

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5033421号
(P5033421)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 L 19/04 (2006.01) GO 1 L 19/04
GO 1 L 9/00 (2006.01) GO 1 L 9/00 3 O 3 Z
 GO 1 L 9/00 3 O 5 Z

請求項の数 12 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-533058 (P2006-533058)	(73) 特許権者	505307471 インテグリス・インコーポレーテッド アメリカ合衆国、マサチューセッツ・01 821-4600、ピレリカ、コンコード ・ロード・129
(86) (22) 出願日	平成16年5月14日(2004.5.14)	(74) 代理人	100068755 弁理士 恩田 博宣
(65) 公表番号	特表2006-529027 (P2006-529027A)	(74) 代理人	100105957 弁理士 恩田 誠
(43) 公表日	平成18年12月28日(2006.12.28)	(72) 発明者	ピーターソン、トム アメリカ合衆国 55317 ミネソタ州 チャンハッセン サンディ フック サ ークル 7020
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/015098		
(87) 国際公開番号	W02004/105091		
(87) 国際公開日	平成16年12月2日(2004.12.2)		
審査請求日	平成19年5月11日(2007.5.11)		
(31) 優先権主張番号	10/440,433		
(32) 優先日	平成15年5月16日(2003.5.16)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超純粋環境および高腐食環境において使用可能なセンサーとその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

非多孔性の外面を有するように単結晶サファイアまたは単結晶ダイヤモンドから構成される平面状のダイアフラム(14, 14A)と;

前記ダイアフラム(14, 14A)の一方の面に配置された検出素子(22)と;

前記ダイアフラム(14, 14A)の前記一方の面に結合するガラス層(16, 16A)であって、前記ガラス層(16, 16A)の溶融温度は、700 以上であることと;

前記ガラス層(16, 16A)に結合するバックングプレート(12, 12A)であって、前記バックングプレート(12, 12A)は、厚み方向に貫通する開口部(36, 36A)を有することと;

前記開口部(36, 36A)を通過して延びる電気リード(18)であって、前記電気リード(18)は、ろう合金(34, 34A)を介して前記検出素子(22)に接続されるコイルヘッド(19A, 254)を有することと

を備えるセンサー(10)であって、

溶融状態の前記ろう合金(34, 34A)が凝固する際に前記ろう合金(34, 34A)が前記検出素子(22)に与える引張応力は、前記ガラス層(16, 16A)への前記ろう合金(34, 34A)の結合によって低減されるように構成され、

前記電気リード(18)は、前記ろう合金(34, 34A)および前記電気リード(18)が単一の高温溶融操作を受けた後に冷却されたときに、前記ダイアフラム(14, 14A)に発生する応力を低減するために、前記ダイアフラム(14, 14A)と同様の膨

張率を有することを特徴とするセンサー。

【請求項 2】

前記ガラス層（16, 16A）は、ホウケイ酸ガラスである、
請求項1記載のセンサー。

【請求項 3】

前記ろう合金（34, 34A）は、銅、銀およびパラジウムを含有する、
請求項1記載のセンサー。

【請求項 4】

前記センサー（10）は更に、
前記ガラス層（16, 16A）と前記ダイアフラム（14, 14A）の間に配置された
結合パッド（26）と； 10

前記ガラス層（16, 16A）内に形成され、前記結合パッド（26）への前記コイル
ヘッド（19A, 254）の接触を可能にする窓部（28）と
を備え、

前記コイルヘッド（19A, 254）は、前記結合パッド（26）にろう付けされる、
請求項1記載のセンサー。

【請求項 5】

前記結合パッド（26）は、チタン層（30）および拡散障壁（32）を備え、
前記ダイアフラム（14, 14A）は、サファイアから構成される、
請求項4記載のセンサー。 20

【請求項 6】

前記電気リード（18）は、ニッケルまたはコパールから構成される、
請求項1記載のセンサー。

【請求項 7】

前記コイルヘッド（19A, 254）を、第1コイルヘッド（19A）と称し、
前記第1コイルヘッド（19A）が位置する前記電気リード（18）の端を、第1端と
称し、

前記電気リード（18）の他の端を、第2端と称すると、

前記第2端は、コイル状の第2コイルヘッド（19A）からなり、

前記電気リード（18）のうちの前記第1コイルヘッド（19A）と前記第2コイルヘ
ッド（19A）との間の部分を、伸張中央コイル部分（19B）と称すると、 30

前記伸張中央コイル部分（19B）は、コイル状であり、

前記第1コイルヘッド（19A, 254）と前記第2コイルヘッド（19A, 254）
とは、前記伸張中央コイル部分（19B）よりもコイルの間隔が密である、

請求項1記載のセンサー。

【請求項 8】

センサーの製造方法であって、

単結晶サファイアまたは単結晶ダイヤモンドから構成される非孔性且つ平面状のダイア
フラム（14, 14A）を提供するダイアフラム提供ステップと；

検出素子（22）を、前記ダイアフラム（14, 14A）の一方の面に配置する素子配
置ステップと； 40

ガラス層（16, 16A）を、前記ダイアフラム（14, 14A）の前記一方の面に配
置するガラス配置ステップと；

厚み方向に延びる開口部（36, 36A）を有するバックグプレート（12, 12A）
を前記ガラス層に配置するプレート配置ステップと；

コイルヘッド（19A, 254）を端部に有する電気リード（18）を提供するリード
提供ステップと；

ろう合金（34, 34A）を前記検出素子（22）の表面に付与するろう付与ステップ
と；

前記ろう合金（34, 34A）から前記開口部（36, 36A）を通過して前記リード（ 50

18) が延びるように、前記コイルヘッド(19A, 254)を前記ろう合金(34, 34A)に配置するリード配置ステップと;

前記ろう合金(34, 34A)と前記ガラス層(16, 16A)を加熱して溶融させる加熱ステップと;

溶融状態の前記ガラス層(16, 16A)が固化するグラッシングによって、前記ガラス層(16, 16A)が、前記バックプレート(12, 12A)と前記ダイアフラム(14, 14A)とに結合されるガラス結合ステップと;

溶融状態の前記ろう合金(34, 34A)が前記コイルヘッド(19A, 254)を前記検出素子(22)に結合するために凝固させるろう合金凝固ステップであって、前記凝固の際に前記ろう合金(34, 34A)が前記検出素子(22)に与える引張応力は、前記ガラス層(16, 16A)への前記ろう合金(34, 34A)の結合によって低減されることと

を有し、

前記電気リード(18)は、前記ろう合金(34, 34A)および前記電気リード(18)が単一の高温溶融操作を受けた後に冷却されたときに、前記ダイアフラム(14, 14A)に発生する応力を低減するために、前記ダイアフラム(14, 14A)と同様の膨張率を有することを特徴とする、製造方法。

【請求項9】

前記ガラス結合ステップは、前記ダイアフラム(14, 14A)が前記引張応力によって破損することを回避するために、時間をかけて前記ろう合金(34, 34A)を冷却するステップを有する、

請求項8記載の製造方法。

【請求項10】

前記ガラス層(16, 16A)は、ホウケイ酸ガラスである、

請求項8記載の製造方法。

【請求項11】

前記ろう合金(34, 34A)は、銅、銀およびパラジウムを含有する、

請求項8記載の製造方法。

【請求項12】

前記製造方法は更に、前記ガラス結合ステップの前に前記ダイアフラム(14, 14A)の前記一方の面とは反対側の面に重りを置くステップを有する、

請求項8記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、出願番号09/620,007を有する2000年7月20日に出願された「超純粋環境および高腐食環境において使用可能なセンサー(Sensor Usable in Ultra Pure and Highly Corrosive Environment)」と題された出願の部分継続出願である。

【0002】

本発明は、概してセンサーに関し、より詳細には、高温度安定性を有し化学的攻撃に強い圧力/温度センサーに関する。

【背景技術】

【0003】

圧力センサーは、ゲージ圧力または絶対圧力のいずれかを測定するために種々の応用において使用されてきた。これらの応用の多くは、好ましくない環境における圧力測定を含んでいる。圧力センサーは容量型またはピエゾ抵抗型のものですることができる。例えば、アルミナセラミック容量型センサーは、厚い不柔順なセラミックシートの間挟まれた絶縁スペーシングを有する一般的に薄い柔順なセラミックシートを備えることができる。第1の薄いシートまたはダイアフラムは、厚みが約0.127~1.27mm(0.005~0.050インチ)であり、一般的には0.020インチである。厚いセラミック

10

20

30

40

50

シートは、2.54～5.08mm(0.100～0.200インチ)の間の厚みを有している。ダイアフラムの厚みはダイアフラムの直径によって決まることが好ましいことは当業者にとって明らかである。スペーサは適当なガラス材料で構成することができる。セラミックディスクの並置面を金、ニッケル、またはクロムなどの金属によって金属化してコンデンサのプレートを形成する。同様な容量型圧力変換器がBell他によって特許文献1の中で述べられている。特許文献1の中で述べられたのと同様の他の容量型圧力変換器は、当業技術において可能かつ周知のものである。 piezo抵抗型センサーは一般的に、ホイートストーンブリッジを使って、電圧変化を測定し、電圧変化を検知圧力変化と関連づける。これらの圧力センサーのいずれかを使って、超純粋環境にある流体の圧力を測定することができるが、非汚染性の圧力センサーに対する必要性は存在する。

