

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-195097
(P2013-195097A)

(43) 公開日 平成25年9月30日(2013.9.30)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 L 9/00 (2006.01)	GO 1 L 9/00 3 O 3 B	2 F O 5 5
GO 1 P 15/18 (2013.01)	GO 1 L 9/00 3 O 3 Z	4 M 1 1 2
GO 1 P 15/12 (2006.01)	GO 1 P 15/00 K	
HO 1 L 29/84 (2006.01)	GO 1 P 15/12 D	
	HO 1 L 29/84 A	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2012-59616 (P2012-59616)
(22) 出願日 平成24年3月16日 (2012.3.16)

(71) 出願人 308033711
ラピスセミコンダクタ株式会社
神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目4番地8
(74) 代理人 100083840
弁理士 前田 実
(74) 代理人 100116964
弁理士 山形 洋一
(74) 代理人 100135921
弁理士 篠原 昌彦
(72) 発明者 森 浩也
宮崎県宮崎市清武町木原727番地 ラピスセミコンダクタ宮崎株式会社内
Fターム(参考) 2F055 AA40 BB20 CC02 DD05 EE14
FF11 FF49 GG15
最終頁に続く

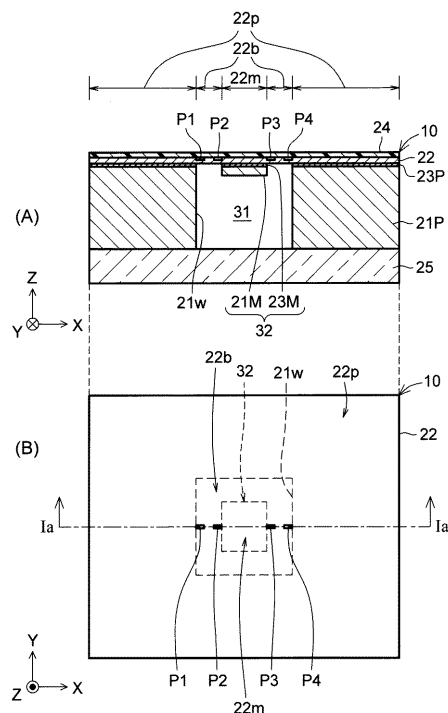
(54) 【発明の名称】 半導体圧力センサ及びその製造方法、並びに圧力検出装置

(57) 【要約】

【課題】 ダイアフラムの機械的強度を犠牲にせずに検出感度の向上を実現できる半導体圧力センサを提供する。

【解決手段】 半導体圧力センサ10は、ダイアフラムを支持し中空部31を有する支持基板21Pと、ダイアフラムの受圧面に形成された複数の半導体ピエゾ抵抗素子P1～P4とを備える。中空部31のダイアフラム側一端は封止されている。ダイアフラムは、外周部22pと、中空部31内に突出する錘部32を持つ厚肉部と、この厚肉部を外周部22pに連結する薄肉部22bとを有する。この薄肉部22bの外周端には半導体ピエゾ抵抗素子P1、P4が形成され、薄肉部22bの内周端には半導体ピエゾ抵抗素子P2、P3が形成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

受圧面と該受圧面に対向する裏面とを有するダイヤフラムと、
前記ダイヤフラムの当該裏面を支持する支持面と中空部とを有する支持基板と、
前記受圧面に形成され、前記受圧面の歪みに応じた可変の電気抵抗を有する複数の半導体
体ピエゾ抵抗素子と
を備え、

前記中空部の前記ダイヤフラム側一端は、前記ダイヤフラムの当該裏面によって封止さ
れており、

前記ダイヤフラムは、

前記支持面により支持されている外周部と、

前記中空部内に突出する錘部を持つ厚肉部と、

前記厚肉部を前記外周部に連結し前記厚肉部よりも薄い薄肉部とを有し、

前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、

前記薄肉部の前記外周部側の外周端に形成された第 1 の半導体ピエゾ抵抗素子と、

前記薄肉部の前記厚肉部側の内周端に形成された第 2 の半導体ピエゾ抵抗素子とを含む
ことを特徴とする半導体圧力センサ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の半導体圧力センサであって、

前記薄肉部は、前記厚肉部を取り囲むように環状に形成されており、

前記外周部は、前記薄肉部を取り囲むように環状に形成されている

ことを特徴とする半導体圧力センサ。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の半導体圧力センサであって、

前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、

前記薄肉部の当該外周端に形成された第 3 の半導体ピエゾ抵抗素子と、

前記薄肉部の当該内周端に形成された第 4 の半導体ピエゾ抵抗素子とをさらに含み、

前記第 1 及び第 2 の半導体ピエゾ抵抗素子は、前記受圧面に並行な第 1 の方向に沿って
配列されており、

前記第 3 及び第 4 の半導体ピエゾ抵抗素子は、前記受圧面に並行で且つ前記第 1 の方向
とは異なる第 2 の方向に沿って配列されている

ことを特徴とする半導体圧力センサ。

30

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサであって、前記錘部は
、空洞部を有することを特徴とする半導体圧力センサ。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサであって、前記中空部
は、前記ダイヤフラムとは反対側で封止された他端を有し、気密室を構成していること
を特徴とする半導体圧力センサ。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサであって、前記半導体
ピエゾ抵抗素子は、半導体結晶層に導入された不純物拡散領域を含むことを特徴とする半
導体圧力センサ。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載の半導体圧力センサであって、前記半導体結晶層は、単結晶シリコン層
であることを特徴とする半導体圧力センサ。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のうちのいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサと、

前記半導体圧力センサに含まれる当該複数の半導体ピエゾ抵抗素子の電気抵抗の変化を
示す電圧信号に基づいて、前記半導体圧力センサに印加された圧力の値を算出する演算部

50

と

を備えることを特徴とする圧力検出装置。

【請求項 9】

請求項 3 に記載の半導体圧力センサと、

前記半導体圧力センサに含まれる当該複数の半導体ピエゾ抵抗素子の電気抵抗の変化を示す電圧信号に基づいて、前記半導体圧力センサに印加された圧力の値を算出する演算部とを備え、

前記演算部は、前記電圧信号の周波数解析により前記半導体圧力センサに作用した加速度の値を前記圧力の値とともに算出する

ことを特徴とする圧力検出装置。

10

【請求項 10】

支持基板と該支持基板上に形成された半導体結晶層とを含む基板を用意する工程と、

前記半導体結晶層の表層部に不純物を選択的に導入して複数の半導体ピエゾ抵抗素子を形成する工程と、

前記支持基板の裏面を選択的にエッチングして所定の深さを有する環状凹部を形成する工程と、

前記支持基板の裏面のうち前記環状凹部の領域と該環状凹部で囲まれる凸状領域との双方に対して選択的に異方性エッチングを実行することにより、前記支持基板内に中空部と該中空部内に配置される錘部とを形成すると同時に前記半導体結晶層を含むダイヤフラムを形成する工程と

20

を備え、

前記ダイヤフラムは、

前記支持基板により支持されている外周部と、

前記中空部内に突出する錘部を持つ厚肉部と、

前記厚肉部を前記外周部に連結し前記厚肉部よりも薄い薄肉部とを有し、

前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、

前記薄肉部の前記外周部側の外周端に形成された第 1 の半導体ピエゾ抵抗素子と、

前記薄肉部の前記厚肉部側の内周端に形成された第 2 の半導体ピエゾ抵抗素子とを含む

ことを特徴とする半導体圧力センサの製造方法。

【請求項 11】

30

支持基板と該支持基板上に形成された半導体結晶層とを含む基板を用意する工程と、

前記半導体結晶層の表層部に不純物を選択的に導入して複数の半導体ピエゾ抵抗素子を形成する工程と、

前記支持基板の裏面を選択的にエッチングして所定の深さを有する凹部を形成する工程と、

前記凹部の形成後、前記支持基板の当該凹部内の所定の環状領域を露出させるエッチングマスク形成する工程と、

前記支持基板の裏面に対して前記エッチングマスクを使用した異方性エッチングを実行することにより、前記支持基板内に中空部と該中空部内に配置される錘部とを形成すると同時に前記半導体結晶層を含むダイヤフラムを形成する工程と

