

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4265074号
(P4265074)

(45) 発行日 平成21年5月20日(2009.5.20)

(24) 登録日 平成21年2月27日(2009.2.27)

(51) Int.Cl.

H01L 29/84 (2006.01)
G01L 9/04 (2006.01)

F 1

H01L 29/84
G01L 9/04

B

請求項の数 1 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2000-89595 (P2000-89595)	(73) 特許権者	000005832 パナソニック電工株式会社 大阪府門真市大字門真1048番地
(22) 出願日	平成12年3月28日 (2000.3.28)	(74) 代理人	100111556 弁理士 安藤 淳二
(65) 公開番号	特開2001-284603 (P2001-284603A)	(72) 発明者	齊藤 宏 大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内
(43) 公開日	平成13年10月12日 (2001.10.12)	(72) 発明者	赤井 澄夫 大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内
審査請求日	平成17年12月16日 (2005.12.16)	(72) 発明者	宮島 久和 大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体圧力センサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

シリコン基板に掘り込んで形成したダイヤフラムと、このダイヤフラムのたわみ量を検出する回路素子を形成しているシリコン基板と、検知対象導入用の貫通孔を形成したガラス基板とを、シリコン基板のダイヤフラム掘り込み部側を接合面側として、陽極接合法によって接合する工程を備える半導体圧力センサの製造方法において、ガラス基板との接合面となるシリコン基板の肉厚部底面に、厚さが $1 \mu m \sim 3 \mu m$ のアルミニウム層を形成し、ガラス基板との接合面となるシリコン基板の肉厚部底面と共に、ダイヤフラム掘り込み面全体に、厚さが $1 \mu m \sim 3 \mu m$ のアルミニウム層を形成し、その後、シリコン基板とガラス基板を接合することを特徴とする半導体圧力センサの製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体圧力センサの製造方法に関し、詳しくは、センサチップとガラス台座からなるセンサ本体を有する半導体圧力センサの製造方法であって、センサチップとなる、シリコン基板に掘り込んで形成したダイヤフラム（肉薄部）と、このダイヤフラムのたわみ量を検出する回路素子とを形成しているシリコン基板と、ガラス台座となる検知対象導入用の貫通孔を形成したガラス基板とを、陽極接合法によって接合する工程を備える半導体圧力センサの製造方法に関する。

【0002】

20

【従来の技術】

図13は、半導体圧力センサの製造の際に使用される、シリコン基板に掘り込んで形成したダイヤフラムとこのダイヤフラムに配置して形成した圧力検知用回路素子を備えるシリコン基板と、ガラス台座となるガラス基板との、従来の接合方法を示す断面図であり、図14は、本発明が適用される半導体圧力センサの従来例の一例を示す断面図である。

【0003】

図14に示す半導体圧力センサは、例えば車載CVT(無段変速機)用のオイル圧力検知等の用途で、高圧領域の圧力検知に使用される。このような半導体圧力センサでは、圧力によって生ずるダイヤフラム3の歪みを電気信号として取り出す働きを有するセンサチップ1とガラス台座2からなるセンサ本体が、金属パイプ20を備えているパッケージ14内に固定されていて、センサチップ1の表面には保護樹脂を塗布してオーバーコート19が形成されている。ここで、センサ本体をガラス台座2付きの構造としているのは、パッケージ14からの応力の影響を抑えて、センサチップ1の精度を高めるためである。そして、液体のオイル、水、空気等の圧力検知対象が金属パイプ20及びガラス台座2内の貫通孔5を経由して半導体圧力センサ内に導入され、導入された流体(検知対象)の圧力によって生じるセンサチップ1のダイヤフラム3のたわみ量の変化(歪み)を、ダイヤフラム3に形成されているピエゾ抵抗素子(回路素子)が電気信号に変換することによって、この半導体圧力センサでは圧力の検知が行われる。

【0004】

パッケージ14はPPSやPBT等のプラスチックで形成され、その中にコバール製等の金属パイプ20が配置されていて、この金属パイプ20と、下面にメタライズ21が施されているガラス台座2とが、半田等(錫、錫-アンチモン合金、鉛、錫-鉛合金、金-シリコン合金、錫-銀合金等)の接合用金属15により接合される。ガラス台座2の下面のメタライズ21層は、最下層Cr/Pt/最上層Au、最下層Ti/Ni/最上層Au、最下層Ti/Pt/最上層Auなどの構成とすることが可能であり、最上層のAuの表面に半田が塗れるようになっている。また、パッケージ14にはリード17がプリモールドされており、金又はアルミ製のワイヤ16によってセンサチップ1の表面のアルミパッドとリード17とが電気接続される。図14で符号18はふたを示している。

【0005】

上記のような半導体圧力センサの製造方法について、図13を参照して以下に説明する。
回路素子(ピエゾ抵抗素子)4を形成したシリコン基板(シリコンウェハ)31に、ダイヤフラム3を形成するための窓開けは、フォトリソグラフィ技術を用い、シリコン基板31に形成したシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜をエッチングして形成する。窓開けをしなかった部分のシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜は、KOH水溶液等を用いてダイヤフラム形成の掘り込みを行わない部分のシリコンに対する保護膜(マスク)として用いる。そして、これら保護膜(マスク)は、一般的にはダイヤフラム3の形成後に、ドライエッティングやフッ酸等のウェットエッティングで除去される。そして、シリコン基板31に形成するダイヤフラム3は、KOH水溶液やTMAH液(tetra methyl ammonium hydroxide solution)等を用いて、異方性エッティングして形成し、ダイヤフラム3の厚みは約40μm~150μm程度であり、薄いほど感度が良いが、破壊耐圧強度は低くなる傾向となる。なお、ここでいう破壊耐圧強度とは印加圧力に耐え得る程度を表わす特性であって、圧力に耐えられずに破壊に至るときの印加圧力値で評価する特性を示している(以下同じ)。一方、ガラス台座2となるガラス基板32に形成する検知対象導入用の貫通孔5の加工には、一般に超音波ホーン加工法が用いられている。

