

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6031682号
(P6031682)

(45) 発行日 平成28年11月24日 (2016.11.24)

(24) 登録日 平成28年11月4日 (2016.11.4)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 C 19/5628 (2012.01)	GO 1 C 19/5628
HO 1 L 41/113 (2006.01)	HO 1 L 41/113

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-545780 (P2013-545780)	(73) 特許権者	314012076
(86) (22) 出願日	平成24年11月16日 (2012.11.16)		パナソニックIPマネジメント株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2012/007366		大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号
(87) 国際公開番号	W02013/076942	(74) 代理人	100106116
(87) 国際公開日	平成25年5月30日 (2013.5.30)		弁理士 鎌田 健司
審査請求日	平成27年7月1日 (2015.7.1)	(74) 代理人	100170494
(31) 優先権主張番号	特願2011-254557 (P2011-254557)		弁理士 前田 浩夫
(32) 優先日	平成23年11月22日 (2011.11.22)	(72) 発明者	山本 賢作
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2011-261399 (P2011-261399)		
(32) 優先日	平成23年11月30日 (2011.11.30)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	審査官	梶田 真也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサとそれに用いられる検出素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1縦梁と第2縦梁とを有する枠部と、

前記枠部に接続され、錘部を支持する可撓部と、

前記第1縦梁上に設けられ、角速度に応じた信号を出力する第1検出部と、を備え、

前記第1縦梁は、第1スリットと、第2スリットと、前記第1スリットと前記第2スリットとの間の第1連結部と、を有し、

前記第2縦梁は、第3スリットと、第4スリットと、前記第3スリットと前記第4スリットとの間の第2連結部と、を有し、

前記第1縦梁に接続された第1端と前記第2縦梁に接続された第2端とを有する横梁を有し、

前記第1縦梁上において、前記第1スリットより前記横梁に近い側に前記第1検出部を設け、前記第1スリットより前記横梁から遠い側に配線を設けた検出素子。

【請求項 2】

前記可撓部は、前記横梁に接続される第1～第4アームを有する請求項1に記載の検出素子。

【請求項 3】

前記横梁の幅は、前記第1連結部の幅及び前記第2連結部の幅よりも大きい、請求項2記載の検出素子。

【請求項 4】

10

20

前記第 1 アームと前記第 2 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 3 アームと前記第 4 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 1 アームと前記第 3 アームは、前記横梁の中心軸に直交する直交軸に関して線対称であり、
前記第 1、第 2 アームの前記第 1 端は前記第 1 縦梁よりも前記横梁の中心部寄りに接続され、
前記第 3、第 4 アームの前記第 1 端は前記第 2 縦梁よりも前記横梁の中心部寄りに接続された、請求項 2 記載の検出素子。

10

【請求項 5】

前記第 1 アームと前記第 2 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 3 アームと前記第 4 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 1 アームと前記第 3 アームは、前記横梁の中心軸に直交する直交軸に関して線対称であり、前記第 1、第 2 アームの前記第 1 端は前記横梁の中心部よりも前記第 1 縦梁寄りに接続され、前記第 3、第 4 アームの前記第 1 端は前記横梁の中心部よりも前記第 2 縦梁寄りに接続された、請求項 2 記載の検出素子。

20

【請求項 6】

請求項 1 記載の検出素子と、
前記検出素子の前記第 1 検出部からの信号を処理する検出回路と、を備えた、
角速度センサ。

【請求項 7】

前記枠部上に設けた電極パッドと、前記可撓部上に設けた第 2 検出部と、
を更に有し、
前記配線は、前記電極パッドと前記第 2 検出部とを接続する、
請求項 1 記載の検出素子。

【請求項 8】

第 1 縦梁と第 2 縦梁とを有する枠部と、
前記枠部に接続され、錘部を支持する可撓部と、
前記第 1 縦梁上に設けられ、角速度に応じた信号を出力する第 1 検出部と、を備え、
前記第 1 縦梁は、第 1 スリットと、第 2 スリットと、前記第 1 スリットと前記第 2 スリットとの間の第 1 連結部と、を有し、
前記第 2 縦梁は、第 3 スリットと、第 4 スリットと、前記第 3 スリットと前記第 4 スリットとの間の第 2 連結部と、を有し、
前記第 1 縦梁の接続された第 1 端と前記第 2 縦梁に接続された第 2 端とを有する横梁を有し、
前記横梁の幅は、前記第 1 連結部の幅及び前記第 2 連結部の幅よりも大きい、
検出素子。

30

40

【請求項 9】

前記第 1 縦梁上において、前記第 1 スリットより前記横梁に近い側に前記第 1 検出部を設け、前記第 1 スリットより前記横梁から遠い側に配線を設けた請求項 8 に記載の検出素子。

【請求項 10】

前記可撓部は、前記横梁に接続される第 1 ~ 第 4 アームを有する請求項 8 に記載の検出素子。

【請求項 11】

前記第 1 アームと前記第 2 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、

50

前記第 3 アームと前記第 4 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 1 アームと前記第 3 アームは、前記横梁の中心軸に直交する直交軸に関して線対称であり、
前記第 1、第 2 アームの前記第 1 端は前記第 1 縦梁よりも前記横梁の中心部寄りに接続され、
前記第 3、第 4 アームの前記第 1 端は前記第 2 縦梁よりも前記横梁の中心部寄りに接続された、請求項 9 記載の検出素子。

【請求項 12】

前記第 1 アームと前記第 2 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 3 アームと前記第 4 アームは、前記第 1 縦梁と前記第 2 縦梁との間で前記横梁の伸びる方向における前記横梁の中心軸に関して線対称であり、
前記第 1 アームと前記第 3 アームは、前記横梁の中心軸に直交する直交軸に関して線対称であり、前記第 1、第 2 アームの前記第 1 端は前記横梁の中心部よりも前記第 1 縦梁寄りに接続され、前記第 3、第 4 アームの前記第 1 端は前記横梁の中心部よりも前記第 2 縦梁寄りに接続された、請求項 8 記載の検出素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、携帯端末や車両等に用いられる角速度センサとそれに用いられる検出素子に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の角速度センサについて、図面を参照しながら説明する。図 14 は従来の角速度センサに用いられる検出素子の斜視図である。検出素子 1 は、一对の固定部 16 と、横梁 3 と、4 つのアーム 4、5、6、7 と、錘 8、17、10、11 とを有する。横梁 3 は固定部 16 の間に接続されている。アーム 4、5、6、7 のそれぞれ的一端は横梁 3 に接続され、他端に錘 8、17、10、11 が形成されている。また、アーム 4 に駆動部 12 が形成され、アーム 5 にモニタ部 13 が形成され、アーム 6、7 に検出部 14、15 が形成されている。

【0003】

この構成において、駆動部 12 に交流電圧を印加するとアーム 4 が X 軸方向に振動する。この振動に共振してアーム 5、6、7 も X 軸方向に振動する。モニタ部 13 はアーム 5 の X 軸方向の変位を検出する。検出部 14、15 はそれぞれ、検出素子 1 に角速度が印加された際のコリオリ力に起因してアーム 6、7 に発生する Y 軸方向の変位を出力する。検出素子 1 は、検出部 14、15 の出力に基づいて Z 軸回りの角速度を検出する（例えば、特許文献 1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 46056 号公報

