

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4665733号
(P4665733)

(45) 発行日 平成23年4月6日(2011.4.6)

(24) 登録日 平成23年1月21日(2011.1.21)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 P	15/08	(2006.01)	GO 1 P	15/08	P
HO 1 L	29/84	(2006.01)	HO 1 L	29/84	A
HO 1 L	23/02	(2006.01)	HO 1 L	23/02	J
GO 1 C	19/56	(2006.01)	HO 1 L	23/02	C
			GO 1 C	19/56	

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-341255 (P2005-341255)	(73) 特許権者	000005832
(22) 出願日	平成17年11月25日(2005.11.25)		パナソニック電気株式会社
(65) 公開番号	特開2007-147409 (P2007-147409A)		大阪府門真市大字門真1048番地
(43) 公開日	平成19年6月14日(2007.6.14)	(74) 代理人	100087767
審査請求日	平成20年8月22日(2008.8.22)		弁理士 西川 恵清
		(72) 発明者	後藤 浩嗣
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電気株式会社内
		(72) 発明者	官島 久和
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電気株式会社内
		審査官	續山 浩二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサエレメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の半導体基板を用いて形成されセンシング部およびセンシング部に電気的に接続された金属配線を有するセンサ基板と、第2の半導体基板を用いて形成され金属配線に電気的に接続される貫通孔配線を有しセンサ基板の一表面側に封着された貫通孔配線形成基板とを備え、センサ基板は、前記一表面における周部の全周に亘って第1の封止用接合金属層が形成されるとともに、第1の封止用接合金属層よりも内側に金属配線と電気的に接続された第1の接続用接合金属層が形成され、貫通孔配線形成基板は、センサ基板側の表面における周部の全周に亘って第2の封止用接合金属層が形成されるとともに、第2の封止用接合金属層よりも内側に貫通孔配線と電気的に接続された第2の接続用接合金属層が形成され、センサ基板と貫通孔配線形成基板とは、第1の封止用接合金属層と第2の封止用接合金属層とが接合されるとともに、第1の接続用接合金属層と第2の接続用接合金属層とが接合され、センサ基板は、第1の接続用接合金属層における金属配線との接続部位が、貫通孔配線形成基板におけるセンサ基板との対向面に形成された凹所内に位置していることを特徴とするセンサエレメント。

【請求項2】

前記各接続用接合金属層と前記各封止用接合金属層とが同一の金属材料により形成されてなることを特徴とする請求項1記載のセンサエレメント。

【請求項3】

第3の半導体基板を用いて形成され前記センサ基板の他表面側に封着されたカバー基板

を備え、前記センサ基板は、前記第1の封止用接合金属層および前記第1の接続用接合金属層が形成された枠状のフレーム部と、フレーム部の内側に配置され前記一表面に交差する方向に変位可能であって前記センシング部が形成された可動部とを有し、前記貫通孔配線形成基板における前記センサ基板側の表面には、可動部の変位空間を確保する変位空間形成用凹部が形成され、当該変位空間形成用凹部が前記凹所を兼ねていることを特徴とする請求項1または請求項2記載のセンサエレメント。

【請求項4】

前記第1の半導体基板と前記第2の半導体基板および前記第3の半導体基板とはウェハレベルで接合されてから所望のチップサイズに切断されてなることを特徴とする請求項3記載のセンサエレメント。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、加速度センサエレメント、ジャイロセンサエレメントなどのセンサエレメントに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、チップサイズパッケージ(Chip Size Package: CSP)を有するセンサエレメントとして、ウェハレベルパッケージング技術を利用して形成したセンサエレメントが各所で研究開発されている(例えば、特許文献1参照)。

20

【0003】

ここにおいて、上記特許文献1には、図11(a)に示すように、複数のMEMS(Micro Electro Mechanical System)素子211およびMEMS素子211のセンシング部(図示せず)に電氣的に接続された金属配線(引き出し電極)217を形成した第1の半導体ウェハ210と、金属配線217に電氣的に接続される貫通孔配線224およびMEMS素子211を気密封止する空間を形成するための凹所221を形成した第2の半導体ウェハ220とを対向させてから、図11(b)に示すように第1の半導体ウェハ210と第2の半導体ウェハ220とをウェハレベルで貼り合わせることでウェハレベルパッケージ構造体200を形成し、ウェハレベルパッケージ構造体200から個々のセンサエレメントに分割する技術が開示されている。なお、このようにして製造されたセンサエレメントは、第1の半導体ウェハ210から切り出された部分がセンサ基板を構成し、第2の半導体ウェハ220から切り出された部分が貫通孔配線形成基板を構成している。

30

【0004】

ここで、第1の半導体ウェハ210における第2の半導体ウェハ220との対向面には、各センサエレメントに対応する領域ごとに、MEMS素子211および当該MEMS素子211に電氣的に接続された金属配線217を囲む第1の封止用接合金属層(封止用下地金属膜)218が形成され、第2の半導体ウェハ220における第1の半導体ウェハ210との対向面には、各センサエレメントに対応する領域ごとに、凹所221を囲み第1の封止用接合金属層218に対向する第2の封止用接合金属層(封止用下地金属膜)228が形成されている。

40

【0005】

また、第1の半導体ウェハ210は、第1の封止用接合金属層218よりも内側で金属配線217と電氣的に接続された第1の接続用接合金属層219が形成され、第2の半導体ウェハ220は、第2の封止用接合金属層228よりも内側に貫通孔配線224と電氣的に接続された第2の接続用接合金属層229が形成されている。

【0006】

そして、上述のウェハレベルパッケージ構造体200は、第1の半導体ウェハ210の第1の封止用接合金属層218と第2の半導体ウェハ220の第2の封止用接合金属層228とが例えばAuSnなどの半田からなる第1の半田部238を介して接合されるとともに、第1の接続用接合金属層219と第2の接続用接合金属層229とが第2の半田部

50

239を介して接合されている。

【0007】

ところで、MEMSとしては、加速度センサやジャイロセンサなどが広く知られており、加速度センサとしては、加速度が印加されたときのピエゾ抵抗からなるゲージ抵抗のひずみによる抵抗値の変化により加速度を検出するピエゾ抵抗形の加速度センサや、加速度が印加されたときの固定電極と可動電極との間の静電容量の変化により加速度を検出する容量形の加速度センサなどが知られている。

【0008】

ピエゾ抵抗形の加速度センサとしては、矩形棒状のフレーム部の内側に配置される重り部が一方向へ延長された撓み部を介してフレーム部に揺動自在に支持された片持ち式のものや、棒状のフレーム部の内側に配置される重り部が相反する2方向へ延長された一对の撓み部を介してフレーム部に揺動自在に支持された両持ち式のものなどが提案されており、近年では、棒状のフレーム部の内側に配置される重り部が四方へ延長された4つの撓み部を介してフレーム部に揺動自在に支持され、互いに直交する3方向それぞれの加速度を各別に検出可能なものも提案されている(例えば、特許文献2,3参照)。

