(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 11 月 6 日(06.11.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/178172 A1

(51) 国際特許分類:
*G01C 19/56* (2012.01) *H01L 41/113* (2006.01)
*B81B 3/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/002199

(22) 国際出願日: 2014 年 4 月 17 日(17.04.2014)

(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 2013-095660 2013 年 4 月 30 日(30.04.2013) JP

(71) 出願人: 旭化成株式会社 (ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5308205 大阪府大阪市北区中之島三丁目３番２３号 Osaka (JP).

(72) 発明者: 松下　浩二 (MATSUSHITA, Koji); 〒1018101 東京都千代田区神田神保町一丁目１０５番地 Tokyo (JP). 山下　昌哉 (YAMASHITA, Masaya); 〒1018101 東京都千代田区神田神保町一丁目１０５番地 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 龍華国際特許業務法人 (RYUKA IP LAW FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿１－６－１　新宿エルタワー２２階 Tokyo (JP).

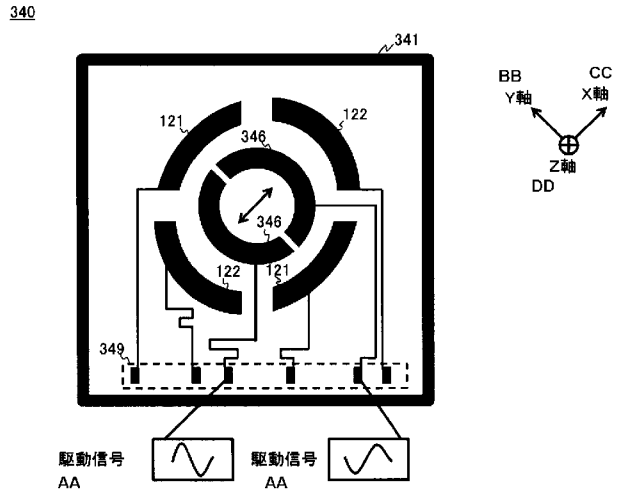
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ANGULAR VELOCITY SENSOR

(54) 発明の名称 : 角速度センサ




AA Drive signal
BB Y axis
CC X axis
DD Z axis

(57) **Abstract**: Provided is an angular velocity sensor comprising: a housing, the outer edge of which has a polygonal shape in a plan view; a flat substrate which is fixed to the housing; a swinging spindle which is surrounded by the housing, and which is formed above the flat substrate so as to extend in a direction perpendicular to the flat substrate; and an oscillating unit which oscillates the swinging spindle in a predetermined direction. The oscillating unit oscillates the swinging spindle in a different direction to the direction of a straight line linking the shortest distance between the outer edge of the housing and the centre of gravity of the swinging spindle in a plan view.

(57) 要約:　平面視で、外縁の形状が多角形である筐体と、筐体に固定される平面基板と、筐体に囲まれ、平面基板上で平面基板に対し垂直な方向に延びて形成される振動錘と、振動錘を予め定められた方向に振動させる振動部とを備え、振動部は、平面視で、筐体の外縁と振動錘の重心との最短距離を結ぶ直線方向と異なる方向に振動錘を振動させる角速度センサを提供する。

WO 2014/178172 A1

# 明　細　書

## 発明の名称 ： 角速度センサ

## 技術分野

[0001] 本発明は、振動錘を振動させてコリオリ力を検出する角速度センサに関する。

## 背景技術

[0002] 図１は、従来の角速度センサ５００の一例を示す図である。図１は、角速度センサ５００の上面図および側面の断面図を示す。従来の角速度センサ５００は、平面基板３４１、振動錘３４２および筐体３４３を備える。

[0003] 角速度センサ５００は、正方形の平面基板３４１の中央に、振動錘３４２を有する。筐体３４３は、振動錘３４２を囲うように、平面基板３４１の外周に形成される。従来の角速度センサ５００は、矢印で示す通り、振動錘３４２の振動方向であるｘ軸方向が平面基板３４１の辺の方向に平行となる。（例えば特許文献１参照）。

［特許文献１］　特開２０１０－１８５７３９号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、角速度センサ５００は、振動錘３４２を平面基板３４１の辺の方向に振動させるので、平面基板３４１および筐体３４３の領域３６０に応力が集中する。近年、角速度センサ５００の小型化に伴い、領域３６０に発生する応力が増加して、角速度センサ５００の強度が問題となっていた。

## 課題を解決するための手段

[0005] 本発明の第１の態様においては、平面視で、外縁の形状が多角形である筐体と、筐体に固定される平面基板と、筐体に囲まれ、平面基板上で平面基板に対し垂直な方向に延びて形成される振動錘と、振動錘を予め定められた方向に振動させる振動部とを備え、振動部は、平面視で、筐体の外縁と振動錘の重心との最短距離を結ぶ直線方向と異なる方向に振動錘を振動させる角速

度センサを提供する。

[0006] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

## 図面の簡単な説明

[0007] [図1]従来の角速度センサ５００の一例を示す図である。

[図2]角速度センサ１００の側面の断面図を示す。

[図3]ＭＥＭＳ３４０の構成例を示す。

[図4]ＭＥＭＳ３４０の構成例を示す。

[図5]ＭＥＭＳ３４０の構成例を示す。

[図6]ＭＥＭＳ３４０に発生する応力の分布を示す。

[図7]ＭＥＭＳ３４０に発生する応力の分布を示す。

[図8]振動錘３４２の振動方向に応じた筐体３４３の変形量の違いを示す。

[図9]角速度センサ１００の上面の断面図を示す。

## 発明を実施するための形態

[0008] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0009] 図２は、角速度センサ１００の側面の断面図を示す。角速度センサ１００は、パッケージ基板３１０、ケース３２０、ＡＳＩＣ３３０、ＭＥＭＳ３４０および角速度算出部３５０を備える。

[0010] 角速度センサ１００は、ＭＥＭＳ３４０の振動と角速度に応じて発生するコリオリ力に基づいて、角速度を検出する。コリオリ力とは、角速度を持つ角速度センサ１００において、ＭＥＭＳ３４０を振動させた場合に振動方向と垂直に発生する慣性力のことである。

[0011] パッケージ基板３１０の上面には、ＡＳＩＣ３３０およびＭＥＭＳ３４０が順に積層される。また、パッケージ基板３１０の上面には、角速度算出部

３５０が形成される。ケース３２０は、ＡＳＩＣ３３０、ＭＥＭＳ３４０および角速度算出部３５０を完全に覆うようにパッケージ基板３１０上に配置される。

[0012] ＡＳＩＣ３３０は、ＭＥＭＳ３４０を振動させる駆動信号を出力する。ＭＥＭＳ３４０は、振動錘３４２、筐体３４３および振動部３４８を備える。振動部３４８は、平面基板３４１、下部電極３４４、圧電体３４５、駆動電極３４６および検出電極３４７を備える。振動部３４８は、振動錘３４２を予め定められた方向に振動させる。平面基板３４１の形状は、多角形や楕円形状であってよい。

[0013] ＭＥＭＳ３４０の振動錘３４２は、ＡＳＩＣ３３０からの駆動信号に応じて振動する。このとき、振動錘３４２には、角速度および振動錘３４２の振動方向に応じたコリオリ力が発生する。検出電極３４７は、発生したコリオリ力に対応した信号を出力する。

[0014] ＭＥＭＳ３４０は、例えばＳｉ－$SiO_2$－Ｓｉといった３層構造を持つＳＯＩ基板に半導体製造プロセスを施すことにより製造される。第１のＳｉ層で形成される平面基板３４１は、外周が固定され、駆動信号に応じて振動する。