40

を備え、

前記ダイヤフラムは、

前記支持基板により支持されている外周部と、

前記中空部内に突出する錘部を持つ厚肉部と、

前記厚肉部を前記外周部に連結し前記厚肉部よりも薄い薄肉部とを有し、

前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、

前記薄肉部の前記外周部側の外周端に形成された第 1 の半導体ピエゾ抵抗素子と、

前記薄肉部の前記厚肉部側の内周端に形成された第 2 の半導体ピエゾ抵抗素子とを含む

ことを特徴とする半導体圧力センサの製造方法。

【請求項 12】

50

請求項 10 または 11 に記載の半導体圧力センサの製造方法であって、
前記異方性エッチングの実行後、前記支持基板と前記半導体結晶層との間に介在する埋め込み絶縁膜の露出部分をエッチングで除去するステップをさらに備え、
前記基板は、SOI 基板である
ことを特徴とする半導体圧力センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、圧力や加速度などの外的作用を検出する技術に関し、特に、 piezo 抵抗効果を用いて外的作用を検出する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

単結晶シリコンなどの半導体材料を用いて作製される半導体センサは、piezo 抵抗効果、圧電効果並びに静電容量変化などの検出原理に基づいて圧力や加速度などの外的作用（外力）を高感度で検出するセンサとして広く採用されている。半導体センサは、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術や MST（Micro System Technology）技術を用いて作製できるため、機械式センサや光学式センサと比べると低コスト化と小型化が容易という利点がある。このような半導体センサは、たとえば、感震器などの計測機器、歩数計並びに携帯端末に組み込まれている。

【0003】

piezo 抵抗効果は、外的作用により発生した機械的応力に応じて物質の電気抵抗が変化する現象をいう。一般に、piezo 抵抗効果を利用する piezo 抵抗型の半導体圧力センサは、ダイヤフラムと呼ばれる薄肉部を有しており、このダイヤフラムの表面に piezo 抵抗素子が形成される。ダイヤフラムが外的作用を受けて変形すると、その変形（歪み）に応じて機械的応力（以下、単に「応力」とも呼ぶ。）が発生し、この応力に応じて piezo 抵抗素子の電気抵抗が変化する。その電気抵抗の変化は電気信号に変換されて取り出される。このような piezo 抵抗型の半導体圧力センサは、たとえば、特開 2006 - 30159 号公報（特許文献 1）に開示されている。

【0004】

従来の piezo 抵抗型の半導体圧力センサでは、検出感度向上のために、ダイヤフラムの形成領域の面積を大きくしたり、ダイヤフラムの厚さを薄くしたりする方法が採用されていた。しかしながら、ダイヤフラムの形成領域の面積が大きいと、半導体圧力センサのチップサイズの小型化が難しくなる。また、ダイヤフラムの厚さを薄くすれば、ダイヤフラムの機械的強度が低下する。そこで、特許文献 1 に開示されている半導体圧力センサ（piezo 抵抗型圧力センサ）では、piezo 抵抗素子からなる応力検出部の周辺部においてダイヤフラムの一部に溝が形成される。ダイヤフラムが圧力を受けて歪んだとき、この歪みに応じて発生した応力を当該溝が応力検出部に集中させるので、ダイヤフラムの形成領域の面積を増加させることなく検出感度の向上を実現することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2006 - 30159 号公報（段落 0012 ~ 0017、段落 0024 ~ 0026 及び図 1 など）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 の半導体圧力センサでは、外部から圧力を受ける度に、ダイヤフラムに形成された溝に応力集中が発生するので、繰り返し応力に対するダイヤフラムの機械的強度（疲労強度）が低いという問題がある。このため、長期使用によりダイヤフ

10

20

30

40

50

ラムの溝の部分に破損や亀裂が発生したり、半導体圧力センサの最大許容圧力が低い値となるという懸念がある。このような問題を回避するにはダイヤフラムを全体的に厚くすればよいが、ダイヤフラムを全体的に厚くすれば、検出感度の向上を実現することができない。

【 0 0 0 7 】

上記に鑑みて本発明の目的は、ダイヤフラムの機械的強度を犠牲にせずに検出感度の向上を実現することができる半導体圧力センサ及びその製造方法、並びに圧力検出装置を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の第1の態様による半導体圧力センサは、受圧面と該受圧面に対向する裏面とを有するダイヤフラムと、前記ダイヤフラムの当該裏面を支持する支持面と中空部とを有する支持基板と、前記受圧面に形成され、前記受圧面の歪みに応じた可変の電気抵抗を有する複数の半導体ピエゾ抵抗素子とを備え、前記中空部の前記ダイヤフラム側一端は、前記ダイヤフラムの当該裏面によって封止されており、前記ダイヤフラムは、前記支持面により支持されている外周部と、前記中空部内に突出する錘部を持つ厚肉部と、前記厚肉部を前記外周部に連結し前記厚肉部よりも薄い薄肉部とを有し、前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、前記薄肉部の前記外周部側の外周端に形成された第1の半導体ピエゾ抵抗素子と、前記薄肉部の前記厚肉部側の内周端に形成された第2の半導体ピエゾ抵抗素子とを含むことを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

本発明の第2の態様による圧力検出装置は、前記第1の態様による半導体圧力センサと、前記半導体圧力センサに含まれる当該複数の半導体ピエゾ抵抗素子の電気抵抗の変化を示す電圧信号に基づいて、前記半導体圧力センサに印加された圧力の値を算出する演算部とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

本発明の第3の態様による半導体圧力センサの製造方法は、支持基板と該支持基板上に形成された半導体結晶層とを含む基板を用意する工程と、前記半導体結晶層の表層部に不純物を選択的に導入して複数の半導体ピエゾ抵抗素子を形成する工程と、前記支持基板の裏面を選択的にエッチングして所定の深さを有する環状凹部を形成する工程と、前記支持基板の裏面のうち前記環状凹部の領域と該環状凹部で囲まれる凸状領域との双方に対して選択的に異方性エッチングを実行することにより、前記支持基板内に中空部と該中空部内に配置される錘部とを形成すると同時に前記半導体結晶層を含むダイヤフラムを形成する工程とを備え、前記ダイヤフラムは、前記支持基板により支持されている外周部と、前記中空部内に突出する錘部を持つ厚肉部と、前記厚肉部を前記外周部に連結し前記厚肉部よりも薄い薄肉部とを有し、前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、前記薄肉部の前記外周部側の外周端に形成された第1の半導体ピエゾ抵抗素子と、前記薄肉部の前記厚肉部側の内周端に形成された第2の半導体ピエゾ抵抗素子とを含むことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本発明の第4の態様による半導体圧力センサの製造方法は、支持基板と該支持基板上に形成された半導体結晶層とを含む基板を用意する工程と、前記半導体結晶層の表層部に不純物を選択的に導入して複数の半導体ピエゾ抵抗素子を形成する工程と、前記支持基板の裏面を選択的にエッチングして所定の深さを有する凹部を形成する工程と、前記凹部の形成後、前記支持基板の当該凹部内の所定の環状領域を露出させるエッチングマスク形成する工程と、前記支持基板の裏面に対して前記エッチングマスクを使用した異方性エッチングを実行することにより、前記支持基板内に中空部と該中空部内に配置される錘部とを形成すると同時に前記半導体結晶層を含むダイヤフラムを形成する工程とを備え、前記ダイヤフラムは、前記支持基板により支持されている外周部と、前記中空部内に突出する錘部を持つ厚肉部と、前記厚肉部を前記外周部に連結し前記厚肉部よりも薄い薄肉部とを有し、前記複数の半導体ピエゾ抵抗素子は、前記薄肉部の前記外周部側の外周端に形成された

