12 が、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子 3、ボンディングワイヤ 10、ASIC 9、及び受圧室 7 の部分を、連続して被覆している場合、受圧室 7 の内部が結露から効果的に保護されるので、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ 100 を得ることができる。また、保護膜 12 が、ポリマー・コーティング・フィルムである場合、ポリマー・コーティング・フィルムは、撥水性、水蒸気不透過性、酸腐食耐性等の機能を有しているため、保護膜 12 に結露することがあっても、半導体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 10 a の導電部に水滴 13 が付着することが確実に抑制されるので、水滴 13 の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じることがなく、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ 100 を得ることができる。

[0049] 実施の形態 1 による半導体水素圧力センサ 100 の製造方法は、測定対象媒体の圧力を受圧し、測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子 3、及びボンディングワイヤ 10 a を用意する部材用意工程と、ボンディングワイヤ 10 a を半導体圧力検出素子 3 に電氣的に接続する接続工程と、測定対象媒体に露出した、半導体圧力検出素子 3 及びボンディングワイヤ 10 a の部分を、保護膜 12 により連続して被覆する成膜工程と、を備えたため、保護膜 12 に結露することがあっても、半導体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 10 a の導電部に水滴 13 が付着することがないため、水滴 13 の電気分解に起因した導電部の腐食及び断線が生じないので、小型化及び軽量化されつつ、高精度で高信頼性を有した半導体水素圧力センサ 100 を製造することができる。

[0050] 実施の形態 2.

実施の形態 2 に係る半導体水素圧力センサ 100 について説明する。図 5

は実施の形態 2 に係る半導体水素圧力センサ 100 の受圧室 7 の要部を示す断面図で、半導体圧力検出素子 3 の測定対象媒体の側の部分を拡大して、半導体基部 16、端子 15、及び保護膜 12 の部分を示した図である。実施の形態 2 に係る半導体水素圧力センサ 100 は、保護膜 12 が積層された構成になっている。

[0051] 本実施の形態では、保護膜 12 は、複数の膜が積層された積層膜である。保護膜 12 を積層する理由について説明する。半導体圧力検出素子 3 とボンディングワイヤ 10a とが電氣的に接続されたボンディングパッド部等においては、導電部である端子 15 が露出するような箇所が存在し得る。実施の形態 1 で説明したように、このような部位も基本的にコンフォーマルに形成した保護膜 12 が被覆されている。しかしながら、実際の製造工程においては、ピンホールのような微小な欠陥 14 が保護膜 12 に生成されることがあり、欠陥 14 が生じるのを完全に防止することは非常に困難である。仮に、このような欠陥 14 が端子 15 のような導電性の部位において発生して端子 15 と外部とが連通した場合、浸入した水滴を介した回路が電力供給時に欠陥 14 の部分に形成され、水滴に電気分解が発生するおそれがある。

[0052] 保護膜 12 を複数の膜が積層された積層膜で形成した場合、図 5 に示すように、欠陥 14 が互いに連結しないように保護膜 12 を積層することができる。欠陥 14 が互いに連結しないため、欠陥 14 を介して端子 15 と外部とが連通するのを未然に防止することができる。積層する保護膜 12 は、実施の形態 1 と同様で構わない。一度に連続して厚い膜を形成すると欠陥 14 が連通するリスクが高い。そのため、成膜中に一旦成膜を停止し、改めて成膜を再開する等して積層構造を形成することにより、欠陥 14 が外部と連通しない保護膜 12 の構造を形成することができる。

[0053] 成膜時の欠陥 14 は一定の確率で発生してしまうが、積層する毎に欠陥 14 が同じ位置に発生して重なり、連結しない限り、保護膜 12 の全体を欠陥 14 が貫通することはない。すなわち、保護膜 12 を貫通する欠陥 14 が形成される確率は、各積層膜に欠陥 14 が発生する確率の積に比例するので、

積層数を多くすればするほど、保護膜 12 を貫通する欠陥 14 の確率を著しく小さくすることができる。実際には、保護膜 12 の積層数は、保護膜 12 の全体の厚さ、残留応力を勘案して、数層から 10 層程度の間で適宜選択するのがよい。

[0054] 以上のように、実施の形態 2 による半導体水素圧力センサ 100 は、保護膜 12 が、複数の膜が積層された積層膜であるため、半導体圧力検出素子 3 に設けた保護膜 12 に仮にピンホール等の微小な欠陥 14 があったとしても、欠陥 14 が外部にまで連通することを防ぐことができる。欠陥 14 が外部まで連通しないので、測定対象媒体が多くの水蒸気を含む高温媒体であったとしても、水滴が半導体圧力検出素子 3 の表面に到達することを未然に防止することができる。水滴が半導体圧力検出素子 3 の表面に到達しないので、半導体水素圧力センサ 100 の信頼性を向上させることができる。

[0055] 実施の形態 3.

実施の形態 3 に係る半導体水素圧力センサ 100 の製造方法について説明する。図 6 は実施の形態 3 に係る半導体水素圧力センサ 100 の製造工程を示す図、図 7 は半導体水素圧力センサ 100 の保護膜 12 を一定の高温環境下においた場合の残留応力の変動を示した図である。実施の形態 3 に係る半導体水素圧力センサ 100 の製造方法は、熱処理工程が追加されている。実施の形態 3 に係る半導体水素圧力センサ 100 の保護膜 12 は、熱処理が行われている。

[0056] 半導体水素圧力センサ 100 の製造方法は、図 6 に示すように、実施の形態 1 で示した成膜工程 (S13) の後に、保護膜 12 の部分に熱処理を行う熱処理工程 (S14) を備える。熱処理工程を追加した理由について説明する。実施の形態 1 で説明したように、保護膜 12 は、例えば、パリレン膜である。パリレン膜は、種類にもよるが、PEFC 型の燃料電池システムで用いられる媒体の概ね最高温度である 100℃程度であっても、図 7 に示すように、印加時間とともに残留応力が変動する特性を有している。すなわち、ある一定の時間まで残留応力は時間とともに増大するが、それを超えると残

留応力の変動量は飽和し、安定化する。

[0057] 仮に、半導体水素圧力センサ１００の製造工程内で保護膜１２の残留応力が変動する事象に遭遇すれば、本来あるべき検出特性からの乖離が半導体水素圧力センサ１００に生じ、半導体水素圧力センサ１００の測定精度が低下することになる。あるいは、燃料電池システム１０００が稼働を始めてから保護膜１２の残留応力が変動する事象に遭遇すれば、半導体水素圧力センサ１００の使用中に半導体水素圧力センサ１００の検出特性が変動することになる。いずれの場合であっても、半導体水素圧力センサ１００の高精度な測定が阻害されることになる。

[0058] 半導体水素圧力センサ１００の製造工程において、保護膜１２を成膜した直後に、図７中の残留応力が安定する領域に至るまでの時間、熱処理を行うことで、半導体水素圧力センサ１００の高精度な測定の阻害を未然に防止することができる。具体的には、１３０℃で１０時間程度の熱処理により、保護膜１２にエージングすることが好ましい。印加温度は実際のシステムで使用する温度域より若干高めに設定することで、熱処理時間の短縮化を図ることができる。また、実際の使用時における保護膜１２の高温への感応性を低下させることによって、半導体水素圧力センサ１００の経時変動を抑制することができる。これにより、燃料電池システム１０００の想定寿命期間に亘って、安定した半導体水素圧力センサ１００の検出特性を維持することができる。

[0059] 以上のように、実施の形態３による半導体水素圧力センサ１００の製造方法は、成膜工程の後に、保護膜１２の部分に熱処理を行う熱処理工程を備えたため、保護膜１２が有する残留応力が高温等の外部要因によって変動しない状態に安定化しているので、半導体水素圧力センサ１００の検出特性が変動することがなくなり、半導体水素圧力センサ１００のもつ高い測定精度を想定保証期間に亘って維持することができる。また、実施の形態３による半導体水素圧力センサ１００の保護膜１２は、熱処理が行われているため、半導体水素圧力センサ１００の検出特性が変動することがなくなり、半導体水

