

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4427876号  
(P4427876)

(45) 発行日 平成22年3月10日 (2010. 3. 10)

(24) 登録日 平成21年12月25日 (2009. 12. 25)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 C 19/56 (2006. 01)

G O 1 C 19/56

G O 1 P 9/04 (2006. 01)

G O 1 P 9/04

G O 1 P 15/125 (2006. 01)

G O 1 P 15/125

H O 1 L 29/84 (2006. 01)

H O 1 L 29/84

Z

請求項の数 12 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-220922 (P2000-220922)  
 (22) 出願日 平成12年7月21日 (2000. 7. 21)  
 (65) 公開番号 特開2001-91265 (P2001-91265A)  
 (43) 公開日 平成13年4月6日 (2001. 4. 6)  
 審査請求日 平成18年8月29日 (2006. 8. 29)  
 (31) 優先権主張番号 特願平11-207715  
 (32) 優先日 平成11年7月22日 (1999. 7. 22)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000004695  
 株式会社日本自動車部品総合研究所  
 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地  
 (73) 特許権者 000004260  
 株式会社デンソー  
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地  
 (74) 代理人 100100022  
 弁理士 伊藤 洋二  
 (74) 代理人 100108198  
 弁理士 三浦 高広  
 (74) 代理人 100111578  
 弁理士 水野 史博  
 (72) 発明者 伊藤 岳志  
 愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式  
 会社日本自動車部品総合研究所内  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体角速度センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板を加工することにより形成され、

基部 ( 1 0 ) と、所定方向に振動する振動子 ( 2 0 、 3 0 ) と、この振動子及び前記基部を連結する複数個の梁部 ( 2 1 、 3 1 ) とを備え、

前記振動子の振動に基づいて角速度を検出するようにした振動型の半導体角速度センサにおいて、

前記複数個の梁部は、それぞれが、平行に離間して配置された一对の梁 ( 2 2 、 2 3 、 3 2 、 3 3 ) と、これら一对の梁を連結する連結部 ( 2 4 、 3 4 ) とから構成されており、

前記一对の梁は、コの字形状をなす第 1 の梁 ( 2 2 、 3 2 ) と、この第 1 の梁の外周側にて前記第 1 の梁に対して相似形に配置されたコの字形状をなす第 2 の梁 ( 2 3 、 3 3 ) とから構成され、

前記第 1 及び第 2 の梁のうち前記コの字形状における互いに平行な一对の平行棒部 ( 2 2 a 、 2 3 a 、 3 2 a 、 3 3 a ) が、前記所定方向にたわむようになっており、

前記連結部 ( 2 4 、 3 4 ) は、前記第 1 及び第 2 の梁のうち前記コの字形状における前記平行棒部の一端を接続する接続棒部 ( 2 2 b 、 2 3 b 、 3 2 b 、 3 3 b ) 同士を連結していることを特徴とする半導体角速度センサ。

【請求項 2】

前記連結部 ( 2 4 、 3 4 ) は、前記所定方向と直交する方向に延びた形状であることを

特徴とする請求項 1 に記載の半導体角速度センサ。

【請求項 3】

前記第 1 の梁 ( 2 2 、 3 2 ) と前記第 2 の梁 ( 2 3 、 3 3 ) との間隔において、前記接続棒部 ( 2 2 b 、 2 3 b 、 3 2 b 、 3 3 b ) 同士の間隔は前記平行棒部 ( 2 2 a 、 2 3 a 、 3 2 a 、 3 3 a ) 同士の間隔よりも大きいことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体角速度センサ。

【請求項 4】

前記連結部 ( 2 4 、 3 4 ) は、前記一对の梁 ( 2 2 、 2 3 、 3 2 、 3 3 ) と略同一の幅を有する梁形状であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の半導体角速度センサ。

【請求項 5】

前記接続棒部 ( 2 2 b 、 2 3 b 、 3 2 b 、 3 3 b ) 同士の間隔と前記平行棒部 ( 2 2 a 、 2 3 a 、 3 2 a 、 3 3 a ) 同士の間隔との比が、5 以上であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体角速度センサ。

【請求項 6】

半導体基板を加工することにより形成され、

基部 ( 1 0 ) と、所定方向に振動する振動子 ( 2 0 、 3 0 ) と、この振動子及び前記基部を連結する複数個の梁部 ( 2 1 、 3 1 ) とを備え、

前記振動子の振動に基づいて角速度を検出するようにした振動型の半導体角速度センサにおいて、

前記複数個の梁部は、互いに平行に配置された第 1 、第 2 の梁 ( 2 2 、 2 3 、 3 2 、 3 3 ) から構成され、この第 1 、第 2 の梁は折り返し部 ( 2 2 b 、 2 3 b 、 3 2 b 、 3 3 b ) を備え、この折り返し部において、前記第 1 、第 2 の梁を連結する連結棒 ( 2 4 、 3 4 ) を有し、

