

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年12月31日 (31.12.2008)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/001815 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01C 19/56 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)  
G01P 9/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/061444
- (22) 国際出願日: 2008年6月24日 (24.06.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2007-167833 2007年6月26日 (26.06.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 森井 明雄 (MORII, Akio) [JP/JP]; 〒1628001 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 須山 佐一 (SUYAMA, Saichi); 〒1010046 東京都千代田区神田多町2丁目1番地 神田東山ビル Tokyo (JP).

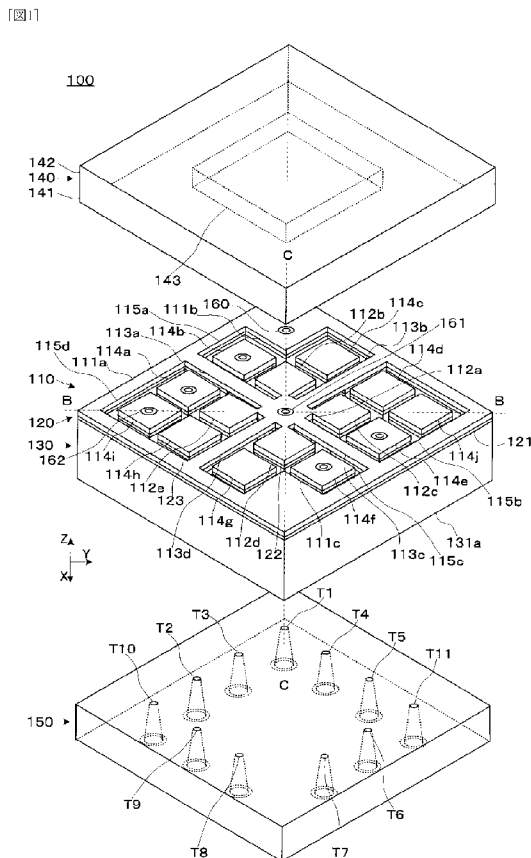
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY,

[ 続葉有 ]

(54) Title: MECHANICAL QUANTITY SENSOR AND ITS MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 力学量センサおよびその製造方法



(57) Abstract: A mechanical quantity sensor comprises a first structure having a fixed section having an opening, a movable section disposed in the opening and movable with respect to the fixed section, and a connection section for connecting the fixed section and the movable section, a second structure having a weight section joined to the movable section and a pedestal, and stacked on the first structure, and a base having a drive electrode and a sensing electrode both on the surface opposed to the weight section, connected to the pedestal, and stacked on the second structure. The second structure has a projection disposed in the area corresponding to the area of the surface of the weight section opposed to the base where the drive and sensing electrodes are not disposed and having a thickness larger than those of the drive and sensing electrodes.

(57) 要約: 力学量センサが、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の構造体と、前記変位部に接合される重量部と、前記固定部に接合される台座とを有し、前記第1の構造体に積層配置される第2の構造体と、前記重量部との対向面に配置される駆動用電極及び検出用電極を有し、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基体とを具備し、前記第2の構造体が、前記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、前記駆動用電極及び検出用電極よりも厚さが大きい突起部を有する。

WO 2009/001815 A1



KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

## 明 細 書

## 力学量センサおよびその製造方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、力学量を検出する力学量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對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公報

## 発明の開示

[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力学量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。

[0004] 本発明の一態様に係る力学量センサは、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。

[0005] 本発明の一態様に係る力学量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。

#### 図面の簡単な説明

- [0006] [図1]本発明の第1の実施形態に係る力学量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の力学量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。

[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10]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11]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12]図10に示す力学量センサにおける6組の容量素子を示す断面図である。

[図13]本発明の第1の実施形態に係る力学量センサの作成手順の一例を表すフロー図である。

[図14A]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14B]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14C]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14D]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14E]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14F]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14G]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14H]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14I]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14J]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図14K]図13の作成手順における力学量センサの状態を表す断面図である。

[図15]変形例に係る力学量センサの主要な部分を表す一部断面図である。

[図16]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。

[図17]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18]本発明の第2の実施形態に係る力学量センサを分解した状態を表す分解斜視図である。

[図19]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20]本発明の第2の実施形態に係る力学量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

- [0007] 100, 200 力学量センサ
- 110 第1の構造体
  - 111 固定部
  - 111a 枠部
  - 111b, 111c 突出部
  - 112(112a-112e) 変位部
  - 113(113a-113d) 接続部
  - 114(114a-114j) ブロック上層部
  - 115(115a-115d) 開口
  - 120, 121, 122, 123 接合部
  - 130 第2の構造体
  - 131 台座
  - 131a 枠部
  - 131b~131d 突出部
  - 132(132a-133e) 重量部
  - 133 開口
  - 134(134a-134j) ブロック下層部
  - 135 ポケット
  - 140, 240 第1の基体
  - 141 枠部
  - 142 底板部
  - 143 凹部
  - 144a 駆動用電極
  - 144b-144e 検出用電極

150, 250 第2の基体  
154a 駆動用電極  
154b-154e 検出用電極  
160-162、262 導通部  
170, 170a 突起部  
180 空間電荷層  
10 ギャップ  
11 錘状貫通孔  
L1, L2, L4-L11 配線層  
T1-T11 配線用端子  
E1 駆動用電極、検出用電極

発明を実施するための最良の形態

[0008] 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。

[0009] (第1の実施形態)

図1は力学量センサ100を分解した状態を表す分解斜視図である。力学量センサ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。

[0010] 図2は、力学量センサ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、力学量センサ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。

[0011] 力学量センサ100は、それ単体、あるいは回路基板と組み合わされて(例えば、基板への搭載)、電子部品として機能する。電子部品としての力学量センサ100は、ゲーム機やモバイル端末機(例えば、携帯電話)等への搭載が可能である。なお、力学量センサ100と回路基板(回路基板上のIC等の能動素子、配線用端子)は、ワイヤ

ボンディング、フリップチップ等によって電氣的に接続される。

- [0012] 力学量センサ100は、加速度 $\alpha$ 、角速度 $\omega$ の一方、または双方を測定できる。即ち、力学量は加速度 $\alpha$ 、角速度 $\omega$ の一方、または双方を意味する。X、Y、Z軸方向それぞれでの力 $F_{0x}$ 、 $F_{0y}$ 、 $F_{0z}$ による変位部112(後述する)の変位を検出することで、加速度 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ を測定できる。また、変位部112をZ軸方向に振動させ、Y、X軸方向それぞれでのコリオリ力 $F_y$ 、 $F_x$ による変位部112の変位を検出することで、X、Y軸方向それぞれの角速度 $\omega_x$ 、 $\omega_y$ を測定できる。このように、力学量センサ100は、3軸の加速度 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ および2軸の角速度 $\omega_x$ 、 $\omega_y$ を測定できる。なお、この詳細は後述する。
- [0013] 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。
- [0014] 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、力学量センサ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、力学量センサ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。
- [0015] 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。
- [0016] 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。
- [0017] 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

周のコーナ一部に配置され、変位部112bに向かって(X-Y平面のX方向を0°としたとき、0°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の内周のコーナ一部に配置され、変位部112dに向かって(X-Y平面のX方向を0°としたとき、180°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。

[0018] 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~112eは、外周が略正方形の基板であり、変位部112a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112a~112eはそれぞれ、接合部120によって後述の重量部132a~132eと接合され、固定部111に対して一体的に変位する。

[0019] 変位部112aの上面は、駆動用電極E1(後述する)として機能する。この変位部112aの上面の駆動用電極E1は、第1の基体140の下面に設置された後述する駆動用電極144a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。

[0020] 変位部112b~112eの上面は、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。この変位部112b~112eの上面の検出用電極は、第1の基体140の下面に設置された後述する検出用電極144b~144eとそれぞれ容量性結合する(変位部112のb~eのアルファベットと、検出用電極144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。

[0021] 接続部113a~113dは略長方形の基板であり、固定部111と変位部112aとを4方向(X-Y平面のX方向を0°としたとき、45°、135°、225°、315°方向)で接続する。

[0022] 接続部113a~113dは、枠部111aに近い側の領域では、台座131の突出部131c(後述する)と接合部120によって接合されている。接続部113a~113dのその他の領域、すなわち変位部112aに近い側の領域では、対応する領域に突出部131c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113a~113d

の枠部111aに近い側の領域が、突出部131cと接合されているのは、大きな撓みにより接続部113a～113dが損傷することを防止するためである。

[0023] 接続部113a～113dは、撓みが可能な梁として機能する。接続部113a～113dが撓むことで、変位部112が固定部111に対して変位可能である。具体的には、変位部112が固定部111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112は、固定部111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。

[0024] ブロック上層部114は、ブロック上層部114a～114jから構成される。ブロック上層部114a～114jは、略正方形の基板であり、固定部111の内周に沿い、かつ変位部112を周囲から囲むように配置される。

[0025] ブロック上層部114h、114aは、変位部112eの端面と対向する端面を有し、ブロック上層部114b、114cは、変位部112bの端面と対向する端面を有し、ブロック上層部114d、114eは、変位部112cの端面と対向する端面を有し、ブロック上層部114f、114gは、変位部112d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114a～114hはそれぞれ、変位部112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114i、ブロック上層部114jは、X-Y平面のX方向を $0^\circ$ としたとき、それぞれ $90^\circ$ 、 $270^\circ$ の方向に配置される。

[0026] ブロック上層部114a～114hはそれぞれ、接合部120によって後述するブロック下層部134a～134hと接合される(ブロック上層部114のa～hのアルファベットと、ブロック下層部134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114a～114hとブロック下層部134a～134hがそれぞれ接合されたブロックは、後述する検出用電極144b～144e、154b～154eに電源を供給するための配線の用途で用いられる。

[0027] ブロック上層部114i、114jは、接合部120によって後述するブロック下層部134i、134jとそれぞれ接合される。ブロック上層部114i、114jとブロック下層部134i、134jがそれぞれ接合されたブロックは、変位部112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。

- [0028] 第2の構造体130は、外形が略正方形であり、台座131(131a~131d)、重量部132(132a~132e)、ブロック下層部134(134a~134j)、及び突起部170から構成される。第2の構造体130は、半導体材料の基板をエッチングして開口133、ブロック下層部134a~134j、及びポケット135(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170を形成することで、作成可能である。なお、台座131と、ブロック下層部134a~134jは、互いに高さがほぼ等しく、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。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。台座131と、ブロック下層部134a~134jと、重量部132は、それぞれ離間して配置される。
- [0029] 台座131は、枠部131aと突出部131b~131dとに区分できる。
- [0030] 枠部131a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111の枠部111aと対応した形状を有する。
- [0031] 突出部131bは、枠部131aの内周のコーナー部に配置され、重量部132b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111の突出部111bと対応した形状を有する。
- [0032] 突出部131c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、45°、135°、225°、315°方向に枠部131aから重量部132aに向かってそれぞれ突出し、一端が台座131の枠部131aと接続され、他端は重量部132aと離間して配置されている。突出部131cは、接続部113a~113dと対応する領域のうち、枠部131a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132側の略半分の領域には形成されていない。
- [0033] 突出部131dは、枠部131aの内周のコーナー部に配置され、重量部132dに向かって(X-Y平面のX方向を0°としたとき、180°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135(開口)が形成されたもので、固定部111の突出部111cと接合されている。
- [0034] ポケット135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135の一方の開口端は接合部120によって蓋がされて

いる。ポケット135の他方の開口端は第2の基体150によって大部分に蓋がされているが、重量部132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132等が形成されている開口133とは一部で通じている(図示せず)。

