

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4924238号  
(P4924238)

(45) 発行日 平成24年4月25日(2012.4.25)

(24) 登録日 平成24年2月17日(2012.2.17)

(51) Int.Cl.		F I		
<b>GO 1 C</b>	<b>19/5769</b>	<b>(2012.01)</b>	<b>GO 1 C</b>	<b>19/56 269</b>
<b>GO 1 C</b>	<b>19/56</b>	<b>(2012.01)</b>	<b>GO 1 C</b>	<b>19/56 100</b>
<b>HO 1 L</b>	<b>29/84</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 1 L</b>	<b>29/84 Z</b>

請求項の数 6 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2007-167833 (P2007-167833)	(73) 特許権者	000002897
(22) 出願日	平成19年6月26日(2007.6.26)		大日本印刷株式会社
(65) 公開番号	特開2009-8437 (P2009-8437A)		東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
(43) 公開日	平成21年1月15日(2009.1.15)	(74) 代理人	100077849
審査請求日	平成22年2月5日(2010.2.5)		弁理士 須山 佐一
		(72) 発明者	森井 明雄
			東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
			大日本印刷株式会社内
		審査官	有家 秀郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の半導体材料からなる第1の層，絶縁性材料からなる第2の層，および第2の半導体材料からなる第3の層が順に積層されてなる半導体基板の前記第1の層をエッチングして，開口を有する固定部と，この開口内に配置され，かつ前記固定部に対して変位する変位部と，前記固定部と前記変位部とを接続する接続部と，を有する第1の構造体を形成するステップと，

絶縁性材料から構成される第1の基体を，前記固定部に接合して前記第1の構造体に積層配置するステップと，

前記変位部に接合される重量部と，前記変位部と接合される面とは反対側の前記重量部の面上又は前記変位部と接合される面とは反対側の第3の層の前記重量部が形成される領域の面上に配置される突起部と，前記重量部を囲んで配置され，かつ前記固定部に接合される台座と，を有する第2の構造体を前記第3の層をエッチングして形成するステップと

，  
前記重量部との対向面に配置され，導電性材料で構成され，前記変位部に積層方向の振動を付与する第1の駆動用電極と，前記重量部との対向面に配置され，導電性材料で構成され，前記変位部の変位を検出する第1の検出用電極と，を有し，かつ絶縁性材料から構成される第2の基体を，前記台座に陽極接合して前記第2の構造体に積層配置するステップと，

を具備し，

前記突起部が、前記第 1 の駆動用電極及び第 1 の前記検出用電極の配置されていない領域と対応する領域に、前記第 2 の構造体に対向して配置され、かつ前記第 1 の駆動用電極及び前記第 1 の検出用電極よりも厚さが大きく、この突起部の先端が、Au, Pt, シリコン酸化物、シリコン窒化物から選ばれる少なくとも 1 種からなることを特徴とする角速度センサの製造方法。

【請求項 2】

前記第 2 の基体を前記第 2 の構造体に積層配置するステップが、前記第 1 の駆動用電極及び前記第 1 の検出用電極を接地しながら行われることを特徴とする請求項 1 記載の角速度センサの製造方法。

【請求項 3】

前記第 1 の構造体を形成するステップと、前記第 1 の基体を前記第 1 の構造体に積層配置するステップとの間に、前記固定部と前記第 3 の層とを電気的に接続する第 1 の導通部を形成するステップと、

前記変位部と前記第 3 の層とを電気的に接続する第 2 の導通部を形成するステップと、をさらに具備し、

前記第 2 の基体を前記第 2 の構造体に積層配置するステップが、前記第 1 の駆動用電極及び前記第 1 の検出用電極と前記台座との間をそれぞれ導通しながら行われることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の角速度センサの製造方法。

【請求項 4】

前記第 1 の基体が、前記変位部に積層方向の振動を付与し、前記変位部との対向面に配置され、かつ導電性材料で構成される第 2 の駆動用電極と、前記変位部の変位を検出し、前記変位部との対向面に配置され、かつ導電性材料で構成される第 2 の検出用電極とを有し、

前記第 2 の基体を前記第 2 の構造体に積層配置するステップが、前記第 2 の駆動用電極及び前記第 2 の検出用電極を接地しながら行われることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの製造方法。

【請求項 5】

前記第 2 の基体を前記第 2 の構造体に積層配置するステップが、前記第 2 の駆動用電極及び前記第 2 の検出用電極と前記固定部との間をそれぞれ導通しながら行われることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの製造方法。

【請求項 6】

前記重量部が、第 1 の重量部と、この第 1 の重量部に 4 方向から接続される第 2 ~ 第 5 の重量部とを有し、

前記第 1 の駆動用電極が、前記第 2 ~ 第 5 の重量部それぞれと対応するように配置される第 1 ~ 第 4 の電極を有し、

前記第 1 の検出用電極が、第 1 の領域と、この第 1 の領域と接続され、前記第 1 ~ 第 4 の電極それぞれの間に配置される第 2 ~ 第 5 の領域と、を有し、

前記突起部が、前記第 2 ~ 第 5 の領域の間の第 6 ~ 第 9 の領域それぞれに配置される第 1 ~ 第 4 の突起を有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の角速度センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、角速度を検出する角速度センサおよびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体からなるトランデューサ構造体を一对のガラス基板で挟み込むようにそれぞれ接合して構成される、角速度を検出する角速度センサの技術が開示されている（特許文献 1 参照）。

【特許文献 1】特開 2002 - 350138 号公報

10

20

30

40

50

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

しかしながら、トランデューサ構造体の、可動な錘部（重量部）が配置されている側にガラス基板を陽極接合する際には、錘部がガラス基板に静電引力により引き寄せられて付着し、角速度センサとして機能しなくなる可能性があることが判った。

上記に鑑み、本発明は半導体からなるトランデューサ構造体とガラス基板との陽極接合の際に、錘部（重量部）とガラス基板との付着を防止することが可能な角速度センサおよびその製造方法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】

## 【0004】

本発明の一態様に係る角速度センサは、開口を有する固定部と、この開口内に配置され、かつ前記固定部に対して変位する変位部と、前記固定部と前記変位部とを接続する接続部と、を有し、かつ平板状の第1の半導体材料から構成される第1の構造体と、前記変位部に接合される重量部と、前記重量部を囲んで配置され、かつ前記固定部に接合される台座と、を有し、第2の半導体材料から構成され、かつ前記第1の構造体に積層して配置される第2の構造体と、前記固定部に接続されて前記第1の構造体に積層配置され、絶縁性材料から構成される第1の基体と、前記変位部に積層方向の振動を付与し、前記重量部との対向面に配置され、かつ導電性材料で構成される駆動用電極と、前記変位部の変位を検出し、前記重量部との対向面に配置され、かつ導電性材料で構成される検出用電極とを有し、絶縁性材料から構成され、かつ前記台座に接続されて前記第2の構造体に積層配置される第2の基体と、を具備し、前記第2の構造体が、前記第2の基体と対向する前記重量部の面上であって、前記駆動用電極及び前記検出用電極の配置されていない領域と対応する領域に配置され、かつ前記駆動用電極及び前記検出用電極よりも厚さが大きい突起部を有することを特徴とする。

## 【0005】

本発明の一態様に係る角速度センサの製造方法は、第1の半導体材料からなる第1の層、絶縁性材料からなる第2の層、および第2の半導体材料からなる第3の層が順に積層されてなる半導体基板の前記第1の層をエッチングして、開口を有する固定部と、この開口内に配置され、かつ前記固定部に対して変位する変位部と、前記固定部と前記変位部とを接続する接続部と、を有する第1の構造体を形成するステップと、絶縁性材料から構成される第1の基体を、前記固定部に接合して前記第1の構造体に積層配置するステップと、前記第3の層をエッチングして、前記変位部に接合される重量部と、前記変位部と接合される面とは反対側の前記重量部の面上又は前記変位部と接合される面とは反対側の第3の層の前記重量部が形成される領域の面上に配置される突起部と、前記重量部を囲んで配置され、かつ前記固定部に接合される台座と、を有する第2の構造体を形成するステップと、前記重量部との対向面に配置され、導電性材料で構成され、前記変位部に積層方向の振動を付与する第1の駆動用電極と、前記重量部との対向面に配置され、導電性材料で構成され、前記変位部の変位を検出する第1の検出用電極と、を有し、かつ絶縁性材料から構成される第2の基体を、前記台座に陽極接合して前記第2の構造体に積層配置するステップと、を具備し、前記突起部が、前記第1の駆動用電極及び第1の前記検出用電極の配置されていない領域と対応する領域に配置され、かつ前記第1の駆動用電極及び前記第1の検出用電極よりも厚さが大きいことを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0006】

本発明によれば、半導体からなるトランデューサ構造体とガラス基板との陽極接合の際に、錘部（重量部）とガラス基板との付着を防止することが可能な角速度センサおよびその製造方法を提供できる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0007】

10

20

30

40

50

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

(第1の実施形態)

図1は角速度センサ100を分解した状態を表す分解斜視図である。角速度センサ100は、互いに積層して配置される第1の構造体110、接合部120、第2の構造体130、及び第1の基体140、第2の基体150を有する。

図2は、角速度センサ100の一部(第1の構造体110、第2の構造体130)をさらに分解した状態を表す分解斜視図である。図3、図4、図5、図6はそれぞれ、第1の構造体110の上面図、接合部120の上面図、第2の構造体130の上面図、第2の構造体の下面図である。図7、図8、図9はそれぞれ、第1の基体140の下面図、第2の基体150の上面図、および第2の基体150の下面図である。図10、図11はそれぞれ、角速度センサ100を図1のB-B及びC-Cに沿って切断した状態を表す断面図である。

10

【0008】

変位部112(後述する)をZ軸方向に振動させると、X軸またはY軸方向の角速度 $x$ 、 $y$ によるY軸またはX軸方向のコリオリ力 $F_y$ 、 $F_x$ が変位部112に印加される。印加されたコリオリ力 $F_y$ 、 $F_x$ による変位部112の変位を検出することで角速度 $x$ 、 $y$ を測定できる。このように角速度センサ100は、2軸の角速度 $x$ 、 $y$ を測定できる。なお、この詳細は後述する。

【0009】

第1の構造体110、接合部120、第2の構造体130、第1の基体140、第2の基体150は、その外周が例えば、5mmの辺の略正方形状であり、これらの高さはそれぞれ、例えば、 $20\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $675\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ 、 $500\mu\text{m}$ である。

20

第1の構造体110、接合部120、第2の構造体130(後述する突起部170を除く)はそれぞれ、シリコン、酸化シリコン、シリコンから構成可能であり、角速度センサ100は、シリコン/酸化シリコン/シリコンの3層構造をなすSOI(Silicon On Insulator)基板を用いて製造可能である。第1の構造体110、第2の構造体130(突起部170を除く)を構成するシリコンには、全体に例えばボロン等の不純物が含まれる導電性材料を使用することが好ましい。後述するように、第1の構造体110、第2の構造体130(突起部170を除く)を不純物が含まれるシリコンで構成することにより、角速度センサ100の配線を簡略にすることができる。本実施の形態

30

では、第1の構造体110及び第2の構造体130(突起部170を除く)に不純物が含まれるシリコンを使用している。

また、第1の基体140、第2の基体150はそれぞれ、ガラス材料から構成できる。

【0010】

第1の構造体110は、外形が略正方形であり、固定部111(111a~111c)、変位部112(112a~112e)、接続部113(113a~113d)、ブロック上層部114(114a~114j)から構成される。第1の構造体110は、半導体材料の膜をエッチングして開口114a~114d及びブロック上層部114a~114jを形成することで作成できる。

【0011】

固定部111は、枠部111aと突出部111b、111cとに区分できる。枠部111aは、外周、内周が共に略正方形の枠形状の基板である。突出部111bは、枠部111aの内周のコーナー部に配置され、変位部112bに向かって(X-Y平面のX方向を $0^\circ$ としたとき、 $0^\circ$ 方向に)突出する略正方形の基板である。突出部111cは、枠部111aの内周のコーナー部に配置され、変位部112dに向かって(X-Y平面のX方向を $0^\circ$ としたとき、 $180^\circ$ 方向に)突出する略正方形の基板である。枠部111aと突出部111b、111cは、一体的に構成されている。

40

【0012】

変位部112は、変位部112a~112eから構成される。変位部112aは、外周が略正方形の基板であり、固定部111の開口の中央近傍に配置される。変位部112b

50

～ 1 1 2 e は、外周が略正方形の基板であり、変位部 1 1 2 a を 4 方向（X 軸正方向、X 軸負方向、Y 軸正方向、Y 軸負方向）から囲むように接続、配置される。変位部 1 1 2 a ～ 1 1 2 e はそれぞれ、接合部 1 2 0 によって後述の重量部 1 3 2 a ～ 1 3 2 e と接合され、固定部 1 1 1 に対して一体的に変位する。

【 0 0 1 3 】

変位部 1 1 2 a の上面は、駆動用電極 E 1（後述する）として機能する。この変位部 1 1 2 a の上面の駆動用電極 E 1 は、第 1 の基体 1 4 0 の下面に設置された後述する駆動用電極 1 4 4 a と容量性結合し、この間に印加された電圧によって変位部 1 1 2 を Z 軸方向に振動させる。なお、この駆動の詳細は後述する。

