

(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.

G01C 19/5628 (2012.01)  
H01L 41/113 (2006.01)

F 1

G01C 19/5628  
H01L 41/113

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2013-545780 (P2013-545780)  
 (86) (22) 出願日 平成24年11月16日 (2012.11.16)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2012/007366  
 (87) 国際公開番号 WO2013/076942  
 (87) 国際公開日 平成25年5月30日 (2013.5.30)  
 審査請求日 平成27年7月1日 (2015.7.1)  
 (31) 優先権主張番号 特願2011-254557 (P2011-254557)  
 (32) 優先日 平成23年11月22日 (2011.11.22)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (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)

(73) 特許権者 314012076  
 パナソニックIPマネジメント株式会社  
 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号  
 (74) 代理人 100106116  
 弁理士 鎌田 健司  
 (74) 代理人 100170494  
 弁理士 前田 浩夫  
 (72) 発明者 山本 賢作  
 大阪府門真市大字門真1006番地 パナ  
 ソニック株式会社内  
 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。

#### 【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。 20

#### 【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。 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、10

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。20

#### 【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、一対の固定部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のそれぞれの一端は横梁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。30

#### 【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。

#### 【0007】

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】

#### 【0008】

【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。

【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12A】図12Aは図11に示す検出素子の部分側面図である。

【図12B】図12B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。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0009】

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。

#### 【0010】

##### (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。

#### 【0011】

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 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 とそれぞれ電気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】

10

20

30

40

50

検出部45は、横梁25上であって、第1アーム接続部25Aと中央部25Pとの間に設けられている。検出部46は、横梁25の上であって、第2アーム接続部25Bと中央部25Pとの間に設けられている。

#### 【0020】

図2に示すように、シリコン基板50の上に下部電極51が形成され、その上に圧電薄膜52が形成され、更にその上に上部電極53、54が形成されている。下部電極51、圧電薄膜52および上部電極53は駆動部41を構成し、下部電極51、圧電薄膜52および上部電極54は駆動部42を構成している。同様に、モニタ部40、検出部43、44、45、46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。

#### 【0021】

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91と、角速度を検出する検出素子20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90を含んでもよい。検出回路91は検出素子20から出力された信号を受けて処理する。検出回路91で処理された信号は、外部回路92へ出力される。駆動回路90は検出素子20に交流電圧を供給する。検出素子20は、駆動回路90から駆動部41、42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に沿って駆動振動する。

10

#### 【0022】

Z軸周りの角速度が印加されると、コリオリ力により錘30～33およびアーム26～29が検出方向Sに沿って揺む。アーム26～29の検出方向Sに沿った揺みにより検出部43、44に逆位相の電荷が発生する。検出回路91は、検出部43、44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。

20

#### 【0023】

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25がZ軸方向に揺む。検出部45と46には逆位相の電荷が発生する。検出回路91は、検出部45、46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2010/073576号に開示されている。

#### 【0024】

検出部45、46の面積が大きいほど、横梁25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できる。検出素子20では、横梁25の外端部にアーム26～29が接続され、第1アーム接続部25Aと中央部25Pとの間、第2アーム接続部25Bと中央部25Pとの間には配線が形成されない。したがって、検出部45、46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できる。

30

#### 【0025】

なお、検出素子20は、固定部21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48はボンディングワイヤ等で半導体チップと電気的に接続され、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。

#### 【0026】

40

次に、図3を参照しながら検出部45、46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。

#### 【0027】

横梁25における第1アーム接続部25Aと中央部25Pとの中心部を25Cとする、検出部45の中心部は中心部25Cよりも第1アーム接続部25A寄りに形成するのが好ましい。同様に、第2アーム接続部25Bと中央部25Pとの中心部を25Dとする、検出部46の中心部は中心部25Dよりも第2アーム接続部25B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。

#### 【0028】

Y軸回りに角速度が加わった場合、アーム26、27及び錘30、31には、駆動振動

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、アルミニウム又はGaAs等の非圧電材料を用いて形成しても良い。また、水晶、LiTaO<sub>3</sub>又はLiNbO<sub>3</sub>等の圧電材料を用いて形成しても良い。10

