



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称：MEMSセンサ

技術分野

[0001] 本発明は、シリコン（Silicon）層を加工するなどして形成された静電容量型のMEMSセンサに係り、特に、電極構造に関する。

背景技術

[0002] 静電容量型のMEMSセンサは、錘部、可動電極部及び固定電極部を有して構成される。例えば加速度がMEMSセンサに作用すると、錘部及び可動電極部が移動し、可動電極部と固定電極部との間で静電容量変化が生じる。この静電容量変化に基づいて加速度を検出することが可能である。

[0003] 図17は従来のMEMSセンサの可動電極部及び固定電極部を模式的に示した説明図（平面図）である。このMEMSセンサは、面内方向での加速度を検出するものであり、例えばX1-X2方向に作用する加速度を検出可能とされている。

[0004] 図17（a）はMEMSセンサの静止状態を示している。図17（a）に示すようにMEMSセンサには、第1検出部1と第2検出部2とがあり、第1検出部1及び第2検出部2に夫々、複数本の櫛歯状の固定電極1a、2aと複数本の櫛歯状の可動電極1b、2bとがX1-X2方向に間隔を空けて交互に配置されている。

[0005] 図17（a）に示すように、第1検出部1では、可動電極1bと前記可動電極1bに対してX1側に位置する固定電極1aとの間に所定の距離からなる第1のギャップa₀が設けられている。また第2検出部2では、可動電極2bと前記可動電極2bに対してX2側に位置する固定電極2aとの間に所定の距離からなる第2のギャップb₀が設けられている。

[0006] 図17（b）に示すように、加速度の作用により、第1検出部1での可動電極1b及び第2検出部2での可動電極2bが夫々、X1方向に移動すると、図17（b）での第1のギャップa₁は図17（a）の静止状態でのギャッ

プ a_0 よりも小さくなり、一方、第2のギャップ b_1 は図17(a)の静止状態でのギャップ b_0 よりも大きくなる。

[0007] また図17(c)に示すように、加速度の作用により、第1検出部1での可動電極1b及び第2検出部2での可動電極2bが夫々、 X_2 方向に移動すると、図17(c)での第1のギャップ a_2 は図17(a)の静止状態でのギャップ a_0 よりも大きくなり、一方、第2のギャップ b_2 は図17(a)の静止状態でのギャップ b_0 よりも小さくなる。

[0008] 図17(b)及び図17(c)に示したように加速度が X_1-X_2 方向に作用することで、可動電極1b、2bと固定電極1a、2aとの間のギャップ a 、 b が変化し、これにより静電容量が変化する。このとき、第1検出部1での静電容量変化と第2検出部2での静電容量変化は逆になる。

[0009] 特許文献1には、上記した図17と同様に可動電極と固定電極との間のギャップの変化により静電容量変化を生じさせる電極構造が記載されている。また、それ以外に特許文献1には、可動電極と固定電極との間の対向面積の変動による静電容量変化を検出可能な電極構造も記載されている。対向面積の変動により静電容量変化を生じさせる電極構造は特許文献2、3にも記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特開2007-139505号公報

特許文献2：特開2002-22446号公報

特許文献3：特開平10-313123号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら従来の電極構造では、MEMSセンサの小型化とともに感度の向上を十分に図ることが困難になっていた。

[0012] そこで本発明は上記従来の課題を解決するものであり、従来に比べて、小

型で且つ、高い感度を得ることが可能なMEMSセンサを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明は、可動電極部および固定電極部を有するMEMSセンサにおいて、

水平面内にて直交する2方向を第1の方向と第2の方向としたとき、前記第1の方向が前記可動電極部の移動方向であり、

前記可動電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され前記第2の方向に延出して形成された複数本の可動支持部と、前記第1の方向に向けて各可動支持部の側部から延出し、各可動支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の可動電極子と、を有し、

前記固定電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され基端側から先端側への延出方向が前記可動支持部とは逆方向である複数本の固定支持部と、各固定支持部の側部から前記可動電極子の延出方向とは逆方向に延出し、各固定支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の固定電極子と、を有し、

複数本の前記可動支持部と複数本の前記固定支持部とが前記第1の方向に間隔を空けて交互に配列されており、隣り合う前記可動支持部と前記固定支持部とが組にされて、各組の前記可動支持部と前記固定支持部の間にて複数本の前記可動電極子と複数本の前記固定電極子とが前記第2の方向に間隔を空けて交互に配列されており、

前記可動電極部の前記第1の方向への移動により、各可動電極子と各固定電極子間の対向面積の変化に基づく静電容量変化を検出することを特徴とするものである。

[0014] 本発明では、同じ検出部内に、可動電極部を構成する複数本の可動支持部と、固定電極部を構成する複数本の固定支持部とを第1の方向に交互に配列している。そして、隣り合う可動支持部と固定支持部とを同じ組にし、各組での可動支持部と固定支持部との間に、複数本の可動電極子と固定電極子と

を第2の方向に交互に配列した。これにより検出部内に効率よく、多数の可動電極子と固定電極子を配置でき、従来の電極構造に比べて、小型で且つ、高い感度を得ることが出来る。特許文献1～3では、複数本の可動支持部と複数本の固定支持部とが第1の方向に間隔を空けて交互に配列されたものではない。そして本発明のように前記可動支持部と前記固定支持部が複数組に区分けされ、各組にて、可動電極子と固定電極子とが第2の方向に間隔を空けて交互に配列された電極構造は開示されていない。

[0015] 本発明の電極構造とすることで、特許文献に開示された電極構造に比べて、同じ検出部内に、可動電極子と固定電極子間の対向面積の変動領域を効率よく増やすことができ、感度を十分高めることが可能になる。

[0016] また、図17で示したように可動電極と固定電極間のギャップ（距離）を変動させて静電容量変化を生じさせる電極構造では、静電容量はギャップ（距離）に反比例し、後述する比較例として示すように、感度を高めると、距離の変動に対して静電容量変化が急激なものとなり、MEMSセンサによる物理量の有効検出範囲（ダイナミックレンジ）が狭くなる。さらに前記有効検出範囲内での感度のリニアリティが悪化する問題も生じる。

[0017] これに対して本発明のように可動電極子と固定電極子間の対向面積を変動させて静電容量を変化させる電極構造では、静電容量は対向面積に比例することになり、上記した電極間の距離の変動で静電容量を変化させる方式に比べて、物理量の有効検出範囲（ダイナミックレンジ）を広くできるとともに前記有効検出範囲内での感度のリニアリティを効果的に向上させることが可能になる。

[0018] 本発明では、第1検出部と第2検出部とを有し、各検出部の夫々に、前記可動電極部及び前記固定電極部を備え、

前記可動電極子と前記固定電極子との前記第1の方向への延出方向が、前記第1検出部と前記第2検出部とで逆にされており、前記第1検出部により得られた静電容量変化と、前記第2検出部により得られた静電容量変化により差動出力を得ることができることが好ましい。

- [0019] また上記の構成において、前記第 1 検出部及び前記第 2 検出部の夫々が、複数の検出領域に区分されており、各検出領域の夫々に、前記可動電極部及び前記固定電極部を備えることが好ましい。これにより、各電極部の強度を保ちながら可動電極部と固定電極部とを効率よく配置でき MEMS センサの小型化を実現できるとともに、感度をより効果的に高めることができる。
- [0020] また本発明では、静止状態において、前記可動支持部の側部から前記固定電極子の先端までの前記第 1 の方向への間隔を L_1 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第 2 の方向への幅寸法を T_1 とし、前記可動電極子が前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_2 としたとき、 $(L_1 - L_2)^2 / T_1$ が $2 (\mu m)$ 以上であることが好ましい。これにより、効果的に感度のリニアリティを向上させることができる。
- [0021] また本発明では、静止状態において、隣り合う前記組の前記可動支持部と前記固定支持部との間における前記第 1 の方向への間隔を L_3 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第 2 の方向への幅寸法を T_1 とし、前記可動電極子が隣り合う前記組の前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_4 としたとき、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ が $4 (\mu m^3)$ 以上であることが好ましい。これにより効果的に感度のリニアリティを向上させることができる。

発明の効果

- [0022] 本発明の MEMS センサによれば、従来の電極構造に比べて、小型で且つ、高い感度を得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0023] [図1]図 1 は本発明の実施の形態の MEMS センサの機能層を示す平面図である。
- [図2]図 2 (a) は、図 1 に示す可動電極部及び固定電極部の一部を示す静止状態の部分拡大平面図、図 2 (b) は図 2 (a) の静止状態から加速度を受けて可動電極部が X 2 方向に移動した状態を示す部分拡大平面図である。
- [図3]図 3 (a) は、図 1 に示す可動電極部及び固定電極部の一部を示す静止

状態の部分拡大平面図、図3（b）は図1に示す静止状態から可動電極部がX1方向に移動した状態を示す部分拡大平面図、図3（c）は、図1に示す静止状態から可動電極部がX2方向に移動した状態を示す部分拡大平面図である。

[図4]図4は図1に示すMEMSセンサをA-A線に沿って切断し矢印方向から見たときの部分縦断面図である。

[図5]図5（a）は、比較例における加速度と静電容量との関係を示すシミュレーション結果、図5（b）は、MEMSセンサの検出部の大きさを変更することなく、図5（a）よりも感度を高めた場合の加速度と静電容量との関係を示すシミュレーション結果である。

[図6]図6は図5（a）における（1）のグラフにおける静電容量変化と、（2）のグラフにおける静電容量変化との差動出力カーブを示す。

[図7]図7は、加速度と感度との関係を示すシミュレーション結果である。

[図8]図8は、実施例における加速度と静電容量との関係を示すシミュレーション結果である。

[図9]図9は、図8における（3）のグラフに示す静電容量変化と、（4）のグラフに示す静電容量変化との差動出力カーブを示す。

[図10]図10は、実施例における加速度と感度との関係を示すシミュレーション結果である。

[図11]L1の大きさと感度の最大振れ幅との関係を示す実施例における加速度と感度との関係を示すシミュレーション結果である。

[図12] $L1 - L2$ （ $2\mu\text{m}$ ）と感度の最大振れ幅との関係を示すシミュレーション結果である。

[図13] $(L1 - L2)^2 / T1$ と感度の最大振れ幅との関係を示すシミュレーション結果である。

[図14]L3の大きさと感度の最大振れ幅との関係を示す実施例における加速度と感度との関係を示すシミュレーション結果である。

[図15] $L3 - L4$ （ $2\mu\text{m}$ ）と感度の最大振れ幅との関係を示すシミュレー

ション結果である。

[図16] $(L3 - L4)^2 \times T1$ と感度の最大振れ幅との関係を示すシミュレーション結果である。

[図17]従来の電極構造を模式的に示すとともに、可動電極のX1 - X2方向への移動による静電容量変化を説明するための説明図（平面図）である。

発明を実施するための形態

[0024] 図1は本発明の実施の形態のMEMSセンサの機能層を示す平面図、図2(a)は、図1に示す可動電極部及び固定電極部の一部を示す静止状態の部分拡大平面図、図2(b)は図2(a)の静止状態から加速度を受けて可動電極部がX2方向に移動した状態を示す部分拡大平面図、図3(a)は、図1に示す可動電極部及び固定電極部の一部を示す静止状態の部分拡大平面図、図3(b)は図1に示す静止状態から可動電極部がX2方向に移動した状態を示す部分拡大平面図、図3(c)は、図1に示す静止状態から可動電極部がX1方向に移動した状態を示す部分拡大平面図、図4は本実施形態におけるMEMSセンサの部分縦断面図である。

[0025] 図1に示すように、MEMSセンサSは、例えばX1 - X2方向（第1の方向）が長辺でY1 - Y2方向（第2の方向）が短辺の長形状である。図1に示すMEMSセンサSは、X1 - X2方向に作用する加速度を検出するための一軸検出の加速度センサを構成している。

[0026] 図4に示すようにMEMSセンサSは、支持基板10と機能層11とが絶縁層12を介して積層されたSOI基板13と、SOI基板13と高さ方向に対向し金属接続部14を介して接合された配線基板15とを有して構成される。ここで図1ではMEMSセンサSのうち機能層11のみを取り上げ、さらに機能層11のうち枠体16（図4参照）の内側に位置する錘部22及び電極部を図示している。