10

【0004】

感受性材料の超純粋処理は一般的に苛性流体の使用を必要とする。製造プロセスの間の感受性材料の汚染は製造業者が直面する重大問題である。種々の製造システムは、製造プロセスの間に発生する異物、イオン汚染物質、および蒸気による感受性材料の汚染を低減するように設計されている。感受性材料の処理はしばしば、苛性流体との直接接触を含むことがある。従って、非汚染状態にあって異物のない処理場所へ苛性流体を供給することは必要不可欠である。処理機器の種々の部品は一般に、生成される項目の量とプロセス流体に溶けるイオンを減らし、処理化学製品を汚染の影響から隔離するようになっている。

【0005】

処理機器は一般に、苛性化学製品を供給タンクからポンプおよび調整装置を通り、更に処理機器それ自身を通して運ぶ液体搬送システムを含んでいる。この液状化学製品搬送システムは、パイプ、ポンプ、配管、監視装置、検出装置、バルブ、フィッティング、および関連装置を含み、しばしば汚染化学製品の劣化作用に強いプラスチックで作られている。そのような監視装置において従来使用されている金属は、腐食環境に確実に耐えることができず、長時間プロセス流体を汚染する。従って、監視および検出装置は、代用材料を含むか、苛性流体から隔離されたままでなければならない。

20

【0006】

プロセスは非常にクリーンでなければならないが、非常に攻撃的な化学製品をしばしば含んでいる。この化学製品は、例えば、刺激の強い酸、塩基、および溶剤を含むことがある。半導体産業は、攻撃的研磨剤を使用する最近導入されたプロセスを有している。プロセス機器と監視計器はこれらの研磨剤の機械的作用に対して強くなくてはならない。

30

【0007】

また、プロセス機器計器の高信頼性は絶対に必要なものである。いかなる理由があっても半導体または薬品のラインを停止することは損害が大きい。かつて、圧力変換器は一般に、厚い絶縁ダイアフラムによって分離された補給流体を用いて、プロセスからの圧力をセンサー自身へ送っていた。この補給流体は、ある種のアイソレータダイアフラムまたは別のものによってプロセスから分離される。このアイソレータダイアフラムの損傷とそれに続くプロセスへの補給流体の損失は、製品の損失を生じ、操作を再開する前のシステム清掃を必要とする。このアイソレーティングダイアフラムは、著しい、場合によっては許容できない測定誤差をもたらす。設計からアイソレータダイアフラムと補給流体を取り除くことは有益である。

40

【0008】

また、半導体製造において一般的に使用される処理機器は、一つまたはそれ以上の監視装置、バルブ装置、および検出装置を有している。これらの装置は一般的に閉ループフィードバック関係で接続されおり、機器の監視と制御に使用される。これらの監視および検出装置はまた、もたらされるかも知れないすべての汚染を取り除くようになっている。これらの検出装置には、圧力センサーを有する圧力変換器モジュールおよび流量計が含まれる。苛性流体と直接接触する、圧力変換器または流量計の圧力センサーの一部を有することは望ましい。従って、苛性流体と直接接触する圧力センサーの表面は汚染するものであってはならない。多孔性材料は、多孔性材料のいたるところで苛性流体

50

半導体基板にピンまたはリードを取り付けるための一つのアプローチは、それぞれ図19Aと19Bに示すように、ピンを所定の場所にろう付けすることである。より詳しくは、図19Aは基板へのネイルヘッドピンの従来技術のろう付けの一例であり、図19Bは基板へのヘッドレスピンの従来技術のろう付けの一例である。図19Aはその上にろう付けされたピン210を有する単結晶基板200を示す。ピン210はピンシャフト212とピンヘッド214を含み、このピンヘッド214は基板200とのボンディング表面積を大きくする。ろう216はピンヘッド214の両側に加えられる。応力破損218によって示されるように、薄い単結晶材料にとっては応力破損は重大問題となる。ネイルヘッドピン214は基板200の平面にろう付けされるので、基板200は溶けたろうが硬化（または凝固）し収縮するとき引張応力を生じる。この引張応力はピンヘッド214の周囲に集中し、基板内の破損を促進する。

10

【特許文献1】米国特許第4,177,496号

【特許文献2】米国特許第4,774,843号

【特許文献3】米国特許第5,954,900号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

応力破損に対する一つの解決策は、基板結晶材料の熱膨張率と一致する金属を見出すことである。残念なことに、サファイアなどの結晶は異なる方向に異なる膨張率を有している。更に深刻なことには、金属は大きな温度範囲にわたって一定の膨張率を有していない。金属は一般的には、高温においては室温におけるよりも高速で膨張する。室温において結晶の温度係数と一致する合金は、800か900において更に大きい膨張率を有する。

20

【0015】

図19Bに示すように、基板200内の応力を最小にするためのもう一つのアプローチは、基板200とヘッドレスピン210との間の接合部の断面積を最小にすることである。ヘッドレスピンは基板200との接合部の断面積を非常に小さくするのを助けるが、新しく形成された接合部は、その後の製造段階の間、（矢印220によって示すような前後の）ピンの扱いによる大きい局所的な応力の影響を受け易い。この種の突合せ接合は、取り付け面積が小さく位置合わせの影響を受け易いので、信頼性のない幾何学的配置と考えられている。

30

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明は、本発明の記載の査読により明らかとなるであろうこれらおよび他の必要性を満たしている。

本発明は一般にセンサーに関し、より詳しくは、200まで優れた安定性を有し、700まで有効に動作可能な圧力/温度センサーに関する。本発明の圧力センサーは、流体で充填することなく動作し、外部に露出した金属部品を有さない。この圧力センサーは、超純粋環境の中で流体と直接接触した位置に配置することができる非多孔性で不浸透性の表面を備える。本発明の一実施態様においては、非多孔性表面は化学攻撃に強い単結晶サファイア層から構成されている。この方法においては、時間が経つにつれて化学製品または汚染物質がセンサーからプロセス流へ溶出することはない。これに限定されるわけではないが、本発明の圧力センサーは、プロセス流体における圧力を検出するための化学的不活性な圧力変換器モジュールまたは流量計における使用に適しており、それらの高温プラスチックハウジング内に直接成形することができる。

40

【0017】

本発明は非多孔性外面を含む圧力センサーを提供する。この非多孔性表面は低い拡散率および低い表面吸着性を特徴とする。好ましい実施態様においては、圧力センサーは、バックングプレートと、非多孔性ダイアフラムと、このダイアフラムの内面に隣接した検出素子と、バックングプレートおよび非多孔性ダイアフラムにグラッシングによって結合さ

50

れた高強度材料のガラス層とを備える。バックングプレートは構造に剛性を与える。バックングプレートの剛性は、ハウジング（図示せず）からセンサーダイアフラム上の検出素子へ伝えられる応力に耐える。バックングプレートは、プロセス媒体とは直接接触しないが、機械的に安定であり、高温プロセスに適用できることが要求される。バックングプレートの熱膨張率は検出ダイアフラムの熱膨張率とほぼ同じでなければならない。熱の影響を補償することは可能であるが、大きな不一致は製造の間に応力を生じ、そのような応力は、時間が経つにつれて二つの部品の間における結合を破壊し得る。非多孔性ダイアフラムは、それぞれピエゾ抵抗型センサーまたは容量型センサーの一部としてその上に形成されたホワイトストーンブリッジまたは導電層を含むことができることは当業者にとって明らかである。

10

【 0 0 1 8 】

好ましい実施態様においては、シリコン層が非多孔性ダイアフラムの内面に形成され、その上にホワイトストーンブリッジなどの歪ゲージが形成されるが、これに限定されるわけではない。バックングプレートはそれを通して延びる開口部を備え、この開口部は検出素子に接続される電気リードを受容するのに適している。非多孔性ダイアフラムの近くの圧力変化は検出素子によって検出可能である。ダイアフラムに対する圧力の増減はダイアフラムの偏位を生じ、その偏位は次いで歪ゲージの抵抗を変化させる。この抵抗変化はダイアフラムの近くの圧力と関係がある。

【 0 0 1 9 】

非多孔性ダイアフラムはサファイアなどの化学的不活性材料から構成されることが好ましいが、これに限定されるわけではない。サファイアとバックングプレートとの間のガラス層は、高結合強度ホウケイ酸ガラスまたは高結合強度および700 以上の、好ましくは1000 以上の熔融温度を有する適切な既知の構造を備える他のガラスから形成されることが好ましい。ダイアフラムが収縮する量はガラス層の厚みと直径によって調節される。ガラス層は、0.0508 ~ 0.762 mm (0.002 ~ 0.030 インチ)、好ましくは0.254 mm (0.010 インチ)の厚みと、2.54 ~ 50.8 mm (0.100 ~ 2.0 インチ)、好ましくは17.8 mm (0.700 インチ)の外径を有することができる。ダイアフラムの能動検出領域は1.27 ~ 50.8 mm (0.050 ~ 2.0 インチ)までであって好ましくは10.2 mm (0.400 インチ)であり得る。このダイアフラムの厚みおよび直径の範囲は限定的と解釈されるべきではなく、ある種の応用における厚みおよび直径は所望により更に低減または増加することができることは当業者にとって明らかである。この方法において、非多孔性ダイアフラムはバックングプレートの内面と係合する。バックングプレートと非多孔性ダイアフラムは、広い温度範囲にわたって不必要な応力を避けるために同じような熱膨張率を有する材料で形成されることは当業者にとって明らかである。以下に更に詳細に述べるように、圧力センサーは検出素子が絶対圧またはゲージ圧を検出できるように構成することができる。

