(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
2023年3月30日(30.03.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/047759 A1

(51) 国際特許分類:
G01N 27/04 (2006.01) *G01N 27/12* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/026591

(22) 国際出願日： 2022年7月4日(04.07.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2021-154912 2021年9月22日(22.09.2021) JP

(71) 出願人: ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社 (**NUVOTON TECHNOLOGY CORPORATION JAPAN**) [JP/JP]; 〒6178520 京都府長岡京市神足焼町１番地 Kyoto (JP).

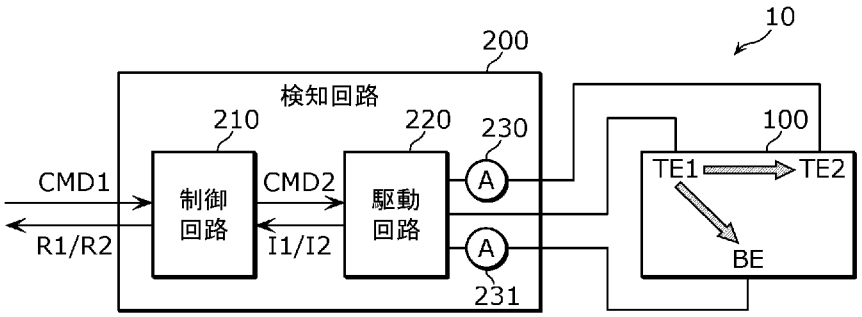
(72) 発明者: 河合 賢 (**KAWAI, Ken**). 本間 運也 (**HOMMA, Kazunari**). 片山 幸治 (**KATAYAMA, Koji**).

(74) 代理人: 新居 広守, 外 (**NII, Hiromori** et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島５丁目３番１０号タナカ・イトーピア新大阪ビル６階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,

(54) **Title:** HYDROGEN DETECTION DEVICE AND CONTROL METHOD FOR HYDROGEN DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称： 水素検知装置及び水素検知装置の制御方法



200 Detection circuit
210 Control circuit
220 Drive circuit

(57) **Abstract:** This hydrogen detection device (10) comprises a hydrogen sensor (100) and a detection circuit (200), wherein: the hydrogen sensor (100) includes a first electrode (103), a second electrode (106), a metal oxide layer (104), a first insulating film (insulating films 107a to 107c), a first terminal (TE1), and a second terminal (TE2) which are connected via a via (108) to the other surface of the second electrode (106) facing the main surface thereof, and a third terminal (BE) connected via the via (108) to the other surface of the first electrode (103) facing the main surface thereof; and the detection circuit (200) includes ammeters (230 and 231) for measuring (1) a first resistance value between the first terminal (TE1) and the second terminal (TE2) and (2) a second resistance value between at least one among the first terminal (TE1) and the second terminal (TE2) and the third terminal (BE), and a control circuit (210) that selectively outputs either the first resistance value or the second resistance value.

WO 2023/047759 A1

[続葉有]

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, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：水素検知装置（１０）は、水素センサ（１００）と検知回路（２００）とを備え、水素センサ（１００）は、第１電極（１０３）と、第２電極（１０６）と、金属酸化物層（１０４）と、第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ）と、第２電極（１０６）の主面に対向する他面にビア（１０８）を介して接続された第１端子（ＴＥ１）及び第２端子（ＴＥ２）と、第１電極（１０３）の主面に対向する他面にビア（１０８）を介して接続された第３端子（ＢＥ）とを有し、検知回路（２００）は、（１）第１端子（ＴＥ１）と第２端子（ＴＥ２）との間の第１抵抗値、並びに、（２）第１端子（ＴＥ１）及び第２端子（ＴＥ２）の少なくとも一方と第３端子（ＢＥ）との間の第２抵抗値を測定する電流計（２３０及び２３１）と、第１抵抗値及び第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する制御回路（２１０）を有する。

明　細　書

発明の名称 ： 水素検知装置及び水素検知装置の制御方法

技術分野

[0001] 本開示は、水素検知装置及び水素検知装置の制御方法に関し、特に、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置が提案されている（例えば、特許文献１参照）。特許文献１の技術によれば、リーク検出手段はリーク検出モードとガス濃度測定モードの２種のモードを備える。これにより、ガスセンサの疲労による待ち時間を無くすというものである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－２７６３０９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記特許文献１の技術では、試料ガスを第１のガスセンサへバックグラウンドガスを第２のガスセンサへ供給する状態と、試料ガスを第２のガスセンサへバックグラウンドガスを第１のガスセンサへ供給する状態との間で流路を切り替えるためのバルブが必要とされる。そのために、水素検知装置が大型化するという問題がある。

[0005] そこで、本開示は、小型で、かつ、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置等を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る水素検知装置は、水素を検知する第１水素センサ及び第２水素センサと、前記第１水素センサ及び前記第２水素センサに接続される第１検知回路とを備え、前記第１水素セン

サは、主面同士が対向して配置された第１電極及び第２電極と、前記第１電極の前記主面と前記第２電極の前記主面とに接して配置された第１金属酸化物層と、前記第１電極、前記第２電極及び前記第１金属酸化物層を覆う第１絶縁膜と、前記第２電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第１端子及び第２端子と、前記第１電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第３端子とを有し、前記第１絶縁膜は、前記第２電極に対する平面視における前記第１端子と前記第２端子との間において前記第２電極の前記他面を前記第１絶縁膜に覆われることなく露出させる第１開口を有し、前記第２水素センサは、主面同士が対向して配置された第３電極及び第４電極と、前記第３電極の前記主面と前記第４電極の前記主面とに接して配置された第２金属酸化物層と、前記第３電極、前記第４電極及び前記第２金属酸化物層を覆う第２絶縁膜と、前記第４電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第４端子及び第５端子と、前記第３電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第６端子とを有し、前記第２絶縁膜は、前記第４電極に対する平面視における前記第４端子と前記第５端子との間において前記第４電極の前記他面を前記第２絶縁膜に覆われることなく露出させる第２開口を有し、前記第１検知回路は、前記第１端子と前記第２端子との間の第１抵抗値、並びに、前記第４端子及び前記第５端子の少なくとも一方と前記第６端子との間の第２抵抗値を測定する第１測定回路を有する。

[0007] 上記目的を達成するために、本開示の一形態に係る水素検知装置の制御方法は、上記水素検知装置の制御方法であって、前記第１検知回路は、前記第１抵抗値を取得し、取得した前記第１抵抗値に基づいて、前記第１抵抗値及び前記第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する。

発明の効果

[0008] 本開示により、小型で、かつ、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置等が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1A]図１Ａは、実施の形態における水素センサの構成例を示す断面図である。

[図1B]図１Ｂは、実施の形態における水素センサの構成例を示す上面図である。

[図2A]図２Ａは、実施の形態に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図2B]図２Ｂは、図２Ａに示される水素検知装置を横型モードで駆動する場合の電圧印加例を示す図である。

[図2C]図２Ｃは、図２Ａに示される水素検知装置を縦型モードで駆動する場合の電圧印加例を示す図である。

[図3A]図３Ａは、実施の形態に係る水素検知装置による横型モードでの実測例（検知電流の波形）を示す図である。

[図3B]図３Ｂは、図３Ａで得られた検知電流（横軸）と、そのときの水素濃度（縦軸）との関係を示すグラフである。

[図4A]図４Ａは、実施の形態に係る水素検知装置による縦型モードでの実測例（検知電流の波形）を示す図である。

[図4B]図４Ｂは、図４Ａで得られた検知電流（横軸）と、そのときの水素濃度（縦軸）との関係を示すグラフである。

[図5]図５は、図２Ａに示される水素検知装置の動作（水素検知装置の制御方法）例を示すフローチャートである。

[図6]図６は、実施の形態の第１変形例に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図7]図７は、図６に示される第１変形例に係る水素検知装置の動作例を示すフローチャートである。

[図8]図８は、実施の形態の第２変形例に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図9]図９は、実施の形態の第３変形例に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図10]図１０は、実施の形態の第４変形例に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図11]図１１は、図１０における第１ブリッジ回路を構成する２つの水素センサの一方と、第２ブリッジ回路を構成する２つの水素センサの一方とに適用できる、抵抗値が固定の抵抗器の構成例を示す断面図である。

[図12]図１２は、実施の形態の第５変形例に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図13A]図１３Ａは、実施の形態の第６変形例に係る水素検知装置の構成例を示すブロック図である。

[図13B]図１３Ｂは、図１３Ａに示される水素検知装置の等価回路図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示の実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示す。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、各図は、必ずしも厳密に図示したものではない。各図において、実質的に同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略又は簡略化する。

[0011] 図１Ａは、実施形態１に係る水素センサ１００の構成例を示す断面図である。図１Ｂは、実施の形態１における水素センサ１００の構成例を示す上面図である。なお、図１Ａは、図１ＢのＩＡ－ＩＡ切断線による断面を矢印方向に見た模式的な断面を示す。

[0012] 水素センサ１００は、半導体の製造工程で製造され得る微細な構造体であって、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素センサであり、主要な構造物として、主面同士が対向して配置された第１電極１０３及び第２電極１０６と、第１電極１０３の主面と第２電極１０６の主面とに接して配置された金属酸化物層１０４と、第１電極１０３、第２電極１０６及び金属酸化物層１０４を覆う絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ、１０９ａ及び１０９ｂ

と、第２電極１０６の主面に対向する他面にビアを介して接続された第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２と、第１電極１０３の主面に対向する他面にビアを介して接続された第３端子ＢＥとを有する。絶縁膜１０７ｂは、第２電極１０６に対する平面視における第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間において第２電極１０６の他面を絶縁膜１０７ｂに覆われることなく露出させる開口１０６ａを有する。

[0013] 第１電極１０３は、面状の電極であり、２つの面を有する。第１電極１０３の２つの面のうち１つの面（つまり図１Ａの上面）は、金属酸化物層１０４に接し、もう１つの面（つまり図１Ａの下面）は、絶縁膜１０７ａ及びビア１０８に接する。第１電極１０３は、図１Ｂでは、第２電極１０６と同じ大きさの矩形状である。第１電極１０３は、例えば、タングステン、ニッケル、タンタル、チタン、アルミニウム、窒化タンタル、窒化チタンなど、金属酸化物を構成する金属と比べて標準電極電位が、より低い材料で構成してもよい。標準電極電位は、その値が高いほど酸化しにくい特性を表す。図１Ａの第１電極１０３は、例えば、窒化タンタル（ＴａＮ）又は窒化チタン（ＴｉＮ）等の遷移金属窒化物又はそれらの積層で形成される。

[0014] 金属酸化物層１０４は、第１電極１０３及び第２電極１０６の対向する２つの主面に挟まれ、気体感応性を有する抵抗膜としての金属酸化物で構成され、第２電極１０６が接触する気体中の水素含有ガスの有無に応じて可逆的に変化する抵抗値を有する。金属酸化物層１０４は、水素により抵抗が変化する性質を有していればよい。例えば、金属酸化物層１０４は、酸素不足型の金属酸化物から構成される。金属酸化物層１０４の母体金属は、タンタル（Ｔａ）、ハフニウム（Ｈｆ）、チタン（Ｔｉ）、ジルコニウム（Ｚｒ）、ニオブ（Ｎｂ）、タングステン（Ｗ）、ニッケル（Ｎｉ）、鉄（Ｆｅ）等の遷移金属と、アルミニウム（Ａｌ）とから少なくとも１つ選択されてもよい。

[0015] 遷移金属は複数の酸化状態をとることができるため、異なる抵抗状態を酸化還元反応により実現することが可能である。ここで、金属酸化物の「酸素

不足度」とは、当該金属酸化物と同じ元素から構成される化学量論的組成の酸化物における酸素の量に対する、当該金属酸化物における酸素の不足量の割合をいう。ここで、酸素の不足量とは、化学量論的組成の金属酸化物における酸素の量から当該金属酸化物における酸素の量を引いた値である。もし、当該金属酸化物と同じ元素から構成される化学量論的組成の金属酸化物が複数存在しうる場合、当該金属酸化物の酸素不足度は、それらの化学量論的組成の金属酸化物のうち最も高い抵抗値を有する１つに基づいて定義される。化学量論的組成の金属酸化物は、他の組成の金属酸化物と比べて、より安定でありかつより高い抵抗値を有している。

[0016] 例えば、金属酸化物層１０４の母体金属がタンタル（Ｔａ）である場合、上述の定義による化学量論的組成の酸化物はTa_2O_5であるので、$TaO_{2.5}$と表現できる。$TaO_{2.5}$の酸素不足度は０％であり、$TaO_{1.5}$の酸素不足度は（２．５－１．５）／２．５＝４０％となる。また、酸素過剰の金属酸化物は、酸素不足度が負の値となる。なお、本開示では、特に断りのない限り、酸素不足度は正の値、０、又は負の値をとり得る。酸素不足度の小さい酸化物は化学量論的組成の酸化物により近いため抵抗値が高く、酸素不足度の大きい酸化物は酸化物を構成する金属により近いため抵抗値が低い。

[0017] 図１Ａに示す金属酸化物層１０４は、第１電極１０３に接する第１層１０４ａと、第１層１０４ａと第２電極１０６とに接する第２層１０４ｂ、絶縁分離層１０４ｉとを有する。第２層１０４ｂの酸素不足度は、第１層１０４ａに比べて小さい。例えば、第１層１０４ａは、TaO_Xである。第２層１０４ｂは、第１層１０４ａよりも酸素不足度の小さいTa_2O_5である。また、金属酸化物層１０４は、第１電極１０３の平面視における外周に絶縁分離層１０４ｉを有する。

[0018] ここで平面視とは、本開示に係る水素センサ１００を図１Ａの積層方向にある視点から見ること、言い換えれば、面状の第１電極１０３、面状の第２電極１０６等の何れかの面の法線方向にある視点から見ることをいい、例えば、図１Ｂに示す水素センサ１００の上面を見た場合をいう。

[0019] このような金属酸化物層１０４の抵抗状態は、第２電極１０６に接触した水素含有ガスに応じて（量が多くなるほど）、抵抗値が小さくなる。詳しくは、検知対象である気体中に水素含有ガスが存在するとき、第２電極１０６において、水素含有ガスから水素原子が解離される。解離された水素原子は金属酸化物層１０４内に侵入し、不純物準位を形成する。特に、第２電極１０６との界面近傍に集中し、見かけ上、第２層１０４ｂの厚さを薄くしている。その結果、金属酸化物層１０４の抵抗値が低下する。

[0020] 第２電極１０６は、水素解離性を有する面状の電極であり、２つの面を有する。第２電極１０６の２つの面のうち１つの面（つまり図１Ａの下面）は、金属酸化物層１０４に接し、もう１つの面（つまり図１Ａの上面）は、金属層１０６ｓ及び外気に接する。第２電極１０６は、開口１０６ａ内に、外気に露出された露出部分１０６ｅを有する。第２電極１０６は、例えば、白金（Ｐｔ）、イリジウム（Ｉｒ）、パラジウム（Ｐｄ）等の貴金属、又は、ニッケル（Ｎｉ）、若しくは、これらのうちの少なくとも１つを含む合金など、水素原子を有する気体分子から水素原子を解離する触媒作用を有する材料で構成される。図１Ａの第２電極１０６は白金（Ｐｔ）であるものとする。第２電極１０６には、２つの端子、すなわち、第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２とが接続される。

[0021] 第１端子ＴＥ１は、ビア１０８を介して第２電極１０６に接続される。

[0022] 第２端子ＴＥ２は、ビア１０８を介して第２電極１０６に接続される。第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２は、開口ＴＥ１ａ、ＴＥ２ａを介して、水素センサ１００を駆動する外部の検知回路に接続される。