10

20

30

40

50

第 1 の半導体 piezo 抵抗素子と、前記薄肉部の前記厚肉部側の内周端に形成された第 2 の半導体 piezo 抵抗素子とを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、ダイヤフラムの受圧面に作用する圧力に応じて、錘部で区画されたピーム部の外周端と内周端とに互いに逆方向の応力集中（引張応力及び圧縮応力）が発生し、それら逆方向の応力集中を第 1 及び第 2 の半導体 piezo 抵抗素子で検出することができるため、検出感度の向上を実現することができる。また、ダイヤフラムの応力集中箇所には溝を形成する必要がない。したがって、ダイヤフラムの機械的強度を犠牲にせずに検出感度の向上を実現することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】(A) は、本発明に係る実施の形態 1 の piezo 抵抗型の半導体圧力センサの断面構造を概略的に示す図であり、図 1 (B) は、この半導体圧力センサの上面図である。

【図 2】(A), (B) は、実施の形態 1 の piezo 抵抗素子の構成例を示す上面図である。

【図 3】(A), (B) は、外部圧力に応じてダイヤフラムが歪んだ状態を示す piezo 抵抗素子の断面図である。

【図 4】実施の形態 1 の piezo 抵抗素子を含むブリッジ回路の等価回路図である。

【図 5】実施の形態 1 の圧力検出装置の構成例を概略的に示す機能ブロック図である。

20

【図 6】実施の形態 1 の半導体圧力センサの第 1 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 7】実施の形態 1 の半導体圧力センサの第 2 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 8】実施の形態 1 の半導体圧力センサの第 3 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 9】実施の形態 1 の半導体圧力センサの第 4 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 10】実施の形態 1 の半導体圧力センサの第 5 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

30

【図 11】実施の形態 1 の半導体圧力センサの第 6 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 12】実施の形態 1 の変形例である piezo 抵抗型の半導体圧力センサの断面構造を概略的に示す図である。

【図 13】本発明に係る実施の形態 2 の piezo 抵抗型の半導体圧力センサの断面構造を概略的に示す図である。

【図 14】実施の形態 2 の半導体圧力センサの第 1 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 15】実施の形態 2 の半導体圧力センサの第 2 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

40

【図 16】実施の形態 2 の半導体圧力センサの第 3 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 17】実施の形態 2 の半導体圧力センサの第 4 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 18】実施の形態 2 の半導体圧力センサの第 5 の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【図 19】(A) は、本発明に係る実施の形態 3 の piezo 抵抗型の半導体圧力センサの断面構造を概略的に示す図であり、(B) は、この半導体圧力センサの上面図である。

【図 20】実施の形態 3 の piezo 抵抗素子の電気抵抗の変化を検出するブリッジ回路の等価回路図である。

50

【図 2 1】実施の形態 3 の圧力検出装置の構成例を概略的に示す機能ブロック図である。

【図 2 2】加速度に応じてダイヤフラムが歪んだ状態を示す piezo 抵抗素子の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明に係る種々の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。なお、図面において、同一符号を付された構成要素は、同一構造及び同一機能を有するものとしてその詳細な説明の重複記載を省略する。

【0015】

実施の形態 1 .

図 1 (A) は、本発明に係る実施の形態 1 の圧力検出装置における piezo 抵抗型の半導体圧力センサ 10 の断面構造を概略的に示す図であり、図 1 (B) は、この半導体圧力センサ 10 の上面図である。図 1 (A) は、図 1 (B) の半導体圧力センサ 10 の I a - I a 線における概略断面を示している。半導体圧力センサ 10 は、中空部 31 を有する支持基板 21 P を用いて構成されている。図 1 (A) , (B) において、Z 軸方向は、この支持基板 21 P の厚み方向と一致し、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向は互いに直交する。

【0016】

半導体圧力センサ 10 は、支持基板 21 P 上に絶縁膜 23 P を介して配置された薄膜 22 と、この薄膜 22 の受圧面に形成された半導体 piezo 抵抗素子 (以下、単に「piezo 抵抗素子」と呼ぶ。) P 1 , P 2 , P 3 , P 4 と、これら piezo 抵抗素子 P 1 ~ P 4 を被覆する窒化膜などの保護膜 24 とを備える。なお、説明の便宜上、図 1 (B) には図 1 (A) の保護膜 24 は示されていない。

【0017】

薄膜 22 は、半導体圧力センサ 10 のダイヤフラムを構成し、単結晶シリコンなどの半導体結晶材料からなる。図 1 (A) , (B) に示されるように、この薄膜 22 は、中央部 22 m と、支持基板 21 P により支持される矩形環状の周辺部 22 p と、中央部 22 m を周辺部 22 p に連結する矩形環状のビーム部 (薄肉部) 22 b とを有する。薄膜 22 の中央部 22 m は、絶縁膜 23 M 及び半導体層 21 M の積層体からなる錘部 32 の上方一端に結合し、薄膜 22 のうち錘部 32 に結合する部分が中央部 22 m を構成している。錘部 32 は、図 1 (A) に示されるように支持基板 21 P の中空部 31 内に突出するように配置される。

【0018】

支持基板 21 P の中空部 31 の受圧面側の一端は、薄膜 22 によって封止されており、中空部 31 の受圧面とは反対側の他端は、ガラス板などの封止部材 25 によって封止されているので、中空部 31 は、密閉された気密室を構成している。

【0019】

半導体圧力センサ 10 のダイヤフラムは、薄膜 22 と錘部 32 とで構成される。薄膜 22 の周辺部 22 p はダイヤフラムの外周部を構成し、薄膜 22 の中央部 22 m と錘部 32 とはダイヤフラムの厚肉部を構成し、薄膜 22 のビーム部 22 b はダイヤフラムの薄肉部を構成する。piezo 抵抗素子 P 1 , P 4 は、ダイヤフラムの薄肉部 22 b の外周端に形成されており、他の piezo 抵抗素子 P 2 , P 3 は、薄肉部 22 b の内周端に形成されている。これら piezo 抵抗素子 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 は、図 1 (B) に示されるようにほぼ X 軸方向に沿って一直線状に配列されている。

【0020】

piezo 抵抗素子 P 1 ~ P 4 の電気抵抗は、piezo 抵抗効果により薄膜 22 の受圧面の歪みに応じて変化する。図 2 (A) , (B) は、piezo 抵抗素子 P 1 , P 2 の構成例を示す上面図である。piezo 抵抗素子 P 1 は、図 2 (A) に示されるように、半導体結晶層に導入された P 型不純物拡散領域からなる piezo 抵抗拡散領域 41 と、この piezo 抵抗拡散領域 41 の延在方向両端と接合する高濃度の P 型不純物拡散領域であるコンタクト領域 42 A , 42 B とで構成されている。コンタクト領域 42 A , 42 B 上には、当該コンタクト

10

20

30

40

50

領域 4 2 A , 4 2 B とそれぞれオーミック接触するアルミニウムなどの金属配線 4 3 A , 4 3 B が形成されている。他の piezo 抵抗素子 P 3 は、piezo 抵抗素子 P 1 とほぼ同じ構造を有する。一方、図 2 (B) に示されるように、piezo 抵抗素子 P 2 は、半導体結晶層に導入された P 型不純物拡散領域からなる piezo 抵抗拡散領域 4 4 と、この piezo 抵抗拡散領域 4 4 の延在方向両端と接合する高濃度の P 型不純物拡散領域であるコンタクト領域 4 5 A , 4 5 B とで構成されている。コンタクト領域 4 5 A , 4 5 B 上には、当該コンタクト領域 4 5 A , 4 5 B とそれぞれオーミック接触するアルミニウムなどの金属配線 4 6 A , 4 6 B が形成されている。他の piezo 抵抗素子 P 4 は、piezo 抵抗素子 P 2 とほぼ同じ構造を有する。