#### 【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できる。

#### 【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。20

#### 【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との間の連結部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との間の連結部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。30

#### 【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。40

#### 【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とを電気的に接続する配線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とを電気的に接続する配線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とを電気的に接続する配線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。50

アーム 29 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 とを電気的に接続する配線 47 は、連結部 66 を経由し、縦梁 24 のスリット 65 よりも外側を通っている。

#### 【0036】

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 60 において、スリット 61、62、64、65 が形成され、検出部 67～70 と配線 47 とが分離されている。この構造により、配線 47 から検出部 67～70 が受けるノイズの影響を軽減することが出来る。

#### 【0037】

(実施の形態 3)

10

図 6 は、実施の形態 3 における検出素子 80 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できる。

#### 【0038】

検出素子 80 では、固定部 21、22 が Y 軸に平行に設けられている。この点が実施の形態 1 の検出素子 20 と異なっている。横梁 25 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。固定部 21、22 の両端は、梁 81、82 により接続されている。梁 81、82 は、衝撃等によるアーム 26～29 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。

#### 【0039】

アーム 26、27 の第 1 端は、検出部 45 と固定部 21 との間に接続され、アーム 28、29 の第 1 端は、検出部 46 と固定部 22 との間に接続されている。したがって、検出部 45、46 は、配線 47 による制約を受けることなく、横梁 25 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。

20

#### 【0040】

(実施の形態 4)

以下、実施の形態 4 の検出素子 120 について、図面を参照しながら説明する。図 7 は検出素子 120 の斜視図である。図 8 は、検出素子 120 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。

#### 【0041】

検出素子 120 は、固定部 121、122 と、縦梁 123、124 と、横梁 125 と、アーム 126、127、128、129 とを有する。縦梁 123、124 はそれぞれ、固定部 121 に接続された第 1 端と、固定部 122 に接続された第 2 端とを有する。横梁 125 の第 1 端は縦梁 123 の中央部に接続され、第 2 端は縦梁 124 の中央部に接続されている。アーム 126、127、128、129 の第 1 端は横梁 125 に接続され、第 2 端に錘 130、131、132、133 が形成されている。

30

#### 【0042】

縦梁 123 は、横梁 125 に接続された中央部よりも固定部 121 寄りに形成されたスリット 134 と、中央部よりも固定部 122 寄りに形成されたスリット 135 と、スリット 134 とスリット 135 との間の連結部 136 とを有している。すなわち、連結部 136 は中央部またはその近傍に配置されている。

40

#### 【0043】

縦梁 124 は、横梁 125 に接続された中央部よりも固定部 121 寄りに形成されたスリット 137 と、中央部よりも固定部 122 寄りに形成されたスリット 138 と、スリット 137 とスリット 138 との間の連結部 139 とを有している。すなわち、連結部 139 は中央部またはその近傍に配置されている。

#### 【0044】

このように、縦梁 123、124 にスリット 134、135、137、138 が形成されている。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横梁 125 やアーム 126～129、錘 130～133 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。

50

## 【0045】

図5に示す検出素子60では、アーム26とアーム27は、縦梁23と縦梁24との間で横梁25の伸びる方向における横梁25の中心軸L1に関して線対称である。そしてアーム28とアーム29もまた、中心軸L1に関して線対称である。そしてアーム26とアーム28は、中心軸L1に直交する直交軸V1に関して線対称である。アーム26、27の第1端は横梁25の中心部25Pよりも縦梁23寄りに接続され、アーム28、29の第1端は中心部25Pよりも縦梁24寄りに接続されている。

## 【0046】

これに対し図7、図8に示す検出素子120では、アーム126、127は、縦梁123と縦梁124との間で横梁125の伸びる方向における横梁125の中心軸L2に関して線対称である。アーム128、129もまた、中心軸L2に関して線対称である。アーム126とアーム128は、中心軸L2に直交する直交軸V2に関して線対称である。そしてアーム126、127の第1端は縦梁123よりも横梁125の中心部125P寄りに接続され、アーム128、129の第1端は縦梁124よりも中心部125P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。