[0027] 例えば、支持基板10及び機能層11はシリコンからなり、絶縁層12は、 SiO_2 からなる。

[0028] 図1、図4に示すように、機能層11は、シリコン基板から固定電極部2

0 a ~ 2 0 d、可動電極部 2 1 a ~ 2 1 d、錘部 2 2 および枠体 1 6 が分離されて形成されている。

[0029] 図 1 に示すように、機能層 1 1 の平面形状は、X 1 - X 2 方向及び Y 1 - Y 2 方向の中心（図心）O に対して 1 8 0 度の回転対称であり、且つ中心 O を通り X 方向に延びる線に対して上下方向（Y 1 - Y 2 方向）に対称である。

[0030] 図 1 に示すように、中心 O よりも X 1 側に第 1 検出部 2 3 が設けられ、X 2 側に第 2 検出部 2 4 が設けられる。さらに第 1 検出部 2 3 は、Y 1 側の第 1 検出領域 2 3 a と Y 2 側の第 1 検出領域 2 3 b とに区分されている。また第 2 検出部 2 4 は、Y 1 側の第 2 検出領域 2 4 a と Y 2 側の第 2 検出領域 2 4 b とに区分されている。

[0031] 図 1 に示すように Y 1 側の第 1 検出領域 2 3 a は固定電極部 2 0 a と可動電極部 2 1 a とで構成されている。また Y 2 側の第 1 検出領域 2 3 b は固定電極部 2 0 b と可動電極部 2 1 b とで構成されている。また Y 1 側の第 2 検出領域 2 4 a は固定電極部 2 0 c と可動電極部 2 1 c とで構成されている。また Y 2 側の第 2 検出領域 2 4 b は固定電極部 2 0 d と可動電極部 2 1 d とで構成されている。各可動電極部 2 1 a ~ 2 1 d と支持基板 1 0 との間に絶縁層 1 2 は形成されていない（図 4 参照）。一方、各固定電極部 2 0 a ~ 2 0 d は支持基板 1 0 に絶縁層 1 2 を介して固定されている。

[0032] 可動領域において第 1 検出部 2 3 及び第 2 検出部 2 4 を除いた部分が錘部 2 2 である。図 1 では前記錘部 2 2 は第 1 検出部 2 3 及び第 2 検出部 2 4 の周囲に位置している。

[0033] 図 1 に示すように錘部 2 2 は、X 1 側領域 2 2 a、Y 1 側領域 2 2 b、X 2 側領域 2 2 c 及び Y 2 側領域 2 2 d を有して構成される。

[0034] 図 1 に示すように錘部 2 2 の Y 1 側領域 2 2 b よりも Y 1 側には、錘部 2 2 と分離して形成された第 1 アンカ部 2 6 が設けられている。第 1 アンカ部 2 6 は X 1 - X 2 方向に長い細長状で形成されている。第 1 アンカ部 2 6 は、図 4 に示す支持基板 1 0 と絶縁層 1 2 を介して固定されている。

- [0035] また図 1 に示すように、錘部 22 の Y2 側領域 22d よりも Y2 側には、錘部 22 と分離して形成された第 2 アンカ部 27 が設けられている。第 2 アンカ部 27 は X1-X2 方向に長い細長状で形成されている。第 2 アンカ部 27 は、図 4 に示す支持基板 10 と絶縁層 12 を介して固定されている。
- [0036] 図 1 に示すように、錘部 22 の X1 側領域 22a は、第 1 アンカ部 26 及び第 2 アンカ部 27 よりも更に X1 側に延びている。そして X1 側領域 22a の Y1 側端部 22a1 と、第 1 アンカ部 26 との間には所定幅からなるギャップ（間隔）28 が形成されている。また、X1 側領域 22a の Y2 側端部 22a2 と、第 2 アンカ部 27 との間には所定幅からなるギャップ 29 が形成されている。前記ギャップ 28, 29 の X1-X2 方向への幅寸法は同じ寸法であり、前記ギャップ 28, 29 は、錘部 22 が図 1 の静止状態から X1 方向へ移動可能な寸法を規制する。
- [0037] また、図 1 に示すように、錘部 22 の X2 側領域 22c は、第 1 アンカ部 26 及び第 2 アンカ部 27 よりも更に X2 側に延びている。そして X2 側領域 22c の Y1 側端部 22c1 と、第 1 アンカ部 26 との間には所定幅からなるギャップ 30 が形成されている。また、X2 側領域 22c の Y2 側端部 22c2 と、第 2 アンカ部 27 との間には所定幅からなるギャップ 31 が形成されている。前記ギャップ 30, 31 の X1-X2 方向への幅寸法は同じ寸法であり、前記ギャップ 30, 31 は、錘部 22 が図 1 の静止状態から X2 方向へ移動可能な寸法を規制する。
- [0038] また図 1 に示すように、錘部 22 の X1 側領域 22a には、各ギャップ 28, 29 から Y1-Y2 方向への内側に延び、各ギャップ 28, 29 よりも幅寸法のやや広い空間部 35, 36 が形成されている。また、錘部 22 の X2 側領域 22c には、各ギャップ 30, 31 から Y1-Y2 方向への内側に延び、各ギャップ 30, 31 よりも幅寸法のやや広い空間部 37, 38 が形成されている。
- [0039] そして各空間部 35~38 では、各アンカ部 26, 27 と錘部 22 とを繋げるバネ部 40~43 が形成されている。各バネ部 40~43 は、シリコン

基板を各アンカ部 26, 27 及び錘部 22 と一体に切り出して X1-X2 方向への弾性を持たせた箇所である。バネ部 40~43 及び錘部 22 と支持基板 10 との間に絶縁層 12 は形成されていない (図 4 参照)。よって、加速度を受けると、錘部 22 はバネ部 40~43 の弾性変形により X1-X2 方向へ移動できるようになっている。

[0040] 図 1 に示すように各バネ部 40~43 は Y1-Y2 方向に長く形成されており、また各アンカ部 26, 27 と錘部 22 との間で折り返して形成されている。これにより各バネ部 40~43 は Y1-Y2 方向へ剛性を持ち、錘部 22 の Y1-Y2 方向への振動を抑制している。

[0041] 図 1 に示すように、錘部 22 と一体となって各可動電極部 21a~21d が形成されている。各可動電極部 21a~21d には、X1-X2 方向に間隔を空けて Y1-Y2 方向に延出する複数本の可動支持部 50 が設けられている。各可動支持部 50 は錘部 22 の Y1 側領域 22b 及び Y2 側領域 22d から内方向に向けて延出している。なお図 1 では、各可動電極部 21a~21d に対して夫々、一本の可動支持部 50 にのみ符号を付した。また、図 1 に示すように、各固定電極部 20a~20d は、固定基部 52 と、X1-X2 方向に間隔を空けて配置され、前記固定基部 52 から Y1-Y2 方向に延出して形成された複数本の固定支持部 51 が設けられている。なお図 1 では、各固定電極部 20a~20d に対して夫々、一本の固定支持部 51 にのみ符号を付した。各検出領域 23a, 23b, 24a, 24b において、可動支持部 50 と固定支持部 51 との延出方向は逆方向である。そして、各検出領域 23a, 23b, 24a, 24b において、複数本の可動支持部 50 と複数本の固定支持部 51 とが X1-X2 方向に間隔を空けて交互に配列されている。

[0042] 図 4 に示すように各固定基部 52 は支持基板 10 と絶縁層 12 を介して固定されている。なお各固定支持部 51 と支持基板 10 との間に絶縁層 12 が介在していてもよいが、固定支持部 51 は細いためエッチングにより固定支持部 51 と支持基板 10 間の絶縁層 12 が除去されてしまい、前記固定支持

部 5 1 は図 4 に示すように可動支持部 5 0 と同様、支持基板 1 0 から浮いた状態となっている。ただし、各固定支持部 5 1 は固定基部 5 2 に接続されているため、加速度を受けても X 1 - X 2 方向へ移動しない。

[0043] 図 1 に示すように、各可動支持部 5 0 の X 1 - X 2 方向の側部及び各固定支持部 5 1 の X 1 - X 2 方向の側部には Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて櫛歯状の可動電極子及び固定電極子が形成されている。可動電極子及び固定電極子を図 2 及び図 3 により説明する。

[0044] 図 2 (a) は図 1 に示す円で囲った I I 辺りの第 1 検出領域 2 3 a 及び第 2 検出領域 2 4 a を示している。図 2 (a) に示すように、第 1 検出領域 2 3 a では、錘部 2 2 の Y 1 側領域 2 2 b の内側部 2 2 b 1 から Y 2 方向に向けて細長い可動支持部 5 0 が直線状で形成されている。そして第 1 検出領域 2 3 a では、複数本の可動支持部 5 0 が X 1 - X 2 方向に間隔を空けて形成されている。同様に、第 2 検出領域 2 4 a では、錘部 2 2 の Y 1 側領域 2 2 b の内側部 2 2 b 1 から Y 2 方向に向けて細長い可動支持部 5 0 が直線状で形成されている。そして第 2 検出領域 2 4 a では、複数本の可動支持部 5 0 が X 1 - X 2 方向に間隔を空けて形成されている。

[0045] 図 2 (a) に示すように、第 1 検出領域 2 3 a に設けられた可動支持部 5 0 の X 2 側端部 5 0 a から X 2 方向に延出する可動電極子 6 0 が Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて複数本、形成されている。なお図 2 (a) では、前記可動支持部 5 0 に対して一本の可動電極子 6 0 にのみ符号を付した。

[0046] また図 2 (a) に示すように、第 2 検出領域 2 4 a に設けられた可動支持部 5 0 の X 1 側端部 5 0 b から X 1 方向に延出する可動電極子 6 1 が Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて複数本、形成されている。なお図 2 (a) では、前記可動支持部 5 0 に対して一本の可動電極子 6 1 にのみ符号を付した。図 2 (a) に示すように、可動電極子 6 0, 6 1 の X 1 - X 2 方向への長さ寸法は、可動支持部 5 0 の Y 1 - Y 2 方向への長さ寸法に比べて十分に短くなっている。

[0047] また図 2 (a) に示すように、各検出領域 2 3 a, 2 4 a では、夫々、固

定基部 5 2 から Y 1 方向に向けて細長い固定支持部 5 1 が直線状で形成されている。図 1, 図 3 に示すように固定支持部 5 1 は、各検出領域 2 3 a, 2 4 a にて複数本、X 1 - X 2 方向に間隔を空けて形成されており、各固定支持部 5 1 は可動支持部 5 0 と交互に配列されている。

[0048] 図 2 (a) に示すように、第 1 検出領域 2 3 a に設けられた固定支持部 5 1 の X 1 側端部 5 1 b から X 1 方向に延出する固定電極子 6 2 が Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて複数本、形成されている。図 2 (a) に示すようにこれら固定電極子 6 2 は可動電極子 6 0 と間隔を空けて Y 1 - Y 2 方向にて交互に配列されている。なお図 2 (a) では、前記固定支持部 5 1 に対して一本の固定電極子 6 2 にのみ符号を付した。

[0049] また図 2 (a) に示すように、第 2 検出領域 2 4 a に設けられた固定支持部 5 1 の X 2 側端部 5 1 a から X 2 方向に延出する固定電極子 6 3 が Y 1 - Y 2 方向に間隔を空けて複数本、形成されている。図 2 (a) に示すようにこれら固定電極子 6 3 は可動電極子 6 1 と間隔を空けて Y 1 - Y 2 方向にて交互に配列されている。なお図 2 (a) では、前記固定支持部 5 1 に対して一本の固定電極子 6 3 にのみ符号を付した。図 2 (a) に示すように、固定電極子 6 2, 6 3 の X 1 - X 2 方向への長さ寸法は、固定支持部 5 1 の Y 1 - Y 2 方向への長さ寸法に比べて十分に短くなっている。

[0050] 図 2 (a) では、図 1 に示す Y 1 側の第 1 検出領域 2 3 a 及び Y 1 側の第 2 検出領域 2 4 a の電極構造を説明したが、Y 2 側の第 1 検出領域 2 3 b 及び Y 2 側の第 2 検出領域 2 4 b での各電極構造は、中心 O を通り X 1 - X 2 方向に延びる線に対して図 2 (a) の電極構造と線対称の関係である。