【発明の概要】

【0005】

本発明は、外部から伝達する応力の伝達を抑制し、検出素子の検出感度の変動を抑制することを目的とする。

【0006】

本発明の検出素子は、第 1、第 2 固定部と、第 1、第 2 縦梁と、横梁と、4 つのアームとを有する。第 1、第 2 縦梁の第 1 端は第 1 固定部に接続され、第 2 端は第 2 固定部に接続されている。横梁の第 1 端は第 1 縦梁の中央部に接続され、第 2 端は第 2 縦梁の中央部

10

20

30

40

50

に接続されている。アームの第 1 端はそれぞれ、横梁に接続され、第 2 端には錘が形成されている。各アームには駆動部が設けられている。第 1、第 2 縦梁上には、角速度に応じた信号を出力する第 1 ~ 第 4 検出部が設けられている。第 1 縦梁は、中央部よりも第 1 固定部寄りに形成された第 1 スリットと、中央部よりも第 2 固定部寄りに形成された第 2 スリットと、第 1、第 2 スリットの間の連結部とを有し、第 2 縦梁は、中央部よりも第 1 固定部寄りに形成された第 3 スリットと、中央部よりも第 2 固定部寄りに形成された第 4 スリットと、第 3、第 4 スリットの間の連結部とを有する。

【 0 0 0 7 】

この構成により、外部から伝達される応力が固定部を介して横梁やアーム、錘に伝達することを抑制することができる。そのため、検出素子の検出感度の変動を抑制することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】図 1 は本発明の実施の形態 1 における角速度センサ用検出素子の上面斜視図である。

【図 2】図 2 は図 1 に示す線 2 - 2 における断面図である。

【図 3】図 3 は図 1 に示す角速度センサ用検出素子の上面図である。

【図 4】図 4 は本発明の実施の形態における角速度センサのブロック図である。

【図 5】図 5 は本発明の実施の形態 2 における角速度センサ用検出素子の上面図である。

【図 6】図 6 は本発明の実施の形態 3 における角速度センサ用検出素子の上面図である。

20

【図 7】図 7 は実施の形態 4 における検出素子の斜視図である。

【図 8】図 8 は図 7 に示す検出素子の電極配置を示す上面図である。

【図 9】図 9 は図 8 における線 9 - 9 の断面図である。

【図 10】図 10 は図 7 に示す検出素子における駆動振動周波数と検出振動周波数の関係を示す図である。

【図 11】図 11 は実施の形態 5 における検出素子の上面図である。

【図 12 A】図 12 A は図 11 に示す検出素子の部分側面図である。

【図 12 B】図 12 B は図 11 に示す検出素子の部分斜視図である。

【図 13】図 13 は実施の形態 4、5 における検出素子の撓み量を示す図である。

【図 14】図 14 は従来の角速度センサ用検出素子の斜視図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

本発明の実施の形態に先立ち、従来の角速度センサの問題点を説明する。近年、複数の軸回りの角速度を検出する多軸対応の角速度センサが求められている。検出素子 1 ではアーム 6、7 に検出部 14、15 が形成されている。さらに横梁 3 に検出部を設けると、Y 軸回りの角速度を検出することが出来る。しかしながら、横梁 3 の上面には駆動部 12 等と固定部 16 上の電極パッドとを接続する配線が形成されている。そのため、横梁 3 に検出部を設けても電極面積を大きくすることが出来ず、Y 軸回りの角速度の検出感度を大きくすることができない。また、検出素子 1 においては、固定部 16 をユーザー基板に実装した際の応力や、ユーザー基板から伝達される応力が固定部 16 を介して横梁 3 やアーム 4、5、6、7 に伝達する。この外部から伝達される応力により、横梁 3 とアーム 4、5、6、7 と錘 8、9、10、11 とから構成される振動子の共振周波数が変動する。そのため、検出素子 1 の検出感度が変動する。

40

【 0 0 1 0 】

(実施の形態 1)

以下、実施の形態 1 による検出素子 20 およびそれを用いた角速度センサについて、図面を参照しながら説明する。図 1 は、本実施の形態における検出素子 20 の上面斜視図である。図 2 は図 1 に示す線 2 - 2 における断面図である。図 3 は検出素子 20 の上面図である。

【 0 0 1 1 】

50

検出素子 20 は、固定部 21、22 と、縦梁 23、24 と、横梁 25 と、4 つのアーム 26、27、28、29 と、錘 30、31、32、33 とを有する。縦梁 23、24 の第 1 端は固定部 21 に接続され、第 2 端は固定部 22 に接続されている。横梁 25 の第 1 端は縦梁 23 の中央部に接続され、第 2 端は縦梁 24 の中央部に接続されている。アーム 26、27、28、29 のそれぞれの第 1 端は横梁 25 に接続され、第 2 端にはそれぞれ錘 30、31、32、33 が形成されている。

【0012】

アーム 26 の第 1 端は、横梁 25 の中央部 25P よりも X 軸の正側に接続され、Y 軸の正方向に延出している。アーム 27 の第 1 端は、横梁 25 の中央部 25P よりも X 軸の正側に接続され、Y 軸の負方向に延出している。すなわち、アーム 26 とアーム 27 とは、横梁 25 から互いに反対方向に延出している。

10

【0013】

アーム 28 の第 1 端は、横梁 25 の中央部 25P よりも X 軸の負側に接続され、Y 軸の正方向に延出している。アーム 29 の第 1 端は、横梁 25 の中央部 25P よりも X 軸の負側に接続され、Y 軸の負方向に延出している。すなわち、アーム 28 とアーム 29 とは、横梁 25 から互いに反対方向に延出している。

【0014】

アーム 26 ~ 29 にはそれぞれ、モニタ部 40、駆動部 41、42、Z 軸回りの角速度を検出する検出部 43、44 が形成されている。固定部 21、22 には複数の電極パッド 48 が設けられ、縦梁 23、24 を通るように形成された配線 47 によりモニタ部 40、駆動部 41、42、検出部 43、44 とそれぞれ電氣的に接続されている。なお、電極パッド 48 とモニタ部 40 との間の配線の一部は図示を省略している。同様に、電極パッド 48 と検出部 43、44 との間の配線の一部も図示を省略している。

20

【0015】

横梁 25 の上面 (Z 軸に垂直な面) には、Y 軸回りの角速度を検出する検出部 45、46 が形成されている。検出部 45 は、アーム 26、27 が接続される部分と中央部 25P との間に設けられている。検出部 46 は、アーム 28、29 が接続される部分と中央部 25P との間に設けられている。

【0016】

以上のように、アーム 26、27 の第 1 端は、横梁 25 が縦梁 23 に接続される外端部付近に接続されている。以下、この部分を第 1 アーム接続部 25A と称する。またアーム 28、29 の第 1 端は、横梁 25 が縦梁 24 に接続される外端部付近に接続されている。以下、この部分を第 2 アーム接続部 25B と称する。このような構造のため、第 1 アーム接続部 25A と第 2 アーム接続部 25B との間には配線 47 が形成されていない。したがって、配線 47 の影響を受けずに検出部 45、46 を形成することができる。

30

【0017】

以下、検出素子 20 の詳細な構造及び検出素子 20 を用いた角速度検出方法について説明する。図 1 に示すように、アーム 26 は屈曲部 26A、26B を有し、横梁 25 と屈曲部 26A とを結ぶ直線部と、屈曲部 26A と屈曲部 26B とを結ぶ直線部と、屈曲部 26B と錘 30 とを結ぶ直線部とを有している。錘 30 は、横梁 25 と対向するように設けられている。モニタ部 40 は、横梁 25 と屈曲部 26A とを結ぶ直線部に形成されている。駆動部 41、42 は横梁 25 と屈曲部 26A とを結ぶ直線部の中間部分の、モニタ部 40 よりも屈曲部 26A 寄りの位置から、屈曲部 26A を経由して、屈曲部 26A と屈曲部 26B とを結ぶ直線部の中間部分まで形成されている。