- [0035] ゲッター材料は、真空封入された力学量センサ100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112(重量部132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。力学量センサ100に用いられるゲッター材料としては、例えば、チタンとZr-V-Fe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St122)を用いることができる。
- [0036] 枠部131aと突出部131b~131dは、一体的に構成されている。
- [0037] 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。
- [0038] 重量部132は、質量を有し、加速度 $\alpha$ 、角速度 $\omega$ それぞれに起因する力 $F_0$ 、コリオリ力 $F$ を受ける重錘、あるいは作用体として機能する。即ち、加速度 $\alpha$ 、角速度 $\omega$ が印加されると、重量部132の重心に力 $F_0$ 、コリオリ力 $F$ が作用する。
- [0039] 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。
- [0040] 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に加わった力 $F_0$ 、コリオリ力 $F$ に応じて変位部112が変位し、その結果、加速度 $\alpha$ 、角速度 $\omega$ の測定が可能となる。
- [0041] 重量部132a~132eによって、重量部132を構成しているのは、力学量センサ100の小型化と高感度化の両立を図るためである。力学量センサ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、力学量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、力学量センサ100の小型化と高感度化の両立が図られる。

- [0042] 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。
- [0043] 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。
- [0044] 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、付着してしまうことを防止するためである。
- [0045] 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。
- [0046] 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付着してしまい、重量部132が作動せず、力学量センサ100として機能しない状態になる可能性があった。
- [0047] 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、重量部132及び突起部170と第2の基体150とが付着してしまうことを抑制できる。突起部170を設けた場合には、第2の基体150との接触面積が、突起部170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170は第2の基体150に対する付着防止部として機能する。

- [0048] 前述のように、突起部170は電極154(駆動用電極154a、検出用電極154b~154e)間に対応する領域に配置される。即ち、突起部170は電極154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。
- [0049] 1)第2の基体150と第2の構造体130との陽極接合の際の、重量部132の第2の基体150への付着がより確実に防止される。即ち、突起部170の電極154への付着を防止できる。電極154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170が電極154と対向して配置されると、突起部170が電極154に食い込み、付着するおそれがある。
- [0050] 2)突起部170が電極154での信号に影響を与えにくい。即ち、突起部170を付加したことによる力学量センサ100の特性の変化が防止される。電極154に対向して突起部170を配置すると、電極154での信号、ひいては力学量センサ100の特性に影響を与える可能性がある。
- [0051] 突起部170は、そ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することが好ましい。突起部170の全体又はその先端をAu、Pt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が付着してしまうことを防止できる。第2の基体150を構成するガラス( $\text{SiO}_2$ )の酸素原子が突起部170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。
- [0052] 突起部170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170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 $1\ \mu\text{m}$ にすることができる。
- [0053] ブロック下層部134a~134jは、それぞれブロック上層部114a~114jと対応する略正方形の断面形状を有し、接合部120によってブロック上層部114a~114jと接合される。ブロック上層部114a~114h及びブロック下層部134a~134h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144b~144e、154b~154e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114i、114j及びブロック下層部134i、134j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112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。

- [0054] 接合部120は、既述のように、第1、第2の構造体110、130を接続するものである。接合部120は、接続部113の所定の領域及び固定部111と、台座131とを接続する接合部121と、変位部112a～112eと重量部132a～133eを接続する接合部122(122a～122e)と、ブロック上層部114a～114jとブロック下層部134a～134jを接続する接合部123(123a～123j)と、に区分される。接合部120は、これ以外の部分では、第1、第2の構造体110、130を接続していない。接続部113a～113dの撓み、および重量部132の変位を可能とするためである。
- [0055] なお、接合部121、122、123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。
- [0056] 第1の構造体110と第2の構造体130とを必要な部分で導通させるため、導通部160～162を形成している。
- [0057] 導通部160は、固定部111と台座131とを導通するものであり、固定部111の突出部111b及び接合部121を貫通している。
- [0058] 導通部161は、変位部112と重量部132とを導通するものであり、変位部112a及び接合部122を貫通している。
- [0059] 導通部162は、ブロック上層部114a、114b、114e、114f、114iとブロック下層部134a、134b、134e、134f、134iとをそれぞれ導通するものであり、ブロック上層部114a、114b、114e、114f、114i及び接合部123をそれぞれ貫通している。
- [0060] 導通部160～162は、例えば、貫通孔の縁、壁面及び底部に、例えば、Al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、Al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160～162の貫通孔を上広の錐状の形状にすることが好ましい。
- [0061] 第1の基体140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141と底板部142とを有する。枠部141及び底板部142は、基板に略直方体状(例えば、縦横2.5mm、深さ5 $\mu$ m)の凹部143を形成することで作成できる。

- [0062] 枠部141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141の外周は、固定部111の外周と一致し、枠部141の内周は、固定部111の内周よりも小さい。
- [0063] 底板部142は、外周が枠部141と略同一の略正方形の基板形状である。
- [0064] 第1の基体140に凹部143が形成されているのは、変位部112が変位するための空間を確保するためである。変位部112以外の第1の構造体110、すなわち固定部111及びブロック上層部114a～114jは、第1の基体140と、例えば陽極接合によって接合される。
- [0065] 底板部142上(第1の基体140の裏面上)には、変位部112と対向するように駆動用電極144a、検出用電極144b～144eが配置されている。駆動用電極144a、検出用電極144b～144e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144aは、例えば十字形状で、変位部112aに対向するように凹部143の中央近傍に形成されている。検出用電極144b～144eは、それぞれ略正方形で、駆動用電極144a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112b～112eと対向して配置される。駆動用電極144a、検出用電極144b～144eは、それぞれ離間している。
- [0066] 駆動用電極144aには、ブロック上層部114iの上面と電氣的に接続される配線層L1が接続されている。検出用電極144bには、ブロック上層部114bの上面と電氣的に接続される配線層L4、検出用電極144cには、ブロック上層部114eの上面と電氣的に接続される配線層L5、検出用電極144dには、ブロック上層部114fの上面と電氣的に接続される配線層L6、検出用電極144eには、ブロック上層部114aの上面と電氣的に接続される配線層L7がそれぞれ接続されている。
- [0067] 駆動用電極144a、検出用電極144b～144e、及び配線層L1、L4～L7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。
- [0068] 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。

- [0069] 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。
- [0070] 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。
- [0071] 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。
- [0072] 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。

- [0073] 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。
- [0074] 駆動用電極154a、検出用電極154b～154e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。
- [0075] 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)が設けられており、力学量センサ100の外部から駆動用電極144a、154a、検出用電極144b～144e、154b～154eへの電氣的接続を可能としている。
- [0076] 配線用端子T1の上端は、台座131の突出部131b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134a～134h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134a～134hの134a～134h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134i、134jの裏面に接続されている。
- [0077] 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Al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。
- [0078] 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、力学量センサ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。

[0079] (力学量センサ100の動作、配線)

力学量センサ100の配線、及び電極について説明する。

[0080] 図12は、図10に示す力学量センサ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、前述したように力学量センサ100には、10組の容量素子が形成される。

[0081] 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144a、検出用電極144b～144e、及び第2の基体150に形成された駆動電極154a、検出用電極154b～154eである。

[0082] 10組の容量素子のもう一方の電極は、変位部112aの上面の駆動用電極E1、変位部112b～112eの上面にそれぞれ形成された検出用電極E1、重量部132aの下面の駆動用電極E1、及び重量部132b～132e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。

[0083] 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。

[0084] 第1の基体140に形成された駆動用電極144a、検出用電極144b～144eは、それぞれ順に、配線層L1、L4～L7を介してブロック上層部114i、114b、114e、114f、114aと電氣的に接続されている。また、ブロック上層部114i、114b、114e、114f、114aとブロック下層部134i、134b、134e、134f、134aとはそれぞれ導通部162で導通されている。

[0085] 第2の基体150に形成された駆動用電極154a、検出用電極154b～154eは、それぞれ順に、配線層L2、L8～L11を介してブロック下層部134j、134c、134d、13

4g、134hと電氣的に接続されている。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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)で構成しているので、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。

[0090] 力学量センサ100による力学量の検出の原理を説明する。

[0091] (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。

[0092] なお、駆動用電極144a、E1(変位部112aの上面)、駆動用電極154a、E1(重量部132aの下面)は振動付与部として、検出用電極144b~144e、154b~154e、E1(変位部112b~112eの上面、重量部132b~132eの下面)は変位検出部として機能する。

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] (2)加速度に起因する力の発生

重量部132(変位部112)に加速度 $\alpha$ が印加されると重量部132に力 $F_0$ が作用する。具体的には、X、Y、Z軸方向それぞれの加速度 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ に応じて、X、Y、Z軸方向の力 $F_{0x}(=m \cdot \alpha_x)$ 、 $F_{0y}(=m \cdot \alpha_y)$ 、 $F_{0z}(=m \cdot \alpha_z)$ が重量部132に作用する( $m$ は、重量部132の質量)。その結果、変位部112にX、Y方向への傾き、およびZ方向への変位が生じる。このように、加速度 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ によって変位部112にX、Y、Z方向の傾き(変位)が生じる。

[0096] (3)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 $\omega$ 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)。

[0097] 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112にY方向へ

の傾きが生じる。このように、力学量  $\omega_x$ 、 $\omega_y$  に起因するコリオリ力  $F_y$ 、 $F_x$  によって変位部112にY方向、X方向の傾き(変位)が生じる。

[0098] (4) 変位部112の変位の検出

以上のように、加速度  $\alpha$  および角速度  $\omega$  によって、変位部112の変位(傾き)が生じる。検出用電極144b~144e、154b~154eによって、変位部112の変位を検出することができる。

[0099] 変位部112にZ正方向の力  $F_{0z}$  が印加されると、検出用電極E1(変位部112cの上面)、144c間および検出用電極E1(変位部112eの上面)、144e間の距離は共に小さくなる。この結果、検出用電極E1(変位部112cの上面)、144c間および検出用電極E1(変位部112eの上面)、144e間の容量は共に大きくなる。即ち、検出用電極E1と検出用電極144b~144e間の容量の和(あるいは、検出用電極E1と検出用電極154b~154e間の容量の和)に基づいて、変位部112のZ方向の変位を検出し、検出信号として取り出すことができる。

[0100] 一方、変位部112にY正方向の力  $F_{0y}$  またはコリオリ力  $F_y$  が印加されると、駆動用電極E1(変位部112cの上面)、144c間、検出用電極E1(重量部132eの下面)、154e間の距離は小さくなり、検出用電極E1(変位部112eの上面)、144e間、検出用電極E1(重量部132cの下面)、154c間の距離は大きくなる。この結果、検出用電極E1(変位部112cの上面)、144c間、検出用電極E1(重量部132eの下面)、154e間の容量は大きくなり、検出用電極E1(変位部112eの上面)、144e間、検出用電極E1(重量部132cの下面)、154c間の容量は小さくなる。即ち、検出用電極E1と検出用電極144b~144e、154b~154eとの間の容量の差に基づいて、変位部112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。

[0101] 以上のように、検出用電極E1、144b~144e、154b~154eによって変位部112のX方向、Y方向への傾きおよびZ方向への変位を検出する。

[0102] (5) 検出信号からの加速度、角速度の抽出

検出用電極144b~144e、154b~154e、E1から出力される信号には、加速度  $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ 、角速度  $\omega_x$ 、 $\omega_y$  に起因する成分の双方が含まれる。これらの成分の相違を利用して、加速度および角速度を抽出できる。