【 0 0 2 1 】

ダイヤフラムの可動部は、中央部 2 2 m 及び錘部 3 2 からなる厚肉部とビーム部 (薄肉部) 2 2 b とで構成される。ダイヤフラムに対する外部圧力と中空部 3 1 内の内部圧力との間に差が生ずると、この圧力差に応じてダイヤフラムが Z 軸方向の正方向または負方向に変形する。図 3 (A) は、外部圧力が内部圧力よりも低い場合のダイヤフラムの変形状態を示す図であり、図 3 (B) は、外部圧力が内部圧力よりも高い場合のダイヤフラムの変形状態を示す図である。

【 0 0 2 2 】

外部圧力が内部圧力よりも低い場合は、図 3 (A) に示されるようにダイヤフラムの可動部が支持基板 2 1 P に対して Z 軸正方向に変形して凸形状となる。このとき、外周端の piezo 抵抗素子 P 1 , P 4 には圧縮応力が作用し、内周端の piezo 抵抗素子 P 2 , P 3 には引張応力が作用する。一方、外部圧力が内部圧力よりも高い場合は、図 3 (B) に示されるようにダイヤフラムの可動部が支持基板 2 1 P に対して Z 軸負方向に変形して凹形状となる。このとき、外周端の piezo 抵抗素子 P 1 , P 4 には引張応力が作用し、内周端の piezo 抵抗素子 P 2 , P 3 には圧縮応力が作用する。たとえば、引張応力の作用を受けると原子間距離が増して電気抵抗値が高くなり、圧縮応力の作用を受けると原子間距離が短くなって電気抵抗値が低減する piezo 抵抗素子を使用することができる。

【 0 0 2 3 】

piezo 抵抗素子 P 1 ~ P 4 の電気抵抗の変化を検出する電気回路としては、ブリッジ回路を使用すればよい。図 4 は、本実施の形態のブリッジ回路の一例であるホイートストンブリッジ回路の等価回路図である。図 4 に示されるように、piezo 抵抗素子 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 は環状に直列接続されている。piezo 抵抗素子 P 1 , P 4 間の接続点 (ノード) には、GND 電圧が印加 (すなわち接地) され、piezo 抵抗素子 P 2 , P 3 間の接続点 (ノード) には、電源電圧 (参照電圧) VDD が印加されている。また、piezo 抵抗素子 P 1 , P 2 間の接続点 (ノード) は、信号電圧 V+ を外部に出力し、piezo 抵抗素子 P 3 , P 4 間の接続点 (ノード) は、信号電圧 V- を外部に出力する。これら piezo 抵抗素子 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 の電気抵抗 (ゲージ抵抗) をそれぞれ R1 , R2 , R3 , R4 で表すとき、差動信号電圧 Vo (= V+ - V-) を次式で表現することができる。

$$V_o = [R_1 / (R_1 + R_2) - R_4 / (R_3 + R_4)] \times V_{DD}$$

【 0 0 2 4 】

図 5 は、実施の形態 1 の圧力検出装置 1 の構成例を概略的に示す機能ブロック図である。この圧力検出装置 1 は、半導体圧力センサ 1 0 から出力された差動信号電圧 Vo を圧力値 Pv に換算する。図 5 に示されるように、圧力検出装置 1 は、半導体圧力センサ 1 0 に駆動電圧を供給する駆動回路 1 4 と、差動出力電圧 Vo を増幅する差動増幅器 1 1 と、差動増幅器 1 1 の出力に対してゲイン調整を行うゲイン調整器 1 2 と、ゲイン調整器 1 2 の出力をデジタル信号に変換する A/D 変換器 (ADC) 1 3 と、A/D 変換器 1 3 の出力から所望の周波数成分を抽出するフィルタ部 1 6 と、フィルタ部 1 6 の出力に基づいて圧力値 Pv を算出する圧力演算部 1 7 とを有している。

【 0 0 2 5 】

次に、図 6 ~ 図 1 1 を参照しつつ、上記半導体圧力センサ 1 0 の製造方法について説明する。図 6 ~ 図 1 1 は、半導体圧力センサ 1 0 の製造工程を説明するための半導体構造の

10

20

30

40

50

概略断面図である。

【0026】

まず、図6に示されるようなSOI (Semiconductor - On - Insulator) 基板20を用意する。このSOI基板20は、シリコン材料からなる支持基板21と、この支持基板21上に形成された半導体結晶層22と、半導体結晶層22と支持基板21との間に介在して半導体結晶層22を支持基板21から電氣的に分離する埋め込み絶縁膜23とを有するものである。SOI基板20の最表層をなす半導体結晶層22は、たとえば、厚みが数 μm ~十数 μm 程度の単結晶シリコン層とすればよく、また、埋め込み絶縁膜23は、たとえば、厚みが数 μm 程度のシリコン酸化膜とすればよい。

【0027】

次に、図7に示されるように半導体結晶層22の表面にピエゾ抵抗素子P1, P2, P3, P4を形成する。具体的には、フォトリソグラフィ技術を用いて、半導体結晶層22の表層部に選択的にボロンなどのP型不純物を導入してピエゾ抵抗拡散領域を形成し、次いで、フォトリソグラフィ技術を用いて、半導体結晶層22の表層部にボロンなどのP型不純物を選択的に導入して高濃度のコンタクト領域を形成する。そして、たとえばスパッタリング法を用いて、これらコンタクト領域上にアルミニウムなどの金属配線を形成することで、ピエゾ抵抗素子P1~P4を作製することができる。次に、これらピエゾ抵抗素子P1, P2, P3, P4は、ブリッジ回路を構成するように結線される。その後、ピエゾ抵抗素子P1, P2, P3, P4上に窒化膜などの保護膜24を形成する。

【0028】

次に、図7のウエハの裏面に研削及び研磨を施した後に、図8に示すようにこの裏面上に開口部28hを有するマスク層28を形成する。具体的には、たとえば、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法あるいは熱酸化法を用いて当該裏面上に酸化膜 (SiO_2) やシリコン窒化膜 (Si_3N_4) を成膜し、この酸化膜やシリコン窒化膜をパターニングすることでマスク層28を形成することができる。

【0029】

次に、図9に示されるように、図8の開口部28h内にレジストパターン27を形成し、このレジストパターン27及びマスク層28をマスクとしたエッチングを実行することで上面視で矩形環状を有する凹部21cを形成する。このとき、凹部21cの段差を調整することで図1の錘部32の厚さを制御することができる。その後、レジストパターン27は除去される。

【0030】

レジストパターン27の除去後、図10に示すように、マスク層28をエッチングマスクとして埋め込み絶縁膜23が露出するまで支持基板21を垂直方向に異方性エッチングする。このとき、埋め込み絶縁膜23は、異方性エッチングに対するストップ膜として機能する。異方性エッチングとしては、たとえば、反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching)、あるいは、TMAH (水酸化テトラメチルアンモニウム) 水溶液やKOH (水酸化カリウム) 水溶液を用いた異方性エッチングを使用することができる。

【0031】

次に、図11に示すように、中空部31内の埋め込み絶縁膜23の露出部分をエッチングで除去する。このとき、埋め込み絶縁膜23がシリコン酸化膜からなる場合には、たとえば、フッ化水素などを用いたエッチングで埋め込み絶縁膜23の露出部分を除去することができる。

【0032】

次に、たとえば陽極接合法により、支持基板21Pの裏面にガラス材料からなる封止部材25を貼り合わせて中空部31の開放端を封止する。この結果、図1(A)に示したように中空部31を気密室とする半導体圧力センサ10が作製される。なお、後工程のパッケージ工程で中空部31に気密室を形成する場合には、支持基板21Pの裏面に封止部材25を貼り合わせる工程は不要である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