[0015] 振動錘３４２は、ＳＯＩ基板における第２のＳｉ層を深堀エッチングすることにより、平面基板３４１に対し垂直な方向に延びて形成される。本例の振動錘３４２は、平面基板３４１の下面中央から、ＡＳＩＣ３３０の上面に向かって延びて形成される。振動錘３４２は、例えば円柱、楕円柱等の形状を有する。振動錘３４２は、駆動信号に応じて、平面基板３４１と一体となって振動する。

[0016] 筐体３４３は、ＳＯＩ基板における第２のＳｉ層を深堀エッチングすることにより、平面基板３４１の外周に、平面基板３４１と一体に形成される。また、筐体３４３は、振動錘３４２の形成と同時に形成されて、振動錘３４２を収容する。なお、筐体３４３は、平面基板３４１とは別個に形成され、接着等により平面基板３４１と固定されてもよい。

[0017] 筐体３４３は、振動錘３４２が振動した場合に、平面基板３４１の外周を支える。筐体３４３は、振動錘３４２の振動に応じて変位しないことが好ましい。これにより、振動錘３４２は、安定して予め定められた回転軸方向に振動できる。筐体３４３が平面基板３４１の外周を支える場合、平面視で、筐体３４３の外縁の形状と平面基板３４１の形状とは、同じ形状となる。本明細書において、平面視とは、平面基板３４１の表面を真上から見た場合を指す。本例では、筐体３４３が平面基板３４１の外周を支えているが、平面基板３４１の内側を支えてもよい。この場合、平面視で、筐体３４３の外縁の形状が多角形、矩形、または正方形であってよい。ここで、多角形、矩形、及び正方形とは、角が取れて丸くなっている略多角形、略矩形、及び略正方形を含む。

[0018] 平面基板３４１の上面には、下部電極３４４および圧電体３４５が積層して形成される。下部電極３４４および圧電体３４５は、平面基板３４１のうち、筐体３４３に固定されていない領域を覆うように形成される。また、駆動電極３４６および検出電極３４７は、圧電体３４５の上面でかつ、振動錘３４２に対し対称となる位置に、１対にそれぞれ配置される。

[0019] 下部電極３４４は、電圧が一定となるように電圧が印加される。例えば、下部電極３４４は接地される。また、駆動電極３４６は、振動錘３４２を振動させる方向に応じた電圧が印加される。これにより、圧電体３４５は、駆動電極３４６に入力された駆動信号の電圧と下部電極３４４の電圧の差に応じて曲げられる。

[0020] 駆動電極３４６は、振動錘３４２の外周に対応する位置の近辺に配置される。振動錘３４２の外周は、振動の固定端である筐体３４３の内周からの距離が最大となるので、振動錘３４２の外周付近の圧電体３４５には大きなモーメントが発生する。したがって、駆動電極３４６は、筐体３４３に近接して設けられる場合よりも、振動錘３４２を効率的に振動させることができる。

[0021] 検出電極３４７は、筐体３４３の内周に対応する位置の近辺に配置される

。圧電体３４５は、筐体３４３に近いほど振動時に加えられる応力が大きくなるので、筐体３４３の内周付近の圧電体３４５には、大きな電流が発生する。したがって、検出電極３４７は、振動錘３４２に近い位置に設けられるよりも、筐体３４３に近い位置に設けられた方が、より大きな信号を検出できる。

[0022] 検出電極３４７が検出する信号は、振動錘３４２の振動方向およびＭＥＭＳ３４０の角速度に応じて発生するコリオリ力に基づく信号である。検出電極３４７は、検出した信号を角速度算出部３５０に出力する。

[0023] 角速度算出部３５０は、検出電極３４７が検出した信号を処理することにより角速度センサ１００の角速度を算出する。角速度算出部３５０は、ＭＥＭＳ３４０の振動方向と垂直な方向に発生するコリオリ力を検出して、角速度を測定する。

[0024] 角速度センサ１００は、振動錘３４２の振動方向を切り替えることにより、複数の回転軸の角速度を検出できる。角速度センサ１００は、振動錘３４２を間欠に振動させて、複数の振動方向を切り替える。これにより、角速度センサ１００は、任意の時間における各回転軸の角速度を測定する。

[0025] 図３は、ＭＥＭＳ３４０の構成例を示す。ＭＥＭＳ３４０は、矩形の平面基板３４１、駆動電極３４６、検出電極３４７および電極パッド３４９を備える。図３は、ＭＥＭＳ３４０の上面を示し、平面基板３４１の面をｘｙ平面としている。本明細書において、ｘ軸は、平面基板３４１と平行な面における振動方向を示し、ｙ軸は、平面基板３４１と平行な面における振動方向と垂直な方向を示す。また、ｚ軸は、平面基板３４１と垂直な方向における信号方向を示す。

[0026] ＭＥＭＳ３４０は、平面基板３４１と平行な面において、平面基板３４１の辺と振動錘３４２との最短距離を結ぶ直線に対して、０度より大きく９０度より小さい角度をなすように、振動錘３４２を振動させる。本例の振動錘３４２は、平面基板３４１の辺と振動錘３４２との最短距離を結ぶ直線に対して、４５度となるｘ軸方向に振動される。ここで、平面基板３４１の形状

が楕円形状の場合、平面基板３４１の辺は、楕円の曲線部分を示す。

[0027] 本明細書では、ｘ軸およびｙ軸が、平面基板３４１の辺と振動錘３４２との最短距離を結ぶ直線に対して、４５度傾斜している場合を、４５度配置と呼ぶ。本明細書において、最短直線という語は、平面基板３４１の辺と振動錘３４２との最短距離を結ぶ直線のことを指す。なお、傾斜の角度は４５度に限定されるものではない。

[0028] ＭＥＭＳ３４０は、ｘ軸方向に振動錘３４２を振動させる場合、ｚ軸方向およびｙ軸方向の角速度を検出する。本明細書では、ｚ軸方向の角速度とは、ｚ軸を中心として回転する角速度のことを指す。ｘ軸方向およびｙ軸方向の角速度に関しても同様に定義する。

[0029] 電極パッド３４９は、駆動電極３４６および検出電極３４７に接続される。電極パッド３４９は、駆動電極３４６に振動錘３４２を振動させる駆動信号を入力する。本例のＭＥＭＳ３４０は、ｘ軸方向に振動錘３４２を振動させるために、互いに逆位相である駆動信号を駆動電極３４６にそれぞれ入力する。

[0030] 駆動電極３４６は、入力された駆動信号に応じて、振動錘３４２を振動させる。駆動電極３４６は、平面基板３４１と平行な面において、最短直線に対して０度より大きく９０度より小さい角度をなすように１対に配置される。

[0031] 駆動電極３４６は、ｘ軸上に沿って配列され、振動錘３４２に対して対称となるように１対に設けられる。そのため、互いに逆位相である駆動信号が１対の駆動電極３４６に入力された場合、振動錘３４２は、ｘ軸方向に振動される。

[0032] 検出電極３４７は、振動錘３４２の振動に応じて発生する信号を検出して、電極パッド３４９に出力する。検出電極３４７は、第１の検出部１２１および第２の検出部１２２を有する。第１の検出部１２１および第２の検出部１２２は、ｚ軸周りおよびｙ軸周りの角速度により発生する３軸方向のコリオリ力を検出する。

[0033] 第１の検出部１２１は、ｙ軸上に沿って配列され、振動錘３４２に対して対称となるように１対に設けられる。第１の検出部１２１は、振動方向に対し垂直な方向に発生する力を検出する。具体的には、第１の検出部１２１は、ｙ軸方向のコリオリ力およびｚ軸方向のコリオリを検出する。