[0023] 第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２とは、図１Ｂに示すように、第２電極１０６の平面視において露出部分１０６ｅを挟む位置に配置される。この配置により、第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間に、所定の電圧が印加されることによって、第２電極１０６の露出部分１０６ｅを通電する、つまり、露出部分１０６ｅに電流を流す。この第２電極１０６の露出部分１０６ｅの通電は、露出部分１０６ｅの水素解離作用を活性化するものと考えられる。

なお、所定の電圧は、互いに逆の極性を有する電圧であってもよい。

[0024] 水素センサ１００は、露出部分１０６ｅの通電中に水素原子を含む気体分子が露出部分１０６ｅに触れることによって、第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間の抵抗値を変化させる。この抵抗値の変化を上記の検知回路が検知することにより（この検出を「横型モード」ともいう）、低濃度の水素原子を含む気体分子を検知する。

[0025] 第３端子ＢＥは、開口ＢＥａ、ビア１０８、配線１１４及びビア１０８を介して第１電極１０３に接続される。第３端子ＢＥは、開口ＢＥａを介して、水素センサ１００を駆動する外部の検知回路に接続される。水素センサ１００は、露出部分１０６ｅの通電中に水素原子を含む気体分子が露出部分１０６ｅに触れることによって、第１電極１０３及び第２電極１０６間の抵抗を変化させる。言い換えれば、水素センサ１００は、露出部分１０６ｅの通電中に水素原子を含む気体分子が露出部分１０６ｅに触れることによって、第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２の少なくとも一方と第３端子ＢＥとの間の抵抗値を変化させる。この抵抗値の変化を上記の検知回路が検知することによっても（この検出を「縦型モード」ともいう）、高濃度の水素原子を含む気体分子を検知する。

[0026] なお、水素センサ１００の主要な部分を覆う、絶縁膜１０２、絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ、絶縁膜１０９ａ及び１０９ｂは、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜等により形成される。

[0027] また、開口１０６ａ以外の第２電極１０６の上面には、金属層１０６ｓが形成されている。金属層１０６ｓは、例えばＴｉＡＩＮを材料とし、ビア１０８形成用のエッチングストッパとして形成されるが、必須ではない。

[0028] また、第１電極１０３、金属酸化物層１０４及び第２電極１０６の積層体は、抵抗変化メモリ（ＲｅＲＡＭ）の記憶素子として利用可能な素子である。抵抗変化メモリでは、金属酸化物層１０４が取りうる状態のうち、高抵抗状態と低抵抗状態の２状態を利用してデジタル記憶素子としている。本開示の水素センサ１００では、金属酸化物層１０４の取りうる状態のうち高抵抗

状態を利用している。

[0029] なお、図１Ａにおいて金属酸化物層１０４は、TaO_xを材料とする第１層１０４ａと、酸素不足度の小さいTa_2O_5を材料とする第２層１０４ｂとから構成される２層構成の例を示したが、酸素不足度の小さいTa_2O_5又はTaO_xを材料とする１層構成でもよい。

[0030] 図２Ａは、実施の形態に係る水素検知装置１０の構成例を示すブロック図である。水素検知装置１０は、図１Ａ及び図１Ｂに示された水素センサ１００に対して、動的に、横型モード及び縦型モードのいずれかで、選択的に駆動することで、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置であり、図１Ａ及び図１Ｂに示された水素センサ１００と、水素センサ１００に接続される検知回路２００とを備える。

[0031] 検知回路２００は、制御回路２１０と、駆動回路２２０と、電流計２３０及び２３１とを備える。

[0032] 電流計２３０は、横型モードにおいて水素センサ１００に流れる電流、つまり、水素センサ１００の第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間に流れる電流を測定する測定回路である。

[0033] 電流計２３１は、縦型モードにおいて水素センサ１００に流れる電流、つまり、水素センサ１００の第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２の少なくとも一方と第３端子ＢＥとの間に流れる電流を測定する測定回路である。

[0034] 駆動回路２２０は、制御回路２１０からの指示ＣＭＤ２に従って、水素センサ１００を横型モードで駆動する場合には、図２Ｂに示される電位（０．２５Ｖ、－０．２５Ｖ、１．５Ｖ）を、それぞれ、第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥに印加した状態で電流計２３０を流れる電流の値（電流値Ｉ１）を読み出し、読み出した電流値Ｉ１を制御回路２１０に返す。一方、駆動回路２２０は、水素センサ１００を縦型モードで駆動する場合には、図２Ｃに示される電位（０．２５Ｖ、－０．２５Ｖ、－２．２Ｖ）を、それぞれ、第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥに印加した状態で電流計２３１を流れる電流の値（電流値Ｉ２）を読み出し、読み出し

た電流値Ｉ２を制御回路２１０に返す。なお、図２Ｂ及び図２Ｃに示される印加電圧は、一例であり、このような値に限定されるものではない。

[0035] 制御回路２１０は、外部から指示ＣＭＤ１を受けると、駆動回路２２０とやり取りすることで、水素センサ１００を用いて現在の水素濃度に適したモード（横型モード／縦型モード）を動的に決定し、決定したモードにおける水素センサ１００の抵抗値（Ｒ１又はＲ２）を算出し、外部に出力する。具体的には、制御回路２１０は、駆動回路２２０から得た電流値（Ｉ１又はＩ２）と、駆動回路２２０が水素センサ１００に印加した電圧値とから、水素センサ１００の抵抗値（Ｒ１又はＲ２）を算出する。なお、制御回路２１０は、プログラムが格納されたメモリ、及び、プログラムを実行するプロセッサ等で構成されてもよいし、外部から与えられる指示ＣＭＤ１に従って順次処理を実行する論理回路／シーケンサであってもよい。また、制御回路２１０は、水素センサ１００の抵抗値に代えて、あるいは、抵抗値とともに、その抵抗値から換算された水素濃度を出力してもよい。

[0036] 図３Ａは、実施の形態に係る水素検知装置１０による横型モードでの実測例（電流計２３０によって得られる検知電流の波形）を示す図である。図３Ｂは、図３Ａで得られた検知電流（横軸）と、そのときの水素濃度（縦軸）との関係を示すグラフである。図３Ａに示されるように、この例では、水素センサ１００に所定濃度（左から０．０１％、０．１％、１．０％）の水素を間欠的に３回晒している。図３Ｂには、図３Ａにおける水素暴露時に水素センサ１００を横型モードで流れる電流と、そのときの水素濃度とに対応する点がプロットされている。なお、水素濃度の値は、気体の容積比の百分率（％）である。

[0037] 図４Ａは、実施の形態に係る水素検知装置１０による縦型モードでの実測例（電流計２３１によって得られる検知電流の波形）を示す図である。図４Ｂは、図４Ａで得られた検知電流（横軸）と、そのときの水素濃度（縦軸）との関係を示すグラフである。図４Ａに示されるように、この例では、水素センサ１００に所定濃度（左から１．０％、２．０％、３．０％、４．０％

）の水素を間欠的に４回晒している。図４Ｂには、図４Ａにおける水素暴露時に水素センサ１００を縦型モードで流れる電流と、そのときの水素濃度とに対応する点がプロットされている。

[0038] 横型モードでの水素センサ１００の特性を示す図３Ａ及び図３Ｂと、縦型モードでの水素センサ１００の特性を示す図４Ａ及び図４Ｂ（特に、図３Ｂの縦軸及び図４Ｂの縦軸）とから分かるように、横型モードでは、０．０１～１％の範囲を含む低濃度の水素について、濃度の対数的な増加に対して略直線的に検知電流が増加している。一方、縦型モードでは、１．０～４．０％の範囲を含む高濃度の水素について、略、濃度に比例して検知電流が増加している。つまり、水素センサ１００は、横型モードでは、低濃度の水素を検知し、縦型モードでは、高濃度の水素を検知する。なお、水素センサ１００は、横型モードでは、図３Ｂに示される濃度範囲を超える低濃度の水素を検知し、縦型モードでは、図４Ｂに示される濃度範囲を超える高濃度の水素を検知する。

[0039] 図５は、図２Ａに示される水素検知装置１０の動作（水素検知装置１０の制御方法）例を示すフローチャートである。ここでは、水素検知装置１０が動的に横型モードと縦型モードとを切り替えながら水素濃度を検知する処理が示されている。

[0040] 水素検知装置１０の制御回路２１０は、外部から検知開始を示す指示ＣＭＤ１を受け取ると、まず、横型モードで水素濃度を検知する（Ｓ１０）。具体的には、制御回路２１０は、駆動回路２２０を制御することで、図２Ｂに示される電位（０．２５Ｖ、－０．２５Ｖ、１．５Ｖ）を、それぞれ、第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥに印加した状態で電流計２３０を流れる電流の値（電流値Ｉ１）を、駆動回路２２０を介して読み出すという処理を、水素センサ１００に対するパルス電圧駆動により、繰り返す。制御回路２１０は、駆動回路２２０から得た電流値Ｉ１と、駆動回路２２０が水素センサ１００に印加した電圧値とから、水素センサ１００の抵抗値Ｒ１を算出し、算出した抵抗値（Ｒ１又は、抵抗値Ｒ１から換算した水素濃度

）を、外部に出力する。

[0041] ここで、制御回路２１０は、抵抗値Ｒ１から換算した水素濃度を得る度に、その水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を超えているか否かを判断する（Ｓ１１）。

[0042] その結果、得た水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を超えている場合には（Ｓ１１でＮｏ）、制御回路２１０は、横型モードから縦型モードに切り替えて水素濃度を検知する（Ｓ１２）。具体的には、制御回路２１０は、駆動回路２２０を制御することで、図２Ｃに示される電位（０．２５Ｖ、－０．２５Ｖ、－２．２Ｖ）を、それぞれ、第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥに印加した状態で電流計２３１を流れる電流の値（電流値Ｉ２）を、駆動回路２２０を介して読み出すという処理を、水素センサ１００に対するパルス電圧駆動により、繰り返す。制御回路２１０は、駆動回路２２０から得た電流値Ｉ２と、駆動回路２２０が水素センサ１００に印加した電圧値とから、水素センサ１００の抵抗値Ｒ２を算出し、算出した抵抗値Ｒ２（又は、抵抗値Ｒ２から換算した水素濃度）を、外部に出力する。

[0043] 一方、得た水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を超えていない場合には（Ｓ１１でＮｏ）、制御回路２１０は、横型モードでの水素検知を継続する。

[0044] なお、その後、縦型モードでの検知後に、検知された水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を下回った場合には、制御回路２１０は、縦型モードから横型モードに切り替えてもよい。

[0045] 以上のように、本実施の形態に係る水素検知装置１０は、水素を検知する第１水素センサ（水素センサ１００）と、第１水素センサ（水素センサ１００）に接続される第３検知回路（検知回路２００）とを備え、第１水素センサ（水素センサ１００）は、主面同士が対向して配置された第１電極１０３及び第２電極１０６と、第１電極１０３の主面と第２電極１０６の主面とに接して配置された第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）と、第１電極１０３、第２電極１０６及び第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）を覆う

第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）と、第２電極１０６の主面に対向する他面にビア１０８を介して接続された第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２と、第１電極１０３の主面に対向する他面にビア１０８を介して接続された第３端子ＢＥとを有し、第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）は、第２電極１０６に対する平面視における第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間において第２電極１０６の他面を第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）に覆われることなく露出させる第１開口（開口１０６ａ）を有し、第３検知回路（検知回路２００）は、第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間の第１抵抗値、並びに、第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２の少なくとも一方と第３端子ＢＥとの間の第２抵抗値を測定する第３測定回路（それぞれ、電流計２３０及び２３１）と、第１抵抗値及び第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する第２制御回路（制御回路２１０）とを有する。

[0046] これにより、半導体の製造工程で製造され得る微細な構造体である水素センサ１００に対する駆動モードを切り替えるだけで、低濃度の水素及び高濃度の水素が検知される。よって、従来に比べ、ガス流路を切り替えるバルブ等が不要であり、小型で、かつ、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置１０が実現される。

[0047] また、第２制御回路（制御回路２１０）は、第１抵抗値に基づいて、第１抵抗値及び第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する。これにより、現実の水素濃度に応じて、動的に、適切な駆動モードが決定され、適切な測定レンジによる水素検知が行われる。

[0048] また、第１抵抗値は、第２抵抗値に比べ、低濃度の水素に対して依存性を有する。これにより、低濃度の水素に対しては、横型モードで水素センサ１００を駆動し、高濃度の水素に対しては、縦型モードで水素センサ１００を駆動することで、適切な測定レンジによる水素検知が可能になる。

[0049] また、第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）は、遷移金属酸化物で構成される。また、第１電極１０３は、遷移金属窒化物で構成され、第２電極１０６は、貴金属で構成される。これにより、水素に対して敏感に抵抗値が

変化する水素検知装置１０が実現される。

[0050] また、本実施の形態に係る水素検知装置１０の制御方法は、第３検知回路（検知回路２００）は、第１抵抗値を取得し、取得した第１抵抗値に基づいて、第１抵抗値及び第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する。

[0051] これにより、微細な構造体である水素センサ１００に対する駆動モードを切り替えるだけで、低濃度の水素及び高濃度の水素が選択的に検知される。よって、従来に比べ、ガス流路を切り替えるバルブ等が不要であり、小型で、かつ、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置１０の制御方法が実現される。

[0052] 図６は、実施の形態の第１変形例に係る水素検知装置１０ａの構成例を示すブロック図である。本変形例に係る水素検知装置１０ａは、実施の形態に係る水素検知装置１０に、予備の水素センサが追加された構成を備える。より詳しくは、水素検知装置１０ａは、実施の形態に係る水素検知装置１０の構成に加えて、予備水素センサ１１０と、３つの切替回路２０ａ～２０ｃとを備える。

[0053] 予備水素センサ１１０は、水素センサ１００と同じ構造を有する予備としての水素センサである。

[0054] ３つの切替回路２０ａ～２０ｃは、いずれも、１極双投（ＳＰＤＴ）スイッチ２つから構成されるスイッチである。切替回路２０ａは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と水素センサ１００の第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２との導通／非導通を切り替える。切替回路２０ｂは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と予備水素センサ１１０の第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２との導通／非導通を切り替える。切替回路２０ｃは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と水素センサ１００の第３端子ＢＥ及び予備水素センサ１１０の第３端子ＢＥとの導通／非導通を切り替える。

[0055] 図７は、図６に示される第１変形例に係る水素検知装置１０ａの動作例を

示すフローチャートである。ここでは、水素検知装置１０ａが使用する水素センサを動的に水素センサ１００から予備水素センサ１１０へ切り替える処理が示されている。

[0056] 制御回路２１０は、通常、切替回路２０ａ～２０ｃを制御することで、水素センサ１００を検知回路２００に接続しており、水素センサ１００を用いて、図５のフローチャートに示されるような水素検知を行っている。制御回路２１０は、水素検知と並行して、水素センサ１００が正常であるか否かを判断している（Ｓ２０）。具体的には、制御回路２１０は、水素センサ１００での抵抗値が所定範囲内（例えば、横型モードでは、０～１％の水素濃度範囲に対応する抵抗値、縦型モードでは、１．０～１００％の水素濃度範囲に対応する抵抗値）であるか否かを判断することで、正常か異常かを判断する。