- [0103] 重量部132(質量 $m$ )に加速度 $\alpha$ が印加されたときの力 $F_\alpha (=m \cdot \alpha)$ は重量部132の振動には依存しない。即ち、検出信号中の加速度成分は、重量部132の振動に対応しない一種のバイアス成分である。一方、重量部132(質量 $m$ )に角速度 $\omega$ が印加されたときの力 $F_\omega (=2 \cdot m \cdot v_z \cdot \omega)$ は重量部132のZ軸方向の速度 $v_z$ に依存する。即ち、検出信号中の角速度成分は、重量部132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る。
- [0104] 具体的には、検出信号の周波数分析によって、変位部112の振動数より低周波のバイアス成分(加速度)、変位部112の振動数と同様の振動成分(角速度)を抽出する。この結果、力学量センサ100によるX、Y、Z方向(3軸)の加速度 $\alpha_x$ 、 $\alpha_y$ 、 $\alpha_z$ 、およびX、Y方向(2軸)の角速度 $\omega_x$ 、 $\omega_y$ の測定が可能となる。
- [0105] (力学量センサ100の作成)  
力学量センサ100の作成工程につき説明する。
- [0106] 図13は、力学量センサ100の作成手順の一例を表すフロー図である。また、図14A~図14Kは、図13の作成手順における力学量センサ100の状態を表す断面図である(図1に示す力学量センサ100をC-Cで切断した断面に相当する)。図14A~図14Kは、図11の力学量センサ100を上下逆に配置したものに対応する。
- [0107] (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。
- [0108] 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。
- [0109] 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)。
- [0110] 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。

[0111] 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0.001~0.01  $\Omega \cdot \text{cm}$ のものを使用できる。

[0112] 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。

[0113] (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。

[0114] 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。

[0115] 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。

[0116] (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。

[0117] 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。

[0118] 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。

[0119] 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。

[0120] 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=5.5wt%、 $\text{NH}_4\text{F}$ =20wt%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、 $\text{CF}_4$ ガスと $\text{O}_2$ 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。

[0121] (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。

[0122] 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=5.5wt%、 $\text{NH}_4\text{F}$ =20wt%の混合水溶液)を用いることができる。

[0123] 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。

[0124] (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。

[0125] 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。

[0126] 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。

[0127] (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のように行われる。

[0128] 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。

[0129] b. 突起部170の形成(図14G)

ギャップ10形成後、重量部132の形成される領域の上面の所定位置に突起部170を作成する。

[0130] 重量部132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170の外側の金属層)をエッチングにより除去し、突起部170を形成する。

[0131] 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付着してしまい、重量部132が作動せず、力学量センサ100として機能しない状態になる可能性があった。

[0132] 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、重量部1

32と第2の基体150が付着してしまうことを抑制できる。突起部170を設けた場合には、第2の基体150との接触面積が、突起部170を設けない場合と比較して小さいためである。

[0133] 突起部170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が付着してしまうことを防止できる。第2の基体150を構成するガラス( $\text{SiO}_2$ )の酸素原子が突起部170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。

[0134] c. 第2の構造体130の形成(図14H)

突起部170が形成された第3の層13をエッチングすることにより、開口133、ブロック下層部134a~134j、及びポケット135を形成し、第2の構造体130を形成する。即ち、第3の層13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により、第3の層13の所定領域(開口133)に対して、厚み方向へのエッチングを行う。

[0135] 第3の層13の上面に、第2の構造体130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。

[0136] 図14Hは、第3の層13に対して、上述のようなエッチングを行い、第2の構造体130を形成した状態を示す。

[0137] 以上の製造プロセスにおいて、第1の構造体110を形成する工程(ステップS11)と、第2の構造体130を形成する工程(ステップS15)では、以下のようなエッチング法を行う必要がある。

[0138] 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。

[0139] 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。

[0140] 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ませることが可能になる。

[0141] 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、 $\text{SF}_6$  ガス、および  $\text{O}_2$  ガスの混合ガスを、デポジション段階では、 $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスを用いることが考えられる。

[0142] 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。

[0143] (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。

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 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。

[0147] (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。

[0148] (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°C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、個々の力学量センサ100に分離する。

[0149] (変形例)

以上の力学量センサ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。

[0150] 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。

[0151] 図15は、この変形例に係る力学量センサの主要な部分を表す一部断面図である。

[0152] この変形例に係る力学量センサは、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。

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 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しうるように、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  $\mu$  mにすることができる。

[0156] 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。

[0157] 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できる。

[0158] 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。

[0159] 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  $\phi$  は、下記の式(1)で表される。

$$\phi = (1/2)CV_0^2 \quad \dots\dots\text{式(1)}$$

[0160] 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。

[0161] 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。

$$F = - \left( d \phi / dx \right)_{x=d} = \epsilon_r \epsilon_0 V_0^2 / 2d^2 \quad \dots\dots \text{式(2)}$$

[0162] 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に静電引力により引き寄せられた場合であっても、突起部170a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170aは、陽極接合の際の重量部132及び突起部170a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。

[0163] 次に、突起部170aの作成方法について説明する。

[0164] この変形例では、第1の実施形態での力学量センサ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170aを作成する。

[0165] 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170aを形成することができる。

[0166] (第2の実施形態)

図18は、本発明の第2の実施形態に係る力学量センサ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。

[0167] 図18、図19に示すように、本実施形態の力学量センサ200は、第1の実施形態での力学量センサ100と、以下の点において相違している。

[0168] 第1に、本実施形態の力学量センサ200は、第1の実施形態での力学量センサ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T1a～T11aが形成されている。

[0169] 第2に、本実施形態の力学量センサ200は、第1の実施形態での力学量センサ100のブロック上層部114a、114b、114e、114f、114iに形成された導通部162に代

えて、ブロック上層部114c、114d、114g、114h、114jにそれぞれ導通部262を備えている。

[0170] 導通部262は、ブロック上層部114c、114d、114g、114h、114jとブロック下層部134c、134d、134g、134h、134jとをそれぞれ導通するものであり、ブロック上層部114c、114d、114g、114h、114j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。

[0171] 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2.5mm、深さ5 $\mu$ m)の凹部243を形成することで作成できる。

[0172] 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Ta(T1a～T11a)が設けられており、力学量センサ200の外部から駆動用電極144a、154aや、検出用電極144b～144e、154b～154eへの電氣的接続を可能としている。配線用端子T1a～T11a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。

[0173] 配線用端子T1aの下端は、固定部111の突出部111bの上面に接続されている。配線用端子T2a～T9aの下端は、それぞれブロック上層部114a～114hの上面に接続されている(配線用端子T2a～T9aのT2a～T9aの番号順と、ブロック上層部114a～114hの114a～114h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T10a、T11aは、それぞれブロック上層部114i、114jの上面に接続されている。

[0174] 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。

[0175] 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。

[0176] 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。

[0177] 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。

[0178] 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。

[0179] 以上のように、力学量センサ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、力学量センサ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。

[0180] 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の

で、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。

[0181] 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、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する。

[0182] 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、力学量センサ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。

[0183] 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、力学量センサ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。

[0184] 力学量センサ200の作成工程について説明する。

[0185] 図20は、力学量センサ200の作成手順の一例を表すフロー図である。

[0186] 本実施形態の力学量センサ200の作成方法は、第1の実施形態での力学量センサ100の作成方法と、以下の点において相違している。

[0187] 第1に、本実施形態では、第1の実施形態での力学量センサ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。

[0188] 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)。

[0189] 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。

[0190] 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とを力学量センサ200の外部で接続している例えば導線を除去する。

[0191] (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。

[0192] 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。

[0193] (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。

[0194] 例えば、力学量センサ100、200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、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E1、検出用電極E1や、配線用端子T10とブロック上層部114i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。

## 請求の範囲

- [1] 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力学量センサ。
- [2] 前記突起部の先端が、Au、Ptから選ばれる少なくとも1種からなる請求項1に記載の力学量センサ。
- [3] 前記突起部が、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種からなる請求項1に記載の力学量センサ。
- [4] 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力学量センサの製造方法。

- [5] 前記突起部の先端が、Au、Ptから選ばれる少なくとも1種からなる請求項4に記載の力学量センサの製造方法。
- [6] 前記突起部が、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種からなる請求項4に記載の力学量センサの製造方法。
- [7] 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請求項4に記載の力学量センサの製造方法。
- [8] 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の層とを電氣的に接続する第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の層とを電氣的に接続する第2の導通部を形成するステップと、

をさらに具備し、

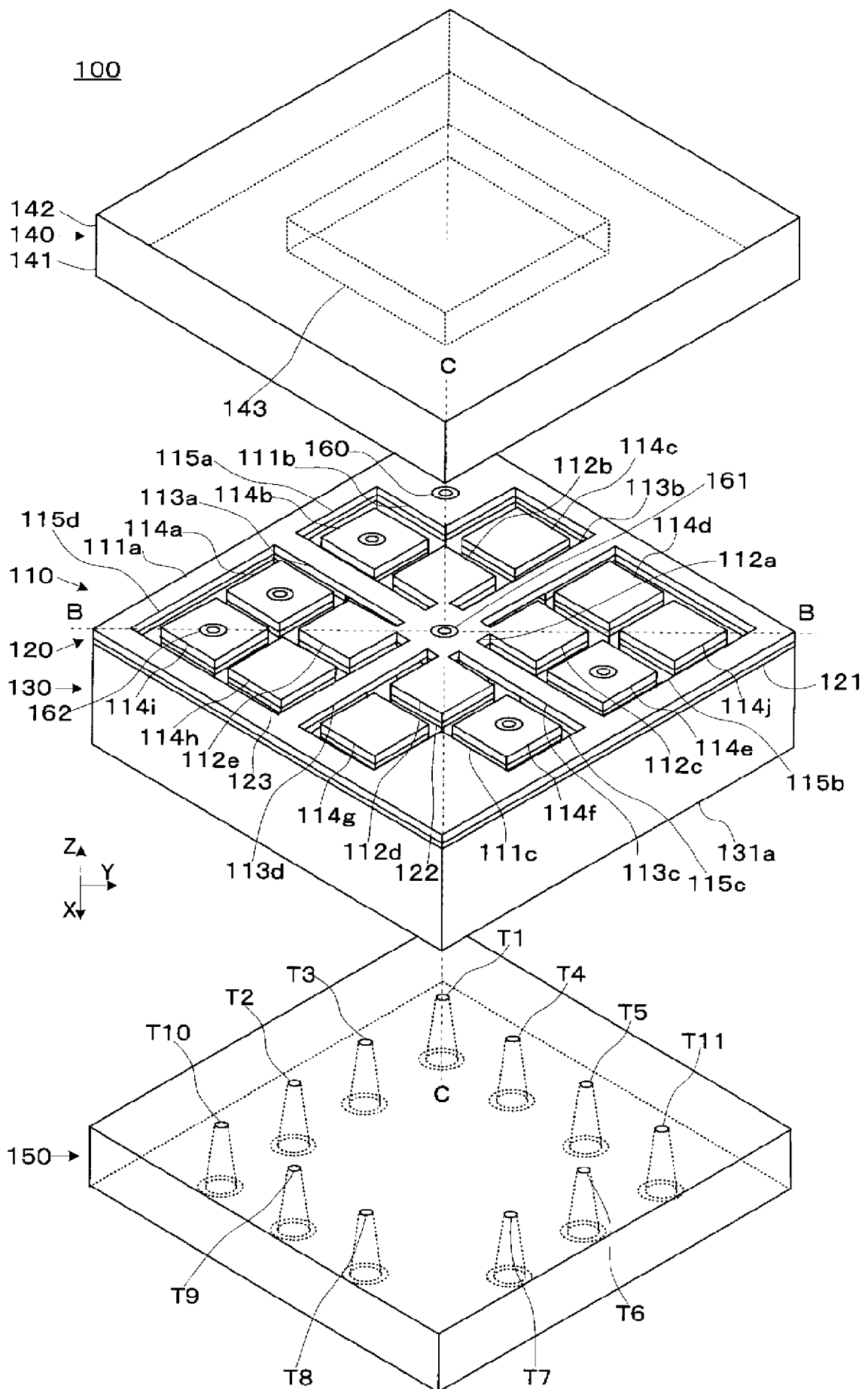
前記第2の基体を前記第2の構造体に積層配置するステップが、前記第1の駆動用電極及び前記第1の検出用電極と前記台座との間をそれぞれ導通しながら行われる請求項4に記載の力学量センサの製造方法。

