

(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2015-114232

(P2015-114232A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(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 D	2 F O 5 5
HO 1 L 29/84 (2006.01)	HO 1 L 29/84 B	4 M 1 1 2
	HO 1 L 29/84 A	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-257173 (P2013-257173)	(71) 出願人	000010098
(22) 出願日	平成25年12月12日 (2013.12.12)		アルプス電気株式会社
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号
		(72) 発明者	矢澤 久幸
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内
		(72) 発明者	大川 尚信
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内
		(72) 発明者	菊入 勝也
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内
		Fターム(参考)	2F055 AA40 BB20 CC02 DD05 EE13 FF07 GG15

最終頁に続く

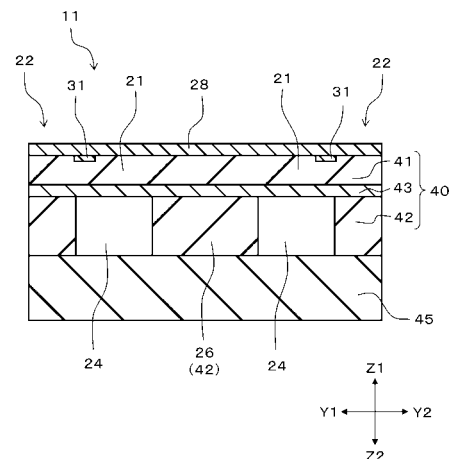
(54) 【発明の名称】 半導体圧力センサ

(57) 【要約】

【課題】本発明は、設計変更の工数の増大を抑制して高圧の圧力レンジを測定可能な半導体圧力センサを提供することを目的とする。

【解決手段】本発明の半導体圧力センサ11は、ダイヤフラム21と、ダイヤフラム21との間に空間を設けて配置されたベース基板45と、ベース基板45に設けられるとともにダイヤフラム21の周囲を囲む固定部22と、ダイヤフラム21の外周に設けられた複数のピエゾ抵抗素子31とを有し、ベース基板45とダイヤフラム21との間に支柱26が設けられており、支柱26の中心からダイヤフラム21の外周までの距離に対する、支柱26の中心から支柱26の外周までの距離の比率が0.3より大きいことを特徴とする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ダイヤフラムと、前記ダイヤフラムとの間に空間を設けて配置されたベース基板と、前記ベース基板に設けられるとともに前記ダイヤフラムの周囲を囲む固定部と、前記ダイヤフラムの外周に設けられた複数の圧電抵抗素子とを有し、
前記ベース基板と前記ダイヤフラムとの間に支柱が設けられており、
前記支柱の中心から前記ダイヤフラムの外周までの距離に対する、前記支柱の中心から前記支柱の外周までの距離の比率が 0.3 より大きいことを特徴とする半導体圧力センサ。

【請求項 2】

前記ダイヤフラムは対向する 2 つの辺を有する矩形状であり、前記ダイヤフラムの前記辺の長さに対する前記支柱の直径の比率が 0.3 より大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 3】

前記ダイヤフラムは、2 枚のシリコン基板が絶縁層を挟んで貼り合わされた SOI 基板の少なくとも一方の前記シリコン基板により形成され、前記支柱は、他方のシリコン基板の一部から形成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 4】

前記他方のシリコン基板の一部が除去されて前記支柱と前記固定部との間にキャビティ部が形成されており、前記他方のシリコン基板と前記ベース基板とが接合されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 5】

前記支柱は円柱であることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 6】

前記支柱は複数の辺を有する角柱であり、前記辺と前記圧電抵抗素子とが平面的に見て対向して設けられていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサ。

【請求項 7】

前記ダイヤフラムの厚さは $2\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の半導体圧力センサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体圧力センサに関し、特に、高圧の圧力レンジを測定可能な半導体圧力センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、各種産業機器や自動車などの制御等のためにガス圧などを測定する半導体圧力センサが知られている。下記特許文献 1 には、シリコン等の半導体の圧電効果を利用したダイヤフラム型の圧力センサが開示されている。図 8 は、特許文献 1 に記載されている従来例の半導体圧力センサの断面図である。

【0003】

図 8 に示すように、従来例の半導体圧力センサ 111 は、SOI (シリコン・オン・インシュレータ) 基板 140 とベース基板 145 とが接合されて構成されている。SOI 基板 140 は、シリコン酸化膜 143 を介して第 1 のシリコン基板 141 と第 2 のシリコン基板 142 とが貼り合わされている。図 8 に示すように、第 2 のシリコン基板 142 の一部を除去することによりキャビティ部 124 が形成され、キャビティ部 124 の上面に設けられた第 1 のシリコン基板 141 とシリコン酸化膜 143 とでダイヤフラム 121 が構成されている。すなわち、キャビティ部 124 の内周がダイヤフラム 121 の外周となる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 0 4 】

第 1 のシリコン基板 1 4 1 には、複数のピエゾ抵抗素子 1 3 1 が形成されている。複数のピエゾ抵抗素子 1 3 1 は、ダイヤフラム 1 2 1 の外周に配置されるとともに配線層により接続されてブリッジ回路を構成している。外部から圧力が加えられてダイヤフラム 1 2 1 が歪むと、この歪みの大きさに応じてピエゾ抵抗素子 1 3 1 の抵抗値が変化し、ブリッジ回路の中間電位が変化する。この中間電位の変化に基づいて圧力を測定することができる。