【0009】

なお、上述のピエゾ抵抗形の加速度センサでは、重り部および撓み部が可動部を構成し、ピエゾ抵抗がセンシング部を構成している。また、容量形の加速度センサ(例えば、特許文献4参照)やジャイロセンサ(例えば、特許文献5参照)では、可動電極を設けた重り部や可動電極を兼ねる重り部などが可動部を構成しており、固定電極と可動電極によりセンシング部を構成している。

【特許文献1】特開2005-251898号公報

【特許文献2】特開2004-109114号公報

【特許文献3】特開2004-233072号公報

【特許文献4】特開2004-028912号公報

【特許文献5】特開2005-292117号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

上記特許文献1に記載のウェハレベルパッケージング技術を利用して形成されたセンサエレメントでは、金属配線217と電氣的に接続される第1の接続用接合金属層219が、金属配線217のうち厚み方向において第2の接続用接合金属層229と重なる部位上に形成されているので、第1の接続用接合金属層219と金属配線217との接触面積を比較的大きくすることができて第1の接続用接合金属層219と金属配線217とのコンタクト抵抗を小さくすることができる。

【0011】

しかしながら、上述のセンサエレメントでは、第2の半導体ウェハ220側に形成されている第2の接続用接合金属層229と第2の封止用接合金属層228とが同一平面上において略同じ高さに形成されている一方で、第1の半導体ウェハ210側では第1の接続用接合金属層219の形成面を含む平面に対して第1の接続用接合金属層219と第1の封止用接合金属層228とで高さが異なっており、第2の接続用接合金属層229と第1の接続用接合金属層219との間の距離と、第2の封止用接合金属層228と第1の封止用接合金属層218との間の距離との距離差を吸収して接続用接合金属層229,219同士および封止用接合金属層228,218同士を接合するために、製造にあたっては、第2の接続用接合金属層229および第2の封止用接合金属層228それぞれにおける接合箇所所定量の半田をソルダーシュート法により供給してから、第1の半導体ウェハ210と第2の半導体ウェハ220とを重ね合わせてリフローを行う必要があり、製造プロセスが複雑になるとともに、センサ基板と貫通孔配線形成基板との間の距離の高精度化が難しかった。また、上記特許文献1に記載の技術では、半田としてAuSnを用いる場合には、リフローの工程のプロセス温度が280以上になり、接合界面近傍の残留応力が

大きくなって当該残留応力に起因してセンサ特性が変動してしまうという不具合があった。

【 0 0 1 2 】

本発明は上記事由に鑑みて為されたものであり、その目的は、センサ基板と貫通孔配線形成基板との間の接合を容易に行うことが可能なセンサエレメントを提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 3 】

請求項 1 の発明は、第 1 の半導体基板を用いて形成されセンシング部およびセンシング部に電氣的に接続された金属配線を有するセンサ基板と、第 2 の半導体基板を用いて形成され金属配線に電氣的に接続される貫通孔配線を有しセンサ基板の一表面側に封着された貫通孔配線形成基板とを備え、センサ基板は、前記一表面における周部の全周に亘って第 1 の封止用接合金属層が形成されるとともに、第 1 の封止用接合金属層よりも内側に金属配線と電氣的に接続された金属材料からなる第 1 の接続用接合金属層が形成され、貫通孔配線形成基板は、センサ基板側の表面における周部の全周に亘って第 2 の封止用接合金属層が形成されるとともに、第 2 の封止用接合金属層よりも内側に貫通孔配線と電氣的に接続された金属材料からなる第 2 の接続用接合金属層が形成され、センサ基板と貫通孔配線形成基板とは、第 1 の封止用接合金属層と第 2 の封止用接合金属層とが接合されるとともに、第 1 の接続用接合金属層と第 2 の接続用接合金属層とが接合され、センサ基板は、第 1 の接続用接合金属層における金属配線との接続部位が、貫通孔配線形成基板におけるセンサ基板との対向面に形成された凹所内に位置していることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

この発明によれば、センサ基板の第 1 の接続用接合金属層における金属配線との接続部位が、貫通孔配線形成基板におけるセンサ基板との対向面に形成された凹所内に位置しているので、センサ基板の第 1 の接続用接合金属層のうち第 2 の接続用接合金属層と接合する接合部位を、センサ基板の第 1 の封止用接合金属層とを同一平面上に形成することができ、センサ基板と貫通孔配線形成基板との間の接合を容易に行うことが可能になる。

【 0 0 1 5 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明において、前記各接続用接合金属層と前記各封止用接合金属層とが同一の金属材料により形成されてなることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

この発明によれば、第 1 の接続用接合金属層と第 2 の接続用接合金属層とを接合すると同時に第 1 の封止用接合金属層と第 2 の封止用接合金属層とを例えば常温接合法などにより直接接合することが可能となり、従来のように接合箇所ごとに半田を供給する工程およびリフローの工程をなくすことができ、製造プロセスの簡略化を図れるとともにセンサ基板と貫通孔配線形成基板との間の距離の高精度化を図れ、しかも、残留応力に起因したセンサ特性の変動を抑制することができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 3 の発明は、請求項 1 または請求項 2 の発明において、第 3 の半導体基板を用いて形成され前記センサ基板の他表面側に封着されたカバー基板を備え、前記センサ基板は、前記第 1 の封止用接合金属層および前記第 1 の接続用接合金属層が形成された枠状のフレーム部と、フレーム部の内側に配置され前記一表面に交差する方向に変位可能であって前記センシング部が形成された可動部とを有し、前記貫通孔配線形成基板における前記センサ基板側の表面には、可動部の変位空間を確保する変位空間形成用凹部が形成され、当該変位空間形成用凹部が前記凹所を兼ねていることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

この発明によれば、前記貫通孔配線形成基板における前記センサ基板側の表面に形成された変位空間形成用凹部が前記凹所を兼ねているので、前記凹所を変位空間形成用凹部と別途に形成する必要がなく、前記貫通孔配線形成基板の設計が容易になる。

【 0 0 1 9 】

10

20

30

40

50

請求項4の発明の発明は、請求項3の発明において、前記第1の半導体基板と前記第2の半導体基板および前記第3の半導体基板とはウェハレベルで接合されてから所望のチップサイズに切断されてなることを特徴とする。

【0020】

この発明によれば、前記貫通孔配線形成基板と前記カバー基板とが前記センサ基板と同じ外形サイズとなり、小型のチップサイズパッケージを実現できる。

【発明の効果】

【0021】

請求項1の発明では、センサ基板と貫通孔配線形成基板との間の接合を容易に行うことが可能で、センサ基板と貫通孔配線形成基板との間の距離の高精度化が可能であるという効果がある。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本実施形態のセンサエレメントについて図1～図10を参照しながら説明する。

【0023】

本実施形態のセンサエレメントは、加速度センサエレメントであり、図1および図2に示すように第1の半導体基板を用いて形成されたセンサ基板1と、第2の半導体基板を用いて形成されセンサ基板1の金属配線17に電気的に接続される貫通孔配線24を有しセンサ基板1の一表面側(図1(a)の上面側)に封着された貫通孔配線形成基板2と、第3の半導体基板を用いて形成されセンサ基板1の他表面側(図1(a)の下面側)に封着されたカバー基板3とを備えている。ここにおいて、センサ基板1および貫通孔配線形成基板2およびカバー基板3の外周形状は矩形状であり、貫通孔配線形成基板2およびカバー基板3はセンサ基板1と同じ外形寸法に形成されている。なお、図1(a)は図2のA-A'概略断面図、図1(b)は図1(a)の要部拡大図、図1(c)は図2のC-C'概略断面図である。