【0006】

上記のように複数のダイヤフラム3を形成したシリコン基板31とナトリウムやリチウム等のアルカリイオン成分を含有するガラス基板32を陽極接合法により接合する。この陽極接合は、図13に示すようにシリコン基板31のダイヤフラム形成の掘り込みを行った面と反対側の面にセットする電極ピン12をプラス電極、ガラス基板32の底面側にセットする下ヒータ電極13をマイナス電極として、約400~1000Vの直流電圧を

10

20

30

40

50

印加し、約330～500の高温中で、数百gの荷重をかけて、真空又は窒素雰囲気にしているチャンバー内で行う。この陽極接合では、シリコン基板31のシリコン(Si)とガラス基板32中の酸素イオンが静電引力により原子的に結合し、接合界面には数nm(ナノメータ)のシリコン酸化膜が形成されると考えられる。シリコン基板31とガラス基板32を接合した後、チップサイズに個々にダイシングして、センサチップ1とガラス台座2からなるセンサ本体は製造され、このセンサ本体をパッケージ14に装着して図14に示した半導体圧力センサは製造される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来の製造方法によって製造した半導体圧力センサでは、破壊耐圧強度が低く、車載用途等の、より高圧領域の圧力検知を求められる用途では、さらなる破壊耐圧強度の向上が求められていた。そして、破壊耐圧強度の向上のために、ダイヤフラムの形状について、ダイヤフラムの開口形状を方形から橢円状に変更したりしても、改善効果は顕著ではなく、破壊耐圧強度の向上が達成できる他の改善策が求められていた。

10

【0008】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、破壊耐圧強度が従来よりも向上する半導体圧力センサを製造することができる半導体圧力センサの製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

20

発明者らは、ガラスに対する接合強度を各種検討して、シリコンとガラスを接合した強度より、アルミニウムとガラスを接合した強度の方が高いという知見を得ると共に、高圧のオイルを貫通孔から半導体圧力センサ内に導入した際の、半導体圧力センサの破壊について検討したところ、ダイヤフラムの厚みが薄い場合(80μm以下の厚さ)には、図14で示したセンサチップ1のダイヤフラム部3の付け根部51にクラックが入って、ダイヤフラムが吹き飛び、ダイヤフラムの厚みが厚い場合(80μmを越える厚さ)には、センサチップ1(シリコン基板)とガラス台座2(ガラス基板)の接合個所の、内部側にあるくさび状角部52からクラックがセンサチップ1に入って、その上方部分が吹き飛んで破壊に至っていて、また、ダイヤフラム3を形成するためのダイヤフラム掘り込み部34の内壁傾斜面35([1111面])にマイクロクラックがあると、その箇所を起点としてクラックが拡大し破壊に至るとの知見を得た。また、図14で示した、金属パイプ20とガラス台座2との接合部分は、その接合強度が高いため、破壊されることはずといふことも見出した。

30

【0010】

そして、これらの知見を基に、破壊耐圧強度を向上するための手段を各種検討した結果、本発明に到ったものである。

【0011】

請求項1に係る発明の半導体圧力センサの製造方法は、シリコン基板に掘り込んで形成したダイヤフラムと、このダイヤフラムのたわみ量を検出する回路素子を形成しているシリコン基板と、検知対象導入用の貫通孔を形成したガラス基板とを、シリコン基板のダイヤフラム掘り込み部側を接合面側として、陽極接合法によって接合する工程を備える半導体圧力センサの製造方法において、ガラス基板との接合面となるシリコン基板の肉厚部底面に、厚さが1μm～3μmのアルミニウム層を形成し、ガラス基板との接合面となるシリコン基板の肉厚部底面と共に、ダイヤフラム掘り込み面全体に、厚さが1μm～3μmのアルミニウム層を形成し、その後、シリコン基板とガラス基板を接合することを特徴とする。

40

【0012】

この発明では、接合面となるシリコン基板の肉厚部底面に、厚さが1μm～3μmのアルミニウム層を形成しているので、シリコン基板とガラス基板の接合強度が高まる。アルミニウム層の厚みが1μm未満では、シリコン基板とガラス基板の接合強度の改善が顕著で

50

なく、また、 $3 \mu\text{m}$ を越えると、形成したアルミニウム膜の応力によって、センサチップとなるシリコン基板が大きく変形する（反りを生じる）ために接合後に得られるセンサ本体のオフセット電圧がバラツクと共にその温度特性が悪くなり、センサチップの検知精度が低下する問題が生じるために、この発明では、接合面となるシリコン基板の肉厚部底面に形成するアルミニウム層の厚さを $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲内と特定しているものである。