[0051] 図 3 (a) は図 1 に示す丸で囲った I I I 辺りの電極構造を図示したものである。

図 3 (a) に示すように、同じ検出領域 2 3 a 内では、X 1 - X 2 方向に交互に配列された各可動支持部 5 0 と各固定支持部 5 1 とが夫々一つずつ、組 6 6 にされて、各組 6 6 の可動支持部 5 0 と固定支持部 5 1 との間にて複数本の可動電極子 6 0 と複数本の固定電極子 6 2 とが Y 1 - Y 2 方向に間隔

を空けて交互に配列されている。

[0052] 図3 (a) に示す静止状態 (物理量の作用していない状態) において、可動支持部50のX2側端部50aから固定電極子62の先端62aまでのX1-X2方向への間隔はL1である。また可動電極子60及び固定電極子62のY1-Y2方向への幅寸法はT1である。図3 (a) では代表的に可動電極子60の幅寸法をT1で示した。

[0053] また図3 (a) に示す静止状態において、隣り合う組66の可動支持部50と固定支持部51との間におけるX1-X2方向への間隔をL3で示した。また図3 (a) に示す静止状態において、可動電極子60と固定電極子62との重なり長さをL5とした。

[0054] また各可動電極子60は、Y1-Y2方向の両側に位置する固定電極子62、62の間の略中心に位置している。

[0055] 図3 (b) に示すように、MEMSセンサSが加速度を受けて錘部がX2方向に移動すると、各可動支持部50もX2方向に移動し、各組66における、各可動電極子60と各固定電極子62との間の対向面積 (Y1-Y2方向にて対面する面積) は図3 (a) の静止状態よりも増す。このとき可動支持部50がX2方向へ移動した際の最大の移動可動距離をL2とし、図3 (b) にて可動支持部50がL2、移動したとすれば、図3 (a) の静止状態のときL1であった間隔は、 $L1 - L2$ となる。また図3 (a) の静止状態のときL3であった間隔は $L3 + L2$ となる。

[0056] また、図3 (c) に示すように、MEMSセンサSが加速度を受けて錘部22がX1方向に移動すると、各可動支持部50もX1方向に移動し、各組66における、各可動電極子60と各固定電極子62との間の対向面積は図3 (a) の静止状態よりも減少する。このとき可動支持部50がX1方向へ移動した際の最大の移動可動距離をL4とし、図3 (b) にて可動支持部50がL4、移動したとすれば、図3 (a) の静止状態のときL3であった間隔は、 $L3 - L4$ となる。また図3 (a) の静止状態のときL1であった間隔は $L1 + L4$ となる。

[0057] 図3(a)、図3(b)、図3(c)に示した距離の変動関係は、図1に示すY2側の第1検出領域23bにおいても同じである。

[0058] 一方、図3(b)に示すように、MEMSセンサSが加速度を受けて錘部がX2方向に移動すると、第1検出領域23a、23bでは図3(b)で説明したように、可動電極子60と固定電極子62間の対向面積が増加するが、第2検出領域24a、24bでは、可動電極子61と固定電極子63間の対向面積は減少する。これは図1、図2に示すように、第1検出領域23a、23bと、第2検出領域24a、24bとでは、可動電極子60、61と固定電極子62、63とのX1-X2方向への延出方向が逆にされているためである。

[0059] これにより、第1検出領域23a、23bで、可動電極子60と固定電極子62間の対向面積が増加して静電容量が大きくなると、第2検出領域24a、24bでは、可動電極子61と固定電極子63間の対向面積が減少して静電容量が小さくなる。一方、第1検出領域23a、23bで、可動電極子60と固定電極子62間の対向面積が減少して静電容量が小さくなると、第2検出領域24a、24bでは、可動電極子61と固定電極子63間の対向面積が増加して静電容量が大きくなる。

[0060] なお、上記した錘部22及び可動電極部21a~21dの最大の移動可能距離L2、L4は、図1に示した各ギャップ28~31のX1-X2方向への大きさで規制される。

[0061] 図1に図示しない枠体16は、図1に示した錘部22とは分離して前記錘部22の周囲を取り囲んでおり、図4に示すように枠体16は支持基板10に絶縁層12を介して固定されている。

[0062] 図4に示すように、機能層11を構成する枠体16及び各固定基部52と配線基板15との間が金属接続部14により接続されている。図4では、配線基板15を単層構造で図示したが、実際にはシリコン基板の表面(機能層11との対向面側)に絶縁層が形成され、前記絶縁層の内部に配線層70が形成された構造である。配線層70は固定基部52と金属接続部14を介し

て電氣的に接続されており、配線層 70 は枠体 16 よりも外側にてパッド部 71 に接続されている。

また図 4 では図示しないが、枠体 16 の外側にはグランドパッド等も形成されている。

[0063] 本実施形態では、第 1 検出部 23 より得られた静電容量変化と、第 2 検出部 24 より得られた静電容量変化とにより差動出力を得ることが可能である。そして差動出力に基づいて加速度の大きさや差動出力の符号（プラス値かマイナス値）から加速度の作用方向を知ることができる。

[0064] （実験 1；比較例における加速度と静電容量との関係、及び加速度と感度との関係について）

図 1～図 3 に示す可動電極子 60、61 及び固定電極子 62、63 が形成されておらず、複数本の可動支持部 50 及び複数本の固定支持部 51 を櫛歯状の電極とする電極構造を比較例として実験を行った。比較例では、加速度を受けて錘部 22 が X1-X2 方向に移動したときに、櫛歯状電極間のギャップ（距離）が変化することで静電容量変化を得ることが可能である（図 17 参照）。

[0065] なお以下の実験で示す比較例においても電極構造以外の構成は実施例と同じである。また、実施例及び比較例においても図 1 に示す検出部を同じ大きさとし、ただし比較例では実施例のように可動電極子 60、61 及び固定電極子 62、63 が無い分、櫛歯状の可動電極（実施例の可動支持部 50 に相当する部分）と固定電極（実施例の固定支持部 51 に相当する部分）との間の間隔を詰めて、電極の本数を増やした。比較例での静電容量変化の原理は、図 17 で説明した通りである。

[0066] 図 5（a）は、比較例における加速度と静電容量との関係を示すシミュレーション結果である。図 5（a）の実験では、図 17 に示すギャップ a、b の大きさを $1.7\ \mu\text{m}$ に設定した。ここで図 5（a）に示す（1）のグラフは、プラス値の加速度が作用すると、可動電極と固定電極間のギャップが大きくなって静電容量が減少し、マイナス値の加速度が作用すると、可動電極

と固定電極間のギャップが小さくなって静電容量が増大する検出部での静電容量変化を示している。一方、図5（a）に示す（2）のグラフは、マイナス値の加速度が作用すると、可動電極と固定電極間のギャップが大きくなって静電容量が減少し、プラス値の加速度が作用すると、可動電極と固定電極間のギャップが小さくなって静電容量が増大する検出部での静電容量変化を示している。ここで「プラス値」及び「マイナス値」とは、例えばプラス値の加速度をX1方向とすれば、マイナス値はその逆のX2方向である関係を指す。

[0067] 図5（b）は、MEMSセンサの検出部の大きさを変更することなく、図5（a）よりもバネ部40～43のバネ定数を小さくし、感度を高めた場合の加速度と静電容量との関係を示すシミュレーション結果である。図5（b）の実験では、図17に示すギャップa、bの大きさを $1.7\mu\text{m}$ に設定した。図5（b）に示すように、静電容量変化は図5（a）に比べて急激になり、図5（b）における加速度の有効検出範囲（ダイナミックレンジ） r_2 は、図5（a）でのダイナミックレンジ r_1 よりも狭くなることがわかった。

[0068] 図6は、図5（a）における（1）のグラフにおける静電容量変化と、（2）のグラフにおける静電容量変化とに基づく差動出力カーブを示す。図6に示すように加速度（絶対値）が大きくなるほど、静電容量（差動出力）の変化が大きくなることがわかった。

[0069] 図7は、加速度と感度との関係を示すシミュレーション結果である。感度は図6に示す差動出力カーブの傾きで示される。図7に示すように感度曲線は加速度（絶対値）に対してフラットな直線状にならず、加速度（絶対値）が大きくなるほど大きく変化することがわかった。

[0070] （実験2；実施例における加速度と静電容量との関係、及び加速度と感度との関係について）

図8は、実施例における加速度と静電容量との関係を示すシミュレーション結果である。図8の実験では、図3（a）に示す L_1 、 L_3 を $4\sim 6\mu\text{m}$

の範囲内とし、また電極子の幅寸法 T_1 を $1.2 \mu\text{m}$ に設定した。ここで図 8 に示す (3) のグラフは、プラス値の加速度が作用すると、可動電極子と固定電極子間の対向面積が小さくなって静電容量が減少し (図 3 (c) の状態)、マイナス値の加速度が作用すると、可動電極子と固定電極子間の対向面積が大きくなって静電容量が増大する (図 3 (b) の状態) 検出部での静電容量変化を示している。一方、図 8 に示す (4) のグラフは、マイナス値の加速度が作用すると、可動電極子と固定電極子間の対向面積が小さくなって静電容量が減少し、プラス値の加速度が作用すると、可動電極子と固定電極子間の対向面積が大きくなって静電容量が増大する検出部での静電容量変化を示している。ここで「プラス値」及び「マイナス値」とは、例えばプラス値の加速度を X_1 方向とすれば、マイナス値はその逆の X_2 方向である関係を指す。

[0071] 図 9 は、図 8 における (3) のグラフに示す静電容量変化と、(4) のグラフに示す静電容量変化とに基づく差動出力カーブを示す。また図 10 は、実施例における加速度と感度との関係を示すシミュレーション結果である。感度は図 9 に示す差動出力カーブの傾きで示される。

[0072] 実施例では図 9 に示すように、差動出力カーブは加速度 (絶対値) に対して直線状に傾き (一次曲線)、また図 10 に示すように感度が加速度 (絶対値) に対して略フラットになることがわかった。

[0073] 図 7 の比較例での感度と図 10 の実施例での感度を比較すると、図 10 の感度は、図 7 に示す感度曲線の底部での感度に比べて大きくなることがわかった。

[0074] 従って、比較例では実施例と同等の感度を加速度の小さい領域の部分で得ようとする、例えば、櫛歯状の電極の数を増加させて電極どうしの対向面積を大きくしなくてはならず、大型化してしまうことがわかる。実施例では、比較例に比べて MEMS センサの高い感度を維持したうえで、加速度の有効検出範囲 (ダイナミックレンジ) を広げることができるとともに、有効検出範囲内での感度のリニアリティを向上させることができるとわかった。

[0075] (実験3 ; 図3 (a) に示すL1の適正化の実験について)

次に、図3 (a) に示す電極子の幅寸法T1を $1.2\mu\text{m}$ 、 $0.8\mu\text{m}$ あるいは $1.6\mu\text{m}$ とし、図3 (a) でのL3を $5\mu\text{m}$ に固定した。

[0076] また図3 (b) のように、各可動電極子60が組となる固定支持部51に近づいたときの可動支持部50の最大の移動可能距離L2を $2\mu\text{m}$ とした。
 $2\mu\text{m}$ は、 100G の加速度(絶対値)が作用した場合に該当する。

[0077] 図11に示すように、L1を約 $3\mu\text{m}$ 以上として、図3 (a) での静止状態での感度(静止時)を測定し、さらに、可動支持部50が $2\mu\text{m}$ 、固定支持部51の方向へ移動したときの感度(100G (絶対値))を測定した。そして、 $[\text{感度}(100\text{G}(\text{絶対値})) / \text{感度}(\text{静止時})] \times 100(\%)$ を図11の縦軸の最大振れ幅とした。

[0078] 図11に示すように、L1が小さくなるほど、感度の最大振れ幅が大きくなることがわかった。感度の最大振れ幅は小さいほどよい。実用化には最大振れ幅(絶対値)を10%以下に設定することが好適である。感度の最大振れ幅を10%以下に設定するにはL1を約 $3.6\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましいとわかった。このようにL1が小さくなることで感度の最大振れ幅が大きくなるのは、可動電極子と固定電極子との間の対向面積の変動のみならず、前記対向面積以外の部分の変動も加わって静電容量が変化しやすくなるためである。