20

【0024】

上述のセンサ基板1は、シリコン基板からなる支持基板10a上のシリコン酸化膜からなる絶縁層(埋込酸化膜)10b上にn形のシリコン層(活性層)10cを有するSOIウェハを加工することにより形成してあり、貫通孔配線形成基板2は第1のシリコンウェハを加工することにより形成し、カバー基板3は第2のシリコンウェハを加工することにより形成してある。すなわち、本実施形態では、SOIウェハが第1の半導体基板を構成し、第1のシリコンウェハが第2の半導体基板を構成し、第2のシリコンウェハが第3の半導体基板を構成している。なお、本実施形態では、SOIウェハにおける支持基板10aの厚さを300 μ m～500 μ m程度、絶縁層10bの厚さを0.3 μ m～1.5 μ m程度、シリコン層10cの厚さを4 μ m～10 μ m程度とし、また、第1のシリコンウェハの厚さを200 μ m～300 μ m程度、第2のシリコンウェハの厚さを100～300 μ m程度としてあるが、これらの数値は特に限定するものではない。また、SOIウェハの主表面であるシリコン層10cの表面は(100)面としてある。

30

【0025】

センサ基板1は、図3～図5に示すように、枠状(本実施形態では、矩形枠状)のフレーム部11を備え、フレーム部11の内側に配置される重り部12が一表面側(図1(a)および図3(b)の上面側)において可撓性を有する4つの短冊状の撓み部13を介してフレーム部11に揺動自在に支持されている。言い換えれば、センサ基板1は、枠状のフレーム部11の内側に配置される重り部12が重り部12から四方へ延長された4つの撓み部13を介してフレーム部11に揺動自在に支持されている。ここで、フレーム部11は、上述のSOIウェハの支持基板10a、絶縁層10b、シリコン層10cそれぞれを利用して形成してある。これに対して、撓み部13は、上述のSOIウェハにおけるシリコン層10cを利用して形成してあり、フレーム部11よりも十分に薄肉となっている。

40

【0026】

50

重り部 1 2 は、上述の 4 つの撓み部 1 3 を介してフレーム部 1 1 に支持された直方体状のコア部 1 2 a と、センサ基板 1 の上記一表面側から見てコア部 1 2 a の四隅それぞれに連続一体に連結された直方体状の 4 つの付随部 1 2 b とを有している。言い換えれば、重り部 1 2 は、フレーム部 1 1 の内側面に一端部が連結された各撓み部 1 3 の他端部が外側面に連結されたコア部 1 2 a と、コア部 1 2 a と一体に形成されコア部 1 2 a とフレーム部 1 1 との間の空間に配置される 4 つの付随部 1 2 b とを有している。つまり、各付随部 1 2 b は、センサ基板 1 の上記一表面側から見て、フレーム部 1 1 とコア部 1 2 a と互いに直交する方向に延長された 2 つの撓み部 1 3 , 1 3 とで囲まれる空間に配置されており、各付随部 1 2 b それぞれとフレーム部 1 1 との間にはスリット 1 4 が形成され、撓み部 1 3 を挟んで隣り合う付随部 1 2 b 間の間隔が撓み部 1 3 の幅寸法よりも長くなっている。ここにおいて、コア部 1 2 a は、上述の SOI ウェハの支持基板 1 0 a、絶縁層 1 0 b、シリコン層 1 0 c それぞれを利用して形成し、各付随部 1 2 b は、SOI ウェハの支持基板 1 0 a を利用して形成してある。しかして、センサ基板 1 の上記一表面側において各付随部 1 2 b の表面は、コア部 1 2 a の表面を含む平面からセンサ基板 1 の上記他表面側（図 1 (a) および図 3 (b) の下面側）へ離間して位置している。なお、センサ基板 1 の上述のフレーム部 1 1、重り部 1 2、各撓み部 1 3 は、リソグラフィ技術およびエッチング技術を利用して形成すればよい。

【 0 0 2 7 】

ところで、図 3 (a) , (b) それぞれの右下に示したように、センサ基板 1 の上記一表面に平行な面内でフレーム部 1 1 の一辺に沿った一方向を x 軸の正方向、この一辺に直交する辺に沿った一方向を y 軸の正方向、センサ基板 1 の厚み方向の一方向を z 軸の正方向と規定すれば、重り部 1 2 は、x 軸方向に延長されてコア部 1 2 a を挟む 2 つ 1 組の撓み部 1 3 , 1 3 と、y 軸方向に延長されてコア部 1 2 a を挟む 2 つ 1 組の撓み部 1 3 , 1 3 とを介してフレーム部 1 1 に支持されていることになる。なお、上述の x 軸、y 軸、z 軸の 3 軸により規定した直交座標では、センサ基板 1 において上述のシリコン層 1 0 c により形成された部分の表面における重り部 1 2 の中心位置を原点としている。

【 0 0 2 8 】

重り部 1 2 のコア部 1 2 a から x 軸の正方向に延長された撓み部 1 3 (図 3 (a) の右側の撓み部 1 3) は、コア部 1 2 a 近傍に 2 つ 1 組のピエゾ抵抗 R_{x2} , R_{x4} が形成されるとともに、フレーム部 1 1 近傍に 1 つのピエゾ抵抗 R_{z2} が形成されている。一方、重り部 1 2 のコア部 1 2 a から x 軸の負方向に延長された撓み部 1 3 (図 3 (a) の左側の撓み部 1 3) は、コア部 1 2 a 近傍に 2 つ 1 組のピエゾ抵抗 R_{x1} , R_{x3} が形成されるとともに、フレーム部 1 1 近傍に 1 つのピエゾ抵抗 R_{z3} が形成されている。ここに、コア部 1 2 a 近傍に形成された 4 つのピエゾ抵抗 R_{x1} , R_{x2} , R_{x3} , R_{x4} は、x 軸方向の加速度を検出するために形成されたもので、平面形状が細長の長方形状であって、長手方向が撓み部 1 3 の長手方向に一致するように形成してあり、図 6 における左側のブリッジ回路 B_x を構成するように配線（センサ基板 1 に形成されている拡散層配線、金属配線 1 7 など）によって接続されている。なお、ピエゾ抵抗 $R_{x1} \sim R_{x4}$ は、x 軸方向の加速度がかかったときに撓み部 1 3 において応力が集中する応力集中領域に形成されている。