20

30

【 0 0 2 0 】

圧力センサーは更に、窒化シリコン層と、シリコン層とバックングプレートとの間にある金属化層または導電層を備えることができる（図11参照）。この方法において、窒化シリコン層は電気絶縁体として作用し、金属化層はEMI / RFIが検出素子20に影響を及ぼすのを防止する。圧力センサーは更に、非多孔性ダイアフラムの各層、窒化シリコン層、金属化層、およびバックングプレートの外縁の少なくとも一部分に隣接したコーティング、ガスケット、またはシールを含むことができる。これに限定されるわけではないが、耐酸エポキシ、またはPTFE（ポリテトラフルオロチレン）、PVDF（ポリフッ化ビニリデン）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、ウレタン、またはパラリン（Paralyne）保護などの耐腐食性ポリマーを使用することができ、耐酸性エポキシが好ましい。

40

【 0 0 2 1 】

圧力センサーは、ガラス層と非多孔性ダイアフラムとの間のダイアフラム上に形成された結合パッドを含む。これに限定されるわけではないが、結合パッドの好ましい実施態様

50

はチタン層と拡散障壁から構成される。ドーブシリコン薄膜は既知の適当な方法で結合パッドを連結してホイートストーンブリッジを形成する。窓部がガラス層およびバックングプレートの中に形成されるので結合パッドへのアクセスが可能である。電気リードはガラス層とバックングプレートの中に形成された窓部を通して延び、結合パッドにろう付けされる。電気リードは結合パッドにろう付けされ、ガラス層はダイアフラムおよびバックングプレートにグラッシングされる。

【0022】

代替実施態様においては、ダイアフラムと検出素子は、ピエゾ抵抗型センサーよりもむしろ容量型センサーを形成するように変更される。圧力が加えられたときに収縮する薄い検出ダイアフラムは、検出ダイアフラムの内面に形成された容量性プレートを有し、もう一つの容量性プレートはバックングプレートの内面に形成される。一つの電気リードは検出ダイアフラムの内面に形成された容量性プレートに接続され、もう一つのリードはバックングプレートの内面に電氣的に接続される。前記ダイアフラムと前記プレートとの間の間隔が圧力によって変化すると、前記プレートの静電容量が変化する。この静電容量の変化は、電氣的に接続された既知の適当な構成の検出素子によって検出される。

10

【0023】

本発明の利点は、以下の好ましい実施態様の詳細な説明の査読から、特に、特許請求の範囲および添付図面を共に検討したときに、当業者にとって容易に明らかとなる。添付図面において、種々の図面において同一の数字は対応する部分を示している。

【発明を実施するための最良の形態】

20

【0024】

本発明は圧力センサーの広く適用可能な改良である。ここに詳細に述べられた実施態様は、本発明の改良を含むことができるそれらの代表例または典型例として実施されるものであり、限定的なものではない。本発明の圧力センサーは、検出ダイアフラムを有するピエゾ抵抗型または容量型センサーとして構成することができる。検出ダイアフラムは一つの単結晶サファイアで作られる。あるいは、検出ダイアフラムは単結晶ダイヤモンドで構成することができる。本発明のセンサー10は一般に、バックングプレート12、検出ダイアフラム14、バックングプレート12とダイアフラム14の間の石英ガラスボンド16、および電気リード18を備えている(図1と図2を参照)。検出ダイアフラム14の製造の間、単結晶サファイアの大きなウエハを用いるので、多くのセンサーを半導体技術のよく知られているプレーナプロセスを用いて同時に製造することができる。

30

【0025】

サファイアは電気絶縁体であることは当業者にとって明らかである。サファイアをR面に沿って切断した場合、サファイアの上に適当な厚みのシリコンの単結晶エピタキシャル膜を成長させることが可能である。そのシリコン膜には、拡散、イオン注入、または他の手段によって、ホウ素または燐などの原子種をドーピングして、膜半導体特性を与えることができる。注入エネルギーおよびドーパント濃度を変化させることによって、膜の面積抵抗値を調節することができる。この膜は、電気抵抗を有するのに加えて、歪に応じてその抵抗を変化させる。この特性はピエゾ抵抗として知られている。前に述べたように、検出ダイアフラム14の偏位は膜を歪ませ、抵抗変化を生じる。圧力検出信号はこの抵抗変化から得られる。

40

【0026】

シリコンをドーピングするためにイオン注入を選んだ場合、注入プロセスの間に膜の中に増大する応力を除去するためにはドーピングに続くアニール工程が望ましい。アニール工程はまた、ドーパント原子をシリコン層のすみずみまで一様に分散させるのに役立つ。シリコンパターン20はホイートストーンブリッジ(Wheatstone bridge)22を形成する(図6と図7を参照)。種々の異なるパターンがホイートストーンブリッジ22を生成できることは当業者にとって明らかである。シリコン抵抗器20を標準的なフォトリソグラフィ技術によってパターン化することができる。窒化シリコン絶縁層24(図8と図10を参照)は化学蒸着によってサファイアウエハの全面に施される。ウエハ全体にフ

50

オートリソグラフィレジストを施す。レジスト中に窓部がパターン化され、化学的に除去される。酸エッチング液はレジストの中の窓部によって露出された下に位置する窒化物を除去する。レジストがエッチング除去されると、ホイートストーンブリッジへの接続点、すなわち結合パッド26のそれぞれの上方に隣接して窓部28が空けられる(図8参照)。窒化シリコン層24は丈夫な絶縁層であり、傷つきやすいシリコン層をさらに保護する。

【0027】

金属の結合パッド26は、ホイートストーンブリッジ22に電気リード18を接続するために必要である。金およびアルミニウムなどの半導体装置における結合パッドとして一般的に使用される金属は、グラッシング温度でシリコンと合金になるため不适当である。好ましい実施態様においては、二金属層結合パッドが構成される(図10参照)。無線周波数(RF)スパッタリングと呼ばれるプロセスを使って、チタン層30が全ウエハー上に被着される。チタンは非常に活性な金属であり、優れたボンディング特性を有している。しかしながら、チタンは、チタンとろう材34との間に拡散障壁32を必要とする。ろう合金34は結合パッド26をピン18に接合する。拡散障壁32がなければ、ろう34はチタン層30と薄いシリコン層20の双方と合金になる。冷却時、この合金は表面張力によって一緒に引っ張られ、シリコン膜を局部的に破壊する。拡散障壁32は、ろう付け温度(約1000)で合金を形成しない耐熱金属である必要がある。ニオブウム、タングステン、イリジウム、モリブデン、タンタル、プラチナ、およびパラジウムがこの目的のために適切であるが、これらに限定されるわけではない。障壁材料32は、それを通して延びる最小量のピンホールを有する膜にすることができる。あらゆる酸化物はろう付け温度で解離しなければならない。ニオブウムは拡散障壁として十分機能することが知られている。ニオブウムはチタン層30の上で全サファイアウエハー14にわたってRFスパッターされる。その後、ニオブウム層は既知のリソグラフィ技術を用いてパターン化される。

【0028】

好ましい実施態様においては、結合パッド26のための金属は、蒸着およびスパッタリングを含むがこれらに限定されない当業者にとって既知の方法で被着され、パターン化される。結合パッド26は、前記金属がシリコン層20の一部分の上に重なる(図8参照)が、主としてサファイアダイアフラム14に直接接触するようにパターン化される。この理由は、金属化層が小さなピンホールを有し得るためである。ろう34が拡散障壁32を通り抜けられると、ろう34はシリコンと合金となり、その結果、膜の破壊を生じることが知られている。グラッシングおよびろう付けの間、石英ガラス16は、ピンから結合パッド26金属がシリコンパターン20に重なっている領域へのろう34の流れを抑制するのに役立つことができる。ろう34はシリコンパターン20に重なってはならない。

【0029】

サファイアダイアフラム14がパターン化されると、サファイアウエハーを既知のダイシング方法を用いてダイシングして、サファイアウエハーから複数のサファイアダイアフラムを分離する。結晶面に沿ったの罫書きと破断、超音波加工、またはレーザー切断を含むが、これらに限定されない種々の方法を使用することができる。既知の方法の使用は、圧力センサー製造のために望ましい丸ダイアフラム14を切り取ることを考慮している。