[0057] その結果、正常であると判断した場合には（Ｓ２０でＹｅｓ）、制御回路２１０は、水素センサ１００を用いた水素検知を継続し、一方、異常であると判断した場合には（Ｓ２０でＮｏ）、制御回路２１０は、切替回路２０ａ～２０ｃを制御することで、検知回路２００に接続する水素センサを水素センサ１００から予備水素センサ１１０に切り替え、予備水素センサ１１０を用いた水素検知を行う（Ｓ２１）。

[0058] このように、第１変形例に係る水素検知装置１０ａは、実施の形態に係る水素検知装置１０の構成に加えて、第１水素センサ（水素センサ１００）と同じ構造を有する予備水素センサ１１０と、第１水素センサ（水素センサ１００）及び予備水素センサ（予備水素センサ１１０）のいずれかを選択的に第３検知回路（検知回路２００）に接続する第３切替回路（切替回路２０ａ～２０ｃ）とを備える。これにより、一つの水素センサ１００が故障した場合であっても、予備水素センサ１１０を用いて水素検知を継続できるので、ユーザの利便性が向上される。

[0059] 図８は、実施の形態の第２変形例に係る水素検知装置１０ｂの構成例を示すブロック図である。本変形例に係る水素検知装置１０ｂは、横型モード専

用の水素センサと、縦型モード専用の水素センサとを備える。より詳しくは、水素検知装置１０ｂは、実施の形態に係る両モードに対応する水素センサ１００に代えて、横型モード専用の水素センサ１００ａ及び縦型モード専用の水素センサ１００ｂを備える。切替回路２０ａ～２０ｃを備える点は、変形例１と同様である。

[0060] 横型モード専用の水素センサ１００ａは、実施の形態に係る水素センサ１００と同じものであってもよいし、実施の形態に係る水素センサ１００に対して横型モードでの感度を高めるように材料又は構造を改良したものであってもよい。

[0061] 縦型モード専用の水素センサ１００ｂは、実施の形態に係る水素センサ１００と同じものであってもよいし、実施の形態に係る水素センサ１００に対して縦型モードでの感度を高めるように材料又は構造を改良したものであってもよい。

[0062] ３つの切替回路２０ａ～２０ｃは、いずれも、１極双投（ＳＰＤＴ）スイッチ２つから構成されるスイッチである。切替回路２０ａは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と横型モード専用の水素センサ１００ａの第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２との導通／非導通を切り替える。切替回路２０ｂは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と縦型モード専用の水素センサ１００ｂの第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２との導通／非導通を切り替える。切替回路２０ｃは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と横型モード専用の水素センサ１００ａの第３端子ＢＥ及び縦型モード専用の水素センサ１００ｂの第３端子ＢＥとの導通／非導通を切り替える。

[0063] 本変形例に係る水素検知装置１０ｂの動作（水素検知装置１０ｂの制御方法）は、例えば、図５に示されるフローチャートと同じである。つまり、水素検知装置１０ｂの制御回路２１０は、切替回路２０ａ～２０ｃを制御することで、横型モード専用の水素センサ１００ａを検知回路２００に接続して

おり、横型モード専用の水素センサ１００ａを用いて、横型モードで、低濃度の水素検知を行う（Ｓ１０）。

[0064] ここで、制御回路２１０は、抵抗値から換算した水素濃度）を得る度に、その水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を超えているか否かを判断する（Ｓ１１）。

[0065] その結果、得た水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を超えている場合には（Ｓ１１でＹｅｓ）、制御回路２１０は、切替回路２０ａ～２０ｃを制御することで、検知回路２００に接続する水素センサを、横型モード専用の水素センサ１００ａから縦型モード専用の水素センサ１００ｂに切り替えて水素濃度を検知する（Ｓ１２）。

[0066] 一方、得た水素濃度が閾値（例えば、水素濃度１％）を超えていない場合には（Ｓ１１でＮｏ）、制御回路２１０は、横型モード専用の水素センサ１００ａを用いた水素検知を継続する。

[0067] このように、第２変形例に係る水素検知装置１０ｂは、水素を検知する第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ａ）及び第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｂ）と、第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ａ）及び第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｂ）に接続される第１検知回路（検知回路２００）とを備える。第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ａ）は、主面同士が対向して配置された第１電極１０３及び第２電極１０６と、第１電極１０３の主面と第２電極１０６の主面とに接して配置された第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）と、第１電極１０３、第２電極１０６及び第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）を覆う第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）と、第２電極１０６の主面に対向する他面にビア１０８を介して接続された第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２と、第１電極１０３の主面に対向する他面にビア１０８を介して接続された第３端子ＢＥとを有し、第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）は、第２電極１０６に対する平面視における第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間において第２電極１０６の他面を第

１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）に覆われることなく露出させる第１開口（開口１０６ａ）を有する。第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｂ）は、主面同士が対向して配置された第３電極（第１電極１０３）及び第４電極（第２電極１０６）と、第３電極（第１電極１０３）の主面と第４電極（第２電極１０６）の主面とに接して配置された第２金属酸化物層（金属酸化物層１０４）と、第３電極（第１電極１０３）、第４電極（第２電極１０６）及び第２金属酸化物層（金属酸化物層１０４）を覆う第２絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）と、第４電極（第２電極１０６）の主面に対向する他面にビア１０８を介して接続された第４端子及び第５端子（第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２）と、第３電極（第１電極１０３）の主面に対向する他面にビア１０８を介して接続された第６端子（第３端子ＢＥ）とを有し、第２絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）は、第４電極（第２電極１０６）に対する平面視における第４端子と第５端子（第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２）との間において第４電極（第２電極１０６）の他面を第２絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）に覆われることなく露出させる第２開口（開口１０６ａ）を有し、第１検知回路（検知回路２００）は、第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２との間の第１抵抗値、並びに、第４端子及び第５端子（第１端子ＴＥ１と第２端子ＴＥ２）の少なくとも一方と第６端子（第３端子ＢＥ）との間の第２抵抗値を測定する第１測定回路（それぞれ、電流計２３０及び２３１）を有する。

[0068] これにより、半導体の製造工程で製造され得る微細な構造体である水素センサ１００ａ及び１００ｂを選択的に用いることで、低濃度の水素及び高濃度の水素が検知される。よって、従来に比べ、ガス流路を切り替えるバルブ等が不要であり、小型で、かつ、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置１０ｂが実現される。

[0069] また、第１検知回路（検知回路２００）は、さらに、第１抵抗値及び第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する第１制御回路（制御回路２１０）を有する。

[0070] また、第１制御回路（制御回路２１０）は、第１抵抗値に基づいて、第１抵抗値及び第２抵抗値を選択的に出力する。これにより、現実の水素濃度に応じて、動的に、適切な水素センサ１００ａ又は１００ｂが選択され、適切な測定レンジによる水素検知が行われる。

[0071] また、第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ａ）及び第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｂ）のいずれかを選択的に第１検知回路（検知回路２００）に接続する第１切替回路（切替回路２０ａ～２０ｃ）を備える。これにより、２種類の水素センサ１００ａ及び１００ｂを選択的に切り替えて検知回路２００に接続することで、低濃度の水素及び高濃度の水素が検知される。

[0072] 図９は、実施の形態の第３変形例に係る水素検知装置１０ｃの構成例を示すブロック図である。本変形例に係る水素検知装置１０ｃは、第２変形例に係る水素検知装置１０ｂに、予備の水素センサが追加された構成を備える。より詳しくは、水素検知装置１０ｃは、第２変形例に係る水素検知装置１０ｂの構成に加えて、横型モード専用の予備水素センサ１１０ａと、縦型モード専用の予備水素センサ１１０ｂと、３つの切替回路２１ａ～２１ｃとを備える。

[0073] 横型モード専用の予備水素センサ１１０ａは、横型モード専用の水素センサ１００ａと同じ構造を有する予備としての水素センサである。

[0074] 縦型モード専用の予備水素センサ１１０ｂは、縦型モード専用の水素センサ１００ｂと同じ構造を有する予備としての水素センサである。

[0075] ３つの切替回路２１ａ～２１ｃは、いずれも、１極双投（ＳＰＤＴ）スイッチ２つから構成されるスイッチである。切替回路２１ａは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と横型モード専用の予備水素センサ１１０ａの第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２との導通／非導通を切り替える。切替回路２１ｂは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と縦型モード専用の予備水素センサ１１０ｂの第１端子ＴＥ１及び第２端子ＴＥ２との導通／非導通を切

り替える。切替回路２１ｃは、検知回路２００が備える制御回路２１０による制御の下で、検知回路２００と横型モード専用の予備水素センサ１１０ａの第３端子ＢＥ及び縦型モード専用の予備水素センサ１１０ｂの第３端子ＢＥとの導通／非導通を切り替える。

[0076] なお、第３変形例に係る水素検知装置１０ｃでは、２個の予備水素センサ１１０ａ及び１１０ｂが備えられたが、予備水素センサとして、一つの予備水素センサだけ備えられてもよい。一つの予備水素センサを横型モード及び縦型モードとして選択的に使用することで、横型モード専用の水素センサ１００ａ及び縦型モード専用の水素センサ１００ｂのいずれの予備水素センサとしても機能し得る。

[0077] このように、第３変形例に係る水素検知装置１０ｃは、第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ａ）又は第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｂ）と同じ構造を有する予備水素センサ（予備水素センサ１１０ａ及び１１０ｂの少なくとも一つ）と、第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ａ）及び予備水素センサ（予備水素センサ１１０ａ及び１１０ｂの少なくとも一つ）のいずれかを選択的に、又は、第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｂ）及び予備水素センサ（予備水素センサ１１０ａ及び１１０ｂの少なくとも一つ）のいずれかを選択的に、第１検知回路（検知回路２００）に接続する第２切替回路（切替回路２１ａ～２１ｃ）とを備える。

[0078] これにより、横型モード専用の水素センサ１００ａ又は縦型モード専用の水素センサ１００ｂが故障した場合であっても、予備水素センサ１１０ａ及び１１０ｂの少なくとも一つを用いて水素検知を継続できるので、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置１０ｃの動作の信頼性が向上される。

[0079] 図１０は、実施の形態の第４変形例に係る水素検知装置１０ｄの構成例を示すブロック図である。本変形例に係る水素検知装置１０ｄは、水素センサを含む２つのブリッジ回路を備える。より詳しくは、水素検知装置１０ｄは

、それぞれ４個の抵抗素子で構成される第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂと、２つの切替回路２２ａ及び２２ｂと、切替回路２２ａ及び２２ｂを介して第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂに接続される検知回路２００ａとを備える。

[0080] 第１ブリッジ回路１２０ａは、低濃度の水素を検知するための回路であり、２個の抵抗器Ｒ１ａ及びＲ２ａと、１個の横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び１個の水素センサと略同一構造の抵抗素子１００ｄとで構成される合計４つの抵抗素子がブリッジ接続されている。水素センサと略同一構造の抵抗素子１００ｄの断面構造を図１１に示す。図１１は固定の抵抗値を示す抵抗Ｒ１００で、図から分かるように、この抵抗器Ｒ１００は、図１Ａに示される水素センサ１００において開口１０６ａが形成されていない（つまり、開口１０６ａが塞がれた）ものに相当する。よって、抵抗器Ｒ１００は、晒される水素濃度に依存することがなく、固定の抵抗値をもつ。２個の抵抗器Ｒ１ａ及びＲ２ａは、ポリシリコン等で構成される抵抗値が固定の、例えば、２０Ωの抵抗器である。１個の横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄは、図１０に示されるように、横型モードで水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄが駆動されるように、第１端子ＴＥ１には電圧ＶＨ（１Ｖ）、第３端子ＢＥには電圧ＶＢ（２．０Ｖ）が印加され、第２端子ＴＥ２は抵抗器Ｒ１ａ及びＲ２ａを介して基準電位（ＶＳＳ）に接続されている。

[0081] 第２ブリッジ回路１２０ｂは、高濃度の水素を検知するための回路であり、２個の抵抗器Ｒ１ｂ及びＲ２ｂと、１個の縦型モード専用の水素センサ１００ｅ及び１個の水素センサと略同一構造の抵抗素子１００ｆとで構成される合計４つの抵抗素子がブリッジ接続されている。抵抗素子１００ｆは抵抗素子１００ｄと同様、図１１の構造となる。２個の抵抗器Ｒ１ｂ及びＲ２ｂは、ポリシリコン等で構成される抵抗値が固定の、例えば、１０ｋΩの抵抗器である。１個の縦型モード専用の水素センサ１００ｅ及び抵抗素子１００ｆは、図１０に示されるように、縦型モードで水素センサ１００ｅ及び抵抗

素子１００ｆが駆動されるように、第１端子ＴＥ１には電圧ＶＨ（２．６Ｖ）、第２端子ＴＥ２には電圧ＶＬ（１．８Ｖ）が印加され、第３端子ＢＥには抵抗器Ｒ１ｂ及びＲ１ｂを介して基準電位（ＶＳＳ）に接続されている。

[0082] 検知回路２００ａは、第１ブリッジ回路１２０ａにおける２箇所の接続点間の第１電圧、及び、第２ブリッジ回路１２０ｂにおける２箇所の接続点間の第２電圧を測定するための電圧計２４０を有する。

[0083] 切替回路２２ａ及び２２ｂは、いずれも、単極双投（ＳＰＤＴ）スイッチである。切替回路２２ａは、検知回路２００ａによる制御の下で、第１ブリッジ回路１２０ａにおける横型モード専用の水素センサ１００ｃと抵抗器Ｒ１ａとの接続点、及び、第２ブリッジ回路１２０ｂにおける縦型モード専用の水素センサ１００ｅと抵抗器Ｒ１ｂとの接続点のいずれかを選択的に電圧計２４０の入力端子の一方（＋端子）に接続する切り替えを行う。切替回路２２ｂは、検知回路２００ａによる制御の下で、第１ブリッジ回路１２０ａにおける抵抗素子１００ｄと抵抗器Ｒ２ａとの接続点、及び、第２ブリッジ回路１２０ｂにおける抵抗素子１００ｆと抵抗器Ｒ２ｂとの接続点のいずれかを選択的に電圧計２４０の入力端子の他方（－端子）に接続する切り替えを行う。

[0084] これにより、第１ブリッジ回路１２０ａと電圧計２４０との２箇所の接続点のそれぞれには、水素センサ、又は、水素センサと略同一構造の抵抗器Ｒ１００と、抵抗器Ｒ１ａ又はＲ２ａとで生じる分圧電圧が生じる。よって、水素センサと抵抗器Ｒ１００の構造上の類似性から、これらの特性の変動要因が同相となって相殺され、温度変動や外乱ノイズに対して、動作の安定性が確保される。第２ブリッジ回路１２０ｂについても同様である。つまり、第２ブリッジ回路１２０ｂと電圧計２４０との２箇所の接続点のそれぞれには、水素センサ、又は、水素センサと略同一構造の抵抗器Ｒ１００と、抵抗器Ｒ１ｂ又はＲ２ｂとで生じる分圧電圧が生じる。よって、水素センサと抵抗器Ｒ１００の構造上の類似性から、これらの特性の変動要因が同相となって相殺され、温度変動や外乱ノイズに対して、動作の安定性が確保される。

[0085] 本変形例に係る水素検知装置１０ｄの動作（水素検知装置１０ｄの制御方法）は、例えば、図５に示されるフローチャートと同じである。つまり、検知回路２００ａは、まず、切替回路２２ａ及び２２ｂを制御することで、横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄを含む第１ブリッジ回路１２０ａを電圧計２４０に接続しており、横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄを用いて、横型モードで、低濃度の水素検知を行う（Ｓ１０）。横型モード専用の水素センサ１００ｃが水素を検知したためにこれらの抵抗バランスがくずれた場合（つまり、水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄの抵抗値に差が生じた場合）には、電圧計２４０によって極性付き電圧として計測される。