40

【0018】

検出部 43、44 は、屈曲部 26A と屈曲部 26B とを結ぶ直線部の中間部分の、駆動部 41、42 よりも屈曲部 26B 寄りの位置から、屈曲部 26B を経由して、屈曲部 26B と錘 30 とを結ぶ直線部まで形成されている。他のアーム 27、28、29 にも同様に、モニタ部、駆動部、検出部が形成されている。

【0019】

50

検出部 4 5 は、横梁 2 5 上であって、第 1 アーム接続部 2 5 A と中央部 2 5 P との間に設けられている。検出部 4 6 は、横梁 2 5 の上であって、第 2 アーム接続部 2 5 B と中央部 2 5 P との間に設けられている。

【 0 0 2 0 】

図 2 に示すように、シリコン基板 5 0 の上に下部電極 5 1 が形成され、その上に圧電薄膜 5 2 が形成され、更にその上に上部電極 5 3、5 4 が形成されている。下部電極 5 1、圧電薄膜 5 2 および上部電極 5 3 は駆動部 4 1 を構成し、下部電極 5 1、圧電薄膜 5 2 および上部電極 5 4 は駆動部 4 2 を構成している。同様に、モニタ部 4 0、検出部 4 3、4 4、4 5、4 6 も下部電極と圧電薄膜と上部電極の組み合わせにより構成されている。

【 0 0 2 1 】

図 4 は本発明の実施の形態における角速度センサのブロック図である。検出回路 9 1 と、角速度を検出する検出素子 2 0 とは、角速度センサを構成している。なお角速度センサは駆動回路 9 0 を含んでもよい。検出回路 9 1 は検出素子 2 0 から出力された信号を受けて処理する。検出回路 9 1 で処理された信号は、外部回路 9 2 へ出力される。駆動回路 9 0 は検出素子 2 0 に交流電圧を供給する。検出素子 2 0 は、駆動回路 9 0 から駆動部 4 1、4 2 に逆位相の駆動電圧が印加されることで、X Y 平面内で駆動方向 D に沿って駆動振動する。

【 0 0 2 2 】

Z 軸周りの角速度が印加されると、コリオリ力により錘 3 0 ~ 3 3 およびアーム 2 6 ~ 2 9 が検出方向 S に沿って撓む。アーム 2 6 ~ 2 9 の検出方向 S に沿った撓みにより検出部 4 3、4 4 に逆位相の電荷が発生する。検出回路 9 1 は、検出部 4 3、4 4 に発生する電荷の差分を検出することにより、Z 軸周りの角速度を検出することができる。

【 0 0 2 3 】

Y 軸周りの角速度が印加されると、コリオリ力により横梁 2 5 が Z 軸方向に撓む。検出部 4 5 と 4 6 には逆位相の電荷が発生する。検出回路 9 1 は、検出部 4 5、4 6 に発生する電荷の差分を検出することにより、Y 軸周りの角速度を検出することができる。以上のような動作原理は例えば、国際公開 2 0 1 0 / 0 7 3 5 7 6 号に開示されている。

【 0 0 2 4 】

検出部 4 5、4 6 の面積が大きいほど、横梁 2 5 の Z 方向の歪に応じて発生する電荷量が大きくなる。そのため、Y 軸周りの角速度の検出感度を向上させることが出来る。検出素子 2 0 では、横梁 2 5 の外端部にアーム 2 6 ~ 2 9 が接続され、第 1 アーム接続部 2 5 A と中央部 2 5 P との間、第 2 アーム接続部 2 5 B と中央部 2 5 P との間には配線が形成されない。したがって、検出部 4 5、4 6 の面積を大きくすることができ、Y 軸周りの角速度の検出感度を向上させることが出来る。

【 0 0 2 5 】

なお、検出素子 2 0 は、固定部 2 1 の下面に塗布された接着剤によりパッケージ（図示せず）又は半導体チップ（図示せず）に接着される。電極パッド 4 8 はボンディングワイヤ等で半導体チップと電氣的に接続され、パッケージの下部に設けられた電極から角速度検出信号が出力される。

【 0 0 2 6 】

次に、図 3 を参照しながら検出部 4 5、4 6 の好ましい配置について説明する。なお、図 3 において配線は省略している。

【 0 0 2 7 】

横梁 2 5 における第 1 アーム接続部 2 5 A と中央部 2 5 P との中心部を 2 5 C とすると、検出部 4 5 の中心部は中心部 2 5 C よりも第 1 アーム接続部 2 5 A 寄りに形成するのが好ましい。同様に、第 2 アーム接続部 2 5 B と中央部 2 5 P との中心部を 2 5 D とすると、検出部 4 6 の中心部は中心部 2 5 D よりも第 2 アーム接続部 2 5 B 寄りに形成するのが好ましい。以下にその理由を説明する。

【 0 0 2 8 】

Y 軸回りに角速度が加わった場合、アーム 2 6、2 7 及び錘 3 0、3 1 には、駆動振動

10

20

30

40

50

に同期した Z 軸方向のコリオリ力が発生する。アーム 28、29 及び錘 32、33 には、これと逆位相の Z 軸方向のコリオリ力が発生する。したがって、第 1 アーム接続部 25A 及び第 2 アーム接続部 25B には Z 軸方向に逆位相の力が発生する。横梁 25 の両端は縦梁 23、24 で支持されているため、中央部 25P が節となり、第 1 アーム接続部 25A 及び第 2 アーム接続部 25B の近傍が腹となって Z 軸方向に振動する。このため、振動の腹に近い位置に検出部 45、46 を形成することにより、Y 軸回りの角速度に起因する横梁 25 の歪を効率良く検出することができる。

【0029】

なお、検出素子 20 では、シリコン基板の上に下部電極、圧電薄膜および上部電極を形成しているが、基板材料としては、シリコンに代えて、ダイヤモンド、溶融石英、アルミナ又は GaAs 等の非圧電材料を用いて形成しても良い。また、水晶、LiTaO₃ 又は LiNbO₃ 等の圧電材料を用いて形成しても良い。

【0030】

(実施の形態 2)

図 5 は、実施の形態 2 における検出素子 60 の上面図である。以下、実施の形態 1 と同様の構成をなすものには同じ符号を付し、詳細な説明を省略することがある。

【0031】

検出素子 60 は、X 軸、Y 軸、Z 軸の 3 軸回りの角速度を検出することができる。すなわち、検出素子 60 では実施の形態 1 の検出素子 20 と同様に、アーム 26 ~ 29 にそれぞれ、モニタ部 40、駆動部 41、42、Z 軸回りの角速度を検出する検出部 43、44 が形成されている。また横梁 25 の上面 (Z 軸に垂直な面) には、Y 軸回りの角速度を検出する検出部 45、46 が形成されている。さらに、縦梁 23、24 には、X 軸回りの角速度を検出する検出部 67 ~ 70 が形成されている。