【0014】

この発明では、ダイヤフラム掘り込み面全体に、厚さが $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ のアルミニウム層を形成しているので、図14に示す、クラックが入りやすい位置である、ダイヤフラム3の付け根部51や、センサチップ1とガラス台座2の接合個所の、内部側にあるくさび状角部52などの部分がアルミニウム層で被覆されて丸くなり、また、ダイヤフラム3を形成するダイヤフラム掘り込み部34の内壁傾斜面35（[111面]）に生じ易いマクロクラックもアルミニウム層で被覆されるので、高圧が半導体圧力センサに印加されても、応力集中が緩和されクラックが生じにくくなり、従って、さらなる破壊耐圧強度の向上作用がある。
10

【0033】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態及び参考例を図面に基づいて説明する。

【0034】

図2は、本発明に係る半導体圧力センサの製造方法の実施形態を、図1、図3～図1
2は、参考例を説明するための断面図である。
20

【0035】

図1は発明の参考例1を説明するための断面図である。参考例1では、図1に示すように、ダイヤフラム3に回路素子4（ピエゾ抵抗素子）を有し、ダイヤフラム3を掘り込んで形成していくセンサチップ1を複数備えているシリコン基板31の、ダイヤフラム掘り込み部34側を接合面として、ガラス基板32と接合するに際して、接合面となる、シリコン基板31の肉厚部底面36に、スパッタ又は蒸着により、厚さが $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ のアルミニウム層6を形成する。この参考例1では、ダイヤフラム掘り込み部34を例えばメタルマスク（窓開けしたSUS等の金属板）を用いてマスクして、スパッタ又は蒸着することにより、ダイヤフラム掘り込み部34にアルミニウム層は形成せずに、肉厚部底面36にアルミニウム層6を形成することができる。
30

【0036】

そして、アルミニウム層6を肉厚部底面36に形成したシリコン基板31とガラス基板32〔コーニング社の「パイレックス」ガラス（PYREXは登録商標）等〕とを重ね、陽極接合法で接合する。次いで、接合を終えたものを、チップサイズに個々にダイシングして、図14に示すようなセンサチップ1とガラス台座2からなるセンサ本体を作製し、次いで、図14に示したパッケージ14に装着し、ワイヤーボンディング及び、保護樹脂によるオーバーコート等を行って、半導体圧力センサを製造する。

【0037】

この製造方法では、陽極接合の際に、金属原子であるアルミニウムがガラス基板32中に拡散していき、ガラス中のNaの存在する位置にアルミニウム原子が到達し、酸化物を形成することにより強固な接合が達成されるものと考えられる。アルミニウムとガラスを接合した強度と、シリコンとガラスを接合した強度を比較するために、ガラス基板〔コーニング社の「パイレックス」ガラス（PYREXは登録商標）#7740〕に対し、アルミニウム及びシリコンをそれぞれ同じ温度（400）と同じ電圧（600V）で陽極接合したものについて、剪断強度を測定したところ、単位面積当たりの接合強度は、アルミニウムとガラスが 5.5 MPa で、シリコンとガラスは 4.1 MPa であり、アルミニウムとガラスを接合した強度の方が高いことが確認された。この点については、アルミニウムはSiよりも酸化物になりやすいため、ガラス中の酸素原子との接合が進むことが、Siより接合強度が大きくなる原因の一つと考えられる。また、アルミニウムは軟らかく、シリコン面上の微小な凹凸を埋め込み、接合面に多少の突起（但し $1 \mu\text{m}$ 未満）があつても、ア
40

ルミニウムの塑性変形により吸収でき、ボイド（空隙）等を発生させることなく、確実な接合を達成できることも、接合強度がシリコンよりも高い原因の一つと考えられる。さらに、アルミニウムが軟らかいという性質より、接合界面に応力が加わった場合、これを緩衝する作用があることも、接合強度がシリコンよりも高い有力な原因と考えられる。

【0038】

そして、この参考例1では、接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36に形成するアルミニウム層6の厚さは、 $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲内であることが重要である。アルミニウム層6の厚みが $1 \mu\text{m}$ 未満では、シリコン基板31とガラス基板32の接合強度の改善が顕著でなく、また、 $3 \mu\text{m}$ を越えると、形成したアルミニウム膜の応力によって、センサチップとなるシリコン基板31が大きく変形する（反りを生じる）ために接合後に得られるセンサ本体のオフセット電圧がバラツクと共にその温度特性が悪くなり、センサチップの検知精度が低下する問題が生じるからである。すなわち、アルミニウムの熱膨張係数は 23.1 ppm （於ける 20°C ）と、シリコンの熱膨張係数 2.6 ppm （於ける 20°C ）に比べると非常に大きいため、アルミニウム層6の厚みを増すと大きな応力を発生することになるので、アルミニウム層6の厚みを $3 \mu\text{m}$ 以下にすることは、半導体圧力センサの精度低下を防止するために、極めて重要なことである。

【0039】

（参考例1及び比較例）

参考例1：図1に示すように、ダイヤフラム3に回路素子4（ピエゾ抵抗素子）を有し、ダイヤフラム3を掘り込んで形成しているセンサチップ1を複数備えているシリコン基板31の肉厚部底面36に厚さが $1.5 \mu\text{m}$ のアルミニウム層6を形成した後、ガラス基板32〔コーニング社の「パイレックス」ガラス（PYREXは登録商標）〕と重ね、陽極接合法で接合し、次いで、接合を終えたものを、チップサイズ（ 2.5 mm角 ）に個々にダイシングして、図14に示すようなセンサチップ1とガラス台座2からなるセンサ本体を作成した。さらに、このセンサ本体のガラス台座2にメタライズを施した後、パッケージ14に備わるコバール製の金属パイプ20と、センサ本体とを半田ダイボンドして接合し、半導体圧力センサ（参考例1）を作製した。この参考例1の半導体圧力センサについて、金属パイプ20からオイルを圧入して、破壊耐圧強度を測定したところ、 31 MPa との測定結果を得た。