【 0 0 0 5 】

また、下記特許文献 2 には、自動車のタイヤに装着される摩擦力センサが記載されている。特許文献 2 に記載の摩擦力センサでは、ダイヤフラムに中央突起部が設けられており、中央突起部はタイヤからの応力を受けて変位する。この中央突起部の変位とともにダイヤフラムが変位する。そして、ピエゾ抵抗素子をダイヤフラムの外周、及び中央突起の外周に設けて、中央突起に加えられる応力の方向を検知可能としている。これにより、摩擦力を検知することができる。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特許第 5 2 2 0 8 6 6 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 7 - 1 1 3 9 5 7 号公報

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

図 8 に示す従来例の半導体圧力センサ 1 1 1 において、測定可能な圧力レンジ以上の高い圧力が加えられた場合、圧力の変化に対するブリッジ回路の出力の線形性が低下して正確な圧力を測定することが困難となる。よって、高圧の圧力レンジの測定を可能とするためには、ダイヤフラム 1 2 1 の面積を小さくする、またはダイヤフラム 1 2 1 の厚さを厚くしてダイヤフラム 1 2 1 を歪みにくくする必要がある。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、ダイヤフラム 1 2 1 の面積を小さくする方法の場合、図 8 に示す第 2 のシリコン基板 1 4 2 をエッチングしてキャビティ部 1 2 4 を形成するためのマスクの変更に加えて、複数のピエゾ抵抗素子 1 3 1 や図示しない配線層等の設計変更が必要となる。また、ダイヤフラム 1 2 1 を厚くするためには、第 1 のシリコン基板 1 4 1 を厚くする必要があり、半導体圧力センサ 1 1 1 に用いる S O I 基板 1 4 0 自体の構成を変更しなければならないため、容易にダイヤフラム 1 2 1 を厚くすることが困難である。

30

【 0 0 0 9 】

したがって、従来例の半導体圧力センサ 1 1 1 では、設計変更の工数が増大するため容易に高圧の圧力レンジを測定可能な構造に変更することが困難であるという課題が発生する。

【 0 0 1 0 】

40

また、特許文献 2 に記載の摩擦力センサにおいて、タイヤからの応力により中央突起が変位して、タイヤからの応力の大きさ、方向をダイヤフラムに伝達する。よって、高圧の圧力レンジを測定可能な構造に変更する場合には、ダイヤフラム全体の面積を小さくする、若しくはダイヤフラムを厚くする必要があり、特許文献 1 に記載の従来例の半導体圧力センサ 1 1 1 と同様の課題が生じる。

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記課題を解決して、設計変更の工数の増大を抑制して高圧の圧力レンジを測定可能な半導体圧力センサを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

50

本発明の半導体圧力センサは、ダイヤフラムと、前記ダイヤフラムとの間に空間を設けて配置されたベース基板と、前記ベース基板に設けられるとともに前記ダイヤフラムの周囲を囲む固定部と、前記ダイヤフラムの外周に設けられた複数の圧電抵抗素子とを有し、前記ベース基板と前記ダイヤフラムとの間に支柱が設けられており、前記支柱の中心から前記ダイヤフラムの外周までの距離に対する、前記支柱の中心から前記支柱の外周までの距離の比率が0.3より大きいことを特徴とする。

【0013】

これによれば、支柱を設けて、支柱の中心からダイヤフラムの外周までの距離に対する、支柱の中心から支柱の外周までの距離の比率を0.3より大きくすることにより、ダイヤフラムを撓みにくくして測定可能な圧力レンジを大きくすることができる。また、前記比率を満たす支柱を設けるのみで圧力レンジを大きくできるため、ダイヤフラムの面積及び圧電抵抗素子の配置、またはダイヤフラムの厚さ等、支柱以外の構成の設計変更を行う必要がない。

10

【0014】

したがって、本発明の半導体圧力センサによれば、設計変更の工数の増大を抑制して高圧の圧力レンジを測定することができる。

【0015】

前記ダイヤフラムは対向する2つの辺を有する矩形状であり、前記ダイヤフラムの前記辺の長さに対する前記支柱の直径の比率が0.3より大きいことが好ましい。これによれば、ダイヤフラムの形状が矩形状の場合においても、支柱を設けることにより高圧の圧力レンジの測定が可能となる。また、支柱以外の構成の変更は不要であるため設計変更の工数の増大が抑制される。

20

【0016】

前記ダイヤフラムは、2枚のシリコン基板が絶縁層を挟んで貼り合わされたSOI基板の少なくとも一方の前記シリコン基板により形成され、前記支柱は、他方の前記シリコン基板の一部から形成されていることが好ましい。これによれば、SOI基板の一方のシリコン基板の構成は変更することなく、他方のシリコン基板から支柱を設けることができる。よって、工数の増大を抑制して容易に設計変更を行うことが可能であるとともに高圧の圧力レンジの測定が可能である。

【0017】

前記他方のシリコン基板の一部が除去されて前記支柱と前記固定部との間にキャビティ部が形成されており、前記他方のシリコン基板と前記ベース基板とが接合されていることが好ましい。これによれば、キャビティ部の形状を精度良く形成し、ダイヤフラムの面積、厚さのばらつきを抑制できる。よって、ダイヤフラムの面積、厚さのばらつきによって、圧力レンジが低下することを防止できる。