10

## 【0047】

次に、検出素子120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126は2つの屈曲部126A、126Bを有し、横梁125と屈曲部126Aとを結ぶ直線部、屈曲部126Aと屈曲部126Bとを結ぶ直線部、屈曲部126Bと錐130とを結ぶ直線部を有している。錐130は、横梁125と対向するように設けられている。モニタ部140は、横梁125と屈曲部126Aとを結ぶ直線部に形成されている。駆動部141、142は横梁125と屈曲部126Aとを結ぶ直線部の中間部分の、モニタ部140よりも屈曲部126A寄りの位置から、屈曲部126Aを経由して、屈曲部126Aと屈曲部126Bとを結ぶ直線部の中間部分まで形成されている。

20

## 【0048】

Z軸周りの角速度を検出する検出部143、144は、屈曲部126Aと屈曲部126Bとを結ぶ直線部の中間部分の、駆動部141、142よりも屈曲部126B寄りから、屈曲部126Bを経由して、屈曲部126Bと錐130とを結ぶ直線部の間まで形成されている。他のアーム127、128、129にも同様に、モニタ部、駆動部、検出部が形成されている。

30

## 【0049】

Y軸周りの角速度を検出する検出部145、146、147、148は、横梁125の上部において、X軸およびY軸（あるいは、L2軸、V2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125Pを原点として、X軸の正側かつY軸の正側に検出部145が形成され、X軸の正側かつY軸の負側に検出部146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147が形成され、X軸の負側かつY軸の負側に検出部148が形成されている。

## 【0050】

X軸周りの角速度を検出するための第1検出部149、第2検出部150、第3検出部151、第4検出部152は、縦梁123、124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121、122および縦梁123、124で囲まれる領域を中空領域Rとすると、スリット134と中空領域Rとの間に第1検出部149が形成され、スリット135と中空領域Rとの間に第2検出部150が形成されている。そして、スリット137と中空領域Rとの間に第3検出部151が形成され、スリット138と中空領域Rとの間に第4検出部152が形成されている。

40

## 【0051】

図9に示すように、シリコン基板153の上に下部電極154が形成され、その上に圧電薄膜155が形成され、更にその上に上部電極156、157が形成されている。下部電極154、圧電薄膜155および上部電極156は駆動部141を構成し、下部電極1

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、コリオリ力により錐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。10

#### 【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。20

#### 【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。30

#### 【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、錐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、錐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25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。40

#### 【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 $f_z - f_d$ に依存し、 $f_z - f_d$ 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 $f_y - f_d$ 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 $f_x - f_d$ 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50

、固定部 121、122 を介して横梁 125 やアーム 126～129、錘 130～133 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 120 の検出感度の変動を抑制することができる。

#### 【0060】

なお、図 8 に示すように、連結部 136、139 と横梁 125 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 121、122 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 140、駆動部 141、142、検出部 143～148 とを電気的に接続する配線（図示せず）が検出素子 120 の上面に形成されている。連結部 136、139 と横梁 125 が同一直線上に配置されることによって、連結部 136、139 を経由して縦梁 123、124 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 149～第 4 検出部 152 と、縦梁 123、124 の外側部分に形成された配線とは、スリット 134～137 を介して離間する。その結果、第 1 検出部 149～第 4 検出部 152 に不要な信号成分が重畠することを防ぐことができる。10

#### 【0061】

なお、検出素子 120 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 GaAs 等の非圧電材料を用いても良い。また、水晶、LiTaO<sub>3</sub> 又は LiNbO<sub>3</sub> 等の圧電材料を用いても良い。20

#### 【0062】

##### （実施の形態 5）

図 11 は、本実施の形態における検出素子 160 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 160 では、横梁 125 の幅 W1 が縦梁 123、124 における連結部 136、139 の幅 W2 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における第 1 検出部 149～第 4 検出部 152 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。