【0030】

電気リード18は結合パッド26にろう付けされ、バックングプレート12はダイアフラム14にグラッシングされる。厚いバックングプレート12またはウエハーは、穴すなわちビア36(図2参照)を有するセラミックから構成される。ビア36は結合パッド26に並ぶと共に、センサーダイアフラム14から圧力情報を利用する電子回路への電気リードの通路となるようにバックングプレート12の中に形成される。ゲージ圧検出が所望される場合、通気孔38がバックングプレート12を通して設けられる。一般に、セラミックは、代表的には結合剤として作用する少量のガラスを用いて高温で焼結された金属酸化物粉末からなる。一般的なセラミックはアルミナであり、アルミナは単結晶サファイア

10

20

30

40

50

と類似した多くの特性を有している。アルミナセラミックのガラス含有量が数パーセント以下に保たれる限りは、二つの材料の熱膨張率はほとんど差がない。

【0031】

サファイアおよびアルミナの双方と良好に結合するガラスは同等の熱膨張特性を有する必要がある。ホウケイ酸ガラスはこの目的によく適していることが知られている。このガラスは、一緒にフリットボンディング材料のために使用されるガラスよりも遥かに高い熔融温度を有している。バルクシリコンから形成され600以上の高温に曝されるセンサーは、隣接領域へのドーパント原子の過度の拡散を経験することが知られている。従って、このバルクシリコンセンサーは、一般的に、450未満の処理温度に制限され、しかも大まかな偏位用である。米国特許No.4,774,843の中でギゼリンらによって示されたように、セラミックバックプレートへのサファイアダイアフラムの確実なボンディングは重大問題であった。グラッシングにおいて使用される提案された高結合強度ホウケイ酸ガラスは、低温低強度ソルダーガラスまたはガラスフリットとは明らかに異なっている。ソルダーガラスは約450の熔融温度を有し、低強度である。

10

【0032】

ろう付けではなく、「グラッシング(glassing: ガラス状に固化すること)」によって、サファイアをアルミナセラミックに結合させるために、石英ガラス16は、バックプレート12の表面に予め形成されるか、または同表面を被覆することができる。いずれの場合においても、石英ガラスが、それを形成し始めた所から遠くへ流れないことが重要である。ガラスパターンの内径が著しく変化した場合、センサー10の圧力特性が大幅に変化することがあり得る。また、グラッシングプロセスの間、金属結合パッド26の上のろう34が溶ける前に、ガラス16が結合パッド26からあふれ出た場合には、ピン18は結合パッド26にろう付けされない。ガラスの加熱は、不安定性またはガラスの破損を生じ得るガラスボンド内の残留応力を避けるために一定温度においてされなければならない。また、石英ガラス16は電気ピン18のための開口部または窓部を有さなければならない。更に、ダイアフラム14とバックプレート12との間の石英ガラスボンド16の厚みを制御することによって、検出ダイアフラム14は、過剰圧力の間、バックプレート12の上で最低になる(図4参照)。従って、この過剰圧力停止は、センサー10の過剰圧力容量を100倍以上に増やす。

20

【0033】

PN接合を用いて、任意のダイオードまたはトランジスタを形成するとともに、シリコンウエハー上にある任意のフィーチャを隔離する。シリコン基板上のホイートストーンブリッジを容易に形成するめに、ブリッジを基板半導体から隔離するためのPN接合を必要とする。PN接合は大変有用であるけれども、400以上ですぐに劣化する。ほとんどのプロセスに対して、装置を30分以上450で放置することは可能ではなく、そうでなければそれは破壊される。高い安定性のボンドを形成するために、900~1100のような高温で2~6時間にわたって継続するプロセスを有することは不可能であることは明らかである。本発明のホイートストーンブリッジはサファイアダイアフラムの上に直接形成されるので、それらの間には高熔融温度(400以上)による不良を生じるPN接合はない。更に、PN接合はダイアフラムおよびバックプレートのガラスボンドの破壊を生じる可能性がある。抵抗表面が必要とされないところではシリコンは完全にエッチング除去される。

30

40

【0034】

電気リード18を結合パッド26に結合するために使用されるろう合金34は、石英ガラス16の温度よりも少し低い温度で熔融しなければならない。また、ろう34は、熔融温度において、金属層26からすべての酸化物を除去するのに十分なほど活性でなければならない。これに限定されるわけではないが、適切な既知の構成のいくつかの銅ろう合金はこれらの要求を満たすことができることが知られている。ガラス16が流動し始める前にろう34が溶解する場合、石英ガラス16が結合パッド26の上に流れ出すと、その石英ガラス16はろう34および結合パッド26の上に流れ出すので、結合パッド領域に与

50

えられる応力を著しく軽減する。これに限定されるわけではないが、モルガン アドバンスド セラミックス インコーポレイテッド (Morgan Advanced Ceramics Incorporated) の一事業部である、カリフォルニア州、サンカルロス所在のウェスコ メタルズ (Wesco Metals) によって販売されている Pakusil-15 (パラジウム、銅、および銀から構成される) などのろう合金は、満足できる程度にろう付けすることが知られている。

【0035】

電気リード、すなわちピン18は、小断面積のものであるべきであり、延性金属製のものが好ましい。セラミックバックングプレート12の中の穴36の幾何学的配置によって制限されるこのようなピン18構造は、良好な歪軽減特性を有しており、応力をピン18から検出素子へ伝えない。ピン18は、ニッケルまたは金などの良好なろう付け性能および適当なんだ付け性能を有する金属でメッキされていることが必要である。

10

【0036】

ピンまたはリードを半導体基板にろう付けする改善されたアプローチは、接合部の幾何学的配置を変更すること、ピン構造の形状を変更すること、および金属ピンを強化することである。図20は、本発明の教示に従ってシリコン基板にろう付けされた本発明のコイルピンの実施態様の部分側面図である。コイルピン250は、コイルピンヘッド254において基板251にろう付けされる。この特定の実施態様においては、ピン250の足元にはピンのヘッドとして機能するように形成された単一円コイル254を備える。関連実施態様においては、シャフトの端にばねが形成されており、そのばね部分が基板の上に取り付けられる。もう一つの関連実施態様においては、製造が容易であるのと、基板と90度位置合わせするのが容易であるために、多重コイルばねがリードとして使用される。ろう付けプロセスの冷却段階の間、コイルピン259は図19Aに示す堅いヘッドピンよりも柔軟である。コパールまたはインパールなどの材料を用いて、熱膨張率をできるだけ厳密に一致させることによって、応力を10倍以上低減することが可能である。

20

【0037】

一実施態様においては、ピンは、約8.13mm(0.320インチ)の長さ、1.02mm(0.040インチ)のコイル外径と、約0.203mm(0.008インチ)のワイヤー直径を有している。ピンの構造に関する一つの重要な事項はワイヤー直径である。ワイヤー直径寸法の好ましい範囲は、約0.0254~0.0508mm(0.001インチから約0.020インチ)である。ワイヤーの構造に対するもう一つの重要な設計事項は、ワイヤーの剛性が直径の4乗で増加することである。ニッケルはリードのための好ましい材料であるが、コパールも同様に作用する。

30

【0038】

もう一つの重要な設計事項は、ピンを基板にろう付けするのに使用されるろう材の厚みおよび組成である。好ましいろう組成物は、65%の銀と、20%の銅と、15%のパラジウムとから構成される。ホウケイ酸ガラスの溶融温度(~900)に近い溶融温度を得るために種々の銅および銀の組合せが用いられるが、使用されるパラジウムの量はろうの溶融温度に影響を及ぼす。この組成物においてパラジウムを多く使用するほど、ろう材の溶融温度は高くなる。パラジウムはまた、ろうの溶融溜りの粘度を制御することに関して、ろう組成物中において重要な役割を担う。溶融温度における銀および銅の粘度は双方とも非常に低いということが知られている。これらの材料は双方とも薄膜誘電体を通して水平方向および垂直方向に隣接領域へと容易に移動する。この作用は、電氣的短絡を生じたり、プロセスの歩留まりを低下させたりすることがある。パラジウムはろうの粘度を著しく増大させ、銀および銅の移動作用を低減する。この実施態様においては、ろう材は約0.0254~0.0508mm(0.0001インチから約0.0002インチ)の厚みを有する。

40

【0039】

本発明に関連して使用される数多くのろう付けプロセスがある。グラッシングとろう付けを一つのプロセスで行うベルト加熱炉プロセスを使用するのが好ましい。このアプローチは費用の節約になるが、ろう付け接合の機能にとって必要不可欠ではない。

50

【 0 0 4 0 】

代替実施態様においては、ピンまたはリードの材料としてニッケルが用いられ、ニッケルは前記膨張係数と厳密に一致しないが、非常に低い降伏強度を有している。膨張率が高くなることがある一方で、基板結晶構造とろう材の強度が小断面ワイヤーコイルの強度を圧倒することがある。これを補うために、ろう付けする端部だけでなく、もう一方の端部にもコイル部分が連結され、回路基板、ワイヤー、またはフレックス回路に取り付けられる。このため容易にはんだ付けできる材料が望ましい。金、プラチナ、およびニッケルはすべてこの要求を満たしており、ニッケルは最も低コストである。