- [9] 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、

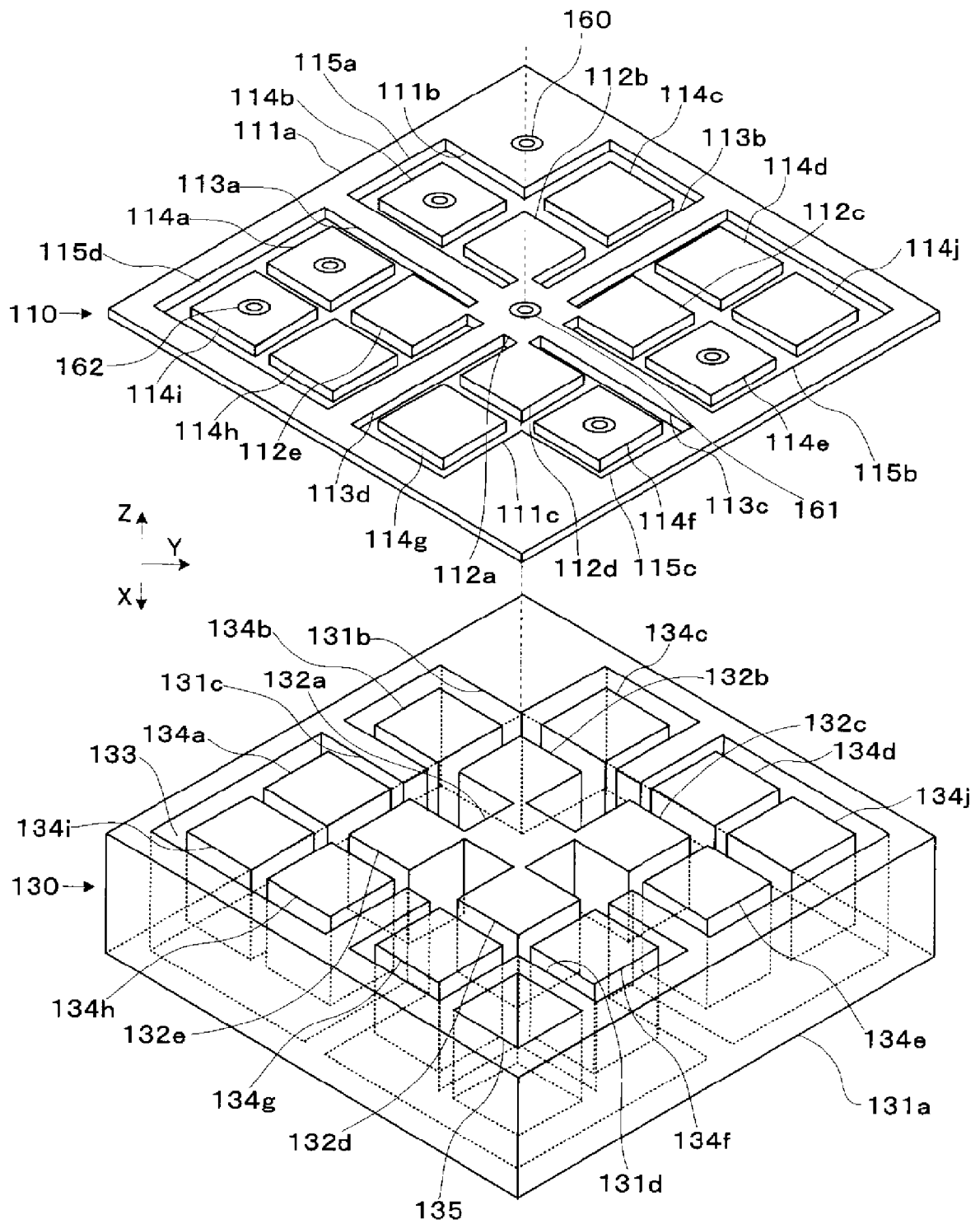
前記第2の基体を前記第2の構造体に積層配置するステップが、前記第2の駆動用電極及び前記第2の検出用電極を接地しながら行われる請求項4に記載の力学量センサの製造方法。

- [10] 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請求項4に記載の力学量センサの製造方法。

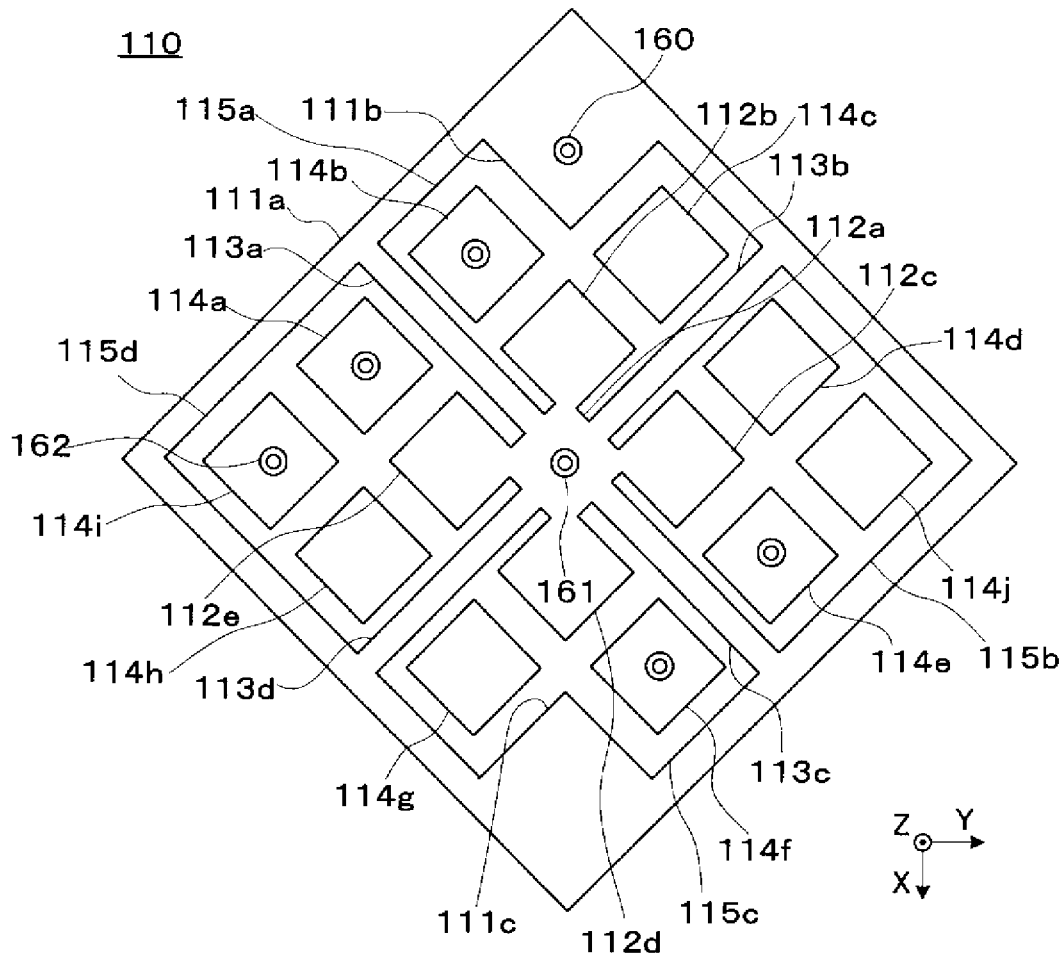
[図1]



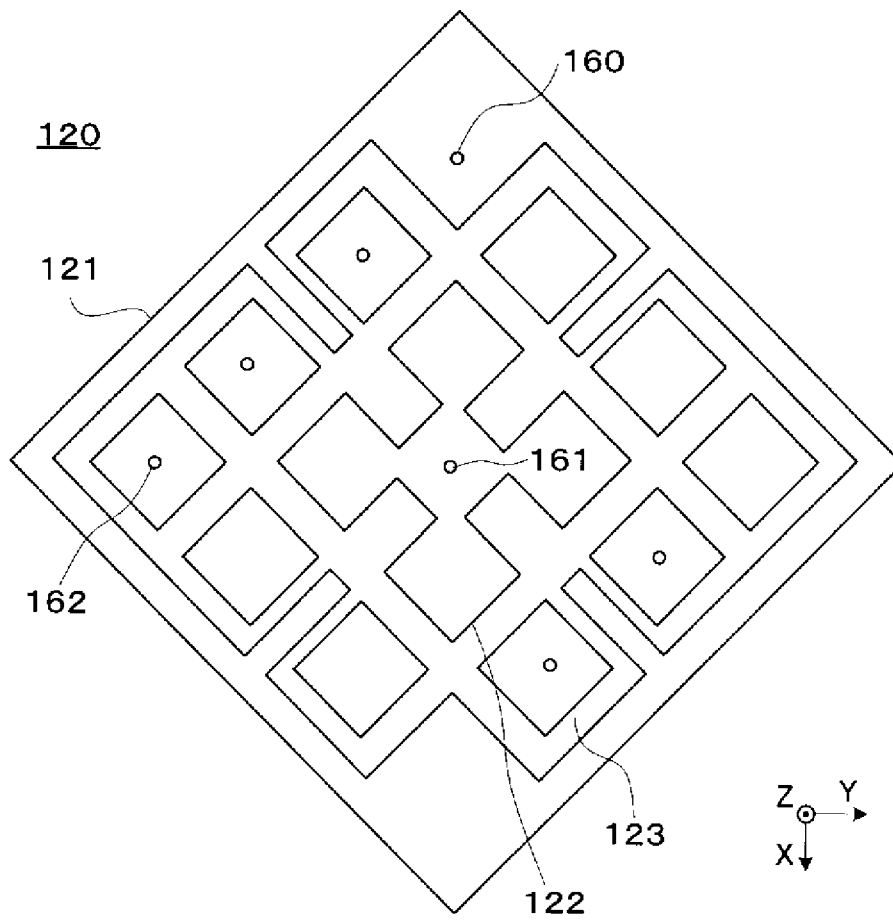
[図2]



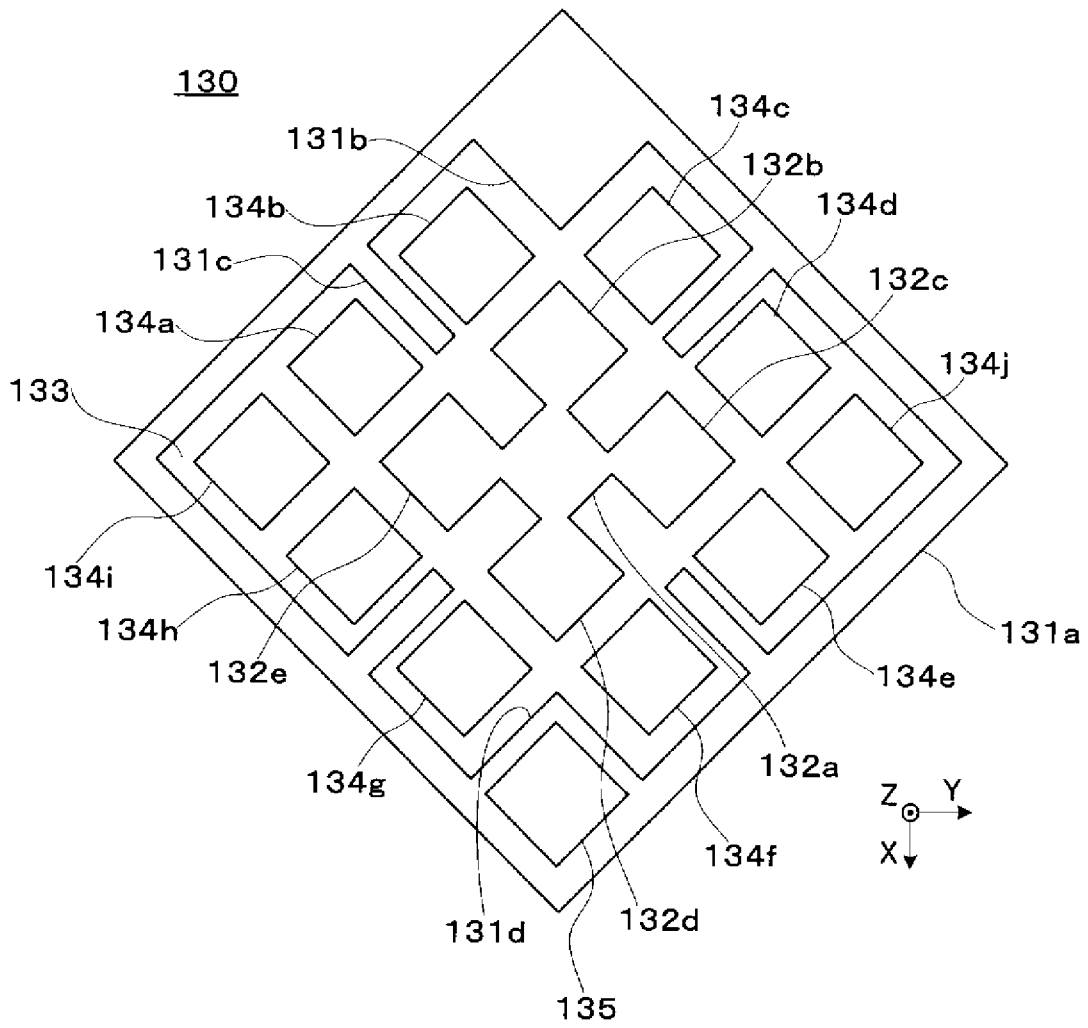
[図3]