この連結棒により前記第 1 の梁と前記第 2 の梁との間に 2 つの L 字状の空間が形成され、また、前記 L 字状の空間が前記連結棒に対して対称的に配置されるものであり、

前記第 1 、第 2 の梁 ( 2 2 、 2 3 、 3 2 、 3 3 ) は、前記折り返し部を除く部分 ( 2 2 a 、 2 3 a 、 3 2 a 、 3 3 a ) が前記所定方向にたわむようになっていることを特徴とする半導体角速度センサ。

【請求項 7】

前記折り返し部 ( 2 2 b 、 2 3 b 、 3 2 b 、 3 3 b ) において、前記第 1 、第 2 の梁 ( 2 2 、 2 3 、 3 2 、 3 3 ) のそれぞれの梁幅は、ほぼ同じであることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体角速度センサ。

【請求項 8】

前記連結棒 ( 2 4 、 3 4 ) は、前記第 1 の梁 ( 2 2 、 3 2 ) から前記第 2 の梁 ( 2 3 、 3 3 ) に渡ってほぼ同じ幅であることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体角速度センサ。

【請求項 9】

前記折り返し部 ( 2 2 b 、 2 3 b 、 3 2 b 、 3 3 b ) において、前記第 1 、第 2 の梁 ( 2 2 、 2 3 、 3 2 、 3 3 ) のそれぞれの梁幅は、ほぼ同じであり、

また、前記連結棒 ( 2 4 、 3 4 ) は、前記第 1 の梁 ( 2 2 、 3 2 ) から前記第 2 の梁 ( 2 3 、 3 3 ) に渡ってほぼ同じ幅であることを特徴とする請求項 6 に記載の半導体角速度センサ。

【請求項 10】

前記連結棒 ( 2 4 、 3 4 ) は、前記所定方向と直交する方向に延びていることを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の半導体角速度センサ。

【請求項 11】

半導体基板を加工することにより形成され、

基部 ( 1 0 ) と、所定方向に振動する振動子 ( 2 0 、 3 0 ) と、この振動子及び前記基部を連結する複数個の梁部 ( 2 1 、 3 1 ) とを備え、

10

20

30

40

50

前記振動子の振動に基づいて角速度を検出するようにした振動型の半導体角速度センサにおいて、

前記複数個の梁部は、それぞれが、平行に離間して配置された一对の梁（２２、２３、３２、３３）と、これら一对の梁を連結する連結部（２４、３４）とから構成されており、

前記一对の梁は、それぞれがコの字型に屈曲した屈曲部（２２ｂ、２３ｂ、３２ｂ、３３ｂ）を有する形状であって、前記屈曲部を除く部分（２２ａ、２３ａ、３２ａ、３３ａ）が前記所定方向にたわむようになっており、

前記連結部は、前記一对の梁における前記屈曲部同士を連結していることを特徴とする半導体角速度センサ。

10

【請求項１２】

前記連結部（２４、３４）は、前記所定方向と直交する方向に延びた形状であることを特徴とする請求項１１に記載の半導体角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、車両、飛行機、ロボット等の運動体の運動状態を測定するのに用いられる、加速度センサや角速度センサ等の半導体よりなる振動子を用いた半導体力学量センサに関する。

【０００２】

20

【従来の技術】

一般に、この種の半導体力学量センサは、シリコン基板等の半導体基板をエッチング等のマイクロマシン加工技術を用いて加工することにより形成され、基部と、所定方向に振動する振動子と、該振動子及び該基部を連結する複数個の梁部とを備え、該振動子の振動に基づいて力学量（角速度、加速度等）を検出するようにしている。

【０００３】

例えば、角速度センサにあっては、振動子を所定方向に駆動振動させ、角速度が印加されたとき、コリオリ力によって駆動振動の方向及び角速度の回転軸に直交する方向へ発生する振動（検出振動）に基づいて、当該角速度を検出する。また、加速度センサにあっては、振動子に加速度が印加されたときに発生する所定方向への振動（検出振動）に基づいて、当該加速度を検出する。

30

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の半導体力学量センサにおいては、センサの加工誤差（例えばエッチングの際の加工誤差）が生じることは避けがたい。この加工誤差により、振動子には、上記の駆動振動や検出振動といった正規の振動に対して、当該正規の振動以外の不要振動が発生するため、これが測定誤差の原因となっている。

【０００５】

本発明者等は、この不要振動は、振動子と基部とを連結する複数個の梁部に原因があるのではないかと考えた。つまり、従来の半導体力学量センサにおいては、例えば特開平６－１２３６３１号公報に記載されているように、複数個の梁部の各々が１本の棒状梁よりなる構成であるため、回転剛性が弱く、振動子の振動中に各梁にねじれ等が発生しやすく、そのねじれ等が不要振動を引き起こすと考えられる。