素圧力センサ１００のもつ高い測定精度を想定保証期間に亘って維持することができる。

[0060] 実施の形態４．

実施の形態４に係る半導体水素圧力センサ１００について説明する。図８は実施の形態４に係る半導体水素圧力センサ１００の受圧室７の概略を示す断面図である。実施の形態４に係る半導体水素圧力センサ１００は、ゲル状の部材が追加された構成になっている。

[0061] 本実施の形態では、半導体圧力検出素子３を被覆した保護膜１２の表面が、ゲル状の部材で覆われている。図８に示すように、半導体圧力検出素子３に被覆した保護膜１２の表面にゲル４ａが設けられ、ＡＳＩＣ９に被覆した保護膜１２の表面にゲル４ｂが設けられる。ゲル状の部材は、例えば、シリコーンゲルである。ゲル状の部材を追加した理由について、以下に説明する。

[0062] 上述したように、受圧室７の内部の導電部表面には保護膜１２が設けられているため、結露に起因した水滴が保護膜１２に生じ、システム稼働時に半導体水素圧力センサ１００に電力が供給されたとしても、水滴には電気分解は発生しない。しかしながら、図２に示した構成ではゲル４を用いていないので、ゲル４が有する衝撃緩和という効果が得られなくなっている。すなわち、ゲル４は、固形異物等が高速で半導体圧力検出素子３に衝突した際、その衝撃によって半導体圧力検出素子３の表面にある受圧ダイヤフラム等に物理的なダメージを与えることを未然に防止するという機能も持っているからである。

[0063] 半導体圧力検出素子３を被覆した保護膜１２の表面にゲル状の部材を追加することで、異物衝突によって引き起こされる半導体圧力検出素子３の物理的なダメージを防止することができる。燃料電池システム１０００においては、燃料電池スタック１９の内部に非常に微細な流路が多数設けられているので、それらを異物によって閉塞してしまうことがないように、そしてガス供給系に異物が入り込まないように、媒体の流路にフィルターが設置されて

いる。そのため、内燃機関の配管内のように大きな異物が多数存在することはないものの、流路に微小な固形異物が一定量混入している場合がある。このような使用環境を鑑みると、衝撃緩和のためには、比較例である図12に示す程に大量のゲルを使用する必要性はなく、必要な部分にのみ適量のゲルを用いることが適切である。

[0064] 以上のように、実施の形態4による半導体水素圧力センサ100は、半導体圧力検出素子3を被覆した保護膜12の表面が、ゲル状の部材で覆われているため、外部から浸入した粒子状異物等の衝突による衝撃によって半導体圧力検出素子3の受圧ダイヤフラムが損傷を受けることを未然に防止することができる。

[0065] 実施の形態5.

実施の形態5に係る半導体水素圧力センサ100について説明する。図9は実施の形態5に係る半導体水素圧力センサ100の概略を示す断面図で、保護膜12を省略して示した図である。実施の形態5に係る半導体水素圧力センサ100は、導圧管2が吸湿部材17を有した構成になっている。

[0066] 本実施の形態では、導圧管2は、測定対象媒体を取り込む導圧管2の端部に吸湿部材17を有している。吸湿部材17は、例えば、導圧管2の先端部の内壁表面の全周に、測定対象媒体に触れる状態で設けられる。吸湿部材17は、例えば、水を吸着するシリカゲルである。このように構成することで、測定対象媒体内に含まれる水蒸気が、半導体圧力検出素子3等が設置されている受圧室7に到達する前に吸湿部材17でトラップされるので、受圧室7に到達する水分を減少させることができる。受圧室7に到達する水分が減少するので、受圧室7における結露及び結露が引き起こす不具合を軽減することができる。半導体水素圧力センサ100の信頼性をさらに向上させることができる。

[0067] 以上のように、実施の形態5による半導体水素圧力センサ100は、導圧管2が測定対象媒体を取り込む導圧管2の端部に吸湿部材17を有しているため、測定対象媒体に水滴及び水蒸気が多く含まれていても、吸湿部材17

においてこれらが吸収されるので、受圧室 7 に到達する水滴及び水蒸気量を大幅に減少させることができる。受圧室 7 に到達する水滴及び水蒸気量が大幅に減少するため、特定の複合環境下における結露及び結露に起因した電気分解による導電部の腐食のリスクを大幅に減少させることができる。

[0068] 実施の形態 6.

実施の形態 6 に係る半導体水素圧力センサ 100 について説明する。図 10 は実施の形態 6 に係る半導体水素圧力センサ 100 の概略を示す断面図で、保護膜 12 を省略して示した図である。実施の形態 6 に係る半導体水素圧力センサ 100 は、導圧管 2 が加熱部 18 を有した構成になっている。

[0069] 本実施の形態では、導圧管 2 は、吸湿部材 17 に隣接した加熱部 18 を有している。加熱部 18 は、例えば、吸湿部材 17 を取り囲んで配置される。加熱部 18 は、例えば、電氣的に昇温されるヒーターである。加熱部 18 を追加した理由について、以下に説明する。

[0070] 上述したように、導圧管 2 の端部に吸湿部材 17 を設けることで、受圧室 7 に到達する水蒸気量を減少させて、半導体水素圧力センサ 100 の信頼性を向上させることができる。しかしながら、この効果を燃料電池システム 1000 の想定寿命期間に亘って発揮し続けることは、システム動作条件等にもよるが、困難であることの方が多い。吸湿部材 17 における吸湿量には、限りがあるためである。

[0071] 吸湿部材 17 に隣接した加熱部 18 を設けることで、燃料電池システム 1000 の停止時等の一連のシーケンス動作の一部として、加熱部 18 の駆動により吸湿部材 17 が吸収した水蒸気を放出させることができる。水蒸気の放出に引き続いてパージ処理を行うことで、放出した水蒸気が受圧室 7 に滞留しないように水蒸気を外部に排出し、導圧管 2 の内部、及び受圧室 7 の内部をドライな環境にすることができる。また、吸湿部材 17 の吸湿機能を回復させることができる。これにより、長期に亘って安定した信頼性を有する半導体水素圧力センサ 100 を得ることができる。

[0072] 以上のように、実施の形態 6 による半導体水素圧力センサ 100 は、導圧

管 2 が吸湿部材 1 7 に隣接した加熱部 1 8 を有しているため、吸湿部材 1 7 が吸収した水分を気化できるので、減退した吸湿部材 1 7 の水分吸収力を回復させることができる。吸湿部材 1 7 の水分吸収力が回復するので、測定対象媒体が高い湿度であったとしても、半導体水素圧力センサ 1 0 0 は高い信頼性を長期間維持し続けることができる。

[0073] また本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1 つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも 1 つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも 1 つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0074] 1 筐体、2 導圧管、3 半導体圧力検出素子、4、4 a、4 b ゲル、5 コネクタ部、6 ターミナル、7 受圧室、7 a 開口部、8 a、8 b Oリング、9 ASIC、10、10 a、10 b ボンディングワイヤ、11 リードフレーム、12 保護膜、13 水滴、14 欠陥、15 端子、16 半導体基部、17 吸湿部材、18 加熱部、19 燃料電池スタック、20 水素燃料タンク、100、101 半導体水素圧力センサ、1000 燃料電池システム