[0034] 第２の検出部１２２は、ｘ軸上に沿って配列され、振動錘３４２に対して対称となるように１対に設けられる。第２の検出部１２２は、振動方向に発生する力を検出する。第２の検出部１２２は、ｘ軸方向のコリオリ力およびｚ軸方向のコリオリを検出する。

[0035] 検出電極３４７は、第１の検出部１２１および第２の検出部１２２が検出したコリオリ力に基づいて変換した検出信号を電極パッド３４９に出力する。電極パッド３４９は、角速度算出部３５０に検出信号を出力する。角速度算出部３５０は、第１の検出部１２１および第２の検出部１２２の出力に基づき、角速度センサ１００の角速度を算出する。

[0036] 本例の検出電極３４７は、ｘ軸を長軸として、ｙ軸を短軸とする楕円形状を有する。ｘ軸方向における平面基板３４１の辺と振動錘３４２との距離は、ｙ軸方向における平面基板３４１と振動錘３４２との距離よりも大きくなる。よって、ｘ軸方向の振動の共振周波数は、ｙ軸方向の振動の共振周波数よりも小さくなる。そのため、振動錘３４２のｘ軸方向の振動が、ｘ軸上からずれてｙ軸方向に漏れるのを防止できる。なお、平面基板３４１、振動錘３４２および駆動電極３４６の形状を楕円形状としても同様の効果が得られる。

[0037] 角速度センサ１００は、振動部３４８が、平面視で、筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との最短距離を結ぶ直線方向と異なる方向に振動錘３４２を振動させる。ここで、振動錘３４２の重心とは、振動錘３４２が振動されていない静止状態における、振動錘３４２の重心の位置を指す。角速度センサ１００は、筐体３４３の外縁の形状が多角形であるため、振動部３４８が、平面視で、振動錘３４２の重心から筐体３４３の外縁の辺に下した垂線方向と異なる方向に振動錘３４２を振動させる。

[0038] また、振動部３４８は、平面視で、振動錘３４２の重心から筐体３４３の外縁の角に向かうように振動錘３４２を振動させてよい。この構成にすることで、振動錘３４２の振動が筐体３４３により伝わりにくくなるため、振動錘３４２の振動に対して、筐体３４３の強度をさらに高くすることができる。

[0039] 角速度センサ１００は、１対の上部電極が、平面視で、筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との最短距離を結ぶ直線と異なり、且つ振動錘３４２の重心を通る直線上に配置されている。この構成により、上記異なる方向に振動錘３４２を振動させることができる。例えば、１対の上部電極は、駆動電極３４６である。

[0040] 図４は、ＭＥＭＳ３４０の他の構成例を示す。図４に示すように、振動部３４８が上部電極を２対含んでよい。２対の上部電極のそれぞれは、平面視で、筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との最短距離を結ぶ直線と異なり、且つ振動錘３４２の重心を通る直線を挟み込むように配置されていてよい。例えば、２対の上部電極は、第１の検出部１２１および第２の検出部１２２である。

[0041] 本例のように、筐体３４３の外縁の形状が矩形である場合、角速度センサ１００は、平面視で、筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との最短距離を結ぶ直線に対して、０度より大きく９０度より小さい角度をなすように振動錘３４２を振動させる。このため、振動方向における筐体３４３に発生する応力が低減される。そのため、本実施形態に係る角速度センサ１００は、振動錘３４２の振動に対する強度が高い。

[0042] 筐体３４３の外縁の形状が正方形であり振動錘３４２の重心と筐体３４３の外縁の重心とが一致している場合、振動部３４８は、平面視で、筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との最短距離を結ぶ直線に対して、４５度をなすように振動錘３４２を振動させてよい。この場合、平面視での筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との距離が最大になる。これより、振動錘３４２の振動が筐体３４３により伝わりにくくなるため、振動錘３４２の振動

に対する強度がさらに高くなる。なお、筐体３４３の外縁の形状が正八角形の場合、振動部３４８は、平面視で、筐体３４３の外縁と振動錘３４２の重心との最短距離を結ぶ直線に対して、０度より大きく４５度より小さい角度をなすように振動錘３４２を振動させればよい。

[0043] 図５は、ＭＥＭＳ３４０の構成例を示す。ＭＥＭＳ３４０が、振動錘３４２をｚ軸方向に振動させる点で図３、４と異なる。ｚ軸は、平面基板３４１に対して垂直な方向である。

[0044] 電極パッド３４９は、駆動電極３４６に振動錘３４２を振動させる駆動信号を出力する。本例の電極パッド３４９は、同一位相の駆動信号を１対の駆動電極３４６に入力する。

[0045] 駆動電極３４６は、ｘ軸上に沿って配列され、振動錘３４２に対して対称となるように１対に設けられる。同一の駆動信号が１対の駆動電極３４６に入力された場合、振動錘３４２は、平面基板３４１に垂直なｚ軸方向に振動される。

[0046] 検出電極３４７は、第１の検出部１２１および第２の検出部１２２が検出したコリオリ力に基づいて変換した検出信号を電極パッド３４９に出力する。ここで、検出信号とは、ｘ軸およびｙ軸方向の角速度により発生するコリオリ力を変換した信号である。

[0047] 角速度センサ１００は、ｘ軸方向に振動錘３４２を振動させて、ｙ軸およびｚ軸方向の角速度を検出する。また、角速度センサ１００は、ｚ軸方向に振動錘３４２を振動させて、ｘ軸およびｙ軸方向の角速度を検出する。

[0048] 角速度センサ１００は、振動錘３４２の振動をｘ軸方向およびｚ軸方向に切り替えて、３軸方向の角速度を測定できる。そのため、角速度センサ１００は、３軸方向の角速度を測定するために、振動錘３４２をｙ軸方向に振動しなくてもよい。

[0049] 図６は、ＭＥＭＳ３４０に発生する応力の分布を示す。図６の上側の図は、ＭＥＭＳ３４０の上面図であり、筐体３４３の上面の応力分布を示す。図６の下側の図は、ＭＥＭＳ３４０のＡ－Ａ’断面図であり、筐体３４３の断面

の応力分布を示す。応力分布は、振動錘３４２に１Ｎのエネルギーが加えられた場合の、変形量の分布を示す。なお、図中のパターンはそれぞれ、筐体３４３の変形量を示す。図中のパターンは、変形量の大小を等間隔に分割している。つまり、パターンの変化が多い領域ほど、筐体３４３の変形量が大きい。

[0050] ＭＥＭＳ３４０は、正方形の辺の方向がそれぞれ、ｘ軸およびｙ軸に対応する平面基板３４１を有する。チップサイズは、平面基板３４１の外周のサイズに対応する。ダイアフラムサイズは、筐体３４３の内周の径に対応する。錘サイズは、振動錘３４２の外周のサイズに対応する。なお、本例の振動錘３４２および筐体３４３の高さは等しい。

[0051] 振動錘３４２は、ｘ軸方向に振動されるため、ｘ軸上の領域３６０に応力が集中し、変形量が最大となる。一方、ｙ軸上の領域３６０には、ほとんど応力が発生していない。つまり、筐体３４３には、振動錘３４２に加えられたエネルギーが、ｘｙ平面上に十分に分散されず、ｘ軸方向に集中した応力が発生している。

[0052] 図７は、ＭＥＭＳ３４０に発生する応力の分布を示す図である。図７は、ｘ軸およびｙ軸が、平面基板３４１の辺に対して４５度傾斜している点で図６と異なる。

[0053] 振動錘３４２の振動方向に領域３６０がないので、筐体３４３に発生する応力が低減される。また、筐体３４３は、振動錘３４２が平面基板３４１の辺に対して４５度傾斜して振動されるので、ｘ軸およびｙ軸上の領域３６０には均等な変形量が生じる。つまり、筐体３４３には、振動錘３４２に加えられたエネルギーが、ｘｙ平面上に分散されて、応力が発生している。

