(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年11月30日(30.11.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/203878 A1

(51) 国際特許分類:
G01L 9/00 (2006.01) *H01L 29/84* (2006.01)
G01D 21/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/015069

(22) 国際出願日： 2017年4月13日(13.04.2017)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2016-106378 2016年5月27日(27.05.2016) JP

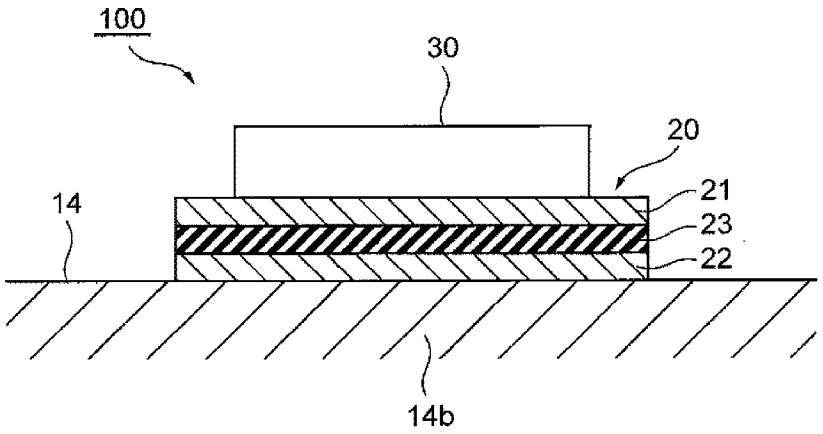
(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(**HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.**) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 青柳 拓也(**AOYAGI Takuya**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 内藤 孝(**NAITOU Takashi**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 三宅 竜也(**MIYAKE Tatsuya**); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目６番６号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 芝田 瑞紀(**SHIBATA Mizuki**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 小貫 洋(**ONUKI Hiroshi**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 寺田 大介(**TERADA Daisuke**); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブ

WO 2017/203878 A1

(54) Title: PHYSICAL QUANTITY MEASUREMENT DEVICE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND PHYSICAL QUANTITY MEASUREMENT ELEMENT

(54) 発明の名称： 物理量測定装置およびその製造方法ならびに物理量測定素子



(57) Abstract: Provided is a physical quantity measurement device which allows reduction, to a temperature that does not affect operations of a semiconductor chip, in the bonding temperature of a bonding layer, and ensures insulation between the semiconductor chip and a base. The physical quantity measurement device is provided with: the base (diaphragm 14b); the semiconductor chip (strain detection element 30) which measures a physical quantity on the basis of stress acting on the base; and a bonding layer 20 via which the semiconductor chip is bonded to the base. The bonding layer 20 includes: a first bonding layer 21 bonded to the semiconductor chip; a second bonding layer 22 bonded to the base; and an insulating base material 23 disposed between the first bonding layer 21 and the second bonding layer 22. The first bonding layer 21 and the second bonding layer 22 contain glass. The coefficient of thermal expansion of the first bonding layer 21 is not greater than the coefficient of thermal expansion of the second bonding layer 22, the softening point of the second bonding layer 22 is not higher than the heat-resistance temperature of the semiconductor chip, and the softening point of the first bonding layer 21 is not higher than the softening point of the second bonding layer 22.

［続葉有］

システムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 小松 成亘 (KOMATSU Shigenobu); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場２５２０番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人: 戸田 裕二 (TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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：接合層の接合温度を半導体チップの動作に影響のない温度に低下させ、半導体チップと基台との絶縁性を確保した物理量測定装置を提供する。 基台（ダイアフラム１４ｂ）と、該基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップ（歪検出素子３０）と、該半導体チップを基台に接合する接合層２０とを備える物理量測定装置。接合層２０は、半導体チップに接合される第１接合層２１と、基台に接合される第２接合層２２と、第１接合層２１と第２接合層２２との間に配置された絶縁基材２３と、を有する。第１接合層２１および第２接合層２２は、ガラスを含む。第１接合層２１の熱膨張係数は、第２接合層２２の熱膨張係数以下であり、第２接合層２２の軟化点は、半導体チップの耐熱温度以下であり、第１接合層２１の軟化点は、第２接合層２２の軟化点以下である。

明　細　書

発明の名称 ：

物理量測定装置およびその製造方法ならびに物理量測定素子

技術分野

[0001] 本発明は、たとえば圧力等の物理量を測定する物理量測定装置およびその製造方法ならびに物理量測定素子に関する。

背景技術

[0002] 従来の物理量測定装置の一例として、測定対象の各種機器に装着されて圧力を測定する圧力測定装置が知られている（下記特許文献１を参照）。特許文献１に記載された圧力測定装置は、金属筐体と、歪検出素子とを備えている。金属筐体は、圧力導入部と、該圧力導入部から導入された圧力により変形が発生するダイアフラムとを有する。歪検出素子は、ダイアフラムに発生する歪を検出する。

[0003] 前記圧力測定装置は、前記金属筐体上に第一の脆性材からなる基台を有している。前記圧力測定装置において、前記歪検出素子は、前記基台よりも低融点である第二の脆性材料を介して基台と接合される。特許文献１には、前記構成により、シリコンやガラスの熱膨張係数と比べて熱膨張係数が大きい金属材料からなるダイアフラムと歪検出素子との接合信頼性の高い圧力検出素子を提供できることが記載されている。

[0004] また、物理量測定装置の別の例として、金属ステムのダイアフラムにセンサ素子がガラス接合された圧力センサおよびその製造方法に関する発明が開示されている（下記特許文献２を参照）。特許文献２に記載された圧力センサは、金属ステムと、接合ガラスと、センサ素子とを備えている。

[0005] 前記金属ステムは、圧力媒体が導入される圧力導入孔が設けられた中空円筒形状であって、該圧力導入孔の一方を閉じるように該中空円筒形状の一端部に設けられているダイアフラムを有している。このダイアフラムは、前記圧力導入孔に導入された圧力媒体の圧力によって歪む。

[0006] 前記接合ガラスは、前記金属ステムの一端部のうち前記ダイアフラムにおいて前記圧力導入孔とは反対側に設けられている。前記センサ素子は、前記接合ガラスを介して前記ダイアフラムに接合され、前記ダイアフラムの歪みに応じたセンサ信号を出力する。この特許文献２に記載された圧力センサは、以下の構成に特徴を有している。

[0007] 前記金属ステムは、前記ダイアフラムのうち前記接合ガラスが配置された基準面から突出するように当該金属ステムの一端部に設けられた凸部を有している。この凸部は、前記金属ステムの一端部において前記接合ガラスの周囲に位置している。この凸部の高さは、前記基準面を基準とした前記接合ガラスの厚みに対して、２０％以上の高さである。

[0008] 特許文献２には、前記構成により、凸部によってダイアフラムに対する接合ガラスの位置が規制され、ダイアフラムに対する接合ガラスの位置ずれを防止することができ、金属ステムのダイアフラムに対するセンサ素子の位置ずれを防止できることが記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：国際公開第２０１５／０９８３２４号

特許文献2：特開２０１４－２３５１０６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 前記特許文献１に記載の圧力測定装置では、ダイアフラムにベース基台としてガラスペーストを塗布し、ベース基台の上にトップ基台としてガラス板を搭載して焼結することで２層の脆性材からなる基台を成形している（同文献、段落００３９等を参照）。ガラスペーストを使用する場合には、粘度管理が必要であり、仮焼成等の前工程が必要になるという課題がある。また、ガラスペーストは、通常、スクリーン印刷などの印刷によって塗布されるため、平坦な面以外に塗布するのが困難であるという課題がある。

[0011] 一方、前記特許文献２には、粒状ガラスが成形された固形状のタブレットガラスを基準面に配置し、そのタブレットガラスの上にセンサ素子を配置し、当該タブレットガラスを焼成して接合ガラスを形成し、この接合ガラスを介してセンサ素子をダイアフラムに接合することが記載されている（同文献、段落００１３および００１４等を参照）。これにより、印刷を行う必要がなく、平坦な面以外にもセンサ素子を固定することができる。

[0012] 前記特許文献２では、タブレットガラスとして、たとえば４３０℃で焼成可能な低融点ガラスを用いている（同文献、段落００３７を参照）。このような低融点ガラスとしては、一般に、鉛、ビスマス、またはバナジウムを多く含むガラスが知られている。しかし、前記従来の物理量測定装置において、ダイアフラム等の基台と、該基台に作用する圧力等の物理量を測定する半導体チップとを接合する接合層として上記のような低融点ガラスを用いる場合には、以下のような課題がある。

[0013] 前記接合層として、たとえば、ビスマスを多く含むガラスを使用すると、鉛やバナジウムを多く含むガラスと比較して接合温度が高くなり、半導体チップの動作に悪影響がおよぶおそれがある。また、前記接合層として、たとえば、鉛を多く含むガラスを使用すると、ＲｏＨＳ指令等の環境上の問題が生じるおそれがある。また、前記接合層として、たとえば、バナジウムを多く含むガラスを使用すると、前記接合層が電気伝導性を有し、半導体チップと基台との絶縁が不十分になり、ノイズが増加するおそれがある。

[0014] 本発明は、前記課題に鑑みてなされたものであり、基台と半導体チップの接合信頼性および半導体チップの動作の信頼性を向上させることができる物理量測定装置およびその製造方法ならびに物理量測定素子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

[0015] 前記目的を達成すべく、本発明の物理量測定装置は、基台と、該基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップと、該半導体チップを前記基台に接合する接合層とを備える物理量測定装置であって、前記接合層

は、前記半導体チップに接合される第１接合層と、前記基台に接合される第２接合層と、前記第１接合層と前記第２接合層との間に配置された絶縁基材と、を有し、前記第１接合層および前記第２接合層は、ガラスを含み、前記第１接合層の熱膨張係数は、前記第２接合層の熱膨張係数以下であり、前記第１接合層の軟化点は、前記半導体チップの耐熱温度以下であり、前記第２接合層の軟化点は、前記第１接合層の軟化点以下であることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、基台と半導体チップの接合信頼性および半導体チップの動作の信頼性を向上させることができる物理量測定装置およびその製造方法ならびに物理量測定素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明に係る物理量測定装置の一実施形態を示す概略断面図。

[図2]図１に示す物理量測定装置の回路図。

[図3]図１に示す物理量測定装置の接合層近傍の拡大断面図。

[図4]ガラスの代表的なＤＴＡ曲線の一例を示すグラフ。

[図5]本実施形態の物理量測定装置の製造方法の一例を示すフロー図。

[図6]図５に示す物理量測定装置の製造方法の変形例を示すフロー図

発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面を参照して本発明の物理量測定装置および物理量測定素子の実施形態を説明する。