【 0 0 1 4 】

変位部 1 1 2 b ～ 1 1 2 e の上面は、変位部 1 1 2 の X 軸および Y 軸方向の変位を検出する検出用電極 E 1（後述する）としてそれぞれ機能する。この変位部 1 1 2 b ～ 1 1 2 e の上面の検出用電極は、第 1 の基体 1 4 0 の下面に設置された後述する検出用電極 1 4 4 b ～ 1 4 4 e とそれぞれ容量性結合する（変位部 1 1 2 の b ～ e のアルファベットと、検出用電極 1 4 4 の b ～ e のアルファベットは、それぞれ順に対応している）。なお、この検出の詳細は後述する。

【 0 0 1 5 】

接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d は略長方形の基板であり、固定部 1 1 1 と変位部 1 1 2 a とを 4 方向（X - Y 平面の X 方向を 0 ° としたとき、4 5 °、1 3 5 °、2 2 5 °、3 1 5 ° 方向）で接続する。

接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d は、枠部 1 1 1 a に近い側の領域では、台座 1 3 1 の突出部 1 3 1 c（後述する）と接合部 1 2 0 によって接合されている。接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d のその他の領域、すなわち変位部 1 1 2 a に近い側の領域では、対応する領域に突出部 1 3 1 c が形成されておらず、厚みが薄いため、可撓性を有している。接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d の枠部 1 1 1 a に近い側の領域が、突出部 1 3 1 c と接合されているのは、大きな撓みにより接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d が損傷することを防止するためである。

接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d は、撓みが可能な梁として機能する。接続部 1 1 3 a ～ 1 1 3 d が撓むことで、変位部 1 1 2 が固定部 1 1 1 に対して変位可能である。具体的には、変位部 1 1 2 が固定部 1 1 1 に対して、Z 正方向、Z 負方向に直線的に変位する。また、変位部 1 1 2 は、固定部 1 1 1 に対して X 軸および Y 軸を回転軸とする正負の回転が可能である。即ち、ここでいう「変位」には、移動および回転（Z 軸方向での移動、X、Y 軸での回転）の双方を含めることができる。

【 0 0 1 6 】

ブロック上層部 1 1 4 は、ブロック上層部 1 1 4 a ～ 1 1 4 j から構成される。ブロック上層部 1 1 4 a ～ 1 1 4 j は、略正方形の基板であり、固定部 1 1 1 の内周に沿い、かつ変位部 1 1 2 を周囲から囲むように配置される。

【 0 0 1 7 】

ブロック上層部 1 1 4 h、1 1 4 a は、変位部 1 1 2 e の端面と対向する端面を有し、ブロック上層部 1 1 4 b、1 1 4 c は、変位部 1 1 2 b の端面と対向する端面を有し、ブロック上層部 1 1 4 d、1 1 4 e は、変位部 1 1 2 c の端面と対向する端面を有し、ブロック上層部 1 1 4 f、1 1 4 g は、変位部 1 1 2 d の端面と対向する端面を有している。図 1 に示すように、ブロック上層部 1 1 4 a ～ 1 1 4 h はそれぞれ、変位部 1 1 2 の 8 つの端面のうちの 1 つと対向する端面を有して、アルファベット順に右回りで配置されている。ブロック上層部 1 1 4 i、ブロック上層部 1 1 4 j は、X - Y 平面の X 方向を 0 ° としたとき、それぞれ 9 0 °、2 7 0 ° の方向に配置される。

【 0 0 1 8 】

ブロック上層部 1 1 4 a ～ 1 1 4 h はそれぞれ、接合部 1 2 0 によって後述するブロック下層部 1 3 4 a ～ 1 3 4 h と接合される（ブロック上層部 1 1 4 の a ～ h のアルファベットと、ブロック下層部 1 3 4 の a ～ h のアルファベットは、それぞれ順に対応している）。ブロック上層部 1 1 4 a ～ 1 1 4 h とブロック下層部 1 3 4 a ～ 1 3 4 h がそれぞれ

10

20

30

40

50

接合されたブロックは、後述する検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e , 1 5 4 b ~ 1 5 4 e に電源を供給するための配線の用途で用いられる。

ブロック上層部 1 1 4 i , 1 1 4 j は、接合部 1 2 0 によって後述するブロック下層部 1 3 4 i , 1 3 4 j とそれぞれ接合される。ブロック上層部 1 1 4 i , 1 1 4 j とブロック下層部 1 3 4 i , 1 3 4 j がそれぞれ接合されたブロックは、変位部 1 1 2 を Z 軸方向に振動させるための配線の用途で用いられる。なお、この詳細は後述する。

#### 【 0 0 1 9 】

第 2 の構造体 1 3 0 は、外形が略正方形であり、台座 1 3 1 ( 1 3 1 a ~ 1 3 1 d ) , 重量部 1 3 2 ( 1 3 2 a ~ 1 3 2 e ) , ブロック下層部 1 3 4 ( 1 3 4 a ~ 1 3 4 j ) , 及び突起部 1 7 0 から構成される。第 2 の構造体 1 3 0 は、半導体材料の基板をエッチングして開口 1 3 3 , ブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j , 及びポケット 1 3 5 ( 後述する ) を形成し、スパッタ及びエッチングにより突起部 1 7 0 を形成することで、作成可能である。なお、台座 1 3 1 と、ブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j は、互いに高さがほぼ等しく、重量部 1 3 2 は、台座 1 3 1 及びブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j よりも高さが低い。重量部 1 3 2 と第 2 の基体 1 5 0 との間には間隙 ( ギャップ ) を確保し、重量部 1 3 2 の変位を可能にするためである。台座 1 3 1 と、ブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j と、重量部 1 3 2 は、それぞれ離間して配置される。

10

#### 【 0 0 2 0 】

台座 1 3 1 は、枠部 1 3 1 a と突出部 1 3 1 b ~ 1 3 1 d とに区分できる。

枠部 1 3 1 a は、外周、内周が共に略正方形の枠形状の基板であり、固定部 1 1 1 の枠部 1 1 1 a と対応した形状を有する。

20

突出部 1 3 1 b は、枠部 1 3 1 a の内周のコーナー部に配置され、重量部 1 3 2 b に向かって ( X - Y 平面の X 方向を 0 ° としたとき、 0 ° 方向に ) 突出する略正方形の基板であり、固定部 1 1 1 の突出部 1 1 1 b と対応した形状を有する。

#### 【 0 0 2 1 】

突出部 1 3 1 c は、4 つの略長方形の基板であり、X - Y 平面の X 方向を 0 ° としたとき、4 5 ° , 1 3 5 ° , 2 2 5 ° , 3 1 5 ° 方向に枠部 1 3 1 a から重量部 1 3 2 a に向かってそれぞれ突出し、一端が台座 1 3 1 の枠部 1 3 1 a と接続され、他端は重量部 1 3 2 a と離間して配置されている。突出部 1 3 1 c は、接続部 1 1 3 a ~ 1 1 3 d と対応する領域のうち、枠部 1 3 1 a 側の略半分の領域に形成されており、他の領域、すなわち、重量部 1 3 2 側の略半分の領域には形成されていない。

30

#### 【 0 0 2 2 】

突出部 1 3 1 d は、枠部 1 3 1 a の内周のコーナー部に配置され、重量部 1 3 2 d に向かって ( X - Y 平面の X 方向を 0 ° としたとき、 1 8 0 ° 方向に ) 突出する略正方形の基板内に、この基板の表面と裏面とを貫通するポケット 1 3 5 ( 開口 ) が形成されたもので、固定部 1 1 1 の突出部 1 1 1 c と接合されている。

#### 【 0 0 2 3 】

ポケット 1 3 5 は、高真空を維持するためのゲッター材料を配置する、例えば直方体形状の空間である。ポケット 1 3 5 の一方の開口端は接合部 1 2 0 によって蓋がされている。ポケット 1 3 5 の他方の開口端は第 2 の基体 1 5 0 によって大部分に蓋がされているが、重量部 1 3 2 寄りの一部は蓋がされておらず、この他方の開口端と重量部 1 3 2 等が形成されている開口 1 3 3 とは一部で通じている ( 図示せず ) 。

40

#### 【 0 0 2 4 】

ゲッター材料は、真空封入された角速度センサ 1 0 0 内の真空度を高める目的で残留気体を吸着するものである。これにより、変位部 1 1 2 ( 重量部 1 3 2 も ) の振動の際の空気抵抗による影響を低減することができる。角速度センサ 1 0 0 に用いられるゲッター材料としては、例えば、チタンと Z r - V - F e 合金との混合物 ( サエスゲッターズジャパン社製、商品名 非蒸発ゲッター S t 1 2 2 ) を用いることができる。

#### 【 0 0 2 5 】

枠部 1 3 1 a と突出部 1 3 1 b ~ 1 3 1 d は、一体的に構成されている。

50

台座 131 は、接合部 120 によって固定部 111、及び接続部 113a ~ 113d の所定の領域と接続される。

【0026】

重量部 132 は、質量を有し、角速度に起因するコリオリ力を受ける重錘、あるいは作用体として機能する。即ち、角速度が印加されると、重量部 132 の重心にコリオリ力が作用する。

重量部 132 は、略直方体形状の重量部 132a ~ 132e に区分される。中心に配置された重量部 132a に 4 方向から重量部 132b ~ 132e が接続され、全体として一体的に変位（移動、回転）が可能となっている。即ち、重量部 132a は、重量部 132b ~ 132e を接続する接続部として機能する。

10

【0027】

重量部 132a ~ 132e はそれぞれ、変位部 112a ~ 112e と対応する略正方形の断面形状を有し、接合部 120 によって変位部 112a ~ 112e と接合される。重量部 132 に加わったコリオリ力に応じて変位部 112 が変位し、その結果、角速度の測定が可能となる。

【0028】

重量部 132a ~ 132e によって、重量部 132 を構成しているのは、角速度センサ 100 の小型化と高感度化の両立を図るためである。角速度センサ 100 を小型化（小容量化）すると、重量部 132 の容量も小さくなり、その質量が小さくなることから、角速度に対する感度も低下する。接続部 113a ~ 113d の撓みを阻害しないように重量部 132b ~ 132e を分散配置することで、重量部 132 の質量を確保している。この結果、角速度センサ 100 の小型化と高感度化の両立が図られる。

20

【0029】

重量部 132a の裏面は、駆動用電極 E1（後述する）として機能する。この重量部 132a の裏面の駆動用電極 E1 は、第 2 の基体 150 の上面に設置された後述する駆動用電極 154a と容量性結合し、この間に印加された電圧によって変位部 112 を Z 軸方向に振動させる。なお、この駆動の詳細は後述する。

【0030】

重量部 132b ~ 132e の裏面は、変位部 112 の X 軸および Y 軸方向の変位を検出する検出用電極 E1（後述する）としてそれぞれ機能する。この重量部 132b ~ 132e の裏面の検出用電極 E1 は、第 2 の基体 150 の上面に設置された後述する検出用電極 154b ~ 154e とそれぞれ容量性結合する（重量部 132 の b ~ e のアルファベットと、検出用電極 154 の b ~ e のアルファベットは、それぞれ順に対応している）。なお、この検出の詳細は後述する。

30

【0031】

重量部 132 の裏面上の、後述する駆動用電極 154a、及び検出用電極 154b ~ 154e の配置されていない領域と対応する領域に、突起部 170 が配置されている。第 2 の基体 150 と第 2 の構造体 130 との陽極接合の際に、静電引力により重量部 132 が駆動用電極 154a や、検出用電極 154b ~ 154e に押し付けられてめり込み、附着してしまうことを防止するためである。

40

図 6 に示すように、本実施形態では、突起部 170 は、重量部 132a の裏面の、駆動用電極 154a と検出用電極 154b ~ 154e との間に対応する領域にそれぞれ 1 つずつ合計 4 個設けられている。

【0032】

従来、第 2 の基体 150 と第 2 の構造体 130 との陽極接合の際（2 枚目のガラス基板を陽極接合する際）に、重量部 132 が第 2 の基体 150 に静電引力により引き寄せられて接合されて附着してしまい、重量部 132 が作動せず、角速度センサ 100 として機能しない状態になる可能性があった。

突起部 170 を設けることによって、第 2 の基体 150 と第 2 の構造体 130 との陽極接合の際に、重量部 132 が第 2 の基体 150 に静電引力により引き寄せられても、重量

50

部 1 3 2 及び突起部 1 7 0 と第 2 の基体 1 5 0 とが付着してしまうことを抑制できる。突起部 1 7 0 を設けた場合には、第 2 の基体 1 5 0 との接触面積が、突起部 1 7 0 を設けない場合と比較して小さいためである。すなわち、突起部 1 7 0 は第 2 の基体 1 5 0 に対する付着防止部として機能する。

【 0 0 3 3 】

前述のように、突起部 1 7 0 は電極 1 5 4 ( 駆動用電極 1 5 4 a , 検出用電極 1 5 4 b ~ 1 5 4 e ) 間に対応する領域に配置される。即ち、突起部 1 7 0 は電極 1 5 4 が配置されていない領域に対応して配置される。このことから、次の利点 1 ) , 2 ) が生じる。