[0054] 図６および図７において、筐体３４３の側面の断面図を比較すると、図６の方が、筐体３４３の表面付近の変形量が大きい。また、筐体３４３の内周付近において、筐体３４３に発生する応力の集中が顕著である。

[0055] 図８は、振動錘３４２の振動方向に応じた筐体３４３の変形量の違いを示す。横軸は、直線に対する振動錘３４２の振動方向の角度［°］を示す。縦

軸は、ｘ軸上およびｙ軸上の領域３６０における筐体３４３に発生するそれぞれの変形量を示す。振動錘３４２の振動方向は、１５度ずつ変化される。菱形のプロットは、ｘ軸上の領域３６０のデータであり、正方形のプロットは、ｙ軸上の領域３６０のデータを示す。

[0056] ｘ軸上の領域３６０における筐体３４３の変形量は、０度配置の場合に最も小さくなる。そして、振動方向の角度が大きくなるにつれて、変形量が増加する。一方、ｙ軸上の領域３６０における筐体３４３の変形量は、０度配置の場合に最も大きくなる。そして、振動方向の角度が大きくなるにつれて、変形量が減少する。

[0057] 本実施例では、平面基板３４１の形状が正方形であるため、ｘ軸およびｙ軸に対する変形量が、面内で対称となる。そのため、４５度配置の場合、ｘ軸上およびｙ軸上の領域３６０における変形量が等しくなる。つまり、４５度配置の場合、ｘｙ平面上で応力が均等に分散されるので、角速度センサ１００の強度が最も大きくなる。

[0058] 振動錘３４２は、最短直線に対し１５度以上７５度以下、もしくは、最短直線に対し３０度以上６０度以下の角度をなすように振動されてよい。振動錘３４２の振動方向は、平面基板３４１の形状や振動錘３４２の設置される位置に応じて決められる。振動錘３４２の振動方向は、振動錘３４２の振動により発生する応力が、領域３６０に集中しないように決定されてよい。

[0059] 本実施形態では、平面基板３４１が正方形の例を上げた。しかし、平面基板３４１の形状は正方形に限られず、多角形や楕円形状、その他の形状でもよい。この場合、振動錘３４２は、平面基板３４１の辺と振動錘３４２との最短距離となる直線に対して、０度より大きく９０度より小さい角度をなすように振動される。また、振動錘３４２は、平面基板３４１の角の方向に振動されてよい。

[0060] ４５度配置の変形量は、０度配置の変形量よりも小さい。また、チップサイズが小さくなるにつれて、４５度配置の変形量と０度配置の変形量の差が大きくなる。４５度配置の変形量の方が０度配置の変形量よりも小さくなる

。４５度配置は、チップサイズが小さい場合に、筐体３４３の変形量を抑制する効果が高い。

[0061] ０度配置の場合の筐体３４３の最大変形量および４５度配置の場合の筐体３４３の最大変形量の比は、いずれのチップサイズの場合にも、１．４１という一定の比となる。つまり、４５度配置は、チップサイズが大きい場合も例外なく、チップサイズにかかわらず一定の効果が得られる。

[0062] 図９は、角速度センサ１００の上面の断面図を示す。角速度センサ１００は、パッケージ基板３１０、ＡＳＩＣ３３０、ＭＥＭＳ３４０、駆動電極３４６および検出電極３４７および電極パッド３４９を備える。パッケージ基板３１０上には、端子３１１および角速度算出部３５０が設けられる。なお、角速度算出部３５０は、角速度センサ１００の外部に設けられてもよい。また、角速度算出部３５０は、ＡＳＩＣ３３０の内部に設けられてもよい。

[0063] 電極パッド３４９は、駆動電極３４６および検出電極３４７の各電極に接続される。電極パッド３４９は、駆動電極３４６に駆動信号を出力し、検出電極３４７から検出信号が入力される。電極パッド３４９は、配線を介して、検出信号を端子３１１に入力する。

[0064] 端子３１１は、入力された検出信号を、パッケージ基板３１０を介して角速度算出部３５０に出力する。端子３１１は、使用する駆動電極３４６および検出電極３４７の個数に応じて設けられる。

[0065] 角速度算出部３５０は、検出信号に基づいて角速度センサ１００の角速度を検出する。角速度算出部３５０は、振動方向に対応するｘｙｚ座標系の軸方向のコリオリ力を検出するので、ｘｙｚ座標系の軸周りの角速度を算出する。

[0066] しかし、角速度算出部３５０の算出する角速度は、ｘｙｚ座標系の軸周りの角速度に限られない。角速度算出部３５０は、入力された検出信号のデータを軸変換することにより、ｘｙｚ座標系と異なる座標系の角速度を算出する。

[0067] 例えば、ｘｙ平面座標の軸変換において、軸変換前の座標をｘ、ｙ、軸変

換後の座標をｘ´、ｙ´、反時計回りを正とする回転角度をαとすると、軸変換前後の関係は、次式で表記される。

[数1]

$$x' = x\cos\alpha - y\sin\alpha$$
$$y' = x\sin\alpha + y\cos\alpha \quad \cdots (1)$$

ここで、回転角度αが４５度ならば、式（１）は式（２）で表記される。

【数２】

$$x' = \frac{1}{\sqrt{2}}(x - y)$$
$$y' = \frac{1}{\sqrt{2}}(x + y) \quad \cdots (2)$$

式（２）は、同じ回転軸の角速度に対し、軸変換後、検出されるコリオリ力が１/√２倍となることを意味する。図３の検出電極１２２の上側の検出電極の出力をｘ２、下側をｘ１とし、検出電極１２１の上側の検出電極の出力をｙ１、下側をｙ２とすると、

軸変換前のｘ軸回りの出力ωｘは、

$$\omega_x = (x2 + y1) - (x1 + y2)$$
$$= (x2 - x1) - (y2 - y1) \quad \text{ただし、}(x2 - x1)\text{は}0$$

軸変換前のＹ軸回りの出力ωｙは、

$$\omega_y = (x2 + y2) - (x1 + y1)$$
$$= (x2 - x1) + (y2 - y1) \quad \text{ただし、}(y2 - y1)\text{は}0$$

となる。

また、軸変換後のｘ’軸回りの出力ωｘ’は、

$$\omega_x' = \frac{1}{\sqrt{2}}\{(x2 + y1) - (x1 + y2)\}$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}\{(x2 - x1) - (y2 - y1)\}$$

軸変換後のｙ’軸回りの出力ωｙ’では、

$$\omega_y' = \frac{1}{\sqrt{2}}\{(x2 + y2) - (x1 + y1)\}$$
$$= \frac{1}{\sqrt{2}}\{(x2 - x1) + (y2 - y1)\}$$

となる。

すなわち、軸変換前の出力を得るには、各検出電極からの出力の差分に√２倍すればよい。上記は４５度配置を例にしたが、回転角度が４５度以外の場合にも式(１)を適用できる。

[0068] 角速度算出部３５０は、平面基板３４１の辺の方向を回転軸としたときの

、回転軸周りの角速度を算出してよい。つまり、角速度算出部３５０は、ピッチ（Ｐｉｔｃｈ）の角速度を算出してよい。また、角速度算出部３５０は、パッケージ基板３１０の辺の方向を回転軸としたときの、回転軸周りの角速度を算出してよい。つまり、角速度算出部３５０は、ロール（Ｒｏｌｌ）の角速度を算出してよい。同様に、角速度算出部３５０は、ヨー（Ｙａｗ）の角速度を算出してよい。角速度センサ１００は、ピッチ及び／またはロールの角速度を算出する角速度算出部３５０を備えることで、電子機器等への収納スペースが小さくて済む。

[0069] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0070] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