【0040】

比較例：

シリコン基板31の肉厚部底面36にアルミニウム層6を形成することなしに、ガラス基板32と重ね、陽極接合法で接合するようにした比較例（他の条件は上記の参考例1と同一条件で行ったもの）について、参考例1と同様にして破壊耐圧強度を測定したところ、 18 MPa との測定結果を得た。

【0041】

この参考例1と比較例の比較から、参考例1に係る発明の製造方法によれば、破壊耐圧強度が改善された半導体圧力センサが製造できることを確認した。

【0042】

図2は請求項1に係る発明の実施形態（第1実施形態）を説明するための断面図である。第1実施形態の製造方法では、ガラス基板32との接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、厚さが $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ のアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成し、その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合するようにして、その他の工程は上記の参考例1と同様である。

【0043】

この第1の実施形態の製造方法では、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、厚さが $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ のアルミニウム層6を形成するので、図14に示す半導体圧力センサにおいて、クラックが入りやすい位置である、ダイヤフラム3の付け根部51や、センサチップ1とガラス台座2の接合個所の、内部側にあるくさび状角部52などの部分がアルミニウ

10

20

30

40

50

ム層 6 で被覆されて丸くなり、また、ダイヤフラム掘り込み部 3 4 の内壁斜面 3 5 ([1 1 面]) に生じ易いマクロクラックもアルミニウム層 6 で被覆されるので、オイル等により高圧が半導体圧力センサに印加されても、応力集中が緩和されクラックが生じにくくなり、従って、破壊耐圧強度が、さらに改善された半導体圧力センサを製造することができるという効果を奏する。

【 0 0 4 4 】

次に、図 3 は発明の参考例 2を説明するための断面図である。参考例 2の製造方法では、ガラス基板 3 2 との接合面となるシリコン基板 3 1 の肉厚部底面 3 6 に、厚さが $1 \mu m \sim 3 \mu m$ のアルミニウム層 6 をスパッタ又は蒸着により形成すると共に、ダイヤフラム掘り込み面 3 3 全体に、厚さが $100 nm \sim 500 nm$ のアルミニウム層 6 を形成し、その後、シリコン基板 3 1 とガラス基板 3 2 を接合する。この場合には、まず、シリコン基板 3 1 の接合面側にダイヤフラム掘り込み部 3 4 を形成した後、メタルマスク等を用いて、肉厚部底面 3 6 にアルミニウム層 6 を形成し、次いで、別のメタルマスク等を用いてダイヤフラム掘り込み面 3 3 全体に、厚さが $100 nm \sim 500 nm$ のアルミニウム層 6 を形成することで、厚さが異なるアルミニウム層 6 を形成することができる。

【 0 0 4 5 】

この参考例 2に係る発明では、ダイヤフラム掘り込み面 3 3 全体に、厚さが $100 nm \sim 500 nm$ のアルミニウム層 6 を形成しているので、請求項 2 に係る発明と同様に破壊耐圧強度の向上ができると共に、ダイヤフラム 3 の受圧面に形成するアルミニウム層 6 の厚みが極めて薄いので、アルミニウム膜に起因する応力のダイヤフラム 3 への影響を極めて小さくでき、オフセット電圧の温度特性等に悪影響を与えることがないので、半導体圧力センサの精度低下防止がより確実となる。

【 0 0 4 6 】

次に、図 4 は発明の参考例 3を説明するための断面図である。参考例 3の製造方法では、ガラス基板 3 2 との接合面となるシリコン基板 3 1 の肉厚部底面 3 6 と共に、ダイヤフラム掘り込み面 3 3 全体に、厚さが $1 \mu m \sim 3 \mu m$ のアルミニウム層 6 をスパッタ又は蒸着により形成した後、さらに、ダイヤフラム掘り込み面 3 3 に形成したアルミニウム層 6 の上に、スパッタ又は蒸着により、厚さが $100 nm \sim 1.0 \mu m$ の金層 7 を形成し、その後、シリコン基板 3 1 とガラス基板 3 2 を陽極接合法で接合するようにして、その他の工程は上記の参考例 1と同様である。

【 0 0 4 7 】

ダイヤフラム掘り込み面 3 3 に形成したアルミニウム層 6 の上に、金層 7 を形成する方法は、アルミニウム層 6 を形成した後、レジストをシリコン基板 3 1 の接合面側の全面(アルミニウム層 6 の全面)に塗布し、フォトリソグラフィによりダイヤフラム掘り込み面 3 3 に塗布したレジストを除去して窓開けを行い、ついで、金層 7 を例えばスパッタによりダイヤフラム掘り込み面 3 3 に形成し、次いで、シリコン基板 3 1 に残存するレジストを薬品で除去する(このレジスト上の金も同時に除去できる。)方法により行うことができる。

【 0 0 4 8 】

このように、ダイヤフラム掘り込み面 3 3 全体に、耐食性が高い金層 7 を形成すると、腐食性のオイルや、酸性又はアルカリ性の液体、腐食性ガス等が検知対象の場合でも、使用可能な半導体圧力センサを製造することができるようになる。