[0019] （物理量測定装置および物理量測定素子）

図１は、本発明に係る物理量測定装置２００および物理量測定素子１００の一実施形態を示す概略断面図である。

[0020] 図１に示す物理量測定装置２００は、たとえば、車両に搭載され、物理量としてエンジンの燃料圧、ブレーキ油圧、各種ガス圧等の圧力を測定する圧力測定装置である。すなわち、本実施形態の物理量測定装置２００は、物理量測定素子１００として、圧力を測定する圧力測定素子を備えている。なお、本発明に係る物理量測定装置および物理量測定素子は、圧力測定装置およ

び圧力測定素子に限定されず、基台に作用する応力に基づいて、たとえば、質量、加速度、力、圧力等の物理量を測定する各種の装置および素子を含む。

[0021] 本実施形態の物理量測定装置２００は、図１に示すように、たとえば、金属筐体１０と、該金属筐体１０に接合層２０を介して固定された歪検出素子３０と、該歪検出素子３０に接続された基板４０と、該基板４０および歪検出素子３０を覆うカバー５０と、該カバー５０に固定されたコネクタ６０とを備えている。また、本実施形態の物理量測定装置２００に用いられる物理量測定素子１００は、接合層２０と歪検出素子３０とを備えている。

[0022] 金属筐体１０は、中空円筒状の圧力ポート１１と、該圧力ポート１１の外周から径方向に張り出したフランジ部１２とを備えている。圧力ポート１１は、その軸方向の一端が圧力導入口１３ａによって開放された圧力導入部１３とされ、その軸方向の他端が端部壁１４によって閉塞されている。圧力ポート１１のフランジ部１２と圧力導入口１３ａとの間の外周面には、圧力等の物理量を測定する測定対象の流体が流れる配管等に物理量測定装置２００を締結して固定するためのねじ山１５が形成されている。

[0023] 圧力ポート１１の端部壁１４は、内壁面の中央部に、たとえば矩形の凹部１４ａが形成され、その凹部１４ａの底部に、たとえば矩形のダイアフラム１４ｂが形成されている。ダイアフラム１４ｂは、端部壁１４の凹部１４ａの底部に設けられた薄肉部であり、圧力ポート１１に導入された流体の圧力によって変形し、たとえば直交するＸ方向とＹ方向の歪差が生じる。端部壁１４の外壁面のダイアフラム１４ｂに対応する部分には、接合層２０を介して歪検出素子３０が接合されている。

[0024] フランジ部１２は、たとえば、圧力ポート１１の外周面に接続されて圧力ポート１１の径方向に張り出した円形の板状の部分である。フランジ部１２は、その周縁部が、たとえば溶接によってカバー５０の下端部に接合され、カバー５０およびコネクタ６０とともに歪検出素子３０および基板４０を収容する空間を形成している。

[0025] 歪検出素子３０は、センサ搭載面である圧力ポート１１の端部壁１４の外壁面のほぼ中央部に接合されている。歪検出素子３０は、シリコンチップ上に金属筐体１０のダイアフラム１４ｂの変形すなわち歪に応じた電気信号を出力する１つ以上の歪抵抗ブリッジを備える半導体チップである。

[0026] すなわち、本実施形態の物理量測定装置２００において、金属筐体１０の圧力ポート１１の端部壁１４は、接合層２０を介して半導体チップである歪検出素子３０を接合するための基台である。換言すると、本実施形態の物理量測定装置２００および物理量測定素子１００は、半導体チップとしての歪検出素子３０によって基台としてのダイアフラム１４ｂの歪を検出し、基台としてのダイアフラム１４ｂに作用する応力に基づいて、圧力ポート１１に導入された流体の物理量である圧力を測定する。

[0027] 本実施形態の物理量測定装置２００および物理量測定素子１００は、半導体チップである歪検出素子３０を、基台である端部壁１４に接合する接合層２０に特徴を有している。この接合層２０の詳細については、後述する。

[0028] 基板４０は、たとえば金属筐体１０の圧力ポート１１の端部壁１４において、外壁面の中央部を除く部分に固定され、たとえばワイヤボンディングによって、外壁面の中央部に接合層２０を介して固定された歪検出素子３０に接続される。基板４０には、たとえば、歪検出素子３０から出力された各検出信号を増幅するアンプ、該アンプのアナログ出力信号をデジタル信号に変換するＡ－Ｄ変換器、該デジタル信号に基づいて後述する補正演算を行うデジタル信号演算処理回路、各種データが格納されたメモリおよびコンデンサ等が搭載されている。

[0029] カバー５０は、軸方向の一端と他端に概ね円形の開口を有し、軸方向の中間部分の外形が、たとえば六角形のボルト形状に形成された筒状の部材である。カバー５０の下端の開口縁は、たとえば径方向外側へ向けて折り曲げられ、金属筐体１０のフランジ部１２の外縁部の上面に接し、たとえば溶接によってフランジ部１２の外縁部に接合されている。カバー５０の上端の開口縁は、たとえば径方向内側にかしめられて、カバー５０の上端の開口からカ

バー５０の内部に挿入されたコネクタ６０の一部に固定されている。

[0030] コネクタ６０は、たとえば樹脂製であり、インサート成形によって一体化され、基板に接続された金属製の針状のターミナル６１を有している。コネクタ６０は、たとえば、電源用と接地用と信号出力用の３本のターミナル６１を有している。物理量測定装置２００は、コネクタ６０が、たとえば図示を省略する配線の端部コネクタに接続されることで、自動車のＥＣＵ（Electronic Control Unit）に対して測定された物理量の信号を出力可能に接続される。

[0031] 図２は、図１に示す物理量測定装置２００の回路図である。

[0032] 歪検出素子３０は、たとえば複数の歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３を備える。基板４０は、たとえば、各歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３の出力信号を増幅する複数のアンプ４１，４２，４３と、該アンプ４１，４２，４３の出力をＡ／Ｄ（アナログ／デジタル）変換するＡ／Ｄ変換器４４，４５，４６と、デジタル信号演算処理回路としてのＤＳＰ（Digital Signal Processor）４７と、不揮発メモリ４８とを備える。

[0033] 歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３は、それぞれ、基台である金属筐体１０の端部壁１４のダイアフラム１４ｂの変形に応じて歪むことで抵抗値が変化する歪ゲージをブリッジ接続することによって構成されている。歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３の出力信号、すなわち圧力ポート１１に導入された圧力によってダイアフラム１４ｂに作用する応力に基づくブリッジ信号は、アンプ４１，４２，４３によって増幅され、さらにＡ／Ｄ変換器４４，４５，４６によってデジタル信号に変換される。電圧源Ｅから歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３への電力の供給は、コネクタ６０のターミナル６１を介して行われる。

[0034] ＤＳＰ４７は、Ａ／Ｄ変換器４４，４５，４６から出力された各歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３の出力信号に基づいて、出力信号の補正を行って、補正された出力信号に基づく物理量を、物理量測定装置２００および物理量測定素子１００の測定値として出力する。より具体的には、たとえば１つの

歪抵抗ブリッジ３１の出力信号を他の歪抵抗ブリッジ３２，３３の出力信号によって補正する演算処理を行って、補正された出力信号に基づく圧力値を測定値として出力する。なお、補正演算は、ＤＳＰ４７に替えて、アナログ回路によって行ってもよい。

[0035] ＤＳＰ４７は、上述の補正演算処理に限らず、たとえば、複数の歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３のそれぞれの出力値の比較や、歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３の出力値と予め不揮発メモリ４８に記憶しておいた規定圧力値における出力値との比較を行って、測定対象機器や歪検出素子３０の劣化を判定する。また、ＤＳＰ４７は、測定対象機器や歪検出素子３０の劣化の判定時に、たとえば故障信号を出力するなどの処理も行う。ＤＳＰ４７からの信号の出力は、コネクタ６０のターミナル６１を介して行われる。

[0036] 不揮発メモリ４８には、たとえば、圧力ポート１１に既知の圧力の流体が導入されたとき歪抵抗ブリッジ３１，３２，３３の出力値が予め記憶されている。不揮発メモリ４８は、他の回路部品とは異なる回路チップに搭載されていてもよい。

[0037] 以下、本実施形態の物理量測定装置２００および物理量測定素子１００の特徴部分である接合層２０について詳細に説明する。

[0038] 図３は、図１に示す物理量測定装置２００および物理量測定素子１００の接合層２０近傍の拡大断面図である。

[0039] 前述のように、本実施形態の物理量測定装置２００は、基台である金属筐体１０の端部壁１４と、該基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップである歪検出素子３０と、該半導体チップを基台に接合する接合層２０とを備えている。同様に、本実施形態の物理量測定素子１００は、基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップである歪検出素子３０と、該半導体チップを基台に接合する接合層２０とを備えている。

[0040] 接合層２０は、半導体チップである歪検出素子３０に接合される第１接合層２１と、基台である金属筐体１０の端部壁１４に接合される第２接合層２２と、第１接合層２１と第２接合層２２との間に配置された絶縁基材２３と

、を有している。本実施形態の物理量測定装置２００および物理量測定素子１００は、第１接合層２１および第２接合層２２がガラスを含み、第１接合層２１の熱膨張係数が第２接合層２２の熱膨張係数以下であり、第１接合層２１の軟化点が半導体チップの耐熱温度以下であり、第２接合層２２の軟化点が第１接合層２１の軟化点以下であることを特徴としている。

[0041] ここで、金属筐体１０の素材としては、基台としての端部壁１４を含めて、耐食性と高圧に耐える高耐力が要求されることから、たとえば、ＳＵＳ６３０やＳＵＳ４３０等のステンレス鋼を採用することができる。また、半導体チップとしての歪検出素子３０の素材としては、たとえば、シリコンを用いることができる。シリコンの熱膨張係数は、たとえば、３７×１０$^{-7}$／℃であり、ステンレス鋼の熱膨張係数は、たとえば、１１３×１０$^{-7}$／℃である。そのため、基台としての金属筐体１０の端部壁１４と半導体チップとしての歪検出素子３０との間では、熱膨張係数の差による接合不良が問題となる。なお、ここでの熱膨張係数は、５０℃以上かつ２５０℃以下の温度範囲における熱膨張係数である。

[0042] そのため、半導体チップである歪検出素子３０の熱膨張係数をα１、第１接合層２１の熱膨張係数をα２、絶縁基材２３の熱膨張係数をα３、第２接合層２２の熱膨張係数をα４、基台である金属筐体１０の熱膨張係数をα５としたときに、α１＜α２＜α３＜α４＜α５の関係を満たすことが好ましい。換言すると、接合層２０の熱膨張係数を、その接合層２０を介して接合される半導体チップおよび基台の熱膨張係数の間の値とし、かつ、接合層２０の熱膨張係数を熱膨張係数の大きい基台側から熱膨張係数の小さい半導体チップ側へ向けて徐々に減少させることが好ましい。これにより、第１接合層２１の熱膨張係数は、第２接合層２２の熱膨張係数以下になり、基台としての金属筐体１０の端部壁１４と半導体チップとしての歪検出素子３０との間の熱膨張係数の差に起因する熱応力を効率よく緩和し、基台と半導体チップとの間の接合不良を抑制し、接合の安定性および信頼性を向上させることができる。