請求の範囲

- [請求項1] 水素を含有した測定対象媒体の圧力を受圧し、前記測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子と、
前記半導体圧力検出素子の端子から延びたボンディングワイヤと、
前記測定対象媒体に露出した、前記半導体圧力検出素子及び前記ボンディングワイヤの部分を、連続して被覆した保護膜と、を備えた半導体水素圧力センサ。
- [請求項2] 前記保護膜は、複数の膜が積層された積層膜である請求項1に記載の半導体水素圧力センサ。
- [請求項3] 前記半導体圧力検出素子を被覆した前記保護膜の表面が、ゲル状の部材で覆われている請求項1又は2に記載の半導体水素圧力センサ。
- [請求項4] 前記半導体圧力検出素子が内側に固定され、前記測定対象媒体を内側に取り込む開口部を有した受圧室と、
前記開口部を介して前記受圧室と連通し、前記測定対象媒体を外部から前記受圧室に取り込む導圧管と、を備え、
前記導圧管は、前記測定対象媒体を取り込む前記導圧管の端部に吸湿部材を有している請求項1から3のいずれか1項に記載の半導体水素圧力センサ。
- [請求項5] 前記導圧管は、前記吸湿部材に隣接した加熱部を有している請求項4に記載の半導体水素圧力センサ。
- [請求項6] 内側に前記半導体圧力検出素子が固定された樹脂製の受圧室と、
前記受圧室にインサート成形されたリードフレームと、
前記受圧室の内側に固定され、前記半導体圧力検出素子に前記ボンディングワイヤを介して接続され、前記リードフレームに接続された信号処理回路と、を更に備え、
前記保護膜は、前記測定対象媒体に露出した、前記半導体圧力検出素子、前記ボンディングワイヤ、前記信号処理回路、及び前記受圧室の部分を、連続して被覆している請求項1から3のいずれか1項に記載

載の半導体水素圧力センサ。

[請求項7] 前記保護膜は、ポリマー・コーティング・フィルムである請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の半導体水素圧力センサ。

[請求項8] 前記保護膜は、熱処理が行われている請求項 7 に記載の半導体水素圧力センサ。

[請求項9] 測定対象媒体の圧力を受圧し、前記測定対象媒体の絶対圧に応じた値を電氣的に出力する半導体圧力検出素子、及びボンディングワイヤを用意する部材用意工程と、

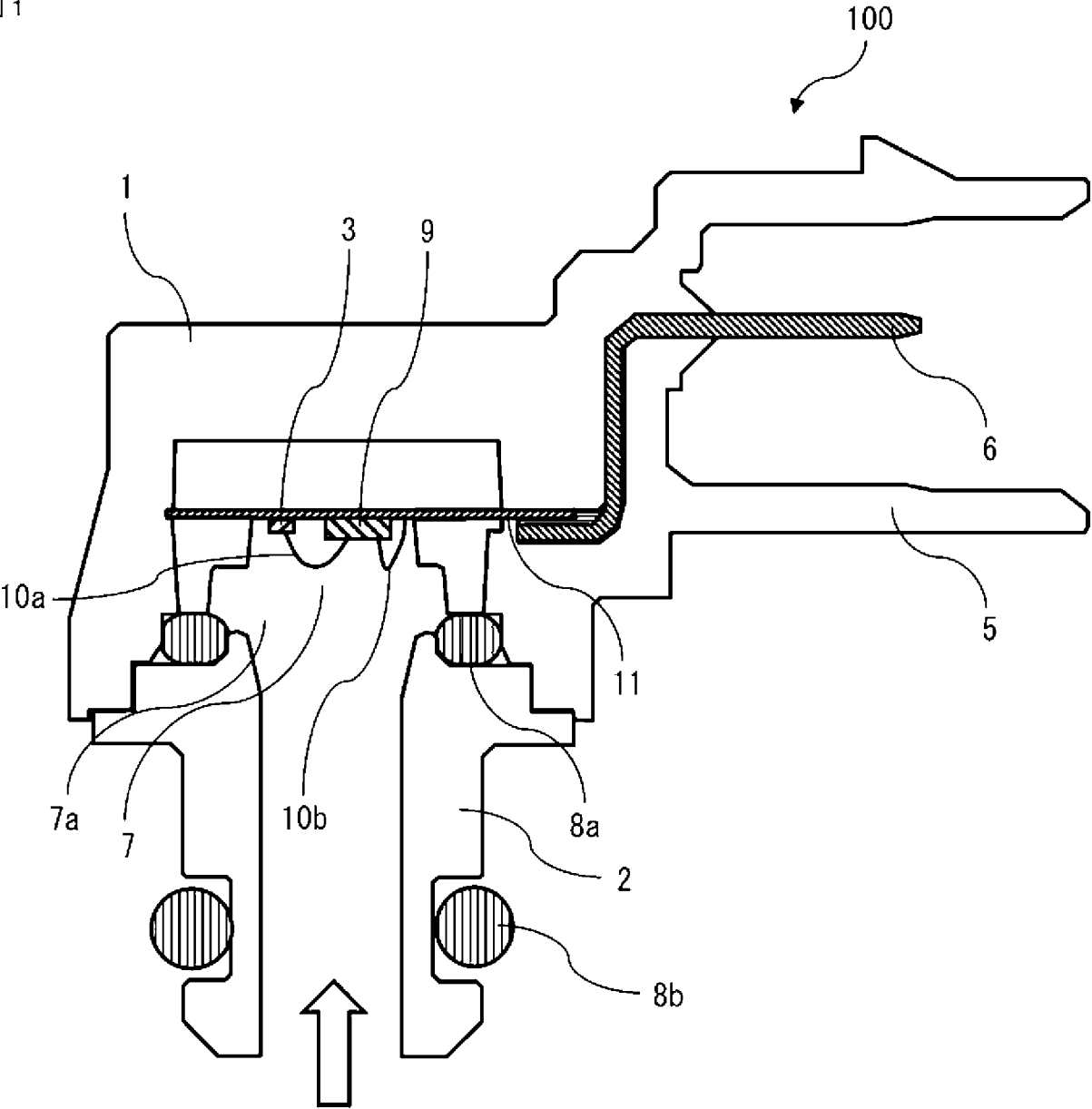
前記ボンディングワイヤを前記半導体圧力検出素子に電氣的に接続する接続工程と、

前記測定対象媒体に露出した、前記半導体圧力検出素子及び前記ボンディングワイヤの部分を、保護膜により連続して被覆する成膜工程と、を備えた半導体水素圧力センサの製造方法。

[請求項10] 前記成膜工程の後に、前記保護膜の部分に熱処理を行う熱処理工程を備えた請求項 9 に記載の半導体水素圧力センサの製造方法。

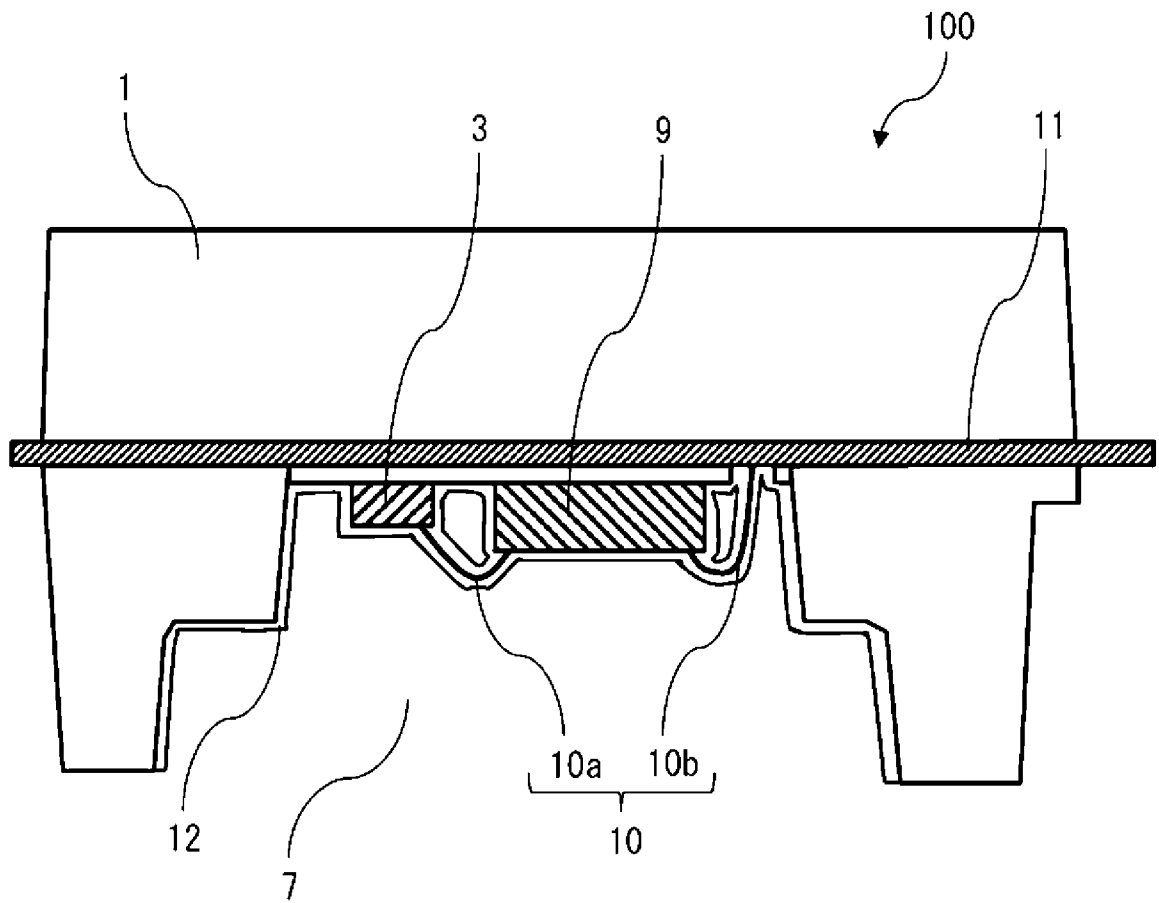
[図1]