## 符号の説明

[0071] １００・・・角速度センサ、１２１・・・第１の検出部、１２２・・・第２の検出部、３１０・・・パッケージ基板、３１１・・・端子、３２０・・・ケース、３３０・・・ＡＳＩＣ、３４０・・・ＭＥＭＳ、３４１・・・平面基板、３４２・・・振動錘、３４３・・・筐体、３４４・・・下部電極、３４５・・・圧電体、３４６・・・駆動電極、３４７・・・検出電極、３４８・・・振動部、３４９・・・電極パッド、３５０・・・角速度算出部、３６０・・・領域、５００・・・角速度センサ

# 請求の範囲

[請求項1] 平面視で、外縁の形状が多角形である筐体と、

前記筐体に固定される平面基板と、

前記筐体に囲まれ、前記平面基板上で前記平面基板に対し垂直な方向に延びて形成される振動錘と、

前記振動錘を予め定められた方向に振動させる振動部と

を備え、

前記振動部は、平面視で、前記筐体の外縁と前記振動錘の重心との最短距離を結ぶ直線方向と異なる方向に前記振動錘を振動させる角速度センサ。

[請求項2] 前記振動部は、平面視で、前記振動錘の重心から前記筐体の外縁の辺に下した垂線方向と異なる方向に前記振動錘を振動させる請求項１に記載の角速度センサ。

[請求項3] 前記振動部は、平面視で、前記振動錘の重心から前記筐体の外縁の角に向かうように前記振動錘を振動させる請求項２に記載の角速度センサ。

[請求項4] 前記振動部は、

前記平面基板上に設けられた下部電極と、

前記下部電極上に設けられた圧電素子と、

前記圧電素子上に設けられ、前記振動錘に対し対称となる位置に配置される少なくとも１対の上部電極と

を含む請求項１から３のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項5] 前記１対の上部電極は、平面視で、前記筐体の外縁と前記振動錘の重心との最短距離を結ぶ直線と異なり、且つ前記振動錘の重心を通る直線上に配置されている請求項４に記載の角速度センサ。

[請求項6] 前記振動部は、前記上部電極を２対含み、

前記２対の上部電極のそれぞれは、平面視で、前記筐体の外縁と前記振動錘の重心との最短距離を結ぶ直線と異なり、且つ前記振動錘の

重心を通る直線を挟み込むように配置されている請求項４に記載の角速度センサ。

[請求項7] 前記筐体の外縁の形状は、矩形である請求項１から６のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項8] 前記筐体の外縁の形状は、正方形である請求項７に記載の角速度センサ。

[請求項9] 平面視で、前記振動錘の重心と前記筐体の外縁の重心とは一致している請求項８に記載の角速度センサ。

[請求項10] 前記振動部は、前記振動錘の重心から前記筐体の外縁に下した垂線に対して、０度より大きく９０度より小さい角度をなすように前記振動錘を振動させる請求項９に記載の角速度センサ。

[請求項11] 前記振動部は、前記垂線に対し４５度の角度をなすように前記振動錘を振動させる請求項１０に記載の角速度センサ。

[請求項12] 前記筐体は、前記平面基板と一体に形成される請求項１から１１のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項13] 前記振動錘は、前記平面基板に接して、又は、前記平面基板と一体に形成される請求項１から１２のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項14] 前記予め定められた方向に対し垂直な方向に発生する力を検出する第１の検出部と、

を備える請求項１から１３のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項15] 前記予め定められた方向に発生する力を検出する第２の検出部と、を備える請求項１４に記載の角速度センサ。

[請求項16] 前記筐体は、前記平面基板の外周を支え、

前記平面基板は、平面視で、前記筐体の外縁の形状と同じ形状である請求項１から１５のいずれか一項に記載の角速度センサ。

[請求項17] 前記第１の検出部と前記第２の検出部の出力に基づき、前記角速度センサの角速度を算出する角速度算出部を備える請求項１５に記載の

角速度センサ。

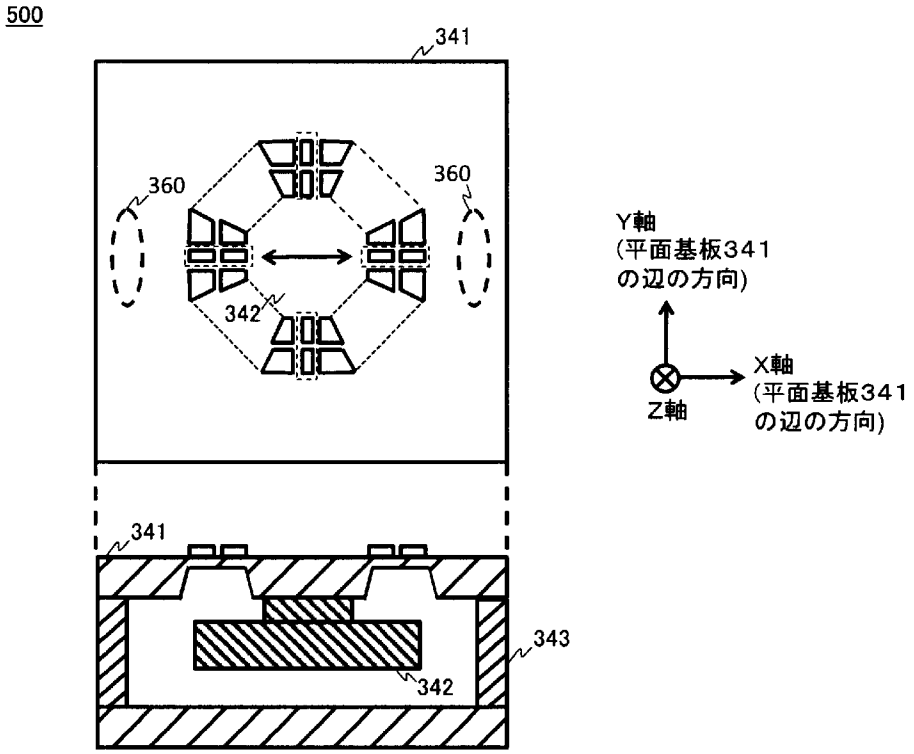
[請求項18] 前記角速度算出部は、前記平面基板の辺の方向を回転軸の方向としたときの、該回転軸周りの角速度を算出する請求項１７に記載の角速度センサ。

[請求項19] 前記角速度算出部は、ピッチ及び／またはロールの角速度を算出する請求項１７に記載の角速度センサ。

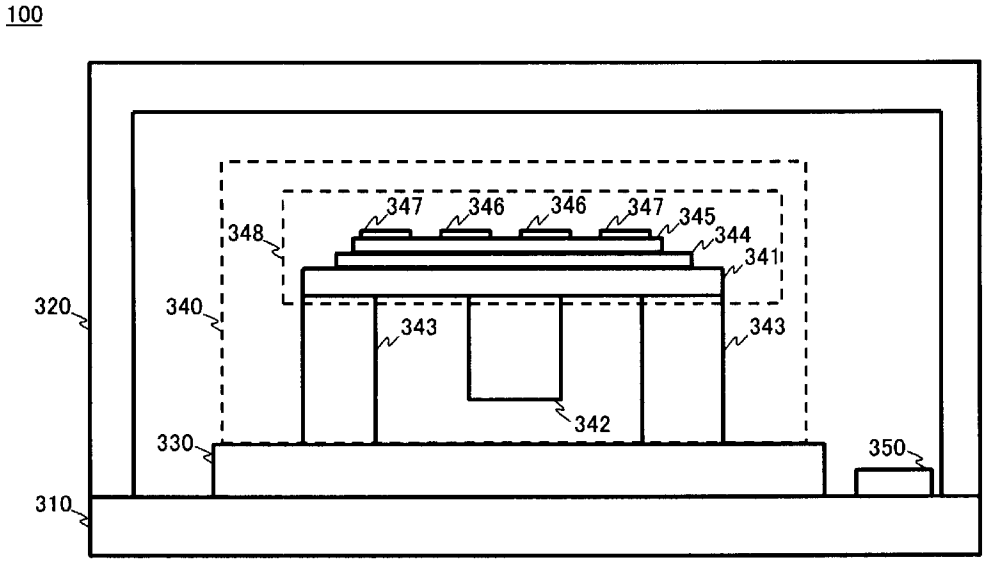
[請求項20] 前記角速度算出部は、前記平面基板と前記振動錘とをパッケージするパッケージ部材の辺の方向を回転軸の方向としたときの、該回転軸周りの角速度を算出する請求項１７に記載の角速度センサ。

