

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2008年7月3日 (03.07.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/078770 A1

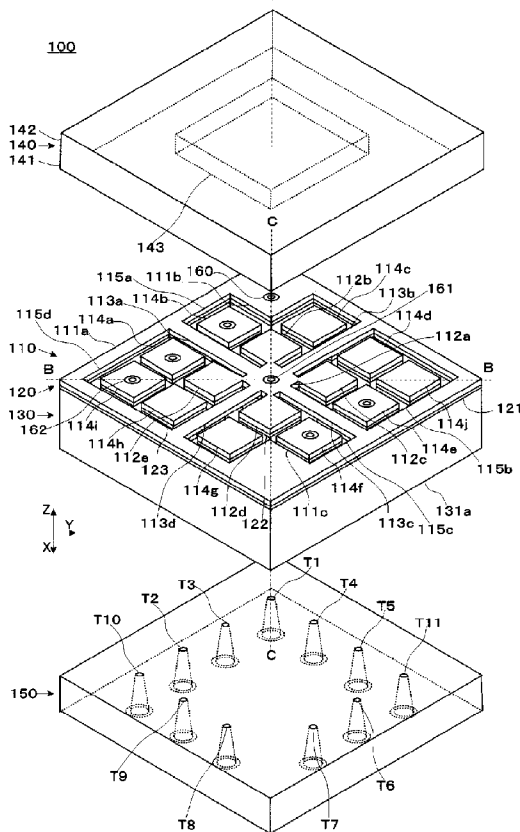
- (51) 国際特許分類:
G01C 19/56 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)
G01P 9/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/074938
- (22) 国際出願日: 2007年12月26日 (26.12.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2006-352488
2006年12月27日 (27.12.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大日本印刷株式会社 (DAI NIPPON PRINTING 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, 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, JP, 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 METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

(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 portion with an opening, a displacing portion arranged in the opening and displacing with respect to the fixed portion, and a portion for connecting the fixed portion and the displacing portion; a second structure stacked on the first structure and having a weight portion being bonded to the displacing portion and a base being bonded to the fixed portion; a first base body arranged on the surface opposing the displacing portion, having a first drive electrode composed of a conductive material containing Al and Nd, and being connected to the fixed portion and stacked on the first structure; and a second base body arranged on the surface opposing the weight portion, having a second drive electrode composed of above-mentioned conductive material, and being connected to the base and stacked on the second structure.

(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の構造体に積層して配置される第2の構造体と、前記変位部との対向面に配置され、かつAlとNdとを含む導電性材料で構成される第1の駆動用電極を有し、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る第1の基体と、前記重量部との対向面に配置され、かつ前記導電性材料で構成される第2の駆動用電極を有し、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第2の基体とを具備する。

WO 2008/078770 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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, 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ガラス基板に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、錘部(重量部)に積層方向の振動を付与する駆動用電極をAlで構成すると、トランデューサ構造体とガラス基板を陽極接合する際に、駆動用電極にヒロック(例え、半球状の突起物)が発生してしまう場合がある。駆動用電極にヒロックが発生すると、容量性結合する駆動用電極間の寸法精度が低下して、静電容量値が異なってしまう、製品間で特性のばらつきを生じる可能性があることが判った。また、駆動用電極にヒロックが発生すると、駆動用電極によって錘部を積層方向に振動させた際に、容量性結合させるべき2つの駆動用電極がヒロックを介して接触してしまい、ショートする可能性があることが判った。

[0004] 上記に鑑み、本発明は製品間の特性のばらつきを抑え、容量性結合させるべき駆動用電極が接触してショートすることを抑制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。

[0005] 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AlとNdとを含む導電性材料で構

成される第1の駆動用電極を有し、絶縁性材料から構成され、かつ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、かつ前記導電性材料で構成される第2の駆動用電極を有し、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、を具備することを特徴とする。

[0006] 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、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AlとNdとを含む導電性材料で構成される第1の駆動用電極を有し、かつ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、かつ前記導電性材料で構成される第2の駆動用電極を有し、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、前記第1の基体の前記第1の構造体への積層及び前記第2の基体の前記第2の構造体への積層のうちの少なくとも一方が、陽極接合によりなされることを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0007] [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1の基体の下面図である。

[図7]第2の基体の上面図である。

[図8]第2の基体の下面図である。

[図9]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10]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11]図9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12]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13A]図12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13B]図12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13C]図12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13D]図12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13E]図12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13F]図12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13G]図12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13H]図12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13I]図12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13J]図12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。

符号の説明

- [0008] 100 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 杵部
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 第1の基体
141 杵部
142 底板部
143 凹部
144a 駆動用電極
144b－144e 検出用電極
150 第2の基体
154a 駆動用電極
154b－154e 検出用電極
160－162 導通部
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

[0009] 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1

00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、力学量センサ100の一部（第一の構造体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はそれぞれ、第1の構造体110、接合部120、第2の構造体130の上面図である。図6、図7、図8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9、図10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。

[0010] 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。

[0011] 力学量センサ100は、加速度 α 、角速度 ω の一方、または双方を測定できる。即ち、力学量は加速度 α 、角速度 ω 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 α_x 、 α_y 、 α_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 ω_x 、 ω_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 α_x 、 α_y 、 α_z および2軸の角速度 ω_x 、 ω_y を測定できる。なお、この詳細は後述する。

[0012] 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。

[0013] 第1の構造体110、接合部120、第2の構造体130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11、第2の構造体130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に不純物が含まれるシリコンを使用している。

[0014] 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。

[0015] 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。

[0016] 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、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°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、一体的に構成されている。

[0017] 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。

[0018] 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。

[0019] 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1

44b～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。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] 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。

[0024] 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°としたとき、それぞれ90°、270°

の方向に配置される。

- [0025] 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。
- [0026] 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。
- [0027] 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)、及びブロック下層部134(134a～134j)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。
- [0028] 台座131は、枠部131aと突出部131b～131dとに区分できる。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。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。
- [0029] 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。

[0030] 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。

[0031] 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)。

[0032] 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、 $300\sim 500^\circ\text{C}$ の温度範囲で活性化可能)を用いることができる。

[0033] 本明細書中において、ゲッター材料の活性化とは、ゲッター材料の表面に付着した分子(吸着すべきガス分子を含む)が内部へ拡散して、ガス吸着能力をもつ新たな表面が生成されることをいう。また、活性化温度とは、このようなガス分子吸着能力をもつ新たな表面が生成される温度をいう。

[0034] 枠部131aと突出部131b～131dは、一体的に構成されている。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。

[0035] 重量部132は、質量を有し、加速度 α 、角速度 ω 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 α 、角速度 ω 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。

[0036] 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。

- [0037] 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 α 、角速度 ω の測定が可能となる。
- [0038] 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、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、力学量センサ100の小型化と高感度化の両立が図られる。
- [0039] 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。
- [0040] 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。
- [0041] 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。

- [0042] 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。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。
- [0043] 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。
- [0044] 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。
- [0045] 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。
- [0046] 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。
- [0047] 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。
- [0048] 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 μ m)の凹部143を形成することで作成できる。
- [0049] 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。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。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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] また、駆動用電極144a、検出用電極144b～144eにヒロックが発生することを抑制できるので、容量性結合させるべき駆動用電極144a及び駆動用電極E1や、検出用電極144b～144e及び検出用電極E1が接触して、ショートすることを抑制できる。駆動用電極144a、154aによって変位部112(重量部132も)をZ軸方向に振動させた際に、容量性結合させるべき駆動用電極144a及び駆動用電極E1や、検出用電極144b～144e及び検出用電極E1が、ヒロックを介して接触することを抑制できるためである。

[0055] また、配線層L1、L4～L7の構成材料に、Ndを含有するAlを用いることで、第1の基体140と第1の構造体110との強固な接合が可能である。配線層L1、L4～L7の端部(駆動用電極144aや検出用電極144b～144eと接合されていない側の端部)は、第1の基体140の下面と、ブロック上層部114i、114b、114e、114f、114aの上面にそれぞれ順に挟まれる。Ndを含有するAlは比較的柔軟性を有するため潰れやすい。そのため、第1の基体140と第1の構造体110との陽極接合時に、配線層L1、L4～L7の端部が、容易に潰れて陽極接合を阻害しないためである。

[0056] また、駆動用電極144a、検出用電極144b～144e、及び配線層L1、L4～L7を同一の材料(Ndを含有するAl)で構成しているので、同時に1回のパターンニングで形成でき、製造工程の簡略化が可能である。

[0057] 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。

- [0058] 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。
- [0059] 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。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。
- [0060] 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。
- [0061] 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。
- [0062] また、駆動用電極154a、検出用電極154b～154eにヒロックが発生することを抑制できるので、容量性結合させるべき駆動用電極154a及び駆動用電極E1や、検出用

電極154b～154e及び検出用電極E1が接触して、ショートすることを抑制できる。駆動用電極144a、154aによって変位部112(重量部132も)をZ軸方向に振動させた際に、容量性結合させるべき駆動用電極154a及び駆動用電極E1や、検出用電極154b～154e及び検出用電極E1が、ヒロックを介して接触することを抑制できるためである。

- [0063] また、配線層L2、L8～L11の構成材料に、Ndを含有するAlを用いることで、第2の基体150と第2の構造体130との強固な接合が可能である。配線層L2、L8～L11の端部(駆動用電極154aや検出用電極154b～154eと接合されていない側の端部)は、第2の基体150の上面と、ブロック上層部134j、134c、134d、134g、134hの下面にそれぞれ順に挟まれる。Ndを含有するAlは比較的柔軟性を有するため潰れやすい。そのため、第2の基体150と第2の構造体130との陽極接合時に、配線層L2、L8～L11の端部が、容易に潰れて陽極接合を阻害しないためである。
- [0064] また、駆動用電極154a、検出用電極154b～154e、及び配線層L2、L8～L11を同一の材料(Ndを含有するAl)で構成しているため、同時に1回のパターンニングで形成でき、製造工程の簡略化が可能である。
- [0065] 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。
- [0066] 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。
- [0067] 配線用端子Tは、図9、図10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。
- [0068] なお、図1～図10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。