図 1



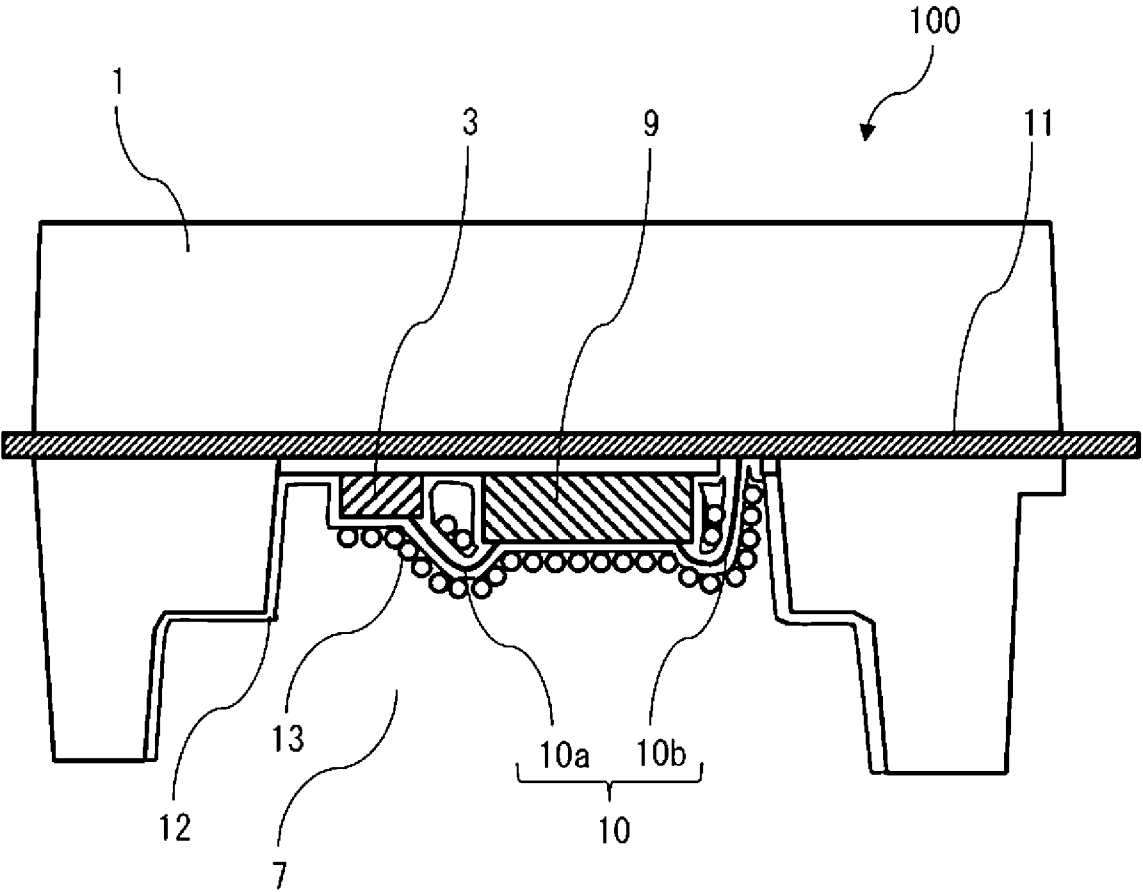
[図2]

図 2



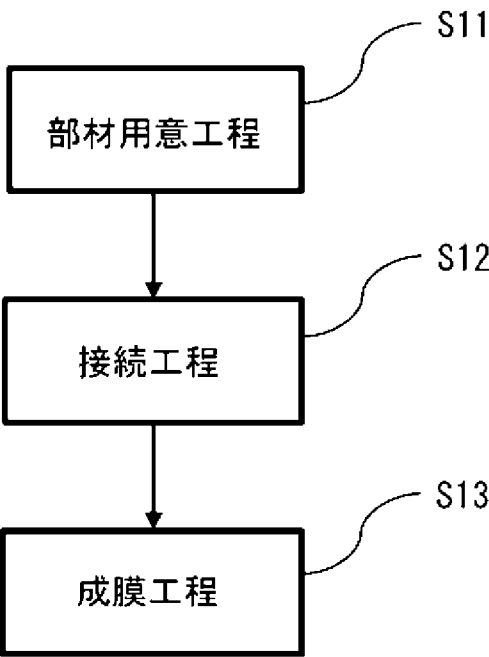
[図3]

図 3



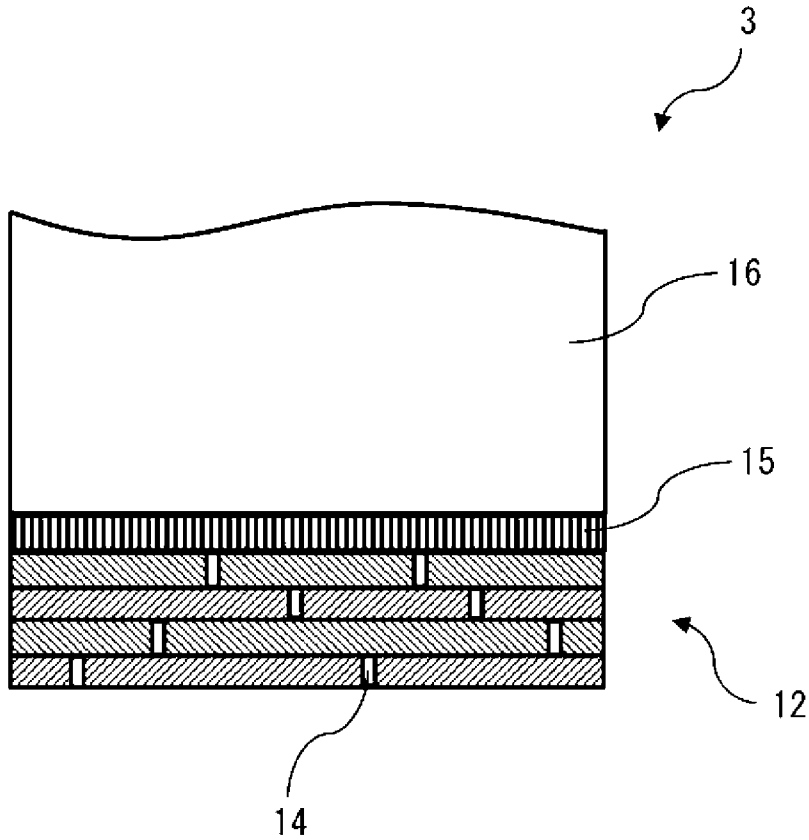
[図4]