#### 【0063】

図 12A、図 12B はそれぞれ、X 軸周りの角速度が印加された際の図 11 における部分 T の側面図および斜視図である。横梁 125 の幅 W1 が縦梁 124 の連結部 139 の幅 W2 よりも大きいため、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 162 に集中する。そのため図 12A に示すように、縦梁 124 の外側部分 161 よりも、第 3 検出部 151、第 4 検出部 152 が設けられた内側部分 162 の方が大きく撓んでいる。これは縦梁 123 においても同様であり、縦梁 123 の外側部分よりも、第 1 検出部 149、第 2 検出部 150 が設けられた内側部分の方が大きく撓む。30

#### 【0064】

図 12B 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 161 よりも内側部分 162 において撓みが大きく、また内側部分 162 においては連結部 139 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 149～第 4 検出部 152 は縦梁 123、124 の内側部分 162 における連結部 136、139 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

#### 【0065】

なお、縦梁 124 の内側部分 162 の幅を外側部分 161 の幅よりも大きくすることにより、第 3 検出部 151、第 4 検出部 152 の面積を大きくすることができます。同様に縦梁 123 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 149、第 2 検出部 150 の面積を大きくすることができます。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。

#### 【0066】

1020304050

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。

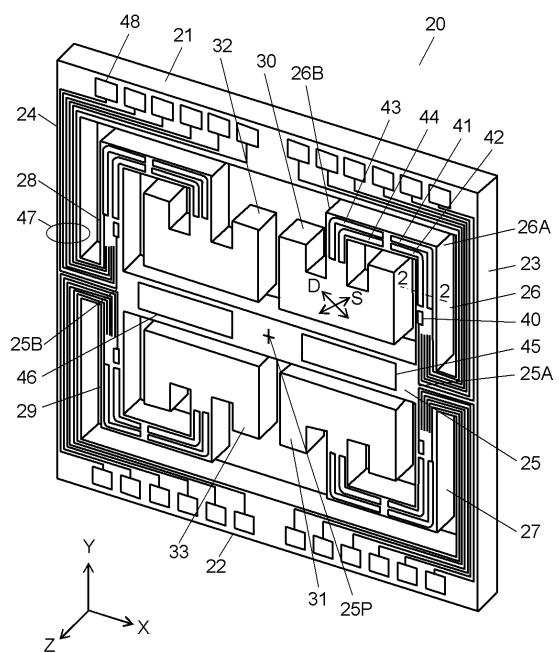
#### 【符号の説明】

#### 【0070】

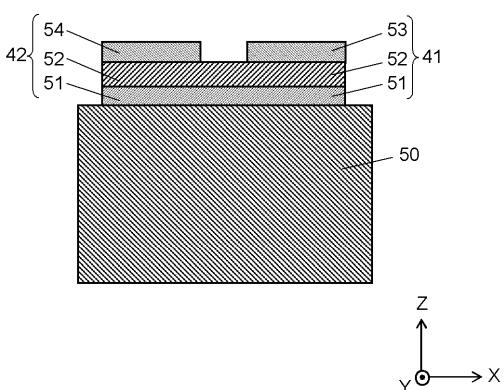
20	検出素子	20
21, 22	固定部	
23, 24	縦梁	
25	横梁	
25A	第1アーム接続部	
25B	第2アーム接続部	
26, 27, 28, 29	アーム	
26A, 26B	屈曲部	
30, 31, 32, 33	錘	
40	モニタ部	
41, 42	駆動部	30
43, 44, 45, 46	検出部	
47	配線	
50	シリコン基板	
51	下部電極	
52	圧電薄膜	
53, 54	上部電極	
60	検出素子	
61, 62, 64, 65	スリット	
63, 66	連結部	
67, 68, 69, 70	検出部	40
80	検出素子	
81, 82	梁	
90	駆動回路	
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	10
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	