40

【０００６】

本発明は上記事情に鑑み、半導体力学量センサにおいて、振動子の振動を阻害することなく回転剛性を高めた梁部の構成を実現することを目的とする。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項１記載の発明では、半導体基板を加工することにより形成され、基部（１０）と、所定方向に振動する振動子（２０、３０）と、この振動子及

50

び該基部を連結する複数個の梁部（２１、３１）とを備える半導体角速度センサにおいて、該複数個の梁部のそれぞれを、平行に離間して配置された一对の梁（２２、２３、３２、３３）と、これら一对の梁を連結する連結部（２４、３４）とから構成し、

上記一对の梁を、コの字形状をなす第１の梁（２２、３２）と、この第１の梁の外周側にて該第１の梁に対して相似形に配置されたコの字形状をなす第２の梁（２３、３３）とから構成するとともに、これらコの字形状をなす第１及び第２の梁における互いに平行な一对の平行棒部（２２ａ、２３ａ、３２ａ、３３ａ）を該振動子の振動方向にたわむようにし、該平行棒部の一端を接続する接続棒部（２２ｂ、２３ｂ、３２ｂ、３３ｂ）同士を連結部（２４、３４）にて連結させたことを特徴としている。

【０００８】

10

回転剛性を高めるだけならば、梁部を単に太いものとすればよいが、それだけでは、センサとして必要な変位をとることが困難となり振動子の振動を阻害してしまう。本発明によれば、梁部の構成を、平行に離間配置して連結された一对の梁構成としているから、振動子の振動を阻害することなく回転剛性を高めた梁部の構成を実現することができる。

【００１０】

また、本発明によれば、相似形状に平行配置されたコの字形状をなす第１及び第２の梁において、振動子の振動方向に撓む部分である平行棒部で連結せず、振動子の振動に関与しない接続棒部同士にて連結しているから、より効果的に振動子の振動を阻害しない梁部の構成を実現できる。

請求項２記載の発明では、連結部（２４、３４）は、振動子（２０、３０）が振動する前記所定方向と直交する方向に延びた形状であることを特徴としている。

20

【００１１】

また、請求項３記載の発明によれば、第１の梁（２２、３２）と第２の梁（２３、３３）との間隔において、接続棒部（２２ｂ、２３ｂ、３２ｂ、３３ｂ）同士の間隔を平行棒部（２２ａ、２３ａ、３２ａ、３３ａ）同士の間隔よりも大きくしている。第１の梁の平行棒部と第２の梁の平行棒部とは長さが異なるため変位に差が生じるが、本発明によれば連結部を十分に長くできるから、そのような変位の相違を吸収しやすくでき、より効果的に振動を阻害しないようにできる。

【００１２】

また、請求項４記載の発明によれば、連結部（２４、３４）を、一对の梁部（２２、２３、３２、３３）と略同一の幅を有する梁形状としたことを特徴としている。連結部が太すぎると連結部による一对の梁部の固定が強すぎて、振動を阻害する恐れがあり、また、センサの加工上、連結部が細すぎると加工しにくくなるため、連結部を、一对の梁部と略同一の幅とすることが好ましい。

30

【００１３】

また、請求項５記載の発明によれば、接続棒部（２２ｂ、２３ｂ、３２ｂ、３３ｂ）同士の間隔（ $W1$ ）と平行棒部（２２ａ、２３ａ、３２ａ、３３ａ）同士の間隔（ $W2$ ）との比（ $W1/W2$ ）が５以上であることを特徴としている。これは、接続棒部同士の間隔即ち連結部（２４、３４）の長さについて、検討した結果、得られたもので、上記比（ $W1/W2$ ）が５以上であれば、不要振動の低減効果を最大限に発揮させることができる。

40

【００１４】

また、請求項６記載の発明では、半導体基板を加工することにより形成され、基部（１０）と、所定方向に振動する振動子（２０、３０）と、この振動子及び基部を連結する複数個の梁部（２１、３１）とを備え、該振動子の振動に基づいて角速度を検出するようにした振動型の半導体角速度センサにおいて、該複数個の梁部が、互いに平行に配置された第１、第２の梁（２２、２３、３２、３３）から構成され、この第１、第２の梁は折り返し部（２２ｂ、２３ｂ、３２ｂ、３３ｂ）を備え、この折り返し部において、第１、第２の梁を連結する連結棒（２４、３４）を有し、この連結棒により第１の梁と第２の梁との間に２つのＬ字状の空間が形成され、また、Ｌ字状の空間が該連結棒に対して対称的に配置されるものであり、

50

第 1、第 2 の梁 ( 2 2、2 3、3 2、3 3 ) は、折り返し部を除く部分 ( 2 2 a、2 3 a、3 2 a、3 3 a ) が前記所定方向にたわむようになっていることを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

本発明のような梁部の構成を採用することにより、振動子の振動を阻害することなく回転剛性を高めた梁部の構成を実現することができ、不要振動を大幅に低減することができる。