[0079] 図12は、図3 (b) に示すL1-L2(L2は $2\mu\text{m}$)と感度の最大振れ幅との関係を示したものである。図12に示すように、L1-L2を約 $1.6\mu\text{m}$ 以上とすることで感度の最大振れ幅(絶対値)を10%以下に抑えることができることがわかった。

[0080] 続いて $(L1-L2)^2 / T1$ を計算し、 $(L1-L2)^2 / T1$ と感度の最大振れ幅との関係を示したのが図13である。

[0081] 図13に示すように、 $(L1-L2)^2 / T1$ は、電極子の幅寸法T1の大きさに係らず、ほぼ同じ曲線となることがわかった(規格化)。そして図13に示すように、 $(L1-L2)^2 / T1$ を $2(\mu\text{m})$ 以上とすることで感度

の最大振れ幅（絶対値）を10%以内に抑えることができたことがわかった。

[0082] （実験4；図3（a）に示すL3の適正化の実験について）

次に、図3（a）に示す電極子の幅寸法T1を1.2 μm とし、図3（a）（静止時）でのL1を5 μm に固定した。そして図3（c）のように、各可動電極子60が隣の組の固定支持部51に近づいたときの可動支持部50の最大の移動可能距離L4を2 μm とした。2 μm は、100 G（絶対値）の加速度が作用した場合に該当する。図14に示すように、L3を約3 μm 以上として、図3（a）での静止状態での感度（静止時）を測定し、さらに上記したように、可動支持部50が2 μm 、隣の組の固定支持部51の方向へ移動したときの感度（100 G）を測定した。そして、 $[\text{感度（100 G（絶対値））} / \text{感度（静止時）}] \times 100 (\%)$ を図14の縦軸の最大振れ幅とした。その実験結果が図14に示す（5）のグラフである。

[0083] さらに、図3（a）に示す電極子の幅寸法T1を1.2 μm とし、図3（a）（静止時）でのL1をL3と連動させた実験も行った。すなわち、L3を4 μm とすればL1も4 μm に設定した。そして上記の（5）のグラフでの実験と同様に、各可動電極子60が隣の組の固定支持部51に近づいたときの可動支持部50の最大の移動可能距離L4を2 μm （100 G（絶対値）の加速度作用時）として、 $[\text{感度（100 G（絶対値））} / \text{感度（静止時）}] \times 100 (\%)$ を測定した。その実験結果が図14に示す（6）のグラフである。

[0084] 図14に示すように、感度の最大振れ幅（絶対値）を10%以下に設定するにはL3を約3.8 μm 以上とすることが好ましいとわかった。

[0085] 図15は、図3（c）に示すL3-L4（L4は2 μm ）と感度の最大振れ幅との関係を示したものである。なお図15に示す（5）のグラフは、図14の（5）のグラフに基づくものであり、図15に示す（6）のグラフは、図14の（6）のグラフに基づくものである。また図15では、L1とL3とを連動させるとともに、電極子の幅寸法T1を0.8 μm とした実験（（7）のグラフ）、及び、L1とL3とを連動させるとともに、電極子の幅

寸法 T_1 を $1.6 \mu\text{m}$ とした実験（（８）のグラフ）も行った。

[0086] 図 15 に示すように、 $L_3 - L_4$ ($L_4 = 2 \mu\text{m}$) を約 $1.8 \mu\text{m}$ 以上とすることで感度の最大振れ幅（絶対値）を 10% 以下に抑えることができることがわかった。

[0087] 続いて $(L_1 - L_2)^2 \times T_1$ を計算し、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ と感度の最大振れ幅との関係を示したのが図 16 である。なお図 16 に示す 3 つの曲線は、図 15 に示す（６）（７）（８）のグラフに基づくものである。

[0088] 図 16 に示すように、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ は、電極子の幅寸法 T_1 の大きさに係らず、ほぼ同じ曲線となることがわかった（規格化）。そして図 16 に示すように、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ を $4 (\mu\text{m}^3)$ 以上とすることで感度の最大振れ幅（絶対値）を 10% 以内に抑えることができることがわかった。

[0089] L_1 と L_3 とを連動させない場合には、図 3（a）の静止時において $L_3 > L_1$ とすることが好適である。図 11 に示す実験では感度の最大振れ幅が 10（%）となるときの L_1 は約 $3.6 \mu\text{m}$ である。このとき L_3 は $5 \mu\text{m}$ である。一方、図 14 の実験では、（５）のグラフに示すように、感度の最大振れ幅が 10（%）となるときの L_3 は約 $4.4 \mu\text{m}$ である。このとき L_1 は $5 \mu\text{m}$ である。このように静止時の L_1 と L_3 との寸法関係をみると、 $L_3 > L_1$ とした図 11 での実験のほうが、小さいほうの寸法（ L_1 ）をより小さく設定できる。したがって高い感度及び良好なリニアリティを維持しつつ MEMS センサの小型化を促進することができる。

[0090] また図 3 において L_5 は L_2 及び L_4 以上である。これにより、図 3（b）（c）のように可動電極子が最大限、 $X_1 - X_2$ 方向に移動しても、可動電極子が固定電極子の外側に外れず、感度のリニアリティの低下を抑制できる。

[0091] 本実施形態における MEMS センサ S は、同じ検出部内に、可動電極部 21a ~ 21d を構成する複数本の可動支持部 50 と、固定電極部 20a ~ 20d を構成する複数本の固定支持部 51 とを $X_1 - X_2$ 方向（第 1 の方向）に交互に配列している。そして、隣り合う可動支持部 50 と固定支持部 51

とを同じ組 66 にし、各組 66 での可動支持部 50 と固定支持部 51 との間に、複数本の可動電極子 60, 61 と固定電極子 62, 63 とを Y1-Y2 方向（第 2 の方向）に交互に配列した。これにより検出部内に効率よく、多数の可動電極子 60, 61 と固定電極子 62, 63 を配置でき、従来の電極構造に比べて、小型で且つ、高い感度を得ることが出来る。各特許文献に示す電極構造は、可動電極と固定電極間の対向面積の変動に基づき静電容量変化を得るものであるが、同じ検出部内に一組の可動電極と固定電極しか設けられていない。すなわち特許文献に記載された電極構造は、本実施形態のように、複数本の可動支持部 50 と複数本の固定支持部 51 とが X1-X2 方向に間隔を空けて交互に配列されたものでない。そして本実施形態のように可動支持部 50 と固定支持部 51 が複数組に区分けされ、各組にて、可動電極子 60, 61 と固定電極子 62, 63 とが Y1-Y2 方向に間隔を空けて交互に配列された電極構造は開示されていない。

[0092] 本実施形態の電極構造とすることで、特許文献に開示された電極構造に比べて、同じ大きさの検出領域内に、可動電極子 60, 61 と固定電極子 62, 63 間の対向面積の変動領域を効果的に増やすことができ、感度を高めることが可能になる。

[0093] また、可動電極と固定電極間のギャップ（距離）を変動させて静電容量変化を生じさせる方式では、静電容量はギャップ（距離）に反比例し、図 5 ないし図 7 に示したように、感度を高めると、距離の変動に対して静電容量変化が急激なものとなり（図 5（b）参照）、MEMS センサによる物理量の有効検出範囲（ダイナミックレンジ）が狭くなる。さらに有効検出範囲内の感度のリニアリティを向上させることができないといった問題も生じる（図 7 参照）。

[0094] これに対して本実施形態のように可動電極子 60, 61 と固定電極子 62, 63 間の対向面積を変動させて静電容量を変化させる方式では、静電容量を対向面積に比例させることができ、上記した距離の変動で静電容量を変化させる比較例の方式に比べて、物理量の有効検出範囲（ダイナミックレンジ

）を広くできるとともに前記有効検出範囲内での感度のリニアリティを向上させることが可能になる。

[0095] また本実施形態では、上記の実験で示したように、 $(L_1 - L_2)^2 / T_1$ を $2 (\mu m)$ 以上とし、また $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ を $4 (\mu m^3)$ 以上に設定することで、効果的に、感度のリニアリティを向上させることが可能である。

[0096] また図 1 に示すように第 1 検出部 23 を複数の検出領域 23 a, 23 b に分け、第 2 検出部 24 を複数の検出領域 24 a, 24 b に分け、各検出領域 23 a, 23 b, 24 a, 24 b に夫々、可動電極部 21 a ~ 21 d 及び固定電極部 20 a ~ 20 d を設けることで、本実施形態の可動支持部 50 及び固定支持部 51 を極端に長く形成しなくてもよくなり、各電極部の強度を十分に保ったうえで、感度の向上を図ることができる。

[0097] 図 1 は X1 - X2 方向に作用する加速度を検出するための MEMS センサであったが、図 1 の状態から 90 度回転させれば Y1 - Y2 方向に作用する加速度を検出するための MEMS センサにできる。また、図 1 に示す X 軸方向の加速度を検出する MEMS センサと、図 1 の MEMS センサを 90 度回転させた Y 軸方向の加速度を検出する MEMS センサとを組み合わせると 2 軸の加速度検出センサにすることも可能である。

[0098] 本実施形態は加速度センサのみならず角速度センサ、衝撃センサ等、物理量センサ全般に適用可能である。

符号の説明

[0099] S MEMS センサ

10 支持基板

11 機能層

12 絶縁層

13 SOI 基板

14 金属接続部

15 配線基板

- 1 6 枠体
- 2 0 a ～ 2 0 d 固定電極部
- 2 1 a ～ 2 1 d 可動電極部
- 2 2 錘部
- 2 3 第 1 検出部
- 2 3 a、2 3 b 第 1 検出領域
- 2 4 第 2 検出部
- 2 4 a、2 4 b 第 2 検出領域
- 2 6、2 7 アンカ部
- 2 8 ～ 3 1 ギャップ
- 4 0 ～ 4 3 バネ部
- 5 0 可動支持部
- 5 1 固定支持部
- 5 2 固定基部
- 6 0、6 1 可動電極子
- 6 2、6 3 固定電極子
- 6 6 組
- 7 0 配線層

請求の範囲

[請求項1]

可動電極部および固定電極部を有するMEMSセンサにおいて、
水平面内にて直交する2方向を第1の方向と第2の方向としたとき
、前記第1の方向が前記可動電極部の移動方向であり、

前記可動電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され前記第2の方向に延出して形成された複数本の可動支持部と、前記第1の方向に向けて各可動支持部の側部から延出し、各可動支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の可動電極子と、を有し、

前記固定電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され基端側から先端側への延出方向が前記可動支持部とは逆方向である複数本の固定支持部と、各固定支持部の側部から前記可動電極子の延出方向とは逆方向に延出し、各固定支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の固定電極子と、を有し、

複数本の前記可動支持部と複数本の前記固定支持部とが前記第1の方向に間隔を空けて交互に配列されており、隣り合う前記可動支持部と前記固定支持部とが組にされて、各組の前記可動支持部と前記固定支持部の間にて複数本の前記可動電極子と複数本の前記固定電極子とが前記第2の方向に間隔を空けて交互に配列されており、

前記可動電極部の前記第1の方向への移動により、各可動電極子と各固定電極子間の対向面積の変化に基づく静電容量変化を検出することを特徴とするMEMSセンサ。

[請求項2]

第1検出部と第2検出部とを有し、各検出部の夫々に、前記可動電極部及び前記固定電極部を備え、

前記可動電極子と前記固定電極子との前記第1の方向への延出方向が、前記第1検出部と前記第2検出部とで逆にされており、前記第1検出部により得られた静電容量変化と、前記第2検出部により得られた静電容量変化により差動出力を得ることができる請求項1記載のMEMSセンサ。