[0069] (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。

[0070] 図11は、図9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。

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 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。

[0074] 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16

2で導通されている。

- [0075] 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、134g、134hと電氣的に接続されている。
- [0076] 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。
- [0077] 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。
- [0078] 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。
- [0079] 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。
- [0080] 力学量センサ100による加速度および角速度の検出の原理を説明する。
- [0081] (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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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。

[0085] (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 α 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 α_x 、 α_y 、 α_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 α_x 、 α_y 、 α_z によって変位部112にX、Y、Z方向の傾き(変位)が生じる。

[0086] (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 ω 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 ω_x およびY軸方向の角速度 ω_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)。

[0087] X 軸方向の角速度 ω_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、角速度 ω_x 、 ω_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。

[0088] (4) 変位部 112 の変位の検出

以上のように、加速度 α および角速度 ω 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。

[0089] 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。

[0090] 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。

[0091] 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。

[0092] (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 α_x 、 α_y 、 α_z 、角速度 ω_x 、 ω_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。

[0093] 重量部132(質量 m)に加速度 α 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 ω 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。

[0094] 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 α_x 、 α_y 、 α_z 、およびX、Y方向(2軸)の角速度 ω_x 、 ω_y の測定が可能となる。

[0095] (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。図12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13A~図13Jは、図12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13A~図13Jは、図10の力学量センサ100を上下逆に配置したものに対応する。

[0096] (1)半導体基板Wの用意(ステップS10、および図13A)

図13A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。

[0097] 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。

[0098] 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)。

[0099] 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 $0.001\sim 0.01\ \Omega\cdot\text{cm}$ のものを使用できる。

[0100] 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。

[0101] (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13B)

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。

[0102] 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。図13B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。

[0103] (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13C)

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。

[0104] 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。

[0105] 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。

[0106] 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。

[0107] 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%、 NH_4F =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、 CF_4 ガスと 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。

[0108] (4)導通部160~162の形成(ステップS13、および図13D)

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=5.5wt%、 NH_4F =20wt%の混合水溶液)を用いることができる。

[0109] 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。

[0110] (5)第1の基体140の接合(ステップS14、および図13E)

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。駆動用電極144a、検出用電極144b～144e、及び配線層L1、L4～L7を同一の材料(Ndを含有するAl)で構成しているため、同時に1回のパターンニングで形成でき、製造工程の簡略化が可能である。

[0111] 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。図13E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。

[0112] 第1の基体140と半導体基板Wとの陽極接合時には、例えば300°C近くにまで加熱されるため、駆動用電極144a、検出用電極144b～144e、配線層L1、L4～L7(以下、「駆動用電極144a等」と称する)にヒロックが発生する可能性がある。駆動用電極144a等にNd含有Alを用いることで、第1の基体140の陽極接合時に、駆動用電極144a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。

[0113] また、駆動用電極144a等にヒロックが発生することを抑制できるので、駆動用電極144a、154aによって変位部112(重量部132も)をZ軸方向に振動させた際に、容量性結合させるべき駆動用電極144a及び駆動用電極E1や、検出用電極144b～144e及び検出用電極E1が、ヒロックを介して接触しショートすることを抑制できる。

[0114] また、前述したように、配線層L1、L4～L7の構成材料に、比較的柔軟性を有するため潰れやすいNd含有Alを用いることで、陽極接合を阻害せず、第1の基体140と第1の構造体110との強固な接合が可能である。

[0115] (6)第2の構造体130の作成(第3の層13のエッチング、ステップS15、および図13F、図13G)

第2の構造体130の形成は、次のa、bのようにして行われる。

[0116] a. ギャップ10の形成(図13F)

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。

[0117] b. 第2の構造体130の形成(図13G)

ギャップ10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。

[0118] 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。図13G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。

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 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。

[0123] 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、SF₆ガス、およびO₂ガスの混合ガスを、デポジション段階では、C₄F₈ガスを用いることが考えられる。

[0124] (7)第2の基体150の接合(ステップS16、および図13H)

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。駆動用電極154a、検出用電極154b~154e、及び配線層L2、L8~L11を同一の材料(Ndを含有するAl)で構成しているため、同時に1回のパターニングで形成でき、製造工程の簡略化が可能である。

[0125] 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(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。図13H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。

[0126] 第2の基体150と半導体基板Wとの陽極接合時には、例えば300°C近くにまで加熱されるので、駆動用電極144a、154a、検出用電極144b~144e、154b~154e、配線層L1、L2、L4~L11(以下、「駆動用電極144a、154a等」と称する)にヒロックが発生する可能性がある。駆動用電極144a、154a等にNd含有Alを用いることで、第2の基体150の陽極接合時に、駆動用電極144a、154a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144a、E1間、駆動用電極154a、E1間

、検出用電極144b～144e、E1間、及び検出用電極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。

[0127] また、駆動用電極144a、154a等にヒロックが発生することを抑制できるので、駆動用電極144a、154aによって変位部112(重量部132も)をZ軸方向に振動させた際に、容量性結合させるべき駆動用電極144a及び駆動用電極E1、駆動用電極154a及び駆動用電極E1、検出用電極144b～144e及び検出用電極E1、又は検出用電極154b～154e及び検出用電極E1が、ヒロックを介して接触しショートすることを抑制できる。

[0128] また、前述したように、配線層L2、L8～L11の構成材料に、比較的柔軟性を有するため潰れやすいNd含有Alを用いることで、陽極接合を阻害せず、第2の基体150と第2の構造体130との強固な接合が可能である。

[0129] (8)配線用端子T1～T11の形成(ステップS17、および図13I)

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。

[0130] (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13J)

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。

[0131] ゲッター材料を活性化するための熱処理の際に、駆動用電極144a、154a、検出用電極144b～144e、154b～154e、配線層L1、L2、L4～L11(駆動用電極144a、154a等)に、ヒロックが発生する可能性がある。駆動用電極144a、154a等をNd含有Alとすることで、ヒロックの発生が防止される。このため、駆動用電極144a、E1間、駆動用電極154a、E1間、検出用電極144b～144e、E1間、及び検出用電極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。

[0132] また、前述したように、駆動用電極144a、154a等のヒロックの発生を抑制できるので、容量性結合させるべき駆動用電極144a及び駆動用電極E1、駆動用電極154a及び駆動用電極E1、検出用電極144b～144e及び検出用電極E1、又は検出用電極154b～154e及び検出用電極E1が、接触してショートすることを抑制できる。

[0133] (ヒロック発生防止の詳細)

以下、駆動用電極144a、154a、検出用電極144b～144e、154b～154e、配線層L1、L2、L4～L11(駆動用電極144a、154a等)の構成材料をNd含有Alとすることによるヒロック発生防止の詳細を説明する。ここでいうヒロックとは、駆動用電極144a、154a等に形成される例えば、半球状の突起物をいう。駆動用電極144a、154a等が加熱されることで圧縮応力が発生する。この圧縮応力によって駆動用電極144a、154a等が塑性変形することで、ヒロックが発生する。

[0134] 駆動用電極144a、154a等の構成材料が純Alの場合、加熱による温度上昇により、駆動用電極144a、154a等の内部応力は引張応力から圧縮応力へと変化する。この圧縮応力がある値(ヒロック発生応力)より大きくなると、駆動用電極144a、154a等の塑性変形が開始される。圧縮応力により駆動用電極144a、154a等の構成原子が移動し(いわゆるクリープ)、集まることで、ヒロックが形成される。

[0135] このヒロック発生応力は温度依存性があり、温度が高くなると小さくなる。また、ヒロック発生応力は、いわゆる降伏応力より大きい。即ち、圧縮応力が降伏応力を超えても直ちにヒロックが形成される訳ではない。

[0136] 駆動用電極144a、154a等の構成材料をAlNd合金とすると、昇温時に駆動用電極144a、154a等内のNdが再結晶化し析出する。この析出によって駆動用電極144a、154a等の構造が再構成され、駆動用電極144a、154a等内の内部応力が低減される。この結果、駆動用電極144a、154a等内での圧縮応力によるヒロックの発生が防止される。

[0137] 以上のように、AlにNdを添加することで、昇温時にNdの再結晶化がなされ、内部応力が緩和されることで、駆動用電極144a、154a等へのヒロックの発生が防止される。

[0138] AlへのNdの添加量は、1.5～10at%(atomic percent、原子数比(%))が好ま

しく、2～3at%がより好ましい。Ndの添加量が小さいと、内部応力の緩和が不十分となり、ヒロックが発生する可能性がある。一方、Ndの添加量が大きいと、駆動用電極144a、154a等の内部抵抗および硬さが大きくなって、好ましくない。

[0139] (実施例)

駆動用電極144a、154a等の構成材料と、ヒロックの発生の有無につき実験的検討を加えた。

[0140] 具体的には、ガラス基板にNd含有Al膜を形成し、熱処理によるヒロックの発生の有無を確認した。熱処理条件として温度400℃、処理時間1時間とした。ヒロックの有無は、光学顕微鏡により観察した。

[0141] Ndの含有率が0at%(純Al)、1.3at%では、ヒロックの発生が観察された。一方、Ndの含有率が2.0at%では、ヒロックの発生が観察されなかった。この結果から、Ndの含有率が1.5at%程度以上でヒロックの低減が可能と考えられる。

[0142] Ndの含有率を2.0at%、処理温度を30分として、温度を200℃、300℃、400℃、430℃と変化させた場合、いずれの温度でもヒロックの発生が観察されなかった。

[0143] なお、Nd含有Al膜にヒロックが発生しない上記程度の処理温度及び処理時間(例えば、処理温度400℃で処理時間1時間、又は処理温度430℃で処理時間30分)において、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)の活性化が可能である。