【0032】

縦梁 23 には、縦梁 23 の中央より固定部 21 側に形成されたスリット 61 と、縦梁 23 の中央より固定部 22 側に形成されたスリット 62 と、スリット 61 とスリット 62 の間の連結部 63 とが設けられている。また、縦梁 24 には、縦梁 24 の中央より固定部 21 側に形成されたスリット 64 と、縦梁 24 の中央より固定部 22 側に形成されたスリット 65 と、スリット 64 とスリット 65 の間の連結部 66 とが設けられている。

【0033】

上述のように、縦梁 23、24 には、X 軸回りの角速度を検出する検出部 67 ~ 70 が形成されている。すなわち、固定部 21、22 および縦梁 23、24 で囲まれる領域を中空領域 R とすると、縦梁 23 において、スリット 61 と中空領域 R との間に検出部 67 が形成され、スリット 62 と中空領域 R との間に検出部 68 が形成されている。また、縦梁 24 において、スリット 64 と中空領域 R との間に検出部 69 が形成され、スリット 65 と中空領域 R との間に検出部 70 が形成されている。

【0034】

この構成において、X 軸回りの角速度が印加されると、コリオリ力により縦梁 23、24 が Z 軸方向に撓む。検出部 67、69 には同位相の電荷が発生し、検出部 68 と 70 にはこれと逆位相の電荷が発生する。図 4 に示す検出回路 91 は、検出部 67、69 に発生する電荷の加算値と、検出部 68、70 に発生する電荷の加算値との差分を検出することにより、X 軸回りの角速度を検出することができる。

【0035】

配線 47 は、連結部 63 又は連結部 66 を経由して形成されている。すなわち、アーム 26 に形成された電極と固定部 21 に形成された電極パッド 48 とを電氣的に接続する配線 47 は、連結部 63 を経由し、縦梁 23 のスリット 61 よりも外側を通っている。アーム 27 に形成された電極と固定部 22 に形成された電極パッド 48 とを電氣的に接続する配線 47 は、連結部 63 を経由し、縦梁 23 のスリット 62 よりも外側を通っている。アーム 28 に形成された電極と固定部 21 に形成された電極パッド 48 とを電氣的に接続する配線 47 は、連結部 66 を経由し、縦梁 24 のスリット 64 よりも外側を通っている。

アーム 2 9 に形成された電極と固定部 2 2 に形成された電極パッド 4 8 とを電氣的に接続する配線 4 7 は、連結部 6 6 を経由し、縦梁 2 4 のスリット 6 5 よりも外側を通っている。

【 0 0 3 6 】

以上のように、3 軸それぞれの周りの角速度を検出できる検出素子 6 0 において、スリット 6 1、6 2、6 4、6 5 が形成され、検出部 6 7 ~ 7 0 と配線 4 7 とが分離されている。この構造により、配線 4 7 から検出部 6 7 ~ 7 0 が受けるノイズの影響を軽減することが出来る。

【 0 0 3 7 】

(実施の形態 3)

図 6 は、実施の形態 3 における検出素子 8 0 の上面図である。以下、実施の形態 1 と同様の構成をなすものには同じ符号を付し、詳細な説明を省略することがある。

【 0 0 3 8 】

検出素子 8 0 では、固定部 2 1、2 2 が Y 軸に平行に設けられている。この点の実施の形態 1 の検出素子 2 0 と異なっている。横梁 2 5 の第 1 端は固定部 2 1 に接続され、第 2 端は固定部 2 2 に接続されている。固定部 2 1、2 2 の両端は、梁 8 1、8 2 により接続されている。梁 8 1、8 2 は、衝撃等によるアーム 2 6 ~ 2 9 の過振幅を抑制するためのストッパーとして用いることができる。

【 0 0 3 9 】

アーム 2 6、2 7 の第 1 端は、検出部 4 5 と固定部 2 1 との間に接続され、アーム 2 8、2 9 の第 1 端は、検出部 4 6 と固定部 2 2 との間に接続されている。したがって、検出部 4 5、4 6 は、配線 4 7 による制約を受けることなく、横梁 2 5 の上部に大きな面積で形成することができるため、Y 軸回りの角速度の検出感度を向上させることができる。

【 0 0 4 0 】

(実施の形態 4)

以下、実施の形態 4 の検出素子 1 2 0 について、図面を参照しながら説明する。図 7 は検出素子 1 2 0 の斜視図である。図 8 は、検出素子 1 2 0 の電極配置を示した上面図であり、図 9 は、図 8 における線 9 - 9 の断面図を示した図である。

【 0 0 4 1 】

検出素子 1 2 0 は、固定部 1 2 1、1 2 2 と、縦梁 1 2 3、1 2 4 と、横梁 1 2 5 と、アーム 1 2 6、1 2 7、1 2 8、1 2 9 とを有する。縦梁 1 2 3、1 2 4 はそれぞれ、固定部 1 2 1 に接続された第 1 端と、固定部 1 2 2 に接続された第 2 端とを有する。横梁 1 2 5 の第 1 端は縦梁 1 2 3 の中央部に接続され、第 2 端は縦梁 1 2 4 の中央部に接続されている。アーム 1 2 6、1 2 7、1 2 8、1 2 9 の第 1 端は横梁 1 2 5 に接続され、第 2 端に錘 1 3 0、1 3 1、1 3 2、1 3 3 が形成されている。

【 0 0 4 2 】

縦梁 1 2 3 は、横梁 1 2 5 に接続された中央部よりも固定部 1 2 1 寄りに形成されたスリット 1 3 4 と、中央部よりも固定部 1 2 2 寄りに形成されたスリット 1 3 5 と、スリット 1 3 4 とスリット 1 3 5 との間の連結部 1 3 6 とを有している。すなわち、連結部 1 3 6 は中央部またはその近傍に配置されている。

【 0 0 4 3 】

縦梁 1 2 4 は、横梁 1 2 5 に接続された中央部よりも固定部 1 2 1 寄りに形成されたスリット 1 3 7 と、中央部よりも固定部 1 2 2 寄りに形成されたスリット 1 3 8 と、スリット 1 3 7 とスリット 1 3 8 との間の連結部 1 3 9 とを有している。すなわち、連結部 1 3 9 は中央部またはその近傍に配置されている。

【 0 0 4 4 】

このように、縦梁 1 2 3、1 2 4 にスリット 1 3 4、1 3 5、1 3 7、1 3 8 が形成されている。そのため、外部から固定部 1 2 1、1 2 2 を介して伝達される応力が横梁 1 2 5 やアーム 1 2 6 ~ 1 2 9、錘 1 3 0 ~ 1 3 3 に伝達することを抑制することができる。すなわち、この効果は実施の形態 2 と同様である。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

図 5 に示す検出素子 6 0 では、アーム 2 6 とアーム 2 7 は、縦梁 2 3 と縦梁 2 4 との間で横梁 2 5 の伸びる方向における横梁 2 5 の中心軸 L 1 に関して線対称である。そしてアーム 2 8 とアーム 2 9 もまた、中心軸 L 1 に関して線対称である。そしてアーム 2 6 とアーム 2 8 は、中心軸 L 1 に直交する直交軸 V 1 に関して線対称である。アーム 2 6、2 7 の第 1 端は横梁 2 5 の中心部 2 5 P よりも縦梁 2 3 寄りに接続され、アーム 2 8、2 9 の第 1 端は中心部 2 5 P よりも縦梁 2 4 寄りに接続されている。