30

【0018】

前記支柱は円柱であることが好ましい。これによれば、ダイヤフラムに高い圧力が加えられた場合に、支柱の外周におけるダイヤフラムへの応力集中の発生を抑制して耐圧性を向上させ、強度を高めることができる。

【0019】

前記支柱は複数の辺からなる角柱であり、前記辺と前記圧電抵抗素子とが平面的に見て対向して設けられていることが好ましい。これによれば、外部から高い圧力が加えられた際に、圧電抵抗素子の近傍のダイヤフラムに応力が集中することを防止することができる。よって、高圧の圧力レンジを確実に測定することができる。

40

【0020】

前記ダイヤフラムの厚さは $2\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ であることが好ましい。この範囲であれば、支柱を設けて支柱の中心からダイヤフラムの外周までの距離に対する、支柱の中心から支柱の外周までの距離の比率を0.3より大きくすることにより、例えば500kPa以上の高圧の圧力レンジを確実に測定可能とすることができる。

【発明の効果】

50

【 0 0 2 1 】

本発明の半導体圧力センサによれば、設計変更の工数の増大を抑制して高圧の圧力レンジを測定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態における半導体圧力センサの平面図である。

【 図 2 】 図 1 の I I - I I 線で切断して矢印方向から見たときの半導体圧力センサの断面図である。

【 図 3 】 本実施形態の半導体圧力センサにおける円柱直径 / ダイアフラム辺長と圧力レンジとの関係を示すグラフである。

10

【 図 4 】 第 2 の実施形態の半導体圧力センサの断面図である。

【 図 5 】 第 3 の実施形態の半導体圧力センサの平面図である。

【 図 6 】 第 3 の実施形態の半導体圧力センサにおける角柱直径 / ダイアフラム辺長と圧力レンジとの関係を示すグラフである。

【 図 7 】 第 1 の実施形態の半導体圧力センサの製造方法を説明するための工程図である。

【 図 8 】 従来例の半導体圧力センサの断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 3 】

以下、本発明の具体的な実施形態の半導体圧力センサについて、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図面の寸法は適宜変更して示している。

20

【 0 0 2 4 】

図 1 は、第 1 の実施形態における半導体圧力センサの平面図である。図 2 は、図 1 の I I - I I 線で切断して矢印方向から見たときの半導体圧力センサの断面図である。

【 0 0 2 5 】

図 2 に示すように、本実施形態の半導体圧力センサ 1 1 は、S O I (シリコン・オン・インシュレータ) 基板 4 0 と、S O I 基板 4 0 に接合されたベース基板 4 5 とを備えて構成される。S O I 基板 4 0 は、第 1 のシリコン基板 4 1 と第 2 のシリコン基板 4 2 とが絶縁層 4 3 を介して貼り合わされた構造である。本実施形態において、絶縁層 4 3 は、シリコン酸化膜 (SiO_2) である。

【 0 0 2 6 】

30

図 2 に示すように、第 2 のシリコン基板 4 2 にはキャビティ部 2 4 が設けられており、キャビティ部 2 4 上の絶縁層 4 3 及び第 1 のシリコン基板 4 1 によりダイヤフラム 2 1 が形成されている。ダイヤフラム 2 1 の周囲は、ダイヤフラム 2 1 を支持するための固定部 2 2 であり、固定部 2 2 は第 1 のシリコン基板 4 1、絶縁層 4 3、及び第 2 のシリコン基板 4 2 により構成される。ベース基板 4 5 は、キャビティ部 2 4 の内部を真空状態に密閉するように、固定部 2 2 の第 2 のシリコン基板 4 2 と接合されている。そして、ダイヤフラム 2 1 とベース基板 4 5 との間において、第 2 のシリコン基板 4 2 の一部から形成された支柱 2 6 が設けられている。すなわち、キャビティ部 2 4 は、支柱 2 6 と固定部 2 2 との間の空間である。

【 0 0 2 7 】

40

第 1 のシリコン基板 4 1 の厚さは $2\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 程度に形成されており、外部から第 1 のシリコン基板 4 1 の表面側に圧力が作用すると、ダイヤフラム 2 1 が圧力に応じてキャビティ部 2 4 の内部側に撓んで変形する。この際、ダイヤフラム 2 1 は支柱 2 6 により支持されるため、支柱 2 6 が設けられた箇所では外部からの圧力によるダイヤフラム 2 1 の変形が抑制される。また、ダイヤフラム 2 1 の周囲は歪みが生じない固定部 2 2 である。

【 0 0 2 8 】

図 1 に示すように、ダイヤフラム 2 1 は平面視で略矩形状に形成されており、ダイヤフラム 2 1 の外周 2 1 a は、X 1 - X 2 方向に対向する 2 つの辺と、Y 1 - Y 2 方向に対向する 2 つの辺とを有する。図 1 に示すように、ダイヤフラム 2 1 の上面には、4 つのピエ

50

ゾ抵抗素子 31 (31a ~ 31d) が形成されるとともに、固定部 22 の上面には各ピエゾ抵抗素子 31 に接続された配線層 32 及び接続パッド 35 が形成されている。

【0029】

ピエゾ抵抗素子 31 は、それぞれ Y1 - Y2 方向に細長く延びる複数のピエゾ抵抗層 33 と、ピエゾ抵抗層 33 同士を接続する接続配線層 34 とを有しており、複数のピエゾ抵抗層 33 がミアンド状に接続されている。