【 0 0 4 9 】

次に、図 5 は発明の参考例 4を説明するための断面図である。参考例 4の製造方法では、ガラス基板 3 2 との接合面となるシリコン基板 3 1 の肉厚部底面 3 6 と共に、ダイヤフラム掘り込み面 3 3 全体に、厚さが $100 nm \sim 1.0 \mu m$ の金層 7 をスパッタ又は蒸着により形成した後、さらに、ガラス基板 3 2 との接合面となるシリコン基板 3 1 の肉厚部底面 3 6 に形成した金層 7 の上に、厚さが $1 \mu m \sim 3 \mu m$ のアルミニウム層 6 をスパッタ又は蒸着により形成し、その後、シリコン基板 3 1 とガラス基板 3 2 を陽極接合法で接合するようにして、その他の工程は上記の参考例 1と同様である。

10

20

30

40

50

【0050】

ダイヤフラム掘り込み面33全体を耐食性の高い金層7で被覆しているので、図14に示す半導体圧力センサにおいて、クラックが入りやすい位置である、ダイヤフラム3の付け根部51や、センサチップ1とガラス台座2の接合個所の内部側にあるくさび状角部52などの部分が金層7で被覆され、また、ダイヤフラム掘り込み部34の内壁傾斜面35（[111面]）に生じ易いマクロクラックも金層7で被覆されるので、オイル等により、高圧が半導体圧力センサに印加されても、応力集中が緩和されクラックが生じにくくなり、従って、上記の参考例1の効果に加えて、さらなる破壊耐圧強度の向上が達成できるようになり、且つ、腐食性のオイルや、酸性又はアルカリ性の液体、腐食性ガス等が検知対象の場合にも、使用可能な半導体圧力センサを製造することができるようになる。

10

【0051】

次に、図6は発明の参考例5を説明するための断面図である。参考例5の製造方法では、ガラス基板32との接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、厚さが $1\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ のアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成した後、さらに、ダイヤフラム掘り込み面33に形成したアルミニウム層6の表面を沸騰水処理又は過蒸気処理を行ってアルマイト化して耐食性酸化皮膜8を形成し、その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合するようにしてい、その他の工程は上記の参考例1と同様である。

【0052】

アルミニウム層6の表面をアルマイト化するには、例えば沸騰水処理の場合には、ボイルした純水中にアルミニウム層6を形成したシリコン基板31を入れ、数十分処理すればよい。このとき、回路素子4を形成している表面及び、ガラス基板32との接合面となる肉厚部底面36はポリイミド等のレジストで被覆しておく。このようにして、ガラス基板32との接合面となる肉厚部底面36のアルミニウム層6の表面はアルマイト化せずに、ダイヤフラム掘り込み面33に形成したアルミニウム層6の表面をアルマイト化することができる。

20

【0053】

このアルマイト化では、上記アルミニウム層6に対し、沸騰水処理を行うことにより、その表面に不動態である強固な酸化膜（ $\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ；ベーマライト）が形成される。この酸化膜は耐食性、絶縁性が良好な皮膜となるので、参考例5の製造方法によれば、腐食性のオイルや、酸性又はアルカリ性の液体、腐食性ガス等が検知対象の場合にも、使用可能な半導体圧力センサを製造することが可能となる。

30

【0054】

次に、図7は発明の参考例6を説明するための断面図である。参考例6の製造方法では、ガラス基板32との接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体及び、シリコン基板31に形成しているダイヤフラム3の、ダイヤフラム掘り込み面33と反対側の表面に、厚さが $1\text{ }\mu\text{m} \sim 3\text{ }\mu\text{m}$ のアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成し、その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合するようにしてい、その他の工程は上記の参考例1と同様である。

40

【0055】

アルミニウムの熱膨張係数は 23.1 ppm （於ける 20°C ）であって、シリコンの熱膨張係数 2.6 ppm （於ける 20°C ）に比べると非常に大きいため、ダイヤフラム掘り込み面33（ダイヤフラムの受圧面を含む面）にアルミニウム層6を形成すると、アルミニウム層6の厚みを $3\text{ }\mu\text{m}$ 以下と規制してもやはり、薄肉のダイヤフラム3にその熱膨張係数の差からある程度の応力を与える。この影響を防ぐために、この参考例6では、シリコン基板31に形成しているダイヤフラム3の、ダイヤフラム掘り込み面33と反対側の表面にもアルミニウム層6を形成して、熱膨張係数の差を相殺させて、ダイヤフラム3に加わる応力を低減するものである。こうすることにより、オフセット電圧の温度特性や熱ヒステリシス等の特性低下がより確実に防止されている半導体圧力センサを製造することができる。また、請求項1に係る発明の効果も併せて達成する。

50

【0056】

次に、図8及び図9は発明の参考例7を説明するための断面図である。参考例7の製造方法では、ガラス基板32との接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、厚さが $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ のアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成する。その際に、図8に示すように、ダイヤフラム掘り込み部34の開口端の内方に突出する突出部37（オーバーハング）を有するようにアルミニウム層6を形成する。その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合して、図9に示すように、ダイヤフラム掘り込み部34の開口端がある位置の、シリコン基板31とガラス基板32の接合個所（図14で示す、センサチップ1とガラス台座2の接合個所の、内部側にあるくさび状角部52）を、アルミニウムの突出部37で補強した状態の接合状態を得る。そして、その他の工程は上記の参考例1と同様である。なお、接合することにより、ダイヤフラム掘り込み部34の開口端の内方に突出する突出部37（オーバーハング）は変形して、フィレット状（断面3角形状のヒレ状）となる。