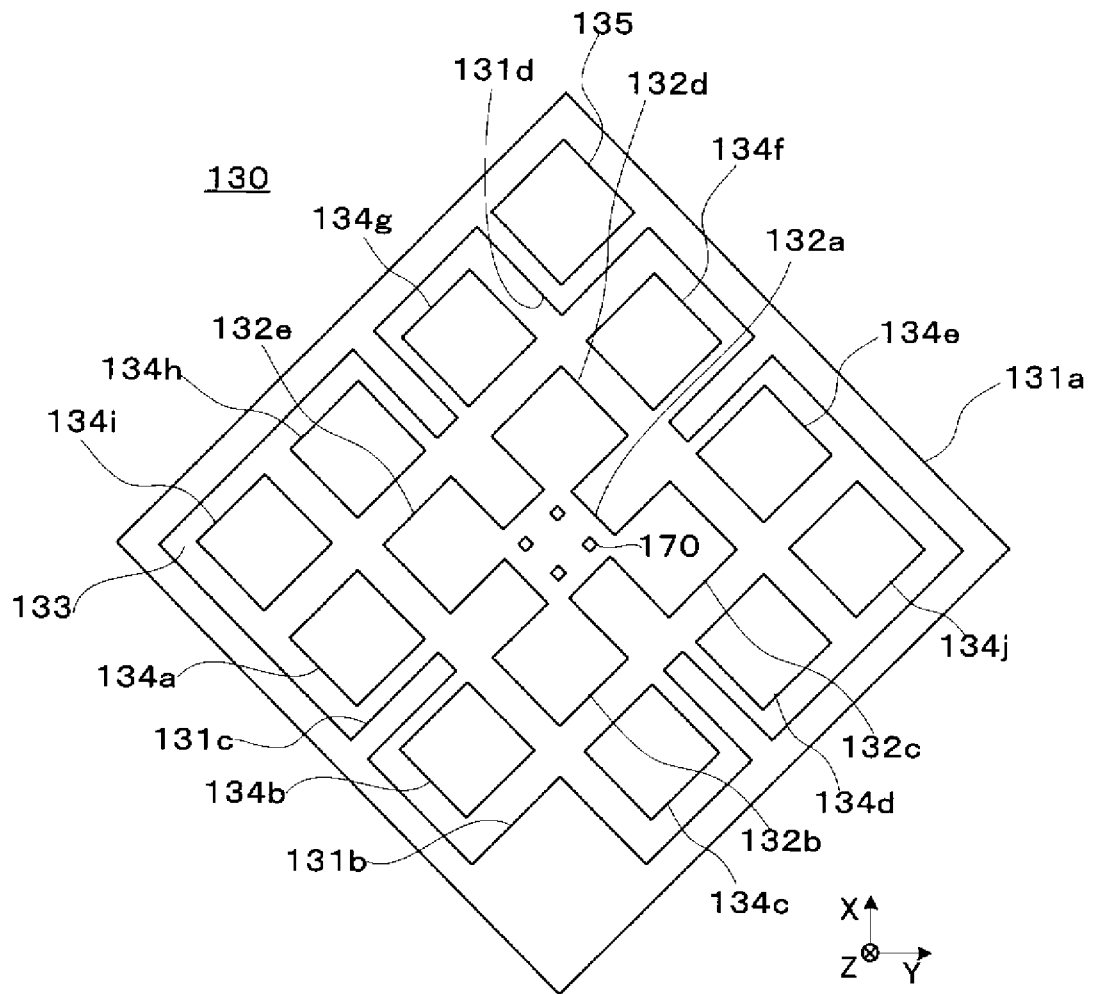
[図4]



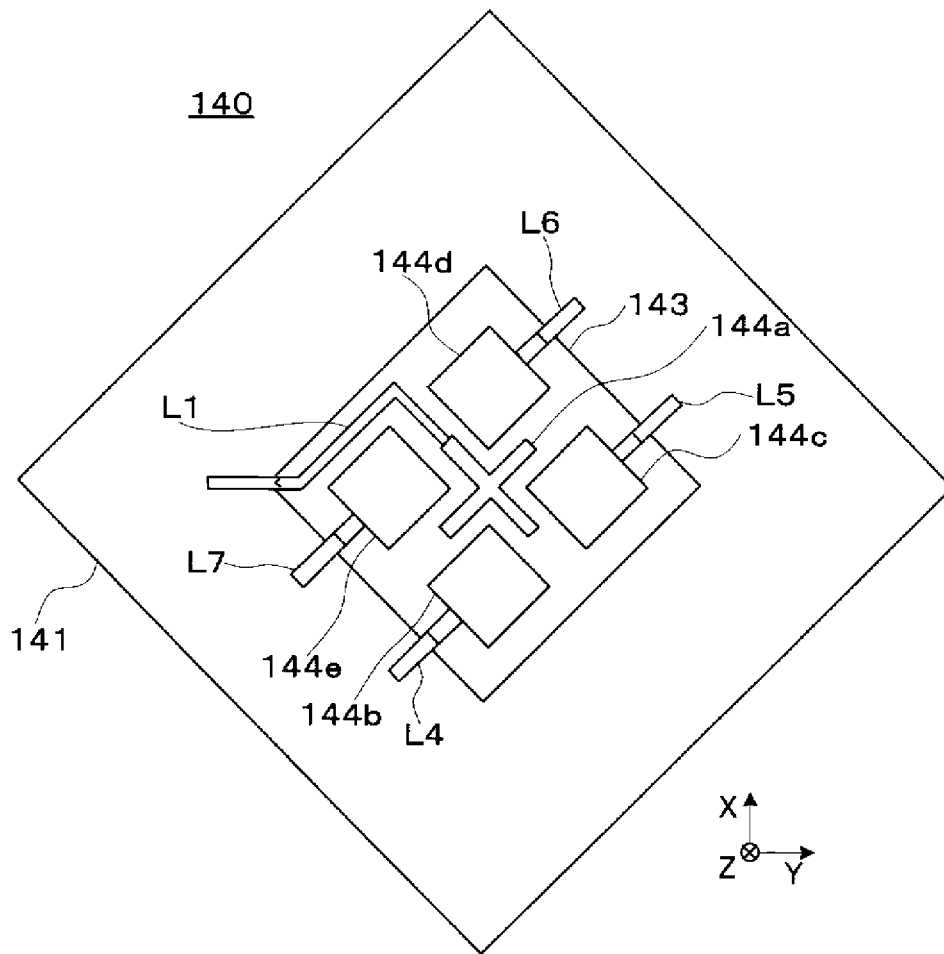
[図5]



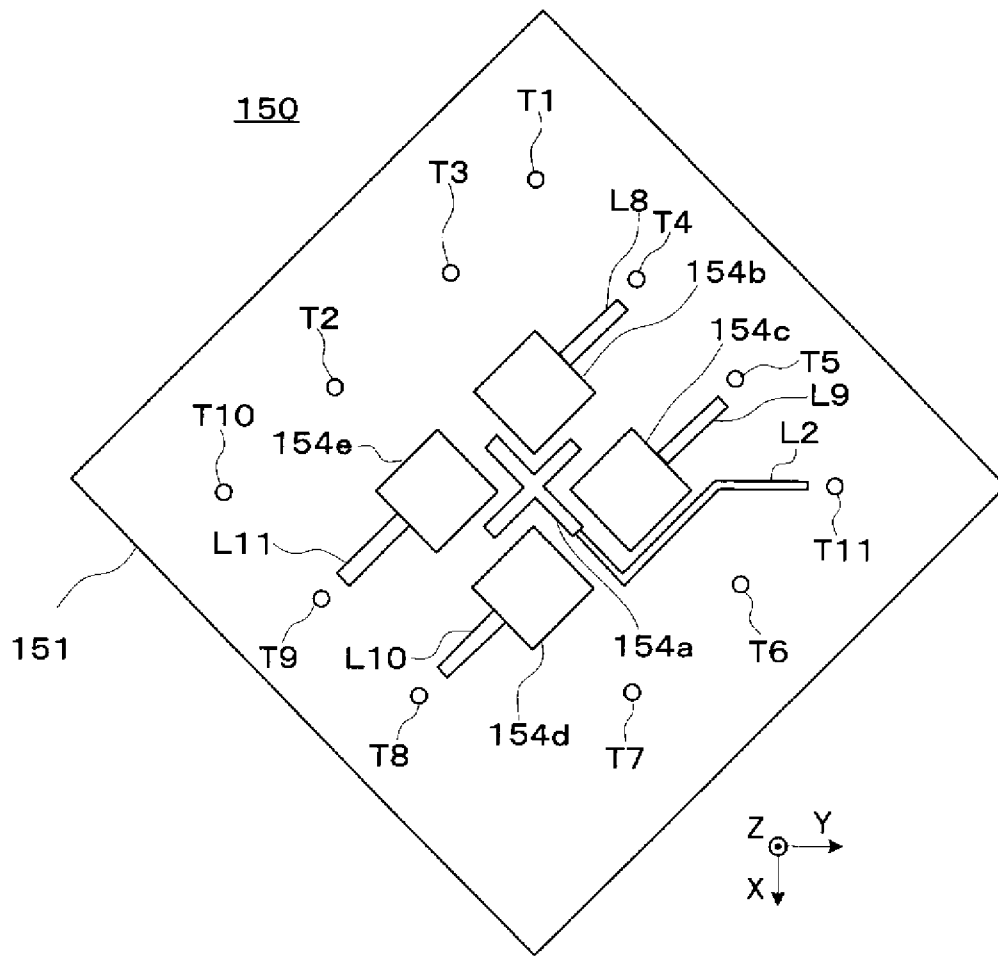
[図6]