[請求項21] 前記第１の検出部と前記第２の検出部の出力を、前記角速度センサの角速度を算出する角速度算出部に出力する請求項１５に記載の角速度センサ。

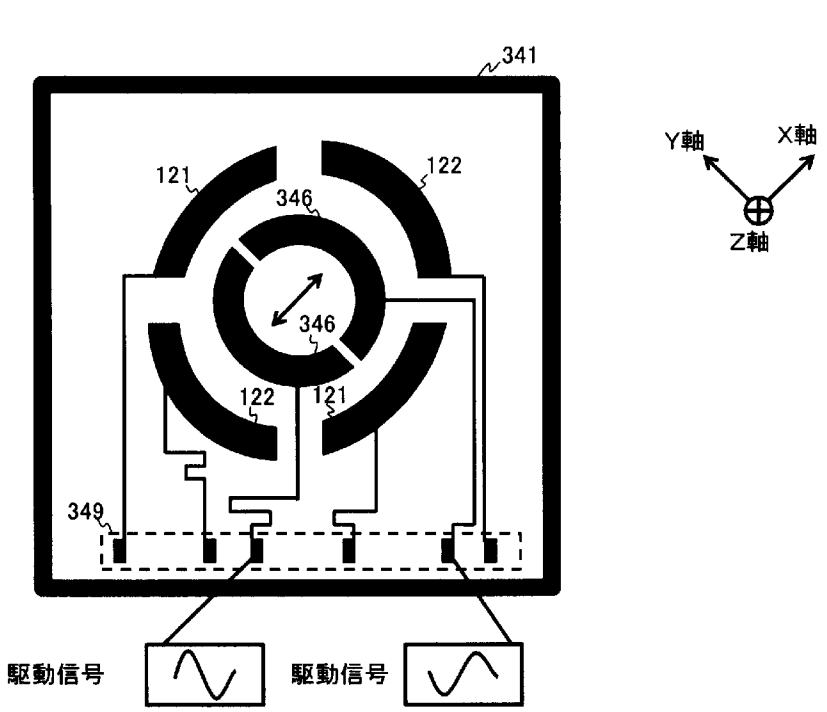
[図1]


500
341
360
360
342
Y軸
(平面基板341
の辺の方向)
X軸
(平面基板341
の辺の方向)
Z軸
341
343
342

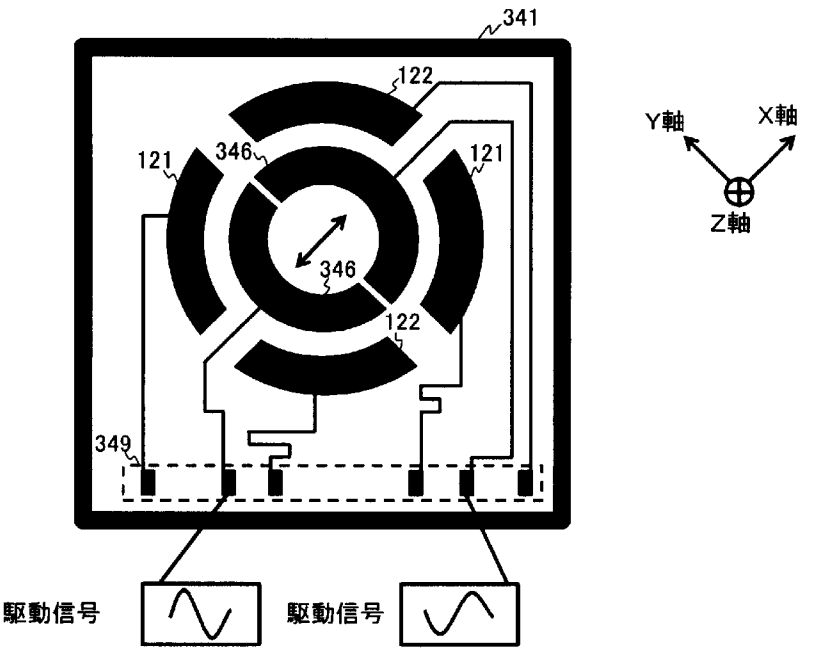
[図2]


100
347
346
346
347
345
344
341
348
320
340
343
343
342
330
350
310

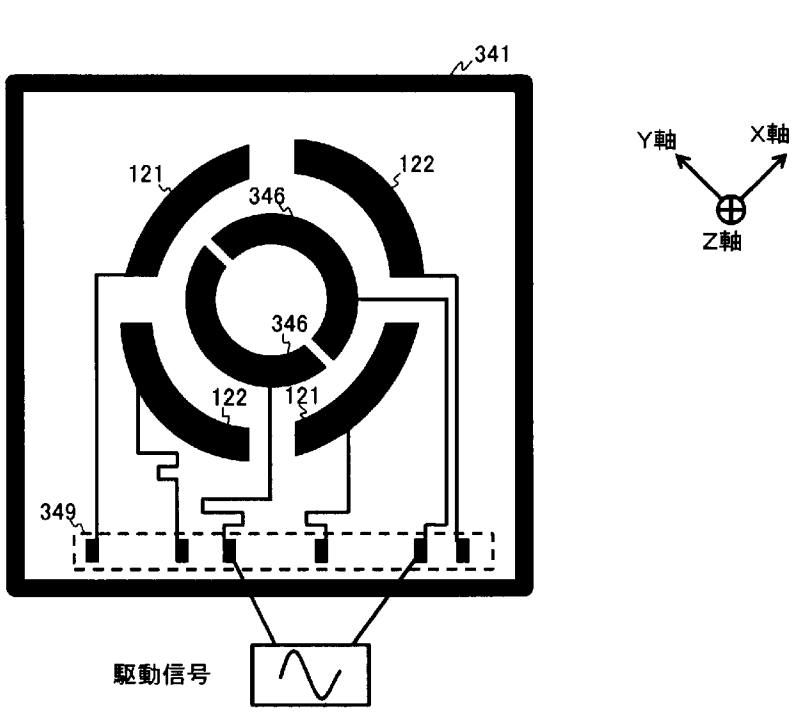
[図3]