【0057】

図8に示すように、ダイヤフラム掘り込み部34の開口端の内方にアルミニウムが突出部37を有するようにアルミニウム層6を形成するには、先ず、シリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、厚さが約 $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度のアルミニウム層をスパッタ又は蒸着により形成し、例えばメタルマスク（ダイヤフラム掘り込み部34の開口端面に合わせて窓開けしたSUS等の金属板）を用い、これをシリコン基板31と重ね、ダイヤフラム掘り込み部34の内側のアルミニウム層の表面を $500\text{ nm}\sim 800\text{ nm}$ 程度ドライエッティングで削り、次に上記メタルマスクを外し、再度シリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、アルミニウム層をスパッタ又は蒸着により形成することによって行うことができる。このようにして、アルミニウム層6を形成すると、最初に形成したアルミニウム層で、ダイヤフラム掘り込み部34の内側にあるアルミニウム層の一部は、ドライエッティングで削り取られるので、2回目のアルミニウム層形成によって、ダイヤフラム掘り込み部34の開口端の内方にアルミニウムの突出部37が形成できるのである。

【0058】

接合前（図8の状態）に、ダイヤフラム掘り込み部34の開口端の内方に突出していた突出部37は、接合により（図9の状態）、押し潰されて、図14で示すクラックが入りやすい位置である、センサチップ1とガラス台座2の接合個所の、内部側にあるくさび状角部52をアルミニウムの突出部37で補強した状態となる。そのため、オイル等の検知対象により圧力が印加されたときに、くさび状角部52に応力が集中せず、破壊耐圧強度が向上した半導体圧力センサを製造することが可能になる。

【0059】

次に、図10は発明の参考例8を説明するための断面図である。参考例8の製造方法では、シリコン基板31のガラス基板32との接合面となる肉厚部底面36に、厚さが $50\text{ nm}\sim 800\text{ nm}$ のシリコン酸化膜9を形成し、このシリコン酸化膜9の上に厚さが $1\text{ }\mu\text{m}\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ のアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成し、その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合するようにしていて、その他の工程は上記の参考例1と同様である。

【0060】

シリコン酸化膜9はアルミニウムとの密着性が良く、アルミニウム層6の密着強度を向上させ、また陽極接合時に、アルミニウム原子がシリコン側に拡散するのを防止する拡散防止層としての機能がある。陽極接合時には、アルミニウムは殆どガラス側へ拡散するが、高温（例えば 500°C 以上）で接合する場合、シリコン側に拡散していく量が多くなり、ガラスとの接合に寄与するアルミニウム原子が減少してしまい、接合強度が低下するので、この対策として、シリコン酸化膜9を拡散防止層として形成している。特に、ガラス基板が、例えばホウ珪酸ガラス（熱膨張率をシリコンに近づけた、アルカリ偏析物を低減したガラス）等のアルカリ金属の含有率の少ないガラスの場合、接合性が悪いため、高温で

10

20

30

40

50

接合する必要があり、このような場合に、この第9実施形態の製造方法は極めて有効である。

【0061】

次に、図11は発明の参考例9を説明するための断面図である。参考例9の製造方法では、シリコン基板31のガラス基板32との接合面となる肉厚部底面36に、厚さが50nm～800nmのシリコン酸化膜9を例えればCVD法で形成し、このシリコン酸化膜9の上に、厚さが50nm～800nmのシリコン窒化膜10を例えればスパッタ法で形成し、その上に厚さが1μm～3μmのアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成し、その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合するようにして、他の工程は上記の参考例1と同様である。

10

【0062】

通常、シリコン基板31にダイヤフラム3を形成するために、シリコン基板31のダイヤフラム掘り込みを行う面の全面に、シリコン酸化膜を形成し、さらにその上にシリコン窒化膜を形成し、次いでフォトリソグラフィ技術を用いて、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜をエッチングして、ダイヤフラムを形成するための窓開けを行う。そして、残存させたシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜は、KOH水溶液等でダイヤフラム掘り込みを行わない部分の保護膜（マスク）として用いる。この保護膜としたシリコン酸化膜及びシリコン窒化膜は、通常はダイヤフラム3の形成後、ドライエッティングやフッ酸等のウェットエッティングで除去されている。それに対し、参考例9の製造方法では、保護膜としたシリコン酸化膜9及びシリコン窒化膜10を残したままで、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合する。従って、ドライエッティングやフッ酸等のウェットエッティングで、保護膜としたシリコン酸化膜9及びシリコン窒化膜10を除去する工程を削減できるので、コストダウンが達成でき、また、シリコン窒化膜10は絶縁性が高く、約100nm以上の厚さでは殆ど電流が流れないため、接合電極（+極）の電極ピン12を図11に示すように直接アルミニウム層6の表面に接続して接合できる。このとき、シリコン基板31の接合面と反対側の面に、数百gの重り11を載せて接合を行う。

20

【0063】

このように、接合電極（+極）を直接アルミニウム層6の表面に接続して接合すると、アルミニウム層6のアルミニウム原子が、ガラス中に含まれるNa₂Oが分極することにより発生する酸素原子と結合し、アルミニウム層6とガラスの界面にAl₂O₃層が形成されるが、このとき、接合時に印加する高電圧が、上記シリコン窒化膜10の絶縁性により、シリコン基板31へ印加されることがないので、シリコン基板31に形成したピエゾ抵抗や、他のIC等の回路が、高電圧破壊されることがないという利点がある。