ところで、錘部 3 2 に対する加速度の影響を低減させるために、錘部 3 2 にリング形状をなす空洞部を形成して錘部 3 2 の重量を減らすことが望ましい。図 1 2 は、半導体圧力センサ 1 0 の変形例である半導体圧力センサ 1 0 A の断面構造を概略的に示す図である。図 1 2 に示されるように、この半導体圧力センサ 1 0 A は、中心部に空洞部 2 1 v を持つ半導体層 2 1 M a と絶縁膜 2 3 M とからなる錘部 3 2 A を有する。半導体圧力センサ 1 0 A の構成は、この錘部 3 2 A を除いて、図 1 (A) , (B) に示した半導体圧力センサ 1 0 の構成と同じである。図 1 2 の空洞部 2 1 v は、上記図 6 ~ 図 1 1 で示した製造工程に、レジストパターンをマスクとして使用するエッチング工程を追加することで形成することができる。

10

【 0 0 3 4 】

以上に説明したように実施の形態 1 の半導体圧力センサ 1 0 は、圧力差によりダイヤフラムの可動部に歪みが発生したとき、錘部 3 2 で区画されたビーム部 (薄肉部) 2 2 b の外周端と内周端とにそれぞれ応力集中を発生させ、それら応力集中をピエゾ抵抗素子 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 で検出することができる。ダイヤフラムの厚肉部を構成する錘部 3 2 は、ダイヤフラムの薄肉部 2 2 b よりも外的作用に対して変形しにくい。このため、特にビーム部 2 2 b の内周端に形成されたピエゾ抵抗素子 P 2 , P 3 に作用する応力は、錘部 3 2 の両端部を支点とする薄肉部 2 2 b の歪みにより生ずるため、錘部 3 2 を形成しない場合と比べると大きな応力となる。よって、錘部 3 2 を形成しない場合よりも、検出感度を向上させることができる。

20

【 0 0 3 5 】

また、ダイヤフラムの応力集中箇所には溝を形成する必要がない。このため、特許文献 1 の構造と比べると、繰り返し応力に対するダイヤフラムの機械的強度 (疲労強度) が高く、定格圧力 (連続的に所望の性能を維持することができる最大の圧力) を高めることが可能である。

【 0 0 3 6 】

したがって、実施の形態 1 の半導体圧力センサ 1 0 は、ダイヤフラムの機械的強度を犠牲にせずに検出感度の向上を実現することができる。

【 0 0 3 7 】

さらに、図 1 2 に示したように錘部 3 2 A に空洞部 2 1 v が形成される場合には、加速度の影響を低減させることができる。このため、加速度が発生し得る使用状況でも、ダイヤフラムの機械的強度を犠牲にせずに検出感度の向上を実現し得る半導体圧力センサ 1 0 A を提供することができる。

30

【 0 0 3 8 】

実施の形態 2 .

次に、本発明に係る実施の形態 2 について説明する。図 1 3 は、実施の形態 2 のピエゾ抵抗型の半導体圧力センサ 1 0 B の断面構造を概略的に示す図である。本実施の形態の半導体圧力センサ 1 0 B の基本構造は、製造方法の一部が異なる点を除いて、実施の形態 1 の半導体圧力センサ 1 0 の基本構造とほぼ同じである。

【 0 0 3 9 】

図 1 3 に示されるように、半導体圧力センサ 1 0 B は、中空部 3 1 と、この中空部 3 1 内に配置された錘部 3 2 B とを有し、錘部 3 2 B は、実施の形態 1 の半導体圧力センサ 1 0 と同様に中空部 3 1 内に配置されている。

40

【 0 0 4 0 】

以下、実施の形態 2 の半導体圧力センサ 1 0 B の製造方法について説明する。図 1 4 ~ 図 1 8 は、この半導体圧力センサ 1 0 B の製造工程を説明するための半導体構造の概略断面図である。

【 0 0 4 1 】

まず、実施の形態 1 の場合と同様に、図 6 の S O I 基板 2 0 を用意し、図 7 に示したようにこの S O I 基板 2 0 の半導体結晶層 2 2 の上面にピエゾ抵抗素子 P 1 ~ P 4 を形成し

50

、さらに保護膜 24 を形成する。

【0042】

次に、図7のウエハの裏面に研削及び研磨を施した後に、図14に示すようにこの裏面上に開口部 28 B h を有するマスク層 28 B を形成する。具体的には、たとえば、CVD法あるいは熱酸化法を用いて当該裏面上に酸化膜 (SiO_2) やシリコン窒化膜 (Si_3N_4) を成膜し、この酸化膜やシリコン窒化膜をパターニングすることでマスク層 28 B を形成することができる。

【0043】

次に、図15に示されるように、マスク層 28 B をエッチングマスクとしたエッチングを実行することで所定の深さを有する凹部 21 d を形成する。続けて、図16に示すように、図15の凹部 21 d 内にレジストパターン 29 を形成する。

10

【0044】

次に、図17に示すように、レジストパターン 29 及びマスク層 28 B をエッチングマスクとして、埋め込み絶縁膜 23 が露出するまで支持基板 21 を垂直方向に異方性エッチングする。このとき、埋め込み絶縁膜 23 は、異方性エッチングに対するストップ膜として機能する。このときの異方性エッチングとしては、高アスペクト比を実現する反応性イオンエッチング (RIE) を使用すればよい。その後、レジストパターン 29 は除去される。

【0045】

次に、図18に示すように、中空部 31 内の埋め込み絶縁膜 23 の露出部分をエッチングで除去する。このとき、埋め込み絶縁膜 23 がシリコン酸化膜からなる場合には、たとえば、フッ化水素を用いたエッチングで埋め込み絶縁膜 23 の露出部分を除去することができる。この結果、中空部 31 を形作る内周端面 21 w を有する支持基板 21 P と錘部 32 B とが形成される。

20

【0046】

次に、たとえば陽極接合法により、支持基板 21 P の裏面にガラス材料からなる封止部材 25 を貼り合わせて中空部 31 の開放端を封止する。この結果、図13に示した中空部 31 を気密室とする半導体圧力センサ 10 B が作製される。なお、後工程のパッケージ工程で中空部 31 に気密室を形成する場合には、支持基板 21 P の裏面に封止部材 25 を貼り合わせる工程は不要である。

30

【0047】

以上に説明した製造方法により実施の形態1の半導体圧力センサ10と同様の基本構造を有する半導体圧力センサ10Bを作製することができる。

【0048】

本実施の形態の半導体圧力センサ10Bでは、実施の形態1の半導体圧力センサ10の錘部32と比べて錘部32Bの厚みが大きいため、錘部32Bの下方一端と封止部材25との間のギャップ幅が小さい。これにより、非常に大きな外部圧力が作用した場合に錘部32Bがストップとして機能するので、ダイヤフラムの破壊を防止することができる。大きな外部圧力に対して錘部32Bの下方一端が封止部材25と当接して、ダイヤフラムの可動部の移動量が制限されるので、ダイヤフラムが破損するまで変形することが防止される。これにより、絶対最大定格圧(この値を超えると半導体圧力センサ10Bに損傷が生じる可能性のある値)の大幅な向上を実現することができる。錘部32Bの下方一端と封止部材25との間のギャップ幅は、エッチング工程(図15)のプロセス条件を制御することで、たとえば20 μm 以下の幅に調整することが可能である。

40

【0049】

なお、実施の形態1に係る製造方法を用いた場合にも、錘部32の厚みを増して錘部32をストップとして機能させることができる。具体的には、図9の構造形成のためのエッチング工程で環状凹部21cのアスペクト比を高めることにより錘部32の厚みを増すことができる。

【0050】

50

実施の形態 3 .