[0043] 以下に、第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスの組成を例示する。

[0044] 第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスの組成としては、たとえば、V_2O_5とTeO_2を主成分とするガラス組成や、ＰｂＯを主成分とするガラス組成を用いることができる。すなわち、第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスは、バナジウム（Ｖ）を含むことができる。ここで、ガラス組成の主成分とは、ガラス組成を酸化物換算した場合に、最も含有量の多いものを指す。

[0045] 第１接合層２１および第２接合層２２がバナジウムを含むことで、環境への配慮から第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスを無鉛のガラス組成にしつつ、たとえば融点が４００℃以下の低融点ガラスにすることができる。これにより、第１接合層２１および第２接合層２２の軟化点を半導体チップである歪検出素子３０の耐熱温度以下にして、接合層２０を介して歪検出素子３０を基台である金属筐体１０の端部壁１４に接合することが可能になる。ここで、無鉛のガラス組成とは、ＲｏＨＳ（Restriction of Hazardous Substances）指令における禁止物質を規制値以下の範囲で含有する組成を含む。また、半導体チップである歪検出素子３０の耐熱温度は、たとえば４３０℃以下である。

[0046] 第１接合層２１に含まれるガラスは、たとえば、酸化換算で、V_2O_5を４０～５０重量%、TeO_2を２０～３０重量%、P_2O_5を５．８～１５重量%、Fe_2O_3を０～１５重量%、WO_3を０～１０重量%、ＺｎＯを０～１０重量%含むことができる。また、ガラスは、Fe_2O_3を１０重量%以上含むことが望ましい。Fe_2O_3を１０重量%以上含むことで、V_2O_5を主成分としたガラスの熱膨張係数を低下させつつ、ガラスの軟化点を低温化することが可能となる。Fe_2O_3を１０重量%以上含むことで、ガラス組成は結晶化しやすくなるが、WO_3を０～１０重量%の範囲で含有することで、この結晶化を抑制することができる。また、ＺｎＯを添加することで、SiO_2系ガラスとの接着性を向上できる。

[0047] 第２接合層２２に含まれるガラスは、酸化換算で、V_2O_5を３７．２～５０重量％、TeO_2を２０～３０重量％、P_2O_5を０～１５重量％、Fe_2O_3を０～１５重量％、WO_3を０～１０重量％、ＢａＯを０～２６重量％、ＺｎＯを０～１０重量％含むことができる。また、ガラスは、その他の成分としてK_2OやCs_2Oなどのアルカリ金属酸化物を０～５重量％の間で含んでも良い。第１接合層２１および第２接合層２２は、たとえばガラスペーストを用いて形成することができる。

[0048] 図４は、ガラスの代表的なＤＴＡ曲線の一例を示すグラフである。

[0049] 第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスのガラス転位温度Ｔｇ、屈伏点Ｔｄ、軟化点Ｔｓ、および結晶化温度Ｔｃ等の特性温度は、たとえば、示差熱分析（Differential Thermal Analysis：ＤＴＡ）によって求めることができる。たとえば、ガラスの軟化点Ｔｓは、図４に示すように、ＤＴＡ曲線における第二の吸熱ピークである。

[0050] 第１接合層２１および第２接合層２２は、たとえば第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスよりも熱膨張係数が小さいフィラー材料を含むことができる。この場合、第１接合層２１のフィラー材料の含有率を、第２接合層２２の前記フィラー材料の含有率よりも高くする。これにより、半導体チップとしての歪検出素子３０に接合される第１接合層２１の熱膨張係数を、基台としての金属筐体１０に接合される第２接合層２２の熱膨張係数よりも小さくすることができる。

[0051] フィラー材料としては、たとえば、ジルコン、ジルコニア、石英ガラス、β－スポンジュメン、コーディエライト、ムライト、β－ユークリプタイト、β－石英、リン酸ジルコニウム、リン酸タングステン酸ジルコニウム（ＺＷＰ）、タングステン酸ジルコニウム、およびこれらの材料の固溶体などを用いることができ、またはこれらの材料を１種類もしくは２種類以上、組み合わせて使用することができる。

[0052] 第１接合層２１のフィラー材料の含有率は、たとえば３０体積％以上かつ４０体積％以下であり、より好ましくは、３５体積％以上かつ４０体積％以

下である。また、第２接合層２２のフィラー材料の含有量としては、第１接合層２１のフィラー材料の含有率よりも少なければ特に限定されない。これにより、第１接合層２１および第２接合層２２の熱膨張係数を、たとえば、前述のように、熱膨張係数の差が大きい半導体チップと基台の接合に適した熱膨張係数に調節することができる。

[0053] 第１接合層２１の熱膨張係数は、たとえば４２×１０$^{-7}$／℃以上かつ６２×１０$^{-7}$／℃以下に調節することができ、より好ましくは４２×１０$^{-7}$／℃以上かつ５０×１０$^{-7}$／℃以下に調節することができる。これにより、半導体チップとの接合状態および接合信頼性に優れた接合層２０が得られ、測定精度の高い物理量測定装置を提供することができる。

[0054] 第２接合層２２の熱膨張係数は、たとえば４２×１０$^{-7}$／℃以上かつ１１３×１０$^{-7}$／℃以下に調節することができ、より好ましくは６７×１０$^{-7}$／℃以上かつ１０２×１０$^{-7}$／℃以下に調節することができる。これにより、基台との接合状態および接合信頼性に優れた接合層２０が得られ、測定精度の高い物理量測定装置を提供することができる。

[0055] 絶縁基材２３は、電気的な絶縁性を有する素材であれば、特に限定されないが、たとえば、ガラス、シリコン、またはアルミナなどの一般的な高抵抗の材料を使用することができる。なお、絶縁基材２３として使用するガラスは、たとえばSiO_2を主成分とした高抵抗のガラスである。絶縁基材２３の体積抵抗率は、たとえば10^{10}Ωｃｍ以上であることが好ましい。

[0056] 接合層２０がこのような絶縁性を有する絶縁基材２３を有することで、物理量測定装置２００の基台である金属筐体１０から半導体チップである歪検出素子３０への電気的なノイズを遮断し、歪検出素子３０の出力に含まれるノイズを抑制することができる。また、絶縁基材２３は、ＲｏＨＳ指令における規制上、無鉛であることが好ましい。

[0057] 絶縁基材２３の熱膨張係数は、たとえば３８×１０$^{-7}$／℃以上かつ１００×１０$^{-7}$／℃以下である。これにより、絶縁基材２３と第１接合層２１および第２接合層２２との間の接合信頼性を向上させることができる。しかし、

第１接合層２１および第２接合層２２の熱膨張係数との関係から、絶縁基材２３の熱膨張係数は、６６×１０$^{-7}$／℃以上かつ８４×１０$^{-7}$／℃以下であることが好適である。

[0058] また、絶縁基材２３の厚さは、たとえば５μｍ以上かつ５００μｍ以下であれば、絶縁信頼性の確保とノイズの抑制を実現することができる。しかし、絶縁信頼性の向上、さらなるノイズの抑制、および絶縁層の薄型化の観点から、絶縁基材２３の厚さは、２０μｍ以上かつ１００μｍ以下であることが好ましい。

[0059] また、基台である金属筐体１０の端部壁１４および半導体チップである歪検出素子３０は、接合層２０が接合される面に、Ａｌ、Ｎｉ、Ｔｉ、Ｍｏからなる群から選択される少なくとも１種以上を含む金属膜を有することが好ましい。このように、接合層２０が接合される面に上記金属元素を含む金属膜を形成するメタライズ処理を行うことで、第１接合層２１および第２接合層２２に含まれるガラスと金属膜との間に化合物が形成され、半導体チップおよび基台と接合層２０との接合の安定性を向上させることができる。なお、メタライズ処理を行って接合層２０が接合される面に金属膜を形成する方法としては、特に限定されないが、たとえばめっき法、スパッタ法、または蒸着法を用いることができる。

[0060] 以上のように、本実施形態の物理量測定装置２００は、基台である金属筐体１０の端部壁１４と、該基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップである歪検出素子３０と、該半導体チップを基台に接合する接合層２０とを備えている。同様に、本実施形態の物理量測定素子１００は、基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップである歪検出素子３０と、該半導体チップを基台に接合する接合層２０とを備えている。

[0061] また、本実施形態の物理量測定装置２００および物理量測定素子１００において、接合層２０は、半導体チップである歪検出素子３０に接合される第１接合層２１と、基台である金属筐体１０の端部壁１４に接合される第２接合層２２と、第１接合層２１と第２接合層２２との間に配置された絶縁基材

２３と、を有している。そして、第１接合層２１および第２接合層２２がガラスを含み、第１接合層２１の熱膨張係数は、第２接合層２２の熱膨張係数以下であり、第１接合層２１の軟化点が半導体チップの耐熱温度以下であり、第２接合層２２の軟化点が第１接合層２１の軟化点以下である。

[0062] このように、第１接合層２１の熱膨張係数が第２接合層２２の熱膨張係数以下であることで、金属製の基台とシリコン製の半導体チップとの間の熱膨張係数の差に起因する応力を緩和して基台と半導体チップとの接合の信頼性を向上させることができる。また、第１接合層２１の軟化点が半導体チップの耐熱温度以下であり、第２接合層２２の軟化点が第１接合層２１の軟化点以下であることで、接合層２０の接合温度を半導体チップの動作に影響のない温度に低下させることができる。また、第１接合層２１と第２接合層２２が導電性を有する場合でも、絶縁基材２３によって半導体チップと基台との絶縁性を確保して、半導体チップの入出力に対するノイズを低減させることができる。

[0063] また、固体である接合層２０を用いて半導体チップを基台に接合することができるため、半導体チップを基台に接合するときに印刷法を使用する必要がなく、半導体チップの実装面である基台における制約条件から解放され、接合信頼性を向上させることができる。さらに、第２接合層２２の軟化点が、第１接合層２１の軟化点よりも、たとえば７℃以上低い場合には、接合層２０の反りを低減して、接合信頼性を向上させることができる。

[0064] 以上説明したように、本実施形態によれば、基台と半導体チップの接合信頼性および半導体チップの動作の信頼性を向上させることができる物理量測定装置２００および物理量測定素子１００を提供することができる。

[0065] （物理量測定装置の製造方法）

次に、本発明に係る物理量測定装置の製造方法の一実施形態について説明する。

[0066] 図５は、図１に示す本実施形態の物理量測定装置２００の製造方法の一例を示すフロー図である。本実施形態の物理量測定装置２００の製造方法は、

たとえば、部品を製作する製作工程Ｓ１と、接合層２０を配置する配置工程Ｓ２と、接合層２０によって半導体チップである歪検出素子３０を基台である金属筐体１０に接合する接合工程Ｓ３と、部品を組み立てる組立工程Ｓ４とを有している。