[0144] 以上の知見に基づき、Ndの含有率が2.0at%のAl膜を駆動用電極144a、154a等として力学量センサ100を作成した。この結果、第1の基体140、又は第2の基体150の接合時や、ゲッター材料の活性化時に、駆動用電極144a、154a等のヒロックの発生を抑制でき、静電容量値のばらつきが低減され、製品間の特性のばらつきを抑えることができた。また、駆動用電極144a、154a、E1によって、重量部132をZ方向に振動させた際に、容量性結合させるべき駆動用電極144a及び駆動用電極E1、駆動用電極154a及び駆動用電極E1、検出用電極144b～144e及び検出用電極E1、又は検出用電極154b～154e及び検出用電極E1が、接触してショートすることを防止できた。

[0145] これに対して、純Alを駆動用電極144a、154a等として力学量センサ100を作成した

場合には、駆動用電極144a、154a等にヒロックが発生し、Nd含有Alを用いた場合に比べて製品間の特性のばらつきが大きくなる場合があった。

[0146] (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、力学量センサ100では、第1の構造体110及び第2の構造体130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。このように、駆動用電極E1、検出用電極E1等の必要な部分を導電性材料で構成する場合には、ヒロックの発生を防止できるので、例えばNd含有Alで構成することが好ましい。

[0147] また、例えば、Al-Ndに替えて、Al-Ta、Ti、Cr、またはMo等の材料を用いることができる。即ち、AlTa等の合金を駆動用電極144a、154a等として用いることができる。既述のように、Ndは昇温時の再結晶化による内部応力の緩和によって、駆動用電極144a、154a等へのヒロックの発生を防止する。このような内部応力の緩和が可能な材料はNdに限られない。

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AlとNdとを含む導電性材料で構成される第1の駆動用電極を有し、絶縁性材料から構成され、かつ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、かつ前記導電性材料で構成される第2の駆動用電極を有し、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、
- を具備することを特徴とする力学量センサ。
- [2] 前記第1の基体が、一端が第1の駆動用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第1の配線をさらに有し、
- 前記第1の構造体が、前記第1の配線の他端と接続され、前記開口内に配置され、かつ導電性を有する第1のブロック上層部をさらに有し、
- 前記第2の基体が、一端が第2の駆動用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第2の配線をさらに有し、
- 前記第2の構造体が、前記第2の配線の他端と接続され、前記台座に囲まれて配置され、かつ導電性を有する第1のブロック下層部をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の力学量センサ。
- [3] 前記第1の基体が、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、かつ前記導電性材料で構成される第1の検出用電極をさらに有し、
- 前記第2の基体が、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、かつ前記導電性材料で構成される第2の検出用電極をさらに有することを特徴と

する請求項1又は2に記載の力学量センサ。

- [4] 前記第1の基体が、一端が前記第1の検出用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第3の配線をさらに有し、

前記第1の構造体が、前記第3の配線の他端と接続され、前記開口内に配置され、かつ導電性を有する第2のブロック上層部をさらに有し、

前記第2の基体が、一端が前記第2の検出用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第4の配線をさらに有し、

前記第2の構造体が、前記第4の配線の他端と接続され、前記台座に囲まれて配置され、かつ導電性を有する第2のブロック下層部をさらに有することを特徴とする請求項3に記載の力学量センサ。

- [5] 前記台座が、前記力学量センサ内の残留気体を吸着するゲッター材料が配置されるための空間を有していることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の力学量センサ。

- [6] 前記第1、第2の半導体材料が、いずれも不純物が含まれるシリコンであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の力学量センサ。

- [7] 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、

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AlとNdとを含む導電性材料で構成される第1の駆動用電極を有し、かつ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

前記導電性材料で構成される第2の駆動用電極を有し、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、

前記第1の基体の前記第1の構造体への積層及び前記第2の基体の前記第2の構造体への積層のうちの少なくとも一方が、陽極接合によりなされることを特徴とする力学量センサの製造方法。

[8] 前記第1の基体が、一端が第1の駆動用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第1の配線をさらに有し、

前記第1の構造体が、前記第1の配線の他端と接続され、前記開口内に配置され、かつ導電性を有する第1のブロック上層部をさらに有し、

前記第2の基体が、一端が第2の駆動用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第2の配線をさらに有し、

前記第2の構造体が、前記第2の配線の他端と接続され、前記台座に囲まれて配置され、かつ導電性を有する第1のブロック下層部をさらに有することを特徴とする請求項7に記載の力学量センサの製造方法。

[9] 前記第1の基体が、前記変位部の変位を検出し、前記変位部との対向面に配置され、かつ前記導電性材料で構成される第1の検出用電極をさらに有し、

前記第2の基体が、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、かつ前記導電性材料で構成される第2の検出用電極をさらに有することを特徴とする請求項7又は8に記載の力学量センサの製造方法。

[10] 前記第1の基体が、一端が前記第1の検出用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第3の配線をさらに有し、

前記第1の構造体が、前記第3の配線の他端と接続され、前記開口内に配置され、かつ導電性を有する第2のブロック上層部をさらに有し、

前記第2の基体が、一端が前記第2の検出用電極に接続され、かつ前記導電性材料で構成される第4の配線をさらに有し、

前記第2の構造体が、前記第4の配線の他端と接続され、前記台座に囲まれて配置され、かつ導電性を有する第2のブロック下層部をさらに有することを特徴とする請

求項9に記載の力学量センサの製造方法。

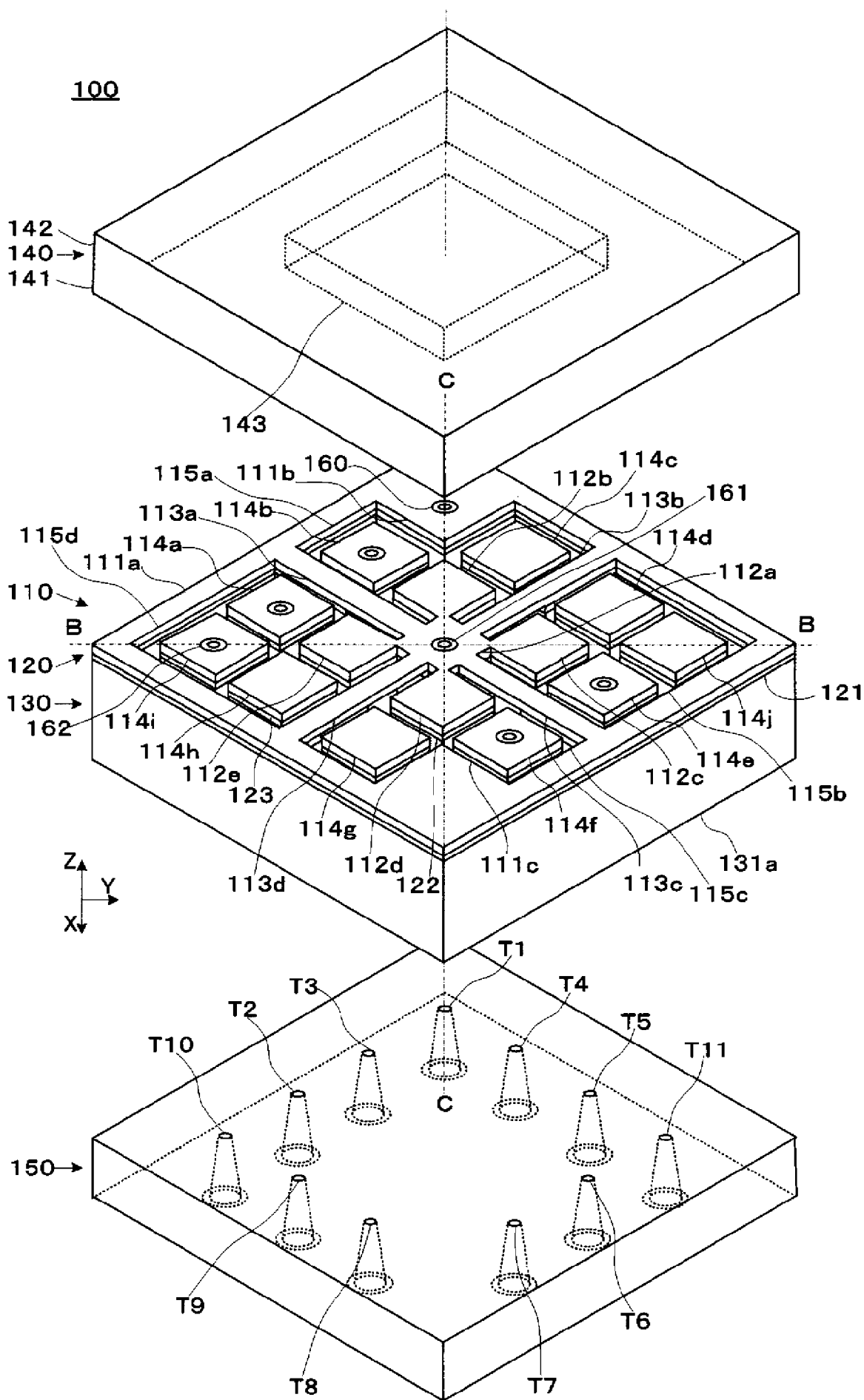
[11] 前記第2の構造体を形成するステップが、前記力学量センサ内の残留気体を吸着するゲッター材料を配置するための空間を前記台座に形成するステップをさらに有し

、
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の前に、前記空間に前記ゲッター材料を配置するステップと、