図 4



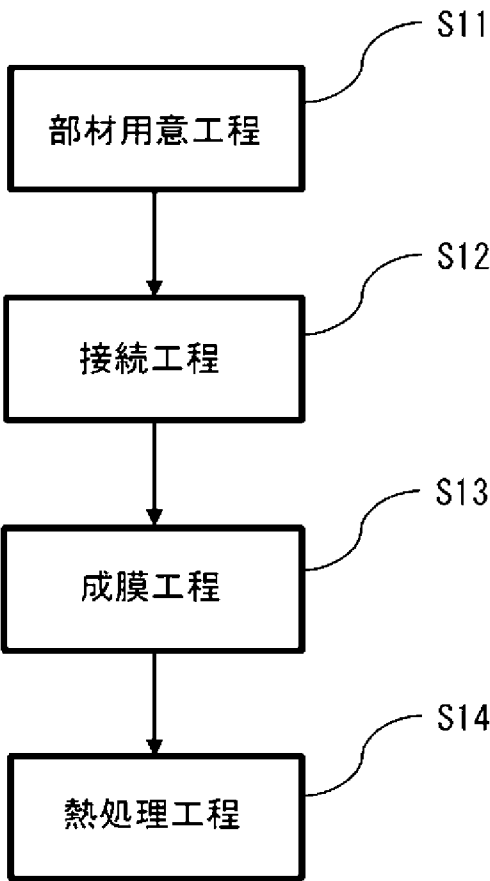
[図5]

図 5



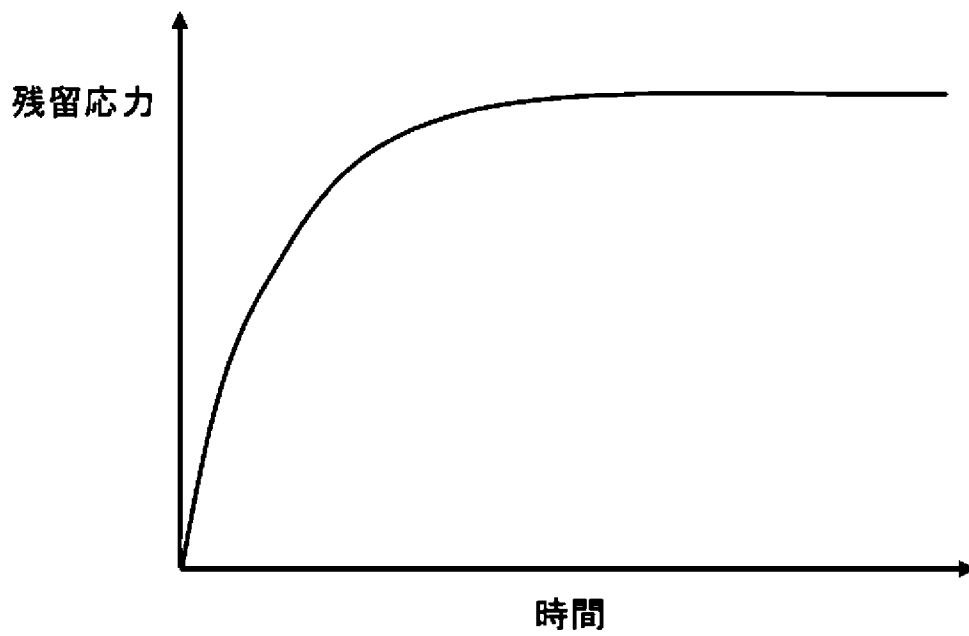
[図6]

図 6



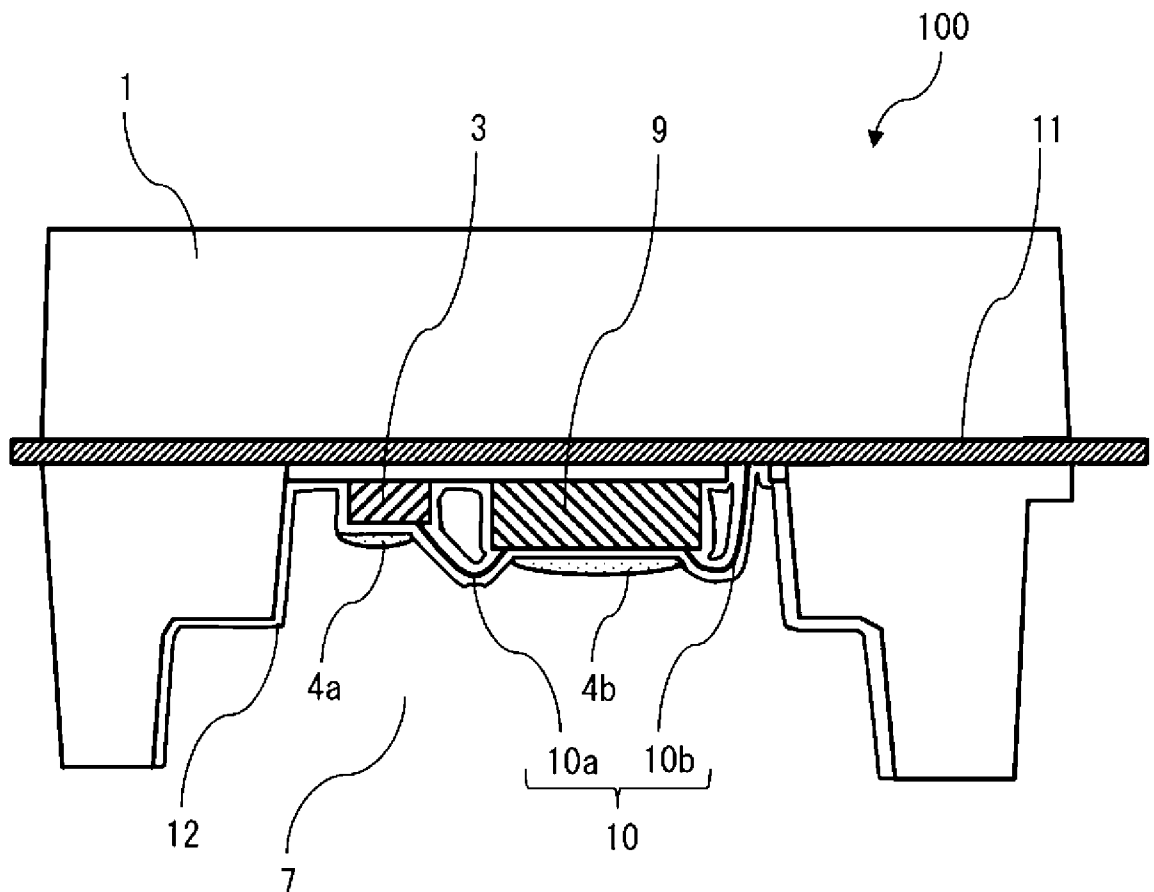
[図7]