次に、本発明に係る実施の形態 3 について説明する。図 19 (A) は、本発明に係る実施の形態 3 の圧力検出装置における piezo 抵抗型の半導体圧力センサ 10 C の断面構造を概略的に示す図であり、図 19 (B) は、この半導体圧力センサ 10 C の上面図である。図 19 (A) は、図 19 (B) の半導体圧力センサ 10 C の X I X a - X I X a 線における概略断面を示している。説明の便宜上、図 19 (B) には保護膜 24 は示されていない。

【 0051 】

本実施の形態の半導体圧力センサ 10 C は、圧力検出とともに加速度を検出し得る構成を有することを特徴とする。この半導体圧力センサ 10 C は、上記実施の形態 1 の半導体圧力センサ 10 の製造方法あるいは上記実施の形態 2 の半導体圧力センサ 10 B の製造方法を用いて作製され得る。

10

【 0052 】

図 19 (A) に示されるように、半導体圧力センサ 10 C は、中空部 31 と、この中空部 31 内に配置された錘部 32 C とを有し、錘部 32 C は、実施の形態 1, 2 の半導体圧力センサ 10, 10 B と同様に中空部 31 内に配置されている。錘部 32 C は、加速度検出用の重量を確保するために厚みの大きな半導体層 21 M c を有する。

【 0053 】

また、図 19 (B) に示されるように、半導体結晶層 22 の上面 (受圧面) には、X 軸方向に沿って直線状に配列された piezo 抵抗素子 P_{x1} , P_{x2} , P_{x3} , P_{x4} と、Y 軸方向に沿って直線状に配列された piezo 抵抗素子 P_{y1} , P_{y2} , P_{y3} , P_{y4} と、Y 軸方向に沿って直線状に配列された piezo 抵抗素子 P_{z1} , P_{z2} , P_{z3} , P_{z4} とが形成されている。piezo 抵抗素子 P_{x1} , P_{x4} , P_{y1} , P_{y4} , P_{z1} , P_{z4} は、ダイヤフラムの薄肉部 22 b の外周端に形成され、piezo 抵抗素子 P_{x2} , P_{x3} , P_{y2} , P_{y3} , P_{z2} , P_{z3} は、ダイヤフラムの薄肉部 22 b の内周端に形成されている。

20

【 0054 】

図 20 は、piezo 抵抗素子 $P_{x1} \sim P_{x4}$, $P_{y1} \sim P_{y4}$, $P_{z1} \sim P_{z4}$ の電気抵抗の変化を検出するブリッジ回路の等価回路図である。piezo 抵抗素子 $P_{x1} \sim P_{x4}$ は、正の電源電圧 V_{DDx} と GND 電圧とを利用して差動信号電圧 $V_{xo} (= V_{x+} - V_{x-})$ を出力するブリッジ回路 50 X を構成している。また、piezo 抵抗素子 $P_{y1} \sim P_{y4}$ は、正の電源電圧 V_{DDy} と GND 電圧とを利用して差動信号電圧 $V_{yo} (= V_{y+} - V_{y-})$ を出力するブリッジ回路 50 Y を構成し、そして、piezo 抵抗素子 $P_{z1} \sim P_{z4}$ は、正の電源電圧 V_{DDz} と GND 電圧とを利用して差動信号電圧 $V_{zo} (= V_{z+} - V_{z-})$ を出力するブリッジ回路 50 Z を構成している。

30

【 0055 】

piezo 抵抗素子 P_{x1} , P_{x2} , P_{x3} , P_{x4} の電気抵抗を R_{x1} , R_{x2} , R_{x3} , R_{x4} と表し、piezo 抵抗素子 P_{y1} , P_{y2} , P_{y3} , P_{y4} の電気抵抗を R_{y1} , R_{y2} , R_{y3} , R_{y4} と表し、piezo 抵抗素子 P_{z1} , P_{z2} , P_{z3} , P_{z4} の電気抵抗を R_{z1} , R_{z2} , R_{z3} , R_{z4} と表すとき、差動信号電圧 V_{xo} , V_{yo} , V_{zo} は、次式で表現することができる。

40

$$V_{xo} = [R_{x1} / (R_{x1} + R_{x2}) - R_{x4} / (R_{x3} + R_{x4})] \times V_{DDx}、$$

$$V_{yo} = [R_{y1} / (R_{y1} + R_{y2}) - R_{y4} / (R_{y3} + R_{y4})] \times V_{DDy}、$$

$$V_{zo} = [R_{z1} / (R_{z1} + R_{z2}) - R_{z4} / (R_{z3} + R_{z4})] \times V_{DDz}$$

【 0056 】

図 21 は、実施の形態 3 の圧力検出装置 1 C の構成例を概略的に示す機能ブロック図である。この圧力検出装置 1 C は、半導体圧力センサ 10 C から出力された差動信号電圧 V_{zo} から圧力値 P_v と Z 軸方向の加速度 A_z とを検出し、半導体圧力センサ 10 C から出力された差動信号電圧 V_{xo} , V_{yo} から X 軸方向及び Y 軸方向の加速度 A_x , A_y を検出することができる。

50

【 0 0 5 7 】

図 2 1 に示されるように、この圧力検出装置 1 C は、半導体圧力センサ 1 0 C に駆動電圧を供給する駆動回路 1 4 C と、差動信号電圧 V_{x0} , V_{y0} , V_{z0} をそれぞれ入力とする差動増幅器 1 1 X , 1 1 Y , 1 1 Z と、差動増幅器 1 1 X , 1 1 Y , 1 1 Z の出力を入力とするゲイン調整器 1 2 X , 1 2 Y , 1 2 Z と、ゲイン調整器 1 2 X , 1 2 Y , 1 2 Z の出力をデジタル信号に変換する A / D 変換器 (A D C) 1 3 X , 1 3 Y , 1 3 Z と、フィルタ部 1 6 X , 1 6 Y 及びフィルタバンク 1 6 Z とを有する。

【 0 0 5 8 】

加速度演算部 1 7 X , 1 7 Y は、フィルタ部 1 6 X , 1 6 Y の出力に基づいて X 軸方向加速度 A_x 及び Y 軸方向加速度 A_y をそれぞれ検出する。たとえば、図 2 2 に示されるように、X 軸正方向 (右方) の加速が生じたとき、支持基板 2 1 P は、錘部 3 2 C に対して X 軸正方向に移動する。これにより、 piezo 抵抗素子 P_{x1} , P_{x3} には圧縮応力が作用し、piezo 抵抗素子 P_{x2} , P_{x4} には引張応力が作用するので、piezo 抵抗素子 P_{x1} , P_{x3} の電気抵抗 R_{x1} , R_{x3} は低減し、piezo 抵抗素子 P_{x2} , P_{x4} の電気抵抗は増大することとなる。このような電気抵抗の変化を加速度演算部 1 7 X は加速度 A_x に変換することができる。

【 0 0 5 9 】

フィルタバンク 1 6 Z は、A / D 変換器 1 3 Z の出力から高周波数成分と低周波数成分とを抽出し、高周波数成分を加速度演算部 1 7 Z に与え、低周波数成分を圧力演算部 1 7 に与える。加速度演算部 1 7 Z は、高周波数成分から Z 軸方向加速度 A_z を算出し、圧力演算部 1 7 は、高周波数成分から Z 軸方向の圧力値 P_v を算出することができる。圧力の時間変化は、加速度の時間変化よりも緩やかである場合が多いため、フィルタバンク 1 6 Z を用いた周波数解析により一つの差動信号電圧 V_{z0} から加速度 A_z と圧力 P_v とを検出することができる。

【 0 0 6 0 】

したがって、実施の形態 3 の半導体圧力センサ 1 0 C は、一つのチップで加速度 A_x , A_y , A_z と圧力 P_v の検出を実現することができる。

【 0 0 6 1 】

実施の形態 1 ~ 3 の変形例 .