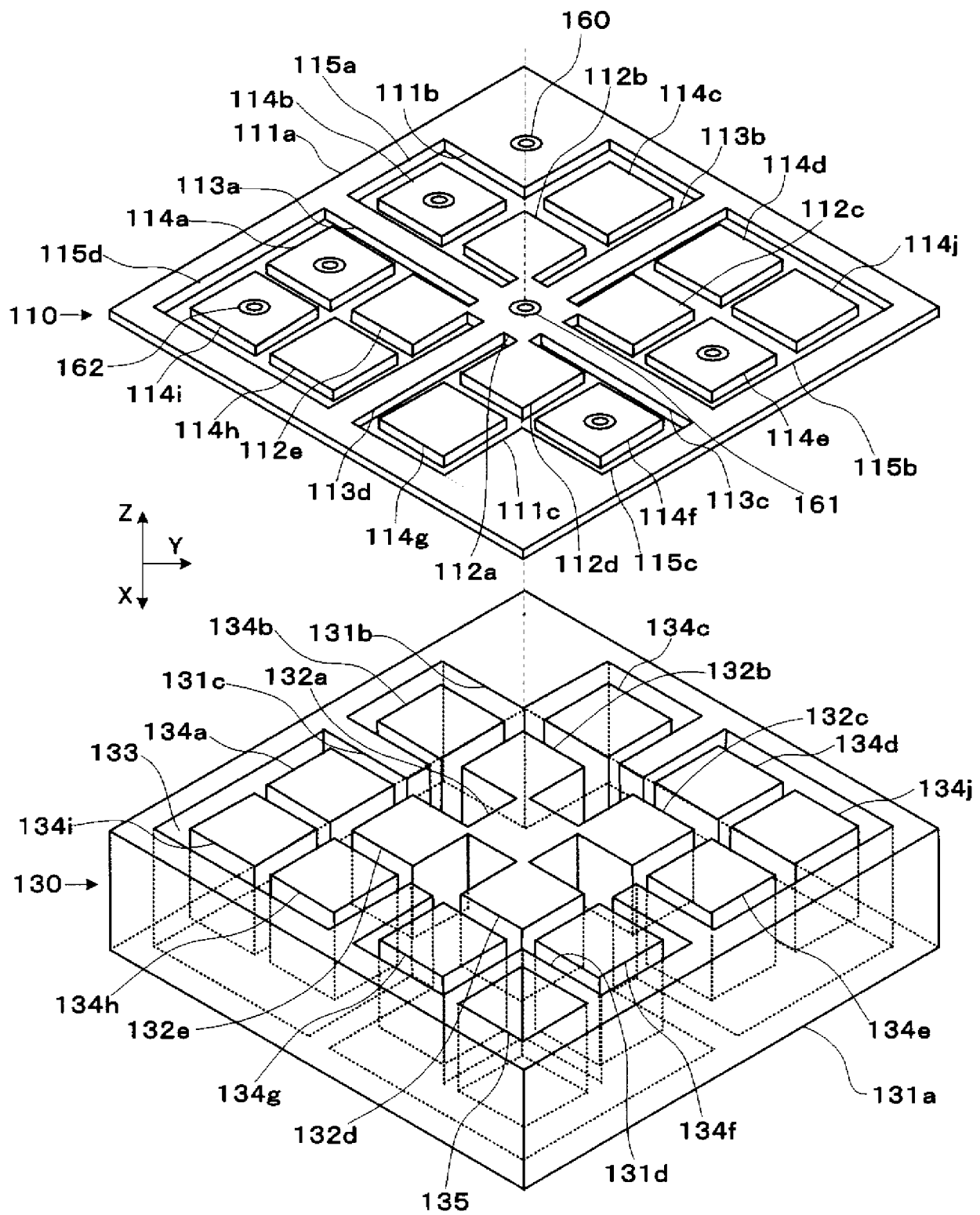
前記第2の基体を前記第2の構造体に積層配置するステップの後に、前記空間に配置された前記ゲッター材料を熱処理して活性化するステップとをさらに具備することを特徴とする請求項7乃至10のいずれか1項に記載の力学量センサの製造方法。

[12] 前記第1、第2の半導体材料が、いずれも不純物が含まれるシリコンであることを特徴とする請求項7乃至11のいずれか1項に記載の力学量センサの製造方法。

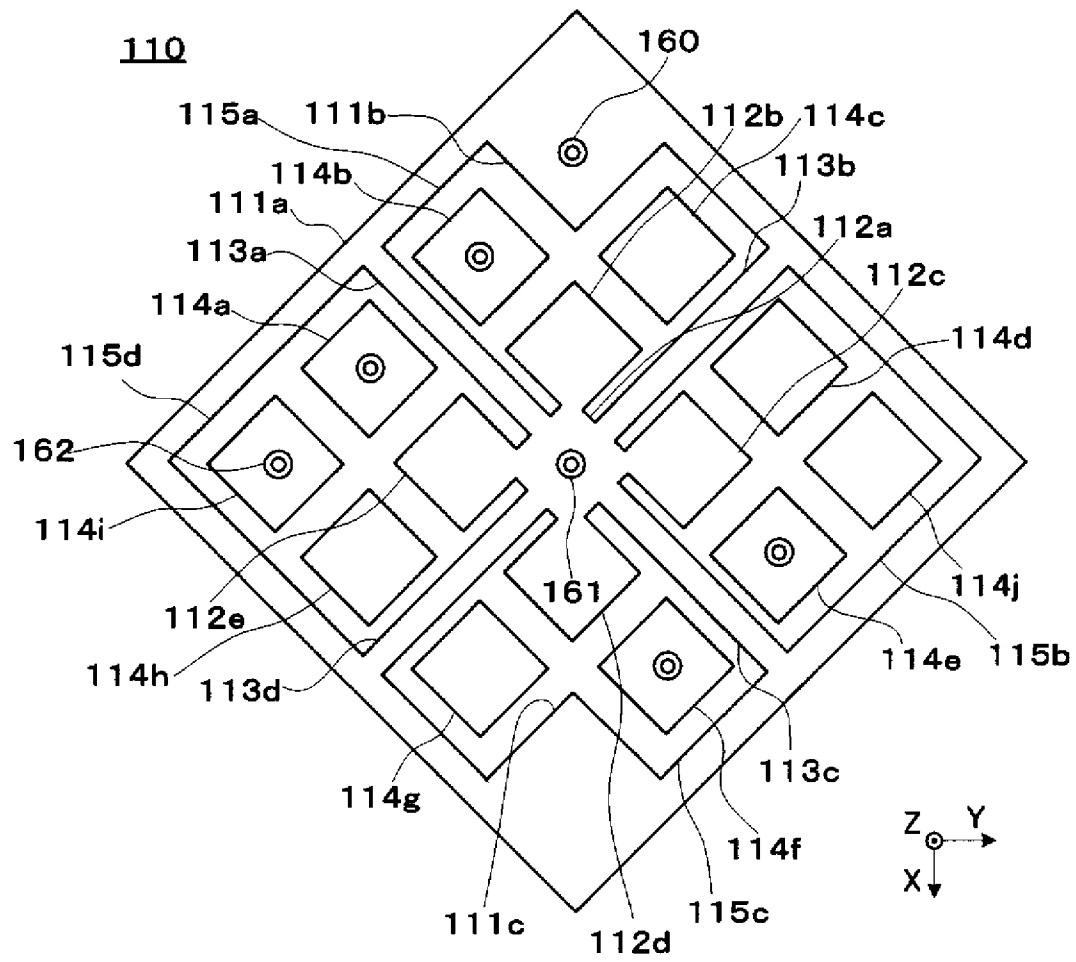
[図1]



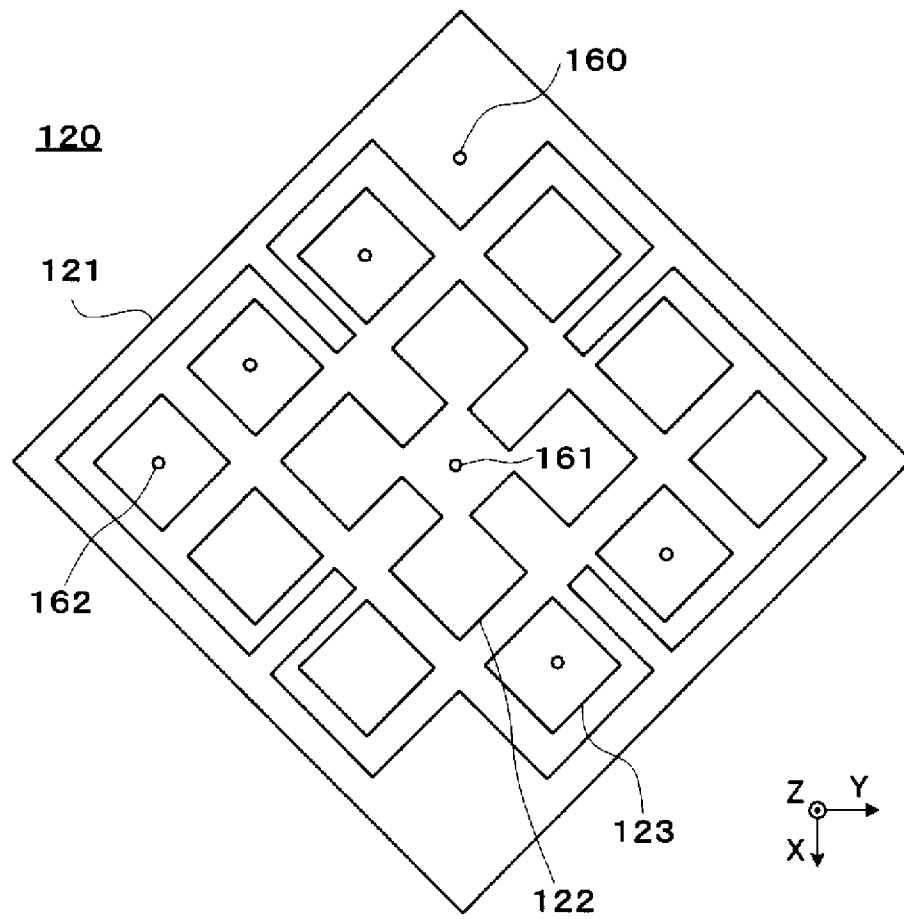
[図2]