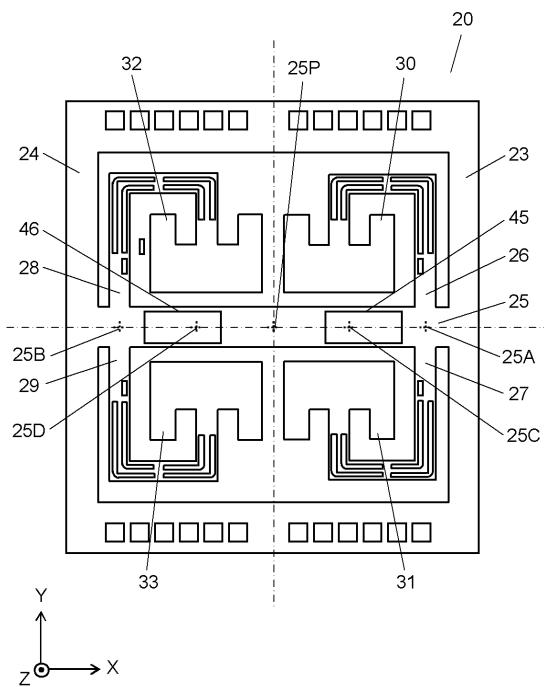
【図1】



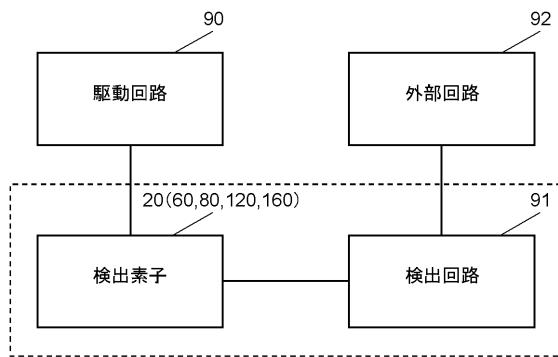
【図2】



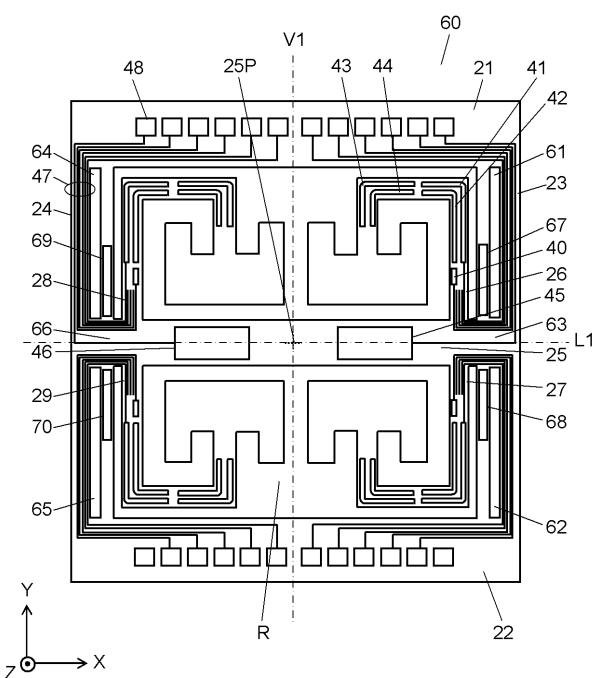
【図3】



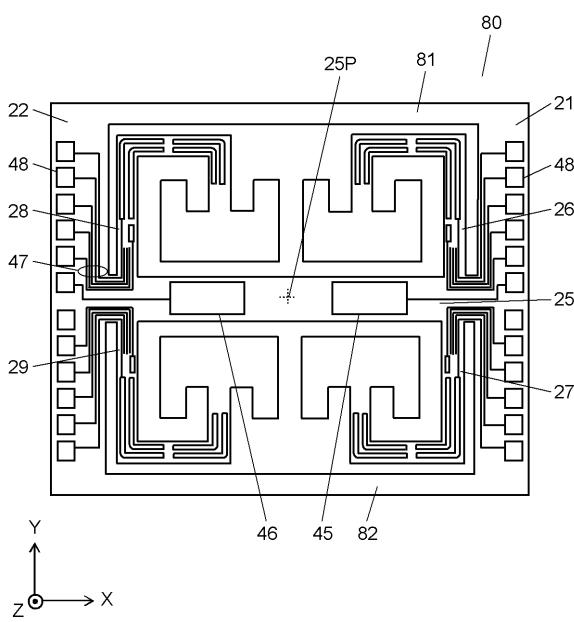
【図4】



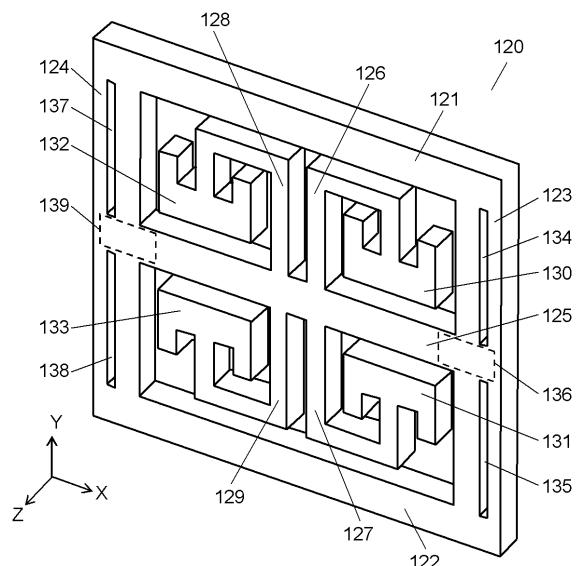
【図5】