【 0 0 1 6 】

さらに、不要振動を低減するために、請求項 6 記載の半導体力学量センサについて、本発明者等が検討した結果によれば、請求項 7 記載の発明のように、折り返し部 ( 2 2 b、2 3 b、3 2 b、3 3 b ) において、第 1、第 2 の梁 ( 2 2、2 3、3 2、3 3 ) のそれぞれの梁幅をほぼ同じとすることが好ましい。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 8 記載の発明のように、連結棒 ( 2 4、3 4 ) を、第 1 の梁 ( 2 2、3 2 ) から第 2 の梁 ( 2 3、3 3 ) に渡ってほぼ同じ幅とすることが好ましい。更には、請求項 9 記載の発明のように、請求項 7 の発明と請求項 8 の発明とを組み合わせたものとする

【 0 0 1 8 】

連結部や梁部の折り返し部に肉厚の部分が存在すると、連結部や折り返し部の質量が増加し、この影響が不要振動に影響すると考えられるが、その点、上記請求項 7 ~ 請求項 9 の発明によれば、そのような肉厚部を低減することができるため、不要振動が低減され

【 0 0 1 9 】

また、請求項 1 0 記載の発明では、連結棒 ( 2 4、3 4 ) は、前記所定方向と直交する方向に延びていることを特徴としている。

また、請求項 1 1 に記載の発明では、半導体基板を加工することにより形成され、基部 ( 1 0 ) と、所定方向に振動する振動子 ( 2 0、3 0 ) と、この振動子及び基部を連結する複数個の梁部 ( 2 1、3 1 ) とを備え、振動子の振動に基づいて角速度を検出するようにした振動型の半導体角速度センサにおいて、

複数個の梁部は、それぞれが、平行に離間して配置された一対の梁 ( 2 2、2 3、3 2、3 3 ) と、これら一対の梁を連結する連結部 ( 2 4、3 4 ) とから構成されており、

一対の梁は、それぞれがコの字型に屈曲した屈曲部 ( 2 2 b、2 3 b、3 2 b、3 3 b ) を有する形状であって、屈曲部を除く部分 ( 2 2 a、2 3 a、3 2 a、3 3 a ) が前記所定方向にたわむようになっており、

連結部は、一対の梁における屈曲部同士を連結していることを特徴としている。

また、請求項 1 2 に記載の発明では、連結部 ( 2 4、3 4 ) は、前記所定方向と直交する方向に延びた形状であることを特徴としている。

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。図 1 は、本発明の半導体力学量センサとしての角速度センサ 1 0 0 の一実施形態を示す平面図であり、図 2 は、図 1 中の A - A 断面を含む一部断面斜視図である。角速度センサ 1 0 0 は、シリコン基板等の半導体基板にエッチング加工を施すことにより溝を形成し、当該基板を矩形棒状の基部 1 0 と、この基部 1 0 における枠内に位置して可動する可動部とに区画している。

【 0 0 2 1 】

可動部は、図 1 に示す様に、略矩形状の駆動用振動子 2 0 と、駆動用振動子 2 0 を取り囲む矩形棒状の検出用振動子 3 0 と、駆動用振動子 2 0 及び検出用振動子 3 0 を連結する複数個 ( 図示例では 4 個 ) の駆動用梁部 2 1 と、検出用振動子 3 0 及びその外周の基部 1 0 を連結する複数個 ( 図示例では 4 個 ) の検出用梁部 3 1 と、を備えている。

## 【 0 0 2 2 】

ここで、本実施形態では、駆動用振動子 2 0 及び検出用振動子 3 0 は本発明でいう振動子である。駆動用振動子 2 0 は、駆動用梁部 2 1 を介して検出用振動子 3 0 と一体化されており、さらに言うならば、駆動用振動子 2 0 は検出用振動子 3 0 及び検出用梁部 3 1 を介在させてはいるが、駆動用梁部 2 1 を介して基部 1 0 に連結されている。よって、駆動用梁部 2 1 及び検出用梁部 3 1 は共に、本発明でいう梁部に相当するものである。

## 【 0 0 2 3 】

各々の駆動用梁部 2 1 は、コの字形状をなす第 1 の梁 2 2 と、この第 1 の梁 2 2 の外周側にて第 1 の梁 2 2 に対して相似形に配置されたコの字形状をなす第 2 の梁 2 3 とよりなる一対の梁を備えている。そして、これら一対の梁 2 2、2 3 は、平行に離間して配置されており、一対の梁 2 2、2 3 の一端側が駆動用振動子 2 0 に接続され、他端側が検出用振動子 3 0 における枠内周面に接続されている。

10

## 【 0 0 2 4 】

また、駆動用梁部 2 1 の第 1 の梁 2 2 及び第 2 の梁 2 3 においては、上記コの字形状における互いに平行な一対の平行棒部 2 2 a 及び 2 3 a が、その長手方向と直交する方向にたわむようになっているため、駆動用振動子 2 0 は図 1 中の矢印 X 方向に振動可能となっている。そして、第 1 の梁 2 2 及び第 2 の梁 2 3 のうち平行棒部 2 2 a、2 3 a の一端を接続する接続棒部 2 2 b、2 3 b 同士が、梁形状の連結部 2 4 により連結されている。