【 0 0 3 4 】

1 ) 第 2 の基体 1 5 0 と第 2 の構造体 1 3 0 との陽極接合の際の、重量部 1 3 2 の第 2 の基体 1 5 0 への付着がより確実に防止される。即ち、突起部 1 7 0 の電極 1 5 4 への付着を防止できる。電極 1 5 4 は金属等の比較的柔らかい材料から構成されることから、突起部 1 7 0 が電極 1 5 4 と対向して配置されると、突起部 1 7 0 が電極 1 5 4 に食い込み、付着するおそれがある。

【 0 0 3 5 】

2 ) 突起部 1 7 0 が電極 1 5 4 での信号に影響を与えにくい。即ち、突起部 1 7 0 を付加したことによる角速度センサ 1 0 0 の特性の変化が防止される。電極 1 5 4 に対向して突起部 1 7 0 を配置すると、電極 1 5 4 での信号、ひいては角速度センサ 1 0 0 の特性に影響を与える可能性がある。

【 0 0 3 6 】

突起部 1 7 0 は、その全体又はその先端を例えば A u , P t 等の酸化されにくい金属で構成することが好ましい。突起部 1 7 0 の全体又はその先端を A u , P t 等の酸化されにくい金属で構成することにより、第 2 の基体 1 5 0 と第 2 の構造体 1 3 0 との陽極接合の際に、重量部 1 3 2 が第 2 の基体 1 5 0 に静電引力により引き寄せられても、重量部 1 3 2 及び突起部 1 7 0 と第 2 の基体 1 5 0 が付着してしまうことを防止できる。第 2 の基体 1 5 0 を構成するガラス ( S i O <sub>2</sub> ) の酸素原子が突起部 1 7 0 と結びついて付着してしまうことを防止できるためである。

【 0 0 3 7 】

突起部 1 7 0 の形状は、例えば略直方体にすることができるが、直方体に限定されるものではなく任意の形状でかまわない。突起部 1 7 0 の高さは、付着防止部として十分機能しうるように、駆動用電極 1 5 4 a や検出用電極 1 5 4 b ~ 1 5 4 e の厚さよりも大きいことが好ましく、例えば 1 μ m にすることができる。

【 0 0 3 8 】

ブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j は、それぞれブロック上層部 1 1 4 a ~ 1 1 4 j と対応する略正方形の断面形状を有し、接合部 1 2 0 によってブロック上層部 1 1 4 a ~ 1 1 4 j と接合される。ブロック上層部 1 1 4 a ~ 1 1 4 h 及びブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 h を接合したブロックを、以下、それぞれ「ブロック a ~ h」と称する。ブロック a ~ h は、それぞれ検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e , 1 5 4 b ~ 1 5 4 e に電源を供給するための配線の用途で用いられる。ブロック上層部 1 1 4 i , 1 1 4 j 及びブロック下層部 1 3 4 i , 1 3 4 j をそれぞれ接合したブロック ( 以下、それぞれ「ブロック i , j」と称する ) は、変位部 1 1 2 を Z 軸方向に振動させるための配線の用途で用いられる。なお、これらの詳細は後述する。

【 0 0 3 9 】

接合部 1 2 0 は、既述のように、第 1 , 第 2 の構造体 1 1 0 , 1 3 0 を接続するものである。接合部 1 2 0 は、接続部 1 1 3 の所定の領域及び固定部 1 1 1 と、台座 1 3 1 とを接続する接合部 1 2 1 と、変位部 1 1 2 a ~ 1 1 2 e と重量部 1 3 2 a ~ 1 3 3 e を接続する接合部 1 2 2 ( 1 2 2 a ~ 1 2 2 e ) と、ブロック上層部 1 1 4 a ~ 1 1 4 j とブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j を接続する接合部 1 2 3 ( 1 2 3 a ~ 1 2 3 j ) と、に区分される。接合部 1 2 0 は、これ以外の部分では、第 1 , 第 2 の構造体 1 1 0 , 1 3 0 を接続していない。接続部 1 1 3 a ~ 1 1 3 d の撓み、および重量部 1 3 2 の変位を可能と

10

20

30

40

50



するためである。

なお、接合部 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3 は、シリコン酸化膜をエッチングすることで構成可能である。

【 0 0 4 0 】

第 1 の構造体 1 1 0 と第 2 の構造体 1 3 0 とを必要な部分で導通させるため、導通部 1 6 0 ~ 1 6 2 を形成している。

導通部 1 6 0 は、固定部 1 1 1 と台座 1 3 1 とを導通するものであり、固定部 1 1 1 の突出部 1 1 1 b 及び接合部 1 2 1 を貫通している。

導通部 1 6 1 は、変位部 1 1 2 と重量部 1 3 2 とを導通するものであり、変位部 1 1 2 a 及び接合部 1 2 2 を貫通している。

導通部 1 6 2 は、ブロック上層部 1 1 4 a , 1 1 4 b , 1 1 4 e , 1 1 4 f , 1 1 4 i とブロック下層部 1 3 4 a , 1 3 4 b , 1 3 4 e , 1 3 4 f , 1 3 4 i とをそれぞれ導通するものであり、ブロック上層部 1 1 4 a , 1 1 4 b , 1 1 4 e , 1 1 4 f , 1 1 4 i 及び接合部 1 2 3 をそれぞれ貫通している。

導通部 1 6 0 ~ 1 6 2 は、例えば、貫通孔の縁、壁面及び底部に、例えば、A l のような金属層が形成されたものである。なお、貫通孔の形状は特に制限されないが、A l 等のスパッタ等により金属層を効果的に形成できるため、導通部 1 6 0 ~ 1 6 2 の貫通孔を上広の錐状の形状にすることが好ましい。

【 0 0 4 1 】

第 1 の基体 1 4 0 は、例えばガラス材料からなり、略直方体の外形を有し、枠部 1 4 1 と底板部 1 4 2 とを有する。枠部 1 4 1 及び底板部 1 4 2 は、基板に略直方体状（例えば、縦横 2 . 5 mm , 深さ 5 μ m ）の凹部 1 4 3 を形成することで作成できる。

【 0 0 4 2 】

枠部 1 4 1 は、外周、内周が共に略正方形の枠形状の基板形状である。枠部 1 4 1 の外周は、固定部 1 1 1 の外周と一致し、枠部 1 4 1 の内周は、固定部 1 1 1 の内周よりも小さい。

底板部 1 4 2 は、外周が枠部 1 4 1 と略同一の略正方形の基板形状である。

第 1 の基体 1 4 0 に凹部 1 4 3 が形成されているのは、変位部 1 1 2 が変位するための空間を確保するためである。変位部 1 1 2 以外の第 1 の構造体 1 1 0 , すなわち固定部 1 1 1 及びブロック上層部 1 1 4 a ~ 1 1 4 j は、第 1 の基体 1 4 0 と、例えば陽極接合によって接合される。

【 0 0 4 3 】

底板部 1 4 2 上（第 1 の基体 1 4 0 の裏面上）には、変位部 1 1 2 と対向するように駆動用電極 1 4 4 a , 検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e が配置されている。駆動用電極 1 4 4 a , 検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e は、いずれも導電性材料で構成することができる。駆動用電極 1 4 4 a は、例えば十字形状で、変位部 1 1 2 a に対向するように凹部 1 4 3 の中央近傍に形成されている。検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e は、それぞれ略正方形で、駆動用電極 1 4 4 a を 4 方向（X 軸正方向、X 軸負方向、Y 軸正方向、Y 軸負方向）から囲み、それぞれ順に変位部 1 1 2 b ~ 1 1 2 e と対向して配置される。駆動用電極 1 4 4 a , 検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e は、それぞれ離間している。

【 0 0 4 4 】

駆動用電極 1 4 4 a には、ブロック上層部 1 1 4 i の上面と電氣的に接続される配線層 L 1 が接続されている。検出用電極 1 4 4 b には、ブロック上層部 1 1 4 b の上面と電氣的に接続される配線層 L 4 , 検出用電極 1 4 4 c には、ブロック上層部 1 1 4 e の上面と電氣的に接続される配線層 L 5 , 検出用電極 1 4 4 d には、ブロック上層部 1 1 4 f の上面と電氣的に接続される配線層 L 6 , 検出用電極 1 4 4 e には、ブロック上層部 1 1 4 a の上面と電氣的に接続される配線層 L 7 がそれぞれ接続されている。

【 0 0 4 5 】

駆動用電極 1 4 4 a , 検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e , 及び配線層 L 1 , L 4 ~ L 7 の構成材料には、例えば、N d を含有する A l を用いることができる。

10

20

30

40

50

駆動用電極 144a, 検出用電極 144b ~ 144e 等に Nd 含有 Al を用いることで、後述する熱処理工程（第 1 の基体 140 又は第 2 の基体 150 の陽極接合や、ゲッター材料の活性化）の際に、駆動用電極 144a, 検出用電極 144b ~ 144e 等にヒロックが発生することを抑制できる。ここでいうヒロックとは、例えば、半球状の突起物をいう。これにより、駆動用電極 144a と、変位部 112a の上面に形成された駆動用電極 E1（駆動用電極 144a と容量性結合する）との間の距離や、検出用電極 144b ~ 144e と、変位部 112b ~ 112e の上面にそれぞれ形成された検出用電極 E1（検出用電極 144b ~ 144e とそれぞれ順に容量性結合する）との間の距離の寸法精度を高くすることができる。このように駆動用電極 144a, E1 間、検出用電極 144b ~ 144e, E1 間の寸法精度を高くできるので、その結果、静電容量値のばらつきを低減でき、製品間の特性のばらつきを抑えることが可能である。

10

## 【0046】

第 2 の基体 150 は、例えばガラス材料からなり、略正方形の基板形状である。重量部 132 以外の第 2 の構造体 130, すなわち台座 131 及びブロック下層部 134a ~ 134j は、第 2 の基体 150 と、例えば陽極接合によって接合される。重量部 132 は、台座 131 及びブロック下層部 134a ~ 134j よりも高さが低いため、第 2 の基体 150 と接合されない。重量部 132 と第 2 の基体 150 との間に間隙（ギャップ）を確保し、重量部 132 の変位を可能にするためである。

## 【0047】

第 2 の基体 150 の上面上には、重量部 132 と対向するように駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e が配置されている。駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e は、いずれも導電性材料で構成することができる。駆動用電極 154a は、例えば十字形状で、重量部 132a に対向するように第 2 の基体 150 の上面の中央近傍に形成されている。検出用電極 154b ~ 154e は、それぞれ略正方形で、駆動用電極 154a を 4 方向（X 軸正方向, X 軸負方向, Y 軸正方向, Y 軸負方向）から囲み、それぞれ順に重量部 132b ~ 132e に対向して配置される。駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e は、それぞれ離間している。

20

## 【0048】

駆動用電極 154a には、ブロック下層部 134j の裏面と電氣的に接続される配線層 L2 が接続されている。

30

検出用電極 154b には、ブロック下層部 134c の裏面と電氣的に接続される配線層 L8, 検出用電極 154c には、ブロック下層部 134d の裏面と電氣的に接続される配線層 L9, 検出用電極 154d には、ブロック下層部 134g の裏面と電氣的に接続される配線層 L10, 検出用電極 154e には、ブロック下層部 134h の裏面と電氣的に接続される配線層 L11 がそれぞれ接続されている。

## 【0049】

駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e, 及び配線層 L2, L8 ~ L11 の構成材料には、例えば、Nd を含有する Al を用いることができる。

駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e 等に Nd 含有 Al を用いることで、後述する熱処理工程（第 2 の基体 150 の陽極接合や、ゲッター材料の活性化）の際に、駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e 等にヒロックが発生することを抑制できる。これにより、駆動用電極 154a と、重量部 132a の下面に形成された駆動用電極 E1（駆動用電極 154a と容量性結合する）との間の距離や、検出用電極 154b ~ 154e と、重量部 132b ~ 132e の上面にそれぞれ形成された検出用電極 E1（検出用電極 154b ~ 154e とそれぞれ順に容量性結合する）との間の距離の寸法精度を高くすることができる。このように駆動用電極 154a, E1 間、検出用電極 154b ~ 154e, E1 間の寸法精度を高くできるので、その結果、静電容量値のばらつきを低減でき、製品間の特性のばらつきを抑えることが可能である。

40

## 【0050】

第 2 の基体 150 には、第 2 の基体 150 を貫通する配線用端子 T（T1 ~ T11）が

50

設けられており、角速度センサ 100 の外部から駆動用電極 144 a, 154 a, 検出用電極 144 b ~ 144 e, 154 b ~ 154 e への電氣的接続を可能としている。

【0051】

配線用端子 T1 の上端は、台座 131 の突出部 131 b の裏面に接続されている。配線用端子 T2 ~ T9 は、それぞれブロック下層部 134 a ~ 134 h の裏面に接続されている（配線用端子 T2 ~ T9 の T2 ~ T9 の番号順と、ブロック下層部 134 a ~ 134 h の 134 a ~ 134 h のアルファベット順とは、それぞれ対応している）。配線用端子 T10, T11 は、それぞれブロック下層部 134 i, 134 j の裏面に接続されている。

【0052】

配線用端子 T は、図 10, 図 11 に示すように、例えば上広の錐状貫通孔の縁、壁面及び底部に、例えば A1 等の金属膜が形成されたものであり、導通部 160 ~ 162 と同様の構造をしている。配線用端子 T は、外部回路と、例えばワイヤボンディングで接続するための接続端子として使用できる。