【 0 0 2 9 】

また、重り部 1 2 のコア部 1 2 a から y 軸の正方向に延長された撓み部 1 3 (図 3 (a) の上側の撓み部 1 3) はコア部 1 2 a 近傍に 2 つ 1 組のピエゾ抵抗 R_{y1} , R_{y3} が形成されるとともに、フレーム部 1 1 近傍に 1 つのピエゾ抵抗 R_{z1} が形成されている。一方、重り部 1 2 のコア部 1 2 a から y 軸の負方向に延長された撓み部 1 3 (図 3 (a) の下側の撓み部 1 3) はコア部 1 2 a 近傍に 2 つ 1 組のピエゾ抵抗 R_{y2} , R_{y4} が形成されるとともに、フレーム部 1 1 側の端部に 1 つのピエゾ抵抗 R_{z4} が形成されている。ここに、コア部 1 2 a 近傍に形成された 4 つのピエゾ抵抗 R_{y1} , R_{y2} , R_{y3} , R_{y4} は、y 軸方向の加速度を検出するために形成されたもので、平面形状が細長の長方形状であって、長手方向が撓み部 1 3 の長手方向に一致するように形成してあり、図 6 における

中央のブリッジ回路 B_y を構成するように配線（センサ基板 1 に形成されている拡散層配線、金属配線 17 など）によって接続されている。なお、ピエゾ抵抗 $R_{y1} \sim R_{y4}$ は、 y 軸方向の加速度がかかったときに撓み部 13 において応力が集中する応力集中領域に形成されている。

【0030】

また、フレーム部 11 近傍に形成された 4 つのピエゾ抵抗 $R_{z1}, R_{z2}, R_{z3}, R_{z4}$ は、 z 軸方向の加速度を検出するために形成されたものであり、図 6 における右側のブリッジ回路 B_z を構成するように配線（センサ基板 1 に形成されている拡散層配線、金属配線 17 など）によって接続されている。ただし、2 つ 1 組となる撓み部 13, 13 のうち一方の組の撓み部 13, 13 に形成したピエゾ抵抗 R_{z1}, R_{z4} は長手方向が撓み部 13, 13 の長手方向と一致するように形成されているのに対して、他方の組の撓み部 13, 13 に形成したピエゾ抵抗 R_{z2}, R_{z3} は長手方向が撓み部 13, 13 の幅方向（短手方向）と一致するように形成されている。

【0031】

なお、図 1 ~ 図 3 では、センサ基板 1 における金属配線 17 のうち第 1 の接続用接合金属層 19 近傍の部位のみを図示してあり、拡散層配線の図示は省略してある。

【0032】

ここで、センサ基板 1 の動作の一例について説明する。

【0033】

いま、センサ基板 1 に加速度がかかっていない状態で、センサ基板 1 に対して x 軸の正方向に加速度がかかったとすると、 x 軸の負方向に作用する重り部 12 の慣性力によってフレーム部 11 に対して重り部 12 が変位し、結果的に x 軸方向を長手方向とする撓み部 13, 13 が撓んで当該撓み部 13, 13 に形成されているピエゾ抵抗 $R_{x1} \sim R_{x4}$ の抵抗値が変化することになる。この場合、ピエゾ抵抗 R_{x1}, R_{x3} は引張応力を受け、ピエゾ抵抗 R_{x2}, R_{x4} は圧縮応力を受ける。一般的にピエゾ抵抗は引張応力を受けると抵抗値（抵抗率）が増大し、圧縮応力を受けると抵抗値（抵抗率）が減少する特性を有しているので、ピエゾ抵抗 R_{x1}, R_{x3} は抵抗値が増大し、ピエゾ抵抗 R_{x2}, R_{x4} は抵抗値が減少することになる。したがって、図 6 に示した一対の入力端子 V_{DD}, GND 間に外部電源から一定の直流電圧を印加しておけば、図 6 に示した左側のブリッジ回路 B_x の出力端子 $X1, X2$ 間の電位差が x 軸方向の加速度の大きさに応じて変化する。同様に、 y 軸方向の加速度がかかった場合には図 6 に示した中央のブリッジ回路 B_y の出力端子 $Y1, Y2$ 間の電位差が y 軸方向の加速度の大きさに応じて変化する。また、 z 軸方向の加速度がかかった場合には図 6 に示した右側のブリッジ回路 B_z の出力端子 $Z1, Z2$ 間の電位差が z 軸方向の加速度の大きさに応じて変化する。しかして、上述のセンサ本体 1 は、各ブリッジ回路 $B_x \sim B_z$ それぞれの出力電圧の変化を検出することにより、当該センサ基板 1 に作用した x 軸方向、 y 軸方向、 z 軸方向それぞれの加速度を検出することができる。本実施形態では、重り部 12 と各撓み部 13 とで可動部を構成しており、各ピエゾ抵抗 $R_{x1} \sim R_{x4}, R_{y1} \sim R_{y4}, R_{z1} \sim R_{z4}$ それぞれが、センサ基板 1 におけるセンシング部を構成している。

【0034】

ところで、センサ基板 1 は、図 6 に示すように、上述の 3 つのブリッジ回路 B_x, B_y, B_z に共通の 2 つの入力端子 V_{DD}, GND と、ブリッジ回路 B_x の 2 つの出力端子 $X1, X2$ と、ブリッジ回路 B_y の 2 つの出力端子 $Y1, Y2$ と、ブリッジ回路 B_z の 2 つの出力端子 $Z1, Z2$ とを備えており、これらの各入力端子 V_{DD}, GND および各出力端子 $X1, X2, Y1, Y2, Z1, Z2$ が、上記一表面側（つまり、貫通孔配線形成基板 2 側）に第 1 の接続用接合金属層 19 として設けられており、貫通孔配線形成基板 2 に形成された貫通孔配線 24 と電気的に接続されている。すなわち、センサ基板 1 には、8 つの接続用接合金属層 19 が形成され、貫通孔配線形成基板 2 には、8 つの貫通孔配線 24 が形成されている。なお、8 つの第 1 の接続用接合金属層 19 は、外周形状が矩形（本実施形態では、正方形）であり、フレーム部 11 の周方向に離間して配置されている

10

20

30

40

50

(矩形棒状のフレーム部 1 1 の 4 辺それぞれに 2 つずつ配置されている)。

【 0 0 3 5 】

また、センサ基板 1 のフレーム部 1 1 上には、フレーム部 1 1 よりも開口面積が大きな棒状 (矩形棒状) の第 1 の封止用接合金属層 1 8 が形成されており、上述の 8 つの接続用接合金属層 1 9 は、フレーム部 1 1 において第 1 の封止用接合金属層 1 8 よりも内側に配置されている。要するに、センサ基板 1 は、第 1 の封止用接合金属層 1 8 の幅寸法をフレーム部 1 1 の幅寸法に比べて小さく設定し、第 1 の封止用接合金属層 1 8 と各接続用接合金属層 1 9 とを同一平面上に形成してある。

【 0 0 3 6 】

ここにおいて、センサ基板 1 は、上記一表面側において上記シリコン層 1 0 c 上にシリコン酸化膜とシリコン窒化膜との積層膜からなる絶縁膜 1 6 が形成されており、第 1 の接続用接合金属層 1 9 および第 1 の封止用接合金属層 1 8 および金属配線 1 7 は絶縁膜 1 6 上に形成されている。