- [請求項3] 前記第1検出部及び前記第2検出部の夫々が、複数の検出領域に区分されており、各検出領域の夫々に、前記可動電極部及び前記固定電極部を備える請求項2記載のMEMSセンサ。
- [請求項4] 静止状態において、前記可動支持部の側部から前記固定電極子の先端までの前記第1の方向への間隔を L_1 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第2の方向への幅寸法を T_1 とし、前記可動電極子が前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_2 としたとき、 $(L_1 - L_2)^2 / T_1$ が $2 (\mu m)$ 以上である請求項1ないし3のいずれか1項に記載のMEMSセンサ。
- [請求項5] 静止状態において、隣り合う前記組の前記可動支持部と前記固定支持部との間における前記第1の方向への間隔を L_3 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第2の方向への幅寸法を T_1 とし、前記可動電極子が隣り合う前記組の前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_4 としたとき、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ が $4 (\mu m^3)$ 以上である請求項1ないし4のいずれか1項に記載のMEMSセンサ。

補正された請求の範囲
[2012年9月7日(07.09.2012)国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 可動電極部および固定電極部を有するMEMSセンサにおいて、

水平面内にて直交する2方向を第1の方向と第2の方向としたとき、前記第1の方向が前記可動電極部の移動方向であり、

前記可動電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され前記第2の方向に延出して形成された複数本の可動支持部と、前記第1の方向に向けて各可動支持部の側部から延出し、各可動支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の可動電極子と、を有し、

前記固定電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され基端側から先端側への延出方向が前記可動支持部とは逆方向である複数本の固定支持部と、各固定支持部の側部から前記可動電極子の延出方向とは逆方向に延出し、各固定支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の固定電極子と、を有し、

複数本の前記可動支持部と複数本の前記固定支持部とが前記第1の方向に間隔を空けて交互に配列されており、隣り合う前記可動支持部と前記固定支持部とが組にされて、各組の前記可動支持部と前記固定支持部の間にて複数本の前記可動電極子と複数本の前記固定電極子とが前記第2の方向に間隔を空けて交互に配列されており、

前記可動電極部の前記第1の方向への移動により、各可動電極子と各固定電極子間の対向面積の変化に基づく静電容量変化を検出するものであり、

静止状態において、前記可動支持部の側部から前記固定電極子の先端までの前記第1の方向への間隔を L_1 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第2の方向への幅寸法を T_1

とし、前記可動電極子が前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_2 としたとき、 $(L_1 - L_2)^2 / T_1$ が $2 (\mu m)$ 以上であることを特徴とするMEMSセンサ。

[請求項2] (補正後) T_1 は、 $0.8 \mu m \sim 1.6 \mu m$ 、 $L_1 \geq 3.6 \mu m$ 、 $(L_1 - L_2) \geq 1.6 \mu m$ である請求項1記載のMEMSセンサ。

[請求項3] (補正後) 静止状態において、隣り合う前記組の前記可動支持部と前記固定支持部との間における前記第1の方向への間隔を L_3 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第2の方向への幅寸法を T_1 とし、前記可動電極子が隣り合う前記組の前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_4 としたとき、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ が $4 (\mu m^3)$ 以上である請求項1または2に記載のMEMSセンサ。

[請求項4] (補正後) 可動電極部および固定電極部を有するMEMSセンサにおいて、

水平面内にて直交する2方向を第1の方向と第2の方向としたとき、前記第1の方向が前記可動電極部の移動方向であり、

前記可動電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され前記第2の方向に延出して形成された複数本の可動支持部と、前記第1の方向に向けて各可動支持部の側部から延出し、各可動支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の可動電極子と、を有し、

前記固定電極部は、前記第1の方向に間隔を空けて配置され基端側から先端側への延出方向が前記可動支持部とは逆方向である複数本の固定支持部と、各固定支持部の側部から前記可動電極子の延出方向とは逆方向に延出し、各固定支持部にて前記第2の方向に間隔を空けて配置された複数本の固定電極子と、

を有し、

複数本の前記可動支持部と複数本の前記固定支持部とが前記第 1 の方向に間隔を空けて交互に配列されており、隣り合う前記可動支持部と前記固定支持部とが組にされて、各組の前記可動支持部と前記固定支持部の間にて複数本の前記可動電極子と複数本の前記固定電極子とが前記第 2 の方向に間隔を空けて交互に配列されており、

前記可動電極部の前記第 1 の方向への移動により、各可動電極子と各固定電極子間の対向面積の変化に基づく静電容量変化を検出するものであり、

静止状態において、隣り合う前記組の前記可動支持部と前記固定支持部との間における前記第 1 の方向への間隔を L_3 とし、前記可動電極子及び前記固定電極子の前記第 2 の方向への幅寸法を T_1 とし、前記可動電極子が隣り合う前記組の前記固定支持部へ近づく方向に移動したときの最大の移動可能距離を L_4 としたとき、 $(L_3 - L_4)^2 \times T_1$ が $4 (\mu m^3)$ 以上であることを特徴とする MEMS センサ。

[請求項 5] (補正後) T_1 は、 $0.8 \mu m \sim 1.6 \mu m$ 、 $L_3 \geq 3.8 \mu m$ 、 $(L_3 - L_4) \geq 1.8 \mu m$ である請求項 3 または 4 に記載の MEMS センサ。

[請求項 6] (追加) 第 1 検出部と第 2 検出部とを有し、各検出部の夫々に、前記可動電極部及び前記固定電極部を備え、

前記可動電極子と前記固定電極子との前記第 1 の方向への延出方向が、前記第 1 検出部と前記第 2 検出部とで逆にされており、前記第 1 検出部により得られた静電容量変化と、前記第 2 検出部により得られた静電容量変化により差動出力を得ることができる請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の MEMS センサ。

[請求項 7] (追加) 前記第 1 検出部及び前記第 2 検出部の夫々が、複数の検出領域に区分されており、各検出領域の夫々に、前記可動電極部及び前記固定電極部を備える請求項 6 記載の MEMS センサ。

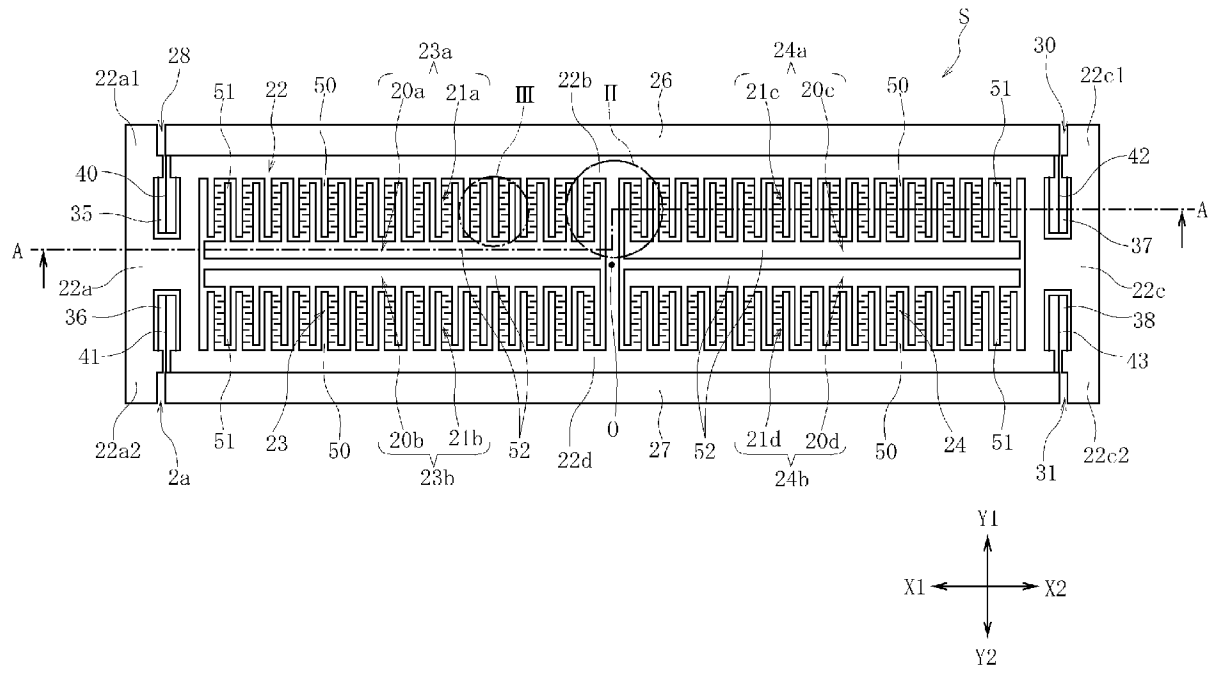
[請求項 8] (追加) 前記可動電極部を備える可動領域と、前記可動領域とバネ部を介して繋がるアンカ部と、を有し、前記アンカ部は固定支持されており、

前記可動領域と前記アンカ部との間には、前記可動領域の静止状態から前記第 1 の方向への移動可能な寸法を規制するためのギャップが形成されており、

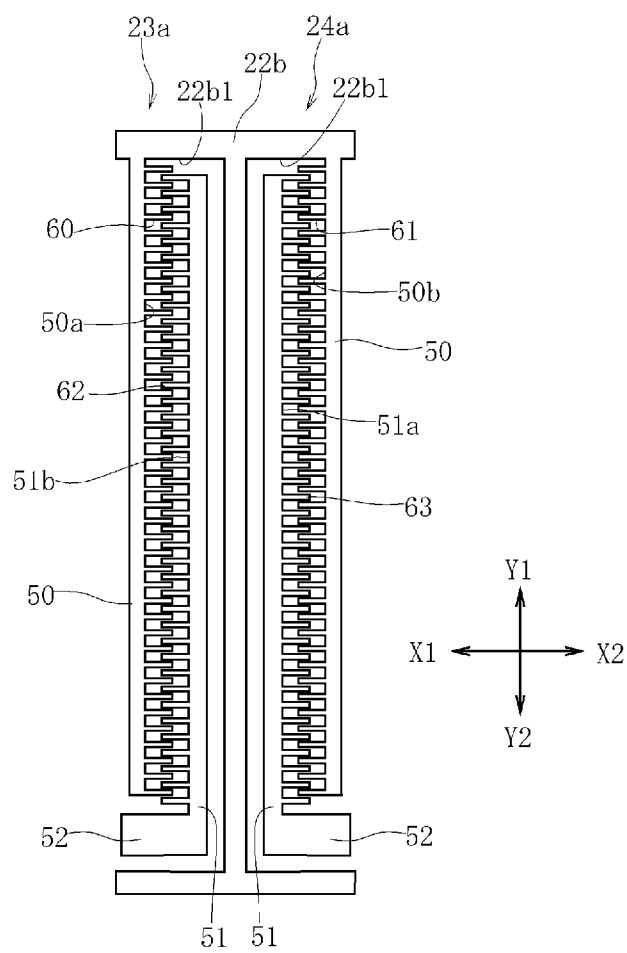
~~前記バネ部は、前記バネ部の弾性変形により前記可動領域の前記第 1 の方向への移動を可能とするとともに、前記可動領域の前記第 2 の方向への振動を抑制するように、前記可動領域と前記アンカ部との間に位置して前記第 2 の方向に延出しながら折り返されて、前記可動領域と前記アンカ部の双方に繋がっている請求項 1 ないし 7 のいずれか 1 項に記載の MEMS センサ。~~

[図1]

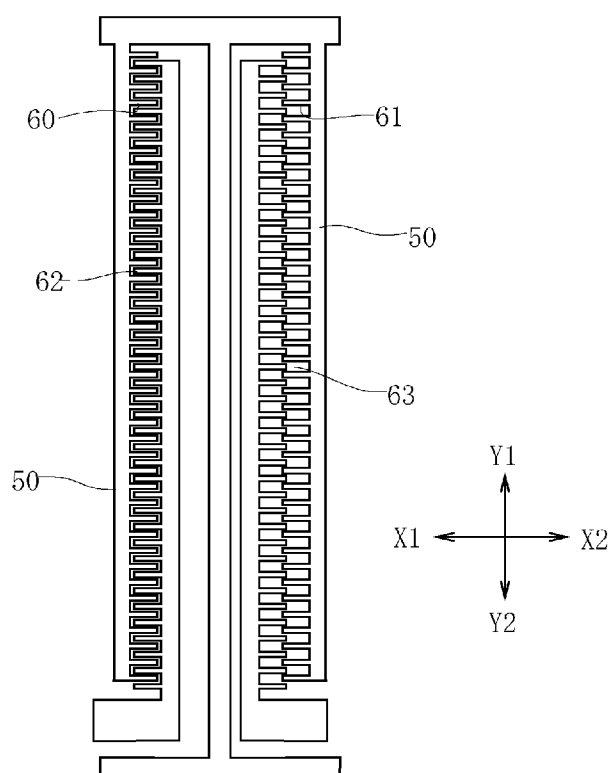
図1



[図2]