【0030】

図 1 に示すように、4 つのピエゾ抵抗素子 31 (31a ~ 31d) は、ダイヤフラム 21 の外周 21a に重なる位置に配置されており、外周 21a の 4 辺それぞれの略中央に形成されている。そして、4 つのピエゾ抵抗素子 31 (31a ~ 31d) は配線層 32 によって接続されてブリッジ回路を構成し、接続パッド 35 によって外部回路 (図示しない) に接続される。

【0031】

ダイヤフラム 21 が外部からの圧力に応じて歪むと、その歪みに応じてピエゾ抵抗素子 31 (31a ~ 31d) の抵抗値が変化する。図 1 に示すように、4 つのピエゾ抵抗素子 31 (31a ~ 31d) は互いに 90° 位相を異ならせて配置されている。ピエゾ抵抗素子 31a、31d は、ピエゾ抵抗層 33 の延在方向が外周 21a に対して平行となる方向に配置され、ピエゾ抵抗素子 31b、31c は、ピエゾ抵抗層 33 の延在方向が外周 21a に対して直交する方向に配置される。このため、ダイヤフラム 21 の歪みによるピエゾ抵抗素子 31a、31d とピエゾ抵抗素子 31b、31c との抵抗値の変化が異なり、ブリッジ回路の中心電位が変化する。この中心電位が差動増幅器などの外部回路 (図示しない) に出力され、これに基づいて半導体圧力センサ 11 に加えられる圧力を検知することができる。

【0032】

本実施形態の半導体圧力センサ 11 において、図 2 に示すように、ダイヤフラム 21 とベース基板 45 との間に支柱 26 が設けられている。本実施形態において、支柱 26 は、SOI 基板 40 の第 2 のシリコン基板 42 をエッチングして形成されており、第 2 のシリコン基板 42 の一部からなる。図 2 に示すように、支柱 26 は、固定部 22 における第 2 のシリコン基板 42 と同じ高さで形成され、上面が絶縁層 43 に貼り合わされるとともに下面がベース基板 45 に接合される。

【0033】

本実施形態において、支柱 26 は円柱であり、図 1 に示すように平面視で円形である。また、ダイヤフラム 21 の中心と支柱 26 の中心 26a とが一致するように支柱 26 が設けられている。

【0034】

このように支柱 26 を設けることで、ダイヤフラム 21 が支柱 26 により支持、固定されるため、外部の圧力が加えられても支柱 26 が設けられた箇所でダイヤフラム 21 は変位しない。よって、変位可能なダイヤフラム 21 の面積が小さくなり、外部からの圧力によりダイヤフラム 21 が撓みにくくなるため、より高い圧力が加えられた場合でも精度良く圧力を検知することができ、高圧の圧力レンジまで測定可能となる。

【0035】

図 3 は、本実施形態の半導体圧力センサにおける円柱直径 / ダイヤフラム辺長と圧力レンジの関係を示すグラフである。図 3 に示すグラフには、第 1 のシリコン基板 41 の厚さを 2 μm、5 μm、及び 10 μm に変えた場合の半導体圧力センサ 11 について示している。ここで、「ダイヤフラム辺長」は、図 1 に示すように、ダイヤフラム 21 の辺のうち X1 - X2 方向に平行な辺の長さ L3 であり、「円柱直径」は、支柱 26 の X1 - X2 方向の直径 D1 である。図 3 に示す「円柱直径 / ダイヤフラム辺長」は、ダイヤフラム辺長を固定して、円柱直径を変化させた場合を示している。また、「圧力レンジ」は、外部からの圧力に対して半導体圧力センサ 11 からの出力 (ピエゾ抵抗素子 31 の抵抗変化) が所定の線形性を示す圧力範囲であり、誤差の発生を抑制して精度良く測定可能な圧力範囲

10

20

30

40

50

をいう。なお、図 1 に示すように、支柱の中心 2 6 a からダイヤフラムの外周 2 1 a までの長さ L_2 は、ダイヤフラム辺長 L_3 の半分であり、支柱の中心 2 6 a から支柱 2 6 の外周までの長さ L_1 は、支柱の直径 D_1 の半分、つまり支柱 2 6 の半径である。

【0036】

図 3 に示すように、ダイヤフラムの辺の長さ L_3 に対する円柱直径 D_1 の比率（以下、 D_1 / L_3 ）が 0.3 以下の領域では、 D_1 / L_3 にほぼ比例して圧力レンジが増加する傾向を示す。これに対して、 D_1 / L_3 が 0.3 よりも大きい領域では、 D_1 / L_3 が大きくなるにしたがって圧力レンジが急激に大きくなる。第 1 のシリコン基板 4 1 の厚さを $2 \mu\text{m}$ 、 $5 \mu\text{m}$ 、 $10 \mu\text{m}$ に変えた場合であっても、いずれも同様の傾向を示している。