## 【 0 0 2 5 】

一方、各々の検出用梁部 3 1 は、コの字形状をなす第 1 の梁 3 2 と、この第 1 の梁 3 2 の外周側にて第 1 の梁 3 2 に対して相似形に配置されたコの字形状をなす第 2 の梁 3 3 とよりなる一対の梁を備えている。そして、これら一対の梁 3 2、3 3 は、平行に離間して配置されており、一対の梁 3 2、3 3 の一端側が検出用振動子 3 0 に接続され、他端側が基部 1 0 における枠内周面から突出した突出部に接続されている。

20

## 【 0 0 2 6 】

また、検出用梁部 3 1 の第 1 の梁 3 2 及び第 2 の梁 3 3 においては、上記コの字形状における互いに平行な一対の平行棒部 3 2 a 及び 3 3 a が、その長手方向と直交する方向にたわむようになっているため、検出用振動子 3 0 は、上記基板平面内にて駆動用振動子 2 0 の振動方向と略直交する方向（図 1 中の矢印 Y 方向）に振動可能となっている。そして、第 1 の梁 3 2 及び第 2 の梁 3 3 のうち平行棒部 3 2 a、3 3 a の一端を接続する接続棒部 3 2 b、3 3 b 同士が、梁形状の連結部 3 4 により連結されている。

30

## 【 0 0 2 7 】

また、図 3 は駆動用梁部 2 1 及び検出用梁部 3 1 の寸法説明図である。両梁部 2 1、3 1 のいずれにおいても、第 1 の梁 2 2、3 2 と第 2 の梁 2 3、3 3 との間隔において、接続棒部 2 2 b、2 3 b、3 2 b、3 3 b 同士の間隔 W 1 は平行棒部 2 2 a、2 3 a、3 2 a、3 3 a 同士の間隔 W 2 よりも大きくなっている。また、梁形状をなす連結部 2 4、3 4 の幅は上記一対の梁と略同一の幅を有することが好ましい。例えば、上記間隔 W 1 は 5 0  $\mu\text{m}$ 、上記間隔 W 2 は 1 0  $\mu\text{m}$ 、また、各梁 2 2、2 3、3 2、3 3 及び連結部 2 4、3 4 の幅 W 3 は 1 0  $\mu\text{m}$  とできる。

## 【 0 0 2 8 】

また、検出用振動子 3 0 の外周部には、この外周部と対向する基部 1 0 の内周部に向かって突出する櫛歯状の突起部 3 5 が形成されており、この突起部 3 5 とかみ合うように当該基部 1 0 の内周部からも櫛歯状の突起部 1 1 が形成されており、両方の突起部 1 1、3 5 により、本センサ 1 0 0 の検出電極部が構成されている。

40

## 【 0 0 2 9 】

かかる構成を有する角速度センサ 1 0 0 の作動について述べる。まず、図示しないが電磁駆動もしくは容量駆動等により、駆動用振動子 2 0 を図 1 に示す矢印 X 方向に振動（駆動振動）させる。この駆動振動のもと、図 1 に示す様に、紙面垂直方向の軸周りに角速度がセンサ 1 0 0 に印加されると、駆動用振動子 2 0 に駆動振動方向と直交する矢印 Y 方向にコリオリ力が発生する。

50

## 【 0 0 3 0 】

このコリオリ力は駆動用梁部 2 1 から検出用振動子 3 0 に伝わり、検出用振動子 3 0 と駆動用振動子 2 0 とが図 1 に示す矢印 Y 方向に一体に振動（検出振動）する。そして、この検出振動により、上記両突起部 1 1、3 5 間の距離が変化する。この距離変化を基部 1 0 に形成された図示しない配線部等を介して、当該両突起部 1 1、3 5 間の容量変化として検出することにより、上記角速度 が検出されるのである。

## 【 0 0 3 1 】

ところで、本実施形態によれば、各梁部 2 1、3 1 の構成を、平行に離間配置して連結された一対の梁構成としているから、各振動子 2 0、3 0 の振動を妨害することなく回転剛性を高めた梁部の構成を実現することができる。ちなみに、回転剛性を高めるだけならば、梁部を単に太いものとすればよいが、それだけでは、センサとして必要な変位をとることが困難となり、振動子の振動を妨害してしまう。

10

## 【 0 0 3 2 】

また、本実施形態によれば、相似形状に平行配置されたコの字形状をなす第 1 及び第 2 の梁 2 2、2 3、3 2、3 3 において、各振動子 2 0、3 0 の振動方向に撓む部分である平行棒部 2 2 a、2 3 a、3 2 a、3 3 a で連結せず、振動子の振動に関与しない接続棒部 2 2 b、2 3 b、3 2 b、3 3 b 同士にて連結しているから、より効果的に振動子 2 0、3 0 の振動を妨害しない梁部の構成を実現できる。