以上、図面を参照して本発明に係る種々の実施の形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な形態を採用することもできる。たとえば、支持基板 2 1 P の中空部 3 1 の上面視形状や錘部 3 2 , 3 2 B , 3 2 C の上面視形状は、図 1 (B) 及び図 1 9 (B) に示したように矩形状であるが、これに限定されるものではない。たとえば、これらの形状が円形状あるいは楕円形状であってもよい。

【 0 0 6 2 】

また、上記実施の形態 1 ~ 3 の半導体圧力センサ 1 0 , 1 0 A , 1 0 B , 1 0 C は、気密室の圧力を基準圧力とし、外部圧力とこの基準圧力との間の絶対圧を検出する絶対圧センサとして構成されているが、これに限定されるものではない。封止部材 2 5 に代えて中空部 3 1 の他端を開放端とする部材を使用すれば、差圧センサを構成することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

P 1 ~ P 4 , P_{x1} ~ P_{x4} , P_{y1} ~ P_{y4} , P_{z1} ~ P_{z4} piezo 抵抗素子、
1 , 1 C 圧力検出装置、 1 0 , 1 0 B , 1 0 C 半導体圧力センサ、 1 1 , 1 1 X
 , 1 1 Y , 1 1 Z 差動増幅器、 1 2 X , 1 2 Y , 1 2 Z ゲイン調整器、 1 3 , 1
3 X , 1 3 Y , 1 3 Z A / D 変換器 (A D C)、 1 4 , 1 4 C 駆動回路、 1 6 ,
1 6 X , 1 6 Y フィルタ部、 1 6 Z フィルタバンク、 1 7 圧力演算部、 1 7
X , 1 7 Y , 1 7 Z 加速度演算部、 2 0 S O I 基板、 2 1 支持基板、 2 1 M
半導体層、 2 1 v 空洞部、 2 2 薄膜 (半導体結晶層)、 2 2 m 中央部、
2 2 b ビーム部 (薄肉部)、 2 2 p 周辺部、 2 3 埋め込み絶縁膜、 2 4 保
護膜、 2 5 封止部材、 3 1 中空部、 3 2 , 3 2 B , 3 2 C 錘部、 4 1 , 4

10

20

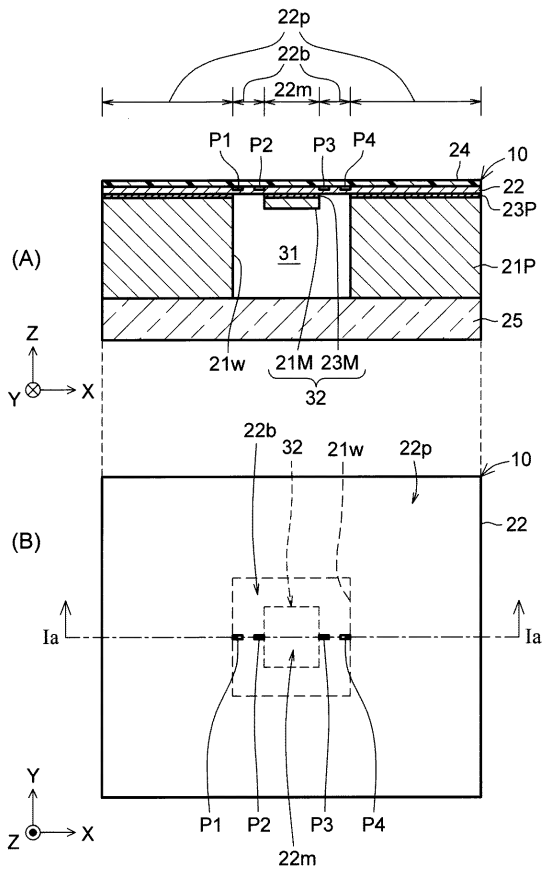
30

40

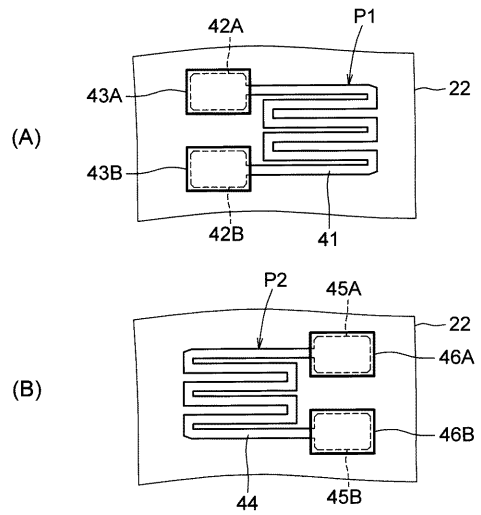
50

4 ピエゾ抵抗拡散領域、 4 2 A , 4 2 B , 4 5 A , 4 5 B コンタクト領域。

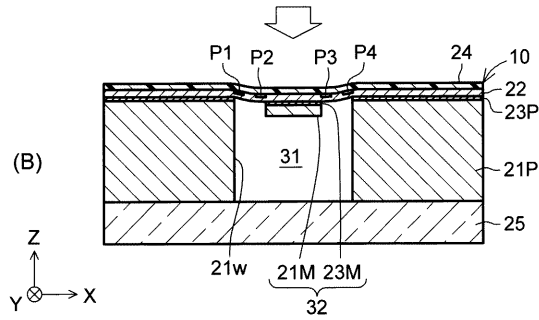
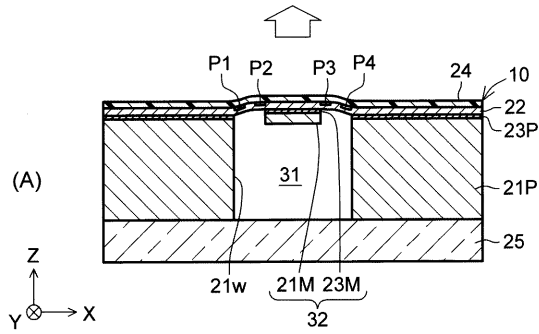
【 図 1 】