340
341
121
122
346
346
122
121
349
駆動信号
駆動信号
Y軸
X軸
Z軸

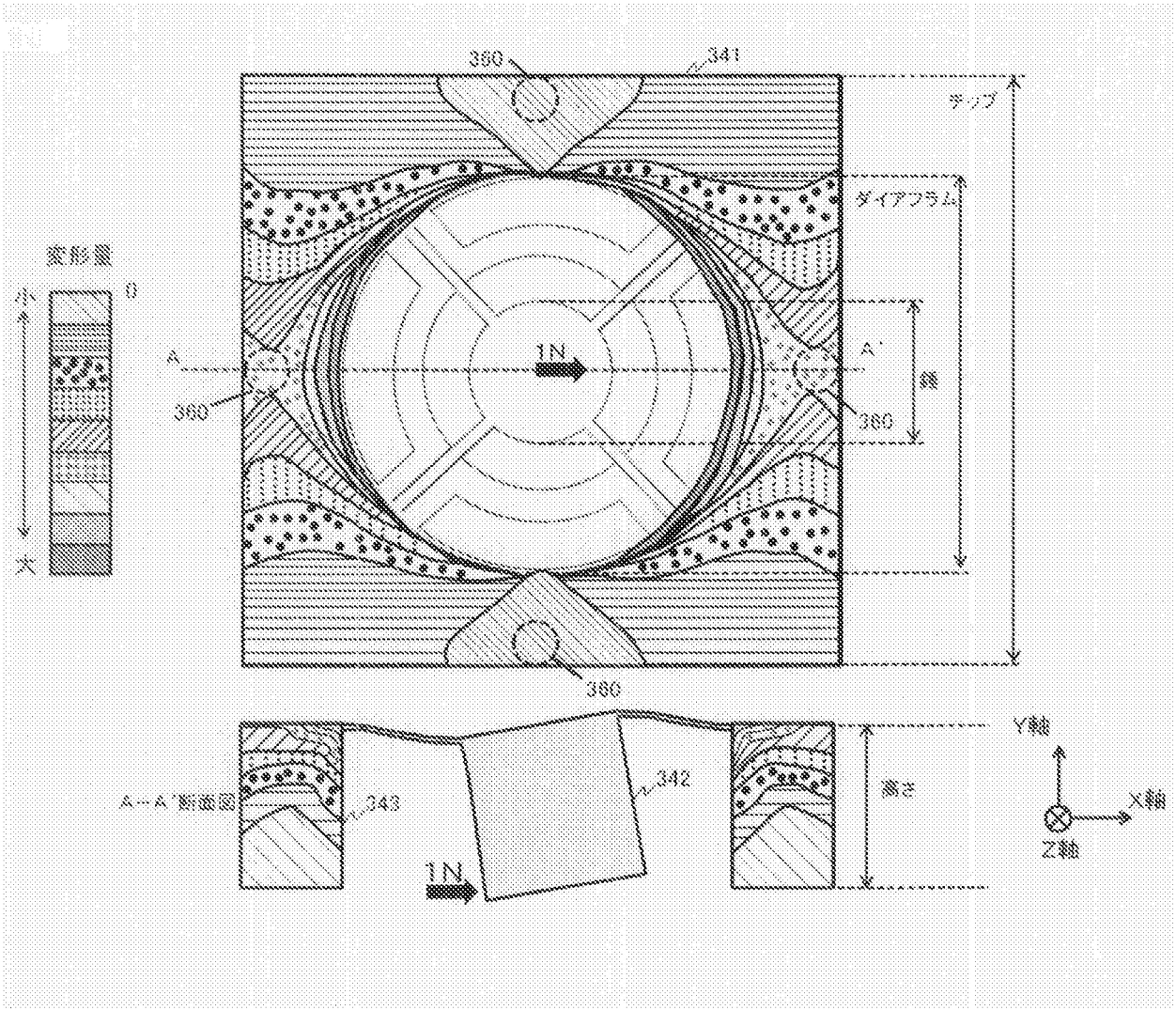
[図4]


340
341
122
121
346
121
346
122
349
駆動信号
駆動信号
Y軸
X軸
Z軸

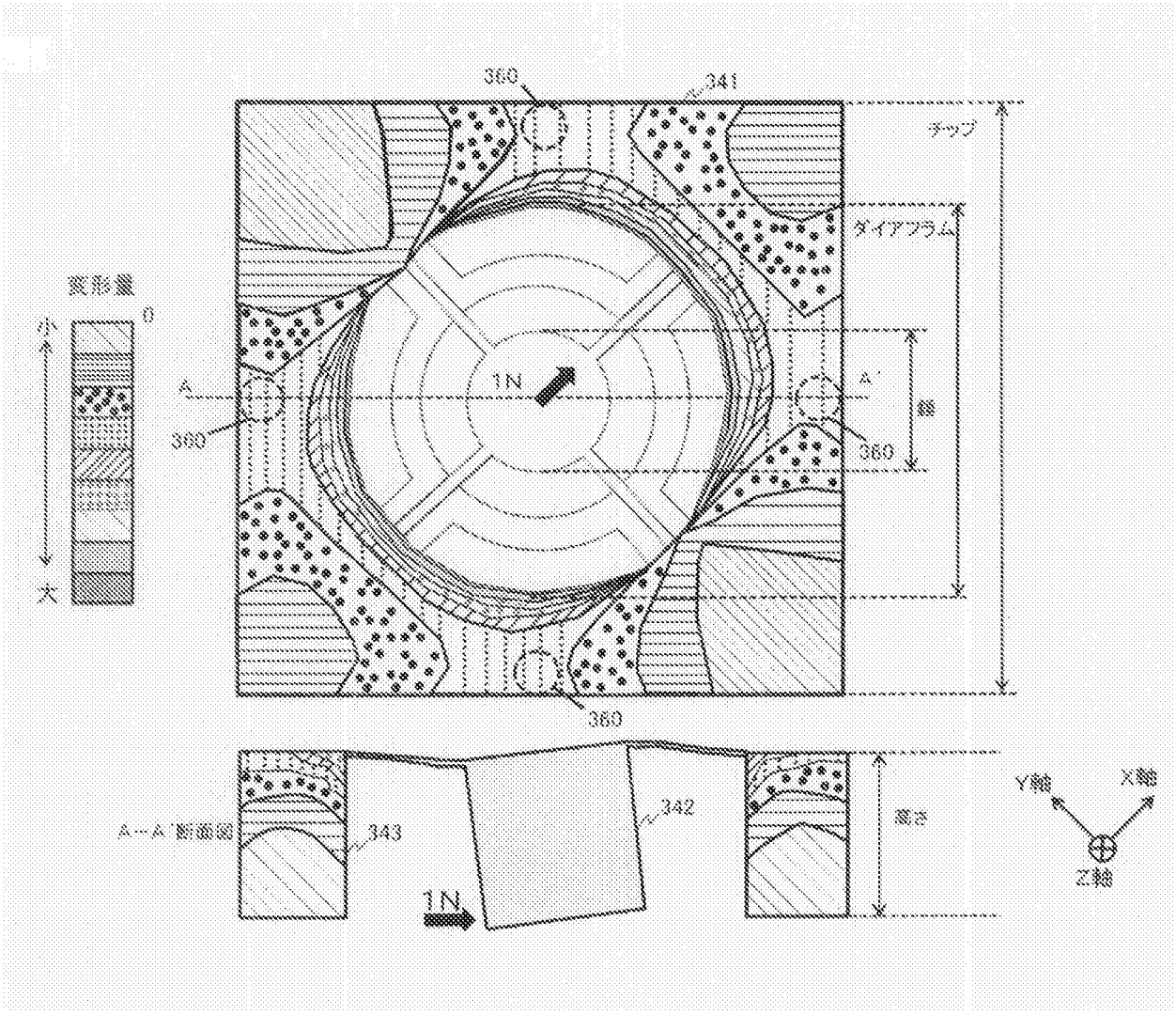
[図5]