[0086] ここで、検知回路２００ａは、電圧計２４０による電圧値（又は、電圧から換算した水素濃度）を得る度に、その電圧値（又は水素濃度）が閾値（例えば、水素濃度１％、又は、それに対応する電圧値）を超えているか否かを判断する（Ｓ１１）。

[0087] その結果、得た電圧値（又は水素濃度）が閾値（例えば、水素濃度１％、又は、それに対応する電圧値）を超えている場合には（Ｓ１１でＹｅｓ）、検知回路２００ａは、切替回路２２ａ及び２２ｂを制御することで、電圧計２４０に接続するブリッジ回路を、横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄを含む第１ブリッジ回路１２０ａから、縦型モード専用の水素センサ１００ｅ及び抵抗素子１００ｆを含む第２ブリッジ回路１２０ｂに切り替えて水素濃度を検知する（Ｓ１２）。

[0088] 一方、得た電圧値（又は水素濃度）が閾値（例えば、水素濃度１％、又は、それに対応する電圧値）を超えていない場合には（Ｓ１１でＮｏ）、検知回路２００ａは、横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄを含む第１ブリッジ回路１２０ａを用いた水素検知を継続する。

[0089] このように、第４変形例に係る水素検知装置１０ｄは、それぞれ４個の抵抗素子で構成される第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂと、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂに接続され

る第２検知回路（検知回路２００ａ）とを備え、第１ブリッジ回路１２０ａを構成する４個の抵抗素子の１個は、第１水素センサ（横型モード専用の水素センサ１００ｃ）であり、第２ブリッジ回路１２０ｂを構成する４個の抵抗素子の１個は、第２水素センサ（縦型モード専用の水素センサ１００ｅ）であり、第２検知回路（検知回路２００ａ）は、第１ブリッジ回路１２０ａにおける２箇所の接続点間の第１電圧、及び、第２ブリッジ回路１２０ｂにおける２箇所の接続点間の第２電圧を測定する第２測定回路（電圧計２４０）を有する。

[0090] これにより、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂを構成する水素センサ１００ｃ、１００ｅと抵抗素子１００ｄ、１００ｆの抵抗バランスがくずれた場合又は他の抵抗素子と抵抗値の差が生じた場合に、敏感に、電圧計２４０によってその事象が検知されるので、高感度で、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置１０ｄが実現される。

[0091] また、第１ブリッジ回路１２０ａを構成する４個の抵抗素子のうち、第１電圧を決定する位置関係において第１水素センサ１００ｃに対応する抵抗素子１００ｄは、第１水素センサにおいて第１開口（開口１０６ａ）が形成されていない構造を有する。また、第２ブリッジ回路１２０ｂを構成する４個の抵抗素子のうち、第２電圧を決定する位置関係において第２水素センサ１００ｅに対応する抵抗素子１００ｆは、第２水素センサにおいて第２開口（開口１０６ａ）が形成されていない構造を有する。

[0092] これにより、第１ブリッジ回路１２０ａを構成する４個の抵抗素子は、基本構造が同じ抵抗素子となり、水素が存在しない環境下において第１ブリッジ回路１２０ａの抵抗バランスが高い精度で維持され、高感度の水素検知装置１０ｄが実現され得る。４個の抵抗素子について、開口の形成を除き、同じ工程の製造プロセスを適用できるというメリットもある。第２ブリッジ回路１２０ｂについても同様のことが言える。

[0093] 図１２は、実施の形態の第５変形例に係る水素検知装置１０ｅの構成例を

示すブロック図である。本変形例に係る水素検知装置１０ｅは、第４変形例に係る水素検知装置１０ｄに、予備のブリッジ回路追加された構成を備える。より詳しくは、水素検知装置１０ｅは、第４変形例に係る水素検知装置１０ｄの構成に加えて、２つの予備ブリッジ回路（第１予備ブリッジ回路１３０ａ及び第２予備ブリッジ回路１３０ｂ）と、４つの切替回路２２ｃ～２２ｆとを備える。

[0094] 第１予備ブリッジ回路１３０ａは、第１ブリッジ回路１２０ａと同じ構成を備える。第２予備ブリッジ回路１３０ｂは、第２ブリッジ回路１２０ｂと同じ構成を備える。よって、第１予備ブリッジ回路１３０ａには、第１水素センサ１００ｇ及び水素センサと略同一構造の抵抗素子１００ｈを含む。抵抗素子１００ｈは、第１水素センサにおいて第１開口（開口１０６ａ）が形成されていない構造を有する。（つまり、抵抗器Ｒ１００である）。また、第２予備ブリッジ回路１３０ｂには、第２水素センサ１００ｉ及び水素センサと略同一構造の抵抗素子１００ｊを含む。抵抗素子１００ｊは、第２水素センサにおいて第２開口（開口１０６ａ）が形成されていない構造を有する（つまり、抵抗器Ｒ１００である）。

[0095] 切替回路２２ｃ及び２２ｄは、いずれも、単極双投（ＳＰＤＴ）スイッチである。切替回路２２ｃは、検知回路２００ａによる制御の下で、第１予備ブリッジ回路１３０ａにおける横型モード専用の水素センサ１００ｇと抵抗器Ｒ３ａとの接続点、及び、第２予備ブリッジ回路１３０ｂにおける縦型モード専用の水素センサ１００ｉと抵抗器Ｒ３ｂとの接続点のいずれかを選択的に電圧計２４０の入力端子の一方に接続する切り替えを行う。切替回路２２ｄは、検知回路２００ａによる制御の下で、第１予備ブリッジ回路１３０ａにおける抵抗素子１００ｈと抵抗器Ｒ４ａとの接続点、及び、第２予備ブリッジ回路１３０ｂにおける抵抗素子１００ｊと抵抗器Ｒ４ｂとの接続点のいずれかを選択的に電圧計２４０の入力端子の他方に接続する切り替えを行う。

[0096] 切替回路２２ｅ及び２２ｆは、いずれも、単極双投（ＳＰＤＴ）スイッチ

である。切替回路２２ｅは、検知回路２００ａによる制御の下で、第２ブリッジ回路１２０ｂ及び第２予備ブリッジ回路１３０ｂのいずれかを選択的に電圧計２４０の入力端子の一方に接続する切り替えを行う。切替回路２２ｆは、検知回路２００ａによる制御の下で、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第１予備ブリッジ回路１３０ａのいずれかを選択的に電圧計２４０の入力端子の他方に接続する切り替えを行う。

[0097] 本変形例に係る水素検知装置１０ｅの動作例は、図７と同様の処理である。つまり、検知回路２００ａは、切替回路２２ｅ及び２２ｆを制御することで、通常、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂを用いて低濃度及び高濃度の水素検知を行っており、もし、いずれかのブリッジ回路が正常に動作していないと判断した場合に、そのブリッジ回路を対応する予備ブリッジ回路に切り替えたうえで、低濃度及び高濃度の水素検知を行う。

[0098] このように、第５変形例に係る水素検知装置１０ｅは、第４変形例に係る水素検知装置１０ｄの構成に加えて、第１ブリッジ回路１２０ａ又は第２ブリッジ回路１２０ｂと同じ構成を有する予備ブリッジ回路（変形例では、第１ブリッジ回路１２０ａと同じ構成を有する第１予備ブリッジ回路１３０ａ、第２ブリッジ回路１２０ｂと同じ構成を有する第２予備ブリッジ回路１３０ｂ）と、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第１予備ブリッジ回路１３０ａのいずれかを選択的に、又は、第２ブリッジ回路１２０ｂ及び第２予備ブリッジ回路１３０ｂのいずれかを選択的に、第２検知回路（検知回路２００ａ）に接続する第３切替回路（切替回路２２ｅ及び２２ｆ）とを備える。

[0099] これにより、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂのいずれかが故障した場合であっても、第１予備ブリッジ回路１３０ａ及び第２予備ブリッジ回路１３０ｂの少なくとも一つを用いて水素検知を継続できるので、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置１０ｅの動作の信頼性が向上される。

[0100] なお、第５変形例に係る水素検知装置１０ｅでは、２個の予備ブリッジ回

路（第１予備ブリッジ回路１３０ａ及び第２予備ブリッジ回路１３０ｂ）が備えられたが、予備ブリッジ回路として、一つの予備ブリッジ回路だけ備えられてもよい。一つの予備ブリッジ回路を備える場合であっても、対応する第１ブリッジ回路１２０ａ又は第２ブリッジ回路１２０ｂの予備ブリッジ回路として機能することで、水素検知装置の動作の信頼性が向上される。

[0101] 図１３Ａは、実施の形態の第６変形例に係る水素検知装置３００の構成例を示すブロック図である。水素検知装置３００は、半導体チップ３４０と電圧計３３０とで構成される。半導体チップ３４０には、固定の電位に接続される端子３０１～３０４と、ブリッジ回路を構成する第１抵抗素子の一例である水素センサ３１０、第２抵抗素子の一例である抵抗器Ｒ１、第３抵抗素子の一例であるリファレンス素子３１１及び第４抵抗素子の一例である抵抗器Ｒ２と、切替回路３２０～３２３とが形成されている。なお、水素検知装置３００としては、必ずしも電圧計３３０を必要とするものではない。

[0102] 水素センサ３１０は、図１Ａに示される水素センサ１００と同じ構造を有するセンサであり、主面同士が対向して配置された第１電極１０３及び第２電極１０６と、第１電極１０３の主面と第２電極１０６の主面とに接して配置された第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）と、第１電極１０３、第２電極１０６及び第１金属酸化物層（金属酸化物層１０４）を覆う第１絶縁膜（絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）とを有する。そして、第１絶縁膜は、第２電極１０６の主面に対向する他面を、第１絶縁膜に覆われることなく露出させる開口（開口１０６ａ）を有する。さらに、水素センサ３１０は、第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥを有する。

[0103] リファレンス素子３１１は、図１１に示される抵抗Ｒ１００と同じ構造を有し、図１Ａに示される水素センサ１００において開口１０６ａが形成されていない（つまり、開口１０６ａが塞がれた）ものに相当する。つまり、リファレンス素子３１１は、主面同士が対向して配置された第３電極（図１１の第１電極１０３）及び第４電極（図１１の第２電極１０６）と、第３電極（図１１の第１電極１０３）の主面と第４電極（図１１の第２電極１０６）

の主面とに接して配置された第２金属酸化物層（図１１の金属酸化物層１０４）と、第３電極（図１１の第１電極１０３）、第４電極（図１１の第２電極１０６）及び第２金属酸化物層（図１１の金属酸化物層１０４）を覆う第２絶縁膜（図１１の絶縁膜１０７ａ～１０７ｃ等）とを有する。そして、第２絶縁膜は、第４電極（図１１の第２電極１０６）の主面に対向する他面を、第２絶縁膜に覆われることなく露出させる開口を有しない。さらに、リファレンス素子３１１は、水素センサ３１０と同様に、第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥを有する。

[0104] ２個の抵抗器Ｒ１及びＲ２は、同じ抵抗値を有し、ポリシリコン等で構成される抵抗値が固定の、例えば、２０Ωの抵抗器である。

[0105] 切替回路３２０及び３２１は、水素センサ１００を横型モード及び縦型モードのいずれかの接続状態に切り替えるためのスイッチである。具体的には、水素センサ１００を横型モードの接続状態にする場合には、外部からの制御信号により、切替回路３２０は、水素センサ１００の第２端子ＴＥ２を抵抗器Ｒ１に接続し、かつ、切替回路３２１は、水素センサ１００の第３端子ＢＥを端子３０３に接続する。一方、水素センサ１００を縦型モードの接続状態にする場合には、外部からの制御信号により、切替回路３２０は、水素センサ１００の第２端子ＴＥ２を端子３０１に接続し、かつ、切替回路３２１は、水素センサ１００の第３端子ＢＥを抵抗器Ｒ１に接続する。

[0106] 切替回路３２２及び３２３は、リファレンス素子３１１を横型モード及び縦型モードのいずれかの接続状態に切り替えるためのスイッチである。具体的には、リファレンス素子３１１を横型モードの接続状態にする場合には、外部からの制御信号により、切替回路３２２は、リファレンス素子３１１の第２端子ＴＥ２を抵抗器Ｒ２に接続し、かつ、切替回路３２３は、リファレンス素子３１１の第３端子ＢＥを端子３０３に接続する。一方、リファレンス素子３１１を縦型モードの接続状態にする場合には、外部からの制御信号により、切替回路３２２は、リファレンス素子３１１の第２端子ＴＥ２を端子３０１に接続し、かつ、切替回路３２３は、リファレンス素子３１１の第

３端子ＢＥを抵抗器Ｒ２に接続する。

[0107] 図１３Ｂは、図１３Ａに示される水素検知装置３００の等価回路図である。ここでは、理解の便宜上、図１３Ａには図示されていない外部の直流電圧源３３１も併せて図示されている。本図に示される等価回路図は、水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１が横型モードの接続状態となって低濃度の水素を検知するケース、並びに、水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１が縦型モードの接続状態となって高濃度の水素を検知するケースの両方のケースに適用できる等価回路を示す。

[0108] 基本的には、水素センサ３１０が横型モードで使用される場合には、リファレンス素子３１１も横型モードで使用され、一方、水素センサ３１０が縦型モードで使用される場合には、リファレンス素子３１１も縦型モードで使用される。

[0109] 水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１は、上述したように、基本的には同じ構造をもち、水素が存在しない環境下において、同じ抵抗値をもつ。抵抗器Ｒ１及びＲ２は、固定の抵抗値をもつ。水素が存在する環境下においては、水素センサ３１０の抵抗値だけが変化し、水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１との間で抵抗値に差が生じ、その結果、水素センサ３１０と抵抗器Ｒ１との接続点での電位と、リファレンス素子３１１と抵抗器Ｒ２との接続点での電位とに差が生じ、その電位差が電圧計３３０で計測される。

[0110] このように、本変形例に係る水素検知装置３００は、水素センサを含むブリッジ回路及び切替回路３２０～３２３で構成されるので、高感度で、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置が実現される。

[0111] また、ブリッジ回路を構成する水素センサ３１０、リファレンス素子３１１、抵抗器Ｒ１及びＲ２は、一つの半導体チップ３４０に同一の半導体製造プロセスで形成されるので、これらがプリント基板に実装されるケースに比べ、水素検知装置３００の小型化が実現される。

[0112] なお、本変形例に係る水素検知装置３００では、水素センサ３１０及びリ

ファレンス素子３１１は、横型モード及び縦型モードで選択的に切り替え可能であったが、必ずしも、このような切り替え可能である必要はなく、いずれかのモードに固定されていてもよい。よって、水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１には、必ずしも、３つの端子（第１端子ＴＥ１、第２端子ＴＥ２及び第３端子ＢＥ）が設けられる必要はなく、２箇所の端子が設けられていてもよい。

[0113] また、本変形例に係る水素検知装置３００では、水素センサ３１０、リファレンス素子３１１、抵抗器Ｒ１及びＲ２は、一つの半導体チップ３４０に形成されたが、これら４つの抵抗素子のうち水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１だけが一つの半導体チップ３４０に形成されてもよい。いずれの形態であっても、水素センサ３１０及びリファレンス素子３１１が同じ基本構造をもち、ブリッジ回路を構成している点において変わりはなく、高感度の水素検知が実現される。

[0114] 以上、本開示の水素検知装置及び水素検知装置の制御方法について、実施の形態及び変形例に基づいて説明したが、本開示は、これらの実施の形態及び変形例に限定されるものではない。本開示の主旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態及び変形例に施したものや、実施の形態及び変形例における一部の構成要素を組み合わせて構築される別の形態も、本開示の範囲内に含まれる。