【 0 0 4 6 】

これに対し図 7、図 8 に示す検出素子 1 2 0 では、アーム 1 2 6、1 2 7 は、縦梁 1 2 3 と縦梁 1 2 4 との間で横梁 1 2 5 の伸びる方向における横梁 1 2 5 の中心軸 L 2 に関して線対称である。アーム 1 2 8、1 2 9 もまた、中心軸 L 2 に関して線対称である。アーム 1 2 6 とアーム 1 2 8 は、中心軸 L 2 に直交する直交軸 V 2 に関して線対称である。そしてアーム 1 2 6、1 2 7 の第 1 端は縦梁 1 2 3 よりも横梁 1 2 5 の中心部 1 2 5 P 寄りに接続され、アーム 1 2 8、1 2 9 の第 1 端は縦梁 1 2 4 よりも中心部 1 2 5 P 寄りに接続されている。このように、横梁に対するアームの向き、接続方向、接続位置に関わらず、縦梁に設けられたスリットは効果を奏する。

【 0 0 4 7 】

次に、検出素子 1 2 0 を用いた角速度の検出方法について説明する。図 8 に示すように、アーム 1 2 6 は 2 つの屈曲部 1 2 6 A、1 2 6 B を有し、横梁 1 2 5 と屈曲部 1 2 6 A とを結ぶ直線部、屈曲部 1 2 6 A と屈曲部 1 2 6 B とを結ぶ直線部、屈曲部 1 2 6 B と垂 1 3 0 とを結ぶ直線部を有している。垂 1 3 0 は、横梁 1 2 5 と対向するように設けられている。モニタ部 1 4 0 は、横梁 1 2 5 と屈曲部 1 2 6 A とを結ぶ直線部に形成されている。駆動部 1 4 1、1 4 2 は横梁 1 2 5 と屈曲部 1 2 6 A とを結ぶ直線部の中間部分の、モニタ部 1 4 0 よりも屈曲部 1 2 6 A 寄りの位置から、屈曲部 1 2 6 A を経由して、屈曲部 1 2 6 A と屈曲部 1 2 6 B とを結ぶ直線部の中間部分まで形成されている。

【 0 0 4 8 】

Z 軸周りの角速度を検出する検出部 1 4 3、1 4 4 は、屈曲部 1 2 6 A と屈曲部 1 2 6 B とを結ぶ直線部の中間部分の、駆動部 1 4 1、1 4 2 よりも屈曲部 1 2 6 B 寄りから、屈曲部 1 2 6 B を経由して、屈曲部 1 2 6 B と垂 1 3 0 とを結ぶ直線部の間まで形成されている。他のアーム 1 2 7、1 2 8、1 2 9 にも同様に、モニタ部、駆動部、検出部が形成されている。

【 0 0 4 9 】

Y 軸周りの角速度を検出する検出部 1 4 5、1 4 6、1 4 7、1 4 8 は、横梁 1 2 5 の上部において、X 軸および Y 軸（あるいは、L 2 軸、V 2 軸）に関して対称な位置に形成されている。すなわち、中心部 1 2 5 P を原点として、X 軸の正側かつ Y 軸の正側に検出部 1 4 5 が形成され、X 軸の正側かつ Y 軸の負側に検出部 1 4 6 が形成されている。そして X 軸の負側かつ Y 軸の正側に検出部 1 4 7 が形成され、X 軸の負側かつ Y 軸の負側に検出部 1 4 8 が形成されている。

【 0 0 5 0 】

X 軸周りの角速度を検出するための第 1 検出部 1 4 9、第 2 検出部 1 5 0、第 3 検出部 1 5 1、第 4 検出部 1 5 2 は、縦梁 1 2 3、1 2 4 の上面において、X 軸および Y 軸に関して対称な位置に形成されている。すなわち、固定部 1 2 1、1 2 2 および縦梁 1 2 3、1 2 4 で囲まれる領域を中空領域 R とすると、スリット 1 3 4 と中空領域 R との間に第 1 検出部 1 4 9 が形成され、スリット 1 3 5 と中空領域 R との間に第 2 検出部 1 5 0 が形成されている。そして、スリット 1 3 7 と中空領域 R との間に第 3 検出部 1 5 1 が形成され、スリット 1 3 8 と中空領域 R との間に第 4 検出部 1 5 2 が形成されている。

【 0 0 5 1 】

図 9 に示すように、シリコン基板 1 5 3 の上に下部電極 1 5 4 が形成され、その上に圧電薄膜 1 5 5 が形成され、更にその上に上部電極 1 5 6、1 5 7 が形成されている。下部電極 1 5 4、圧電薄膜 1 5 5 および上部電極 1 5 6 は駆動部 1 4 1 を構成し、下部電極 1

10

20

30

40

50

54、圧電薄膜155および上部電極157は駆動部142を構成している。同様に、モニタ部140、検出部143～148、第1検出部149、第2検出部150、第3検出部151、第4検出部152も下部電極と圧電薄膜と上部電極の組み合わせにより構成されている。すなわち、駆動部、検出部、モニタ部の構成は実施の形態1～3と同様である。

【0052】

検出素子120は、図4に示す駆動回路90から駆動部141、142に逆位相の駆動電圧が印加されることで、XY平面内で駆動方向Dに駆動振動する。

【0053】

Z軸周りの角速度が印加されると、コリオリ力により錘130～133およびアーム126～129が検出方向Sに沿って撓む。アーム126～129の検出方向Sへの撓みにより検出部143、144の圧電薄膜155に逆位相の電荷が発生する。図4に示す検出回路91は、検出部143と144に発生する電荷の差分を検出することにより、Z軸周りの角速度を検出することができる。

【0054】

Y軸周りの角速度が印加されると、コリオリ力により横梁125がZ軸方向に撓む。検出部145、146には同位相の電荷が発生し、検出部147、148にはこれと逆位相の電荷が発生する。図4に示す検出回路91は、検出部145、146に発生する電荷の加算値と、検出部147、148に発生する電荷の加算値との差分を検出することにより、Y軸周りの角速度を検出することができる。

【0055】

X軸周りの角速度が印加されると、コリオリ力により縦梁123、124がZ軸方向に撓む。第1検出部149と第3検出部151には同位相の電荷が発生し、第2検出部150と第4検出部152にはこれと逆位相の電荷が発生する。図4に示す検出回路91は、第1検出部149と第3検出部151に発生する電荷の加算値と、第2検出部150と第4検出部152に発生する電荷の加算値との差分を検出することにより、X軸周りの角速度を検出することができる。

【0056】

すなわち、検出素子120において各軸周りの角速度を検出する原理は、実施の形態2における検出素子60とほぼ同様である。このように、各検出部は検出素子120に印加された各軸周りの角速度に応じた信号を出力する。検出回路91は検出部からの信号を処理して各軸周りの角速度を検出する。

【0057】

図10は、駆動振動周波数 f_d と検出振動周波数 f_x 、 f_y 、 f_z との関係を示している。図4に示す駆動回路90から駆動部141、142に逆位相の駆動電圧が印加されると、錘130～133およびアーム126～129は、駆動振動周波数 f_d で駆動振動する。Z軸周りの角速度が印加されると、錘130～133およびアーム126～129は検出振動周波数 f_z で検出振動する。Y軸周りの角速度が印加されると、横梁125は検出振動周波数 f_y で検出振動する。X軸周りの角速度が印加されると、縦梁123、124は検出振動周波数 f_x で検出振動する。