30

【0064】

次に、図12は発明の参考例10を説明するための断面図である。参考例10の製造方法では、ガラス基板32との接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36と共に、ダイヤフラム掘り込み面33全体に、シリコン酸化膜9を形成し、次いで、ガラス基板32との接合面となるシリコン基板31の肉厚部底面36に形成したシリコン酸化膜9の上に、厚さが1μm～3μmのアルミニウム層6をスパッタ又は蒸着により形成する。その後、シリコン基板31とガラス基板32を陽極接合法で接合するようにして、他の工程は上記の参考例1と同様である。

40

【0065】

この参考例10ではダイヤフラム掘り込み面33全体にシリコン酸化膜9を形成するため、このシリコン酸化膜9が、シリコン腐食に対する保護膜となり、腐食性媒体（液体、気体）が検知対象である場合に有用である。シリコン酸化膜9の耐食性は、金より劣るが、アルマイトよりは少し良い程度の腐食性がある。

【0066】

また、ダイヤフラム掘り込み面33全体をシリコン酸化膜9で被覆しているので、図14に示す半導体圧力センサにおいて、クラックが入りやすい位置である、ダイヤフラム3の付け根部51や、シリコン基板よりなるセンサチップ1とガラス台座2の接合個所の

50

内部側にある、くさび状角部 52などの部分がシリコン酸化膜 9で被覆されるので、オイル等により、高圧が半導体圧力センサに印加されても、応力集中が緩和されクラックが生じにくくなり、従って、上記の参考例 1の効果に加えて、さらなる破壊耐圧強度の向上が達成できるようになり、且つ、腐食性のオイルや、腐食性ガス等が検知対象の場合にも、使用可能な半導体圧力センサを製造することが可能となる。

【0067】

【発明の効果】

請求項 1に係る発明の製造方法では、シリコン基板とガラス基板を接合する際に、従来のシリコンとガラスの接合から、アルミニウムとガラスの接合に変更し、且つ、アルミニウム層の厚さを特定範囲に限定しているので、センサチップの検知精度が低下する問題が生じることなしに、破壊耐圧強度が従来よりも向上している半導体圧力センサを製造することができる。10

【0068】

また、ダイヤフラム掘り込み面全体に、厚さが $1 \mu\text{m} \sim 3 \mu\text{m}$ のアルミニウム層を形成しているので、高圧が半導体圧力センサに印加されても、応力集中が緩和されクラックが生じにくくなり、さらなる破壊耐圧強度の向上が可能な半導体圧力センサを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】発明の参考例 1を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。20

【図 2】請求項 1に係る発明の実施形態（第 1実施形態）を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。

【図 3】発明の参考例 2を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。

【図 4】発明の参考例 3を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。

【図 5】発明の参考例 4を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。

【図 6】発明の参考例 5を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。30

【図 7】発明の参考例 6を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である

【図 8】発明の参考例 7を説明するための、接合前のシリコン基板を示す断面図である。

【図 9】発明の参考例 7を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せて、接合した状態を示す断面図である。

【図 10】発明の参考例 8を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。

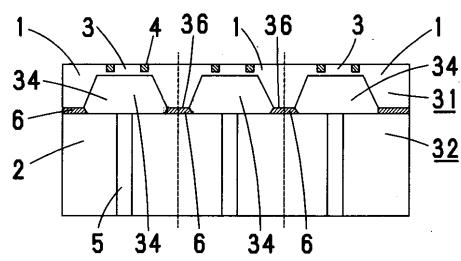
【図 11】発明の参考例 9を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せて、接合するプロセスの一例を示す断面図である。

【図 12】発明の参考例 10を説明するための、シリコン基板とガラス基板とを重ね合せた状態を示す断面図である。40

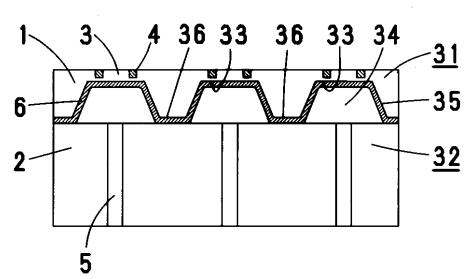
【図 13】シリコン基板とガラス基板とを重ね合せて、接合するプロセスの従来の一例を示す断面図である。