【 0 0 3 7 】

また、第 1 の封止用接合金属層 1 8 および第 1 の接続用接合金属層 1 9 は、接合用の Au 膜と絶縁膜 1 6 との間に密着性改善用の Ti 膜を介在させてある。言い換えれば、第 1 の封止用接合金属層 1 8 および第 1 の接続用接合金属層 1 9 は、絶縁膜 1 6 上に形成された Ti 膜と当該 Ti 膜上に形成された Au 膜との積層膜により構成されている。要するに、第 1 の接続用接合金属層 1 9 と第 1 の封止用接合金属層 1 8 とは同一の金属材料により形成されているので、第 1 の接続用接合金属層 1 9 と第 1 の封止用接合金属層 1 8 とを同時に形成することができるとともに、第 1 の接続用接合金属層 1 9 と第 1 の封止用接合金属層 1 8 とを略同じ厚さに形成することができる。なお、第 1 の封止用接合金属層 1 8 および第 1 の接続用接合金属層 1 9 は、Ti 膜の膜厚を 3 0 n m、Au 膜の膜厚を 5 0 0 n m に設定してあり、金属配線 1 7 の膜厚は 1 μ m に設定してあるが、これらの数値は一例であって特に限定するものではない。

【 0 0 3 8 】

上述の各ピエゾ抵抗 $R_{x1} \sim R_{x4}$ 、 $R_{y1} \sim R_{y4}$ 、 $R_{z1} \sim R_{z4}$ および上記各拡散層配線は、上記シリコン層 1 0 c におけるそれぞれの形成部位に適宜濃度の p 形不純物をドーピングすることにより形成されており、上述の金属配線 1 7 は、絶縁膜 1 6 上にスパッタ法や蒸着法などにより成膜した金属膜 (例えば、Al 膜、Al-Si 膜など) をリソグラフィ技術およびエッチング技術を利用してパターニングすることにより形成されており、金属配線 1 7 は絶縁膜 1 6 に設けたコンタクトホールを通して拡散層配線と電氣的に接続されている。また、第 1 の接続用接合金属層 1 9 と金属配線 1 7 とは、第 1 の接続用接合金属層 1 9 における金属配線 1 7 との接続部位 1 9 b (図 1 (b)、(c) 参照) が、貫通孔配線形成基板 2 におけるセンサ基板 1 との対向面に形成された後述の変位空間形成用凹部 2 1 内に位置する形で電氣的に接続されている。本実施形態では、貫通孔配線形成基板 2 における変位空間形成用凹部 2 1 が、センサ基板 1 の第 1 の接続用接合金属層 1 9 における金属配線 1 7 との接続部位 1 9 b が配置される凹所を兼ねている。

【 0 0 3 9 】

貫通孔配線形成基板 2 は、図 7 ~ 図 9 に示すように、センサ基板 1 側 (図 2 (a) における下面側) の表面に、センサ基板 1 の重り部 1 2 と各撓み部 1 3 とで構成される可動部の変位空間を確保する上述の変位空間形成用凹部 2 1 が形成されるとともに、変位空間形成用凹部 2 1 の周部に厚み方向に貫通する複数 (本実施形態では、8 つ) の貫通孔 2 2 が形成されており、厚み方向の両面および貫通孔 2 2 の内面とに跨って熱絶縁膜 (シリコン酸化膜) からなる絶縁膜 2 3 が形成され、貫通孔配線 2 4 と貫通孔 2 2 の内面との間に絶縁膜 2 3 の一部が介在している。ここにおいて、貫通孔配線形成基板 2 の 8 つの貫通孔配線 2 4 は当該貫通孔配線形成基板 2 の周方向に離間して形成されている。また、貫通孔配線 2 4 の材料としては、Cu を採用しているが、Cu に限らず、例えば、Ni などを採用してもよい。

【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

50

また、貫通孔配線形成基板 2 は、センサ基板 1 側の表面において変位空間形成用凹部 2 1 の周部に、各貫通孔配線 2 4 それぞれと電氣的に接続された複数（本実施形態では、8 つ）の第 2 の接続用接合金属層 2 9 が形成されている。貫通孔配線形成基板 2 は、センサ基板 1 側の表面の周部には、全周に亘って枠状（矩形枠状）の第 2 の封止用接合金属層 2 8 が形成されており、上述の 8 つの第 2 の接続用接合金属層 2 9 は、外周形状が細長の長方形形状であり、第 2 の封止用接合金属層 2 8 よりも内側に配置されている。ここにおいて、第 2 の接続用接合金属層 2 9 は、長手方向の一端部が貫通孔配線 2 4 と接合されており、他端側の部位がセンサ基板 1 の金属配線 1 7 よりも外側でセンサ基板 1 の第 1 の接続用接合金属層 1 9 と接合されて電氣的に接続されるように配置してある。

【 0 0 4 1 】

また、第 2 の封止用接合金属層 2 8 および第 2 の接続用接合金属層 2 9 は、接合用の Au 膜と絶縁膜 2 3 との間に密着性改善用の Ti 膜を介在させてある。言い換えれば、第 2 の封止用接合金属層 2 8 および第 2 の接続用接合金属層 2 9 は、絶縁膜 2 3 上に形成された Ti 膜と当該 Ti 膜上に形成された Au 膜との積層膜により構成されている。要するに、第 2 の接続用接合金属層 2 9 と第 2 の封止用接合金属層 2 8 とは同一の金属材料により形成されているので、第 2 の接続用接合金属層 2 9 と第 2 の封止用接合金属層 2 8 とを同時に形成することができるとともに、第 2 の接続用接合金属層 2 9 と第 2 の封止用接合金属層 2 8 とを略同じ厚さに形成することができる。なお、第 2 の封止用接合金属層 2 8 および第 2 の接続用接合金属層 2 9 は、Ti 膜の膜厚を 30 nm、Au 膜の膜厚を 500 nm に設定してあるが、これらの数値は一例であって特に限定するものではない。

【 0 0 4 2 】

また、貫通孔配線形成基板 2 におけるセンサ基板 1 側とは反対側の表面には、各貫通孔配線 2 4 それぞれと電氣的に接続された複数の外部接続用電極 2 5 が形成されている。ここで、各外部接続用電極 2 5 は、例えば、Cu 膜と Ni 膜と Au 膜との積層膜により構成されており、例えば、リフロー用パッドとして利用することができる。なお、各外部接続用電極 2 5 の外周形状は矩形状となっている。

【 0 0 4 3 】

カバー基板 3 は、図 10 に示すように、センサ基板 1 との対向面に、重り部 1 2 の変位空間を形成する所定深さ（例えば、5 μm ~ 10 μm 程度）の凹部 3 1 を形成してある。ここにおいて、凹部 3 1 は、リソグラフィ技術およびエッチング技術を利用して形成してある。なお、本実施形態では、カバー基板 3 におけるセンサ基板 1 との対向面に、重り部 1 2 の変位空間を形成する凹部 3 1 を形成してあるが、重り部 1 2 のコア部 1 2 a および各付随部 1 2 b のうち支持基板 1 0 a を利用して形成されている部分の厚さを、フレーム部 1 1 において支持基板 1 0 a を利用して形成されている部分の厚さに比べて、センサ基板 1 のの厚み方向への重り部 1 2 の許容変位量分だけ薄くするようにすれば、カバー基板 3 に凹部 3 1 を形成しなくても、センサ基板 1 の上記他表面側には上記他表面に交差する方向への重り部 1 2 の変位を可能とする隙間が重り部 1 2 とカバー基板 3 との間に形成される。