図 7



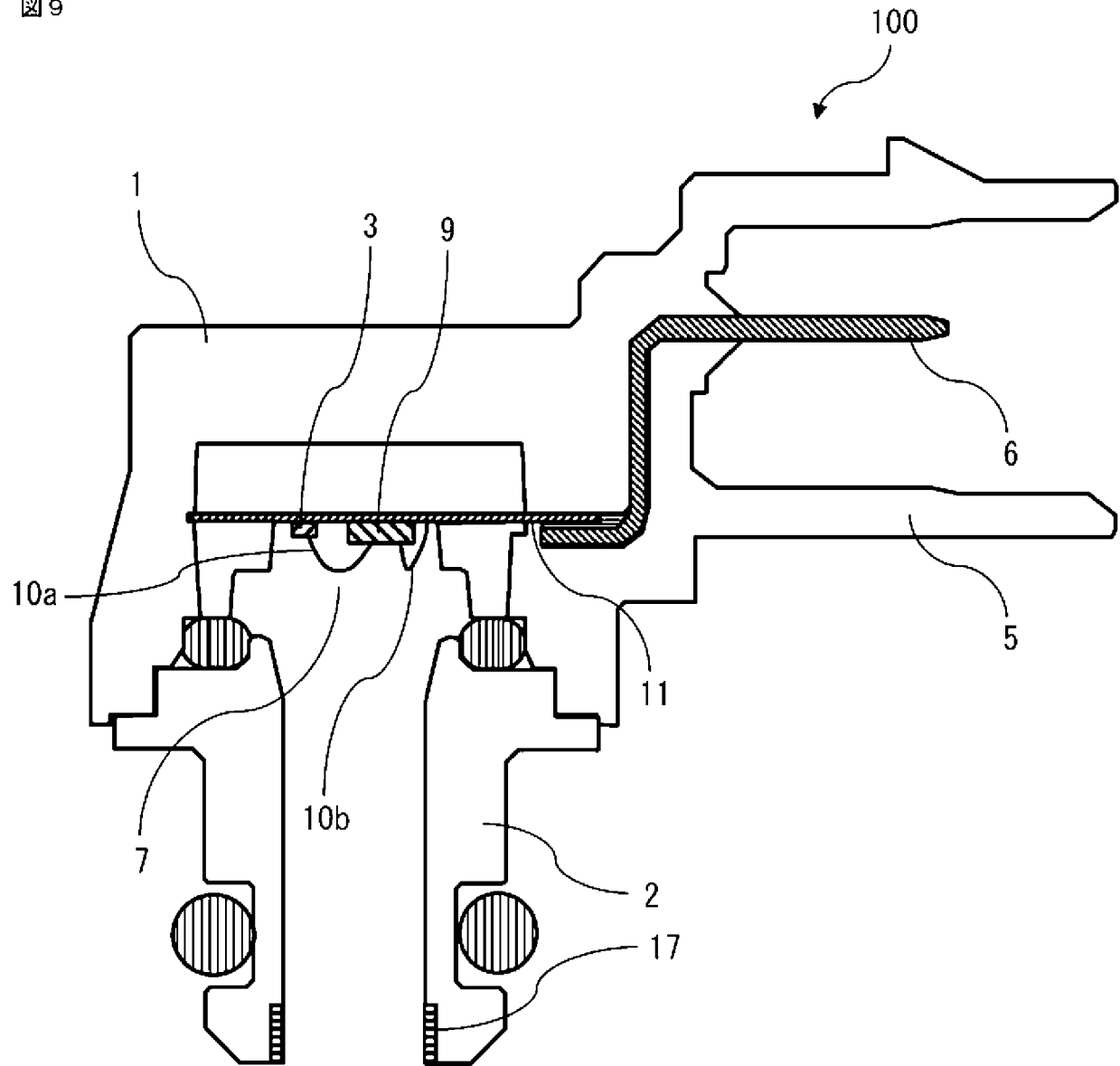
[図8]

図 8



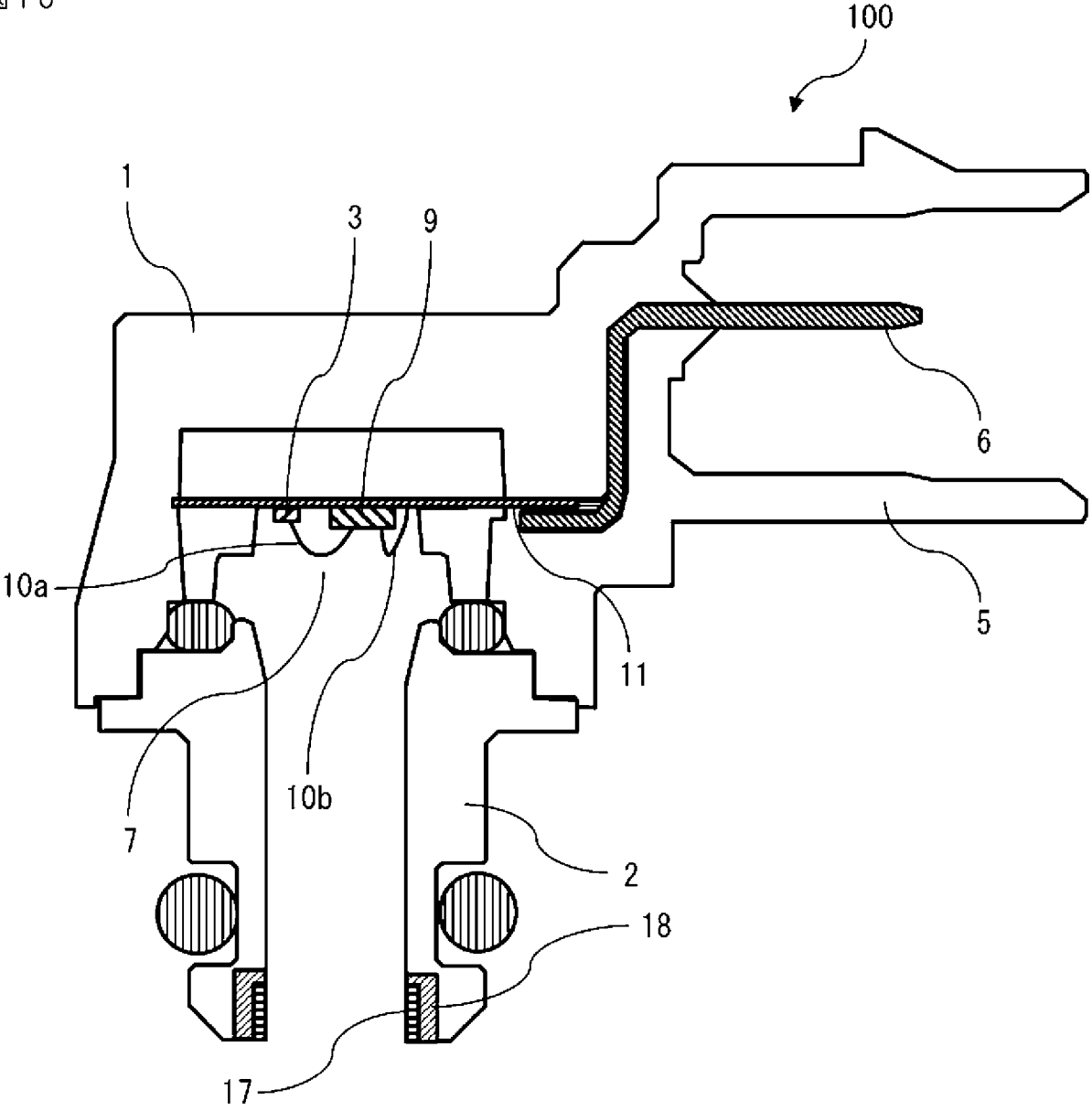
[図9]