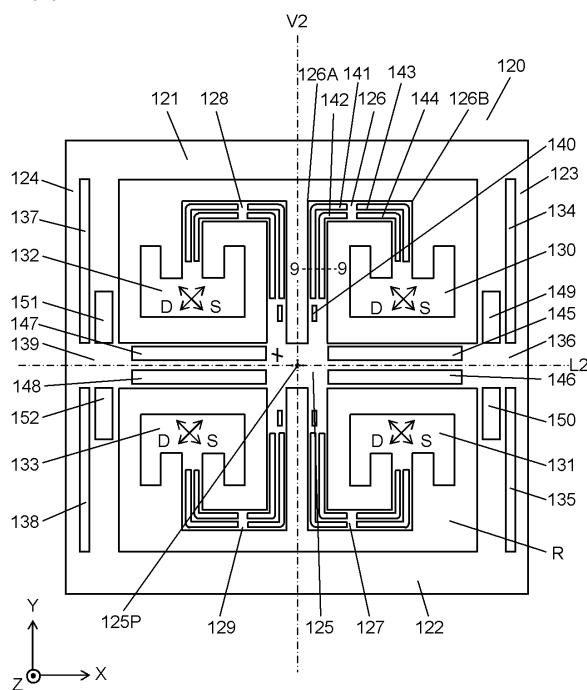
【図6】



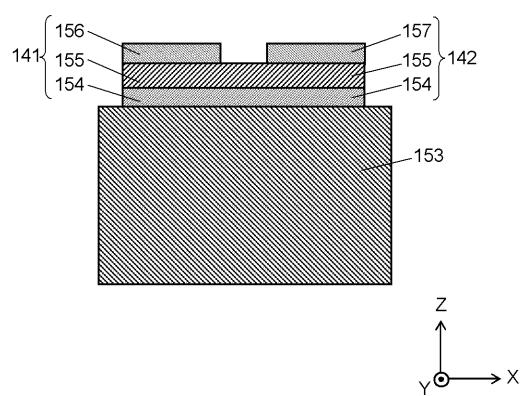
【図7】



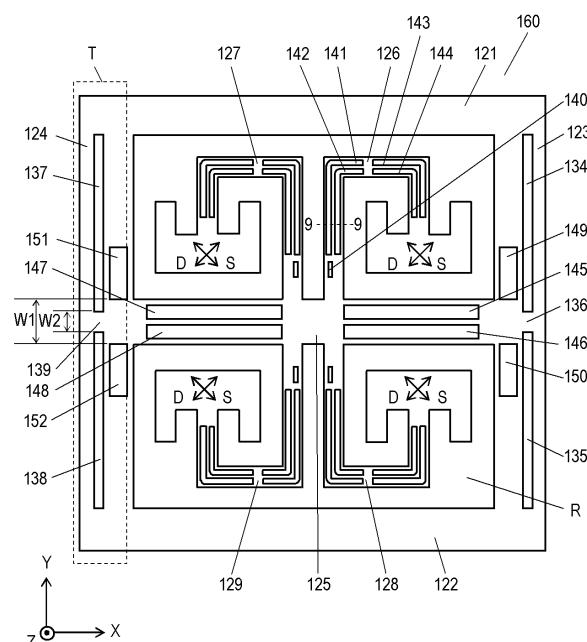
【図8】



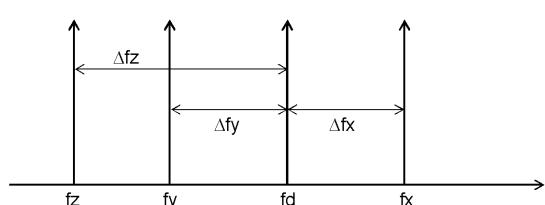
【図9】



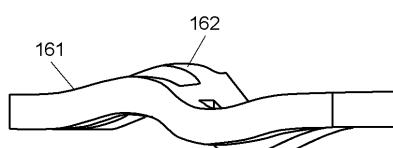