【 0 0 4 4 】

ところで、上述の加速度センサエレメントにおけるセンサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 とは、第 1 の封止用接合金属層 1 8 と第 2 の封止用接合金属層 2 8 とが接合されるとともに、第 1 の接続用接合金属層 1 9 と第 2 の接続用接合金属層 2 9 とが接合され、センサ基板 1 とカバー基板 3 とは、互いの対向面の周部同士が接合されている。また、本実施形態の加速度センサエレメントは、センサ基板 1 を多数形成した SOI ウェハと貫通孔配線形成基板 2 を多数形成した第 1 のシリコンウェハおよびカバー基板 3 を多数形成した第 2 のシリコンウェハとをウェハレベルで接合してから、ダイシング工程により所望のチップサイズの加速度センサエレメントに切断されている。したがって、貫通孔配線形成基板 2 とカバー基板 3 とがセンサ基板 1 と同じ外形サイズとなり、小型のチップサイズパッケージを実現できるとともに、製造が容易になる。

【 0 0 4 5 】

ここにおいて、センサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 およびカバー基板 3 との接合方法としては、センサ基板 1 の残留応力を少なくするためにより低温での接合が可能な接合方法を採用することが望ましく、本実施形態では、常温接合法を採用している。常温接合法では、接合前に互いの接合面へアルゴンのプラズマ若しくはイオンビーム若しくは原子ビームを真空中で照射して各接合面の清浄化・活性化を行ってから、接合面同士を接触させ、常温下で接合する。本実施形態では、上述の常温接合法により、常温下で適宜の荷重を印加して、第 1 の封止用接合金属層 18 と第 2 の封止用接合金属層 28 とを接合すると同時に、第 1 の接続用接合金属層 19 と第 2 の接続用接合金属層 29 とを接合しており、また、上述の常温接合法により、常温下でセンサ基板 1 のフレーム部 11 とカバー基板 3 の周部とを接合している。しかして、本実施形態の加速度センサエレメントでは、センサ基板 1 と貫通孔配線基板 2 との間の接合が Au - Au 接合となり、センサ基板 1 とカバー基板 3 との接合が Si - Si 接合となっており、センサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 およびカバー基板 3 とを半田リフローや陽極接合などの加熱を必要とする方法により接合する場合に比べて、センシング部を構成するピエゾ抵抗 $R_{x1} \sim R_{x4}$, $R_{y1} \sim R_{y4}$, $R_{z1} \sim R_{z4}$ が熱応力の影響を受けにくくなるという利点がある。また、本実施形態では、センサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 およびカバー基板 3 とが同じ半導体材料である Si により形成されているので、センサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 およびカバー基板 3 との線膨張係数差に起因した応力（センサ基板 1 における残留応力）が上記ブリッジ回路の出力信号に与える影響を低減でき、貫通孔配線形成基板 2 およびカバー基板 3 がセンサ基板 1 と異なる材料により形成されている場合に比べて、センサ特性のばらつきを低減することができる。なお、センサ基板 1 は、SOI ウェハを加工して形成してあるが、SOI ウェハに限らず、例えば、シリコンウェハを加工して形成してもよい。

【0046】

以上説明した本実施形態の加速度センサエレメントでは、センサ基板 1 の第 1 の接続用接合金属層 19 における金属配線 17 との接続部位 19b が、貫通孔配線形成基板 2 におけるセンサ基板 1 との対向面に形成された凹所である変位空間形成用凹部 21 内に位置しているため、センサ基板 1 の第 1 の接続用接合金属層 19 のうち第 2 の接続用接合金属層 29 と接合する接合部位を、センサ基板 1 の第 1 の封止用接合金属層 19 とを同一平面上に形成することができ、センサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 との間の接合を容易に行うことが可能になる。

【0047】

また、上述のように、各接続用接合金属層 19 , 29 と各封止用接合金属層 18 , 28 とが同一の金属材料により形成されているため、第 1 の接続用接合金属層 19 と第 2 の接続用接合金属層 29 とを接合すると同時に第 1 の封止用接合金属層 18 と第 2 の封止用接合金属層 28 とを例えば常温接合法などにより直接接合することが可能となり、従来のように接合箇所ごとに半田を供給する工程およびリフローの工程をなくすことができ、製造プロセスの簡略化を図れるとともにセンサ基板 1 と貫通孔配線形成基板 2 との間の距離の高精度化を図れ、しかも、残留応力に起因したセンサ特性の変動を抑制することができる。

【0048】

また、貫通孔配線形成基板 2 における変位空間形成用凹部 21 が、センサ基板 1 の第 1 の接続用接合金属層 19 における金属配線 17 との接続部位 19b が配置される凹所を兼ねているため、上記凹所を変位空間形成用凹部 21 と別途に形成する必要がなく、貫通孔配線形成基板 2 の設計が容易になる。

【0049】

上述の実施形態では、センサエレメントとしてピエゾ抵抗形の加速度センサエレメントを例示したが、本発明の技術思想は、ピエゾ抵抗形の加速度センサエレメントに限らず、例えば、容量形の加速度センサエレメントやジャイロセンサエレメントなど他のセンサエレメントにも適用でき、容量形の加速度センサエレメントやジャイロセンサエレメントでは、可動電極を設けた重り部や可動電極を兼ねる重り部などが可動部を構成し、固定電極

10

20

30

40

50

と可動電極とによりセンシング部を構成することとなる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】実施形態の加速度センサエレメントを示し、(a)は概略断面図、(b)は(a)の要部拡大図、(c)は他の要部拡大図である。