【0037】

図 3 に示すように、 D_1 / L_3 が 0.3 以下の領域では、 D_1 / L_3 を 0.1 大きくしたときの圧力レンジの増加幅は $100 \sim 200 \text{ kPa}$ であり、 D_1 / L_3 の変化に対する圧力レンジの傾きは比較的小さい。 D_1 / L_3 が 0.3 よりも大きい領域では、例えば D_1 / L_3 が 0.3 から 0.4 まで変化したときの圧力レンジの変化幅は、 $370 \text{ kPa} \sim 700 \text{ kPa}$ と大きくなっている。より好ましくは、 D_1 / L_3 が 0.35 より大きい領域で、圧力レンジがより増大する傾向を示し、高圧の圧力レンジを測定可能とすることに対応する。図 3 に示すように、第 1 のシリコン基板 4 1 の厚さが $2 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲において、 D_1 / L_3 が 0.3 の場合に圧力レンジは約 500 kPa となり、 D_1 / L_3 を 0.35 より大きくすることで圧力レンジを確実に 500 kPa 以上の高圧とすることができる。

【0038】

本実施形態の半導体圧力センサ 1 1 によれば、支柱 2 6 を設けることによりダイヤフラム 2 1 を撓みにくくして測定可能な圧力レンジを大きくすることができる。そして、ダイヤフラム 2 1 の辺の長さに対する支柱 2 6 の直径の比率を 0.3 より大きくすることにより、圧力レンジが急激に増大する傾向を示し、 500 kPa 以上の高圧の圧力レンジを測定可能とすることができる。また、支柱 2 6 を設けるのみで圧力レンジを大きくできるため、ダイヤフラム 2 1 の面積を小さくしピエゾ抵抗素子 3 1 の配置を変更したり、ダイヤフラム 2 1 の厚さを変更する等、支柱 2 6 以外の構成の設計変更を行う必要がない。したがって、低圧用の半導体圧力センサを基本構造として、支柱 2 6 の径を変えるのみで高圧の圧力レンジに容易に設計変更することができる。

【0039】

したがって、本実施形態の半導体圧力センサ 1 1 によれば、設計変更の工数の増大を抑制して容易に設計変更を行うことが可能であるとともに、高圧の圧力レンジの測定が可能である。

【0040】

また、ダイヤフラム 2 1 に 500 kPa 以上の高い圧力が加えられた場合に、支柱 2 6 が多角形に形成されていると角部に応力が集中する可能性がある。本実施形態において支柱 2 6 は円形であるため、ダイヤフラム 2 1 に高い圧力が加えられた場合に、支柱 2 6 外周の近傍におけるダイヤフラム 2 1 に応力が集中することを抑制して耐圧性を向上させることができる。

【0041】

なお、本実施形態において、ダイヤフラム 2 1 は矩形状（正方形）に形成されているがこれに限定されず、多角形、円形などに形成することもできる。ダイヤフラム 2 1 が多角形、円形等の場合には、支柱 2 6 の中心 2 6 a からダイヤフラム 2 1 の外周 2 1 a までの距離（図 1 に示す L_2 ）に対する、支柱 2 6 の中心 2 6 a から支柱 2 6 の外周までの距離（図 1 に示す L_1 ）の比率を 0.3 より大きくすることで、図 3 に示すグラフと同様の圧力レンジの傾向を示し、高圧の圧力レンジを測定可能とすることができる。

【0042】

図 4 は、第 2 の実施形態の半導体圧力センサの断面図である。図 2 に示す第 1 の実施形態の半導体圧力センサ 1 1 において、支柱 2 6 の高さは、固定部 2 2 における第 2 のシリ

10

20

30

40

50

コン基板 4 2 と同じ高さに形成されているが、これに限定されない。図 4 に示すように、第 2 の実施形態の半導体圧力センサ 1 2 において、支柱 2 6 の高さを、固定部 2 2 における第 2 のシリコン基板 4 2 よりも低く形成することも可能である。この場合、支柱 2 6 はベース基板 4 5 と接合されず、低い圧力が加えられた場合にダイヤフラム 2 1 が撓みやすくなり低圧の測定が可能になる。そして、より高い圧力が加えられた場合には、支柱 2 6 がベース基板 4 5 に当接し、外部からの圧力によりダイヤフラム 2 1 が撓みにくくなるため、図 3 に示すグラフと同様に高圧の圧力レンジの測定が可能となる。したがって、第 2 の実施形態の半導体圧力センサ 1 2 は、低圧側と高圧側との両方の圧力レンジを備えることができる。

【 0 0 4 3 】

10

図 5 は、第 3 の実施形態における半導体圧力センサの平面図を示す。本実施形態の半導体圧力センサ 1 3 は、支柱 2 6 の形状が角柱である点が異なっている。また、図 6 は本実施形態の半導体圧力センサ 1 3 における角柱直径 / ダイヤフラム辺長と圧力レンジの関係を示すグラフである。なお、図 6 に示すグラフには比較として、図 1 及び図 2 に示す円柱の支柱 2 6 が設けられた半導体圧力センサ 1 1 について同時に示している。

【 0 0 4 4 】

本実施形態において、「ダイヤフラム辺長」は、図 5 に示すように、 $X_1 - X_2$ 方向に平行な辺の長さ L_3 である。また、「角柱直径」とは、支柱 2 6 の中心 2 6 a を通り $X_1 - X_2$ 方向に切断したときの支柱 2 6 の長さ D_2 であり、支柱 2 6 の $X_1 - X_2$ 方向の辺の長さと同じである。