[0115] 例えば、実施の形態に係る水素検知装置１０では、検知回路２００は、２つの電流計２３０及び２３１を備えたが、この構成に限られず、１つの電流計を備え、１つの電流計を横型モードと縦型モードとで切り替えて使用してもよい。

[0116] また、実施の形態に係る水素検知装置１０では、検知回路２００は、外部からの指示ＣＭＤ１に基づいて動作する機能を備えたが、必ずしも外部からの指示ＣＭＤ１は必要ではない。図５のフローチャートに示されるように、常時、横型モードで動作し、水素濃度が閾値を超えた場合に縦型モードに切り替える等の固定の処理フローで動作してもよい。

[0117] また、実施の形態に係る水素検知装置１０では、横型モードでは、第１端子ＴＥ１から第２端子ＴＥ２に電流を流れ、たが、電流の流れる向きは、逆であってもよい。

[0118] また、実施の形態に係る水素検知装置１０では、常時、横型モードによる駆動が行われたが、このような駆動形態に限られず、横型モードと縦型モードとを時分割で切り替える駆動が行われてもよい。

[0119] また、第１変形例に係る水素検知装置１０ａ等では、切替回路２０ａ～２０ｃは、水素センサの端子を検知回路２００及びグランドのいずれかに接続する双投スイッチであったが、単に、水素センサの端子を検知回路２００に接続するか否か（ＯＮ／ＯＦＦ型）の単投スイッチであってもよい。

[0120] また、第４変形例に係る水素検知装置１０ｄでは、検知回路２００ａは、１つの電圧計２４０を備え、第１ブリッジ回路１２０ａ及び第２ブリッジ回路１２０ｂのいずれかと選択的に接続されたが、この構成に限られず、第１ブリッジ回路１２０ａと接続される電圧計と、第２ブリッジ回路１２０ｂと接続される電圧計の合計２つの電圧計を備えてもよい。

[0121] また、第５変形例に係る水素検知装置１０ｅでは、２個の予備ブリッジ回路（第１予備ブリッジ回路１３０ａ及び第２予備ブリッジ回路１３０ｂ）が備えられたが、これに代えて、あるいは、これに加えて、第１変形例及び第３変形例のように、第１ブリッジ回路１２０ａを構成する横型モード専用の水素センサ１００ｃ及び抵抗素子１００ｄを代替する少なくとも一つの予備水素センサを設けたり、第２ブリッジ回路１２０ｂを構成する縦型モード専用の水素センサ１００ｅ及び抵抗素子１００ｆを代替する少なくとも一つの予備水素センサを設けたりしてもよい。

産業上の利用可能性

[0122] 本開示に係る水素検知装置は、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置として、特に、小型で、かつ、低濃度と高濃度の水素を検知するワイドレンジの水素検知装置として、例えば、燃料電池自動車に搭載される水素検知装置として、利用できる。

符号の説明

[0123] １０、１０ａ～１０ｅ　水素検知装置

２０ａ～２０ｃ、２１ａ～２１ｃ、２２ａ～２２ｆ　切替回路

１００、１００ａ～１００ｃ、１００ｅ、１００ｇ、１００ｉ　水素センサ

１００ｄ、１００ｆ、１００ｈ、１００ｊ　抵抗素子

１０２　絶縁膜

１０３　第１電極

１０４　金属酸化物層

１０４ａ　第１層

１０４ｂ　第２層

１０４ｉ　絶縁分離層

１０６　第２電極

１０６ａ、ＴＥ１ａ、ＴＥ２ａ、ＢＥａ　開口

１０６ｅ　露出部分

１０６ｓ　金属層

１０７ａ、１０７ｂ、１０７ｃ、１０９ａ、１０９ｂ　絶縁膜

１０８　ビア

１１０、１１０ａ、１１０ｂ　予備水素センサ

１１４　配線

１２０ａ　第１ブリッジ回路

１２０ｂ　第２ブリッジ回路

１３０ａ　第１予備ブリッジ回路

１３０ｂ　第２予備ブリッジ回路

２００、２００ａ　検知回路

２１０　制御回路

２２０　駆動回路

２３０、２３１　電流計

２４０　電圧計

３００　水素検知装置

３０１～３０４　端子

３１０　水素センサ

３１１　リファレンス素子

３２０～３２３　切替回路

３３０　電圧計

３３１　直流電圧源

３４０　半導体チップ

ＴＥ１　第１端子

ＴＥ２　第２端子

ＢＥ　第３端子

Ｒ１、Ｒ２、Ｒ１ａ、Ｒ１ｂ、Ｒ２ａ、Ｒ２ｂ、Ｒ３ａ、Ｒ３ｂ、Ｒ４ａ、Ｒ４ｂ、Ｒ１００　抵抗器

請求の範囲

[請求項1] 水素を検知する第１水素センサ及び第２水素センサと、

前記第１水素センサ及び前記第２水素センサに接続される第１検知回路とを備え、

前記第１水素センサは、

主面同士が対向して配置された第１電極及び第２電極と、

前記第１電極の前記主面と前記第２電極の前記主面とに接して配置された第１金属酸化物層と、

前記第１電極、前記第２電極及び前記第１金属酸化物層を覆う第１絶縁膜と、

前記第２電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第１端子及び第２端子と、

前記第１電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第３端子とを有し、

前記第１絶縁膜は、前記第２電極に対する平面視における前記第１端子と前記第２端子との間において前記第２電極の前記他面を前記第１絶縁膜に覆われることなく露出させる第１開口を有し、

前記第２水素センサは、

主面同士が対向して配置された第３電極及び第４電極と、

前記第３電極の前記主面と前記第４電極の前記主面とに接して配置された第２金属酸化物層と、

前記第３電極、前記第４電極及び前記第２金属酸化物層を覆う第２絶縁膜と、

前記第４電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第４端子及び第５端子と、

前記第３電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第６端子とを有し、

前記第２絶縁膜は、前記第４電極に対する平面視における前記第４

端子と前記第５端子との間において前記第４電極の前記他面を前記第２絶縁膜に覆われることなく露出させる第２開口を有し、

前記第１検知回路は、

前記第１端子と前記第２端子との間の第１抵抗値、並びに、前記第４端子及び前記第５端子の少なくとも一方と前記第６端子との間の第２抵抗値を測定する第１測定回路を有する、

水素検知装置。

[請求項2] 前記第１検知回路は、さらに、前記第１抵抗値及び前記第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する第１制御回路を有する、

請求項１記載の水素検知装置。

[請求項3] 前記第１制御回路は、前記第１抵抗値に基づいて、前記第１抵抗値及び前記第２抵抗値を選択的に出力する、

請求項２記載の水素検知装置。

[請求項4] さらに、前記第１水素センサ及び前記第２水素センサのいずれかを選択的に前記第１検知回路に接続する第１切替回路を備える、

請求項１～３のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項5] さらに、

前記第１水素センサ又は前記第２水素センサと同じ構造を有する予備水素センサと、

前記第１水素センサ及び前記予備水素センサのいずれかを選択的に、又は、前記第２水素センサ及び前記予備水素センサのいずれかを選択的に、前記第１検知回路に接続する第２切替回路とを備える、

請求項１～４のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項6] それぞれ４個の抵抗素子で構成される第１ブリッジ回路及び第２ブリッジ回路と、

前記第１ブリッジ回路及び前記第２ブリッジ回路に接続される第２検知回路とを備え、

前記第１ブリッジ回路を構成する前記４個の抵抗素子の１個は、請

求項１記載の第１水素センサであり、

前記第２ブリッジ回路を構成する前記４個の抵抗素子の１個は、請求項１記載の第２水素センサであり、

前記第２検知回路は、前記第１ブリッジ回路における２箇所の接続点間の第１電圧、及び、前記第２ブリッジ回路における２箇所の接続点間の第２電圧を測定する第２測定回路を有する、

水素検知装置。

[請求項7] 前記第１ブリッジ回路を構成する前記４個の抵抗素子のうち、前記第１電圧を決定する位置関係において前記第１水素センサに対応する抵抗素子は、前記第１水素センサにおいて前記第１開口が形成されていない構造を有し、

前記第２ブリッジ回路を構成する前記４個の抵抗素子のうち、前記第２電圧を決定する位置関係において前記第２水素センサに対応する抵抗素子は、前記第２水素センサにおいて前記第２開口が形成されていない構造を有する、

請求項６記載の水素検知装置。

[請求項8] さらに、

前記第１ブリッジ回路又は前記第２ブリッジ回路と同じ構成を有する予備ブリッジ回路と、

前記第１ブリッジ回路及び前記予備ブリッジ回路のいずれかを選択的に、又は、前記第２ブリッジ回路及び前記予備ブリッジ回路のいずれかを選択的に、前記第２検知回路に接続する第３切替回路とを備える、

請求項６又は７記載の水素検知装置。

[請求項9] 前記第１水素センサは、前記第２水素センサに比べ、低濃度の水素を検知する、

請求項１～８のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項10] 前記第１金属酸化物層及び前記第２金属酸化物層は、遷移金属酸化

物で構成される、

請求項１～９のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項11] 前記第１電極及び前記第３電極は、遷移金属窒化物で構成され、

前記第２電極及び前記第４電極は、貴金属で構成される、

請求項１～１０のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項12] 水素を検知する第１水素センサと、

前記第１水素センサに接続される第３検知回路とを備え、

前記第１水素センサは、

主面同士が対向して配置された第１電極及び第２電極と、

前記第１電極の前記主面と前記第２電極の前記主面とに接して配置された第１金属酸化物層と、

前記第１電極、前記第２電極及び前記第１金属酸化物層を覆う第１絶縁膜と、

前記第２電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第１端子及び第２端子と、

前記第１電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第３端子とを有し、

前記第１絶縁膜は、前記第２電極に対する平面視における前記第１端子と前記第２端子との間において前記第２電極の前記他面を前記第１絶縁膜に覆われることなく露出させる第１開口を有し、

前記第３検知回路は、

前記第１端子と前記第２端子との間の第１抵抗値、並びに、前記第１端子及び前記第２端子の少なくとも一方と前記第３端子との間の第２抵抗値を測定する第３測定回路と、

前記第１抵抗値及び前記第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する第２制御回路とを有する、

水素検知装置。

[請求項13] 前記第２制御回路は、前記第１抵抗値に基づいて、前記第１抵抗値

及び前記第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する、

請求項１２記載の水素検知装置。

[請求項14] さらに、

前記第１水素センサと同じ構造を有する予備水素センサと、

前記第１水素センサ及び前記予備水素センサのいずれかを選択的に前記第３検知回路に接続する第３切替回路とを備える、

請求項１２又は１３記載の水素検知装置。

[請求項15] 前記第１抵抗値は、前記第２抵抗値に比べ、低濃度の水素に対して依存性を有する、

請求項１２～１４のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項16] 前記第１金属酸化物層は、遷移金属酸化物で構成される、

請求項１２～１５のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項17] 前記第１電極は、遷移金属窒化物で構成され、

前記第２電極は、貴金属で構成される、

請求項１２～１６のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項18] ブリッジ回路を構成する第１抵抗素子、第２抵抗素子、第３抵抗素子及び第４抵抗素子を備え、

前記第１抵抗素子の一端と前記第２抵抗素子の一端とは、接続され、

前記第３抵抗素子の一端と前記第４抵抗素子の一端とは、接続され、

前記第１抵抗素子の他端と前記第３抵抗素子の他端とは、接続され、

前記第２抵抗素子の他端と前記第４抵抗素子の他端とは、接続され、

前記第１抵抗素子は、水素センサであり、

主面同士が対向して配置された第１電極及び第２電極と、

前記第１電極の前記主面と前記第２電極の前記主面とに接して配置

された第１金属酸化物層と、

前記第１電極、前記第２電極及び前記第１金属酸化物層を覆う第１絶縁膜とを有し、

前記第１絶縁膜は、前記第２電極の前記主面に対向する他面を、前記第１絶縁膜に覆われることなく露出させる開口を有し、

前記第３抵抗素子は、リファレンス素子であり、

主面同士が対向して配置された第３電極及び第４電極と、

前記第３電極の前記主面と前記第４電極の前記主面とに接して配置された第２金属酸化物層と、

前記第３電極、前記第４電極及び前記第２金属酸化物層を覆う第２絶縁膜とを有し、

前記第２絶縁膜は、前記第４電極の前記主面に対向する他面を、前記第２絶縁膜に覆われることなく露出させる開口を有しない、

水素検知装置。

[請求項19] 前記第１抵抗素子は、前記第１抵抗素子の一端及び他端として、前記第２電極の前記他面にビアを介して接続された第１端子と第２端子とを有し、

前記開口は、前記第２電極に対する平面視における前記第１端子と前記第２端子との間に形成されている、

請求項１８記載の水素検知装置。

[請求項20] 前記第１抵抗素子は、前記第１抵抗素子の一端及び他端として、前記第２電極の前記他面にビアを介して接続された端子と前記第１電極の前記主面に対向する他面にビアを介して接続された第３端子とを有する、

請求項１８記載の水素検知装置。

[請求項21] 前記第１抵抗素子、前記第２抵抗素子、前記第３抵抗素子及び前記第４抵抗素子のうち、少なくとも、前記第１抵抗素子及び前記第３抵抗素子は、１つの半導体チップに形成されている、

請求項１８～２０のいずれか１項に記載の水素検知装置。

[請求項22] 前記第１抵抗素子、前記第２抵抗素子、前記第３抵抗素子及び前記第４抵抗素子は、前記１つの半導体チップに形成されている、

請求項２１に記載の水素検知装置。

[請求項23] 請求項１記載の水素検知装置の制御方法であって、

前記第１検知回路は、

前記第１抵抗値を取得し、

取得した前記第１抵抗値に基づいて、前記第１抵抗値及び前記第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する、