【図2】同上の加速度センサエレメントの概略平面図である。

【図3】同上におけるセンサ基板を示し、(a)は概略平面図、(b)は(a)のB - A'概略断面図である。

【図4】同上におけるセンサ基板を示し、(a)は図3(a)のA - A'概略断面図、(b)は図3(a)のC - C'概略断面図である。

10

【図5】同上におけるセンサ基板を示す概略下面図である。

【図6】同上におけるセンサ基板の回路図である。

【図7】同上における貫通孔配線形成基板を示し、(a)は概略平面図、(b)は(a)のA - A'概略断面図である。

【図8】同上における貫通孔配線形成基板を示し、図7(b)の要部拡大図である。

【図9】同上における貫通孔配線形成基板の下面図である。

【図10】同上におけるカバー基板を示し、(a)は概略平面図、(b)は(a)のA - A'概略断面図である。

【図11】従来例のウェハレベルパッケージ構造体の製造方法の説明図である。

【符号の説明】

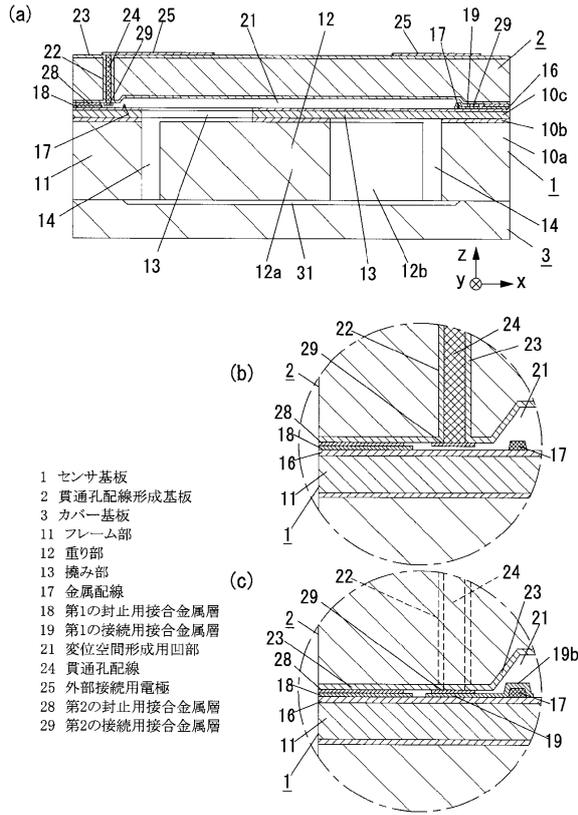
20

【0051】

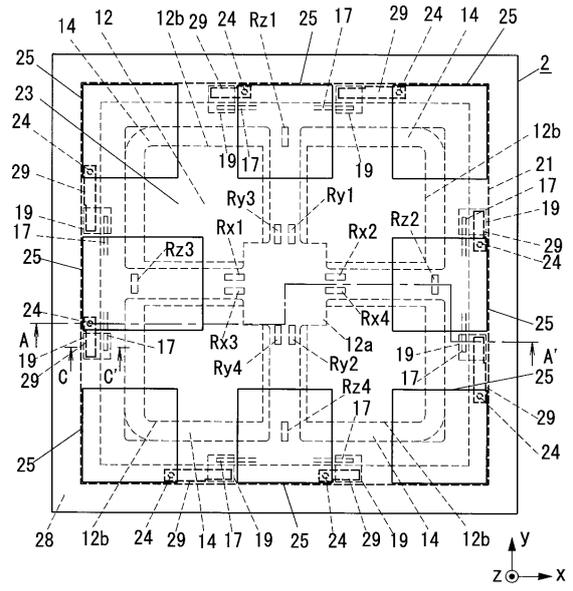
- 1 センサ基板
- 2 貫通孔配線形成基板
- 3 カバー基板
- 11 フレーム部
- 12 重り部
- 13 撓み部
- 17 金属配線
- 18 第1の封止用接合金属層
- 19 第1の接続用接合金属層
- 21 変位空間形成用凹部
- 24 貫通孔配線
- 25 外部接続用電極
- 28 第2の封止用接合金属層
- 29 第2の接続用接合金属層