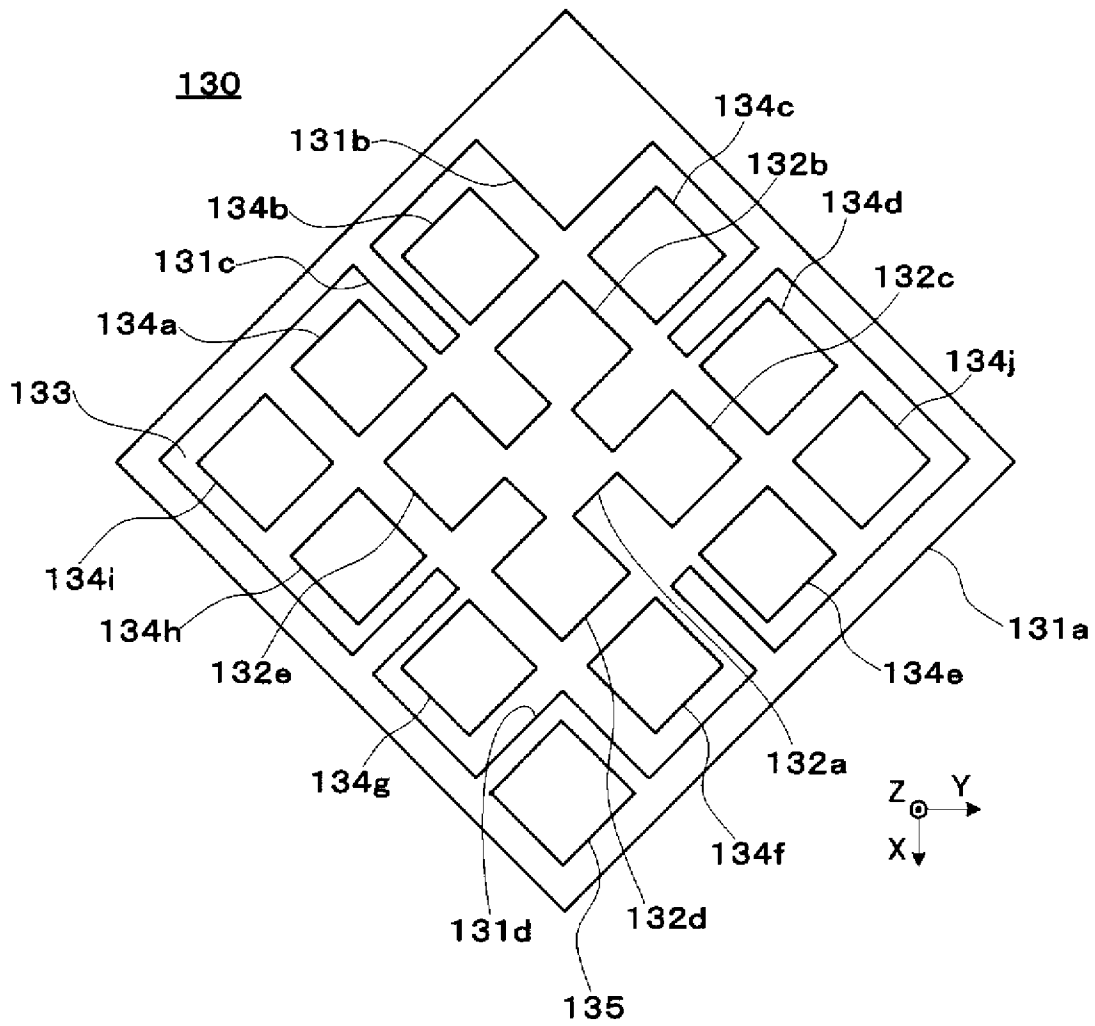
[図3]



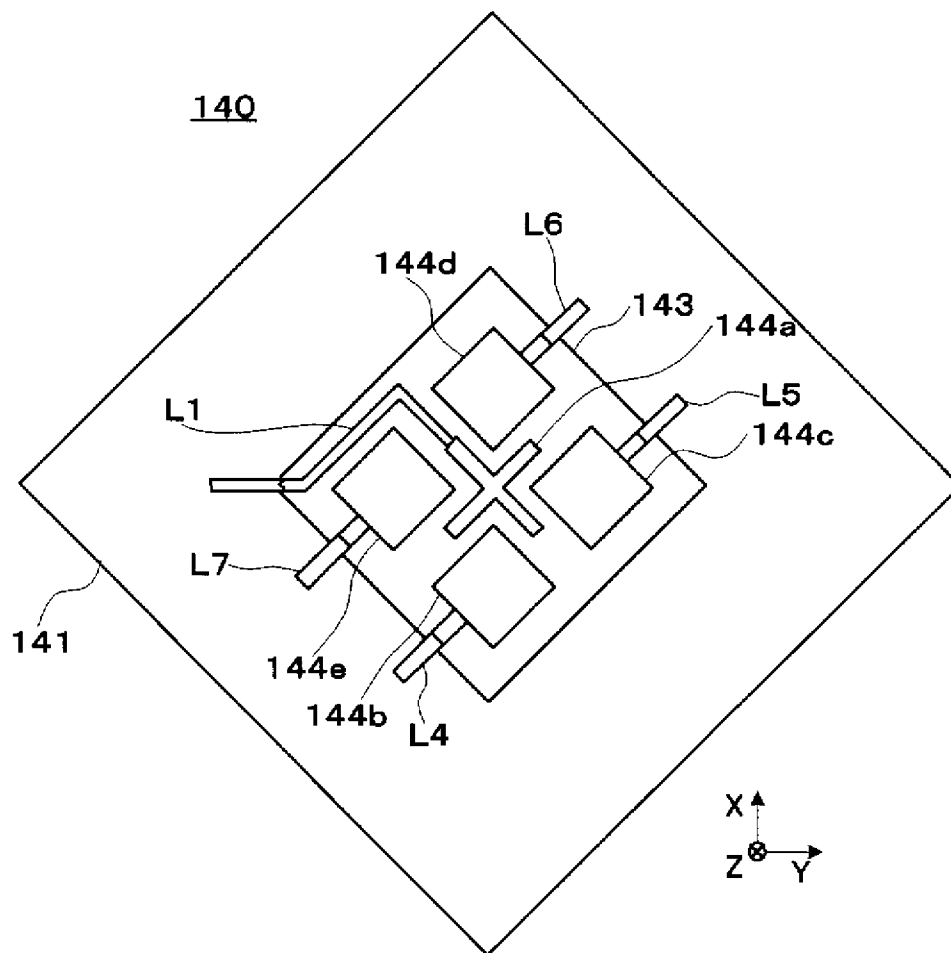
[図4]



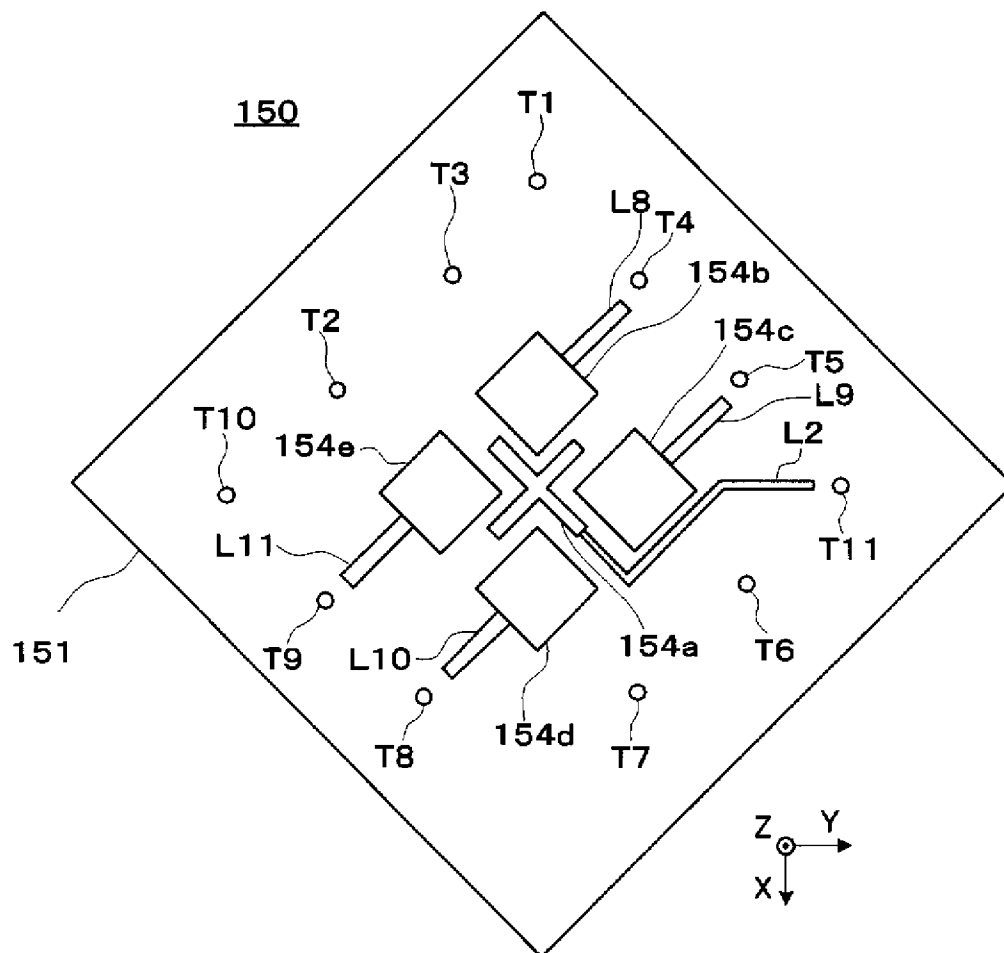
[図5]