[0067] 製作工程Ｓ１では、たとえば、金属筐体１０、接合層２０、歪検出素子３０、基板４０、カバー５０、コネクタ６０等、物理量測定装置２００を構成する部品を製作する。接合層２０以外の部品は、従来と同様に製作することができる。接合層２０は、たとえば、第１接合層２１および第２接合層２２を形成するためのガラスペーストを絶縁基材２３に塗布して焼成することで製作することができる。

[0068] より具体的には、接合層２０を製作するには、まず、絶縁基材２３の一方の面に第１接合層２１を形成するためのガラスペーストを塗布して乾燥させたのち、絶縁基材２３の他方の面に第２接合層２２を形成するためのガラスペーストを塗布して乾燥させる。ガラスペーストとしては、たとえば、ガラスの粉末と、フィラー材料と、溶剤と、バインダとを混練したものを用いることができる。

[0069] ガラスペーストに用いるガラスは、ガラスの組成に対応する酸化物を配合および混合した原料を白金ルツボに入れ、電気炉で５～１０℃／分の昇温速度で８００～１１００℃まで加熱し、数時間にわたって温度を保持することで作製することができる。原料を加熱して温度を保持している間は、ガラスを均一化するために撹拌することが望ましい。また、ルツボを電気炉から取り出して、ルツボからガラスを取り出すときには、ガラス表面への水分吸着を防止するために、予め１００～１５０℃程度に加熱しておいた黒鉛鋳型やステンレス板上にガラスを流し込むことが望ましい。

[0070] ガラスペーストに用いる溶剤としては、たとえば、ブチルカルビトールアセテートやα－テルピネオールを用いることができる。また、ガラスペーストに用いるバインダとしては、たとえば、エチルセルロースやニトロセルロースなどを用いることができる。

[0071] 次に、絶縁基材２３の両面に塗布されたガラスペーストの脱バインダ処理および仮焼成を行って、所望の大きさに切断することで、第１接合層２１および第２接合層２２が仮焼成された接合層２０を得ることができる。このような製造方法により、接合層２０の大量生産を行って、製造コストを低減することができる。

[0072] なお、製作工程Ｓ１では、絶縁基材２３に塗布したガラスペーストの脱バインダ処理および仮焼成を省略してもよい。この場合、後述する接合工程Ｓ３において、絶縁基材２３に塗布されたガラスペーストの脱バインダ処理、仮焼成および本焼成を行って、第１接合層２１および第２接合層２２を形成することができる。

[0073] 配置工程Ｓ２では、まず、基台である金属筐体１０の端部壁１４のダイアフラム１４ｂが形成された中央部に、第２接合層２２を対向させて接合層２０を配置する第２配置工程Ｓ２２を実施する。その後、基台である金属筐体１０の端部壁１４上に配置された接合層２０の第１接合層２１に対向させて半導体チップである歪検出素子３０を配置する第１配置工程Ｓ２１を実施する。なお、接合層２０の第１接合層２１に対向させて半導体チップである歪検出素子３０を配置する第１配置工程Ｓ２１の後に、接合層２０の第２接合層２２を基台である金属筐体１０の端部壁１４に対向させて配置する第２配置工程Ｓ２２を行ってもよい。

[0074] 接合工程Ｓ３では、たとえば、第１配置工程Ｓ２１および第２配置工程Ｓ２２を行って半導体チップと基台との間に接合層２０を配置した後に、第１接合工程Ｓ３１と第２接合工程Ｓ３２を実施する。第１接合工程Ｓ３１では、接合層２０を第１接合層２１の軟化点以上かつ半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、第１接合層２１を介して半導体チップと接合層２０とを接合する。第２接合工程Ｓ３２では、接合層２０を第２接合層２２の軟化点以上かつ半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、第２接合層２２を介して基台と接合層２０とを接合する。本実施形態の製造方法では、第２接合層２２の軟化点が第１接合層２１の軟化点以下であることから、接合層

２０を第１接合層２１の軟化点以上かつ半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、第１接合工程Ｓ３１および第２接合工程Ｓ３２を一括して行うことができる。

[0075] 組立工程Ｓ４では、接合層２０を介して半導体チップである歪検出素子３０が接合された金属筐体１０の端部壁１４に基板４０を固定して、たとえばワイヤボンディングによって歪検出素子３０の端子と基板４０の端子とを接続する。また、カバー５０にコネクタ６０を固定し、コネクタ６０のターミナル６１を基板４０の端子に接続し、カバー５０と金属筐体１０のフランジ部１２とを、たとえば溶接によって接合する。以上により、本実施形態の物理量測定装置２００を製造することができる。

[0076] 本実施形態の物理量測定装置２００の製造方法によれば、第１接合層２１の熱膨張係数が第２接合層２２の熱膨張係数以下であることで、基台と半導体チップとの間の熱膨張係数の差に起因する応力を緩和して基台と半導体チップとの接合信頼性を向上させることができる。また、第１接合層２１の軟化点が半導体チップの耐熱温度以下であり、第２接合層２２の軟化点が第１接合層２１の軟化点以下であることで、接合層２０の接合温度を半導体チップの動作に影響のない温度に低下させることができる。また、第１接合層２１と第２接合層２２が導電性を有する場合でも、絶縁基材２３によって半導体チップと基台との絶縁性を確保して、半導体チップの入出力に対するノイズを低減させることができる。

[0077] また、固体である接合層２０を用いて半導体チップを基台に接合することができるため、半導体チップを基台に接合するときに印刷法を使用する必要がなく、半導体チップの実装面である基台の形状等の制約条件から解放され、接合信頼性を向上させることができる。さらに、第２接合層２２の軟化点が、第１接合層２１の軟化点よりも、たとえば７℃以上低い場合には、接合層２０の反りを低減して、接合信頼性を向上させることができる。

[0078] 図６は、図５に示す物理量測定装置２００の製造方法の変形例を示すフロー図である。本発明に係る物理量測定装置の製造方法は、図５に示す実施形

態に限定されず、図６に示す実施形態によって実施することも可能である。

[0079] 図５に示す実施形態では、第１配置工程Ｓ２１および第２配置工程Ｓ２２を行って半導体チップと基台との間に接合層２０を配置した後に、接合層２０を第１接合層２１の軟化点以上かつ半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して第１接合工程Ｓ３１および第２接合工程Ｓ３２を一括して行う場合について説明した。

[0080] これに対し、図６に示す実施形態では、製作工程Ｓ１の後に、半導体チップと接合層２０の第１接合層２１とを対向させて配置する第１配置工程Ｓ２１を実施する。次に、接合層２０を第１接合層２１の軟化点以上かつ半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、第１接合層２１を介して半導体チップと接合層２０とを接合する第１接合工程Ｓ３１を実施する。これにより、図３に示すように、半導体チップである歪検出素子３０と接合層２０とを備えた物理量測定素子１００を製造することができる。

[0081] 次に、基台と接合層２０の第２接合層２２とを対向させて配置する第２配置工程Ｓ２２を実施する。次に、接合層２０を第２接合層２２の軟化点以上かつ半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、第２接合層２２を介して基台と接合層２９とを接合する第２接合工程Ｓ３２を実施する。このとき、第２接合層２２の軟化点が第１接合層２１の軟化点よりも低いので、第１接合層２１と半導体チップとの接合を維持したまま、第２接合層２２を介して接合層２０を基台に接合することができる。

[0082] したがって、図６に示す実施形態によれば、図５に示す実施形態と同様の効果が得られるだけでなく、基台上に接合層２０と半導体チップを配置するのが容易になり、接合精度を向上させることができる。

[0083] 以上、図面を用いて本発明の実施の形態を詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更等があっても、それらは本発明に含まれるものである。

[0084] （実施例および比較例）

以下、本発明に係る実施例の物理量測定装置と、本発明には含まれない比

較例の物理測定装置について説明する。

[0085] ガラスの原料として、五酸化バナジウム、酸化テルル、酸化第二鉄、五酸化リン、酸化タングステン、炭酸バリウム、酸化アンチモン、リン酸バリウム、炭酸カリウム、酸化ビスマス、酸化ホウ素、酸化亜鉛、酸化銅を用い、以下の表１に示す組成のガラスＧ１～Ｇ１３を作製した。表１に示すガラス組成は、いずれの成分も酸化物換算の質量パーセントで表示している。

[0086] [表1]

ガラスNo.	ガラス組成(質量%)												
	V_2O_5	TeO_2	Fe_2O_3	P_2O_5	WO_3	BaO	Sb_2O_3	Cs_2O	K_2O	Bi_2O_3	B_2O_3	ZnO	CuO
G1	25	-	-	25	40	-	-	-	-	-	-	10	-
G2	50	-	-	25	-	5	20	-	-	-	-	-	-
G3	50	-	-	24.1	-	25.9	-	-	-	-	-	-	-
G4	45	30	15	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G5	47	30	10	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G6	47	30	7	10	5	-	-	-	-	-	-	1	-
G7	38	30	-	5.8	10	11.2	-	-	5	-	-	-	-
G8	-	-	0.4	-	-	3.4	-	-	-	76.8	8.1	6.3	5
G9	50	20	10	15	5	-	-	-	-	-	-	-	-
G10	45	29	5	10.3	5	4.7	-	1	-	-	-	-	-
G11	40	30	-	4.8	10	15.2	-	-	-	-	-	-	-
G12	37.2	38	-	-	-	18.6	-	-	-	-	-	6.2	-
G13	40	30	-	7.4	10	2.6	-	-	-	-	-	10	-

[0087] ガラスＧ１～Ｇ１３の作製は、以下の手順で行った。まず、原料を表１の組成となるように配合および混合した混合粉末１ｋｇを白金ルツボに入れ、電気炉を用いて５～１０℃／分の昇温速度で１０００～１２００℃の加熱温度まで加熱して２時間保持した。加熱温度の保持中は、均一なガラスとするために攪拌を行った。次に、白金ルツボを電気炉から取り出し、予め１００℃に加熱しておいたステンレス板上に溶融したガラスを流し込み、ガラスＧ１～Ｇ１３を得た。

[0088] 次に、接合層の第１接合層および第２接合層を形成するためのガラスペーストを作製した。具体的には、まず、ガラスＧ１～Ｇ１３を個別に平均粒径（Ｄ５０）が約３μｍになるまでジェットミルを用いて粉砕してガラスＧ１～Ｇ１３の粉末を得た。また、得られたガラスＧ１～Ｇ１３の粉末に、フィラー材料として、平均粒径（Ｄ５０）が約３μｍの$Zr_2(WO_4)(PO_4)_2$（以下、ＺＷＰと略称する場合がある）、コージェライト（以下、ＣＲＤと略称する場合がある）、またはアルミニウム（Ａｌ）を所定量加えて混合粉