340
341
121
122
346
346
122
121
349
駆動信号
Y軸
X軸
Z軸

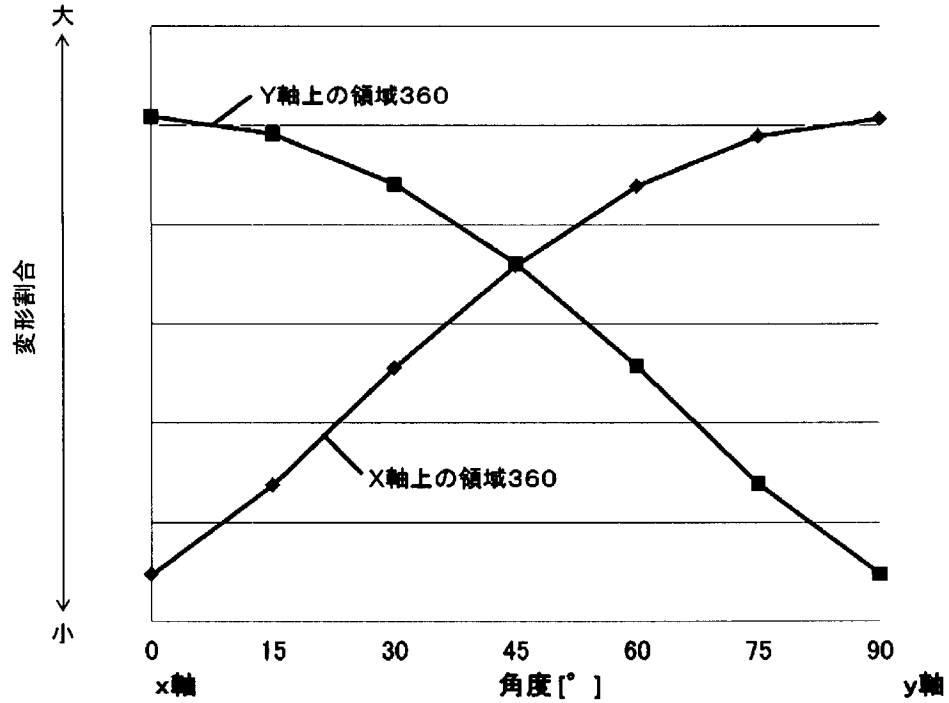
[図6]


380
341
チップ
ダイアフラム
変形量
小
大
0
A
A'
1N
380
380
A～A'断面図
343
342
1N
高さ
Y軸
X軸
Z軸

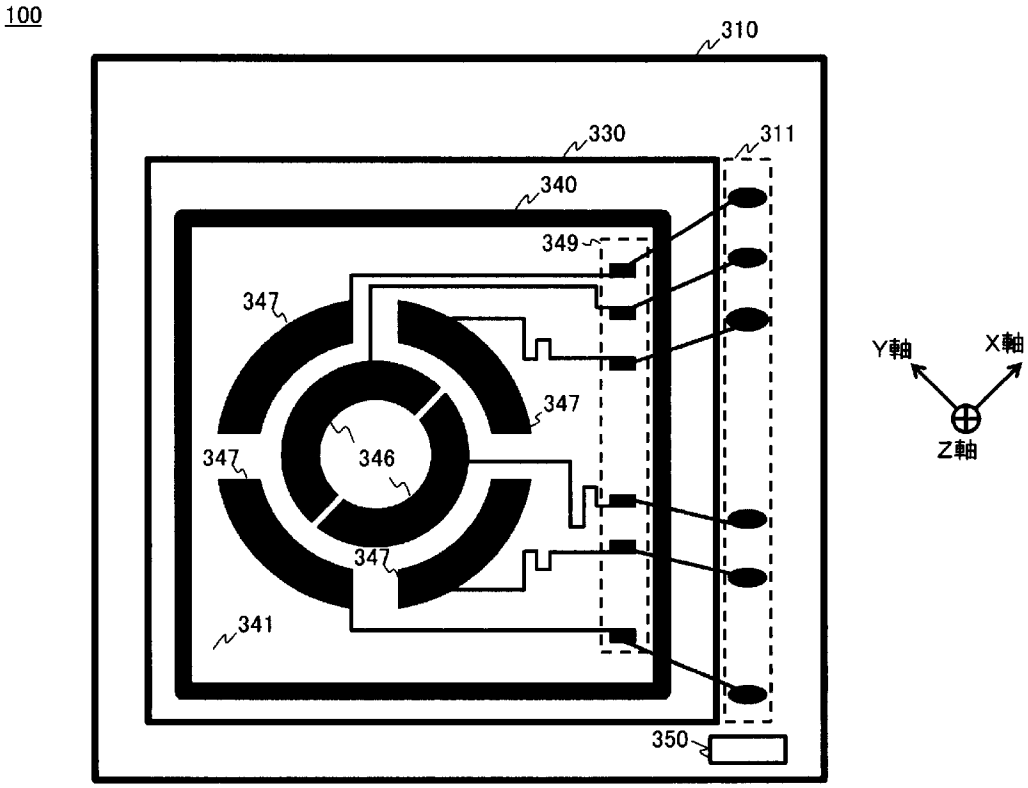
[図7]


360
341
チップ
ダイアフラム
変形量
0
小
大
1N
A
A'
360
360
360
A－A' 断面図
343
342
1N
Y軸
X軸
Z軸

[図8]


大
小
変形割合
Y軸上の領域360
X軸上の領域360
0
15
30
45
60
75
90
x軸
角度[°]
y軸

[図9]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/002199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
*G01C19/56*(2012.01)i, *B81B3/00*(2006.01)i, *H01L41/113*(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, B81B3/00, H01L41/113

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 | 1996-2014 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2014 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2014 |

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<br>Y | WO 2013/032003 A1 (Hokuriku Electric Industry Co., Ltd.),<br>07 March 2013 (07.03.2013),<br>paragraphs [0002], [0023], [0024], [0029], [0032], [0033]; fig. 1, 2, 5<br>& WO 2013/032003 A | 1-17,21<br>18-20 |
| X | JP 10-132572 A (Japan Aviation Electronics Industry Ltd.),<br>22 May 1998 (22.05.1998),<br>paragraph [0021]; fig. 2<br>(Family: none) | 1-3,7-11,13,16 |

☒ 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 | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 30 April, 2014 (30.04.14) | 20 May, 2014 (20.05.14) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office<br><br>Facsimile No. | Authorized officer<br><br>Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/JP2014/002199

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 2002-350138 A (Wacoh, Co., Ltd.), 04 December 2002 (04.12.2002), paragraphs [0094], [0110], [0111], [0143], [0144], [0152] to [0160]; fig. 26, 39, 66 to 70 (Family: none) | 18-20 |
| A | JP 2005-31097 A (Kazuhiro OKADA), 03 February 2005 (03.02.2005), entire text; all drawings (Family: none) | 4,15,17,21 |

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／００２１９９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01C19/56(2012.01)i, B81B3/00(2006.01)i, H01L41/113(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, B81B3/00, H01L41/113

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 | １９７１－２０１４年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０１４年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０１４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<br>Y | WO 2013/032003 A1（北陸電気工業株式会社）2013.03.07, 段落【0002】, 【0023】, 【0024】, 【0029】, 【0032】, 【0033】, 第１図, 第２図, 第５図 & WO 2013/032003 A | １－１７，２１<br>１８－２０ |
| X | JP 10-132572 A（日本航空電子工業株式会社）1998.05.22, 段落【0021】, 第２図（ファミリーなし） | １－３，７－１１，１３，１６ |

☑　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 | 国際調査報告の発送日 |
|---|---|
| ３０．０４．２０１４ | ２０．０５．２０１４ |


国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　３３０３
梶田　真也
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 | 関連する請求項の番号 |
|---|---|---|
| Ｙ | JP 2002-350138 A（株式会社ワコー）2002.12.04，段落【0094】，【0110】，【0111】，【0143】，【0144】，【0152】-【0160】，第26図，第39図，第66-70図（ファミリーなし） | １８－２０ |
| Ａ | JP 2005-31097 A（岡田　和廣）2005.02.03，全文，全図（ファミリーなし） | ４，１５，１７，２１ |