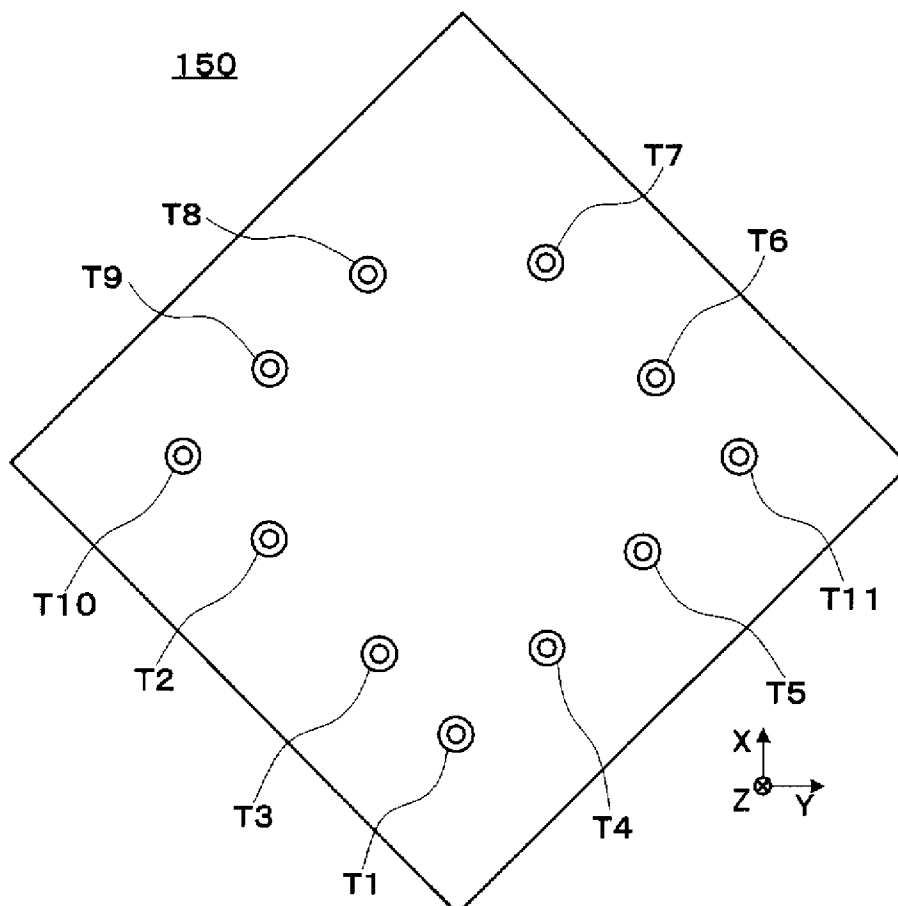
[図6]



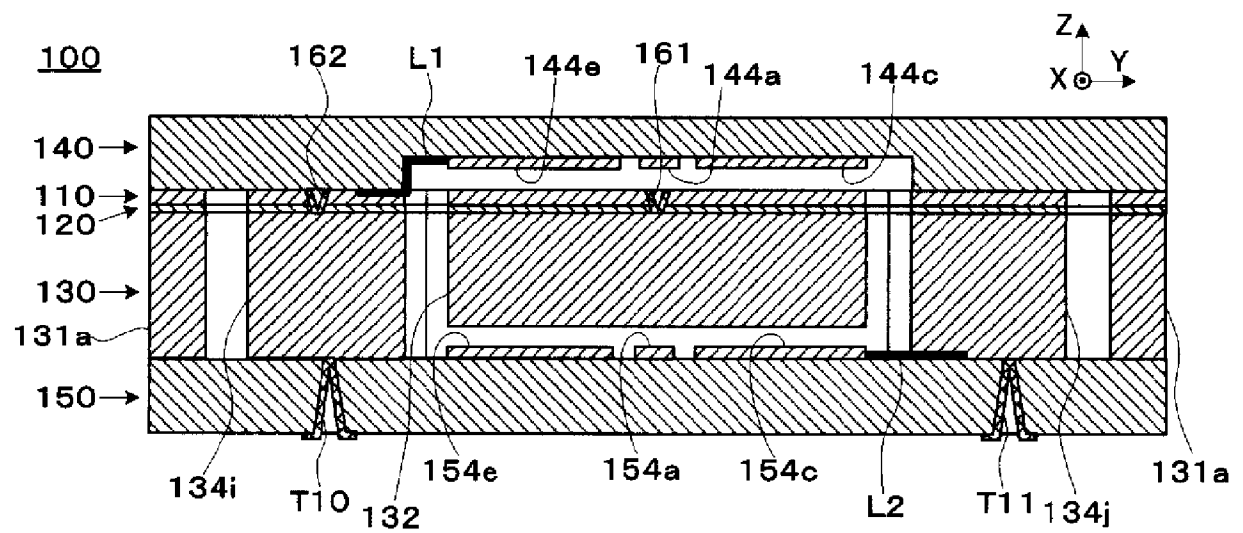
[図7]



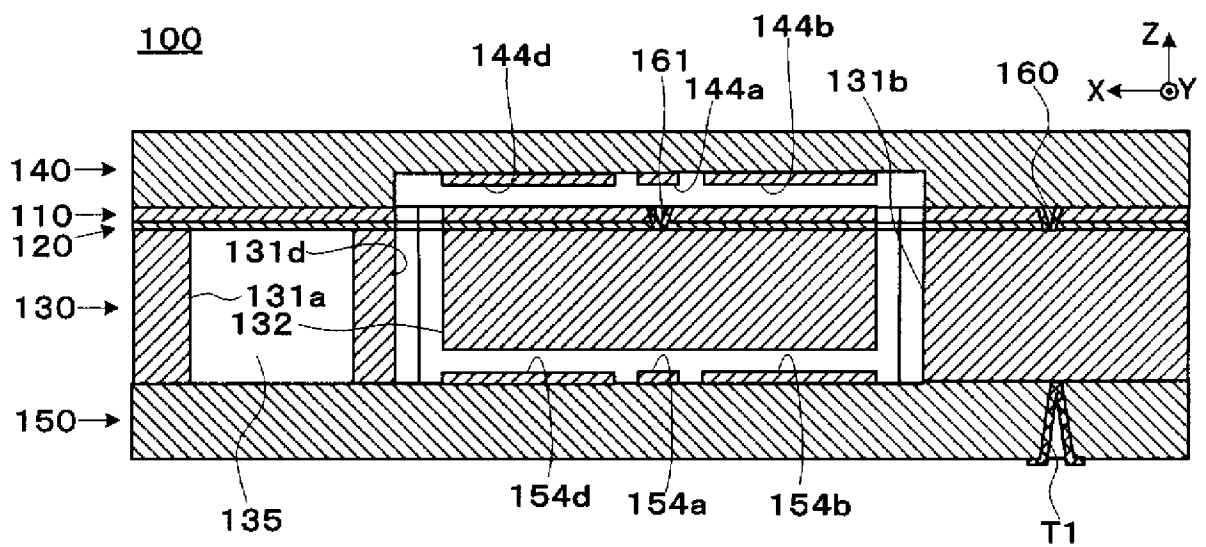
[図8]



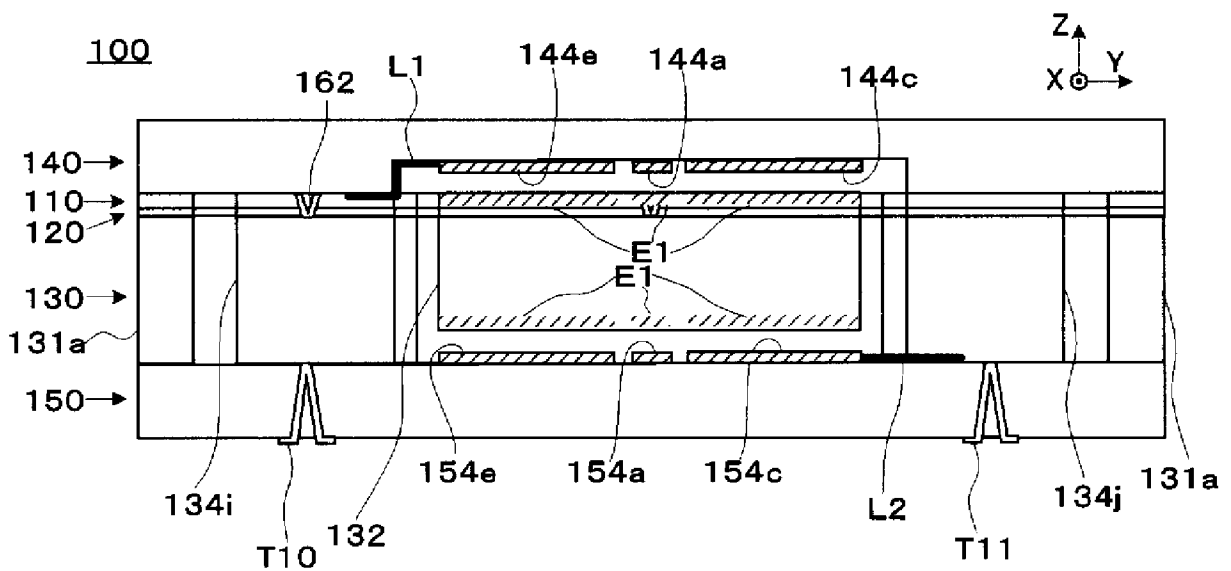
[図9]



[図10]