## 【 0 0 3 3 】

本実施形態の梁部構成の具体的な作用を図 4 の作用説明図を用いて説明する。図 4 中の左右方向が振動子における狙いの振動方向である。従来のセンサにおいては、駆動用振動子 2 0 と検出用振動子 3 0 とを連結する梁部 J 1 が 1 本のコの字形状のものであり、回転剛性が弱く、駆動用振動子 2 0 は振動狙いの振動方向よりも、やや斜め（図中では斜め上方）方向に振動してしまい、これが不要振動となる。

20

## 【 0 0 3 4 】

一方、本実施形態の梁部構成では、回転剛性を高め、且つ、振動子の振動を妨害しないようにしているから、駆動用振動子 2 0 は狙いの方向に振動する。よって、本実施形態によれば、不要振動を低減できるため、角速度が 0 の状態でも出力が発生するオフセットを抑制し、測定精度の高い角速度センサを提供することができる。

## 【 0 0 3 5 】

本実施形態の効果を、図 5 を用いて改めて説明する。図 5 ( a ) には、梁形状を 4 種類用意し、これらの梁による不要振動を角速度として算出したデータを示す。梁形状 1 はコンベンショナルな梁である。梁形状 2 は " A Precision Yaw Rate Sensor in Silicon Micromachining " ( TRANSDUCERS ' 97 pp. 847 - 850 , 1997 IEEE ) に掲載された Fig. 8 に類似した 2 重梁構造のものである。

30

## 【 0 0 3 6 】

梁形状 3 と 4 は、本実施形態のものであり、連結部の長さを変えたものである。梁形状 4 の方が梁形状 3 よりも長くなっている。図 5 ( a ) から、コンベンショナルな梁形状 1 に比べ、梁形状 2、3、4 の方が不要振動を大きく低減できることがわかる。

40

## 【 0 0 3 7 】

つまり、本実施形態では、各梁部 2 1、3 1 が、互いに平行に配置された第 1 の梁 2 2、3 2、第 2 の梁 2 3、3 3 から構成され、この第 1、第 2 の梁は折り返し部としての接続棒部 2 2 b、2 3 b、3 2 b、3 3 b を備え、この折り返し部において、第 1、第 2 の梁を連結する連結棒としての連結部 2 4、3 4 を有し、この連結棒により第 1 の梁と第 2 の梁との間に 2 つの L 字状の空間が形成され、また、L 字状の空間が該連結棒に対して対称的に配置されているものとなっている。

## 【 0 0 3 8 】

そして、このような梁部 2 1、3 1 の構成を採用することにより、振動子 2 0、3 0 の振

50

動を阻害することなく回転剛性を高めた梁部の構成を実現することができ、図5(a)に示す様に、不要振動を大幅に低減することができる。

【0039】

また、図5(b)は、さらに、梁形状2、3、4による効果の違いをより厳密に見たものであり、梁形状2に比べ、連結部を有する梁形状3、4の方が不要振動を抑制する効果が大きく、さらに梁形状3に比べ、連結部の長い梁形状4の方が効果が大きい。

【0040】

さらに、本実施形態によれば、各梁部21、31における第1の梁22、32と第2の梁23、33との間隔において、接続棒部同士の間隔W1を平行棒部同士の間隔W2よりも大きくしているため、連結部24、34を十分に長くでき、結果的に、第1の梁の平行棒部と第2の梁の平行棒部とに生じる変位の相違を吸収しやすくでき、より効果的に振動を阻害しないようにできる。

【0041】

連結部の長さについて、さらに厳密に検討した結果を図6に示す。この図6は、連結部24、34の長さW1と平行棒部22a、23a、32a、33a同士の間隔(梁間隔)W2との比W1/W2に対する不要振動出力を調べたものである。長さW1は、上記図3に示した接続棒部22b、23b、32b、33b同士の間隔W1に相当するものである。

【0042】

W1とW2との比が1( $W1/W2 = 1$ )に対して、W1とW2との比が5以上になると、その効果が大きいといえる。そして、比W1/W2が5あたりで効果は飽和しており、比W1/W2が5以上あれば十分と言える。つまり、接続棒部22b、23b、32b、33b同士の間隔W1と平行棒部22a、23a、32a、33a同士の間隔W2との比W1/W2が、5以上であることが好ましく、それにより、不要振動の低減効果が最大限に発揮される。

【0043】

また、連結部が太すぎると連結部による一对の梁部の固定が強すぎて、振動を阻害する恐れがあり、更に、センサの加工上、連結部が細すぎると加工しにくくなるため、連結部24、34の幅を、一对の梁部22、23、32、33と略同一の幅とすることが好ましい。