【 0 0 4 1 】

センサー 10 のすべての構成材料の高温性能は、長時間の非常に高温（400 以上）でのそのようなセンサー 10 の使用を可能にし、かつ/または、そのようなセンサー 10 を PFA（一般名）TEFLON（R）（「Teflon」はイー・アイ・デュポン・ド・ヌムールアンドカンパニー（E. I. DuPont De Nemours and Company）の登録商標である）などの高性能プラスチックハウジング内に直接成形することができる（図 14 参照）。圧力センサーにおけるそのようなモールドは、センサー 10 とプラスチックハウジングとの間をきわめて確実にシールする。

【 0 0 4 2 】

再び図 3 と図 4 において、ダイアフラム 14 の撓みについて議論する。40 によって示された第 1 の点線は、ダイアフラム 14 の大きく誇張された撓みを表している。42 によって示された第 2 の点線は、過剰圧力によるダイアフラムの撓みを表している（過剰圧力の間のダイアフラムの撓みについてのバックグプレート 12 が有する停止作用を無視）。そのような大きな撓みはおそらくダイアフラム 14 を破壊または破損するであろう。図 5 は、中央部分が外側部分よりも薄い改良ダイアフラム 14 を示す。一般的に、ダイアフラムの直径を縮小するほど、最大の感度を得るためには、ダイアフラムの厚みを低減しなければならない。ダイアフラム 14 とバックグプレート 12 との間の隙間は、ガラスボンド 16 の厚みによって調整することができる。一つの実施態様においては、ガラス厚みを最小にして構造の剛性を改善する。浅い窪み（2～5ミル）をモールド時にセラミック 12 内に作る。過剰圧力条件下で、サファイアはセラミック 12 の内面上で最低となるので、サファイアダイアフラム 14 についての撓み応力は制限される。

【 0 0 4 3 】

これに限定されるわけではないが、ダイアフラムの一般的な撓みは 0.254～0.00254 mm（0.01 から 0.0001 インチ）の間にあり、間隔はダイアフラム 14 の厚みにより 5.08～0.00508 mm（0.2 から 0.0002 インチ）の間とすることができる。隙間の大きさの程度はダイアフラム 14 の厚みの 2 倍であるのが好ましい。ダイアフラムの能動検知領域は、0.0508～1.27 mm（0.002 から 0.050 インチ）の範囲の厚みを有するダイアフラムに対して 1.91～50.8 mm（0.075 から 2 インチ）の範囲にあることができる。実際的な制約が、ウエハー製造の間、単結晶サファイアウエハーの厚みを制限する。しかしながら、単結晶シリコンとは異なり、化学プロセスによって薄いサファイアダイアフラムを形成する簡単な方法はない。薄いサファイアウエハーからのダイアフラムの製造は徐々に点に達するが、センサー形成プロセスの間に誘導される高い熱応力は自壊内部応力を生じる。あるいは、ダイアフラムの検出領域の直径を増やせば、圧力装置の感度が増える。しかしながら、ダイアフラムの直径が増大するにつれコストも増大する。

【 0 0 4 4 】

図 5 に示す改良ダイアフラム 4 は、厚いサファイアウエハーから製造されるが、検出領域に近接したダイアフラムの厚みは低減されている。薄膜処理が完了した後でダイアフラムを薄くすることは、より従順な圧力検出ダイアフラムを可能にしている。各装置の周囲に残された材料の縁は、例えば、検出ダイアフラムが圧力検出ハウジングと直接接触する場合に必要な強度を提供する。薄い中央領域 46 は必要な感度を提供する。サファイアダイアフラム 14 は、当業者にとって既知の研磨加工または超音波加工などの従来の機械的

10

20

30

40

50

手段によって薄くすることができる。あるいは、環状溝 80 をダイアフラム 14 の外側検出面に形成することができる（図 17 参照）。溝の形状は重要ではないが、丸い縁および溝が好ましいことは当業者にとって明らかである。また、前記溝は環状であるが、他の幾何学的形状が、ガラスボンド 16 に隣接した領域内の撓み圧力を軽減するのに十分である場合もある。

【0045】

図 11 に、本発明の圧力センサーの代替実施態様を示されており、バックングプレート 12 と窒化シリコン層 24 の間に挟まれた導電層を有している。導電層 48 は電氣的に接地されている。この方法においては、電磁波障害（EMI）および無線周波数障害（RFI）が阻止される。EMI および RFI は piezo 抵抗型センサーの性能を低下させることが知られている。サファイア上のシリコンのエピタキシャル構成と、シリコンをサファイアへ直接結合したいという望みのため、シリコンとサファイアの間には導電層を配置することは可能ではない。また、サファイアダイアフラムの外側に導電層を配置することは、サファイアダイアフラムの非多孔性で化学的不活性であるという属性を無効にする。これに限定されるわけではないが、導電または金属化層 48 は、ニオブウム、タングステン、イリジウム、モリブデン、タンタル、プラチナ、およびパラジウム、または EMI と RFI を遮蔽すると知られている他の材料の層で構成することができる。従って、金属層 48 は、該導電層の上方からの EMI および RFI から検出素子を保護する。

【0046】

導電層 48 は地電位にあるので、EMI および RFI は導電層 48 においてゼロ電位の定在波を引き起こす。定在波の放射線が、波長が接地面と抵抗要素の間の距離にほぼ等しい周波数成分を有する場合、著しい障害が生じることが知られている。一方、接地面から抵抗要素までの距離が小さい場合には、定在波は piezo 抵抗型素子のところで無視できる程度の振幅しか有さず、障害は生じない。EMI 障害および RFI 障害は 1 MHz から 1000 MHz の範囲で生じるので、この周波数範囲に対する最小波長は 0.3 メートルである。また、接地面と piezo 抵抗型素子またはシリコンパターン 20 との間の距離は、約 500 オングストロームまたは 0.00000005 メートルである窒化シリコン層の厚みに等しい。従って、EMI と RFI 遮蔽の予想される効果は約 6,000,000 対 1 である。

【0047】

図 12 は、本発明のセンサー 10 のもう一つの代替実施態様を示す。高腐食性環境において圧力を検出するために、非多孔性の化学的不活性圧力センサーを有利に使用することができる。単結晶サファイアから構成された検出ダイアフラムを有するセンサーは、化学的攻撃からの優れた防御を行う。センサー 10 は、一次シール 52 と二次シール 54 を有する圧力変換器ハウジング 50（図 13 参照）内に置くことができる。一次シールがサファイアダイアフラムの外面に係合している場合には、プロセス流体はそのシールとサファイアのみを濡らす。既知の適当な構成のシールはプロセス流体に対して浸透性があるので、一次シールを越えるプロセス流体もある。最初の一次シールを過ぎて浸透するフッ化水素酸などの非常に攻撃的なプロセス流体は、サファイアダイアフラム 14 とセラミックバックングプレート 12 との間の接合部を攻撃することがあり得る。接合部の腐食による汚染物質は、そのときプロセス流体へ逆浸透することがあり得る。本発明は、接合部を囲むセンサー 10 の縁に適用される、耐酸エポキシ、例えば、これに限定されるわけではないが、Hackensack, N.J. の Master Bond, Inc. から入手可能な耐酸エポキシ EP21AR などの化学的に耐性のあるポリマーを含むことができる。あるいは、例えば、これに限定されるわけではないが、TEFLON（登録商標）製のガスケット型シール、または、例えば、これに限定されるわけではないが、KALREZ（登録商標）製のエラストマー型シール 84 を、図 18 に示すようにセンサーの接合部に対して押し付けることができる。シール 84 は L 型断面を有し、センサー 10 の側面の周囲およびダイアフラム 14 検出外面を覆い得る。ガスケットシール 84 はハウジング 50 の一部として形成することができることは当業者にとって明らかである。また、電氣的遮蔽を強化するために、炭素粉末を混ぜ合わせることに

10

20

30

40

50

って材料を導電性にすることができる。導電性エポキシを、電気グラウンドに接続された導電性インク 58 によって電気グラウンドに接続することができる。もう一つの実施態様においては、センサーが使用中のときに、サファイアからの化学的溶出とプロセス流体への化学的溶出を制限するように、(サファイア表面を含む)センサーにパラリン(Paralyne)を塗布することができる。別の実施態様においては、サファイアダイアフラムからの化学的溶出をも制限するようにセンサーにPFAを塗布することもできる。

【0048】

図13は、流体ポート60を有する圧力変換器ハウジング50内に置かれたセンサー10を示す。サファイアダイアフラムは一次シール52と二次シール54をシールする。通気孔すなわちドレイン62は、圧力変換器ハウジングの外側から一次シールと二次シールの間のハウジング内へ達することができる。通気孔62は、シール間の圧力を軽減し、かつ/または、一次シールに浸透する流体が圧力変換器ハウジング50から出て行くための通路となる。サファイアダイアフラム14を有する本発明のセンサー10は、耐腐食性かつ耐溶剤性の圧力センサーを提供し、測定可能な温度または圧力のヒステリシスのない望ましい撓みを有し、400 を超えるプロセス流体温度に耐えることができる。図14において、この圧力センサーは高温に耐えることができるので、上記の代わりに、この圧力センサーを、プラスチック注入成形プロセスの間、インサートとして圧力変換器のプラスチックハウジング50内に成形することができ、そのことによって、一次シールまたは二次シールの必要性を取り除くことができる。ハウジングそれ自身はセンサー10に対するシールとして作用する。そのような所定位置に成形される圧力センサーおよびモジュールは、生産コストを下げ、構成を簡単にし、圧力変換器モジュールの全体サイズを小さくするものと予想される。