【0058】

Z軸周りの角速度の検出感度は、駆動振動周波数 f_d と検出振動周波数 f_z との差 f_z に依存し、 f_z が小さくなるほどZ軸周りの角速度の検出感度が向上する。同様に、Y軸周りの角速度の検出感度は、駆動振動周波数 f_d と検出振動周波数 f_y との差 f_y に依存し、X軸周りの角速度の検出感度は、駆動振動周波数 f_d と検出振動周波数 f_x との差 f_x に依存する。したがって、駆動振動周波数 f_d や、検出振動周波数 f_x 、 f_y 、 f_z が変動すると、角速度の検出感度が変動する。

【0059】

検出素子120では、縦梁123、124にスリット134、135、137、138が設けられている。そのため、外部から固定部121、122を介して伝達される応力が

、固定部 1 2 1、1 2 2 を介して横梁 1 2 5 やアーム 1 2 6 ~ 1 2 9、錘 1 3 0 ~ 1 3 3 に伝達することを抑制することができる。この結果、検出素子 1 2 0 の検出感度の変動を抑制することができる。

【 0 0 6 0 】

なお、図 8 に示すように、連結部 1 3 6、1 3 9 と横梁 1 2 5 は同一直線上に配置することが望ましい。図 5 と同様に、固定部 1 2 1、1 2 2 の上には図示しない複数の電極パッドが設けられ、これらの電極パッドとモニタ部 1 4 0、駆動部 1 4 1、1 4 2、検出部 1 4 3 ~ 1 4 8 とを電氣的に接続する配線（図示せず）が検出素子 1 2 0 の上面に形成されている。連結部 1 3 6、1 3 9 と横梁 1 2 5 が同一直線上に配置されていることによって、連結部 1 3 6、1 3 9 を経由して縦梁 1 2 3、1 2 4 の外側部分にこれらの配線を形成することができる。そのため、第 1 検出部 1 4 9 ~ 第 4 検出部 1 5 2 と、縦梁 1 2 3、1 2 4 の外側部分に形成された配線とは、スリット 1 3 4 ~ 1 3 7 を介して離間する。その結果、第 1 検出部 1 4 9 ~ 第 4 検出部 1 5 2 に不要な信号成分が重畳することを防ぐことができる。

10

【 0 0 6 1 】

なお、検出素子 1 2 0 では、シリコン基板と、その上に形成された下部電極、圧電薄膜および上部電極で構成されている。しかしながら、他の実施の形態と同様に、基板材料としてシリコンに代えて、ダイヤモンド、溶融石英、アルミナ又は $G a A s$ 等の非圧電材料を用いても良い。また、水晶、 $L i T a O_3$ 又は $L i N b O_3$ 等の圧電材料を用いても良い。

20

【 0 0 6 2 】

（実施の形態 5）

図 1 1 は、本実施の形態における検出素子 1 6 0 の上面図である。以下、実施の形態 5 の特徴部分について、実施の形態 4 との相違点を中心に説明する。検出素子 1 6 0 では、横梁 1 2 5 の幅 W_1 が縦梁 1 2 3、1 2 4 における連結部 1 3 6、1 3 9 の幅 W_2 よりも大きく形成されている。この構成により、X 軸周りの角速度が印加された際における第 1 検出部 1 4 9 ~ 第 4 検出部 1 5 2 の撓みを大きくすることができる。これ以外は実施の形態 4 と同様であり、同様の構成をなすものには同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 0 6 3 】

図 1 2 A、図 1 2 B はそれぞれ、X 軸周りの角速度が印加された際の図 1 1 における部分 T の側面図および斜視図である。横梁 1 2 5 の幅 W_1 が縦梁 1 2 4 の連結部 1 3 9 の幅 W_2 よりも大きいと、X 軸周りの角速度が印加された際に生じる Z 軸方向のコリオリ力は内側部分 1 6 2 に集中する。そのため図 1 2 A に示すように、縦梁 1 2 4 の外側部分 1 6 1 よりも、第 3 検出部 1 5 1、第 4 検出部 1 5 2 が設けられた内側部分 1 6 2 の方が大きく撓んでいる。これは縦梁 1 2 3 においても同様であり、縦梁 1 2 3 の外側部分よりも、第 1 検出部 1 4 9、第 2 検出部 1 5 0 が設けられた内側部分の方が大きく撓む。

30

【 0 0 6 4 】

図 1 2 B は部分 T の斜視図であり、所定の応力を印加した場合に、撓みが大きい部分ほど点の密度を大きく示している。外側部分 1 6 1 よりも内側部分 1 6 2 において撓みが大きく、また内側部分 1 6 2 においては連結部 1 3 9 に近い程、撓みが大きくなっている。したがって、第 1 検出部 1 4 9 ~ 第 4 検出部 1 5 2 は縦梁 1 2 3、1 2 4 の内側部分 1 6 2 における連結部 1 3 6、1 3 9 の近傍に設けることにより、X 軸周りの角速度の検出感度を向上させることができる。

40

【 0 0 6 5 】

なお、縦梁 1 2 4 の内側部分 1 6 2 の幅を外側部分 1 6 1 の幅よりも大きくすることにより、第 3 検出部 1 5 1、第 4 検出部 1 5 2 の面積を大きくすることができる。同様に縦梁 1 2 3 の内側部分の幅を外側部分の幅よりも大きくすることにより、第 1 検出部 1 4 9、第 2 検出部 1 5 0 の面積を大きくすることができる。そのため、X 軸周りの角速度の検出感度をさらに向上させることができる。

【 0 0 6 6 】

50

図 13 は、X 軸周りの角速度が印加された際の実施の形態 4 における検出素子 120 の撓み量と本実施の形態における検出素子 160 の撓み量との比を示している。検出素子 120 では、図 7、図 8 に示すように、横梁 125 の幅と縦梁 123、124 の連結部 136、139 の幅とが同じである。検出素子 160 では、横梁 125 の幅 W1 は縦梁 123、124 の連結部 136、139 の幅 W2 の 3 倍である。

【0067】

図 13 に示すように、同じ大きさの X 軸周りの角速度を印加した場合、検出素子 160 は検出素子 120 と比べて 1.2 倍撓む。このように、横梁 125 の幅 W1 を縦梁 123、124 の連結部 136、139 の幅 W2 よりも大きくすることにより、第 1 検出部 149 ~ 第 4 検出部 152 を形成する内側部分の撓みを大きくすることができ、X 軸周りの角速度の検出感度を向上させることができる。

10

【0068】

なお実施の形態 5 の構成は実施の形態 2 に適用してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0069】

本発明の検出素子は、検出感度の変動を抑制することができるため、携帯端末や車両等に用いられる検出素子として有用である。

【符号の説明】

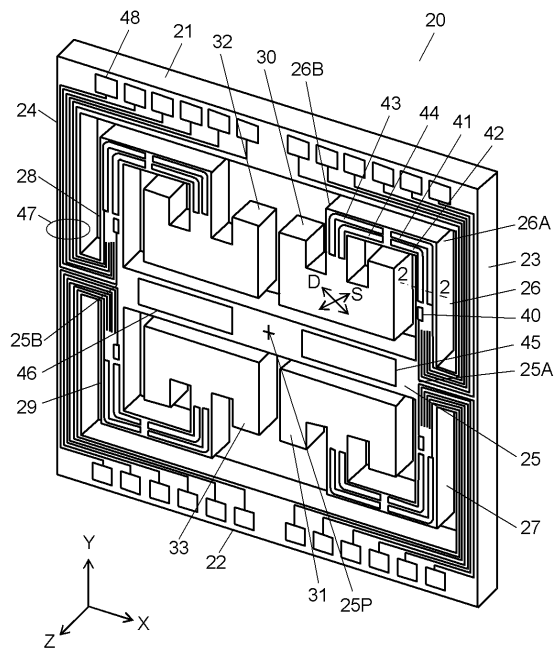
【0070】

20	検出素子	20
21, 22	固定部	
23, 24	縦梁	
25	横梁	
25A	第 1 アーム接続部	
25B	第 2 アーム接続部	
26, 27, 28, 29	アーム	
26A, 26B	屈曲部	
30, 31, 32, 33	錘	
40	モニタ部	
41, 42	駆動部	30
43, 44, 45, 46	検出部	
47	配線	
50	シリコン基板	
51	下部電極	
52	圧電薄膜	
53, 54	上部電極	
60	検出素子	
61, 62, 64, 65	スリット	
63, 66	連結部	
67, 68, 69, 70	検出部	40
80	検出素子	
81, 82	梁	
90	駆動回路	
91	検出回路	
92	外部回路	
120	検出素子	
121, 122	固定部	
123, 124	縦梁	
125	横梁	
126, 127, 128, 129	アーム	50