【0044】

図7には、連結部の形状による効果の違いを示す。図7の梁形状5、6は両方とも本実施形態のものである。梁形状5は、外側の梁と内側の梁とが連結部にて接続される領域(つまり、接続棒部)においても、同様の梁幅となっている(さらに、連結部も梁と同様の梁幅となっている)が、梁形状6は、外側の梁が連結部にて接続される領域(接続棒部)において、内側の梁よりもその幅が大きくなっているものである。

【0045】

この図7から、連結部(連結棒)24、34にて連結される領域(接続棒部、折り返し部)22b、23b、32b、33bにおいて、外側の梁(第2の梁)23、33と内側の梁(第1の梁)22、32との梁幅は同等であることが好ましいと言える。

【0046】

また、連結部(連結棒)24、34は、内側の梁(第1の梁)22、32に連結する部位から外側の梁(第2の梁)23、33に連結する部位に渡ってほぼ同じ幅であることが好ましいといえる。これは、連結部や梁部の折り返し部に肉厚の部分が存在すると、連結部や折り返し部の質量が増加し、この影響が不要振動に影響すると考えられるためである。

【0047】

ここで、本実施形態の具体的な効果を図8に示す。図8は、本角速度センサ100と従来の角速度センサとの梁部の加工誤差に対する不要振動振幅の度合を調べた一例である。本角速度センサ100においては、梁部の各寸法W1~W3を、上記の図3を参照して述べた具体的寸法とした。また、従来のものにおいては、図4に示したような1本の梁よりな

10

20

30

40

50

る梁部 1 を持つものとし、梁部 1 の幅を  $15\ \mu\text{m}$  とした。図 8 からわかるように、本実施形態（破線）によれば加工誤差があっても従来（実線）に比べて不要振動を大幅に低減できている。

【0048】

なお、上記実施形態では、駆動用梁部 21 及び検出用梁部 31 共に、平行に離間配置して連結された一対の梁構成としているが、当該構成を、これら各梁部 21、31 のうちどちらか一方のみに適用したものであっても良い。即ち、駆動用梁部 21 のみを本発明でいう梁部としても良いし、検出用梁部 31 のみを本発明でいう梁部としても良い。また、本発明は、角速度センサ以外にも、加速度センサ等の半導体力学量センサに適用可能である。

【図面の簡単な説明】

10

【図 1】本発明に係る角速度センサの一実施形態を示す平面図である。

【図 2】図 1 中の A - A 断面を含む一部断面斜視図である。

【図 3】図 1 に示す角速度センサにおける梁部の寸法説明図である。

【図 4】図 1 に示す角速度センサの作用説明図である。

【図 5】梁形状の違いによる不要振動を角速度として算出したデータを示す図である。

【図 6】連結部の長さ  $W_1$  と平行棒部同士の間隔  $W_2$  との比  $W_1 / W_2$  に対する不要振動出力を調べた結果を示す図である。

【図 7】連結部の形状による不要振動出力への影響を調べた結果を示す図である。

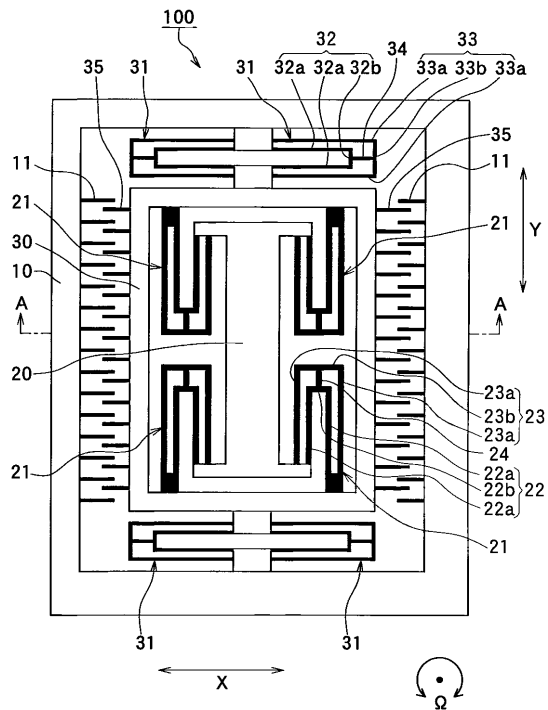
【図 8】本発明の角速度センサと従来の角速度センサとの梁部の加工誤差に対する不要振動振幅の度合を示すグラフである。