なお、図 1 ~ 図 11 では、第 1 の構造体 110, 接合部 120, 第 2 の構造体 130 の見やすさを考慮して、第 2 の基体 150 が下に配置されるように図示している。配線用端子 T と外部回路とを、例えばワイヤボンディングで接続する場合には、角速度センサ 100 の第 2 の基体 150 を例えば上になるように配置して容易に接続することができる。

【0053】

（角速度センサ 100 の動作、配線）

角速度センサ 100 の配線、及び電極について説明する。

図 12 は、図 10 に示す角速度センサ 100 における 6 組の容量素子を示す断面図である。図 11 では、電極として機能する部分をハッチングで示している。なお、図 11 では 6 組の容量素子を図示しているが、前述したように角速度センサ 100 には、10 組の容量素子が形成される。

10 組の容量素子の一方の電極は、第 1 の基体 140 に形成された駆動用電極 144 a, 検出用電極 144 b ~ 144 e, 及び第 2 の基体 150 に形成された駆動電極 154 a, 検出用電極 154 b ~ 154 e である。

10 組の容量素子のもう一方の電極は、変位部 112 a の上面の駆動用電極 E1, 変位部 112 b ~ 112 e の上面にそれぞれ形成された検出用電極 E1, 重量部 132 a の下面の駆動用電極 E1, 及び重量部 132 b ~ 132 e の下面にそれぞれ形成された検出用電極 E1 である。すなわち、変位部 112 及び重量部 132 を接合したブロックは、10 組の容量性結合の共通電極として機能する。第 1 の構造体 110 及び第 2 の構造体 130 は、導電性材料（不純物が含まれるシリコン）から構成されているため、変位部 112 及び重量部 132 を接合したブロックは、電極として機能することができる。

【0054】

コンデンサーの容量は、電極間の距離に反比例するため、変位部 112 の上面及び重量部 132 の下面に駆動用電極 E1 や検出用電極 E1 があるものと仮定している。すなわち、駆動用電極 E1 や検出用電極 E1 は、変位部 112 の上面や、重量部 132 の下面の表層に別体として形成されているわけではない。変位部 112 の上面や、重量部 132 の下面が駆動用電極 E1 や検出用電極 E1 として機能すると捉えている。

【0055】

第 1 の基体 140 に形成された駆動用電極 144 a, 検出用電極 144 b ~ 144 e は、それぞれ順に、配線層 L1, L4 ~ L7 を介してブロック上層部 114 i, 114 b, 114 e, 114 f, 114 a と電氣的に接続されている。また、ブロック上層部 114 i, 114 b, 114 e, 114 f, 114 a とブロック下層部 134 i, 134 b, 134 e, 134 f, 134 a とはそれぞれ導通部 162 で導通されている。

第 2 の基体 150 に形成された駆動用電極 154 a, 検出用電極 154 b ~ 154 e は、それぞれ順に、配線層 L2, L8 ~ L11 を介してブロック下層部 134 j, 134 c, 134 d, 134 g, 134 h と電氣的に接続されている。

【0056】

10

20

30

40

50

したがって、これらの駆動用電極 144a, 154a, 検出用電極 144b ~ 144e, 154b ~ 154e に対する配線は、ブロック下層部 134a ~ 134j の下面に接続すればよい。配線用端子 T2 ~ T9 は、それぞれブロック下層部 134a ~ 134h の下面に配置され、配線用端子 T10, T11 は、それぞれブロック下層部 134i, 134j の下面に配置されている。

【0057】

以上より、配線用端子 T2 ~ T11 は、それぞれ順に、検出用電極 144e, 144b, 154b, 154c, 144c, 144d, 154d, 154e, 駆動用電極 144a, 154a と電氣的に接続されている。

【0058】

駆動用電極 E1, 検出用電極 E1 は、変位部 112 の上面及び重量部 132 の下面からそれぞれなっている。変位部 112 及び重量部 132 は、導通部 161 で導通されており、いずれも導電性材料で構成されている。台座 131 及び固定部 111 は、導通部 160 で導通されており、いずれも導電性材料で構成されている。変位部 112 と接続部 113 と固定部 111 は、導電性材料により一体的に構成されている。したがって、駆動用電極 E1, 検出用電極 E1 に対する配線は、台座 131 の下面に接続すればよい。配線用端子 T1 は、台座 131 の突出部 131b の下面に配置されており、配線用端子 T1 は、駆動用電極 E1, 検出用電極 E1 と電氣的に接続されている。

【0059】

以上のように、第1の構造体 110, 及び第2の構造体 130 を導電性材料（不純物が含まれるシリコン）で構成しているため、ブロック上層部 114a ~ 114j, 及びブロック下層部 134a ~ 134j が接合されたブロック a ~ j に配線としての機能をもたせることができ、容量素子に対する配線を簡略にすることが可能である。

【0060】

角速度センサ 100 による角速度の検出の原理を説明する。

(1) 変位部 112 の振動

駆動用電極 144a, E1 間に電圧を印加すると、クーロン力によって駆動用電極 144a, E1 が互いに引き合い、変位部 112（重量部 132 も）は Z 軸正方向に変位する。また、駆動用電極 154a, E1 間に電圧を印加すると、クーロン力によって駆動用電極 154a, E1 が互いに引き合い、変位部 112（重量部 132 も）は Z 軸負方向に変位する。即ち、駆動用電極 144a, E1 間、駆動用電極 154a, E1 間への電圧印加を交互に行うことで、変位部 112（重量部 132 も）は Z 軸方向に振動する。この電圧の印加は正又は負の直流波形（非印加時も考慮するとパルス波形）、半波波形等を用いることができる。

【0061】

変位部 112 の振動の周期は電圧を切り換える周期で決まってくる。この切換の周期は変位部 112 の固有振動数にある程度近接していることが好ましい。変位部 112 の固有振動数は、接続部 113 の弾性力や重量部 132 の質量等で決定される。変位部 112 に加えられる振動の周期が固有振動数に対応しないと、変位部 112 に加えられた振動のエネルギーが発散されてエネルギー効率が低下する。

【0062】

なお、駆動用電極 144a, E1 間、又は駆動用電極 154a, E1 間のいずれか一方のみに、変位部 112 の固有振動数の 1/2 の周波数の交流電圧を印加してもよい。

【0063】

(2) 角速度に起因するコリオリ力の発生

重量部 132（変位部 112）が Z 軸方向に速度  $v_z$  で移動しているときに角速度  $\omega_x$  が印加されると重量部 132 にコリオリ力  $F$  が作用する。具体的には、X 軸方向の角速度  $\omega_x$  および Y 軸方向の角速度  $\omega_y$  それぞれに応じて、Y 軸方向のコリオリ力  $F_y (= 2 \cdot m \cdot v_z \cdot \omega_x)$  および X 軸方向のコリオリ力  $F_x (= 2 \cdot m \cdot v_z \cdot \omega_y)$  が重量部 132 に作用する（ $m$  は、重量部 132 の質量）。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 4 】

X軸方向の角速度  $\omega_x$  によるコリオリ力  $F_y$  が印加されると、変位部 1 1 2 に Y 方向への傾きが生じる。このように、角速度  $\omega_x$ 、 $\omega_y$  に起因するコリオリ力  $F_y$ 、 $F_x$  によって変位部 1 1 2 に Y 方向、X 方向の傾き（変位）が生じる。

## 【 0 0 6 5 】

## ( 3 ) 変位部 1 1 2 の変位の検出

変位部 1 1 2 の傾きは検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e、1 5 4 b ~ 1 5 4 e によって検出することができる。変位部 1 1 2 に Y 正方向のコリオリ力  $F_y$  が印加されると、検出用電極 E 1（変位部 1 1 2 c の上面）、1 4 4 c 間、検出用電極 E 1（重量部 1 3 2 e の下面）、1 5 4 e 間の距離は小さくなり、検出用電極 E 1（変位部 1 1 2 e の上面）、1 4 4 e 間、検出用電極 E 1（重量部 1 3 2 c の下面）、1 5 4 c 間の距離は大きくなる。この結果、検出用電極 E 1（変位部 1 1 2 c の上面）、1 4 4 c 間、検出用電極 E 1（重量部 1 3 2 e の下面）、1 5 4 e 間の容量は大きくなり、検出用電極 E 1（変位部 1 1 2 e の上面）、1 4 4 e 間、検出用電極 E 1（重量部 1 3 2 c の下面）、1 5 4 c 間の容量は小さくなる。即ち、検出用電極 E 1 と検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e、1 5 4 b ~ 1 5 4 e との間の容量の差に基づいて、変位部 1 1 2 の X、Y 方向の傾きの変化を検出し、検出信号として取り出すことができる。

## 【 0 0 6 6 】

以上のように、駆動用電極 1 4 4 a、E 1、駆動用電極 1 5 4 a、E 1 によって変位部 1 1 2 を Z 方向に振動させ、検出用電極 E 1、1 4 4 b ~ 1 4 4 e、1 5 4 b ~ 1 5 4 e によって変位部 1 1 2 の X 方向、Y 方向への傾きを検出する（駆動用電極 1 4 4 a、E 1（変位部 1 1 2 a の上面）、駆動用電極 1 5 4 a、E 1（重量部 1 3 2 a の下面）は振動付与部として、検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e、1 5 4 b ~ 1 5 4 e、E 1（変位部 1 1 2 b ~ 1 1 2 e の上面、重量部 1 3 2 b ~ 1 3 2 e の下面）は変位検出部として機能する）。この結果、角速度センサ 1 0 0 による Y 方向、X 方向（2 軸）の角速度  $\omega_y$ 、 $\omega_x$  の測定が可能となる。

## 【 0 0 6 7 】

## ( 4 ) 検出信号からのバイアス成分の除去

検出用電極 1 4 4 b ~ 1 4 4 e、1 5 4 b ~ 1 5 4 e、E 1 から出力される信号は、重量部 1 3 2 に印加される角速度  $\omega_y$ 、 $\omega_x$  に起因する成分のみではない。この信号には重量部 1 3 2 に印加される X 軸、Y 軸方向の加速度  $a_x$ 、 $a_y$  に起因する成分も含まれる。加速度  $a_x$ 、 $a_y$  によっても変位部 1 1 2 の変位が生じうるからである。

## 【 0 0 6 8 】

検出信号から加速度成分を除去し角速度成分を得るには、それらの成分の特性の相違を利用することができる。重量部 1 3 2（質量  $m$ ）に角速度（ $\omega_z$ ）が印加されたときの力  $F_z$ （ $= 2 \cdot m \cdot v_z \cdot \omega_z$ ）は重量部 1 3 2 の Z 軸方向の速度  $v_z$  に依存する。一方、重量部 1 3 2（質量  $m$ ）に加速度（ $a_z$ ）が印加されたときの力  $F_z$ （ $= m \cdot a_z$ ）は重量部 1 3 2 の振動には依存しない。即ち、検出信号の角速度成分は変位部 1 1 2 の振動に対応して周期的に変化する一種の振幅成分であり、検出信号の加速度成分は変位部 1 1 2 の振動に対応しない一種のバイアス成分である。

検出信号からバイアス成分を除去することで、検出信号から角速度成分の抽出、即ち、角速度の測定を行うことができる。例えば、検出信号の周波数分析によって変位部 1 1 2 の振動数と同様の振動成分を抽出する。

## 【 0 0 6 9 】

## ( 角速度センサ 1 0 0 の作成 )

角速度センサ 1 0 0 の作成工程につき説明する。

図 1 3 は、角速度センサ 1 0 0 の作成手順の一例を表すフロー図である。また、図 1 4 A ~ 図 1 4 K は、図 1 3 の作成手順における角速度センサ 1 0 0 の状態を表す断面図である（図 1 に示す角速度センサ 1 0 0 を C - C で切断した断面に相当する）。図 1 4 A ~ 図 1 4 K は、図 1 1 の角速度センサ 1 0 0 を上下逆に配置したものに对应する。

## 【0070】

(1) 半導体基板Wの用意(ステップS10, および図14A)

図14Aに示すように, 第1, 第2, 第3の層11, 12, 13の3層を積層してなる半導体基板Wを用意する。

## 【0071】

第1, 第2, 第3の層11, 12, 13はそれぞれ, 第1の構造体110, 接合部120, 第2の構造体130を構成するための層であり, ここでは, 不純物が含まれるシリコン, 酸化シリコン, 不純物が含まれるシリコンからなる層とする。

不純物が含まれるシリコン/酸化シリコン/不純物が含まれるシリコンという3層の積層構造をもった半導体基板Wは, 不純物が含まれるシリコン基板上にシリコン酸化膜を積層した基板と, 不純物が含まれるシリコン基板とを接合後, 後者の不純物が含まれるシリコン基板を薄く研磨することで作成できる(いわゆるSOI基板)。

10

## 【0072】

ここで, 不純物が含まれるシリコン基板は, 例えば, チョクラルスキー法によるシリコン単結晶の製造において, ボロンをドーピングすることにより製造できる。

シリコンに含まれる不純物としては, 例えばボロンを挙げることができる。ボロンが含まれるシリコンとしては, 例えば, 高濃度のボロンを含み, 抵抗率が $0.001 \sim 0.01 \text{ cm}$ のものを使用できる。