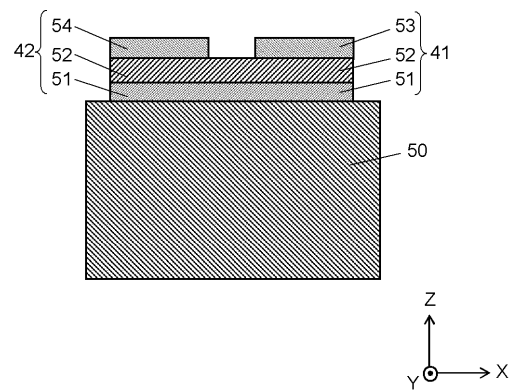
- 1 2 6 A , 1 2 6 B 屈曲部
 1 3 0 , 1 3 1 , 1 3 2 , 1 3 3 錘
 1 3 4 , 1 3 5 , 1 3 7 , 1 3 8 スリット
 1 3 6 , 1 3 9 連結部
 1 4 0 モニタ部
 1 4 1 , 1 4 2 駆動部
 1 4 3 , 1 4 4 検出部
 1 4 5 , 1 4 6 , 1 4 7 , 1 4 8 検出部
 1 4 9 第 1 検出部
 1 5 0 第 2 検出部
 1 5 1 第 3 検出部
 1 5 2 第 4 検出部
 1 5 3 シリコン基板
 1 5 4 下部電極
 1 5 5 圧電薄膜
 1 5 6 , 1 5 7 上部電極
 1 6 0 検出素子
 1 6 1 外側部分
 1 6 2 内側部分