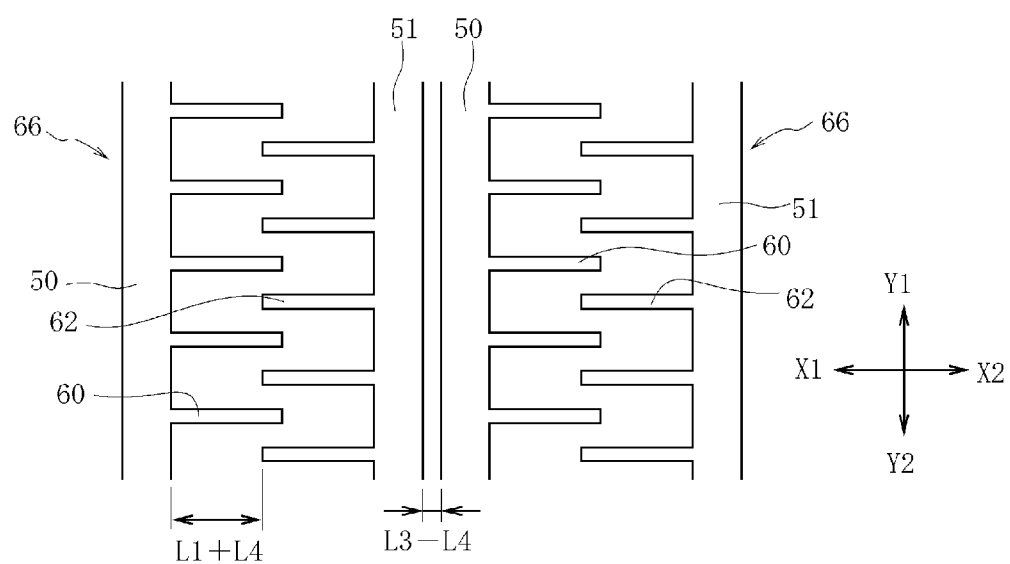
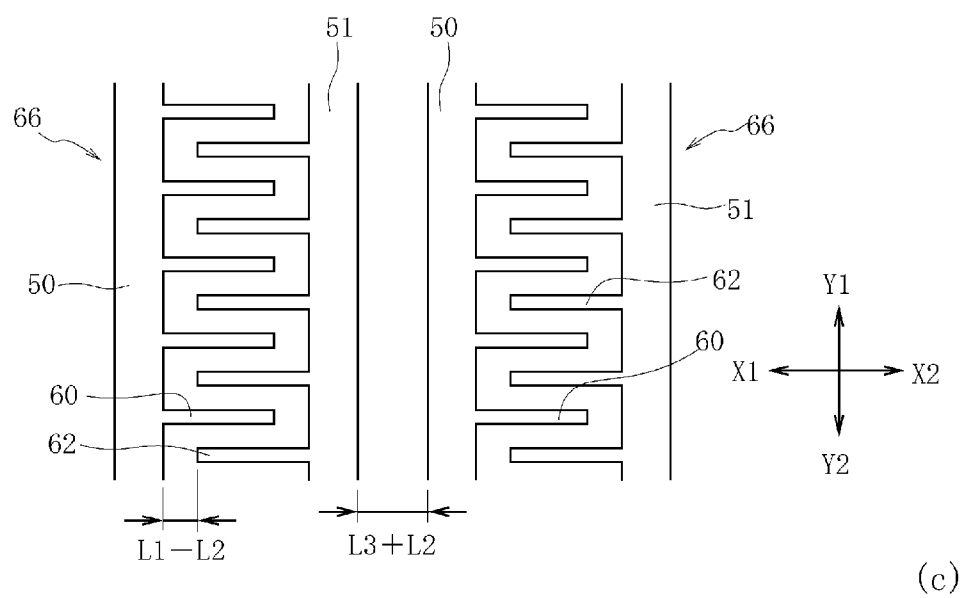
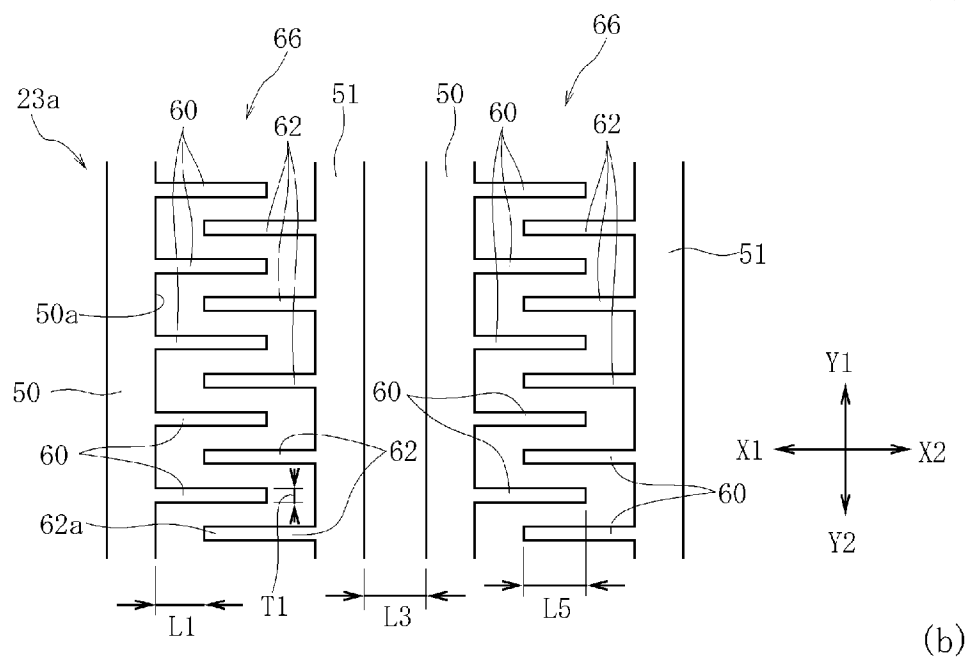
図2
(a)

(b)



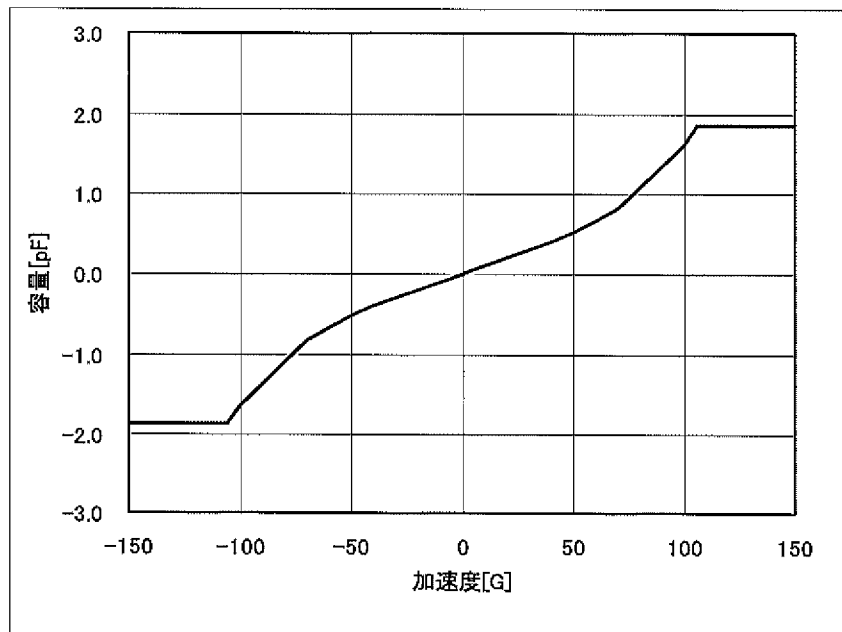
[図3]

図3
(a)



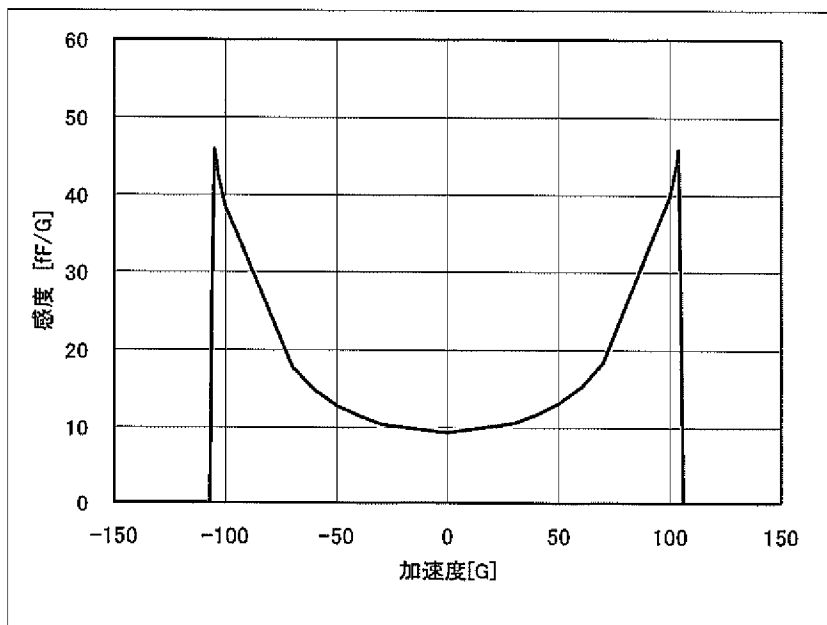
[図6]

図 6



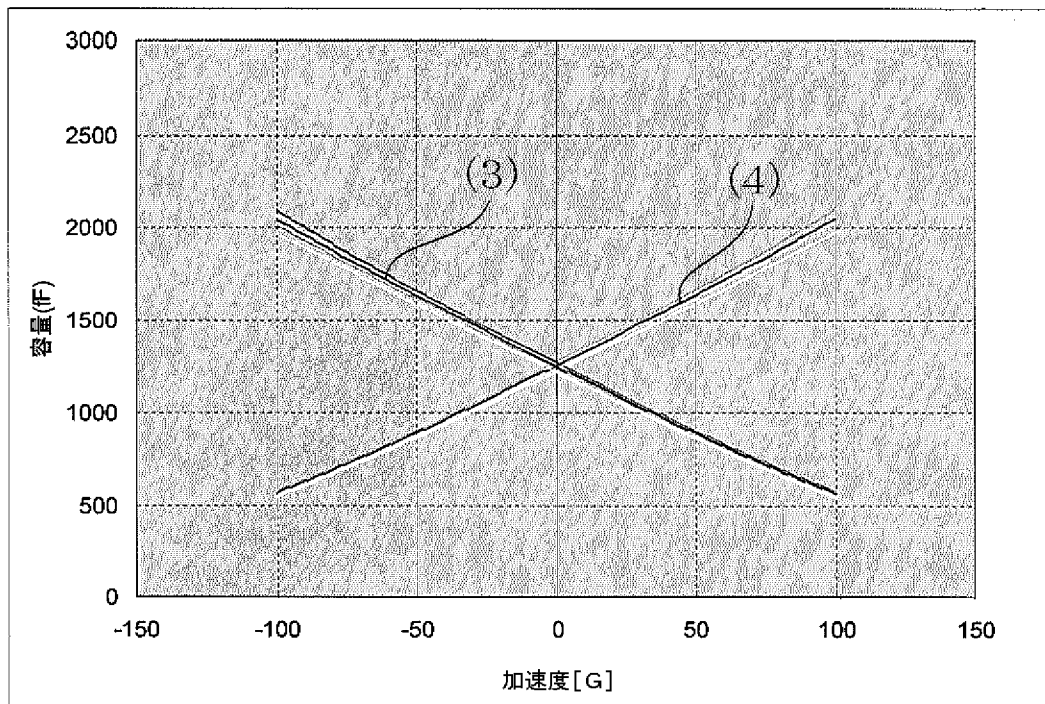
[図7]