## 【0073】

なお, ここでは第1の層11と第3の層13とを同一材料(不純物が含まれるシリコン)によって構成するものとするが, 第1, 第2, 第3の層11, 12, 13のすべてを異なる材料によって構成してもよい。

20

## 【0074】

(2) 第1の構造体110の作成(第1の層11のエッチング, ステップS11, および図14B)

第1の層11をエッチングすることにより, 開口115を形成し, 第1の構造体110を形成する。即ち, 第1の層11に対して浸食性を有し, 第2の層12に対して浸食性を有しないエッチング方法を用いて, 第1の層11の所定領域(開口115a~115d)に対して, 第2の層12の上面が露出するまで厚み方向にエッチングする。

## 【0075】

第1の層11の上面に, 第1の構造体110に対応するパターンをもったレジスト層を形成し, このレジスト層で覆われていない露出部分を垂直下方に侵食する。このエッチング工程では, 第2の層12に対する浸食は行われないので, 第1の層11の所定領域(開口115a~115d)のみが除去される。

30

図14Bは, 第1の層11に対して, 上述のようなエッチングを行い, 第1の構造体110を形成した状態を示す。

## 【0076】

(3) 接合部120の作成(第2の層12のエッチング, ステップS12, および図14C)

第2の層12をエッチングすることにより, 接合部120を形成する。即ち, 第2の層12に対しては浸食性を有し, 第1の層11および第3の層13に対しては浸食性を有しないエッチング方法により, 第2の層12に対して, その露出部分から厚み方向および層方向にエッチングする。

40

## 【0077】

このエッチング工程では, 別途, レジスト層を形成する必要はない。即ち, 第1の層11の残存部分である第1の構造体110が, 第2の層12に対するレジスト層として機能する。エッチングは, 第2の層12の露出部分に対してなされる。

## 【0078】

第2の層12に対するエッチング工程(ステップS12)では, 次の2つの条件を満たすエッチング法を行う必要がある。第1の条件は, 厚み方向とともに層方向への方向性を

50

もつことであり、第2の条件は、酸化シリコン層に対しては浸食性を有するが、シリコン層に対しては浸食性を有しないことである。

第1の条件は、不要な部分に酸化シリコン層が残存して重量部132の変位の自由度を妨げることがないようにするために必要な条件である。第2の条件は、既に所定形状への加工が完了しているシリコンからなる第1の構造体110や第3の層13に浸食が及ばないようにするために必要な条件である。

【0079】

第1、第2の条件を満たすエッチング方法として、バッファド弗酸（例えば、HF = 5.5 wt %、NH<sub>4</sub>F = 20 wt %の混合水溶液）をエッチング液として用いるウェットエッチングを挙げることができる。また、CF<sub>4</sub>ガスとO<sub>2</sub>ガスとの混合ガスを用いたRIE法によるドライエッチングも適用可能である。

10

【0080】

(4) 導通部160～162の形成（ステップS13、および図14D）

導通部160～162の形成は、次のa、bのようにして行われる。

a. 錐状貫通孔の形成

第1の構造体110及び第2の層12の所定の箇所をウェットエッチングし、第2の層12まで貫通するような錐状貫通孔を形成する。エッチング液としては、第1の構造体110のエッチングでは、例えば、20% TMAH（水酸化テトラメチルアンモニウム）を用いることができ、第2の層12のエッチングでは、例えば、バッファド弗酸（例えば、HF = 5.5 wt %、NH<sub>4</sub>F = 20 wt %の混合水溶液）を用いることができる。

20

【0081】

b. 金属層の形成

第1の構造体110の上面及び錐状貫通孔内に、例えばAlを蒸着法やスパッタ法等により堆積させて、導通部160～162を形成する。第1の構造体110の上面に堆積した不要な金属層（導通部160～162の上端の縁（図示せず）の外側の金属層）はエッチングで除去する。

【0082】

(5) 第1の基体140の接合（ステップS14、および図14E）

1) 第1の基体140の作成

絶縁性材料からなる基板、例えば、ガラス基板をエッチングして凹部143を形成し、駆動用電極144a、検出用電極144b～144e、及び配線層L1、L4～L7を、例えばNdを含むAlからなるパターンによって所定の位置に形成する。

30

【0083】

2) 半導体基板Wと第1の基体140の接合

半導体基板Wと第1の基体140とを、例えば陽極接合により接合する。

第2の構造体130の作成前に第1の基体140を陽極接合している。重量部132を形成する前に、第1の基体140を陽極接合しているため、接続部113a～113dには厚みの薄い領域が存在せず可撓性を有していないため、静電引力が生じても変位部112は第1の基体140に引き寄せられない。このため、第1の基体140と変位部112との接合を防止することができる。

40

図14Eは、半導体基板Wと第1の基体140とを接合した状態を示す。

【0084】

(6) 第2の構造体130（第3の層13のエッチング・突起部170の作成、ステップS15、および図14F～図14H）

第2の構造体130の作成は、次のa～cのようにして行われる。

a. ギャップ10の形成（図14F）

第3の層13の上面に、重量部132の形成領域及びその近傍を除いてレジスト層を形成し、このレジスト層で覆われていない露出部分（重量部132の形成領域及びその近傍）を垂直下方へと侵食させる。この結果、重量部132の形成される領域の上部に重量部132の変位を可能とするためのギャップ10が形成される。

50

## 【 0 0 8 5 】

b. 突起部 1 7 0 の形成 ( 図 1 4 G )

ギャップ 1 0 形成後、重量部 1 3 2 の形成される領域の上面の所定位置に突起部 1 7 0 を作成する。

重量部 1 3 2 の形成される領域の上面に、例えば Cr 層、Au 層の順に金属層を蒸着法やスパッタ法等により形成する。不要な金属層 ( 突起部 1 7 0 の外側の金属層 ) をエッチングにより除去し、突起部 1 7 0 を形成する。

## 【 0 0 8 6 】

従来、第 2 の基体 1 5 0 と第 2 の構造体 1 3 0 との陽極接合の際 ( 2 枚目のガラス基板を陽極接合する際 ) に、重量部 1 3 2 が第 2 の基体 1 5 0 に静電引力により引き寄せられて接合されて付着してしまい、重量部 1 3 2 が作動せず、角速度センサ 1 0 0 として機能しない状態になる可能性があった。

突起部 1 7 0 を設けることによって、第 2 の基体 1 5 0 と第 2 の構造体 1 3 0 との陽極接合の際に、重量部 1 3 2 が第 2 の基体 1 5 0 に静電引力により引き寄せられても、重量部 1 3 2 と第 2 の基体 1 5 0 が付着してしまうことを抑制できる。突起部 1 7 0 を設けた場合には、第 2 の基体 1 5 0 との接触面積が、突起部 1 7 0 を設けない場合と比較して小さいためである。

## 【 0 0 8 7 】

突起部 1 7 0 の先端を例えば Au 等の酸化されにくい金属で構成しているため、第 2 の基体 1 5 0 と第 2 の構造体 1 3 0 との陽極接合の際に、重量部 1 3 2 が第 2 の基体 1 5 0 に静電引力により引き寄せられても、重量部 1 3 2 及び突起部 1 7 0 と第 2 の基体 1 5 0 が付着してしまうことを防止できる。第 2 の基体 1 5 0 を構成するガラス ( SiO<sub>2</sub> ) の酸素原子が突起部 1 7 0 と結びついて付着してしまうことを防止できるためである。

## 【 0 0 8 8 】

c. 第 2 の構造体 1 3 0 の形成 ( 図 1 4 H )

突起部 1 7 0 が形成された第 3 の層 1 3 をエッチングすることにより、開口 1 3 3、ブロック下層部 1 3 4 a ~ 1 3 4 j、及びポケット 1 3 5 を形成し、第 2 の構造体 1 3 0 を形成する。即ち、第 3 の層 1 3 に対して浸食性を有し、第 2 の層 1 2 に対して浸食性を有しないエッチング方法により、第 3 の層 1 3 の所定領域 ( 開口 1 3 3 ) に対して、厚み方向へのエッチングを行う。

## 【 0 0 8 9 】

第 3 の層 1 3 の上面に、第 2 の構造体 1 3 0 に対応するパターンをもったレジスト層を形成し、このレジスト層で覆われていない露出部分を垂直下方に侵食する。

図 1 4 H は、第 3 の層 1 3 に対して、上述のようなエッチングを行い、第 2 の構造体 1 3 0 を形成した状態を示す。

## 【 0 0 9 0 】

以上の製造プロセスにおいて、第 1 の構造体 1 1 0 を形成する工程 ( ステップ S 1 1 ) と、第 2 の構造体 1 3 0 を形成する工程 ( ステップ S 1 5 ) では、以下のようなエッチング法を行う必要がある。

第 1 の条件は、各層の厚み方向への方向性を持つことである、第 2 の条件は、シリコン層に対しては浸食性を有するが、酸化シリコン層に対しては浸食性を有しないことである。

## 【 0 0 9 1 】

第 1 の条件を満たすエッチング方法として、誘導結合型プラズマエッチング法 ( ICP エッチング法 : Inductively-Coupled Plasma Etching Method ) を挙げることができる。このエッチング法は、垂直方向に深い溝を掘る際に効果的な方法であり、一般に、DRIE ( Deep Reactive Ion Etching ) と呼ばれているエッチング方法の一種である。

この方法では、材料層を厚み方向に浸食しながら掘り進むエッチング段階と、掘った穴の側面にポリマーの壁を形成するデポジション段階と、を交互に繰り返す。掘り進んだ穴の側面は、順次ポリマーの壁が形成されて保護されるため、ほぼ厚み方向にのみ浸食を進

10

20

30

40

50



ませることが可能になる。

【0092】

一方、第2の条件を満たすエッチングを行うには、酸化シリコンとシリコンとでエッチング選択性を有するエッチング材料を用いればよい。例えば、エッチング段階では、 $SF_6$ ガス、および $O_2$ ガスの混合ガスを、デポジション段階では、 $C_4F_8$ ガスを用いることが考えられる。

【0093】

なお、上述した突起部170の形成(b)と第2の構造体130の形成(c)は順序を入れ替えることができる。

【0094】

(7) 第2の基体150の接合(ステップS16, および図14I)

1) 第2の基体150の作成

絶縁性材料からなる基板に、駆動用電極154a, 検出用電極154b~154e, 及び配線層L2, L8~L11を、例えばNdを含むAlからなるパターンによって所定の位置に形成する。また、第2の基体150をエッチングすることにより、配線用端子T1~T11を形成するための上広の錐状貫通孔10を所定の箇所に11個形成する。

【0095】

2) 半導体基板Wと第2の基体150の接合

ポケット135にゲッター材料(例えばサエスゲッターズジャパン社製, 商品名 非蒸発ゲッターSt122)を入れて、第2の基体150と半導体基板Wとを、例えば陽極接合により接合する。

重量部132の裏面に、先端を例えばAu等の酸化されにくい金属で構成している突起部170が設けられている。そのため、前述したように、第2の基体150と第2の構造体130との陽極接合の際に、静電引力により重量部132が第2の基体150に引き寄せられた場合であっても、重量部132及び突起部170が第2の基体150に付着してしまうことを防止できる。

図14Iは、半導体基板Wと第2の基体150とを接合した状態を示す。

【0096】

(8) 配線用端子T1~T11の形成(ステップS17, および図14J)

第2の基体150の上面及び錐状貫通孔10内に、例えばCr層, Au層の順に金属層を蒸着法やスパッタ法等により形成する。不要な金属層(配線用端子Tの上端の縁の外側の金属層)をエッチングにより除去し、配線用端子T1~T11を形成する。

【0097】

(9) 半導体基板W, 第1の基体140, 第2の基体150のダイシング(ステップS18および図14K)

例えば、400の熱処理によってポケット135中のゲッター材料を活性化した後、互いに接合された半導体基板W, 第1の基体140, 及び第2の基体150にダイシングソー等で切れ込みを入れて、個々の角速度センサ100に分離する。

【0098】

(変形例)

以上の角速度センサ100は、突起部170の全体又はその先端を例えばAu, Pt等の酸化されにくい金属で構成している。

これに対して、突起部を例えばシリコン酸化物や、シリコン窒化物等の絶縁性材料で構成してもよい。

【0099】

図15は、この変形例に係る角速度センサの主要な部分を表す一部断面図である。

この変形例に係る角速度センサは、例えばシリコン酸化物やシリコン窒化物等の絶縁性材料で構成される突起部170aを、重量部132aの上面に有している。突起部170aを設けることによって、第2の基体150と第2の構造体130との陽極接合の際に、重量部132が第2の基体150に静電引力により引き寄せられて、重量部132及び突

10

20

30

40

50

起部 170a と第 2 の基体 150 とが付着してしまうことを抑制できる。すなわち，突起部 170a は第 2 の基体 150 に対する付着防止部として機能する。

【0100】

突起部 170a は，第 2 の基体 150 と対向する重量部 132 の裏面上の，駆動用電極 154a，及び検出用電極 154b ~ 154e の配置されていない領域と対応する領域に，配置されている。突起部 170a が，駆動用電極 154a，及び検出用電極 154b ~ 154e の配置されていない領域と対応する領域に設けられているのは，第 2 の基体 150 と第 2 の構造体 130 との陽極接合の際に，静電引力により突起部 170a が駆動用電極 154a，及び検出用電極 154b ~ 154e に押し付けられてめり込み，付着してしまうことを防止するためである。