を得た。

[0089] 次に、ガラスＧ１～Ｇ１３の粉末またはフィラー材料を加えた混合粉に、バインダとしてエチルセルロースを加えるとともに、溶剤としてブチルカルビトールアセテートを加えて混錬し、ガラスペーストを作製した。次に、接合層の絶縁基材として、厚さ３０μｍ、熱膨張係数６６×１０$^{-7}$／℃の薄板ガラスを用意した。次に、絶縁基材の一方の面にスクリーン印刷によってガラスペーストを塗布して１５０℃の温度で３０分乾燥させたのち、絶縁基材の他方の面にも同様にガラスペーストを塗布して乾燥させた。

[0090] その後、脱バインダ処理として、ガラスペーストが塗布された絶縁基材を３３０℃で３０分加熱した。次に、ガラスペーストが塗布された絶縁基材を、接合層の接合温度と同じ温度で仮焼成することで、半導体チップに接合される第１接合層と、基台に接合される第２接合層と、第１接合層と第２接合層との間に配置された絶縁基材とを有する実施例および比較例の接合層を得た。得られた各接合層の厚さは、概ね９０μｍ程度であった。

[0091] 以下の表２に、実施例Ｅ１～Ｅ１８の接合層の各々の第１接合層および第２接合層について、含有するガラスの種類とその含有量［体積％］、含有するフィラー材料の種類とその含有量［体積％］、熱膨張係数［１０$^{-7}$／℃］、および軟化点［℃］を示す。なお、表２において、ガラスの種類は、表１に示すガラスＮｏ．で示している。

[0092] また、以下の表３に、比較例Ｃ１～Ｃ１１の接合層の各々の第１接合層および第２接合層について、含有するガラスの種類とその含有量［体積％］、含有するフィラー材料の種類とその含有量［体積％］、熱膨張係数［１０$^{-7}$／℃］、および軟化点［℃］を示す。なお、表３において、ガラスの種類は、表１に示すガラスＮｏ．で示している。

[0093] なお、表２および表３に示す各々の接合層の第１接合層および第２接合層の熱膨張係数の測定は、以下のように行った。まず、バインダおよび溶剤を含まないガラス粉末またはガラス粉末とフィラー材料の混合粉末を一軸加圧成型したのち、電気炉にて緻密に焼き固め、それを切断することにより試験

片を得た。試験片の寸法は、４ｍｍ×４ｍｍ×１５ｍｍとした。その試験片を用い、押し棒式熱機械分析装置を用いて５０～２５０℃の範囲の熱膨張係数を測定した。

[0094] また、表２および表３に示す各々の接合層の第１接合層および第２接合層の軟化点は、以下のように求めた。まず、上記のガラス粉末または混合粉末を５℃／分の昇温速度で示差熱分析（ＤＴＡ）を行った。標準サンプルとして、アルミナ粉末を用いた。得られたＤＴＡカーブにおいて、第二吸熱ピーク温度を軟化点Ｔｓとした。

[0095] 次に、物理量測定装置に用いる半導体チップとして、接合面にメタライズ処理が施されてＡｌ膜が形成された半導体チップ（４ｍｍ×４ｍｍ、３７×１０$^{-7}$／℃）を用意した。また、接合層を介して半導体チップを接合する基台として、ステンレス（ＳＵＳ６３０）製のダイアフラム（φ１２ｍｍ、熱膨張係数：１１３×１０$^{-7}$／℃）を用意した。

[0096] そして、実施例Ｅ１～Ｅ１８および比較例Ｃ１～Ｃ１１の接合層を用い、前述の実施形態で説明した第１配置工程および第２配置工程を行って、各接合層の第１接合層を半導体チップの接合面に対向させ、各接合層の第２接合層を基台の接合面に対向させ、半導体チップと基台との間に接合層を配置した。次に、各接合層を第１接合層の軟化点以上の温度接合温度に加熱し、接合層を介して半導体チップを基台に接合した。

[0097] 実施例Ｅ１～Ｅ１８の接合層の接合温度、ならびに、接着可否、信頼性、およびチップ動作の評価結果を以下の表４に示す。また、比較例Ｃ１～Ｃ１１の接合層の接合温度、ならびに、接着可否、信頼性、およびチップ動作の評価結果を以下の表５に示す。

[0098]

[表2]

実施例	構成	ガラス		フィラー材料		熱膨張係数 [10^{-7}/℃]	軟化点 [℃]
		種類	含有量 [体積%]	種類	含有量 [体積%]		
E1	第1接合層	G4	60	ZWP	40	43	383
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E2	第1接合層	G4	65	ZWP	35	47	382
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E3	第1接合層	G4	70	ZWP	30	56	381
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E4	第1接合層	G4	75	ZWP	25	62	381
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E5	第1接合層	G5	70	ZWP	30	60	366
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E6	第1接合層	G5	65	ZWP	35	52	367
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E7	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G7	70	ZWP	30	100	333
E8	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
E9	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G6	75	ZWP	25	67	359
E10	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G6	90	ZWP	10	88	358
E11	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G6	100	-	-	102	354
E12	第1接合層	G9	70	ZWP	30	50	365
	第2接合層	G6	100	-	-	102	354
E13	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G9	100	-	-	89	357
E14	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G10	100	-	-	111	360
E15	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G11	70	ZWP	30	62	359
E16	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G12	70	ZWP	30	113	350
E17	第1接合層	G13	60	ZWP	40	50	362
	第2接合層	G6	90	ZWP	10	88	358
E18	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G13	100	-	-	108	352

[0099]

[表3]

比較例	構成	ガラス		フィラー材料		熱膨張係数 [10^{-7}/℃]	軟化点 [℃]
		種類	含有量 [体積%]	種類	含有量 [体積%]		
C1	第1接合層	G1	90	ZWP	10	49	550
	第2接合層	G1	70	Al	30	97	550
C2	第1接合層	G1	100	-	-	58	548
	第2接合層	G1	70	Al	30	97	550
C3	第1接合層	G2	70	ZWP	30	48	450
	第2接合層	G3	90	ZWP	10	90	442
C4	第1接合層	G2	70	ZWP	30	48	450
	第2接合層	G8	75	CRD	25	105	450
C5	第1接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
	第2接合層	G4	70	ZWP	30	56	381
C6	第1接合層	G6	90	ZWP	10	88	358
	第2接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
C7	第1接合層	G6	75	ZWP	25	67	361
	第2接合層	G6	60	ZWP	40	42	359
C8	第1接合層	G7	70	ZWP	30	100	333
	第2接合層	G6	60	ZWP	40	42	359
C9	第1接合層	G6	75	ZWP	25	67	361
	第2接合層	G5	70	ZWP	30	60	366
C10	第1接合層	G3	90	ZWP	10	90	442
	第2接合層	G3	90	ZWP	10	90	442
C11	第1接合層	G8	75	CRD	25	450	361
	第2接合層	G8	75	CRD	25	450	354

[0100] [表4]

実施例	接合温度[℃]	接着可否	信頼性	チップ動作
E1	400	○	○	○
E2	400	○	○	○
E3	400	○	△	○
E4	400	△	△	○
E5	400	○	△	○
E6	400	○	△	○
E7	400	○	○	○
E8	400	○	△	○
E9	400	○	○	○
E10	400	○	○	○
E11	400	○	○	○
E12	400	○	○	○
E13	400	○	○	○
E14	400	△	○	○
E15	400	○	△	○
E16	400	△	○	○
E17	400	○	○	○
E18	400	○	○	○

[0101] [表5]

実施例	接合温度[℃]	接着可否	信頼性	チップ動作
C1	600	○	○	×
C2	600	○	△	×
C3	490	○	○	×
C4	490	○	○	×
C5	400	×	-	-
C6	400	×	-	-
C7	400	△	×	-
C8	400	×	×	-
C9	400	△	△	-
C10	490	×	×	-
C11	490	×	×	-

[0102] 表４および表５に示す接着可否は、複数のサンプルすべてで接合体を介して半導体チップを基台に接合できたものを良（○）と評価した。また、複数のサンプルのうち接合体を介して半導体チップを基台に接合できないものがあったが、問題のないサンプルを多く含むものを可（△）、半導体チップの割れや剥離が生じて半導体チップを基台に接合できなかったものを不可（×）と評価した。

[0103] 表４および表５に示す信頼性は、接合層を介して接合された半導体チップと基台に対し、－４０℃～１５０℃の温度サイクル試験およびせん断強度試験を行うことによって評価した。その結果、すべてのサンプルに問題が生じなかったものを良（○）と評価した。また、サンプルによっては半導体チップの割れや剥離が生じたり接合強度のばらつきが大きかったりするが、問題のないサンプルを多く含むものを可（△）と評価し、多くのサンプルで半導体チップの割れや剥離が生じるものや接合強度が１０Ｍｐａ以下となるものは不可（×）と評価した。

[0104] 表４および表５に示すチップ動作の評価は、基台としてのダイアフラムに各接合層を介して接合された半導体チップを用いて、図１に示される前述の実施形態の物理量測定装置を製作し、半導体チップである歪検出素子の動作を評価することによって行った。その結果、物理量測定装置の動作不良が１

％未満の場合には良（○）、１０％未満の場合には可（△）、５０％以上の場合には不可（×）と評価した。

[0105] 以上の結果から、第１接合層の熱膨張係数が第２接合層の熱膨張係数以下であり、第１接合層の軟化点が半導体チップの耐熱温度（たとえば４３０℃）以下であり、第２接合層の軟化点が第１接合層の軟化点以下である実施例Ｅ１～Ｅ１８の接合層を用いた物理量測定装置において、比較例Ｃ１～Ｃ１１と比較して、基台と半導体チップの接合信頼性および半導体チップの動作の信頼性を向上させることができた。

[0106] このとき、第１接合層の熱膨張係数としては、４２×１０$^{-7}$／℃以上かつ６２×１０$^{-7}$／℃以下が良好であり、第２接合層の熱膨張係数としては、４２×１０$^{-7}$／℃以上１１３×１０$^{-7}$／℃以下が良好であった。特に、第１接合層の熱膨張係数が４２×１０$^{-7}$／℃以上かつ５０×１０$^{-7}$／℃以下で、かつ第２接合層の熱膨張係数が６７×１０$^{-7}$／℃以上かつ１０２×１０$^{-7}$／℃以下の場合に、半導体チップと基台との接合状態および接合信頼性がともに優れた物理量測定装置が得られた。

[0107] この優れた結果が得られた実施例では、熱膨張係数αの関係は、歪検出素子の熱膨張係数をα１、上面の接合層の熱膨張係数をα２、絶縁基材の熱膨張係数をα３、下面の接合層の熱膨張係数をα４、ダイアフラムの熱膨張係数をα５としたときに、α１＜α２＜α３＜α４＜α５の関係を満たしていた。

[0108] また、接合層のフィラー含有量としては、接合材の上面で３０～４０体積％で、下面が０～４０体積％のときに良好な結果が得られた。特に、第１接合層のフィラー材料の含有量が第２接合層のフィラー材料の含有量よりも多い場合に良好な結果が得られた。