10

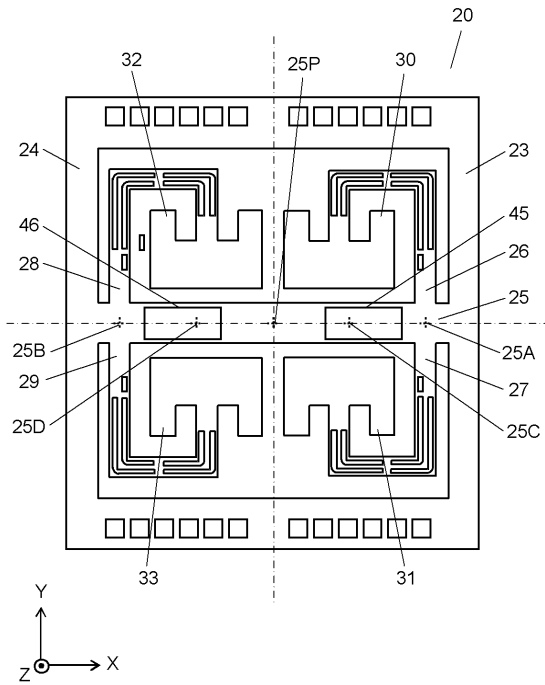
【図 1】



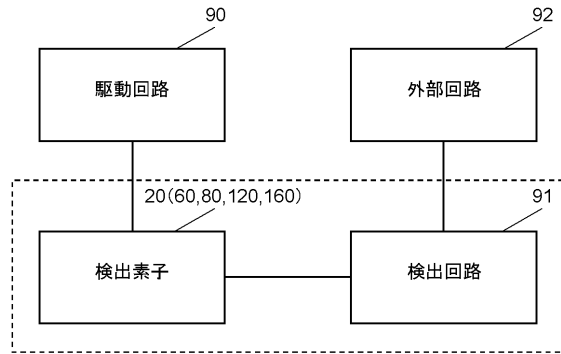
【図 2】



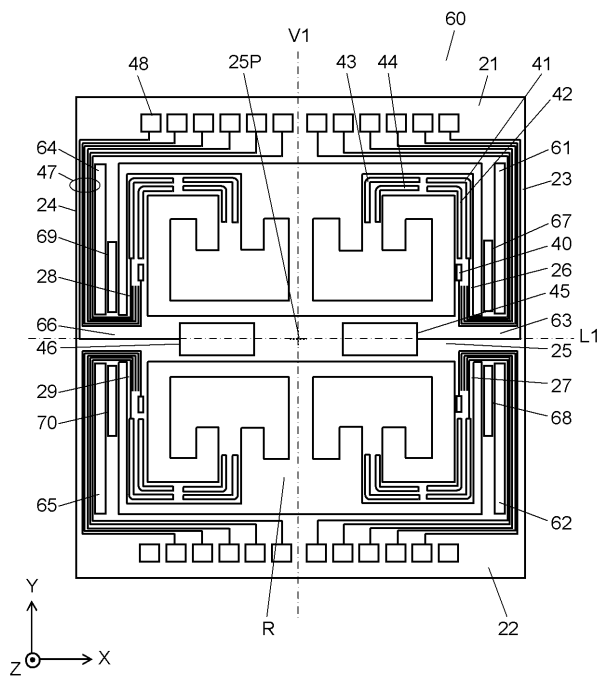
【図 3】



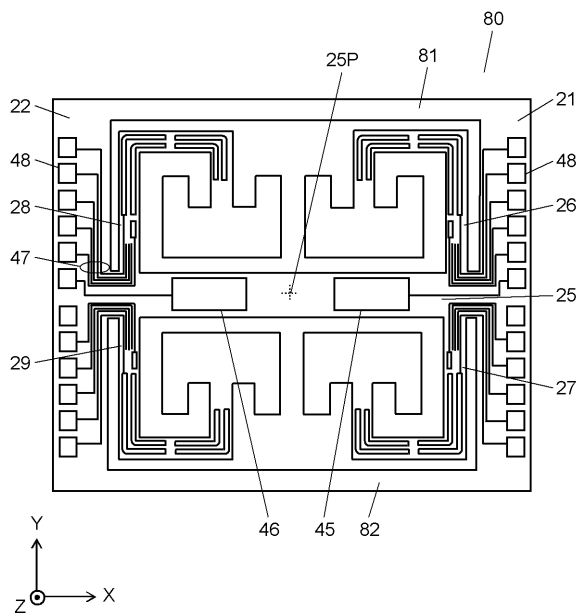
【図 4】



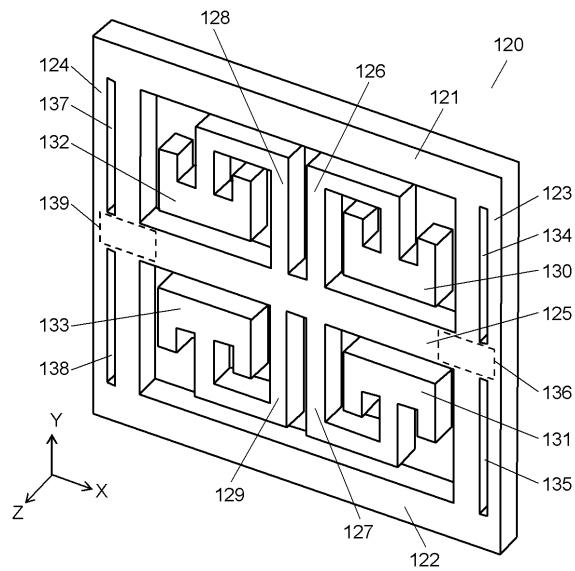
【図 5】



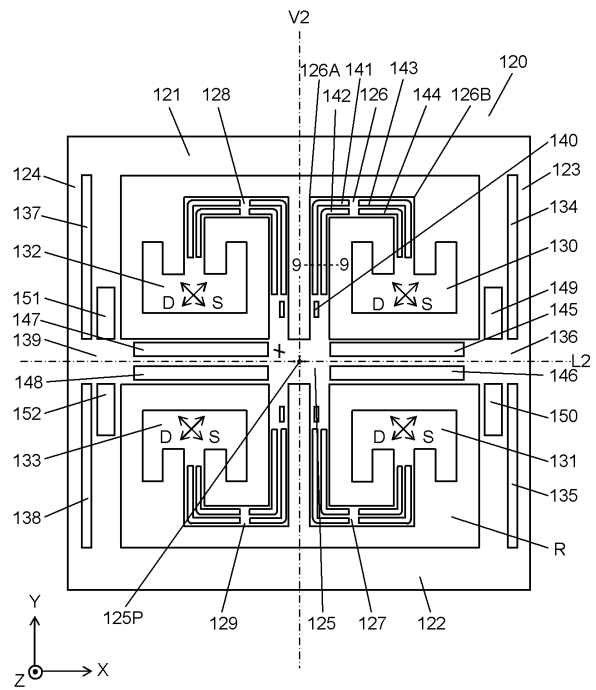
【図 6】



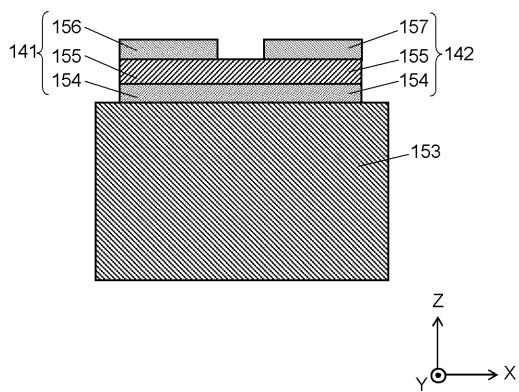
【図 7】



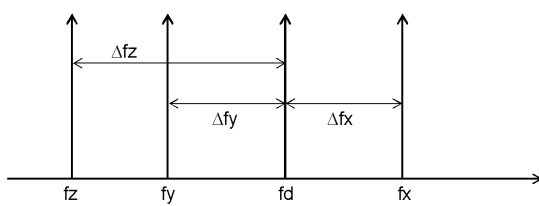
【図 8】



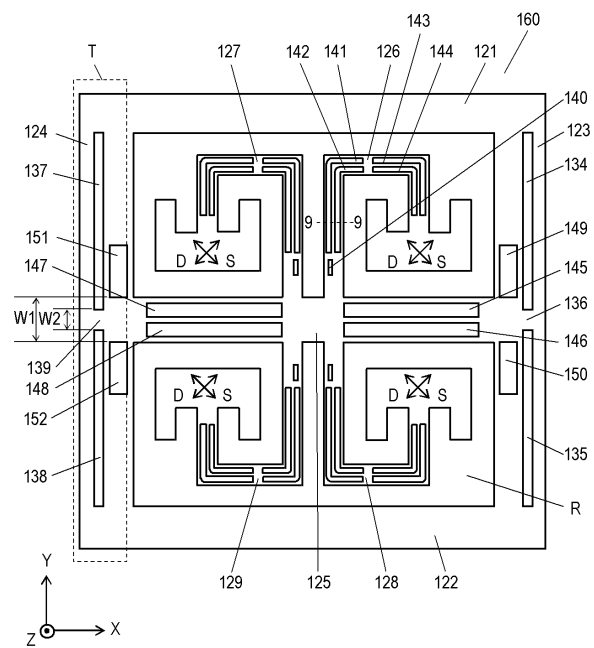
【図 9】



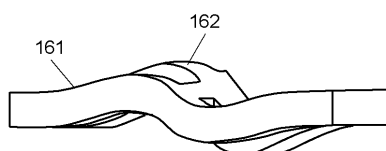
【図 10】



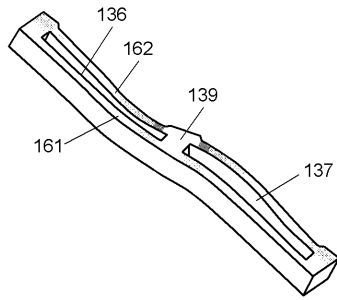
【図 11】



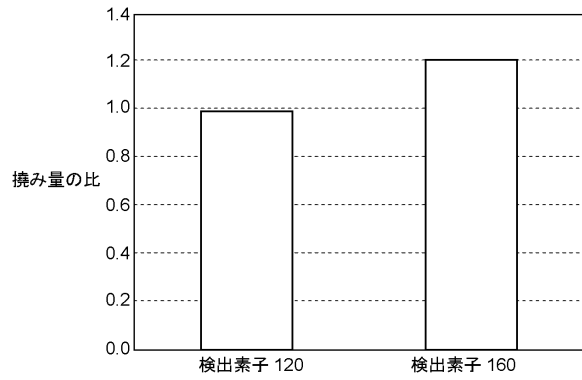
【図 12 A】



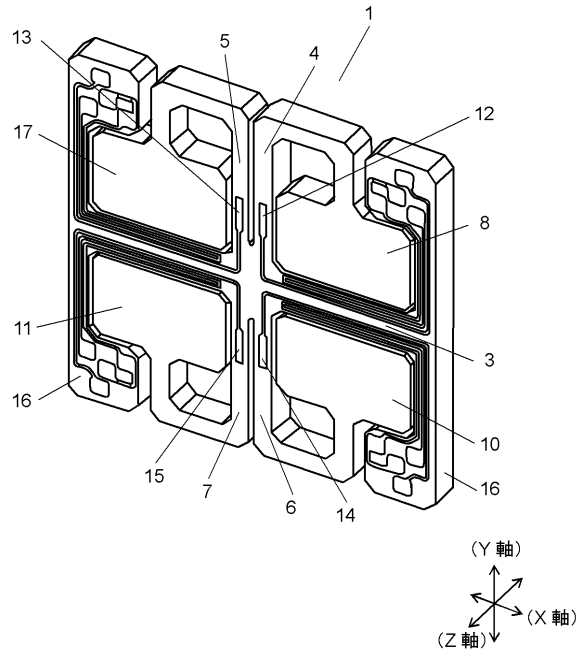
【図 12 B】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2009/044522(WO,A1)

特開2009-128020(JP,A)

登録実用新案第3169508(JP,U)

特開平10-339640(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G01C 19/56 - 19/5783