【0049】

図15は、本発明のセンサー10のもう一つの代替実施態様を示す。このセンサー10は、ダイアフラム14に隣接した流体の圧力と温度の双方を検出することができる。接合パッド72は、接合パッド26と同様な方法で、それと同時にセンサー上に形成される。抵抗器70は、ガラスボンド16とダイアフラム14の間に形成される。抵抗器を圧力応力ゾーンの外側に置くことによって、抵抗器70の抵抗に影響を及ぼし得る圧力誘導応力を避けることができる。単結晶シリコン抵抗器70の抵抗は、明確な温度依存性を有している。高ドーピング濃度(10^{19} 原子/cc以上のpドーピング)に対して、温度と抵抗の間の関数はほぼ一次関数に等しい。従って、抵抗が変化するとき温度変化を容易に測定することができる。

【0050】

図16は、センサー10の別の実施態様を示し、ここでは、ホイートストーンブリッジ22の抵抗器が圧力および温度の双方を決定するために使用される。センサー10の外縁が点線で示されている。また、ホイートストーンブリッジを構成する単結晶シリコン抵抗器の抵抗は、明確な温度依存性を有している。図16の中で「Rt」として示されている抵抗器76は、ホイートストーンブリッジ22に電氣的に接続されているが、ゼロ温度係数のものである。金属膜抵抗器はこの要求を満たしている。例えば、これに限定されるわけではないが、抵抗器76は、圧力変換器の検出電子回路と共に配置され、ダイアフラム14からは遠隔に位置し得る。抵抗器76の値は、ホイートストーンブリッジ22抵抗の値の約半分であるのが好ましい。温度決定精度についての圧力の影響は、当業者にとって既知のデータフィッティング手順と共に多項式を用いて温度を決定するとき、無視することができる。ホイートストーンブリッジ22抵抗が温度と共に変化するとき、電圧Vtも変化する。ブリッジ全体を分圧回路の中の一つの抵抗器として使用することができる。電圧Vtはそのとき、アナログまたはデジタル補正スキームのための温度信号として使用することができる。

【0051】

電圧Vtは、ホイートストーンブリッジ22の温度によってほとんど決まり、特にシリコン抵抗器が高密度でドーピングされている場合はそうである。シリコン抵抗器が低密度でド

10

20

30

40

50

ープされているか、ユーザーが温度測定における不確実性を低減したい場合には、温度をマトリックス記述によって得ることができる。以下の多項式を使用することができ、温度 T は出力 V_t と V_p の関数として表される。

【 0 0 5 2 】

$$T = a_{00} + a_{01}V_T + a_{02}V_T^2 + \dots + a_{10}V_P + a_{11}V_PV_T + a_{12}V_PV_T^2 + \dots + a_{20}V_P^2 + \dots$$

ここで、係数 a_{xx} は、当業者にとって既知の最小二乗フィッティング手順によって得られる。データフィッティング手順と共に上記記述を使用することにより、歪効果に対して校正された校正温度出力を有するセンサーが得られる。従って、単一センサーによる圧力と温度の同時測定が、速い応答時間で達成される。あるいは、温度出力だけが望まれる場合は、抵抗器の足を、歪を感知しない軸線に向けることによって圧力記述を避けることができる。例えば、サファイア上の R 面シリコンの最大歪感度は、抵抗素子を投影 C 軸に対して 45 度に向けることによって達成される。ここで、R 面と C 軸は結晶幾何学的配置のミラー指数によって決定される。投影 C 軸に平行または垂直に並んだ抵抗素子に対し、ピエゾ抵抗はゼロである。抵抗器の軸を回転して圧力感度を除去することができる。この方法において、センサー 10 は、圧力感度を除去し、従ってセンサー 10 に近接した温度だけを測定するように作ることができる。

【 0 0 5 3 】

高温ガラスシール (700 以上) は、低温ボンディング方法 (一般的には 400 ガラス) よりも硬く、少ないヒステリシスを有している。しかしながら、高温シーリングプロセスは、従来のワイヤーボンディングに必要な任意の構造 (結合パッド) も破壊する。ワイヤーボンディングに対する従来の代案は、導電性エポキシであるが、導電性エポキシは酸化しやすい性質があり、時間がたてば抵抗が増加する。この抵抗増加はセンサーの出力変化を生じる。ろう付けプロセスと本発明の電気リード構成は、この問題の有効な解決策を提供する。

【 0 0 5 4 】

銀および銅は、ろう付け材料として使用される場合には有効ではない。これは、それらはシリコンまたはシリコン基板へ急速に拡散する性質があり、それらが溶解した場所から遠く離れて配置された電気 / 電子構造に損傷を与えるためである。本発明においては、加熱の間に、ろう溜りの流体の粘度を増加させるためにパラジウムを使用して、銀および銅の移動を制御するように作用する。

【 0 0 5 5 】

図 2 1 と図 2 2 は、関連センサー実施態様である、検出ダイアフラム 14 A を有するピエゾ抵抗型または容量型センサーとして構成可能な本発明のセンサー 10 (圧力が温度かまたはその双方) を示す。検出ダイアフラム 14 は一つの単結晶サファイアから形成されている。あるいは、検出ダイアフラムは単結晶ダイヤモンドで構成することもできる。本発明のセンサー 10 A は一般に、バックングプレート 12 A, 検出ダイアフラム 14 A, バックングプレート 12 とダイアフラム 14 の間のガラスボンドを形成するために使用される石英ガラスプリフォームプレート 16 A (好ましくは、高温 (700 以上) 高強度のホウケイ酸ガラス)、およびコイルばね電気リード 18 A を備えている。この例においては、バックングプレートは、そこを通過して伸びて、リードを収納する開口部 36 A を有しており、少なくとも一つのオフセットベントホール 38 A を含んでいる。

【 0 0 5 6 】

この実施態様においては、サファイアダイアフラムは約 17.7 mm (0.695 インチ) の直径を有しており、石英プレート 16 よりも僅かに直径が小さいのが好ましい。プリフォーム石英プレート 16 は、約 18 mm (0.710 インチ) の外径と約 9.65 mm (0.380 インチ) の内径を有し、厚みは約 0.254 mm (0.010 インチ) である。リードを収納する開口部 17 A は、約 1.27 mm (0.050 インチ) の直径を有し、約 13.8 mm (0.545 インチ) の直径を有する架空内輪の上に配置されている (図 2 2 参照)。プリフォームろう合金 34 A は、パラジウム、銅、および銀 (Ag 6

10

20

30

40

50

5%、Cu 20%、Pd 15%)から形成された複合材料であることが好ましく、約1.19 ± 0.0508 (0.047 ± 0.002インチ)の直径と約0.0508 ± 0.0254 (0.002 ± 0.001インチ)の厚みを有している。ろう材がリード上で溶解すると、その引張強度は最低2ポンドとなるはずである。

【0057】

バッキングプレート14Aは、96%アルミナであり、約18 ± 0.127mm (0.710 ± 0.005インチ)の直径と約6.1 ± 0.127mm (0.240 ± 0.005インチ)の厚みを有している。開口部36Aは約1.27mm (0.050インチ)の直径を有しているが、ベントホール38Aは(この実施態様においては)1.27から0.813mm (0.050インチから0.032インチまで)までのテーパをなす直径を有している。先細になった端部はダイアフラムの付近に配置される。

10

【0058】

図22に示すセンサー10Aの側面図は、リード18Aの約20%がバッキングプレート12Aの上に突出していることを示す。図23に示すように、コイルばねリード18Aは、0.813mm (0.32インチ)の長さを有するのが好ましく、二つのデッドコイル部分19Aと伸張中央コイル部分19Bから構成されることが好ましいが、これに限定される必要はない。図22において、デッドコイル部分19Aは、その長さの約20%をバッキングプレート12Aから突出している。このコイルは約0.914 ~ 1.07mm (0.036インチから約0.042インチ)の直径を有することが好ましい。コイルばねリードを形成するためにコパールを用いることもできるが、それはその剛性の故に加工しにくい材料である。

20

【0059】

関連実施態様においては、上記および図23に示されたコイルばねリード構成は、リードの柔軟性が好ましく、下にある基板を破損する心配がある他の電子応用において使用することもできる。