[0109] また、ガラス組成としては、第１接合層に含まれるガラスの組成は、V_2O_5が４０～５０重量％、TeO_2が２０～３０重量％、P_2O_5が５．８～１５重量％、Fe_2O_3が０～１５重量％、WO_3が０～１０重量％、ＺｎＯが０～１０重量％の範囲であり、第２接合層に含まれるガラスの組成は、V_2O_5が

３７．２～５０重量%、TeO_2が２０～３０重量%、P_2O_5が０～１５重量%、Fe_2O_3が０～１５重量%、WO_3が０～１０重量%、ＢａＯが０～２６重量%、ＺｎＯが０～１０重量%の範囲であった。また、その他の成分としてK_2OやCs_2Oのアルカリ金属酸化物を０～５重量%で含んでいた

。

[0110] さらに、第２接合層の軟化点が第１接合層の軟化点よりも７℃以上低い場合には、接合層の反りが小さかった。これはガラスの固着温度によるものと考えられるが、接合層の取り扱いの観点からはより好ましいことが判明した

。

[0111] 次に、前述の実施例Ｅ１～Ｅ１８と同様に実施例Ｅ１９～Ｅ２１の接合層を作製して、接合層の接合温度による半導体チップへの影響を検討した。なお、実施例Ｅ２１の接合層では、第２接合層の材料として、市販の鉛系ガラスペーストＡＧＣ製、４３０℃接合用、熱膨張係数７２×10^{-7}／℃）を用いた。各接合層の第１接合層および第２接合層の構成を、以下の表６に示す

。

[0112] [表6]

実施例	構成	ガラス		フィラー材料		熱膨張係数 [10^{-7}/℃]	軟化点 [℃]
		種類	含有量 [体積%]	種類	含有量 [体積%]		
E19	第1接合層	G4	65	ZWP	35	47	382
	第2接合層	G5	90	ZWP	10	89	365
E20	第1接合層	G6	60	ZWP	40	42	361
	第2接合層	G6	90	ZWP	10	88	358
E21	第1接合層	G4	65	ZWP	35	47	382
	第2接合層	市販PbO系ガラスペースト				72	-

[0113] 表６に示す各接合層を用いて、半導体チップを基台に接合するときの接合温度を、４３０℃にした物理量測定装置と、４５０℃にした物理量測定装置とを作製し、接合層の接合温度による半導体チップへの影響を検証した。結果を表７に示す。

[0114]

[表7]

実施例	接合温度[℃]	接着可否	信頼性	チップ動作
E19	430	○	○	△
	450	×	-	-
E20	430	○	○	△
	450	○	○	×
E21	430	○	○	△
	450	×	-	-

[0115] 表７に示す各接合層の接着可否、信頼性、およびチップ動作の評価は、表４及び表５に示す各接合層と同様に行った。以上の結果から、接合層の接合温度が半導体チップの耐熱温度（たとえば４３０℃）以下であれば、接合状態および接合信頼性は良好（○）であり、チップ動作も可（△）であるのに対し、接合層の接合温度が半導体チップの耐熱温度を超えると、接合に不具合が生じたり、半導体チップの動作に異常が見られたりした。したがって、接合層の接合温度は、半導体チップの耐熱温度以下であることが好ましい。なお、接合層の接合温度は、接合層の第１接合層の軟化点以上の温度または第１接合層の軟化点よりも高い温度である。

[0116] 次に、接合層の絶縁基材による影響を検証するために、絶縁基材の構成以外は実施例Ｅ１０と同様に実施例Ｅ２２～Ｅ３３の接合層を作製した。そして、作製した各接合層を用いて、物理量測定装置を作製した。

[0117] また、実施例Ｅ１０と同様の第１接合層および第２接合層を有し、絶縁基材を有しない比較例Ｃ１２の接合層を作製した。具体的には、まず、第２接合層を形成するためのガラスペーストを基台であるダイアフラム上に塗布し、乾燥させて仮焼成を行った。その後、第１接合層を形成するためのガラスペーストを仮焼成した第２接合層の上に塗布し、乾燥させて仮焼成を行った。その後、仮焼成した第１接合層の上に半導体チップを配置して４００℃で加熱した。これにより、比較例Ｃ１２の接合層を介して半導体チップを基台に接合し、物理量測定装置を作製した。

[0118] その後、実施例Ｅ２２～Ｅ３３および比較例Ｃ１２の接合層を前述の実施

例Ｅ１からＥ２１と同様に評価した。実施例Ｅ２２～Ｅ３３および比較例Ｃ１２の接合層の絶縁基材の構成、接合温度、ならびに接着可否、信頼性、およびチップ動作の評価結果を以下の表８に示す。

[0119] [表8]

実施例 比較例	絶縁基材			接合温度 [℃]	接着 可否	信頼性	チップ 動作
	材料	厚さ[μm]	熱膨張係数 [10^{-7}/℃]				
E22	ガラス	5	66	400	△	△	○
E23	ガラス	20	66	400	○	○	○
E24	ガラス	100	66	400	○	○	○
E25	ガラス	300	66	400	○	○	○
E26	ガラス	500	66	400	○	○	○
E27	ガラス	30	38	400	△	△	○
E28	ガラス	30	72	400	○	○	○
E29	ガラス	30	84	400	○	○	○
E30	ガラス	30	100	400	△	△	○
E31	Si	50	37	400	△	△	○
E32	Si	100	37	400	△	△	○
E33	アルミナ	100	73	400	○	○	○
C12	－			400	△	△	×

[0120] 表８において、絶縁材基材の材料であるガラスとしては、SiO_2を主成分としたＳｉＯ２系ガラスを用いた。また、絶縁材基材の材料であるＳｉとしては、ドーピングされていない純Ｓｉを用いた。表８に示すように、絶縁基材のない比較例Ｃ１２の接合層を用いた物理量測定装置において、半導体チップの動作に異常が見られたが、絶縁基材を有する実施例Ｅ２２～Ｅ３３の接合層を用いた物理量測定装置では、良好にチップが動作することを確認できた。

[0121] また、絶縁基材としては、SiO_2を主成分としたガラスの他、Ｓｉやアルミナなどの一般的な高抵抗の材料であれば使用することができることが確認された。絶縁基材の線熱膨張係数としては、３８×１０$^{-7}$／℃以上かつ１００×１０$^{-7}$／℃以下まで幅広く使用できることが判明したが、第１および第２接合層との線熱膨張係数の関係から、特に好ましいのは６６×１０$^{-7}$／℃以上かつ８４×１０$^{-7}$／℃以下の範囲であることが分かった。また、絶縁基材の厚さも５μｍから５００μｍ程度まで幅広く使用できるが、特に好まし

いのは、信頼性の観点から２０μｍ以上であることが分かった。ただし、絶縁基材の厚さが厚くなると物理量測定装置としての出力が小さくなってしまうことから、特に好ましい絶縁基材の厚さは２０μｍ以上かつ１００μｍ以下である。

[0122] 最後に、基台の接合層が接合される面に形成された金属膜の効果について検証した。具体的には、基台としてステンレス（ＳＵＳ６３０）製のダイアフラムを用い、接合層が接合される基台の接合面に、ＮｉメッキとＡｌスパッタの前処理を行って金属膜を形成した。そして、実施例Ｅ１からＥ１８の接合層を用いて物理量測定装置を作製した。その結果、実施例Ｅ１からＥ１８の接合層のいずれの場合にもせん断の接合強度が向上することがわかった。そのため、基台の接合面に前処理を行って、Ａｌ、Ｎｉ、Ｔｉ、Ｍｏからなる群から選択される少なくとも１種以上を含む金属膜を形成することが望ましい。

符号の説明

[0123] １０ 金属筐体（基台）

２０ 接合層

２１ 第１接合層

２２ 第２接合層

２３ 絶縁基材

３０ 歪検出素子（半導体チップ）

１００ 物理量測定素子

２００ 物理量測定装置

Ｓ２１ 第１配置工程

Ｓ３１ 第１接合工程

Ｓ２２ 第２配置工程

Ｓ３２ 第２接合工程

請求の範囲

[請求項1] 基台と、該基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップと、該半導体チップを前記基台に接合する接合層とを備える物理量測定装置であって、

前記接合層は、前記半導体チップに接合される第１接合層と、前記基台に接合される第２接合層と、前記第１接合層と前記第２接合層との間に配置された絶縁基材と、を有し、

前記第１接合層および前記第２接合層は、ガラスを含み、

前記第１接合層の熱膨張係数は、前記第２接合層の熱膨張係数以下であり、

前記第１接合層の軟化点は、前記半導体チップの耐熱温度以下であり、

前記第２接合層の軟化点は、前記第１接合層の軟化点以下であることを特徴とする物理量測定装置。

[請求項2] 前記ガラスは、バナジウムを含むことを特徴とする請求項１に記載の物理量測定装置。

[請求項3] 前記第１接合層および前記第２接合層は、前記ガラスよりも熱膨張係数が低いフィラー材料を含み、

前記第１接合層の前記フィラー材料の含有率は、前記第２接合層の前記フィラー材料の含有率よりも高いことを特徴とする請求項１に記載の物理量測定装置。

[請求項4] 前記第１接合層の前記フィラー材料の含有率は、３０体積％以上かつ４０体積％以下であることを特徴とする請求項３に記載の物理量測定装置。

[請求項5] 前記第１接合層に含まれる前記ガラスは、V_2O_5を４０～５０重量％、TeO_2を２０～３０重量％、P_2O_5を５．８～１５重量％、Fe_2O_3を０～１５重量％、WO_3を０～１０重量％、ＺｎＯを０～１０重量％含み、

前記第２接合層に含まれる前記ガラスは、V_2O_5を３７．２～５０重量％、TeO_2を２０～３０重量％、P_2O_5を０～１５重量％、Fe_2O_3を０～１５重量％、WO_3を０～１０重量％、ＢａＯを０～２６重量％、ＺｎＯを０～１０重量％、アルカリ金属酸化物を０～５重量％含むことを特徴とする請求項２に記載の物理量測定装置。

[請求項6] 前記絶縁基材の熱膨張係数は、３８×１０$^{-7}$／℃以上かつ１００×１０$^{-7}$／℃以下であることを特徴とする請求項１に記載の物理量測定装置。

[請求項7] 前記絶縁基材の素材は、ガラス、シリコン、またはアルミナであることを特徴とする請求項１に記載の物理量測定装置。

[請求項8] 前記絶縁基材の厚さは、５μｍ以上かつ５００μｍ以下であることを特徴とする請求項１に記載の物理量測定装置。

[請求項9] 前記基台および前記半導体チップは、前記接合層が接合される面に、Ａｌ、Ｎｉ、Ｔｉ、Ｍｏからなる群から選択される少なくとも１種以上を含む金属膜を有することを特徴とする請求項１に記載の物理量測定装置。

[請求項10] 基台と、該基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップと、該半導体チップを前記基台に接合する接合層とを備える物理量測定装置の製造方法であって、