図 9



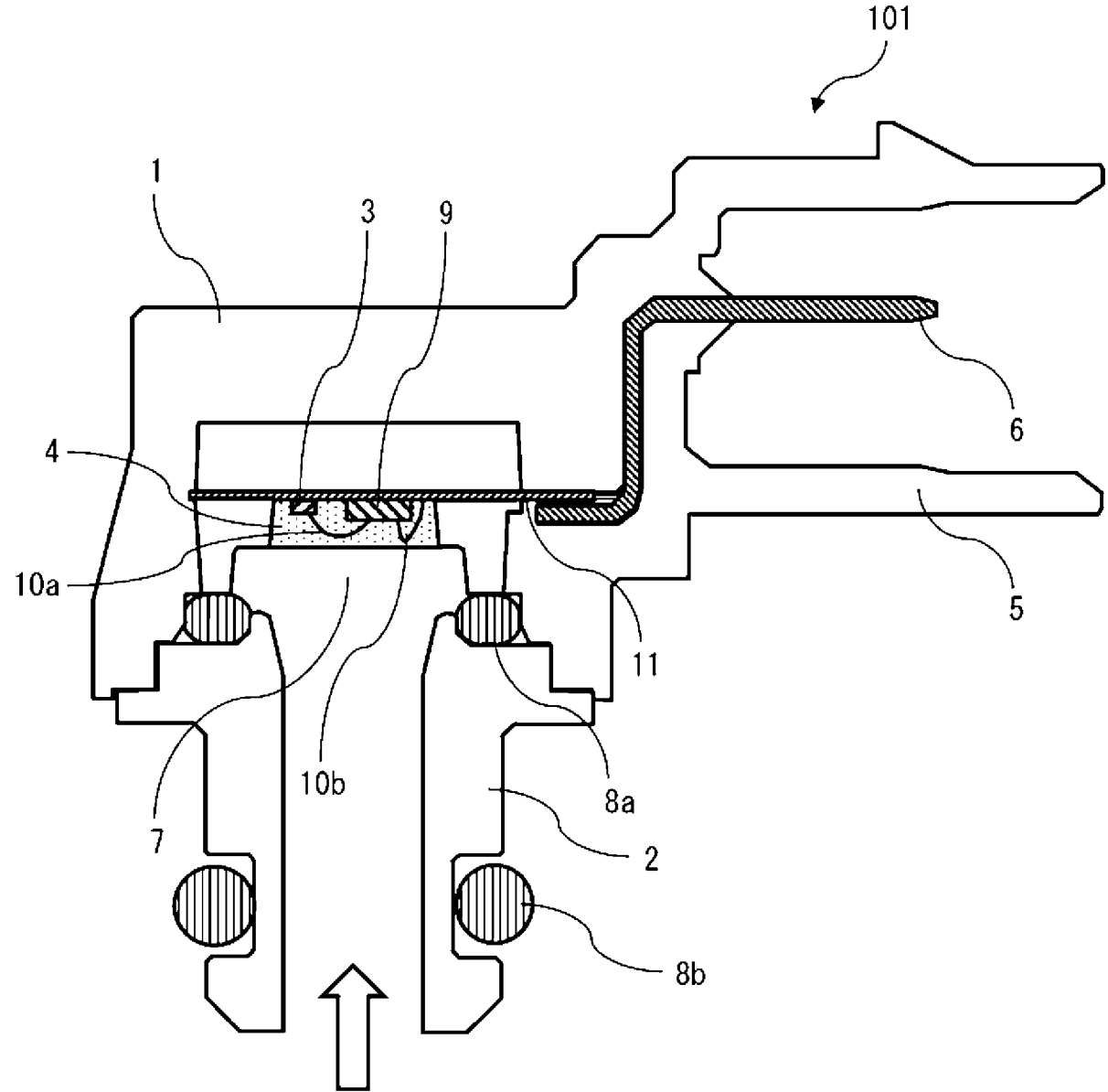
[図10]

図 10



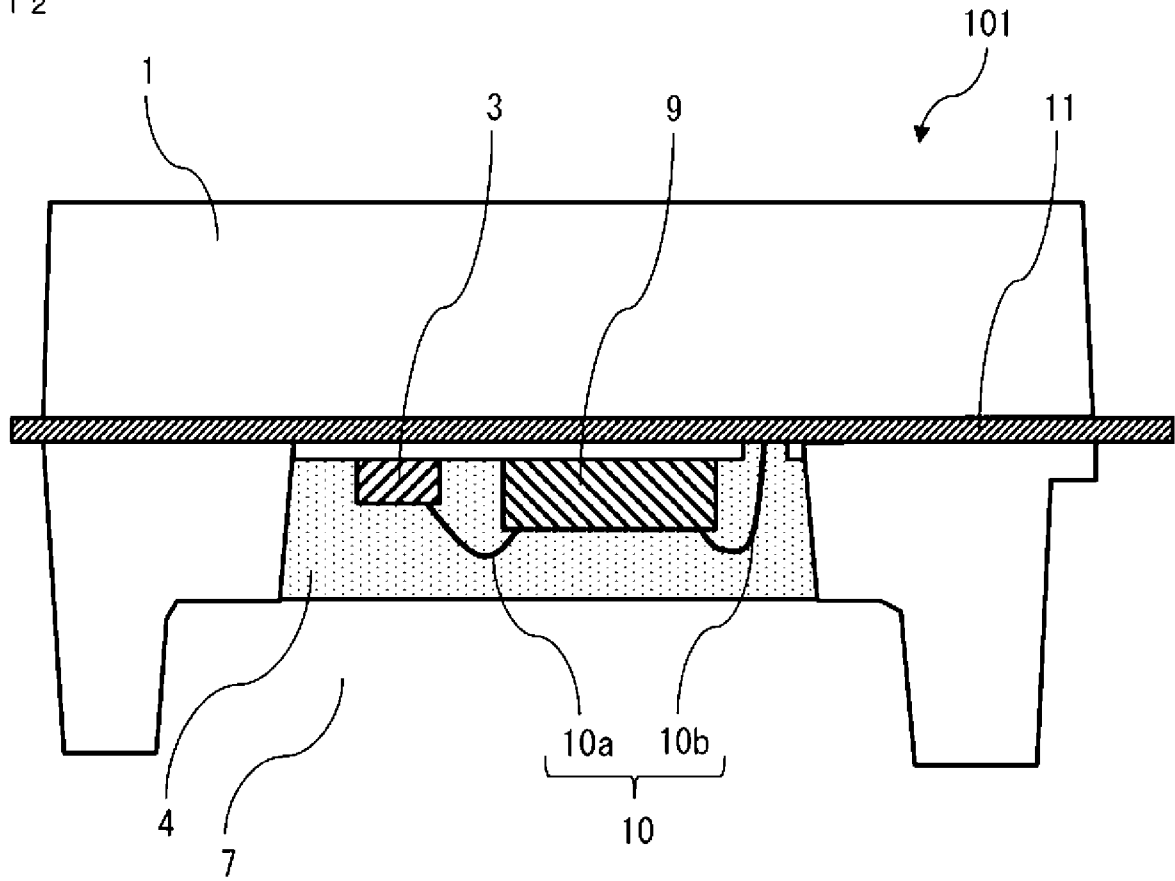
[図11]

図 1 1



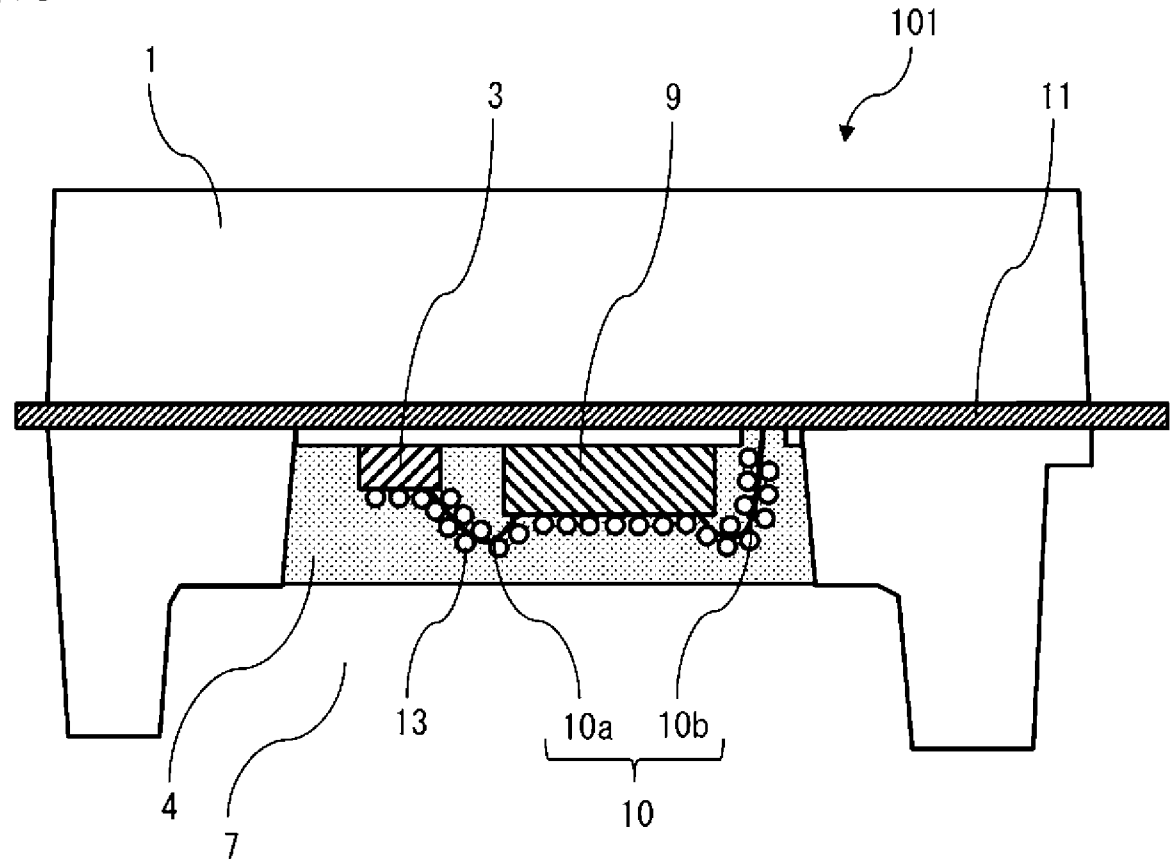
[図12]