図 7



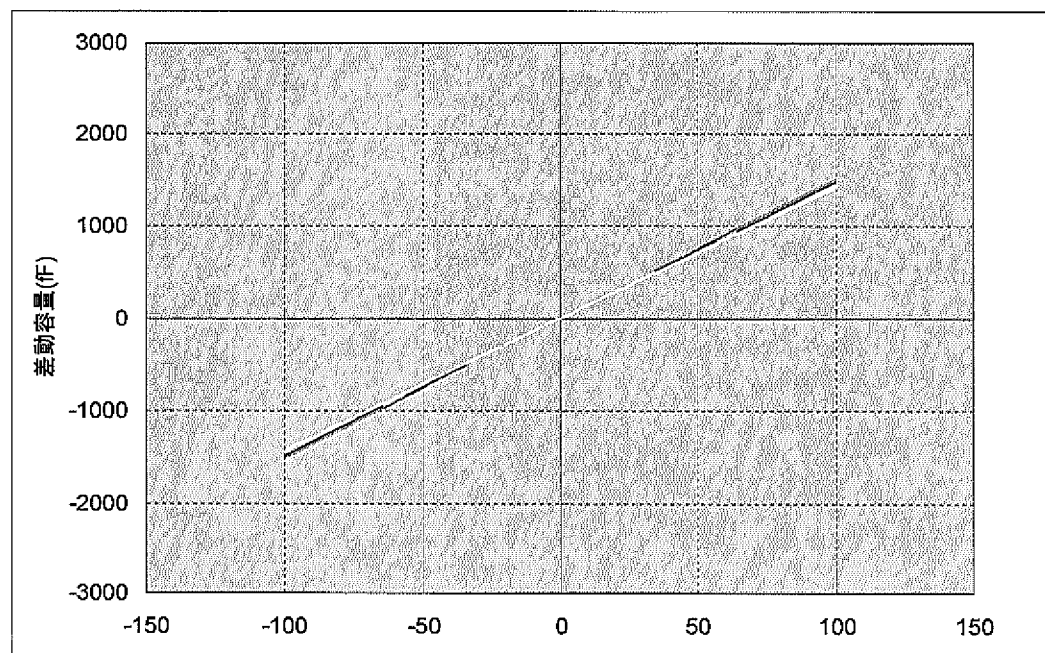
[図8]

図 8



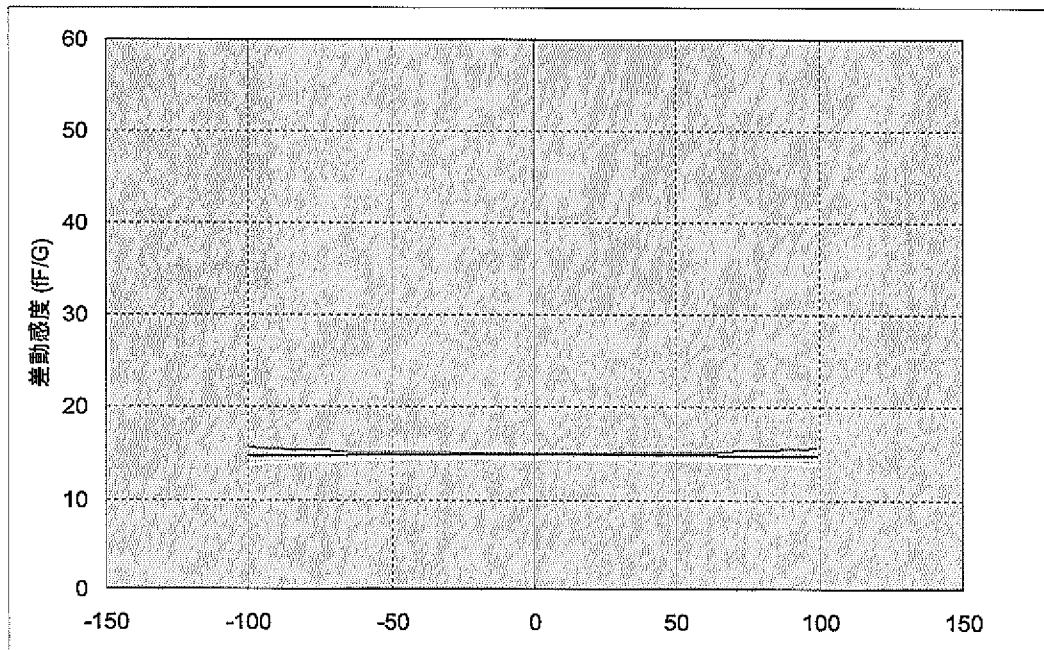
[図9]

図 9



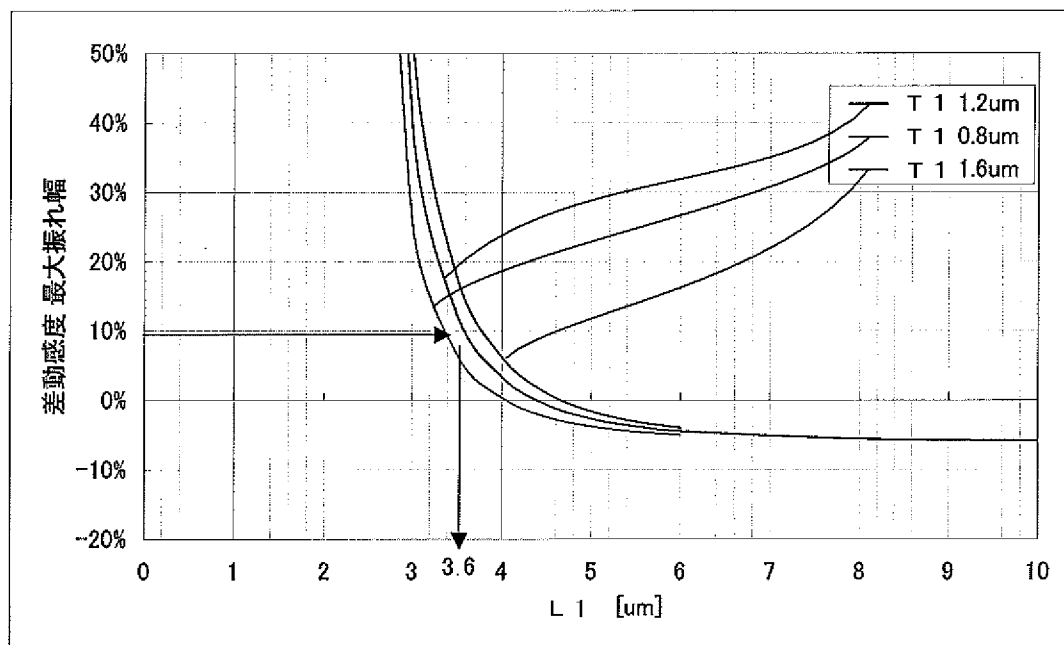
[図10]

図 10



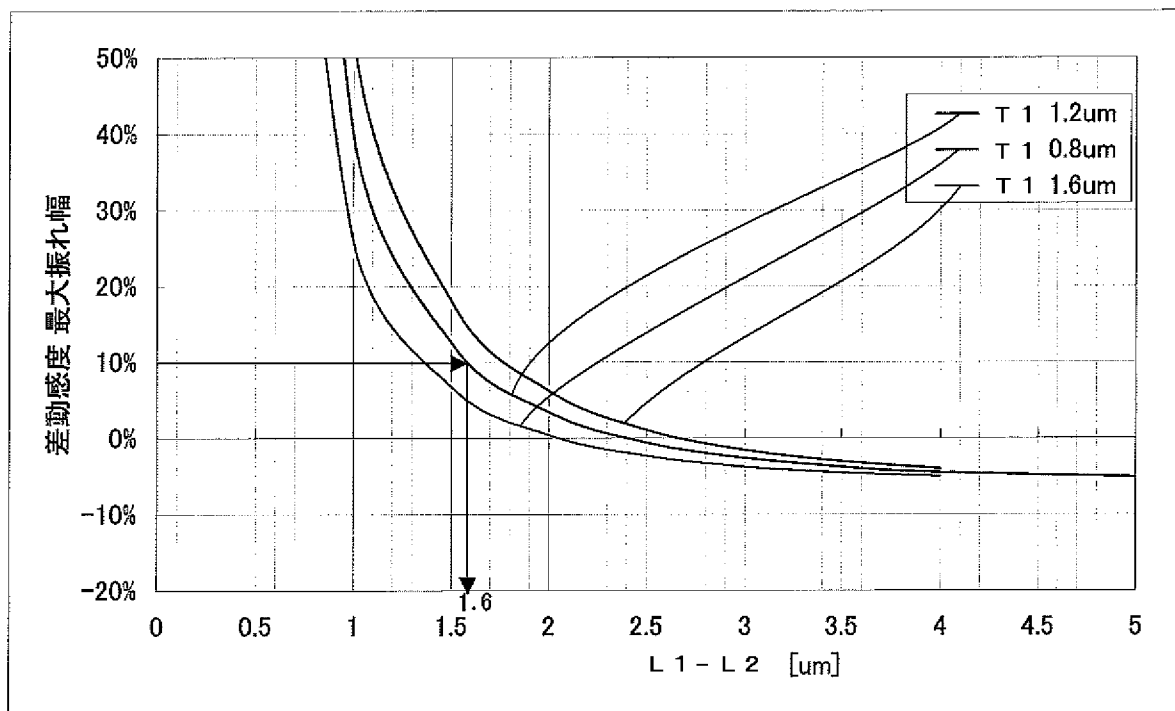
[図11]

図 11



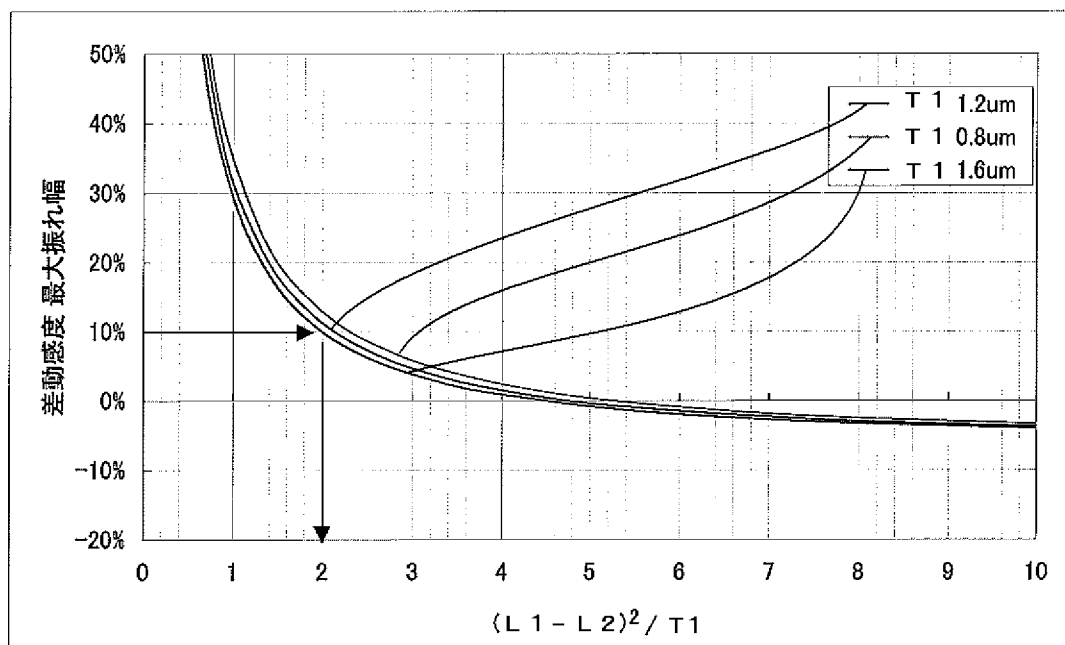
[図12]