ガラスを含む第１接合層および第２接合層と、前記第１接合層と前記第２接合層との間に配置された絶縁基材とを備え、前記第１接合層の熱膨張係数が前記第２接合層の熱膨張係数以下であり、前記第１接合層の軟化点が前記半導体チップの耐熱温度以下であり、前記第２接合層の軟化点が前記第１接合層の軟化点以下である前記接合層を用い、前記半導体チップと前記接合層の前記第１接合層とを対向させて配置する第１配置工程と、

前記接合層を前記第１接合層の軟化点以上かつ前記半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、前記第１接合層を介して前記半導体

チップと前記接合層とを接合する第１接合工程と、

前記基台と前記接合層の前記第２接合層とを対向させて配置する第２配置工程と、

前記接合層を前記第２接合層の軟化点以上かつ前記半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して、前記第２接合層を介して前記基台と前記接合層とを接合する第２接合工程と、を有することを特徴とする物理量測定装置の製造方法。

[請求項11] 前記第１配置工程および前記第２配置工程を行って前記半導体チップと前記基台との間に前記接合層を配置した後に、前記接合層を前記第１接合層の軟化点以上かつ前記半導体チップの耐熱温度以下の温度に加熱して前記第１接合工程および前記第２接合工程を一括して行うことを特徴とする請求項１０に記載の物理量測定装置の製造方法。

[請求項12] 基台に作用する応力に基づいて物理量を測定する半導体チップと、該半導体チップを前記基台に接合する接合層と、を備える物理量測定素子であって、

前記接合層は、前記半導体チップに接合される第１接合層と、前記基台に接合される第２接合層と、前記第１接合層と前記第２接合層との間に配置された絶縁基材と、を有し、

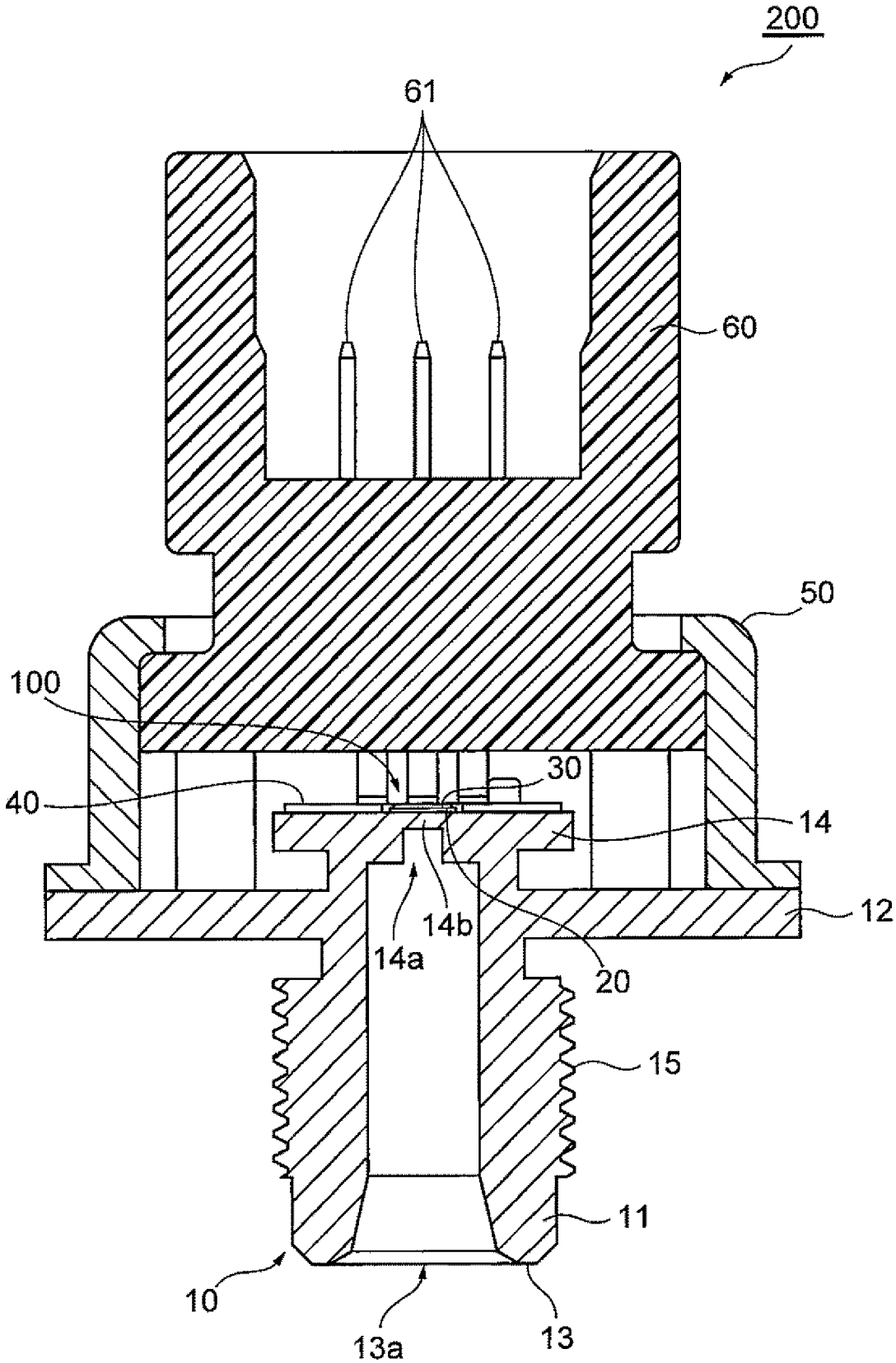
前記第１接合層および前記第２接合層は、ガラスを含み、

前記第１接合層の熱膨張係数は、前記第２接合層の熱膨張係数以下であり、

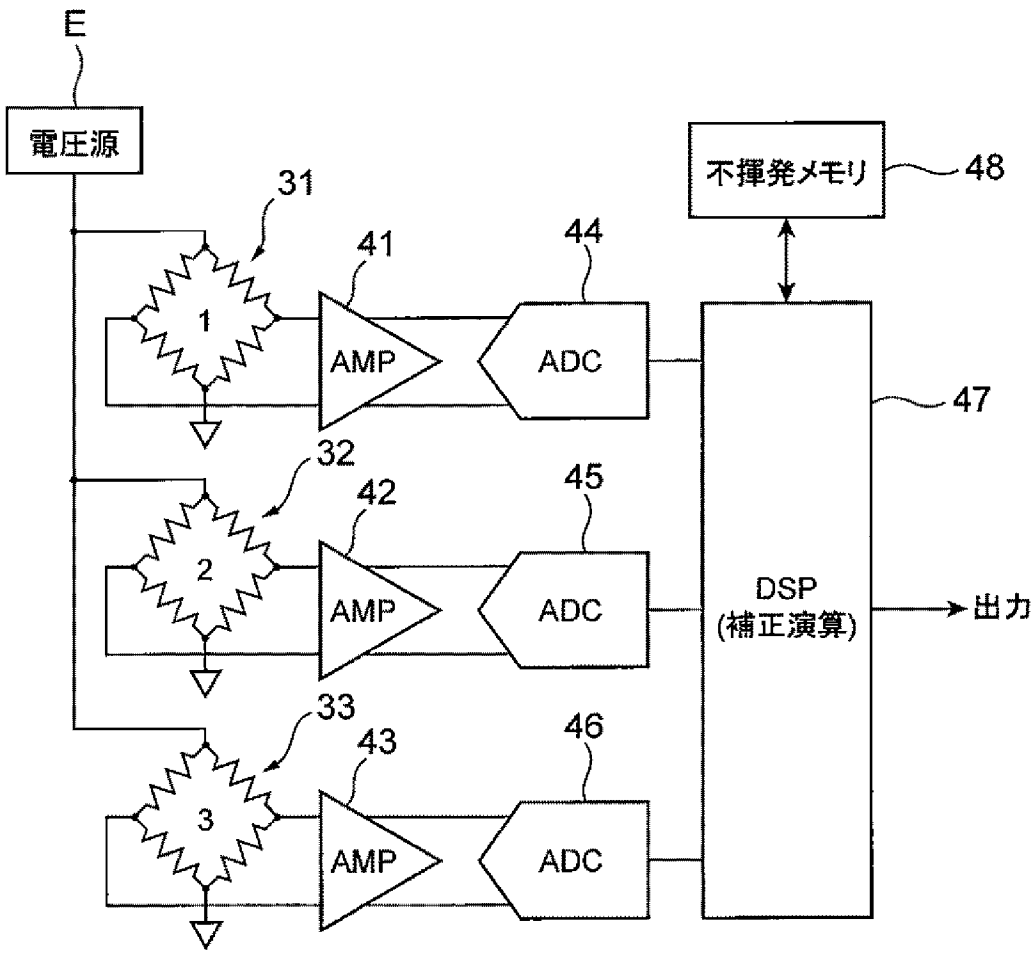
前記第１接合層の軟化点は、前記半導体チップの耐熱温度以下であり、

前記第２接合層の軟化点は、前記第１接合層の軟化点以下であることを特徴とする物理量測定素子。

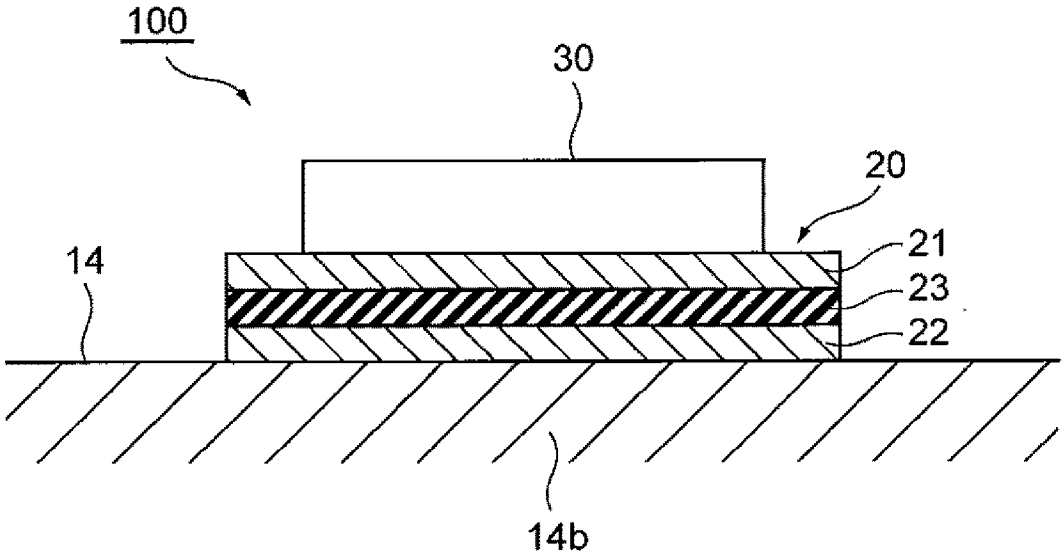
[図1]