20

【 0 0 4 5 】

図 6 に示すように、角柱の支柱 2 6 を設けた半導体圧力センサ 1 3 であっても、円柱の支柱 2 6 を設けた半導体圧力センサ 1 1 と同様の傾向を示し、角柱直径 D_2 / ダイヤフラム辺長 L_3 が 0.3 より大きい領域において測定可能な圧力レンジが増大し、500 kPa 以上の高圧の圧力レンジが測定可能となる。なお、円柱直径 (図 1 に示す D_1) と角柱直径 (図 5 に示す D_2) とが同じであっても、ダイヤフラム 2 1 を支持する面積は角柱の方が大きくなるため、外部からの圧力に応じて歪むダイヤフラム 2 1 の面積が減少する。よって、図 6 に示すように、円柱の支柱 2 6 を設けた半導体圧力センサ 1 1 と比較して、角柱の支柱 2 6 を設けた本実施形態の半導体圧力センサ 1 2 の方が、若干大きい圧力レンジを測定することが可能となる。

30

【 0 0 4 6 】

本実施形態においても角柱の支柱 2 6 を設けることによりダイヤフラム 2 1 を撓みにくくして測定可能な圧力レンジを大きくすることができる。そして、ダイヤフラム 2 1 の辺の長さに対する支柱 2 6 の直径の比率を 0.3 より大きくすることにより、圧力レンジが急激に増大する傾向を示し、500 kPa 以上の高圧の圧力レンジを測定可能とすることができる。

【 0 0 4 7 】

なお、外部から高い圧力が加えられた際に、角柱の支柱 2 6 の角部近傍におけるダイヤフラム 2 1 に応力が集中し易くなる。本実施形態において、図 5 に示すように、角柱の支柱 2 6 の各辺とピエゾ抵抗素子 3 1 とが平面的に見て対向して設けられている。これにより、角柱の支柱 2 6 の角部がピエゾ抵抗素子 3 1 から離れて配置されるため、ピエゾ抵抗素子 3 1 の近傍のダイヤフラム 2 1 に応力が集中することを防止することができる。よって、ピエゾ抵抗素子 3 1 の近傍のダイヤフラム 2 1 を歪みにくくして、高圧の圧力レンジを確実に測定することができる。

40

【 0 0 4 8 】

図 7 は第 1 の実施形態の半導体圧力センサの製造方法を説明するための工程図である。図 7 (a) ~ 図 7 (d) の各図は、図 2 に示す半導体圧力センサ 1 1 の断面図と同じ箇所を示す断面図である。

【 0 0 4 9 】

図 7 (a) の工程では、まず、第 1 のシリコン基板 4 1 と第 2 のシリコン基板 4 2 とが

50

絶縁層 4 3 を介して貼り合わされた S O I 基板 4 0 を用意する。第 1 のシリコン基板 4 1 の厚さは、 $2\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ 程度、より好ましくは $4.0 \sim 5.0\ \mu\text{m}$ 程度である。また、絶縁層 4 3 の厚さは、 $0.3\ \mu\text{m}$ 程度である。

【0050】

次に、図 7 (b) の工程で、第 1 のシリコン基板 4 1 の表面に複数の圧電素子 3 1 を形成する。そして、配線層 3 2 及び接続パッド 3 5 (図 7 (b) には図示しない) を形成して複数の圧電素子 3 1 を電氣的に接続してブリッジ回路を構成する。第 1 のシリコン基板 4 1 の表面は、酸化膜 (SiO_2) や窒化膜 (Si_3N_4) 等からなる保護層 2 8 によって覆われて、機械的な損傷や、水分などの侵入を抑制し、半導体圧力センサ 1 1 を保護する。

10

【0051】

図 7 (b) に示すように、ダイヤフラム 2 1 を形成する際のエッチング用のマスクとして、第 2 のシリコン基板 4 2 にレジスト 4 8 が設けられる。レジスト 4 8 は、支柱 2 6 及び固定部 2 2 を形成する箇所に設けられる。そして、図 7 (c) の工程で、レジスト 4 8 をマスクにして、R I E (R e a c t i v e I o n E t c h i n g) などにより第 2 のシリコン基板 4 2 をエッチングする。R I E 用のガスとしては、例えば C_4F_8 、 SF_6 などを用いることができる。第 2 のシリコン基板 4 2 のエッチングが進み絶縁層 4 3 まで到達すると絶縁層 4 3 がエッチングストッパーとなってエッチングの進行が抑えられる。これにより第 2 のシリコン基板 4 2 の一部から支柱 2 6 が形成されるとともに、支柱 2 6 と固定部 2 2 との間にキャビティ部 2 4 が形成される。そして、キャビティ部 2 4 の上

20

【0052】

次に、図 7 (d) に示す工程で、第 2 のシリコン基板 4 2 の下面からレジスト 4 8 を除去する。そして、第 2 のシリコン基板 4 2 の下面に、真空状態でベース基板 4 5 を接合する。これにより、ダイヤフラム 2 1 とベース基板 4 5 との間のキャビティ部 2 4 が真空室となり、絶対圧センサ構造が得られる。

【0053】

本実施形態の半導体圧力センサ 1 1 の製造方法によれば、図 7 (c) の工程で、ダイヤフラム 2 1 と支柱 2 6 とが同じエッチング工程で形成されるため、支柱 2 6 を設けるための工程を追加することなく、エッチングマスクの変更のみで支柱 2 6 を形成することができる。すなわち、ダイヤフラム 2 1 の大きさを小さくするとともに圧電素子 3 1 や配線層 3 2 の設計を変更する必要がなく、または、S O I 基板 4 0 の設計から変更して第 1 のシリコン基板 4 1 の厚さを厚くする必要がないため、製造コストの増大を抑制することができる。