【0060】

センサーの製造の間、バッキングプレートとダイアフラムとの間に良好なガラスボン드가確実に形成されるように、センサー10Aの部品のアセンブリの上に重りが置かれる。この実施態様においては、使用される重りはステンレス鋼製であり、重さはシーリング面の1平方インチ当たり約100グラムである。ステンレス鋼はプロセスにおける他の材料に反応しないので好ましいが、重りを他の非反応材料から形成することができる。重りは、リード18Aがそこから突出するバッキングプレートの側面に置くことが好ましい。この実施態様においては、アセンブリ全体をベルト加熱炉にかけるような単一加熱/溶融操作によって、ガラスボン드가形成され、リードがろう付けされる。関連実施態様においては、最初にバッキングプレートとダイアフラムとが一緒にガラス結合される。次に、ろう材がリードと共に開口部内に置かれ、アセンブリが約925のろう付け温度にさらされた後、基板破損を避けるために徐々に冷却(毎分約7 ~ 10)され、この操作全体は約2時間続く。処理時間は製造されるセンサーの熱質量に応じて変化する(例えば、センサーが大きければ大きいほど冷却時間は長くなる)。

30

【0061】

センサーの処理におけるもう一つのステップは、ガラスボン드를好ましく形成することと、非酸化環境におけるろう付けである。ろう付けプロセスの間、存在する酸素は半導体表面を酸化させるので、ろう付けされたリードとダイアフラム上の検出素子との間に形成されるべき機械的導電性接合を損なう。一つのアプローチは、センサーが形成されるチャンパー内の酸素を置換するためにアルゴンまたは窒素ガスを使用することである。もう一つのアプローチは、装置表面の酸化を避けるために高温(1050以上)での真空ろう付けを使用することである。

40

【0062】

本発明について、特許法規に従うために、そして、当業者に、新規な原理を適用するために必要な情報と、要求されるような特別な構成要素を組み立て使用するために必要な情

50

報を提供するために、本書において相当詳しく説明してきた。しかしながら、明らかに異なる機器および装置によって本発明を実施できることと、本発明自身の範囲から逸脱することなしに機器と操作手順の双方に関して種々の変更を達成できることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】本発明の圧力センサーの斜視図。

【図2】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図3】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図4】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図5】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図6】本発明のその上に形成されたホイートストーンブリッジを有するダイアフラムの上面図。

【図7】本発明のダイアフラムの一実施態様の部分断面上面図。

【図8】本発明の結合パッドの一実施態様の部分断面上面図。

【図9】本発明の結合パッドの一実施態様の部分断面側面図。

【図10】本発明の結合パッドの一実施態様の部分断面側面図。

【図11】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図12】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図13】圧力変換器ハウジングの中に置かれた本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図14】圧力変換器ハウジングの中にモールドされた本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図15】本発明のダイアフラムの一実施態様の部分断面上面図。

【図16】本発明のダイアフラムの一実施態様の電気回路図。

【図17】本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図18】センサーの縁に隣接したシールまたはガスケットを有する本発明の圧力センサーの一実施態様の部分断面側面図。

【図19A】基板へのネイルヘッドの従来技術のろう付けの一例を示す図。

【図19B】基板へのヘッドレスピンの従来技術のろう付けの一例を示す図。

【図20】本発明の教えに従って基板にろう付けされた本発明のコイルピン実施態様の部分側面図。

【図21】本発明の教えに従ってダイアフラムにろう付けされたコイルばねリードを有するセンサーの分解組立図。

【図22A】図21の組立センサーを示す図。

【図22B】図21の組立センサーを示す図。

【図22C】図21の組立センサーを示す図。

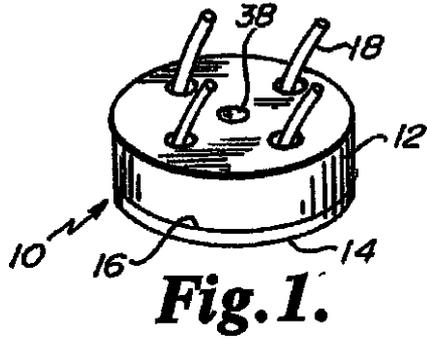
【図23】本発明のコイルばねリードの拡大図。

10

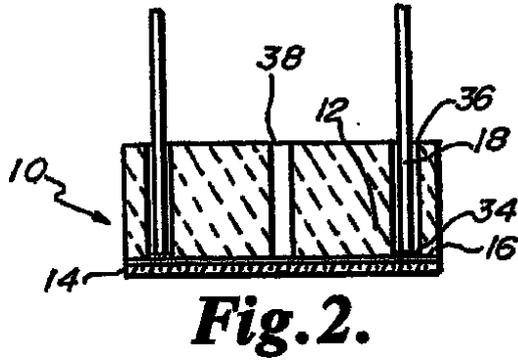
20

30

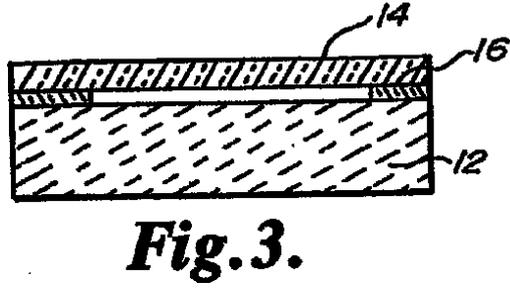
【 図 1 】



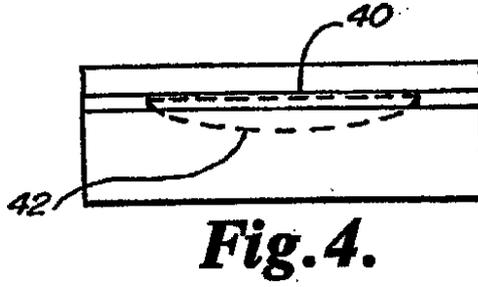
【 図 2 】



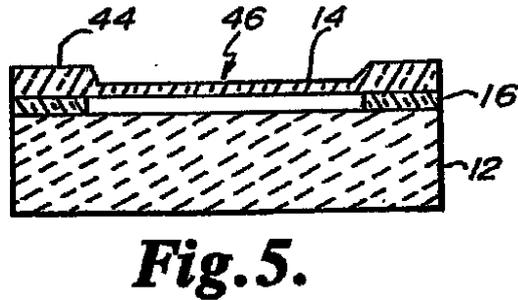
【 図 3 】



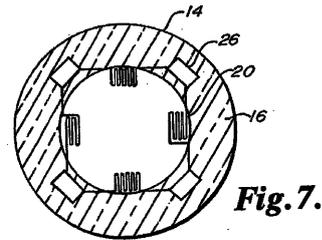
【 図 4 】



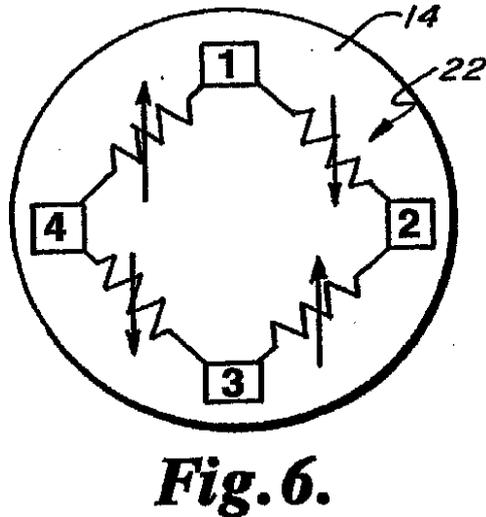
【 図 5 】



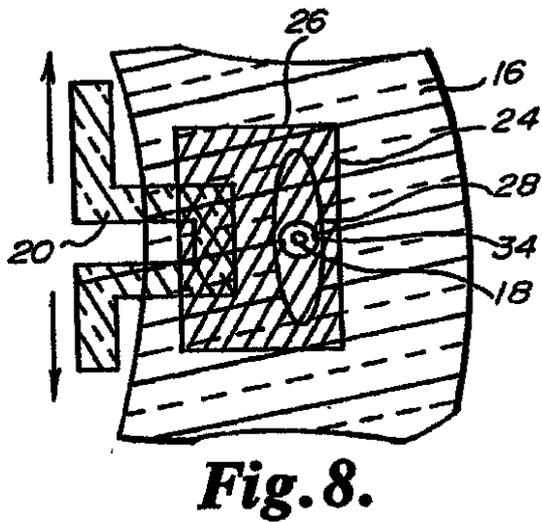
【 図 7 】



【 図 6 】



【 図 8 】



【図9】

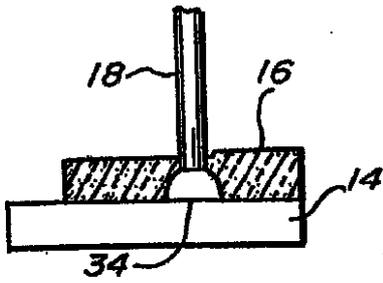


Fig. 9.

【図10】

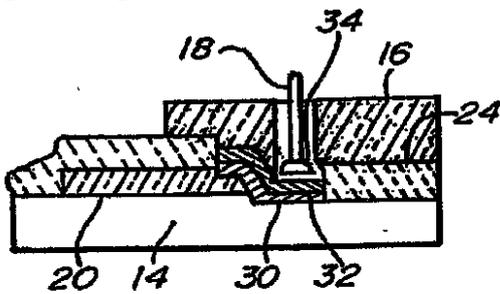


Fig. 10.