【図11】



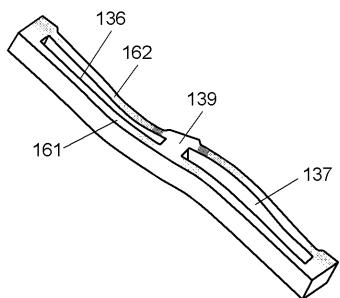
【図10】



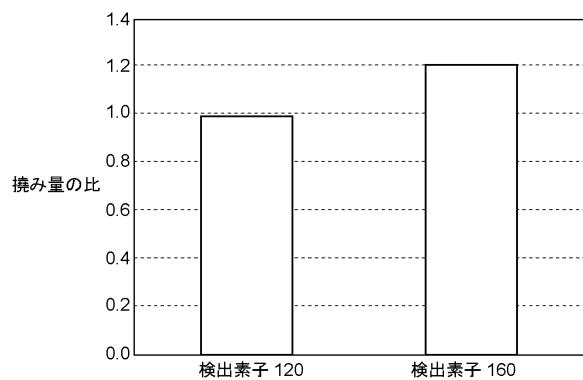
【図12A】



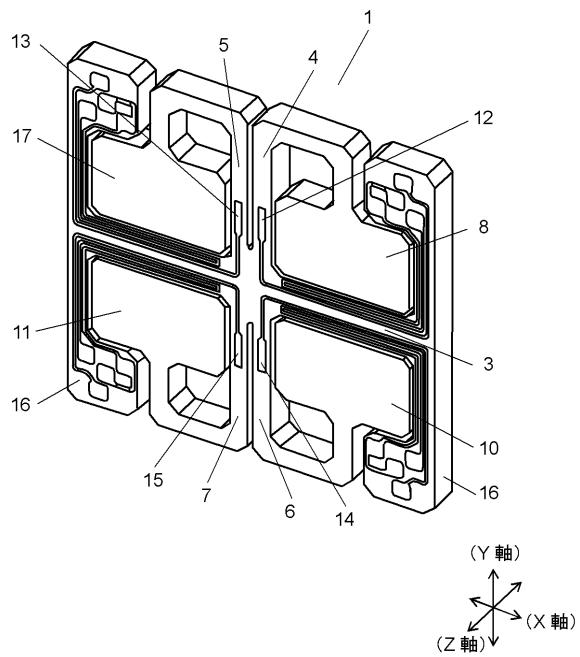
【図 1 2 B】



【図 1 3】



【図 1 4】



---

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