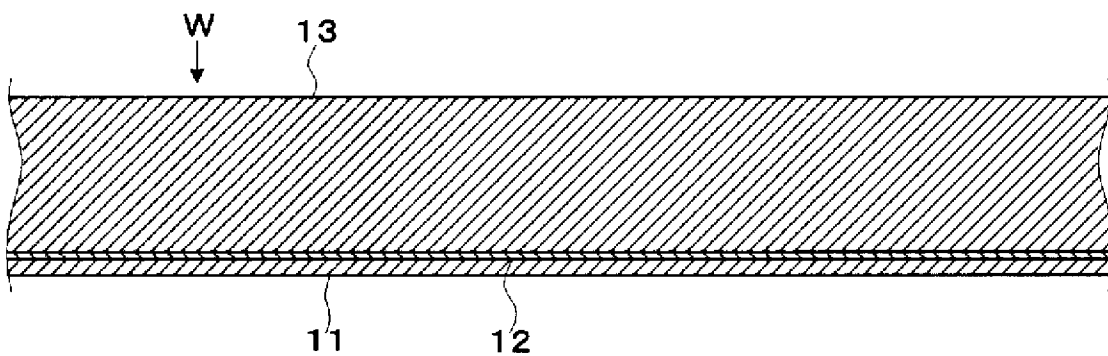
[図11]



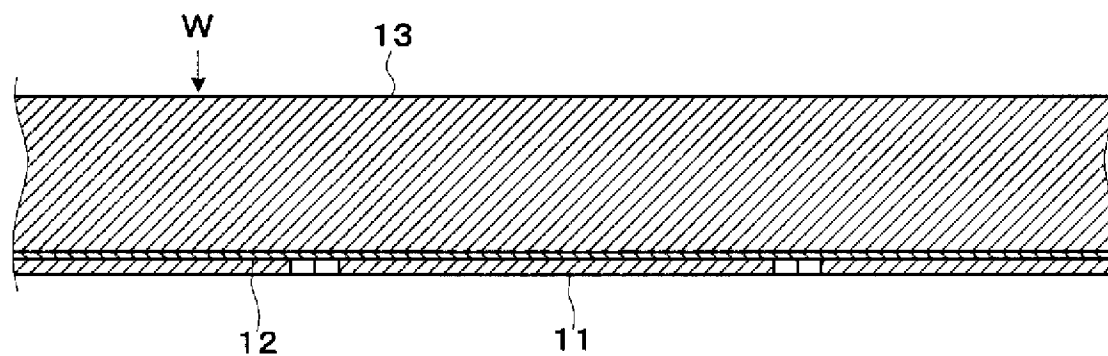
[図12]



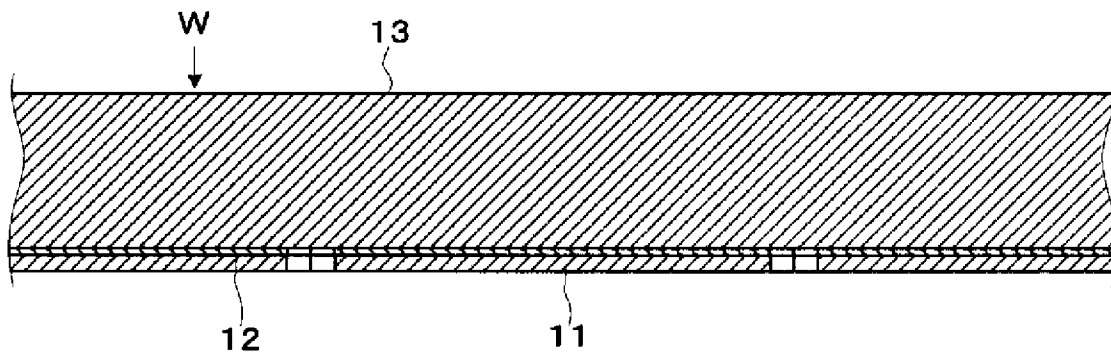
[図13A]



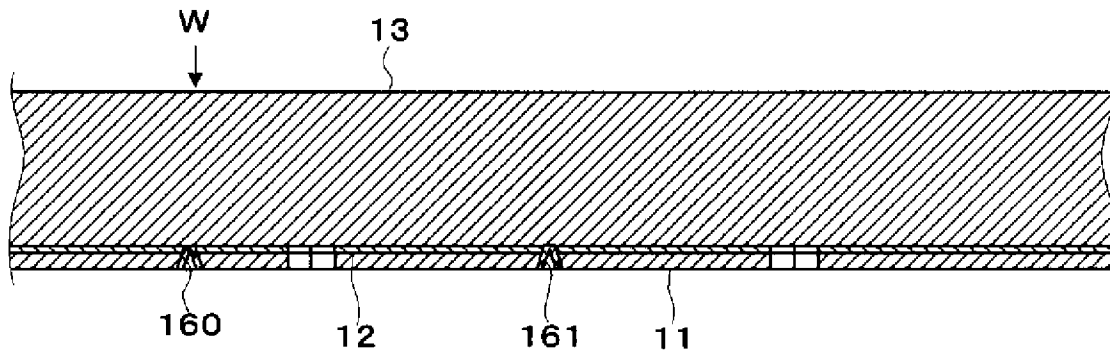
[図13B]



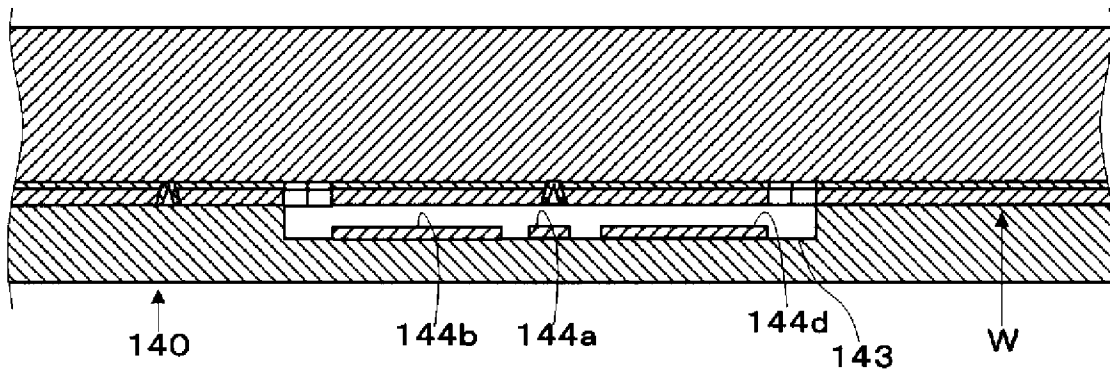
[図13C]



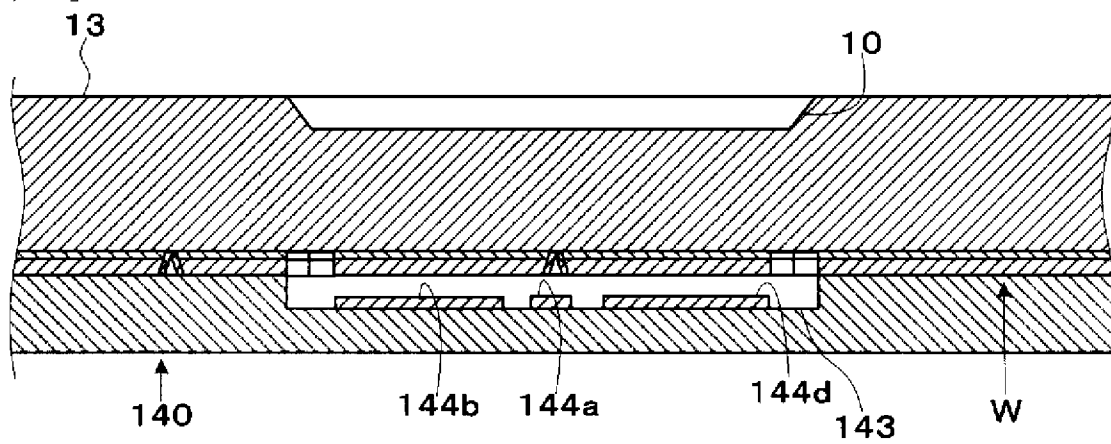
[図13D]



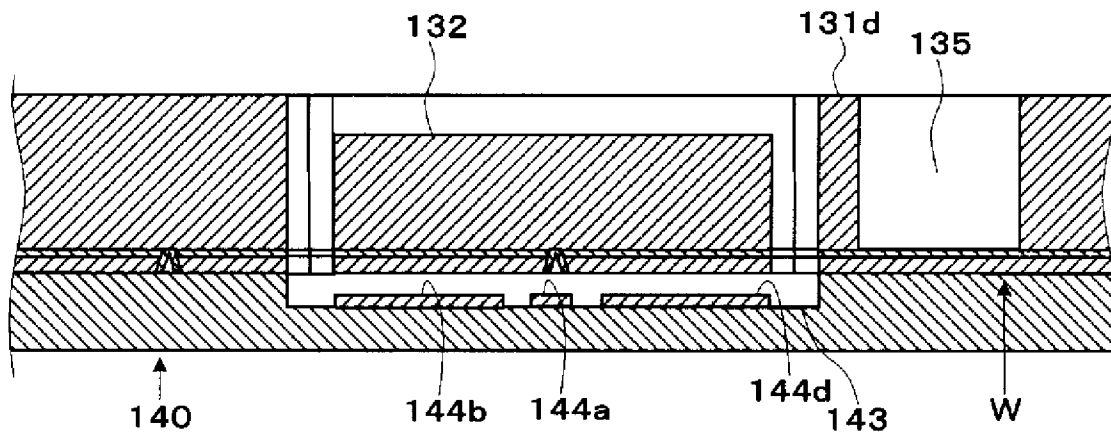
[図13E]