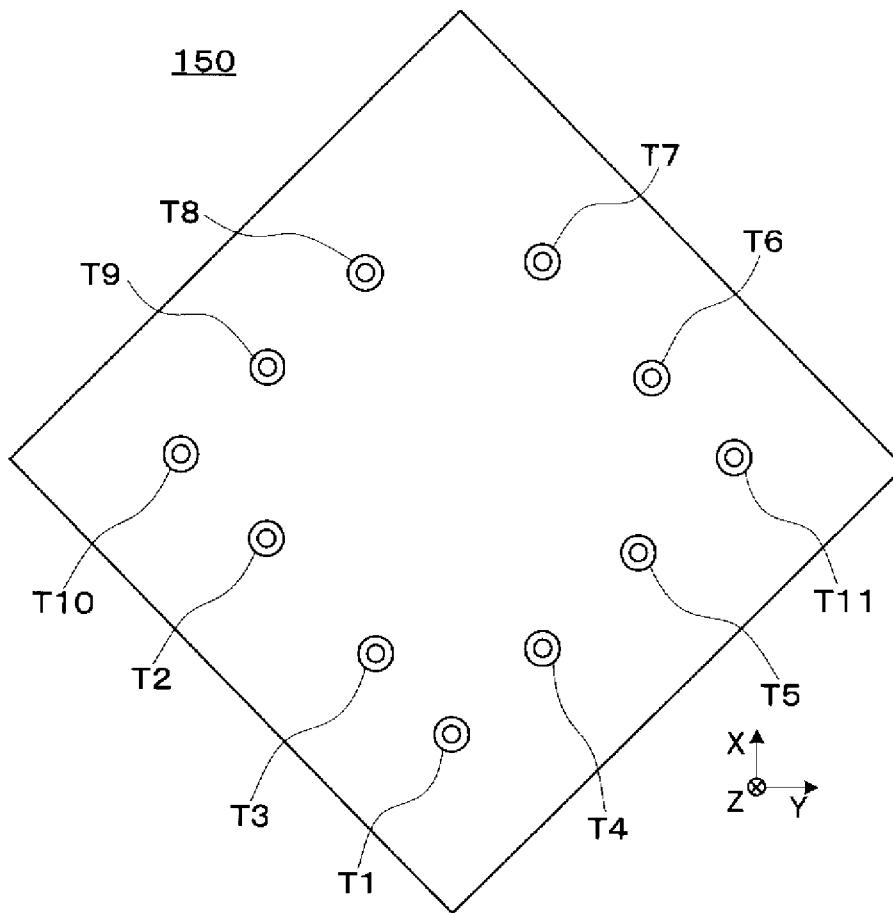
[図7]



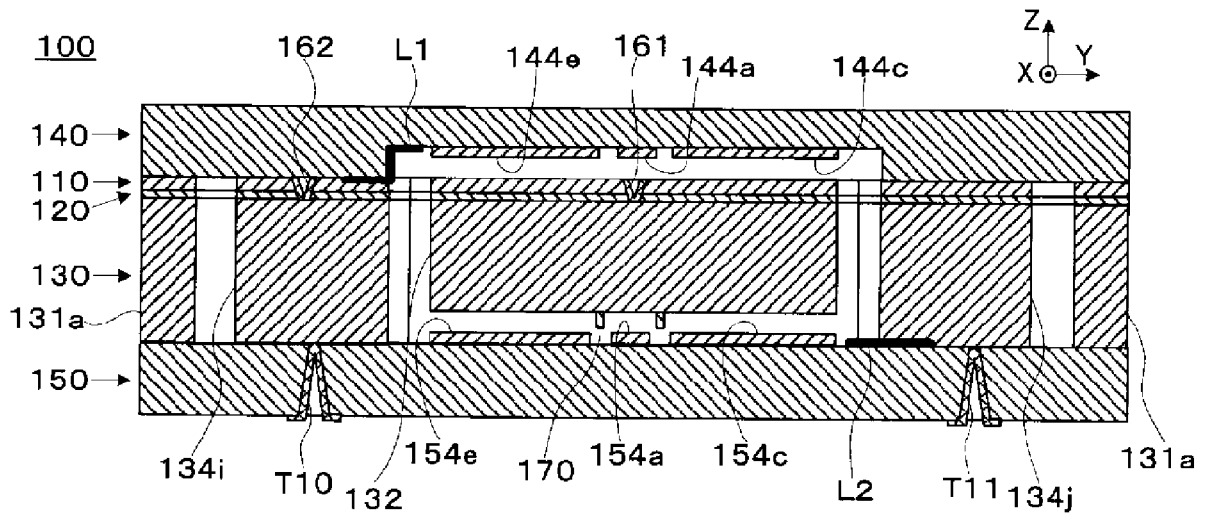
[図8]



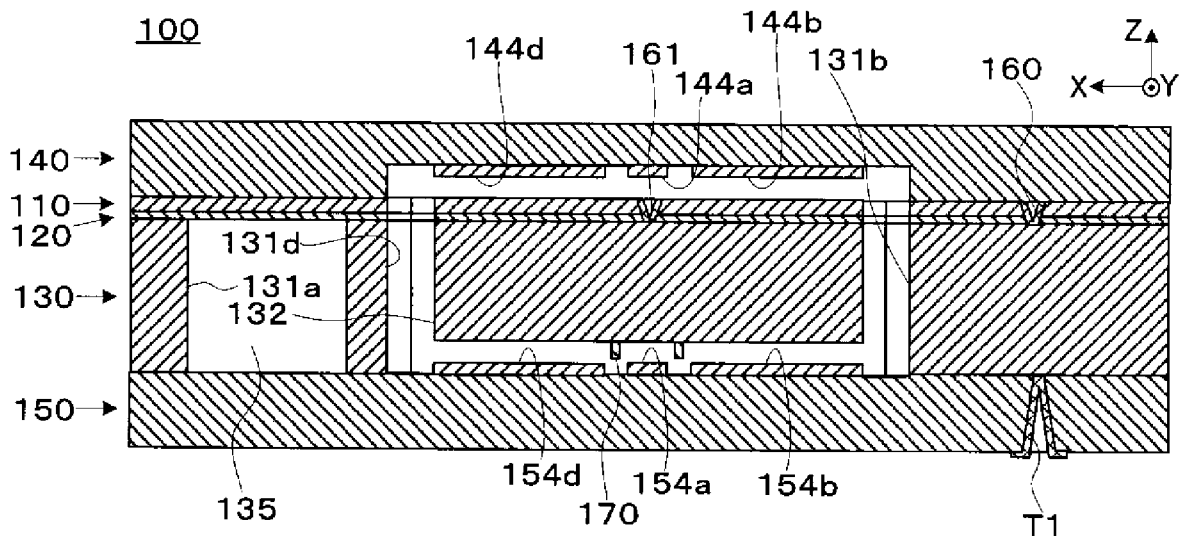
[図9]



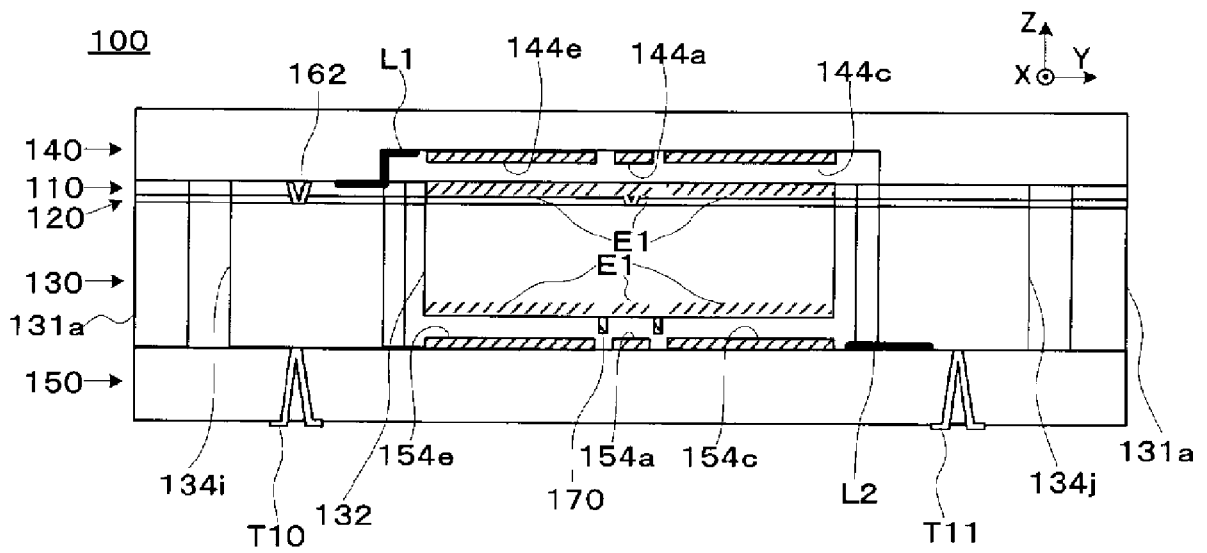
[図10]



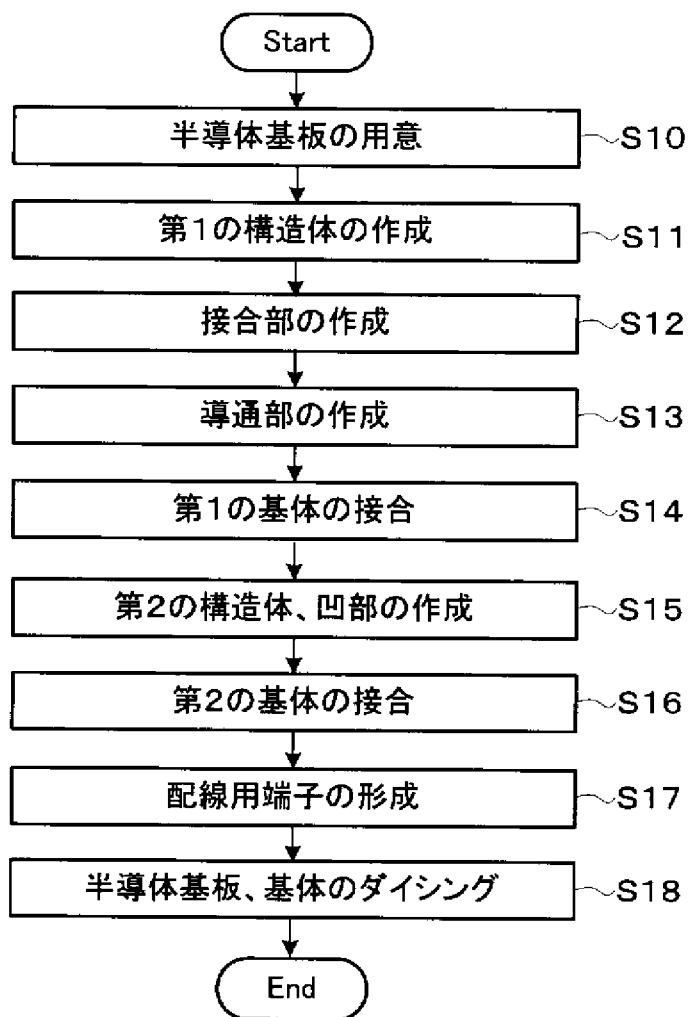
[図11]



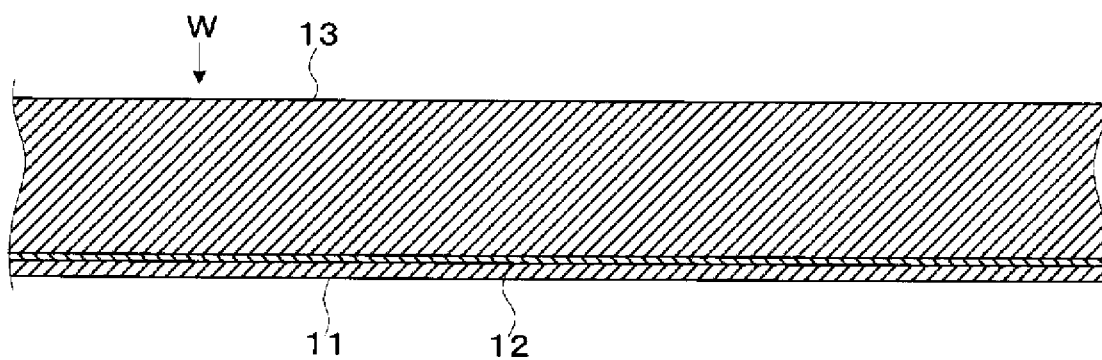
[図12]