制御方法。

[請求項24] 請求項６記載の水素検知装置の制御方法であって、

前記第２検知回路は、

前記第１電圧を取得し、

取得した前記第１電圧に基づいて、前記第１電圧及び前記第２電圧のいずれかを選択的に出力する、

制御方法。

[請求項25] 請求項１２記載の水素検知装置の制御方法であって、

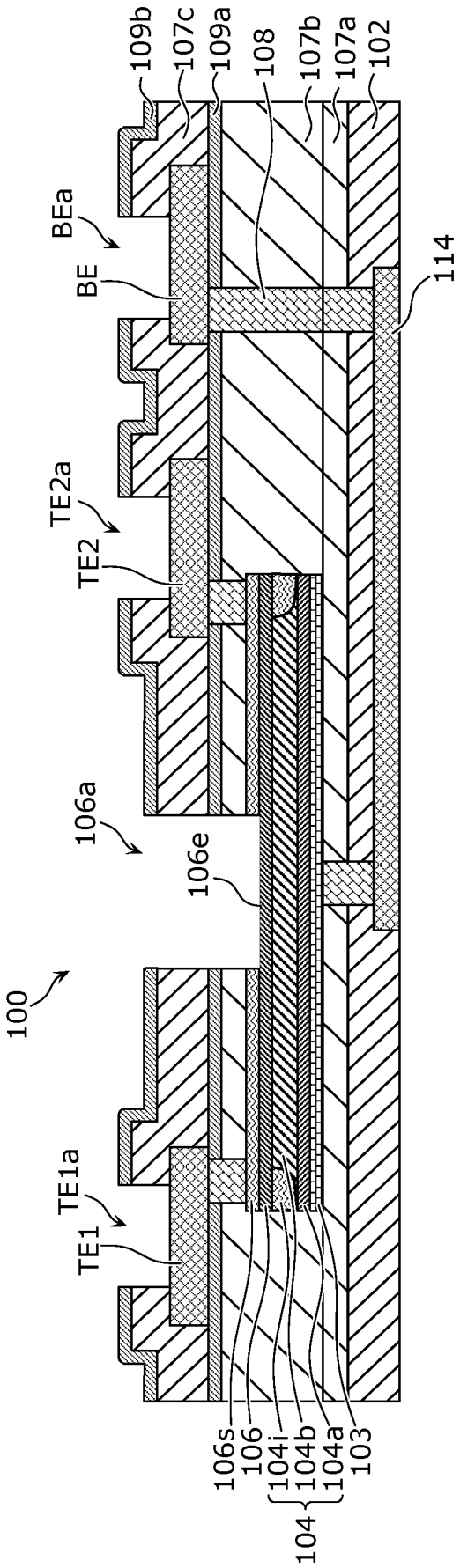
前記第３検知回路は、

前記第１抵抗値を取得し、

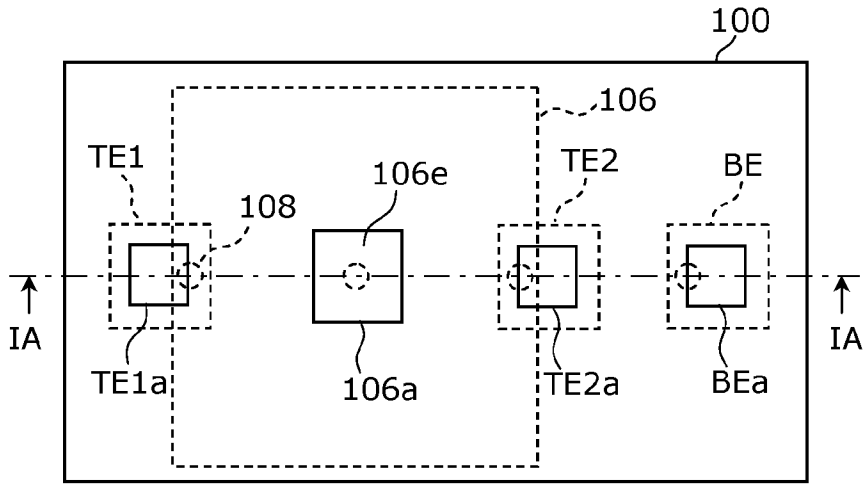
取得した前記第１抵抗値に基づいて、前記第１抵抗値及び前記第２抵抗値のいずれかを選択的に出力する、

制御方法。

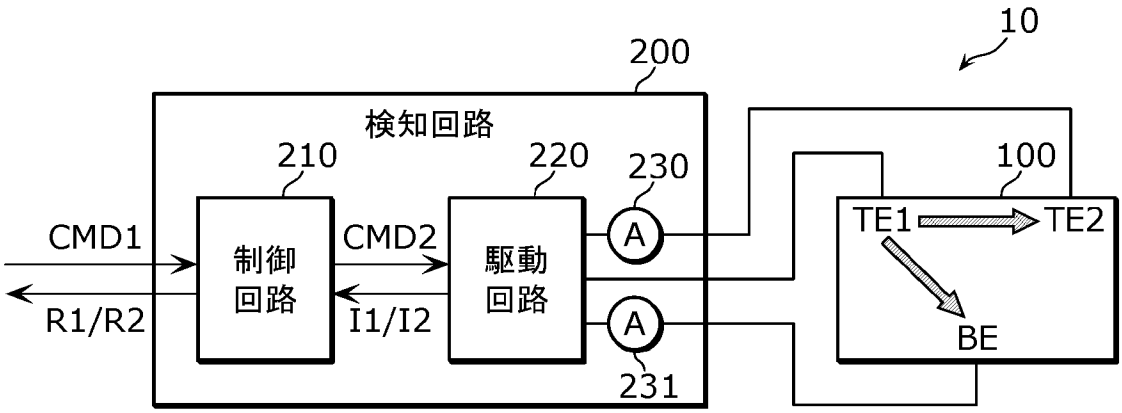
[図1A]


109b
107c
109a
108
107b
107a
102
BEa
BE
114
TE2a
TE2
106a
106e
100
TE1a
TE1
106s
106
104i
104b
104a
103
104

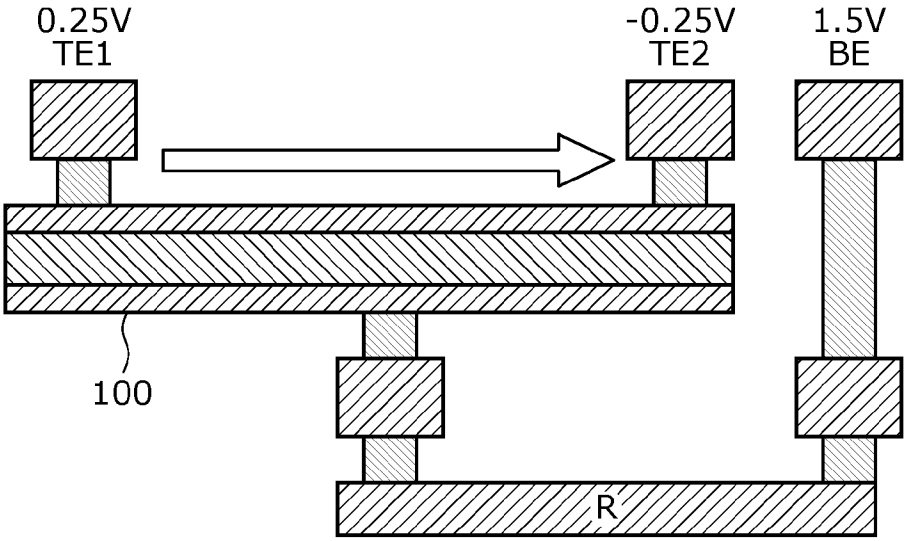
[図1B]


100
106
TE1
108
106e
TE2
BE
IA
IA
TE1a
106a
TE2a
BEa

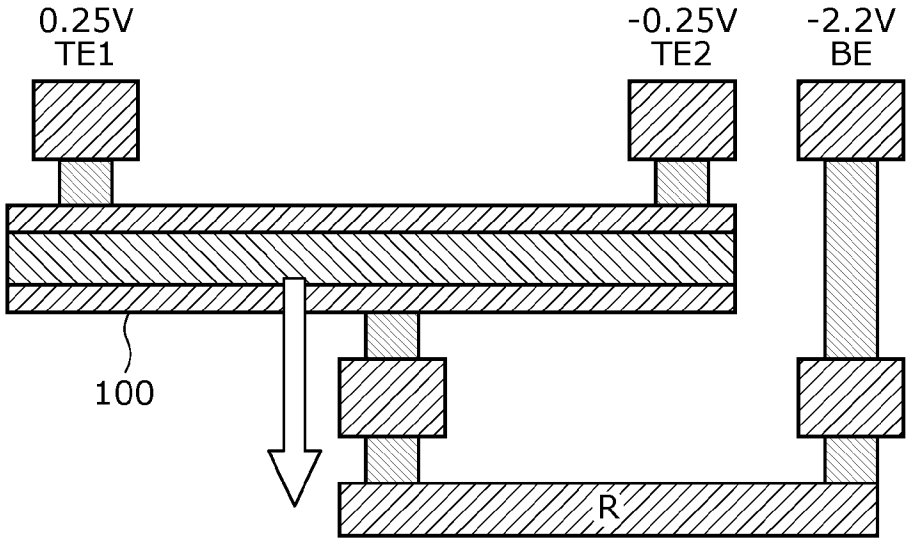
[図2A]


10
200
検知回路
210
220
230
100
CMD1
制御
回路
CMD2
駆動
回路
A
TE1
TE2
R1/R2
I1/I2
A
BE
231

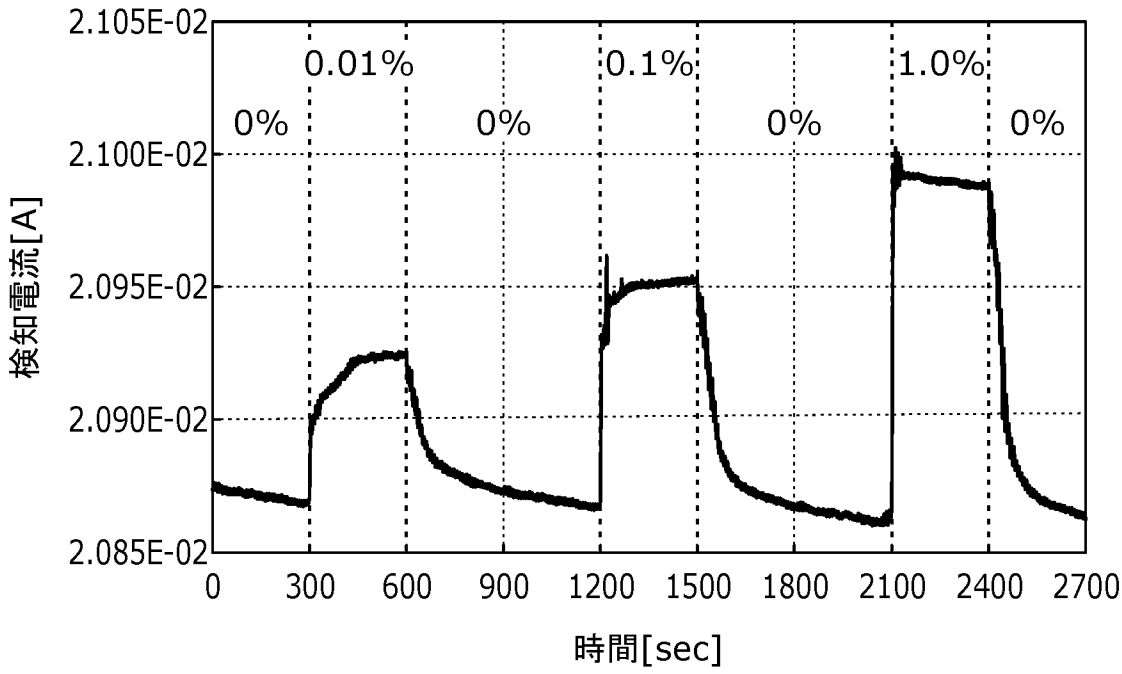
[図2B]


0.25V
TE1
-0.25V
TE2
1.5V
BE
100
R

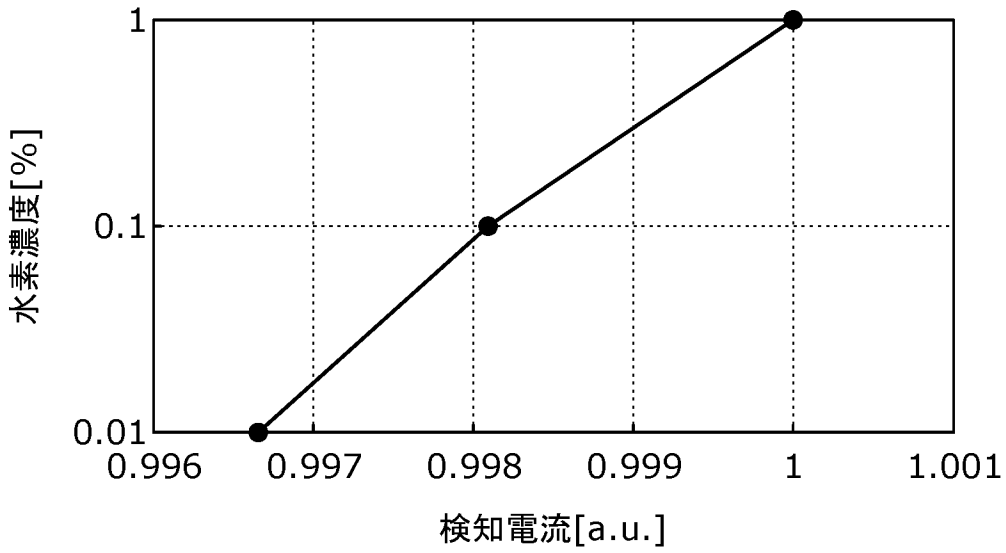
[図2C]


0.25V
TE1
-0.25V
TE2
-2.2V
BE
100
R

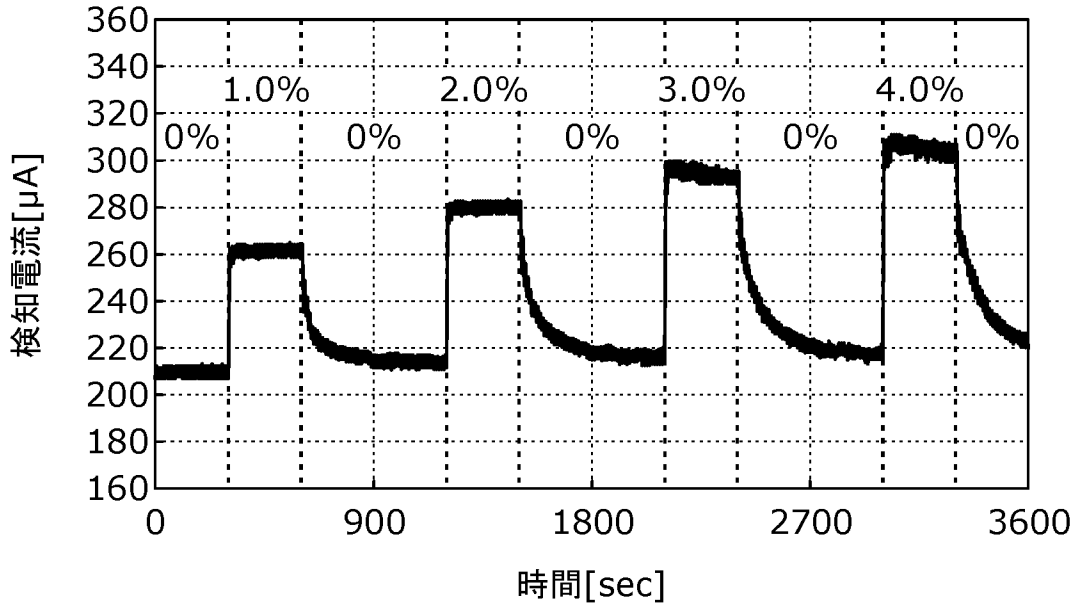
[図3A]


2.105E-02
2.100E-02
2.095E-02
2.090E-02
2.085E-02
検知電流[A]
0%
0.01%
0%
0.1%
0%
1.0%
0%
0
300
600
900
1200
1500
1800
2100
2400
2700
時間[sec]

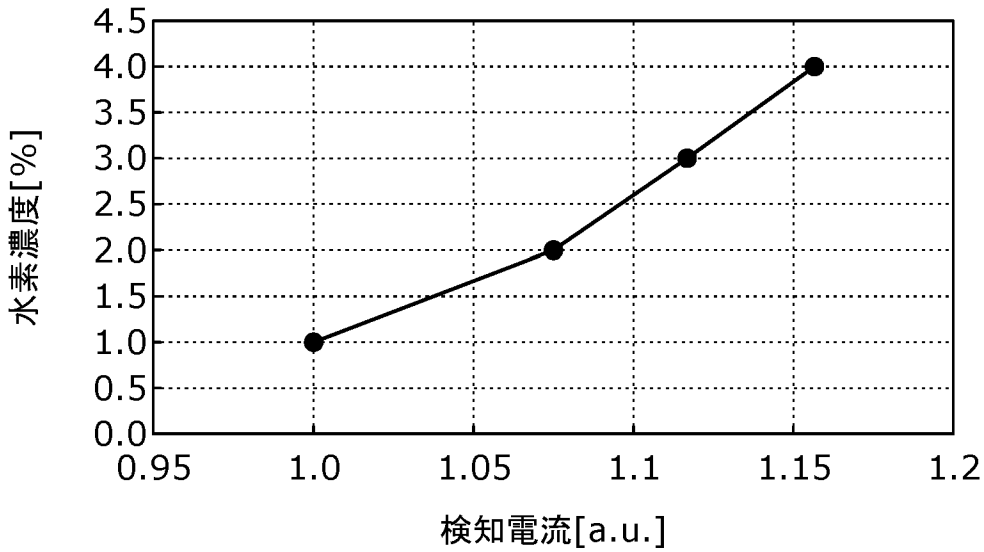
[図3B]


1
0.1
0.01
水素濃度[%]
0.996
0.997
0.998
0.999
1
1.001
検知電流[a.u.]