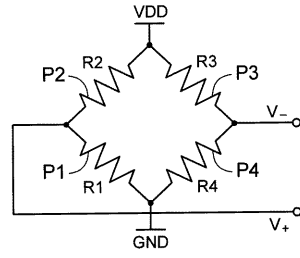
【 図 2 】



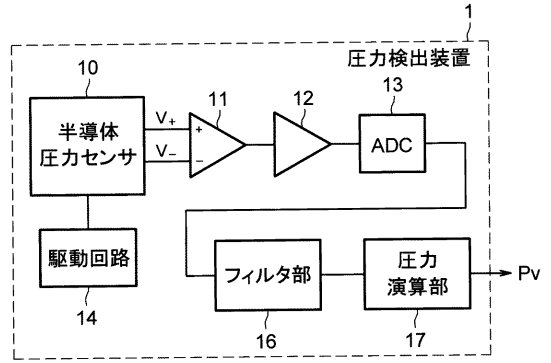
【図3】



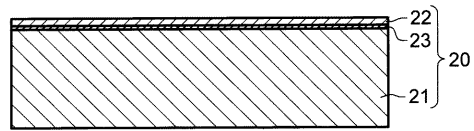
【図4】



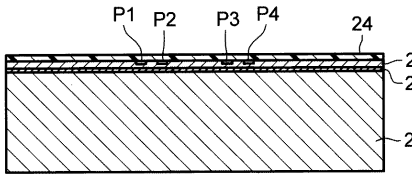
【図5】



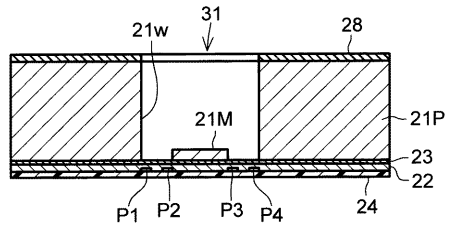
【図6】



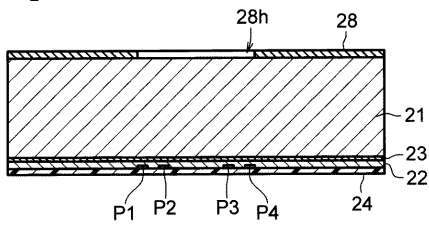
【図7】



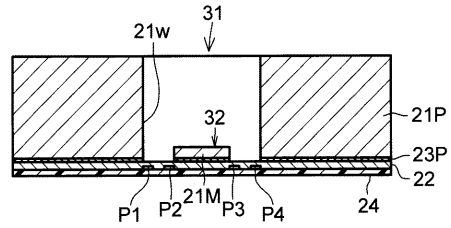
【図10】



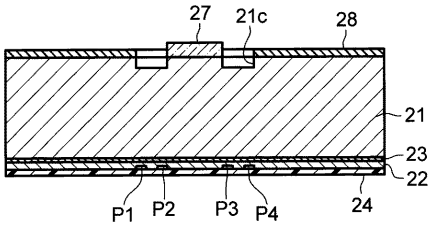
【図8】



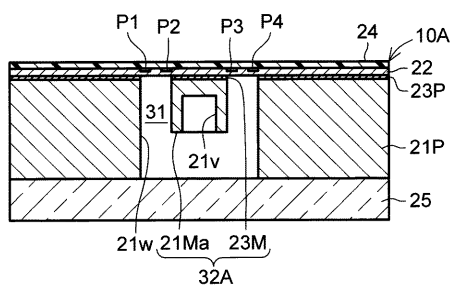
【図11】



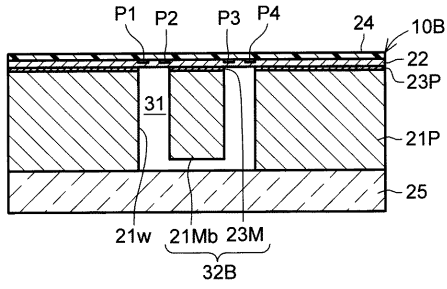
【図9】



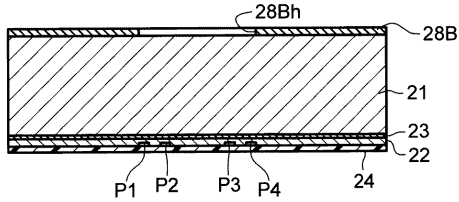
【図12】



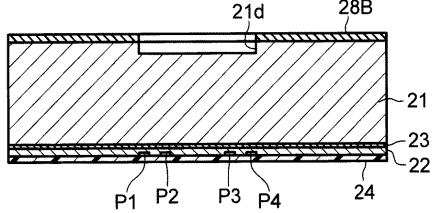
【図13】



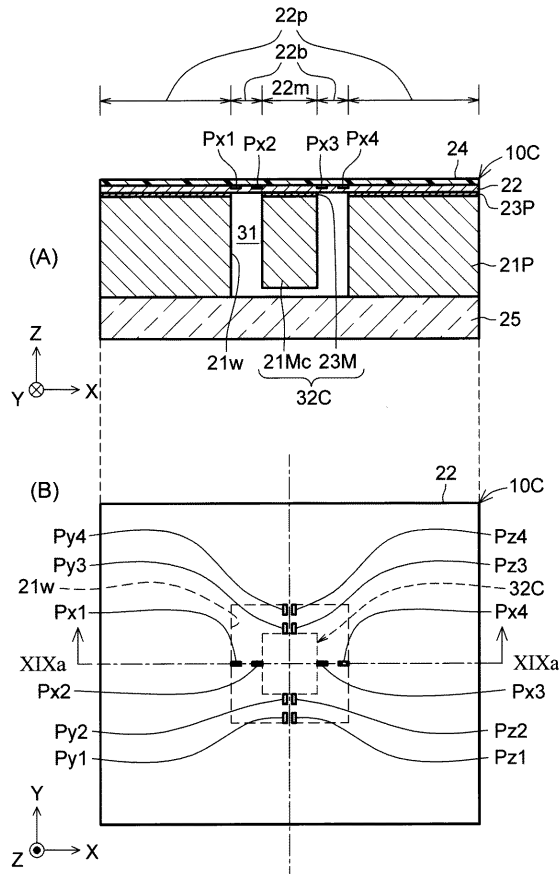
【図14】



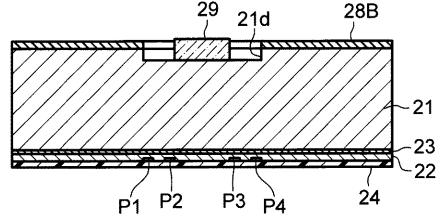
【図15】



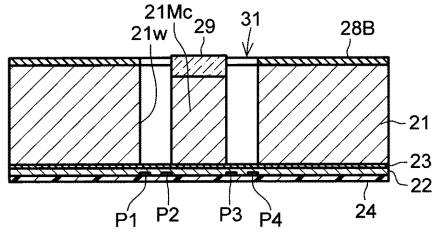
【図19】



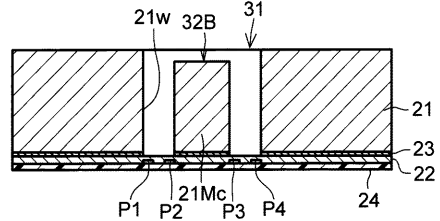
【図16】



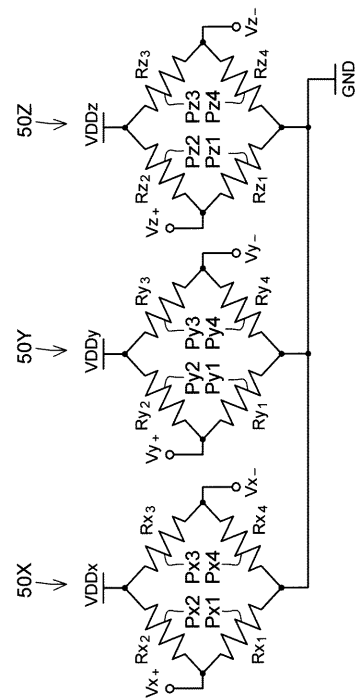
【図17】



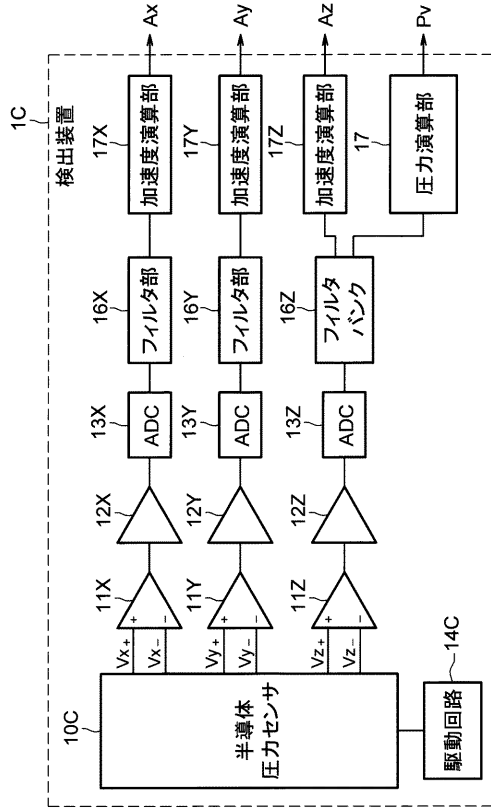
【図18】



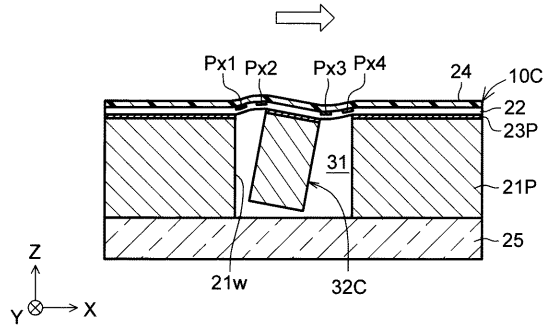
【図20】



【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 29/84

B

F ターム(参考) 4M112 AA01 AA02 BA01 CA01 CA03 CA04 CA09 CA12 CA14 DA03
DA04 DA05 DA06 DA11 DA15 DA18 EA03 EA06 EA07 EA10
EA11 EA13 EA18 FA01 FA07 GA03