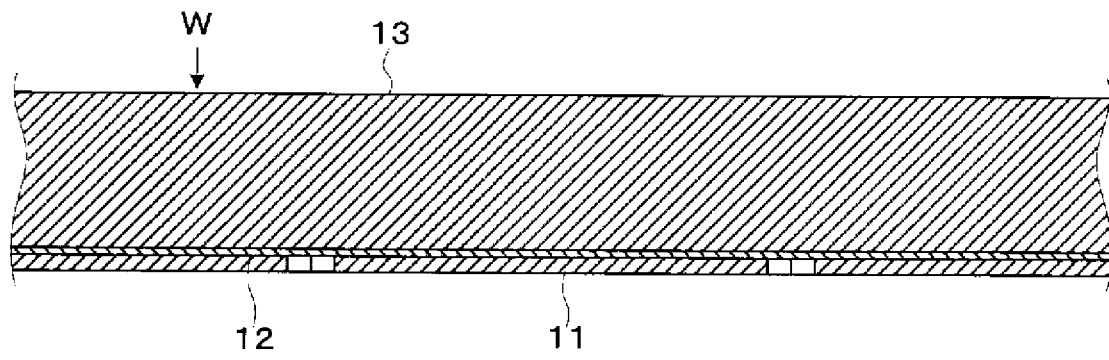
[図13]



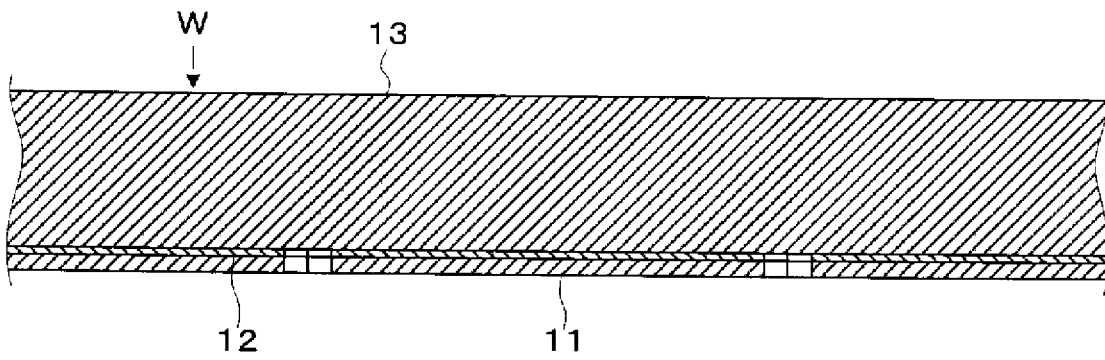
[図14A]



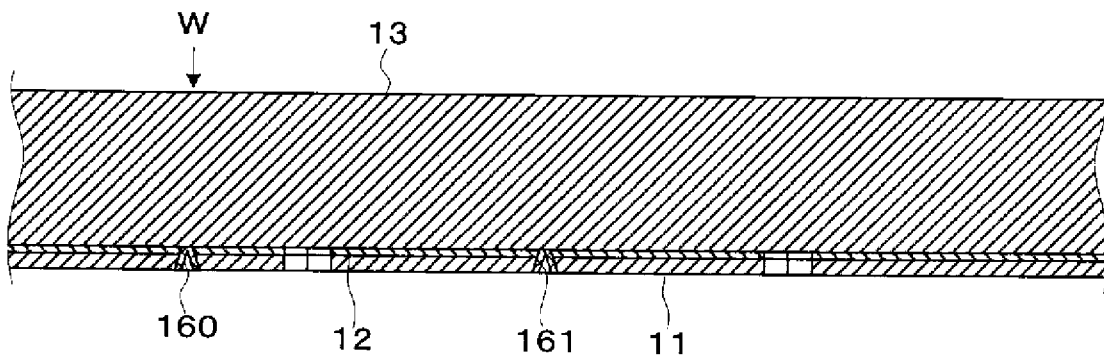
[図14B]



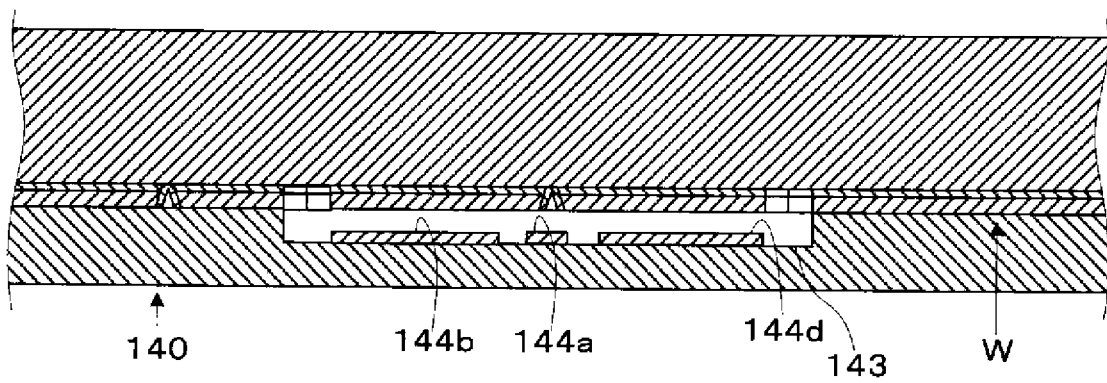
[図14C]



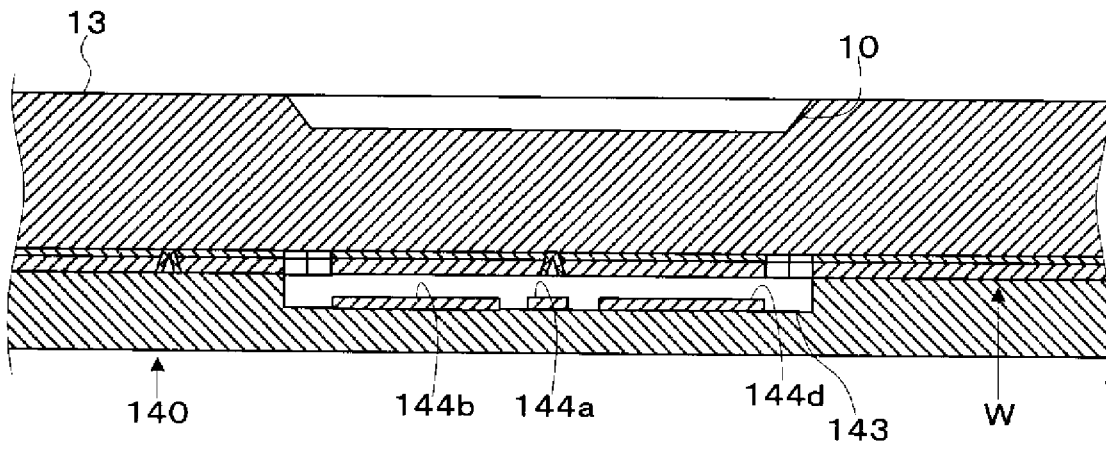
[図14D]



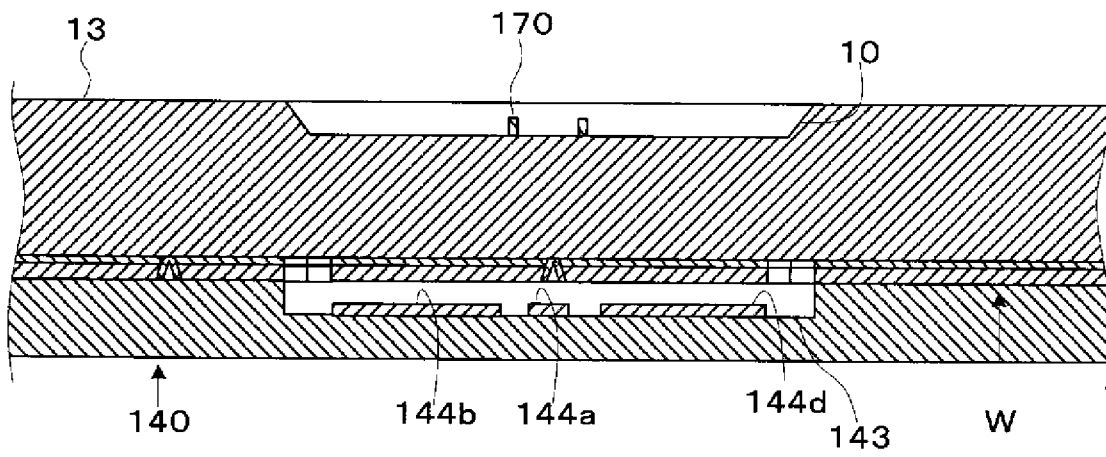
[図14E]



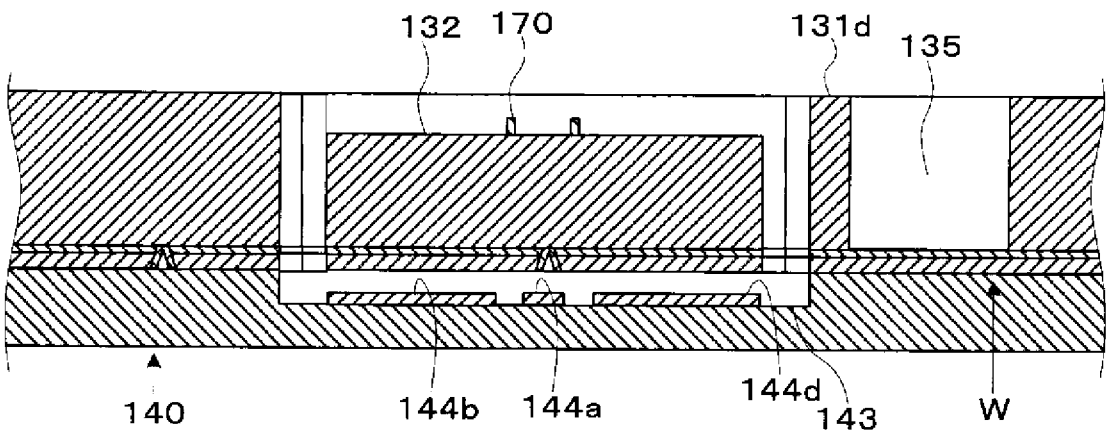
[図14F]



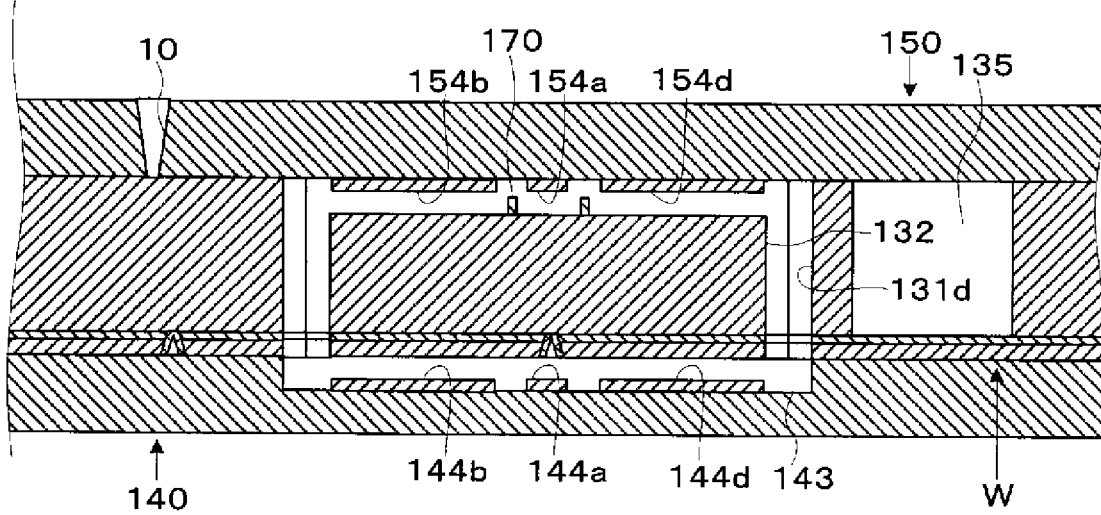
[図14G]