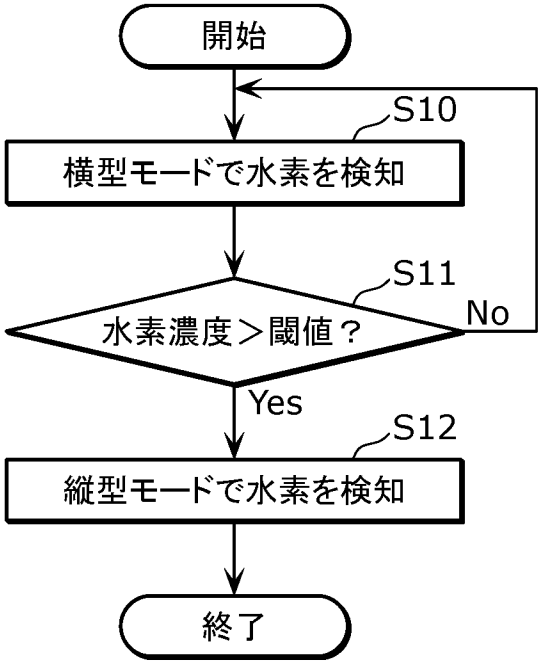
[図4A]


360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
検知電流[μA]
1.0%
2.0%
3.0%
4.0%
0%
0%
0%
0%
0%
0
900
1800
2700
3600
時間[sec]

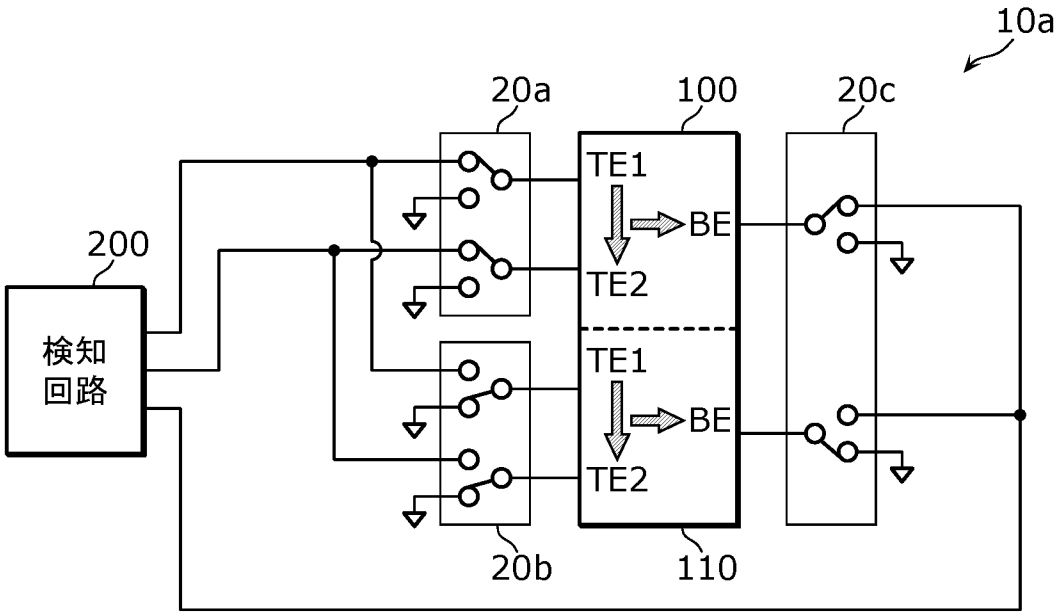
[図4B]


4.5
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
水素濃度[%]
0.95
1.0
1.05
1.1
1.15
1.2
検知電流[a.u.]

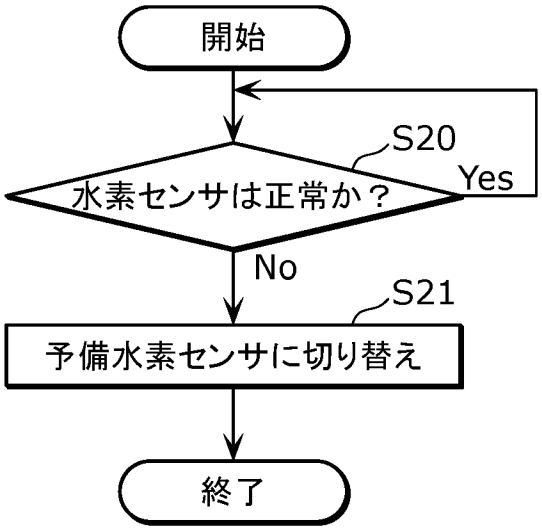
[図5]


開始
S10
横型モードで水素を検知
S11
水素濃度＞閾値？
No
Yes
S12
縦型モードで水素を検知
終了

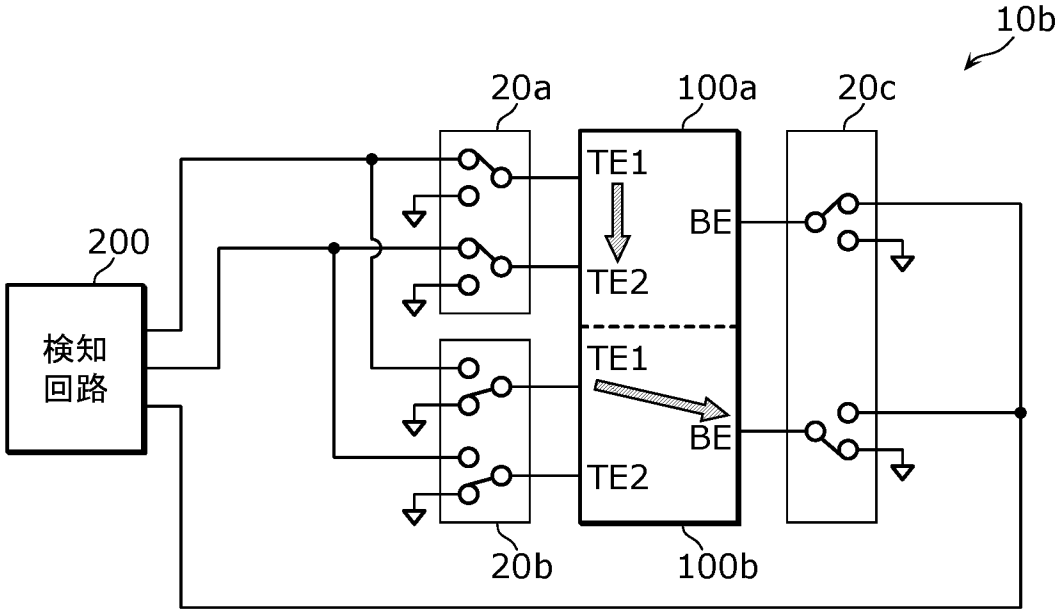
[図6]


10a
20a
100
20c
200
検知
回路
TE1
BE
TE2
TE1
BE
TE2
20b
110

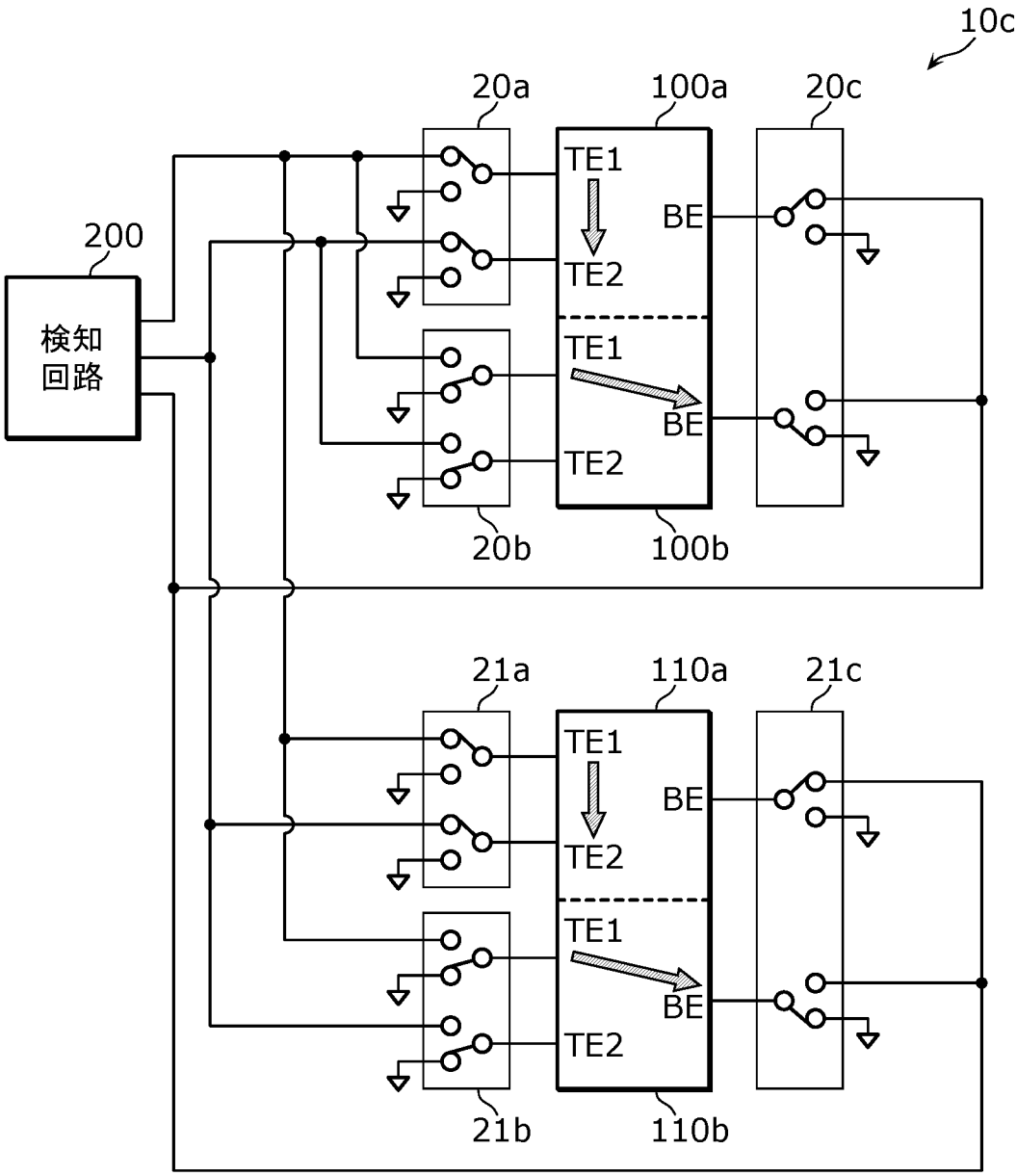
[図7]


開始
S20
水素センサは正常か？
Yes
No
S21
予備水素センサに切り替え
終了

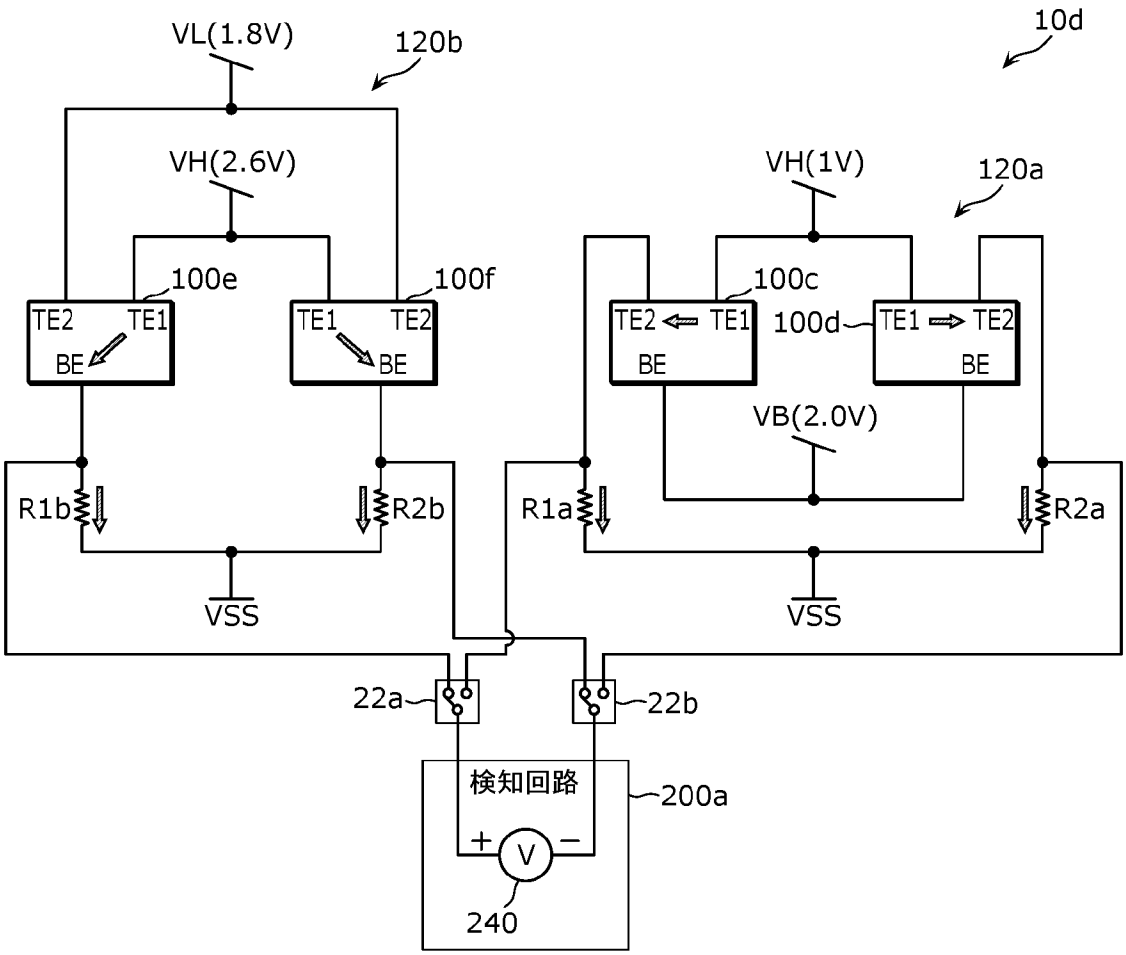
[図8]