図 1 2



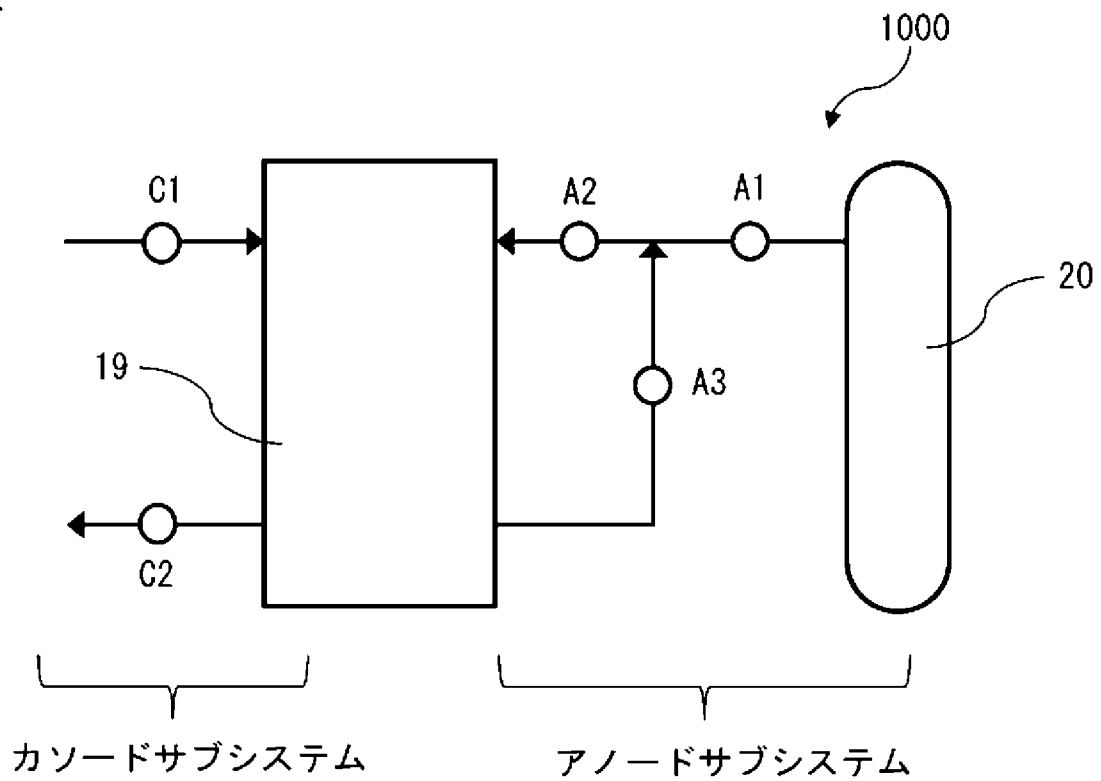
[図13]

図 1 3



[図14]

図 1 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006252

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01L 19/06**(2006.01)i

FI: G01L19/06 Z

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)

G01L7/00-23/32; G01L27/00-27/02

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 5-223670 A (FUJIKURA LTD.) 31 August 1993 (1993-08-31) paragraphs [0008]-[0011], fig. 1	1-10
Y	JP 6425794 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21 November 2018 (2018-11-21) paragraphs [0001], [0020], fig. 3	1-10
Y	JP 2002-206979 A (YAMATAKE CORP.) 26 July 2002 (2002-07-26) paragraphs [0010]-[0013], fig. 1-3	4-5
Y	JP 2007-292547 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 08 November 2007 (2007-11-08) paragraph [0018], fig. 4	5
Y	JP 2007-40772 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 15 February 2007 (2007-02-15) paragraphs [0011]-[0012], [0024], fig. 1, 6	6
Y	JP 2001-318014 A (ROBERT BOSCH GMBH) 16 November 2001 (2001-11-16) paragraph [0039], fig. 1	8, 10



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

28 April 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006252

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2018/0148320 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CO., LTD.) 31 May 2018 (2018-05-31) entire text, all drawings	2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/006252

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	5-223670	A	31 August 1993	(Family: none)	
JP	6425794	B1	21 November 2018	DE 102018212921 A1 US 2019/0177154 A1 paragraphs [0001], [0029], fig. 3	
JP	2002-206979	A	26 July 2002	(Family: none)	
JP	2007-292547	A	08 November 2007	(Family: none)	
JP	2007-40772	A	15 February 2007	DE 102005060641 A1 US 2007/0029657 A1 paragraphs [0023]-[0027], [0048]-[0052], fig. 1, 6	
JP	2001-318014	A	16 November 2001	DE 10014984 A1 US 2001/0024865 A1 paragraph [0039], fig. 1	
US	2018/0148320	A1	31 May 2018	CN 108117038 A DE 102017120566 A1 KR 10-2018-0060945 A1 TW 201833020 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01L 19/06(2006.01)i FI: G01L19/06 Z										
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）） G01L7/00-23/32; G01L27/00-27/02 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の 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 請求項の番号								
Y	JP 5-223670 A（株式会社フジクラ） 31.08.1993（1993 - 08 - 31） [0008]-[0011], 図1	1-10								
Y	JP 6425794 B1（三菱電機株式会社） 21.11.2018（2018 - 11 - 21） [0001], [0020], 図3	1-10								
Y	JP 2002-206979 A（株式会社山武） 26.07.2002（2002 - 07 - 26） [0010]-[0013], 図1-3	4-5								
Y	JP 2007-292547 A（三菱電機株式会社） 08.11.2007（2007 - 11 - 08） [0018], 図4	5								
Y	JP 2007-40772 A（三菱電機株式会社） 15.02.2007（2007 - 02 - 15） [0011]-[0012], [0024], 図1, 6	6								
Y	JP 2001-318014 A（ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミット ベシユレンクテル ハフツング） 16.11.2001（2001 - 11 - 16） [0039], 図1	8, 10								
☒ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 28.04.2023		国際調査報告の発送日 16.05.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岡田 卓弥 2F 9206 電話番号 03-3581-1101 内線 3216								

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の 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 請求項の番号
A	US 2018/0148320 A1 (TAIWAN SEMICONDUCTOR MANUFACTURING CO., LTD.) 31.05.2018 (2018 - 05 - 31) 全文, 全図	2

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/006252

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	5-223670	A	31.08.1993	(ファミリーなし)	
JP	6425794	B1	21.11.2018	DE 102018212921	A1
				US 2019/0177154	A1
				[0001], [0029], FIG. 3	
JP	2002-206979	A	26.07.2002	(ファミリーなし)	
JP	2007-292547	A	08.11.2007	(ファミリーなし)	
JP	2007-40772	A	15.02.2007	DE 102005060641	A1
				US 2007/0029657	A1
				[0023]-[0027], [0048]-[0052], FIGS. 1, 6	
JP	2001-318014	A	16.11.2001	DE 10014984	A1
				US 2001/0024865	A1
				[0039], FIG. 1	
US	2018/0148320	A1	31.05.2018	CN 108117038	A
				DE 102017120566	A1
				KR 10-2018-0060945	A1
				TW 201833020	A