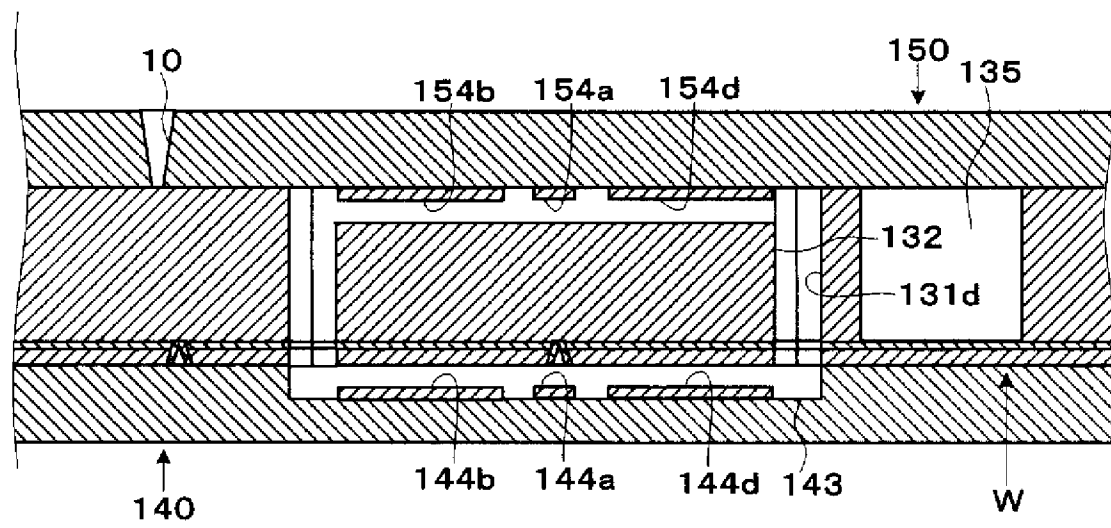
[図13F]



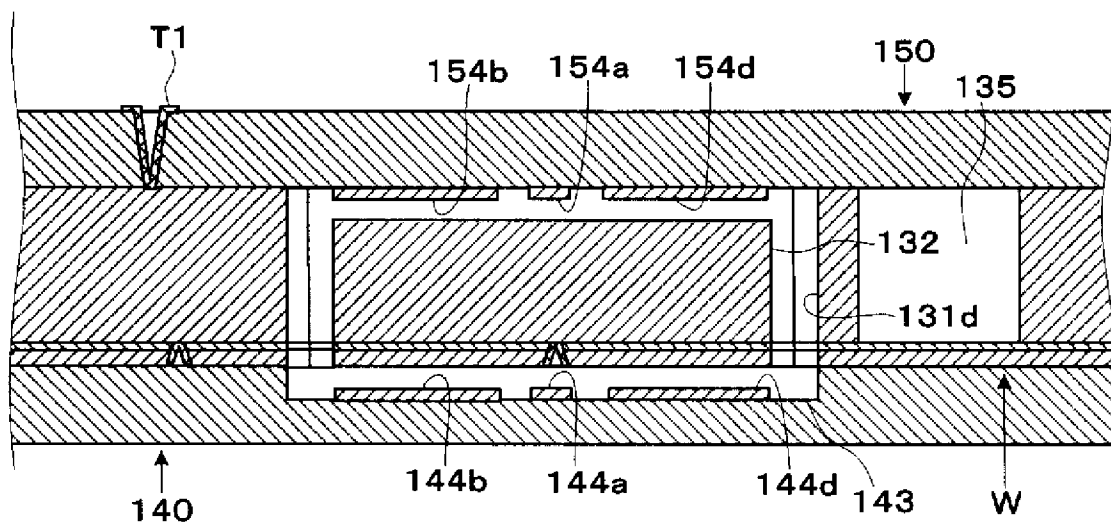
[図13G]



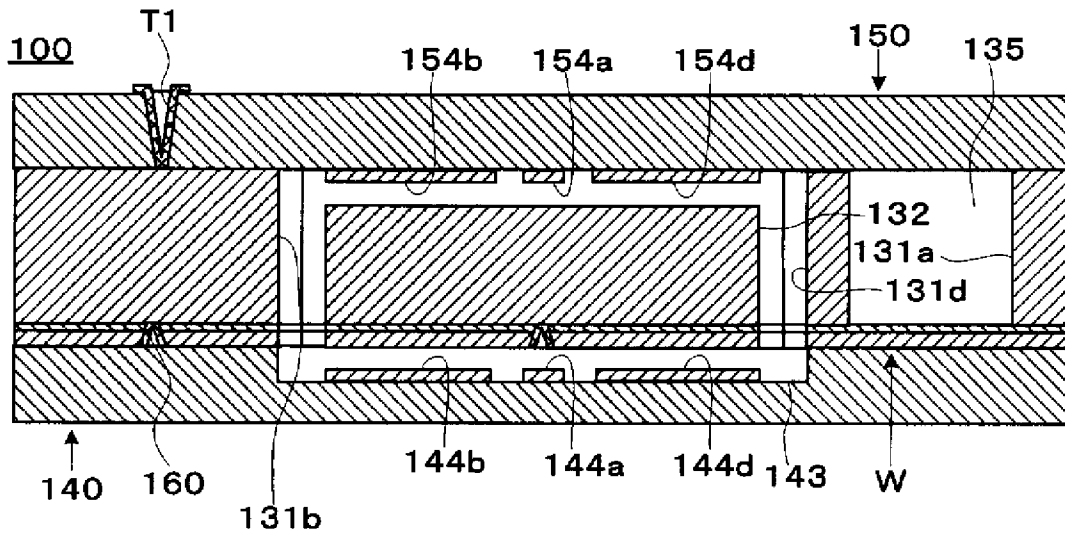
[図13H]



[図13I]



[図13.]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/074938

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01C19/56(2006.01) i, G01P9/04(2006.01) i, H01L29/84(2006.01) i</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>														
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>G01C19/56, G01P9/04, G01P15/125, H01L29/84</i></p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008</i></p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>														
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th align="center">Category*</th> <th align="center">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th align="center">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">Y</td> <td>JP 2006-329885 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 07 December, 2006 (07.12.06), Par. Nos. [0009] to [0012], [0066]; Figs. 1 to 6, 11 & US 2006/0266862 A1</td> <td align="center">1-12</td> </tr> <tr> <td align="center">Y</td> <td>WO 2004/003936 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 08 January, 2004 (08.01.04), Page 9, lines 6 to 11; page 10, lines 15 to 22 & US 2005/0000285 A1 & EP 1521274 A1</td> <td align="center">1-12</td> </tr> <tr> <td align="center">Y</td> <td>JP 2006-344573 A (Gunma-ken), 21 December, 2006 (21.12.06), Par. Nos. [0043] to [0048]; Figs. 5 to 7 (Family: none)</td> <td align="center">2-6, 8-12</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y	JP 2006-329885 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 07 December, 2006 (07.12.06), Par. Nos. [0009] to [0012], [0066]; Figs. 1 to 6, 11 & US 2006/0266862 A1	1-12	Y	WO 2004/003936 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 08 January, 2004 (08.01.04), Page 9, lines 6 to 11; page 10, lines 15 to 22 & US 2005/0000285 A1 & EP 1521274 A1	1-12	Y	JP 2006-344573 A (Gunma-ken), 21 December, 2006 (21.12.06), Par. Nos. [0043] to [0048]; Figs. 5 to 7 (Family: none)	2-6, 8-12
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.												
Y	JP 2006-329885 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 07 December, 2006 (07.12.06), Par. Nos. [0009] to [0012], [0066]; Figs. 1 to 6, 11 & US 2006/0266862 A1	1-12												
Y	WO 2004/003936 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 08 January, 2004 (08.01.04), Page 9, lines 6 to 11; page 10, lines 15 to 22 & US 2005/0000285 A1 & EP 1521274 A1	1-12												
Y	JP 2006-344573 A (Gunma-ken), 21 December, 2006 (21.12.06), Par. Nos. [0043] to [0048]; Figs. 5 to 7 (Family: none)	2-6, 8-12												
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>														
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>“&” document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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	“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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	“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)	“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	“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family	“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed			
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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													
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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													
“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)	“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													
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	“&” document member of the same patent family													
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed														
<p>Date of the actual completion of the international search 22 January, 2008 (22.01.08)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 29 January, 2008 (29.01.08)</p>												
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office</p>		<p>Authorized officer</p>												
<p>Facsimile No.</p>		<p>Telephone No.</p>												

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/074938

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 2004-361394 A (Seiko Insutsuru Kabushiki Kaisha), 24 December, 2004 (24.12.04), Par. Nos. [0025] to [0026]; Fig. 7 & US 2004/0263186 A1	3-6, 9-12
Y	JP 2004-12326 A (Hiroaki NIIZUMA), 15 January, 2004 (15.01.04), Par. No. [0096]; Fig. 7 (Family: none)	5, 6, 11, 12
Y	JP 10-213441 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 11 August, 1998 (11.08.98), Par. No. [0049] (Family: none)	6, 12

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, G01P15/125, 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 2006-329885 A(大日本印刷株式会社) 2006.12.07, 段落【0009】-【0012】、【0066】、第1-6、11図 & US 2006/0266862 A1	1-12
Y	WO 2004/003936 A(住友精密工業株式会社) 2004.01.08, 第9頁第6-11行、第10頁第15-22行 & US 2005/0000285 A1 & EP 1521274 A1	1-12
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 22.01.2008	国際調査報告の発送日 29.01.2008	
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	2S 3405

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2006-344573 A(群馬県) 2006. 12. 21, 段落【0043】－【0048】，第5－7図(ファミリーなし)	2-6, 8-12
Y	JP 2004-361394 A(セイコーインスツル株式会社) 2004. 12. 24, 段落【0025】－【0026】，第7図 & US 2004/0263186 A1	3-6, 9-12
Y	JP 2004-12326 A(新妻弘明) 2004. 01. 15, 段落【0096】，第7図 (ファミリーなし)	5, 6, 11, 12
Y	JP 10-213441 A(株式会社村田製作所) 1998. 08. 11, 段落【0049】 (ファミリーなし)	6, 12