10b
20a
100a
20c
200
検知
回路
TE1
BE
TE2
TE1
BE
TE2
20b
100b

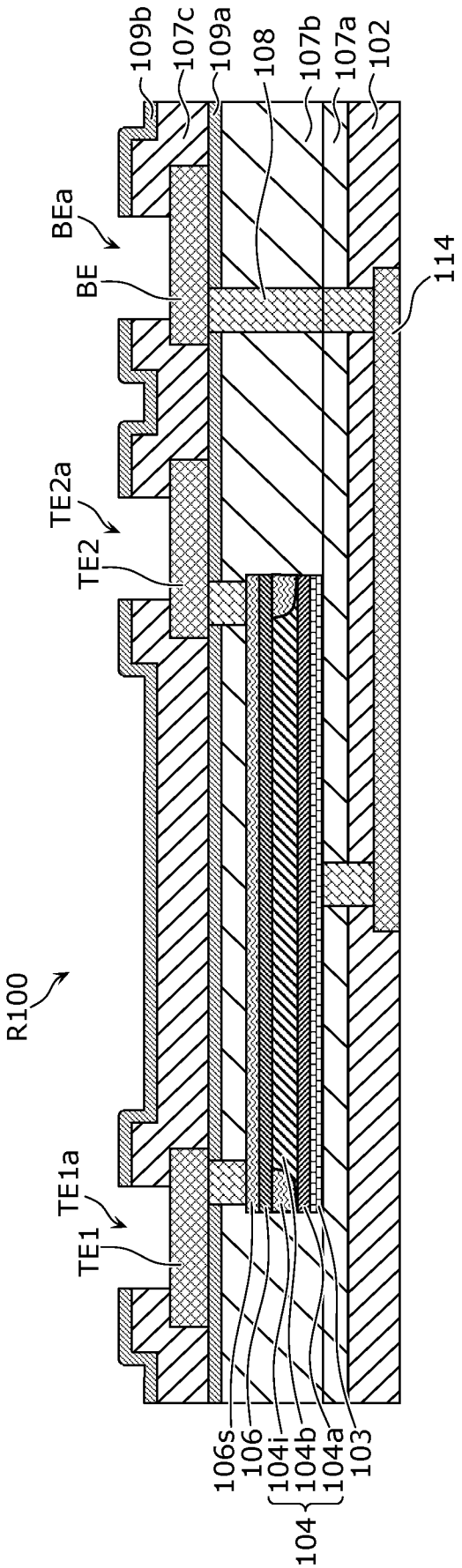
[図9]


10c
20a
100a
20c
200
検知
回路
TE1
BE
TE2
TE1
BE
TE2
20b
100b
21a
110a
21c
TE1
BE
TE2
TE1
BE
TE2
21b
110b

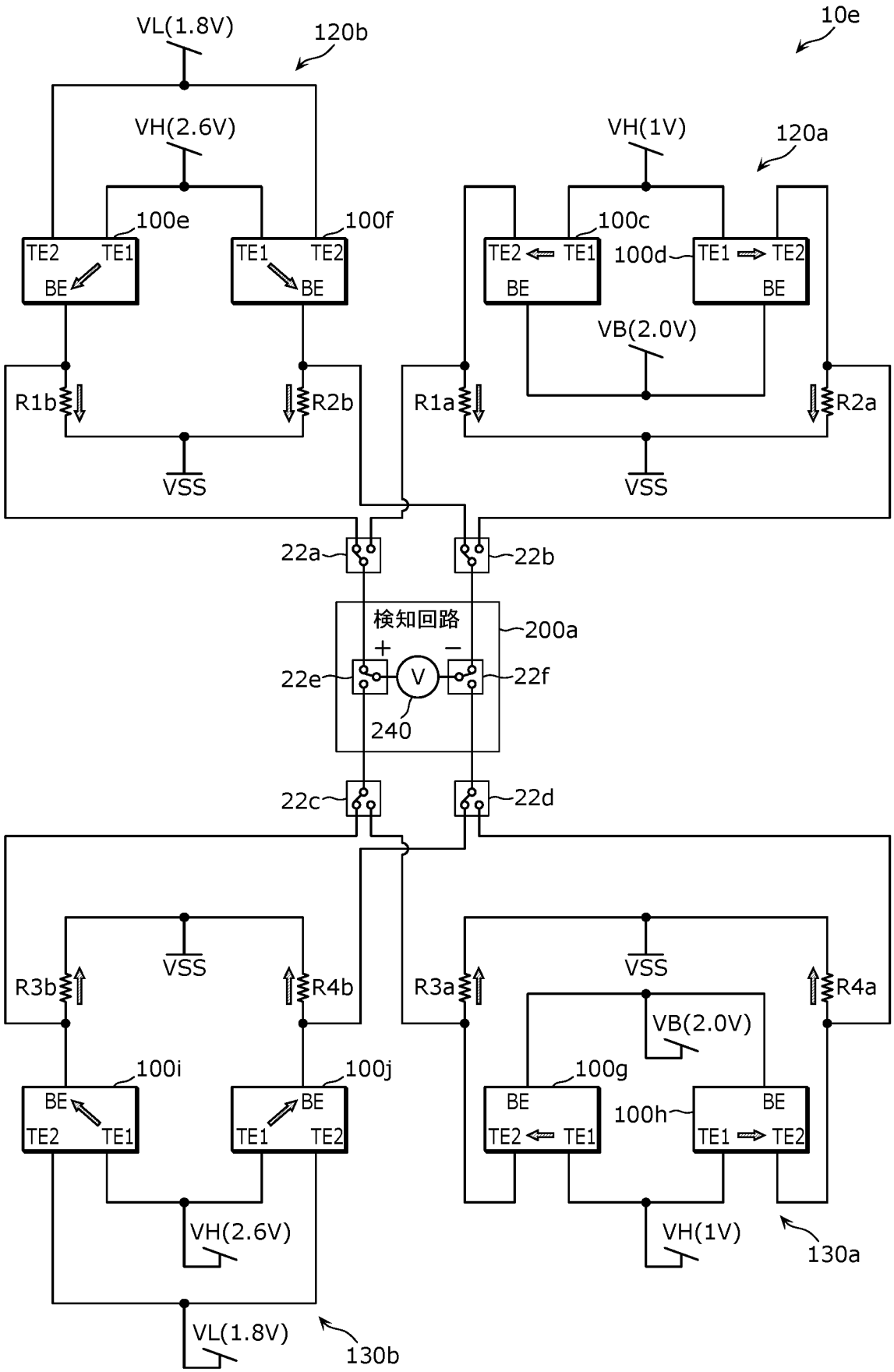
[図10]


VL(1.8V)
120b
10d
VH(2.6V)
VH(1V)
120a
100e
100f
100c
100d
TE2
TE1
BE
VB(2.0V)
R1b
R2b
R1a
R2a
VSS
22a
22b
検知回路
200a
V
240

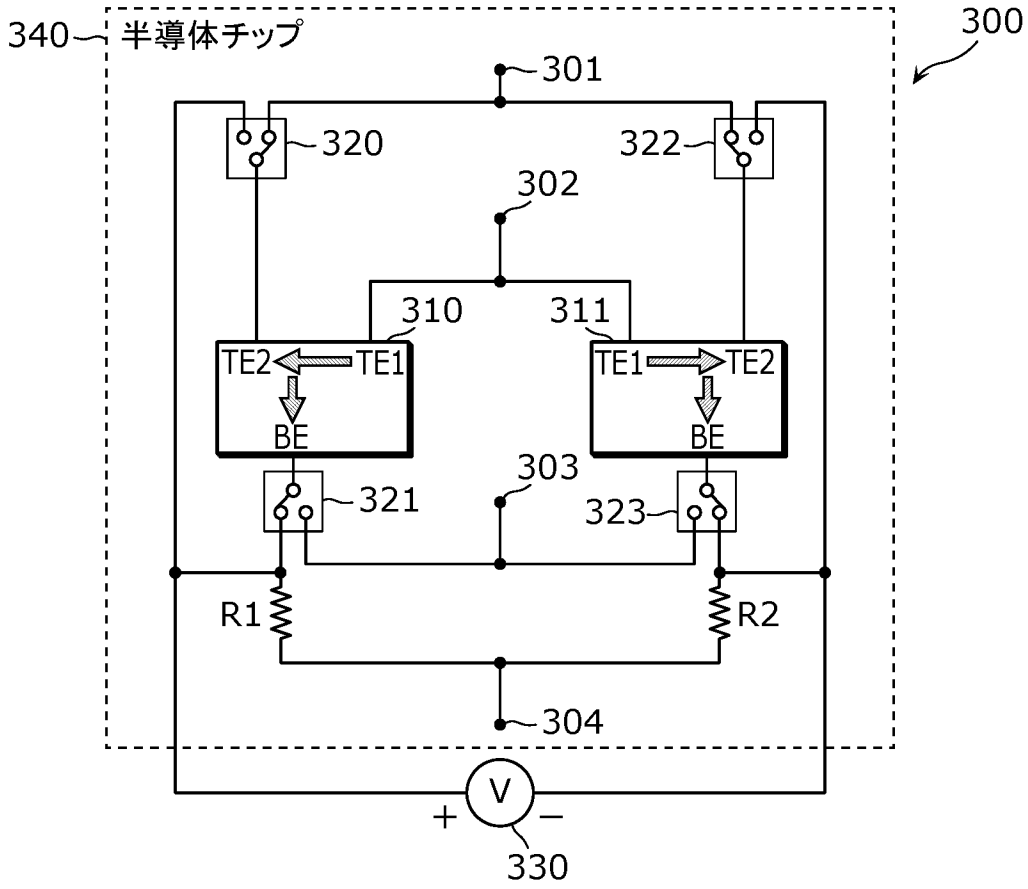
[図11]


109b
107c
109a
108
107b
107a
102
BEa
BE
114
TE2a
TE2
R100
TE1a
TE1
106s
106
104i
104b
104a
103
104

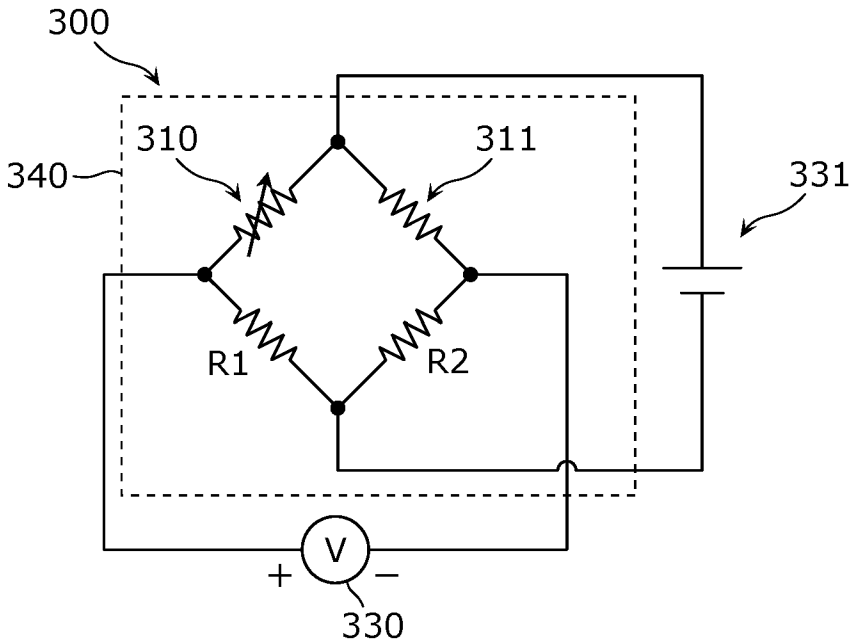
[図12]


VL(1.8V)
120b
10e
VH(2.6V)
VH(1V)
120a
100e
100f
100c
100d
TE2
TE1
BE
VB(2.0V)
R1b
R2b
R1a
R2a
VSS
22a
22b
検知回路
200a
+
−
V
22e
22f
240
22c
22d
R3b
R4b
R3a
R4a
100i
100j
100g
100h
VH(2.6V)
VH(1V)
130a
VL(1.8V)
130b

[図13A]


340
半導体チップ
300
301
320
322
302
310
311
TE2
TE1
TE1
TE2
BE
BE
303
321
323
R1
R2
304
V
+
−
330

[図13B]


300
310
311
340
331
R1
R2
V
+
−
330

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/026591

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 27/04(2006.01)i; ***G01N 27/12***(2006.01)i
FI: G01N27/04 E; G01N27/12 D

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)

G01N27/00-G01N27/24

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
A	JP 2009-103605 A (YAZAKI CORP) 14 May 2009 (2009-05-14)	1-25
A	JP 2017-181494 A (PANASONIC IP MAN CORP) 05 October 2017 (2017-10-05)	1-25
A	JP 2017-215312 A (PANASONIC IP MAN CORP) 07 December 2017 (2017-12-07)	1-25
A	JP 2017-198661 A (PANASONIC IP MAN CORP) 02 November 2017 (2017-11-02)	1-25
A	US 2020/0003718 A1 (SENSIRION AG) 02 January 2020 (2020-01-02)	1-25
A	US 5985673 A (ARIZONA BAORD OF REGENTS) 16 November 1999 (1999-11-16)	1-25
P, A	WO 2021/210453 A1 (NUVOTON TECH CORPORATION JAPAN) 21 October 2021 (2021-10-21)	1-25

☐ 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	Date of mailing of the international search report
16 August 2022	**30 August 2022**
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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/026591

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2009-103605 A	14 May 2009	(Family: none)	
JP 2017-181494 A	05 October 2017	US 2017/0276626 A1	
		US 2019/0353606 A1	
		CN 107228883 A	
JP 2017-215312 A	07 December 2017	US 2017/0343507 A1	
		CN 107436313 A	
JP 2017-198661 A	02 November 2017	US 2017/0307557 A1	
		CN 107315034 A	
US 2020/0003718 A1	02 January 2020	WO 2018/178308 A1	
		EP 3382380 A1	
		CN 110476059 A	
US 5985673 A	16 November 1999	(Family: none)	
WO 2021/210453 A1	21 October 2021	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/026591

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01N 27/04(2006.01)i; G01N 27/12(2006.01)i
FI: G01N27/04 E; G01N27/12 D

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））

G01N27/00-G01N27/24

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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	JP 2009-103605 A (矢崎総業株式会社) 14.05.2009 (2009-05-14)	1-25
A	JP 2017-181494 A (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 05.10.2017 (2017-10-05)	1-25
A	JP 2017-215312 A (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 07.12.2017 (2017-12-07)	1-25
A	JP 2017-198661 A (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 02.11.2017 (2017-11-02)	1-25
A	US 2020/0003718 A1 (SENSIRION AG) 02.01.2020 (2020-01-02)	1-25
A	US 5985673 A (ARIZONA BAORD OF REGENTS) 16.11.1999 (1999-11-16)	1-25
P, A	WO 2021/210453 A1 (ヌヴォトンテクノロジージャパン株式会社) 21.10.2021 (2021-10-21)	1-25

☐ 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	国際調査報告の発送日
16.08.2022	30.08.2022

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）
小澤　瞬 2W 6003

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

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/JP2022/026591

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2009-103605 A	14.05.2009	（ファミリーなし）	
JP 2017-181494 A	05.10.2017	US 2017/0276626 A1	
		US 2019/0353606 A1	
		CN 107228883 A	
JP 2017-215312 A	07.12.2017	US 2017/0343507 A1	
		CN 107436313 A	
JP 2017-198661 A	02.11.2017	US 2017/0307557 A1	
		CN 107315034 A	
US 2020/0003718 A1	02.01.2020	WO 2018/178308 A1	
		EP 3382380 A1	
		CN 110476059 A	
US 5985673 A	16.11.1999	（ファミリーなし）	
WO 2021/210453 A1	21.10.2021	（ファミリーなし）	