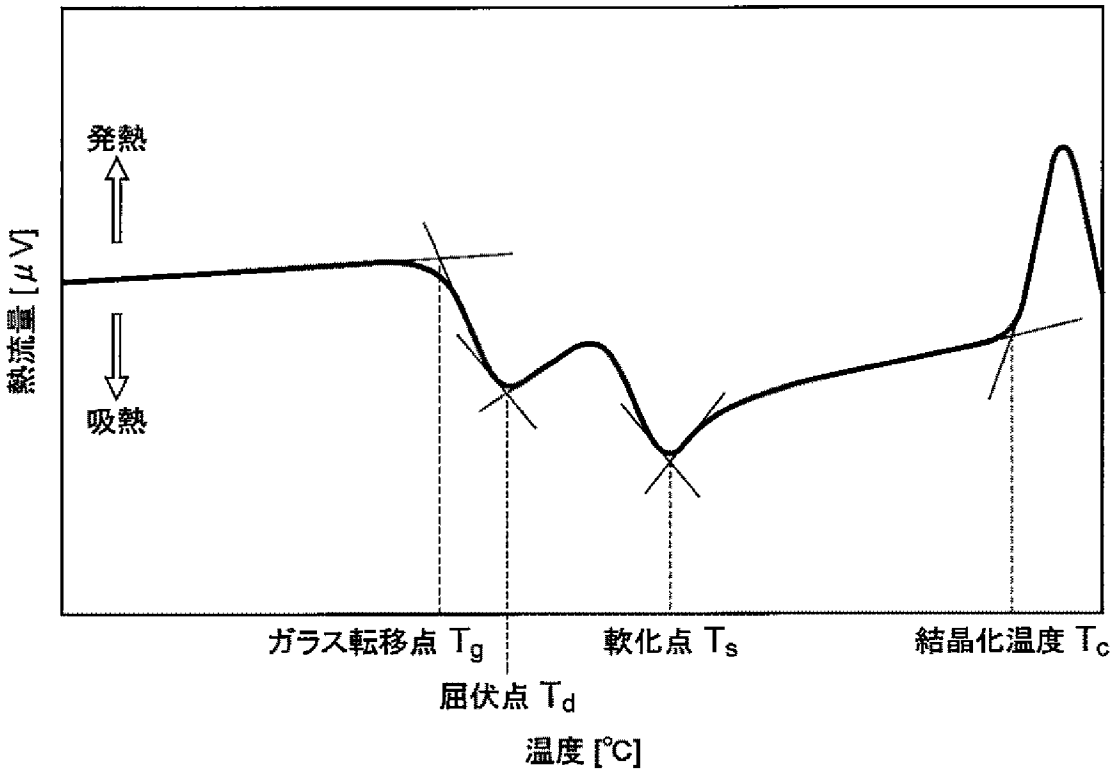
[図2]


E
電圧源
31
41
44
1
AMP
ADC
不揮発メモリ
48
47
32
42
45
2
AMP
ADC
DSP
(補正演算)
出力
33
43
46
3
AMP
ADC

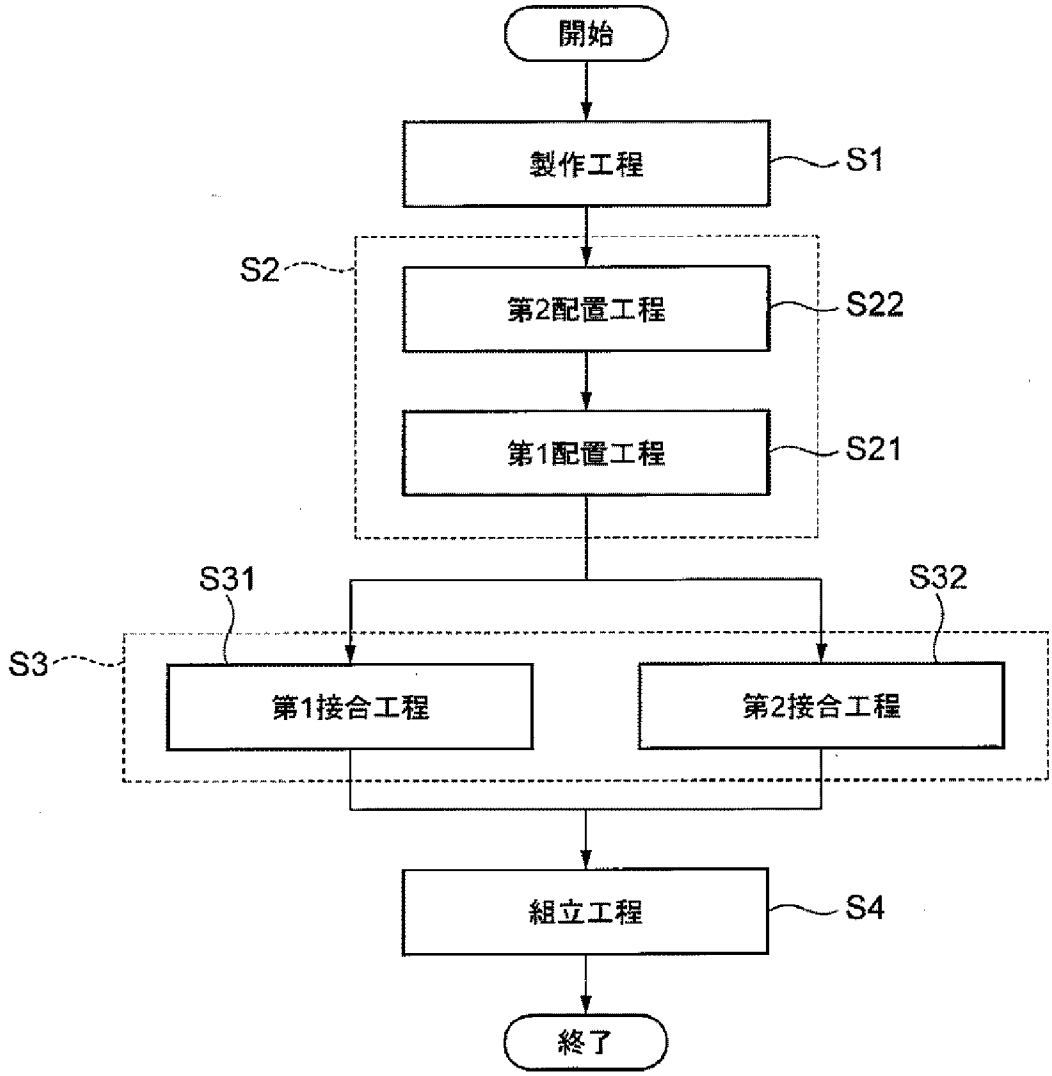
[図3]



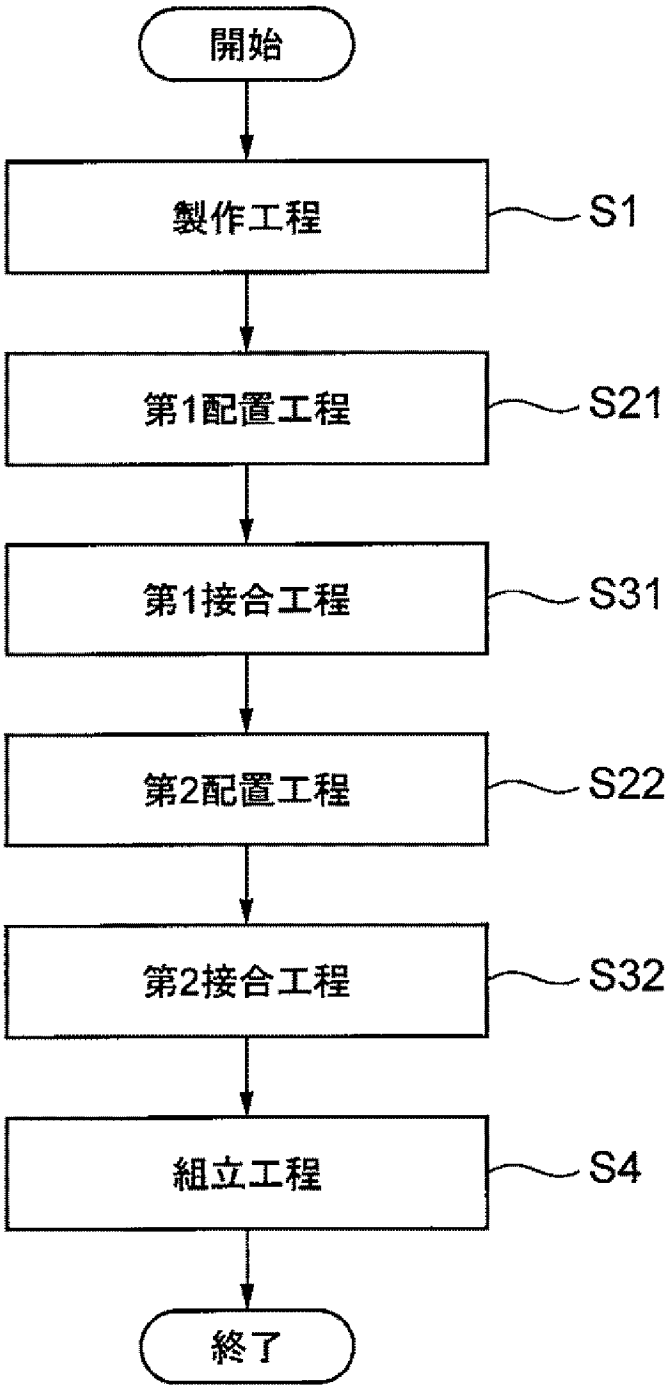
[図4]



[図5]


開始
製作工程
S1
S2
第2配置工程
S22
第1配置工程
S21
S31
S32
S3
第1接合工程
第2接合工程
組立工程
S4
終了

[図6]


開始
製作工程
S1
第1配置工程
S21
第1接合工程
S31
第2配置工程
S22
第2接合工程
S32
組立工程
S4
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/015069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01L9/00(2006.01)i, *G01D21/00*(2006.01)i, *H01L29/84*(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)
G01L9/00, G01D21/00, H01L29/84

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.
A	WO 2015/040737 A1 (Hitachi, Ltd.), 26 March 2015 (26.03.2015), fig. 9 (Family: none)	1-12

☐ 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
31 May 2017 (31.05.17)	13 June 2017 (13.06.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１５０６９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01L9/00(2006.01)i, G01D21/00(2006.01)i, H01L29/84(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.　G01L9/00, G01D21/00, H01L29/84

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	ＷＯ　２０１５／０４０７３７　Ａ１（株式会社日立製作所） ２０１５．０３．２６，図９（ファミリー無し）	１－１２

☐　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	国際調査報告の発送日
３１．０５．２０１７	１３．０６．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｆ　８５０５
森　雅之
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６