30

【0054】

また、図 7 (c) の工程でエッチングマスクを変更するのみで、支柱 2 6 の中心 2 6 a からダイヤフラム 2 1 の外周 2 1 a までの距離に対する、支柱 2 6 の中心 2 6 a から支柱 2 6 の外周までの距離の比率を 0.3 より大きく形成することができる。よって、支柱 2 6 が設けられていない低圧用の半導体圧力センサの構造を基本として、設計変更の工数の増大を抑制して容易に高圧の圧力レンジを測定可能とすることができる。

40

【符号の説明】

【0055】

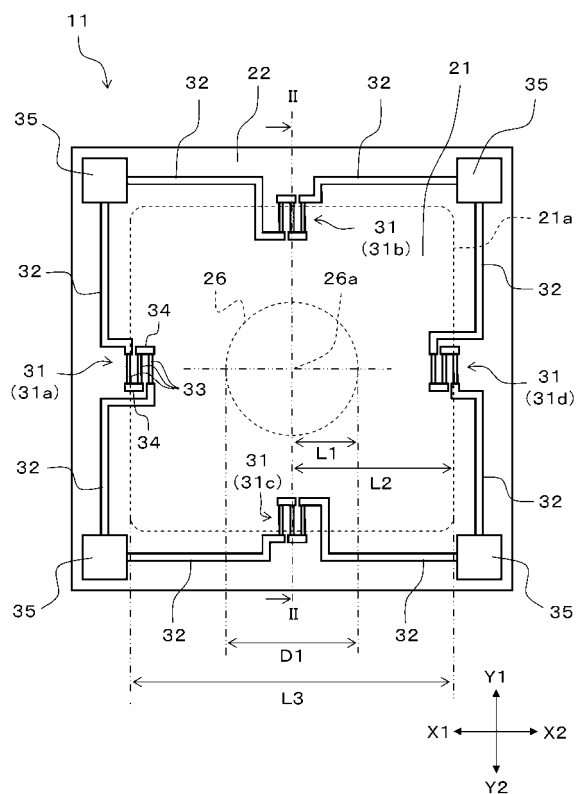
- 1 1、1 2、1 3 半導体圧力センサ
- 2 1 ダイヤフラム
 - 2 1 a ダイヤフラムの外周
- 2 2 固定部
- 2 4 キャビティ部
- 2 6 支柱
 - 2 6 a 支柱の中心

50

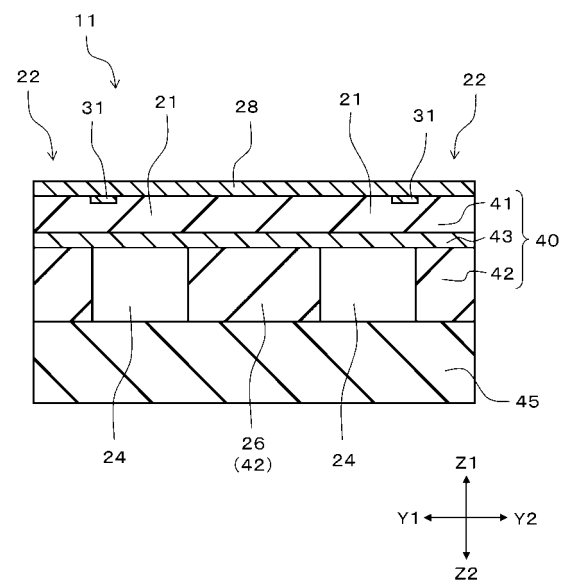
- 3 1 ピエゾ抵抗素子
- 3 2 配線層
- 3 5 接続パッド
- 4 0 S O I 基板
- 4 1 第 1 のシリコン基板（一方のシリコン基板）
- 4 2 第 2 のシリコン基板（他方のシリコン基板）
- 4 3 絶縁層
- 4 5 ベース基板
- 4 8 レジスト
- L 1 支柱の中心から支柱の外周までの距離
- L 2 支柱の中心からダイヤフラムの外周までの距離
- L 3 ダイヤフラムの辺の長さ
- D 1 支柱の直径（円柱直径）
- D 2 支柱の直径（角柱直径）