10

図 6 に示す第 1 の実施形態の突起部 170 と同様に，この変形例に係る突起部 170a も，重量部 132a の裏面の，駆動用電極 154a と検出用電極 154b ~ 154e との間に対応する領域にそれぞれ 1 つずつ合計 4 個設けられている。

【0101】

突起部 170a の形状は，例えば略直方体にすることができるが，直方体に限定されるものではなく任意の形状でかまわない。突起部 170a の高さは，付着防止部として十分機能するように，駆動用電極 154a や検出用電極 154b ~ 154e の厚さよりも大きいことが好ましく，例えば 1 μm にすることができる。

【0102】

ここで，第 2 の基体 150 と第 2 の構造体 130 との陽極接合の際に，重量部 132 が第 2 の基体 150 に静電引力により引き寄せられた場合に，シリコン酸化物やシリコン窒化物等の絶縁性材料で構成された突起部 170a が付着防止部として機能する原理を説明する。

20

図 16 は，第 2 の基体 150 と第 2 の構造体 130 との陽極接合の際に，重量部 132 が第 2 の基体 150 に静電引力により引き寄せられて，突起部 170a と第 2 の基体 150 が接触した状態を示す図である。陽極接合により，第 2 の基体 150 から陽イオンが移動した結果，第 2 の基体 150 の重量部 132 に近い側の表面近傍には，マイナスの空間電荷層 180 が形成されている。突起部 170a をコンデンサ C1，空間電荷層 180 をコンデンサ C2，第 2 の基体 150 を抵抗 R とみなすことができるので，図 16 の構造は，抵抗 R と 2 つのコンデンサ C1，C2 が直列接続された，図 17 に示す等価回路で表現

30

【0103】

電圧を印加した瞬間 ( $t = 0$ ) では，電荷が蓄積されていないのでコンデンサ C1，C2 にかかる電圧はゼロであり，全電圧が抵抗 R に印加されている。

十分長い時間が経った後 ( $t = \infty$ ) では，電流はゼロになり，電圧は 2 つのコンデンサ C1，C2 に印加されている。実際は空間電荷層 180 にかかる電圧は十分小さく，突起部 170a に全電圧が印加されていると近似することができる。十分長い時間が経った後に，突起部 170a に蓄積されたエネルギー  $W$  は，下記の式 (1) で表される。

$$W = (1/2) C V_0^2 \quad \dots\dots \text{式 (1)}$$

【0104】

ここで， $C = \epsilon_r \epsilon_0 (S/d)$  はコンデンサ容量， $V_0$  は印加電圧， $\epsilon_r$  は比誘電率， $\epsilon_0$  は真空の誘電率， $S$  は突起部 170a の断面積， $d$  は突起部 170a の高さ (図 16 での重量部 132 と第 2 の基体 150 との間の距離に等しい。) である。

40

【0105】

コンデンサ C1 の電極間の引力  $F$  は，下記の式 (2) で表される。

$$F = - (d/dx) \times \epsilon_r \epsilon_0 V_0^2 / 2 d^2 \quad \dots\dots \text{式 (2)}$$

したがって，第 2 の基体 150 の陽極接合をした場合に，重量部 132 が第 2 の基体 150 に静電引力により引き寄せられて，突起部 170a と第 2 の基体 150 が接触した状態では，重量部 132 と第 2 の基体 150 とに働く静電引力は，突起部 170a の高さ  $d$  の 2 乗に反比例する。そのため，陽極接合の際に，重量部 132 が第 2 の基体 150 に静

50

電引力により引き寄せられた場合であっても、突起部 170 a を設けることによって、重量部 132 と第 2 の基体 150 との間の距離を大きくすることができるので、静電引力を小さくすることができる。このように、シリコン酸化物やシリコン窒化物等の絶縁性材料で構成される突起部 170 a は、陽極接合の際の重量部 132 及び突起部 170 a の第 2 の基体 150 への付着を抑制する付着防止部として機能する。

#### 【0106】

次に、突起部 170 a の作成方法について説明する。

この変形例では、第 1 の実施形態での角速度センサ 100 の作成方法におけるステップ S15 (第 2 の構造体 130 の形成)での、突起部 170 の作成に代えて、シリコン酸化物やシリコン窒化物等の絶縁性材料で構成される突起部 170 a を作成する。

10

重量部 132 の形成される領域の上面に、例えば CVD 法によりシリコン窒化物層を形成し、レジストをマスクとして RIE (Reactive Ion Etching) で突起部 170 a を形成することができる。

#### 【0107】

(第 2 の実施形態)

図 18 は、本発明の第 2 の実施形態に係る角速度センサ 200 を分解した状態を表す分解斜視図である。図 19 は、図 18 の D-D に沿って切断した状態を表す断面図である。図 1、図 11 に共通する部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

#### 【0108】

図 18、図 19 に示すように、本実施形態の角速度センサ 200 は、第 1 の実施形態での角速度センサ 100 と、以下の点において相違している。

20

第 1 に、本実施形態の角速度センサ 200 は、第 1 の実施形態での角速度センサ 100 の第 2 の基体 150 に形成された配線用端子 T1 ~ T11 に代えて、第 1 の基体 240 に配線用端子 T1 a ~ T11 a が形成されている。

第 2 に、本実施形態の角速度センサ 200 は、第 1 の実施形態での角速度センサ 100 のブロック上層部 114 a, 114 b, 114 e, 114 f, 114 i に形成された導通部 162 に代えて、ブロック上層部 114 c, 114 d, 114 g, 114 h, 114 j にそれぞれ導通部 262 を備えている。

#### 【0109】

導通部 262 は、ブロック上層部 114 c, 114 d, 114 g, 114 h, 114 j とブロック下層部 134 c, 134 d, 134 g, 134 h, 134 j とをそれぞれ導通するものであり、ブロック上層部 114 c, 114 d, 114 g, 114 h, 114 j 及び接合部 123 をそれぞれ貫通している。導通部 262 の構造は、第 1 の実施形態での導通部 160 ~ 162 と同様である。

30

#### 【0110】

第 1 の基体 240 は、例えばガラス材料からなり、略直方体の外形を有し、枠部 241 と底板部 242 とを有する。枠部 241 及び底板部 242 は、基板に略直方体状 (例えば、縦横 2.5 mm, 深さ 5 μm) の凹部 243 を形成することで作成できる。

#### 【0111】

第 1 の基体 240 には、枠部 241 及び底板部 242 を貫通する配線用端子 T a (T1 a ~ T11 a) が設けられており、角速度センサ 200 の外部から駆動用電極 144 a, 154 a や、検出用電極 144 b ~ 144 e, 154 b ~ 154 e への電氣的接続を可能としている。配線用端子 T1 a ~ T11 a の構造は、第 1 の実施形態での配線用端子 T1 ~ T11 と同様である。

40

#### 【0112】

配線用端子 T1 a の下端は、固定部 111 の突出部 111 b の上面に接続されている。配線用端子 T2 a ~ T9 a の下端は、それぞれブロック上層部 114 a ~ 114 h の上面に接続されている (配線用端子 T2 a ~ T9 a の T2 a ~ T9 a の番号順と、ブロック上層部 114 a ~ 114 h の 114 a ~ 114 h のアルファベット順とは、それぞれ対応している)。配線用端子 T10 a, T11 a は、それぞれブロック上層部 114 i, 114

50

jの上面に接続されている。

【0113】

したがって、配線用端子T2a～T11aは、第1の実施形態での配線用端子T2～T11と同様に、それぞれ順に、検出用電極144e、144b、154b、154c、144c、144d、154d、154e、駆動用電極144a、154aと電氣的に接続されている。

また、配線用端子T1aは、第1の実施形態での配線用端子T1と同様に、変位部112の上面及び重量部132の下面に形成される電極E1と電氣的に接続されている。

【0114】

第2の基体250の陽極接合によって、第2の基体250から陽イオンが移動した結果、第2の基体250の重量部132に近い側の表面近傍には、マイナスの空間電荷層が形成される。本実施形態においては、第2の基体250の陽極接合時に、駆動用電極154a、検出用電極154b～154eは、駆動用電極154a、検出用電極154b～154eにそれぞれ電氣的に接続されている配線用端子T11a、T4a、T5a、T8a、T9aを介して、外部のグランドにそれぞれ電氣的に接続されている（接地している）。これらの接地された駆動用電極154a、検出用電極154b～154eは、第2の基体250の表面近傍に形成されたマイナスの空間電荷層を被覆しているため、静電力を遮断するシールド層として機能する。そのため、第2の基体250の陽極接合の際に、重量部132の下面と第2の基体250の上面に働く静電引力を低減することができるので、重量部132及び突起部170と第2の基体250との付着を抑制することが可能である。

【0115】

また、重量部132の裏面上の、駆動用電極154a、及び検出用電極154b～154eの配置されていない領域と対応する領域には、突起部170が設けられている。そのため、前述したように、第2の基体150と第2の構造体130との陽極接合の際に、重量部132が第2の基体150に静電引力により引き寄せられても、重量部132及び突起部170と第2の基体150との付着を抑制できる。

なお、全体又はその先端を例えばAu、Pt等の酸化されにくい金属で構成された突起部170に代えて、シリコン酸化物や、シリコン窒化物等の絶縁性材料で構成された突起部170aを設けてもよい。

【0116】

以上のように、角速度センサ200及びその製造方法によれば、第2の基体250の陽極接合時に、駆動用電極154a、検出用電極154b～154eをシールド層として機能させることができ、なおかつ、重量部132の裏面上に設けられた突起部170を接合防止部として機能させることができる。そのため、角速度センサ200及びその製造方法によれば、第2の基体250を陽極接合する際に、重量部132及び突起部170と第2の基体250との付着をより確実に抑制することができる。

【0117】

また、本実施形態においては、第2の基体250の陽極接合時に、駆動用電極144a、検出用電極144b～144eは、駆動用電極144a、検出用電極144b～144eにそれぞれ電氣的に接続されている配線用端子T10a、T3a、T6a、T7a、T2aを介して、外部のグランドにそれぞれ電氣的に接続されている（接地している）。そのため、第1の基体240の表面近傍にマイナスの空間電荷層が形成された場合であっても、駆動用電極144a、検出用電極144b～144eは第1の基体240の表面を被覆しているため、静電力を遮断するシールド層として機能する。そのため、第2の基体250の陽極接合の際に、変位部112の上面と第1の基体240の下面に働く静電引力を低減することができるので、変位部112と第1の基体240との付着をより一層抑制することが可能である。

【0118】

さらに、本実施の形態では、半導体基板Wと第2の基体250との陽極接合時には、重量部132と電氣的に接続されている配線用端子T1aと、駆動用電極144a、154

a, 検出用電極 144b ~ 144e, 154b ~ 154e に電氣的に接続されている配線用端子 T2a ~ T11a とを導線等により外部で電氣的に接続する。

【0119】

これにより, 第2の基体 250 の陽極接合時には, 第2の基体 250 の上面に配置された駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e と, 重量部 132 の下面は導通されて, 等電位となる。等電位である, 駆動用電極 154a・検出用電極 154b ~ 154e と, 重量部 132 の下面には静電引力が働かないため, 角速度センサ 200 及びその製造方法では, 第2の基体 250 の陽極接合の際に, 重量部 132 及び突起部 170 と第2の基体 250 との付着をより一層抑制することができる。

【0120】

また, 第2の基体 250 の陽極接合時には, 第1の基体 240 の上面に配置された駆動用電極 144a, 検出用電極 144b ~ 144e と, 変位部 112 の上面は導線等により外部で電氣的に接続されている。このように, 駆動用電極 144a, 検出用電極 144b ~ 144e と, 変位部 112 の上面は導通されているので等電位である。等電位である, 駆動用電極 144a・検出用電極 144b ~ 144e と, 変位部 112 の上面には静電引力が働かないため, 角速度センサ 200 及びその製造方法では, 第2の基体 250 の陽極接合の際に, 変位部 112 と第1の基体 240 との付着をより一層抑制することができる。

【0121】

角速度センサ 200 の作成工程について説明する。

図 20 は, 角速度センサ 200 の作成手順の一例を表すフロー図である。

本実施形態の角速度センサ 200 の作成方法は, 第1の実施形態での角速度センサ 100 の作成方法と, 以下の点において相違している。

【0122】

第1に, 本実施形態では, 第1の実施形態での角速度センサ 100 の作成方法におけるステップ 17 での第2の基体 150 への配線用端子 T1 ~ T11 の形成に代えて, ステップ 25 において第2の基体 240 に配線用端子 T1a ~ T11a を形成する。

第2に, 本実施形態では, ステップ 47 での第2の基体 250 の接合において, 駆動用電極 144a, 154a, 検出用電極 144b ~ 144e, 154b ~ 154e に電氣的に接続されている配線用端子 T2a ~ T11a と, 外部のグランドとをそれぞれ電氣的に接続している(接地している)。

第3に, 本実施形態では, ステップ 47 での第2の基体 250 の接合において, 重量部 132 と電氣的に接続されている配線用端子 T1a と, 駆動用電極 144a, 154a, 検出用電極 144b ~ 144e, 154b ~ 154e に電氣的に接続されている配線用端子 T2a ~ T11a とを導線等により外部で電氣的に接続している。