【図11】

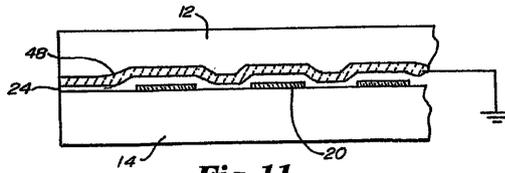


Fig. 11.

【図12】

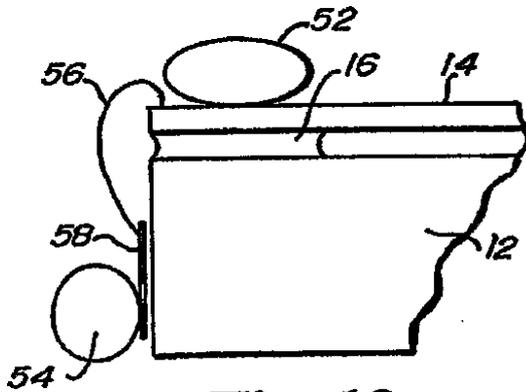


Fig. 12.

【図13】

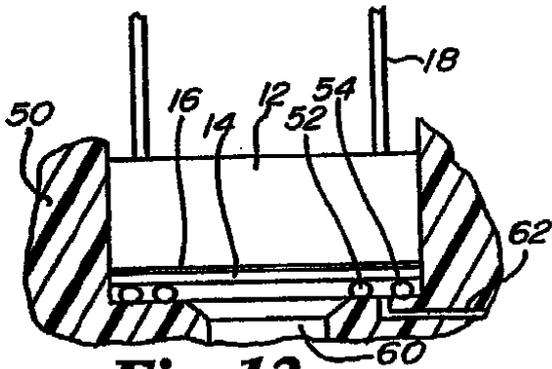


Fig. 13.

【図14】

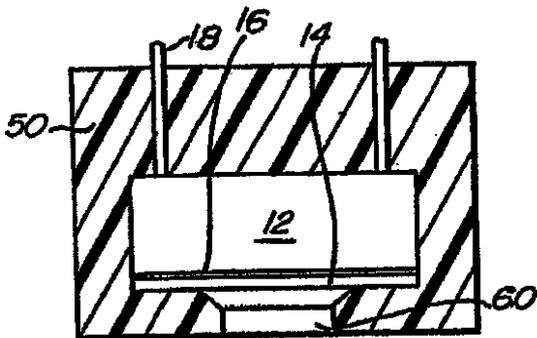


Fig. 14.

【図15】

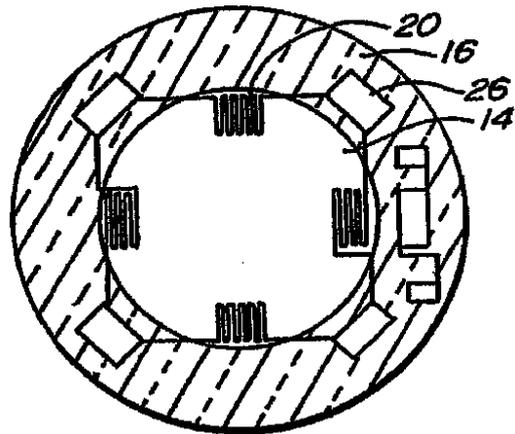
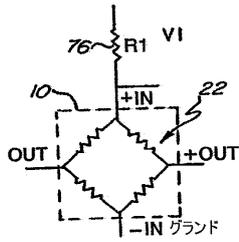


Fig. 15.

【 図 16 】



【 図 18 】

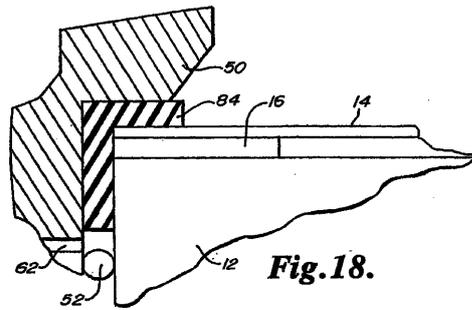


Fig.18.

【 図 17 】

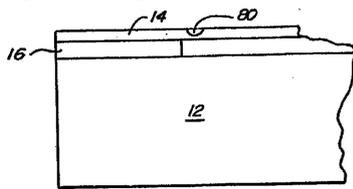


Fig.17.

【 図 19 A 】

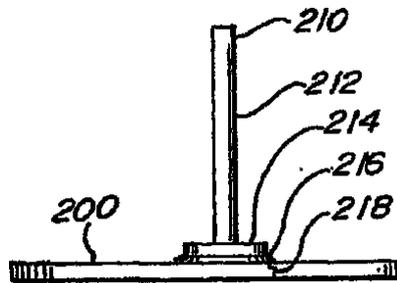


Fig.19A.
PRIOR ART

【 図 19 B 】

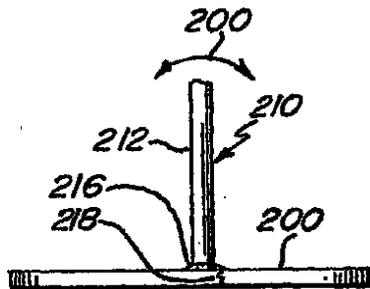


Fig.19B.
PRIOR ART

【 図 21 】

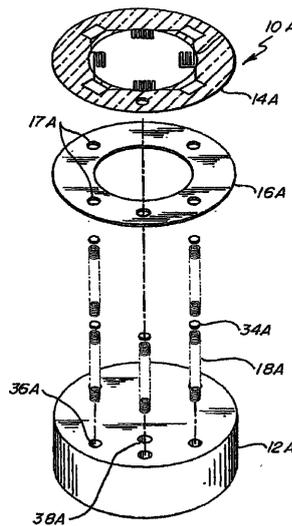


Fig.21.

【 図 20 】

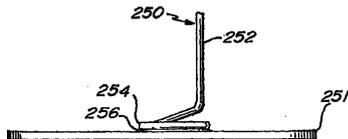


Fig.20.

【 2 2 A 】

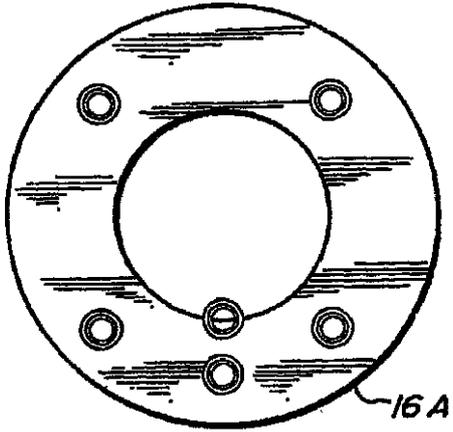


Fig. 22A.

【 2 2 B 】

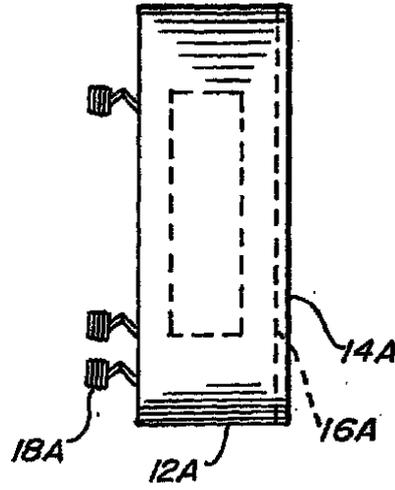


Fig. 22B

【 2 2 C 】

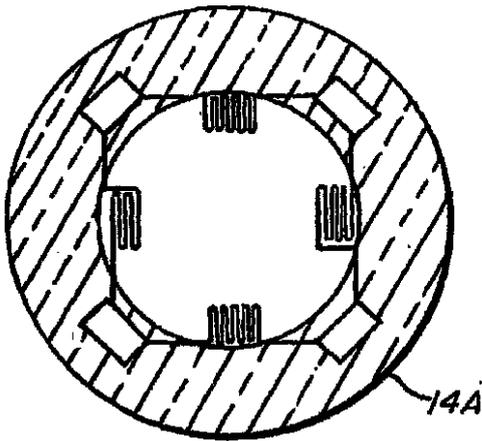


Fig. 22C.

【 2 3 】

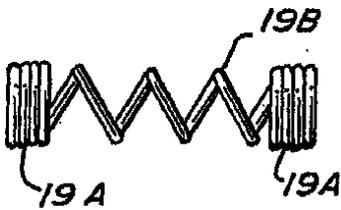


Fig. 23.

フロントページの続き

- (72)発明者 ディアス ディアス、ジョージ アンドレス
アメリカ合衆国 55416 ミネソタ州 ミネアポリス ニュー ブライトン ブルバード 1
730 ナンバー223
- (72)発明者 クッチ、ジェラルド アール .
アメリカ合衆国 55403 ミネソタ州 ミネアポリス イェール プレイス 1201 アパ
ートメント ナンバー1907

審査官 三田村 陽平

- (56)参考文献 国際公開第2002/008713(WO, A1)
実開平06-060068(JP, U)
実開昭55-085771(JP, U)
特開平08-178777(JP, A)
特開2002-364691(JP, A)
特開平05-155670(JP, A)
実開昭62-115694(JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 19/04

G01L 9/00