【図 14】従来の半導体圧力センサの一例を示す断面図である。

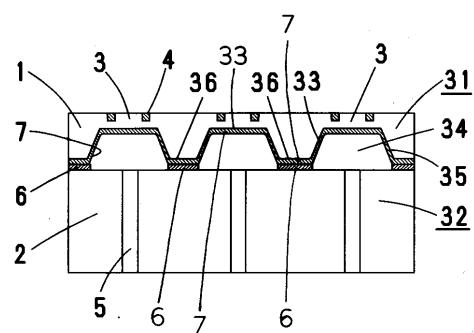
【図1】



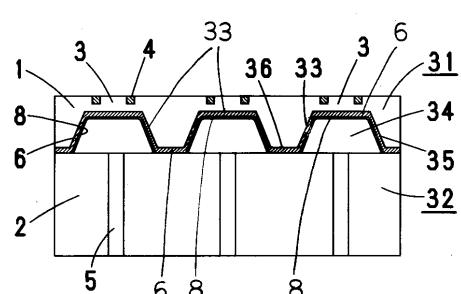
【図2】



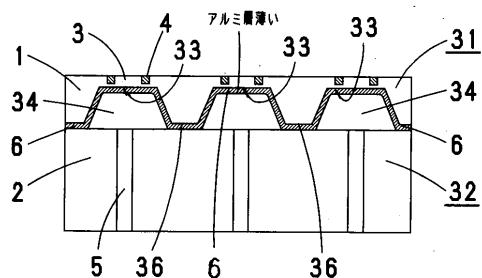
【図5】



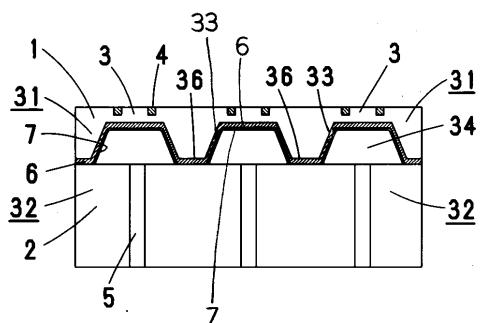
【図6】



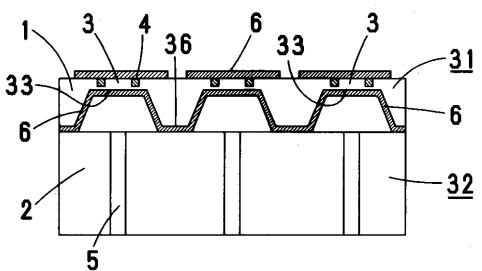
【図3】



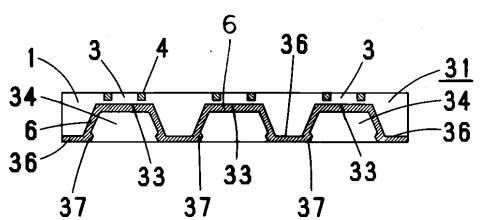
【図4】



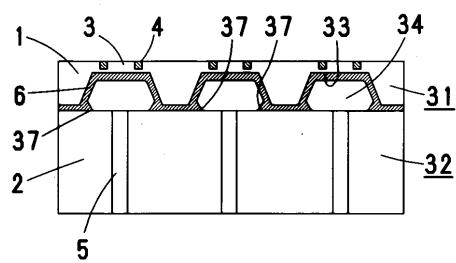
【図7】



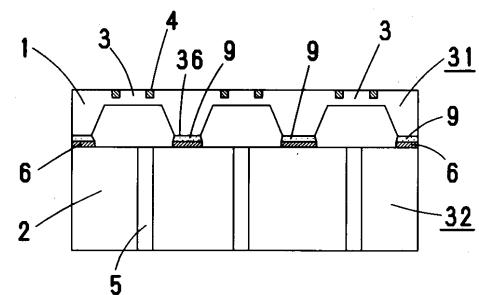
【図8】



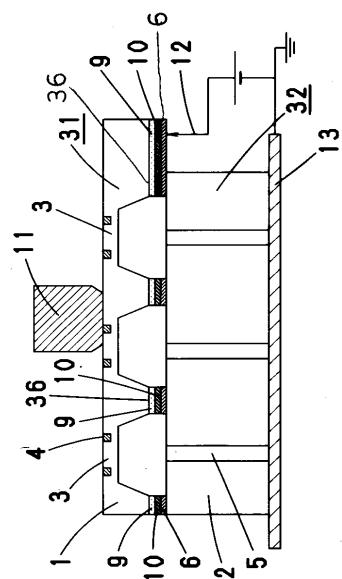
【図9】



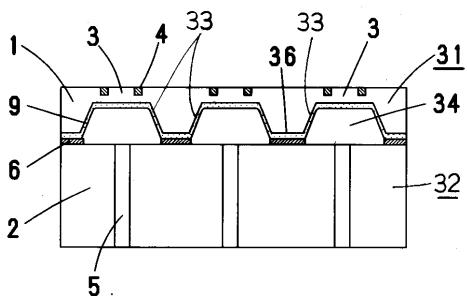
【図10】



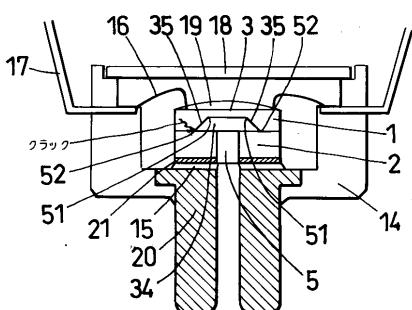
【図11】



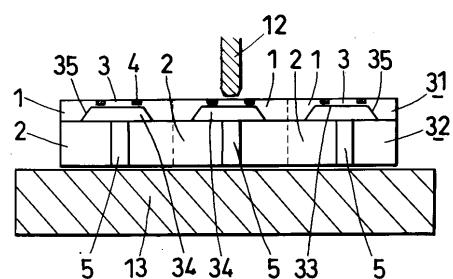
【図12】



【図14】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 片岡 万士
大阪府門真市大字門真1048番地松下电工株式会社内

(72)発明者 西條 隆司
大阪府門真市大字門真1048番地松下电工株式会社内

(72)発明者 石田 拓郎
大阪府門真市大字門真1048番地松下电工株式会社内

審査官 高 橋 英樹

(56)参考文献 特開昭54-131892(JP,A)
特開2000-281463(JP,A)
特開平07-307260(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/84

G01L 9/04

G01L 9/00