10

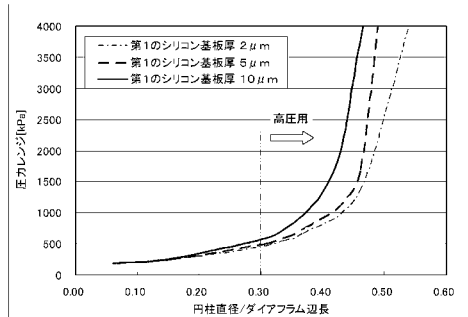
【 図 1 】



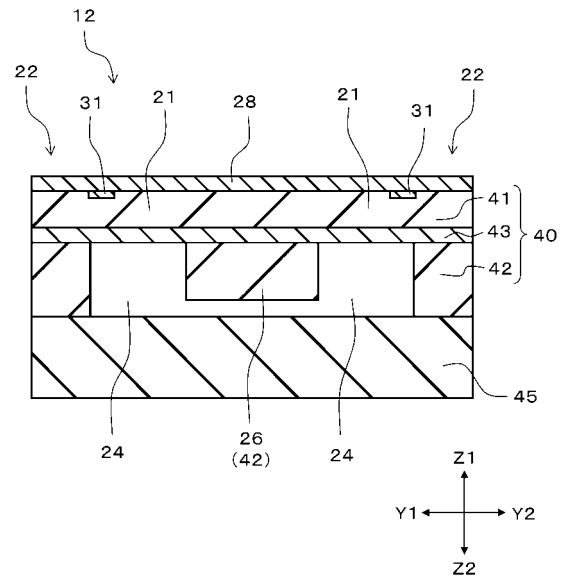
【 図 2 】



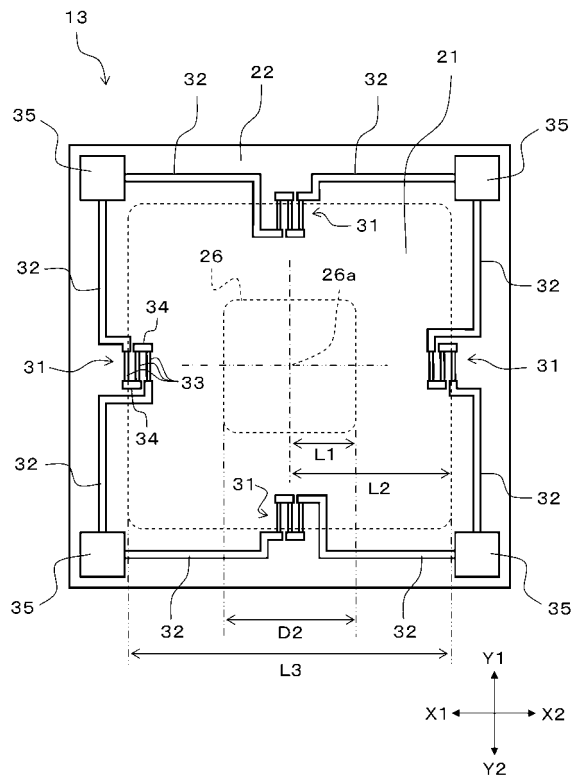
【図 3】



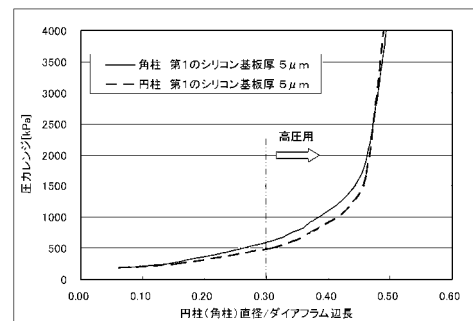
【図 4】



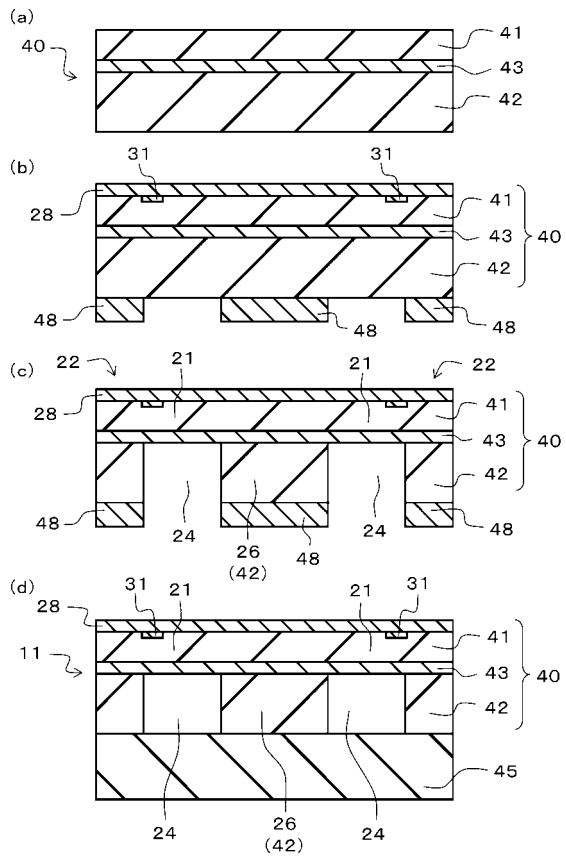
【図 5】



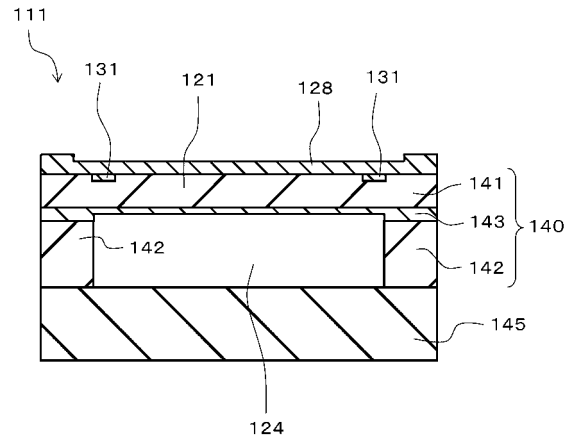
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4M112 AA01 CA03 CA04 CA09 CA12 CA13 CA14 DA03 DA15 DA18
EA03 EA06 EA07 FA07