第3に, ステップ 28 において配線用端子 T1a と配線用端子 T2a ~ T11a とを角速度センサ 200 の外部で接続している例えば導線を除去する。

【0123】

(変形例)

なお, 本実施形態では, 第2の基体 250 の陽極接合時に, 駆動用電極 154a, 検出用電極 154b ~ 154e を接地してシールド層として機能させている。また, 重量部 132 の裏面上の駆動用電極 154a 及び検出用電極 154b ~ 154e が配置されていない領域と対応する領域に, 突起部 170 を設けて接合防止部として機能させている。

これに対して, 突起部 170 を設けることに代えて, シールド層として機能する駆動用電極 154a, 及び検出用電極 154b ~ 154e の面積を第2の実施形態よりも大きくして, その結果, 駆動用電極 154a, 及び検出用電極 154b ~ 154e の隙間の面積の総和を小さくしてもよい。駆動用電極 154a, 及び検出用電極 154b ~ 154e の隙間の面積の総和を小さくすることにより, 第2の基体 250 の陽極接合の際に, 重量部 132 と第2の基体 250 との間に働く静電引力を小さくできるので, 重量部 132 と第2の基体 250 との付着を抑制することが可能である。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 4 】

(その他の実施形態)

本発明の実施形態は上記の実施形態に限られず拡張，変更可能であり，拡張，変更した実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

例えば，角速度センサ 1 0 0 ， 2 0 0 では，第 1 の構造体 1 1 0 及び第 2 の構造体 1 3 0 (突起部 1 7 0 を除く)に，導電性材料(不純物が含まれるシリコン)を用いた場合を例に説明したが，必ずしも全体がすべて導電性材料で構成されている必要はない。少なくとも，駆動用電極 E 1 ，検出用電極 E 1 や，配線用端子 T 1 0 とブロック上層部 1 1 4 i の上面との間を導通する部分等のような必要な部分が導電性材料によって構成されていてもよい。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 1 2 5 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る角速度センサを分解した状態を表す分解斜視図である。

【図 2】図 1 の角速度センサを分解した状態を表す分解斜視図である。

【図 3】第 1 の構造体の上面図である。

【図 4】接合部の上面図である。

【図 5】第 2 の構造体の上面図である。

【図 6】第 2 の構造体の下面図である。

【図 7】第 1 の基体の下面図である。

20

【図 8】第 2 の基体の上面図である。

【図 9】第 2 の基体の下面図である。

【図 1 0】図 1 の B - B に沿って切断した状態を表す断面図である。

【図 1 1】図 1 の C - C に沿って切断した状態を表す断面図である。

【図 1 2】図 1 0 に示す角速度センサにおける 6 組の容量素子を示す断面図である。

【図 1 3】本発明の第 1 の実施形態に係る角速度センサの作成手順の一例を表すフロー図である。

【図 1 4 A】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 B】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 C】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

30

【図 1 4 D】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 E】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 F】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 G】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 H】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 I】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 J】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 4 K】図 1 3 の作成手順における角速度センサの状態を表す断面図である。

【図 1 5】変形例に係る角速度センサの主要な部分を表す一部断面図である。

【図 1 6】第 2 の基体と第 2 の構造体との陽極接合の際に，重量部が第 2 の基体に静電引力により引き寄せられて，突起部と第 2 の基体が接触した状態を示す図である。

40

【図 1 7】絶縁性材料で構成された突起部が付着防止部として機能する原理を示す説明図である。

【図 1 8】本発明の第 2 の実施形態に係る角速度センサを分解した状態を表す分解斜視図である。

【図 1 9】図 1 8 の D - D に沿って切断した状態を表す断面図である。

【図 2 0】本発明の第 2 の実施形態に係る角速度センサの作成手順の一例を表すフロー図である。

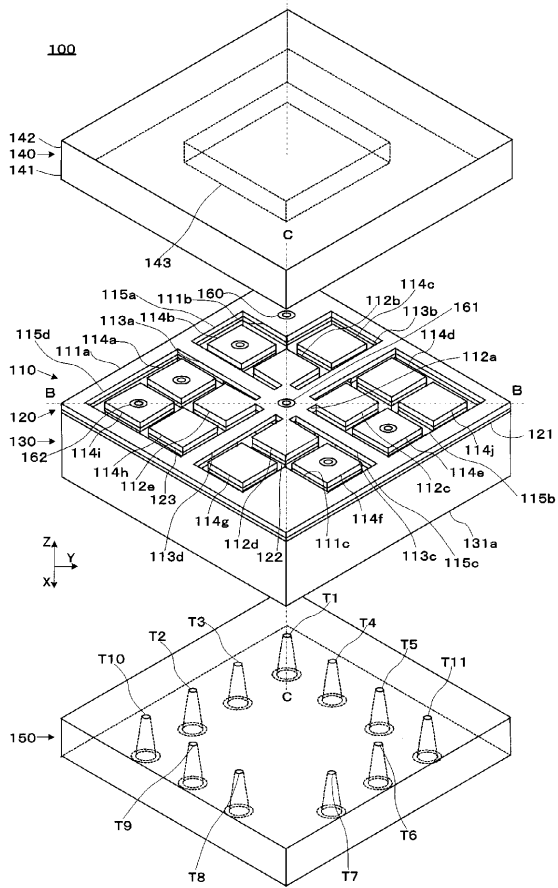
## 【符号の説明】

## 【 0 1 2 6 】

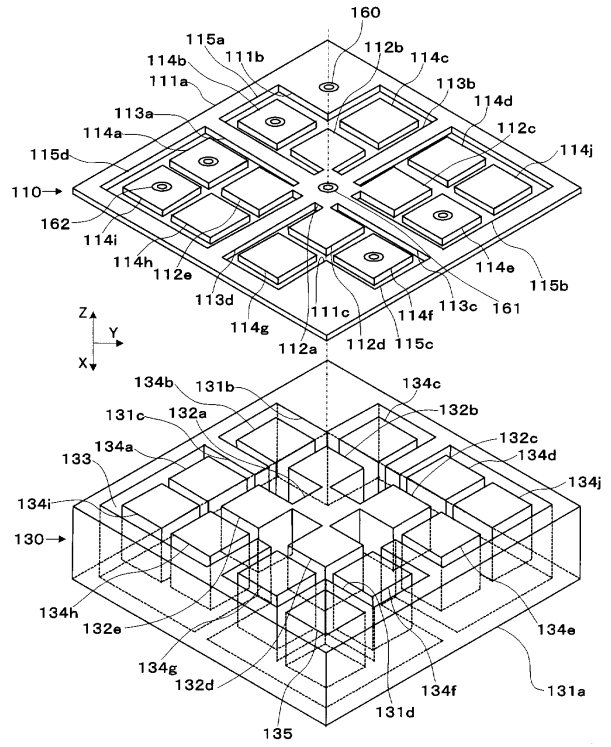
50

1 0 0 , 2 0 0	角速度センサ	
1 1 0	第 1 の構造体	
1 1 1	固定部	
1 1 1 a	枠部	
1 1 1 b , 1 1 1 c	突出部	
1 1 2 ( 1 1 2 a - 1 1 2 e )	変位部	
1 1 3 ( 1 1 3 a - 1 1 3 d )	接続部	
1 1 4 ( 1 1 4 a - 1 1 4 j )	ブロック上層部	
1 1 5 ( 1 1 5 a - 1 1 5 d )	開口	
1 2 0 , 1 2 1 , 1 2 2 , 1 2 3	接合部	10
1 3 0	第 2 の構造体	
1 3 1	台座	
1 3 1 a	枠部	
1 3 1 b ~ 1 3 1 d	突出部	
1 3 2 ( 1 3 2 a - 1 3 3 e )	重量部	
1 3 3	開口	
1 3 4 ( 1 3 4 a - 1 3 4 j )	ブロック下層部	
1 3 5	ポケット	
1 4 0 , 2 4 0	第 1 の基体	
1 4 1	枠部	20
1 4 2	底板部	
1 4 3	凹部	
1 4 4 a	駆動用電極	
1 4 4 b - 1 4 4 e	検出用電極	
1 5 0 , 2 5 0	第 2 の基体	
1 5 4 a	駆動用電極	
1 5 4 b - 1 5 4 e	検出用電極	
1 6 0 - 1 6 2 , 2 6 2	導通部	
1 7 0 , 1 7 0 a	突起部	
1 8 0	空間電荷層	30
1 0	ギャップ	
1 1	錘状貫通孔	
L 1 , L 2 , L 4 - L 1 1	配線層	
T 1 - T 1 1	配線用端子	
E 1	駆動用電極 , 検出用電極	