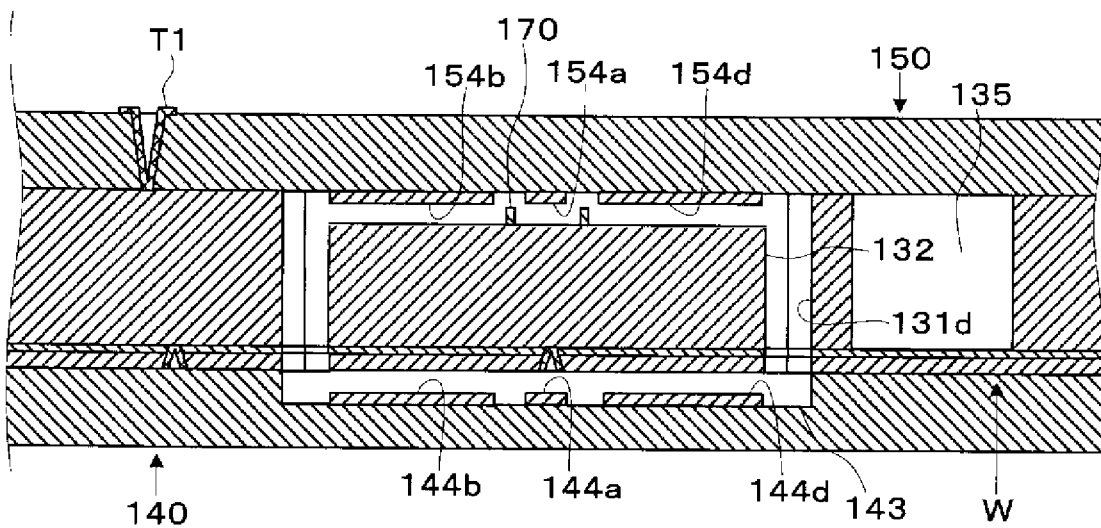
[図14H]



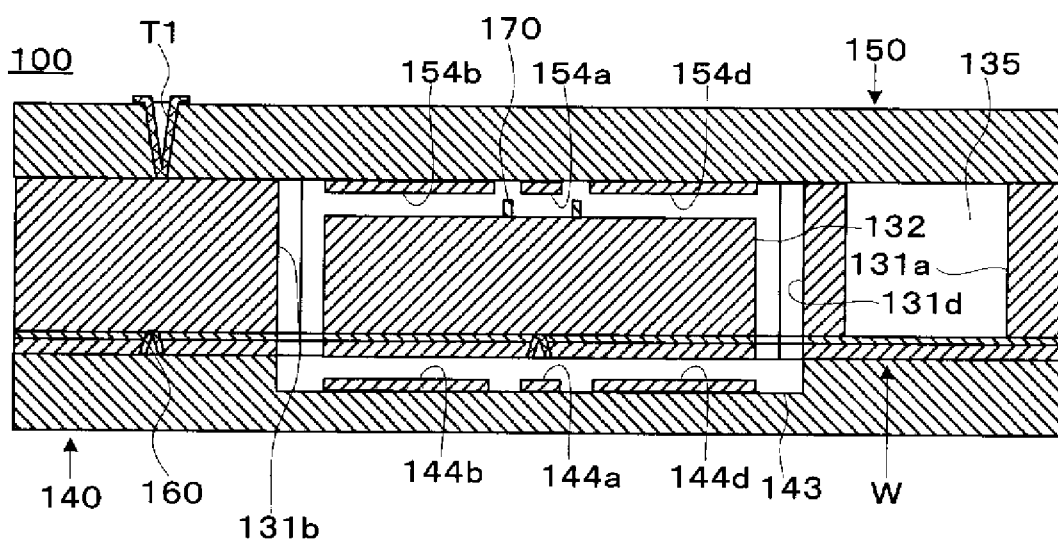
[図14I]



[図14J]

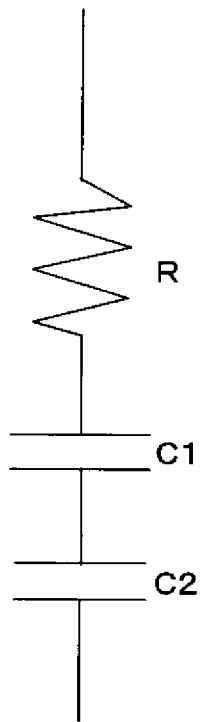


[図14K]

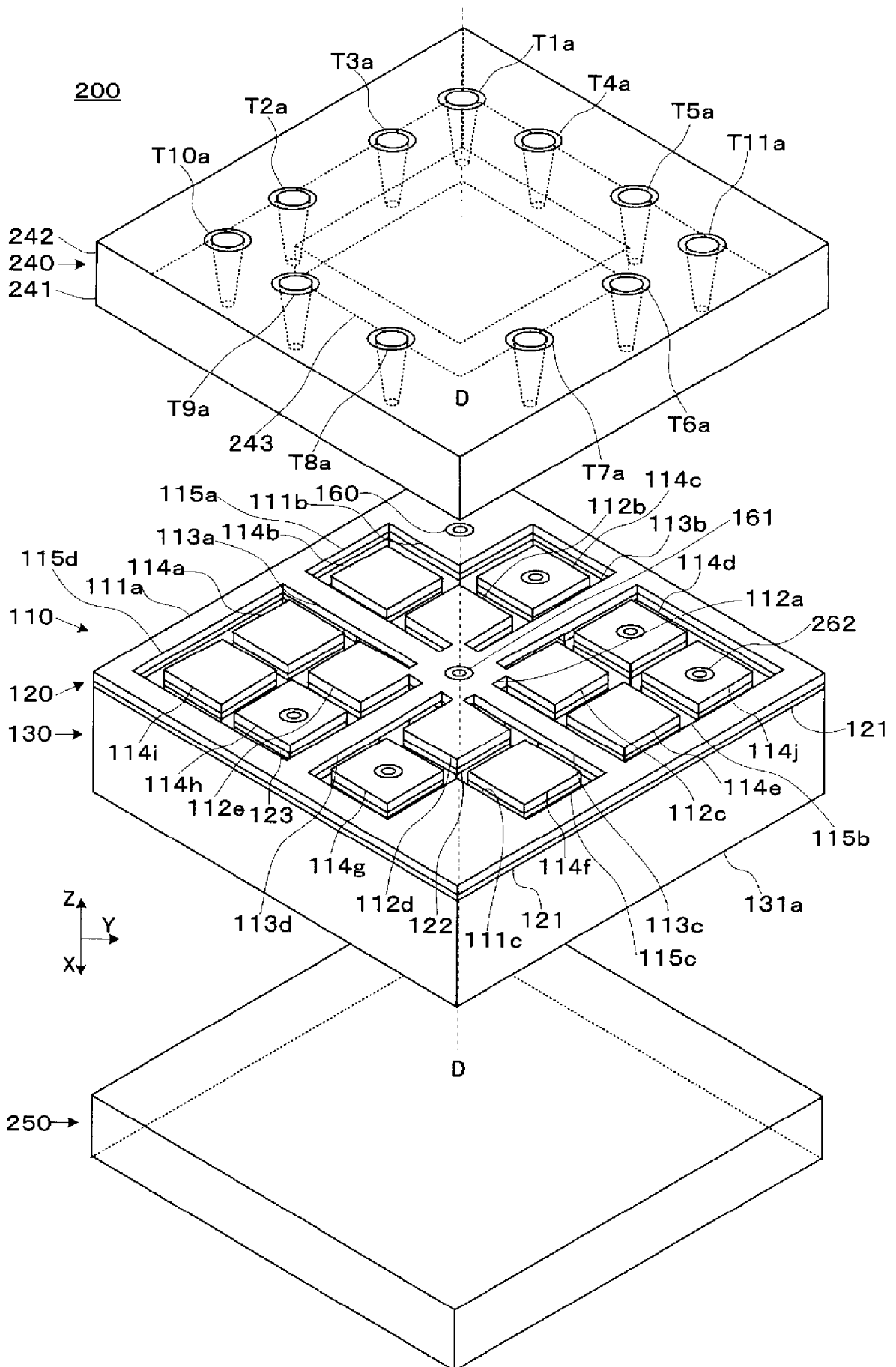




[図17]



[図18]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/061444

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G01C19/56(2006.01)i, G01P9/04(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C19/56, G01P9/04, H01L29/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-57469 A (Seiko Instruments Inc.), 08 March, 2007 (08.03.07), Par. Nos. [0045], [0051]; Figs. 2 to 4 (Family: none)	1-10
Y	Document 2: JP 2005-127745 A (Hitachi Metals, Ltd.), 19 May, 2005 (19.05.05), Par. Nos. [0025], [0041], [0045], [0049]; Figs. 4, 7 (Family: none)	1-10
Y	JP 2004-245753 A (Anelva Corp.), 02 September, 2004 (02.09.04), Par. Nos. [0004], [0008] to [0011], [0013]; Fig. 5 & US 2004/0182165 A1	4-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
06 August, 2008 (06.08.08)

Date of mailing of the international search report  
19 August, 2008 (19.08.08)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/061444

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-265565 A (Sony Corp.), 29 September, 2005 (29.09.05), Par. Nos. [0025] to [0026] (Family: none)	7-10
A	JP 2006-226770 A (Seiko Instruments Inc.), 31 August, 2006 (31.08.06), Par. Nos. [0018] to [0021]; Fig. 1 (Family: none)	1-10
A	JP 2005-249454 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 September, 2005 (15.09.05), Par. No. [0021]; Fig. 4 (Family: none)	4-10
A	JP 2007-47069 A (Seiko Instruments Inc.), 22 February, 2007 (22.02.07), Par. No. [0030]; Fig. 4 (Family: none)	4-10
A	JP 10-270719 A (Mitsubishi Materials Corp.), 09 October, 1998 (09.10.98), Par. No. [0005] (Family: none)	8,10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01C19/56(2006.01)i, G01P9/04(2006.01)i, H01L29/84(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01C19/56, G01P9/04, H01L29/84

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2008年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2008年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2008年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2007-57469 A(セイコーインスツル株式会社)2007.03.08, 段落【0045】、【0051】、第2-4図 (ファミリーなし)	1-10
Y	文献2 : JP 2005-127745 A(日立金属株式会社) 2005.05.19, 段落【0025】、【0041】、【0045】、【0049】、 第4, 7図 (ファミリーなし)	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                  「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの                  「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)                  「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                  「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献                  「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの                  「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                  「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 06.08.2008	国際調査報告の発送日 19.08.2008
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 谷口 智利 電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2004-245753 A(アネルバ株式会社) 2004. 09. 02, 段落【0004】、【0008】－【0011】、【0013】、 第5図 & US 2004/0182165 A1	4-10
Y	JP 2005-265565 A(ソニー株式会社) 2005. 09. 29, 段落【0025】－【0026】(ファミリーなし)	7-10
A	JP 2006-226770 A(セイコーインスツル株式会社) 2006. 08. 31, 段落【0018】－【0021】、第1図(ファミリーなし)	1-10
A	JP 2005-249454 A(三菱電機株式会社) 2005. 09. 15, 段落【0021】、第4図(ファミリーなし)	4-10
A	JP 2007-47069 A(セイコーインスツル株式会社) 2007. 02. 22, 段落【0030】、第4図(ファミリーなし)	4-10
A	JP 10-270719 A(三菱マテリアル株式会社) 1998. 10. 09, 段落【0005】(ファミリーなし)	8, 10