図 12



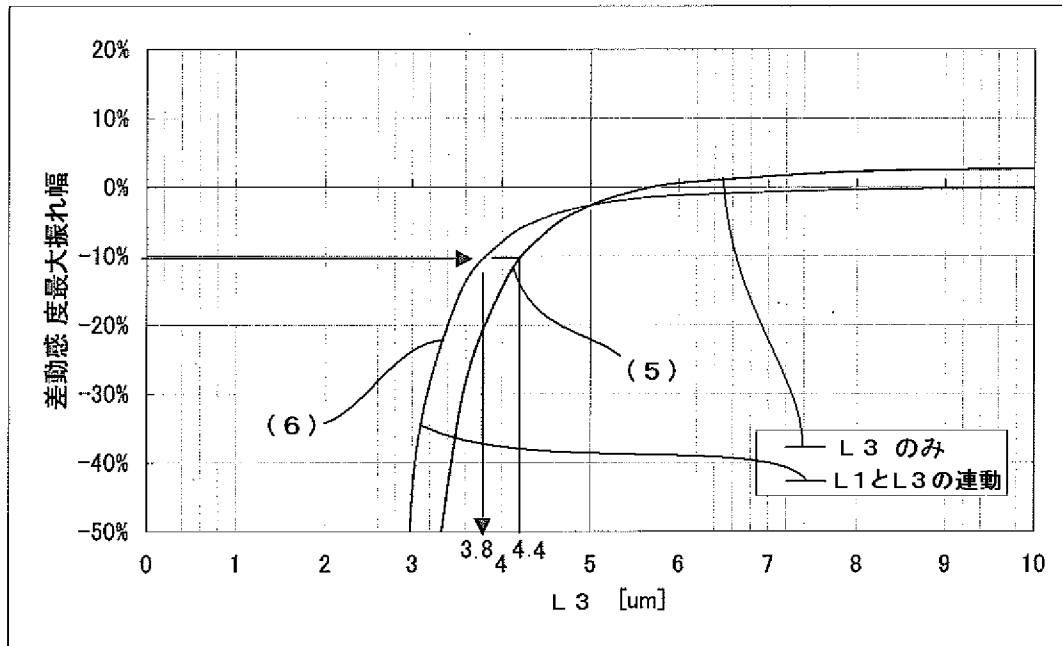
[図13]

図 13



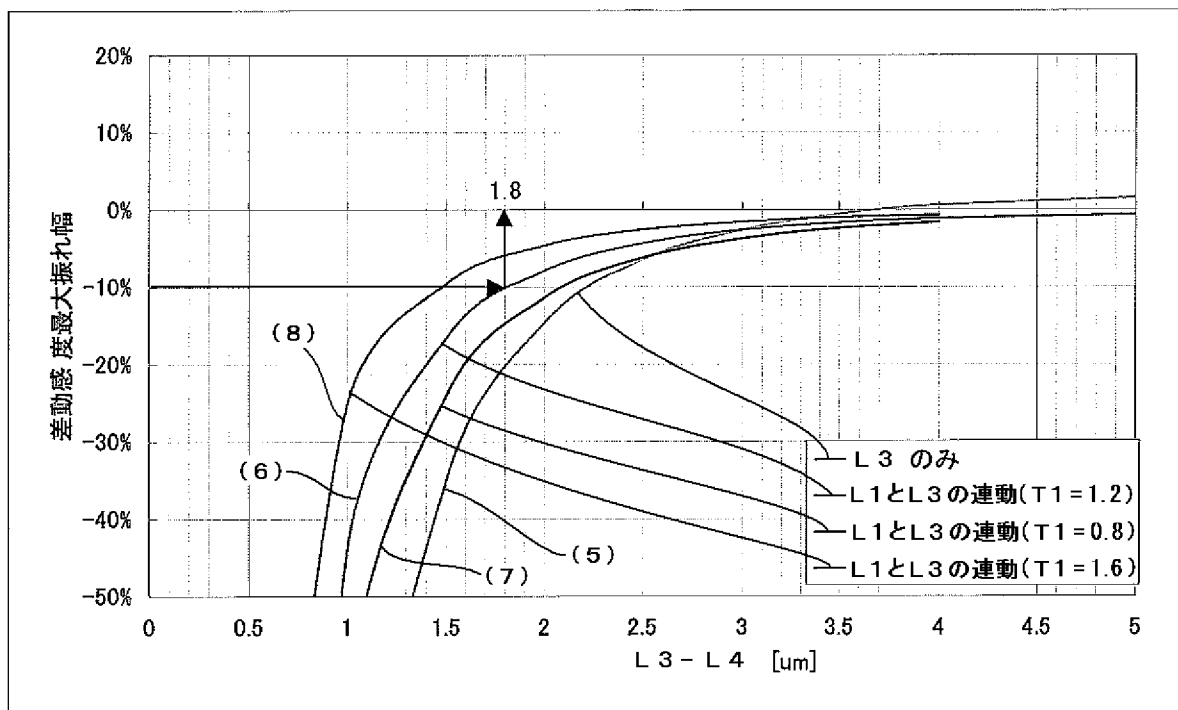
[図14]

図 14



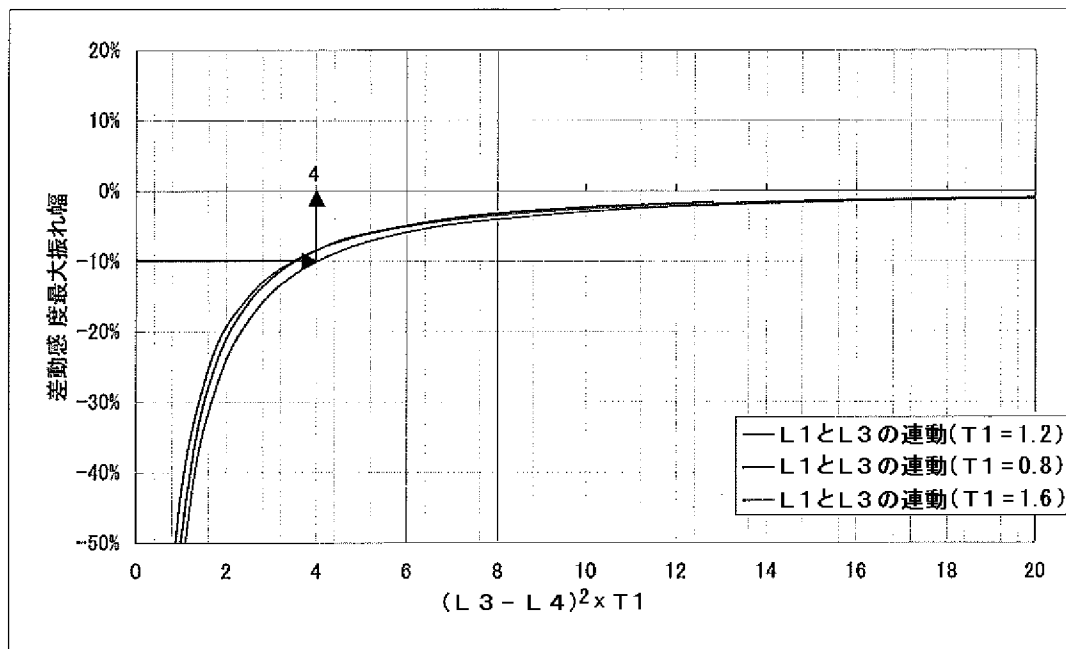
[図15]

図 15

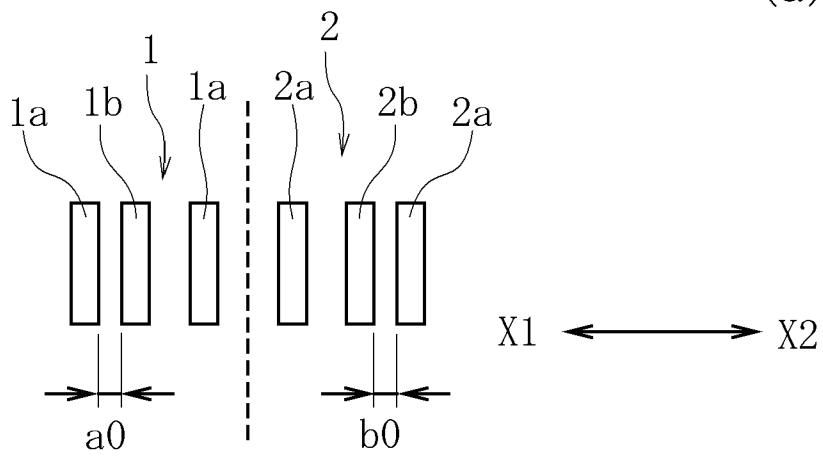


[図16]

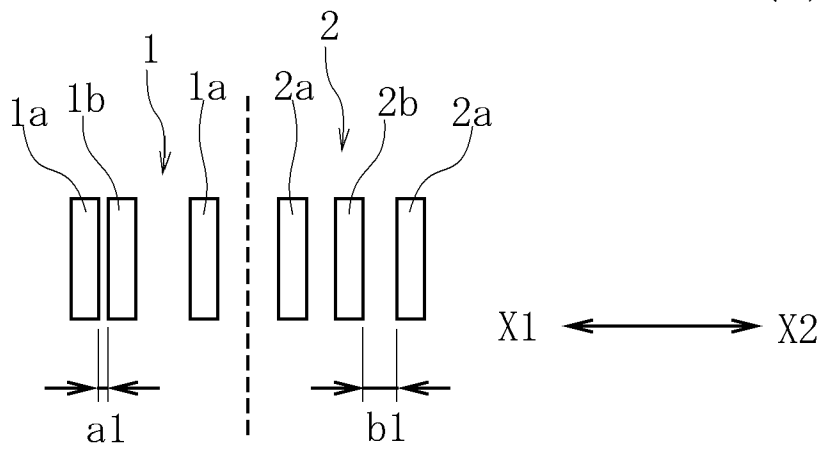
図 16



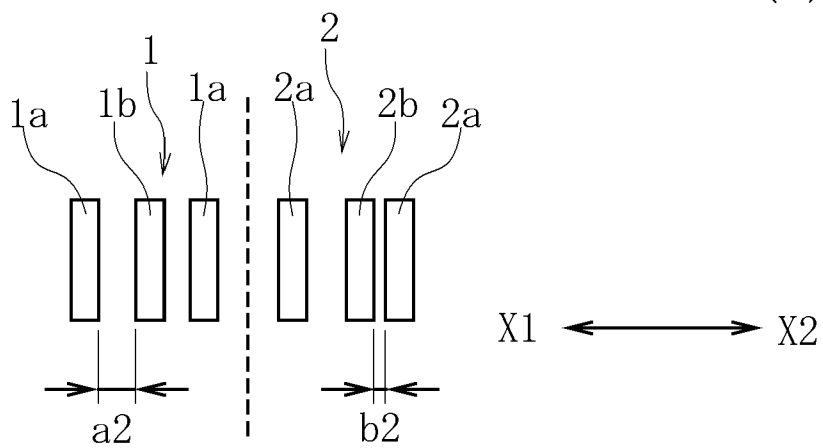
[図17]

図17
(a)

(b)



(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053473

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01P15/125(2006.01)i, B81B3/00(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)

G01P15/125, B81B3/00, 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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X A	JP 2010-513888 A (Robert Bosch GmbH), 30 April 2010 (30.04.2010), paragraphs [0005] to [0020]; fig. 1 to 2 & US 2009/0320596 A1 & EP 2102666 A & WO 2008/074538 A1 & DE 102006059928 A & CN 101563616 A	1-3 4-5
A	JP 09-089927 A (Zexel Corp.), 04 April 1997 (04.04.1997), entire text; all drawings & US 6082197 A & DE 19547642 A	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 March, 2012 (02.03.12)

Date of mailing of the international search report
13 March, 2012 (13.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01P15/125 (2006.01)i, B81B3/00 (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 (I P C))

Int.Cl. G01P15/125, B81B3/00, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 請求項の番号
X A	JP 2010-513888 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミツ ト ベシユレンクテル ハフツング) 2010.04.30 段落【0005】 - 【0020】、【図1】 - 【図2】 & US 2009/0320596 A1 & EP 2102666 A & WO 2008/074538 A1 & DE 102006059928 A & CN 101563616 A	1-3 4-5
A	JP 09-089927 A (株式会社ゼクセル) 1997.04.04 全文、全図 & US 6082197 A & DE 19547642 A	1-5

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。

* 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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

續山 浩二

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

2 F

4 4 5 4