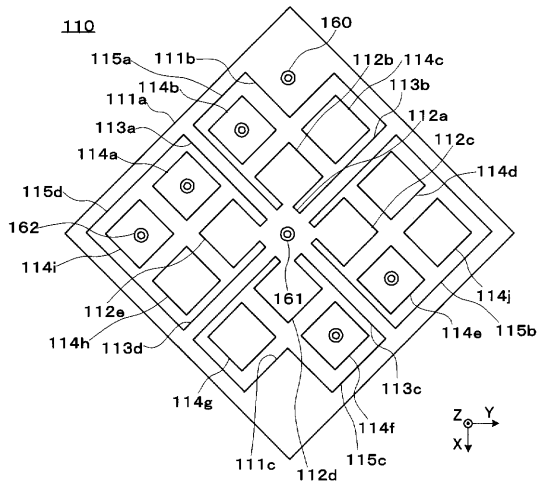
【図1】



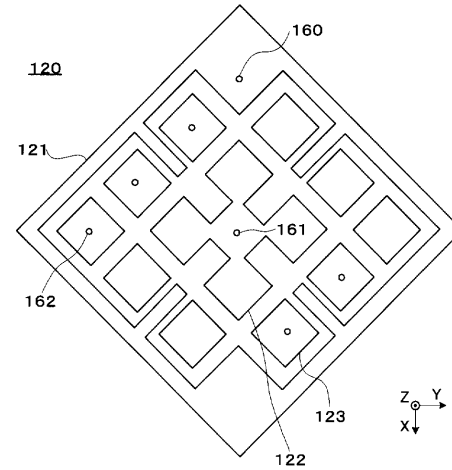
【図2】



【図3】

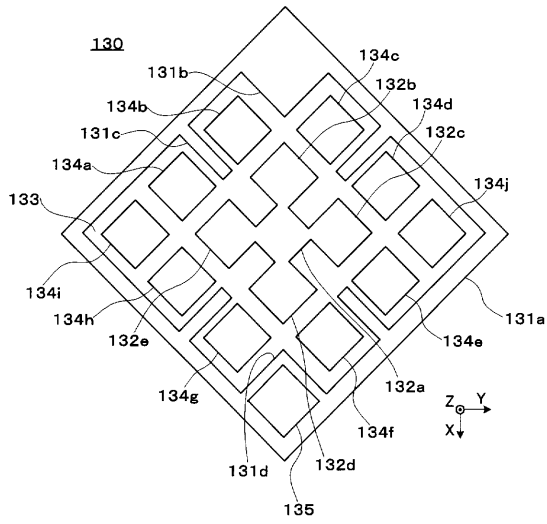


【図4】

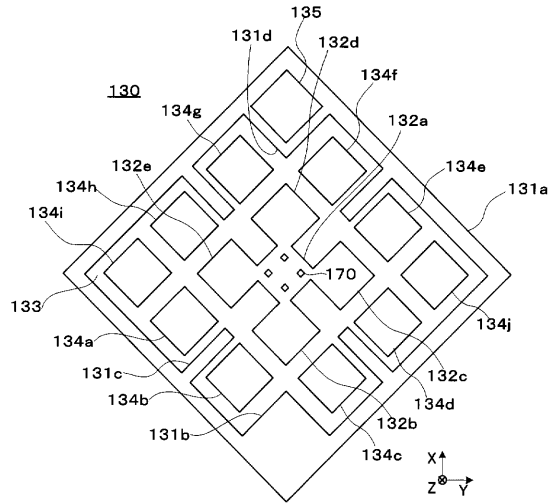




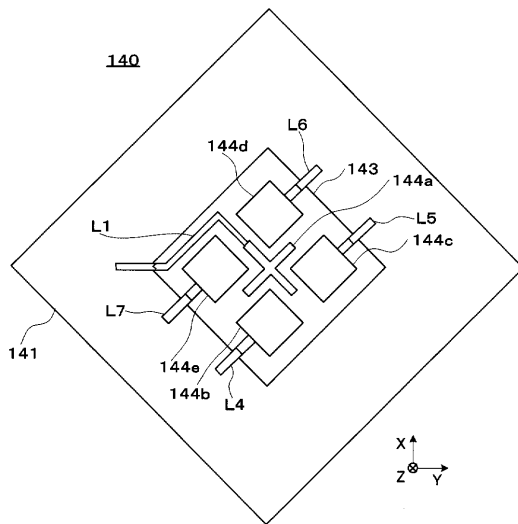
【 図 5 】



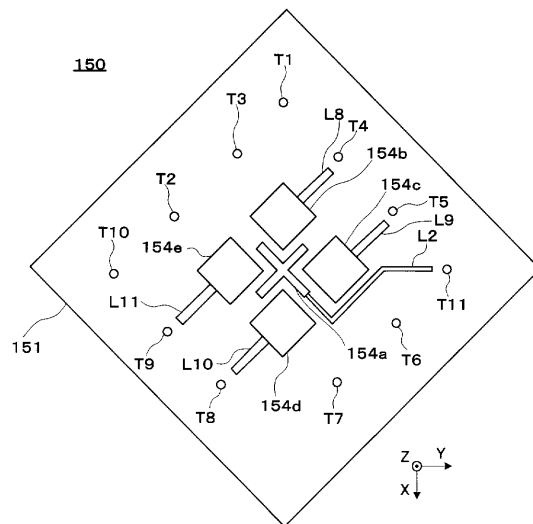
【 図 6 】



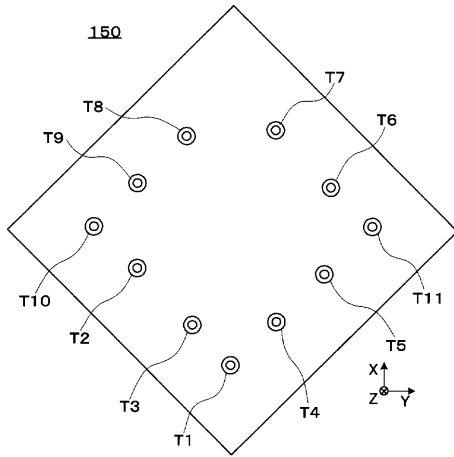
【 図 7 】



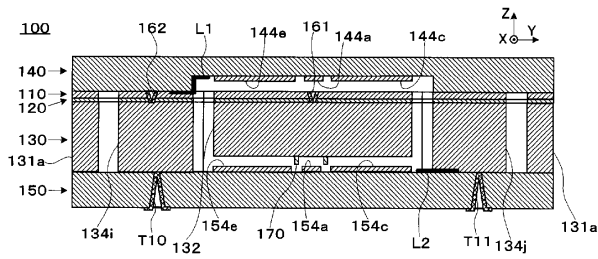
【 図 8 】



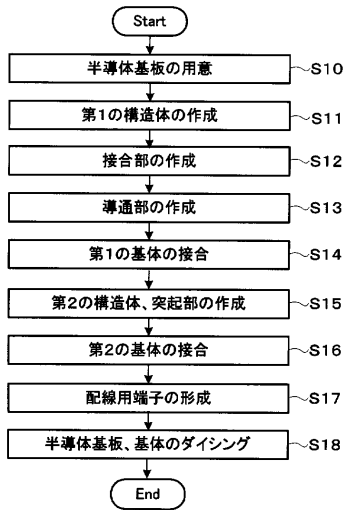
【図9】



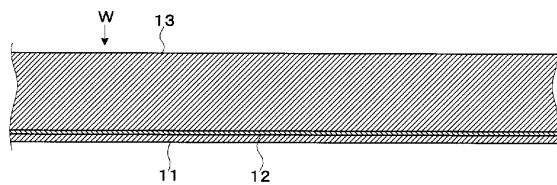
【図10】



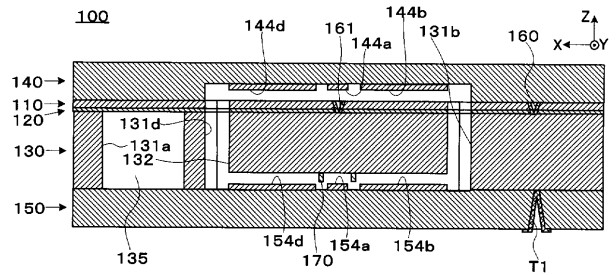
【図13】



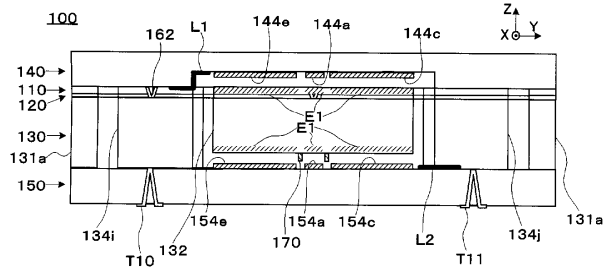
【図14A】



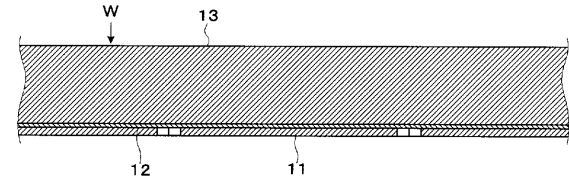
【図11】



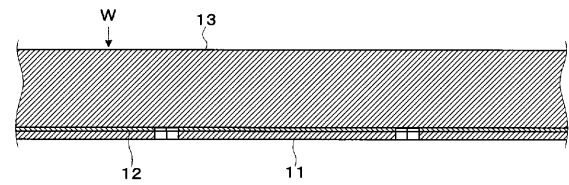
【図12】



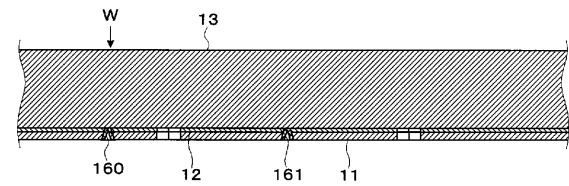
【図14B】



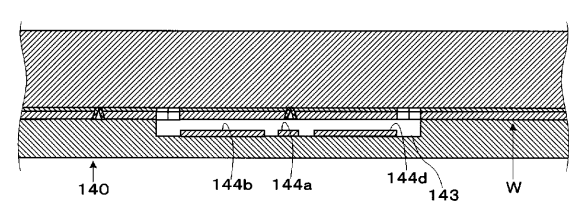
【図14C】




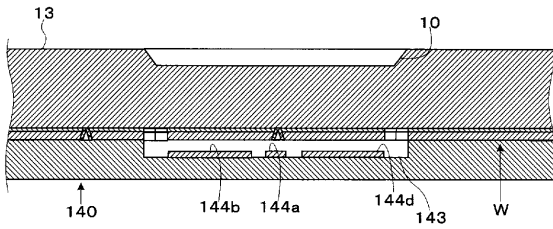
【図14D】




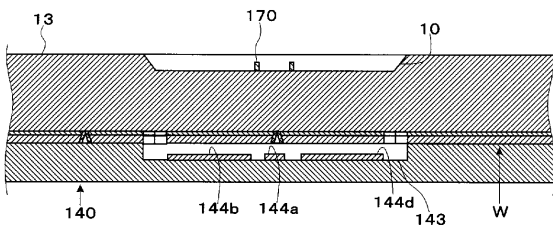
【図14E】




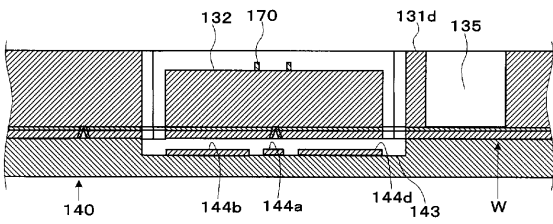
【 14 F】




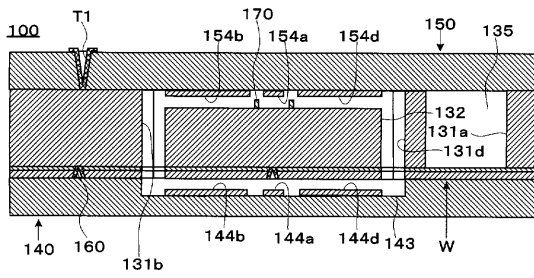
【 14 G】




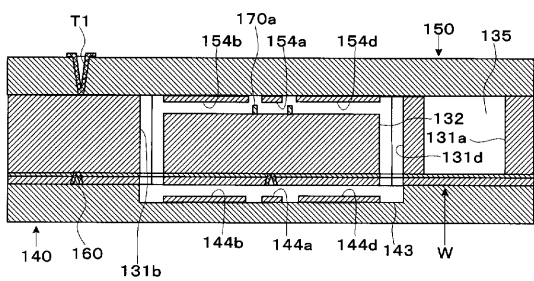
【 14 H】




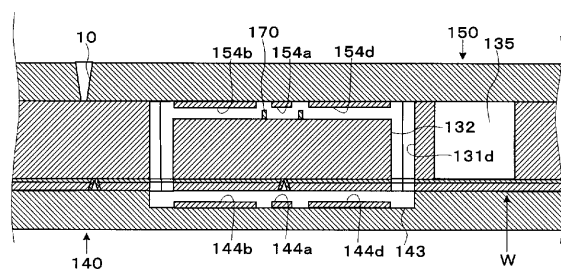
【 14 K】




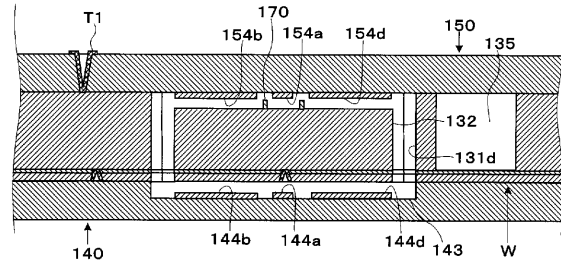
【 15】




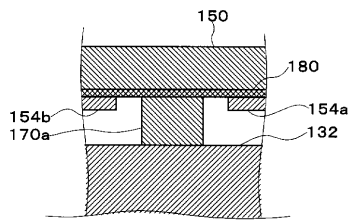
【 14 I】



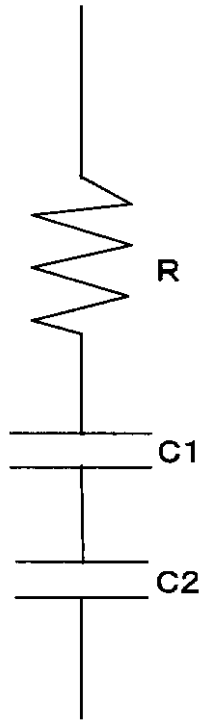
【 14 J】



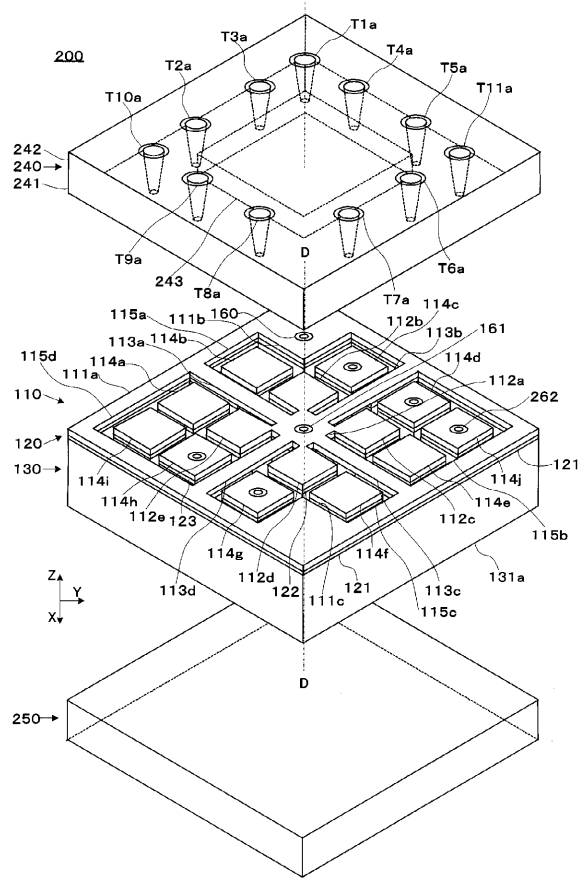
【 16】



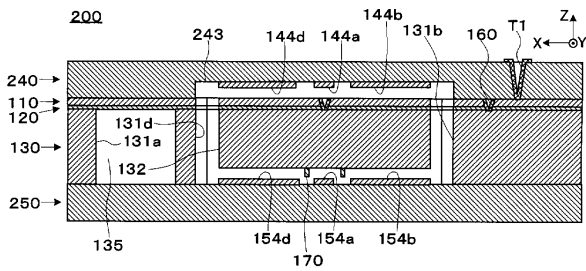
【図17】



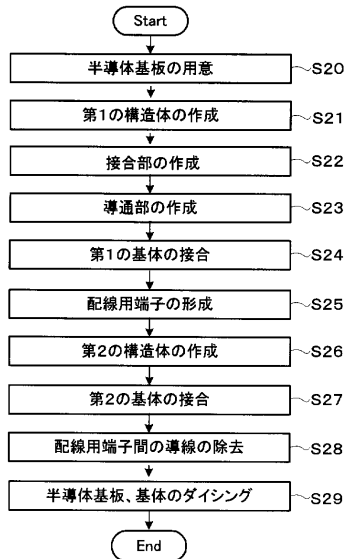
【図18】



【図19】



【図20】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-057469(JP,A)  
特開2005-127745(JP,A)  
特開2004-245753(JP,A)  
特開2005-265565(JP,A)  
特開2006-329885(JP,A)  
特開2004-144598(JP,A)  
特開2001-91262(JP,A)  
特開2005-292117(JP,A)  
国際公開第2002/103368(WO,A1)  
特開平11-173851(JP,A)  
特開2001-174265(JP,A)  
特開2006-46995(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56  
H01L 29/84