30

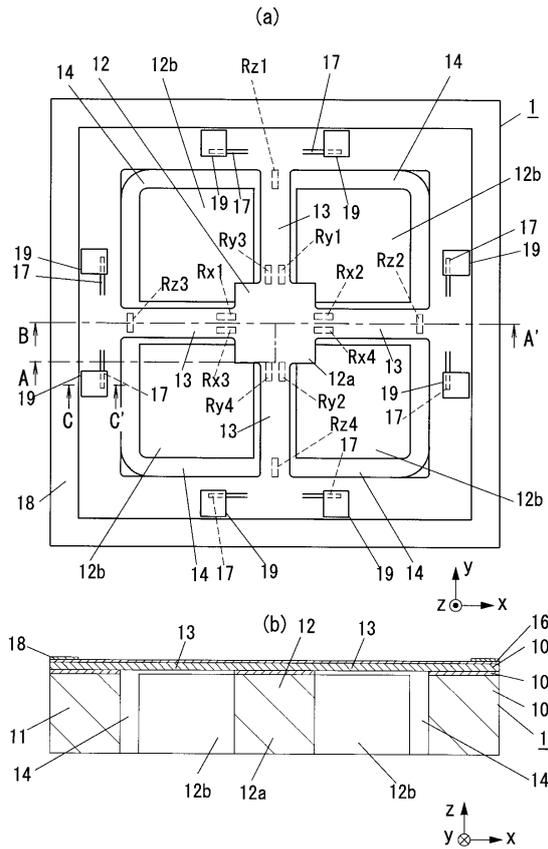
【図1】



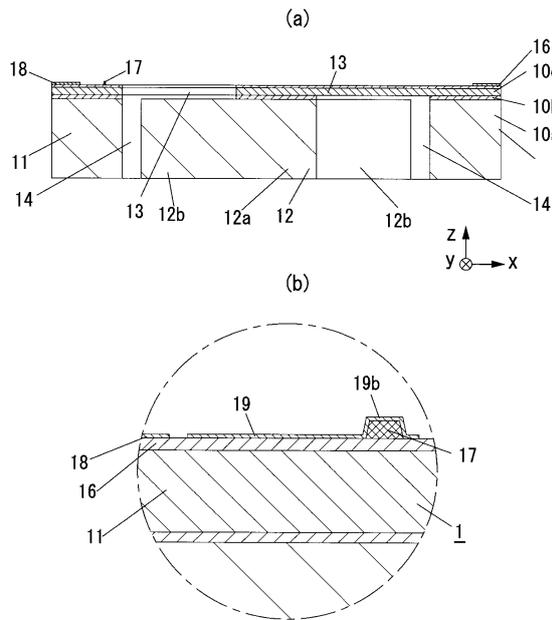
【図2】



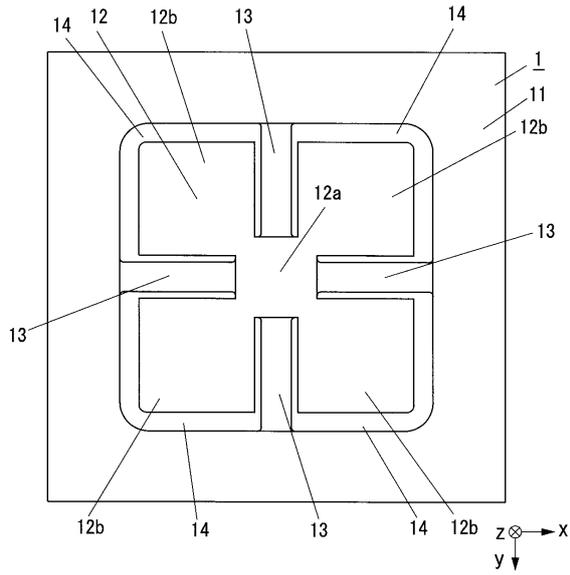
【図3】



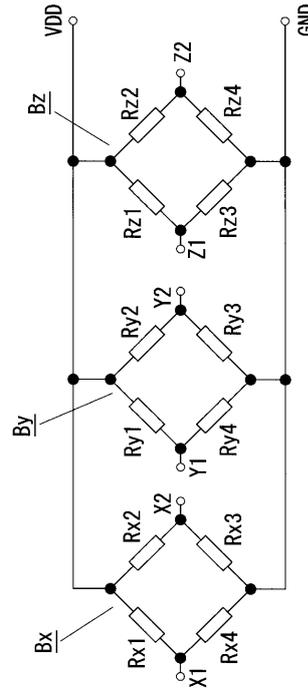
【図4】



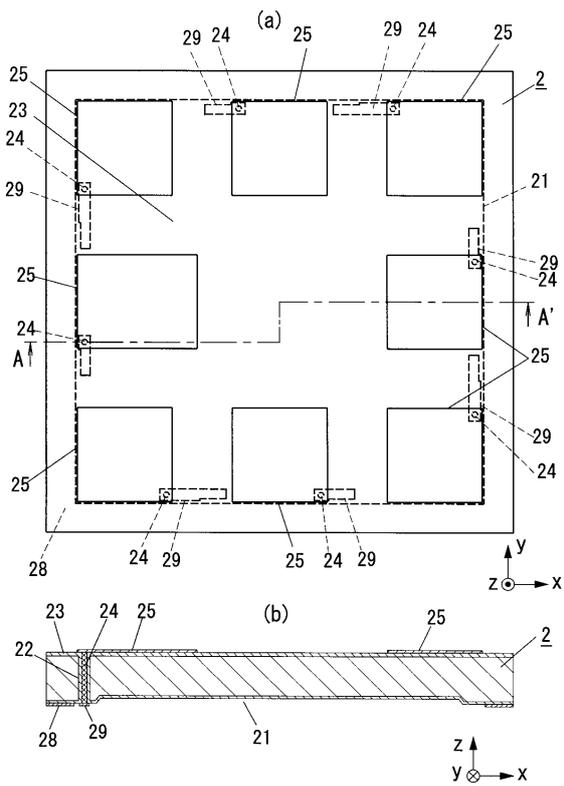
【 図 5 】



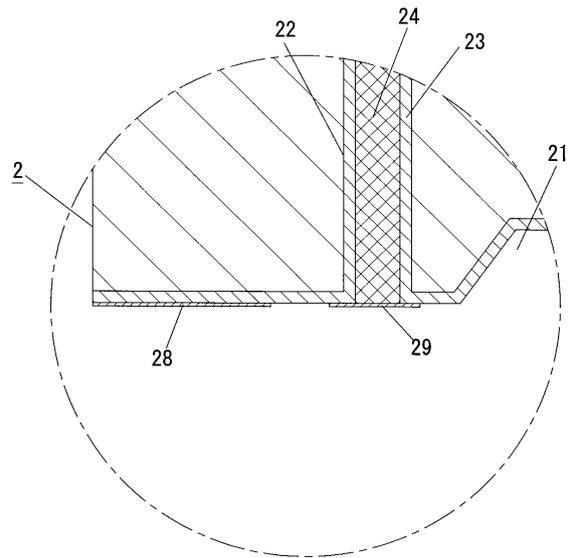
【 図 6 】



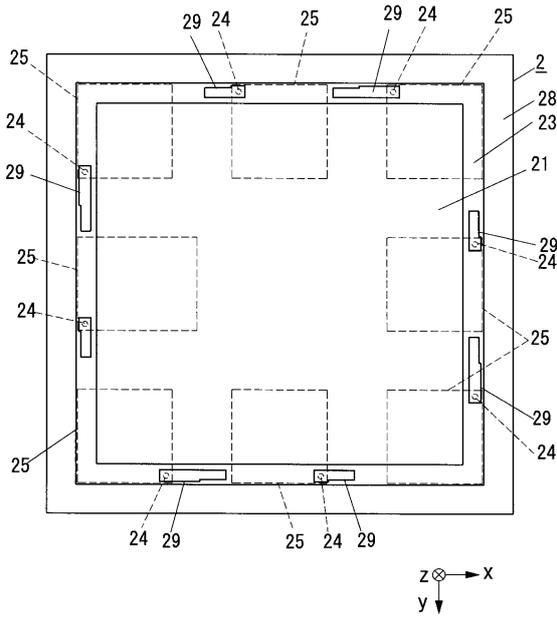
【 図 7 】



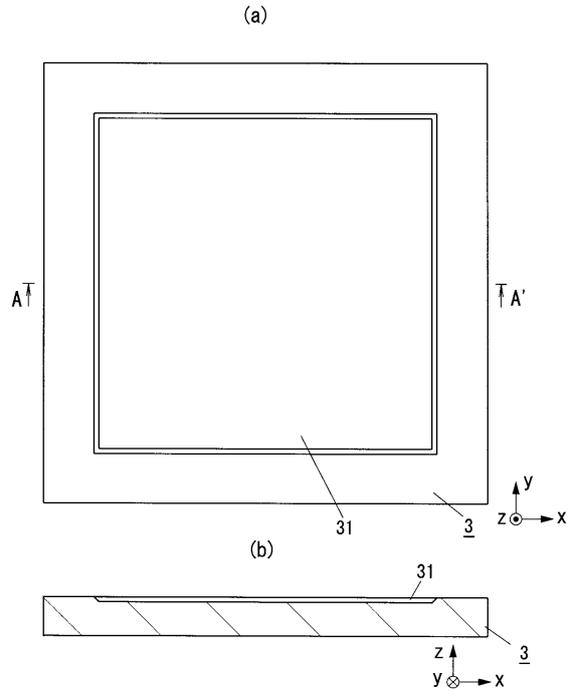
【 図 8 】



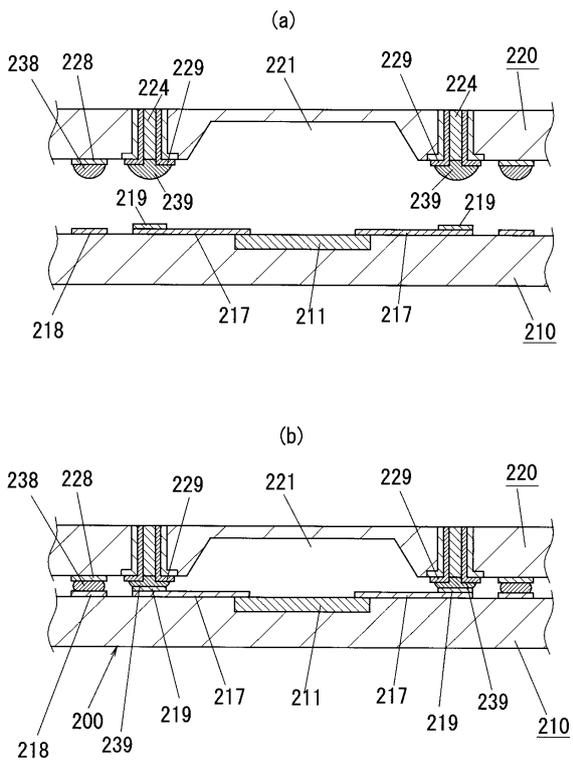
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005 - 251898 (JP, A)
特開2004 - 209585 (JP, A)
特開2005 - 072418 (JP, A)
特開平11 - 337570 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P 15/08
H01L 23/02
H01L 29/84
G01C 19/56