20

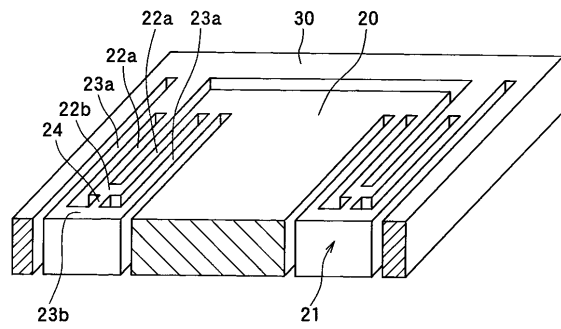
【符号の説明】

- 10 ... 基部、20 ... 駆動用振動子、21 ... 駆動用梁部、
- 22 ... 駆動用梁部の第 1 の梁、23 ... 駆動用梁部の第 2 の梁、
- 24 ... 駆動用梁部の連結部、30 ... 検出用振動子、31 ... 検出用梁部、
- 32 ... 検出用梁部の第 1 の梁、33 ... 検出用梁部の第 2 の梁、
- 34 ... 検出用梁部の連結部、22a、23a、32a、33a ... 平行棒部、
- 22b、23b、32b、33b ... 接続棒部。

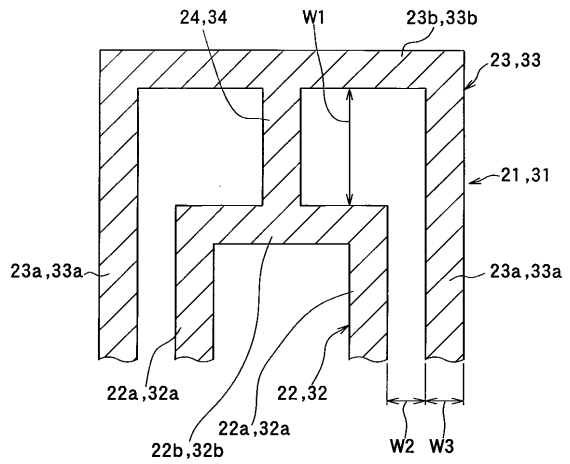
【図 1】



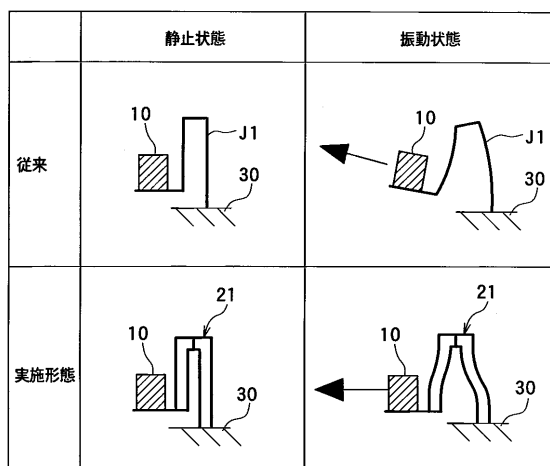
【図 2】



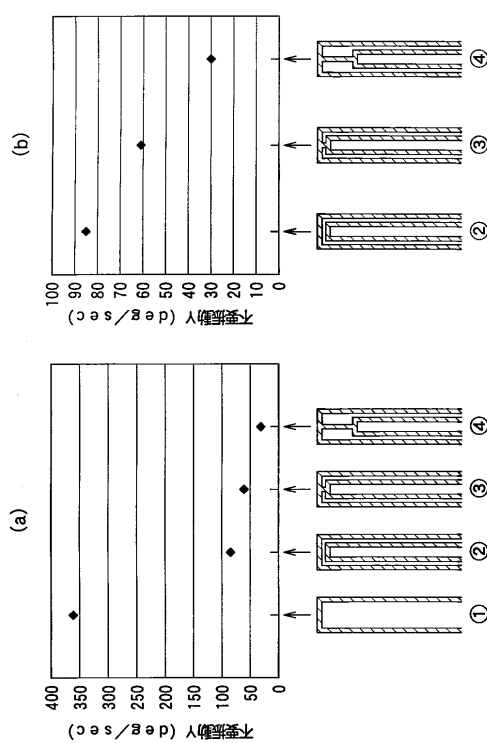
【図 3】



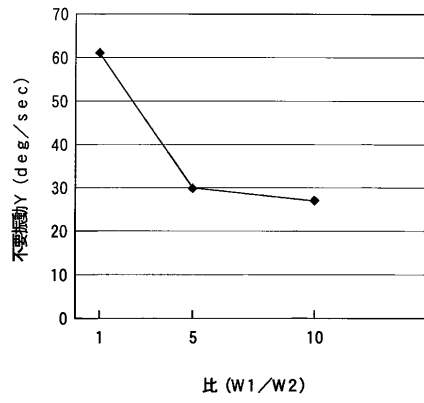
【図 4】



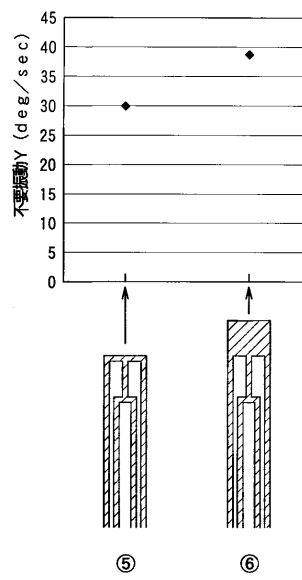
【図 5】



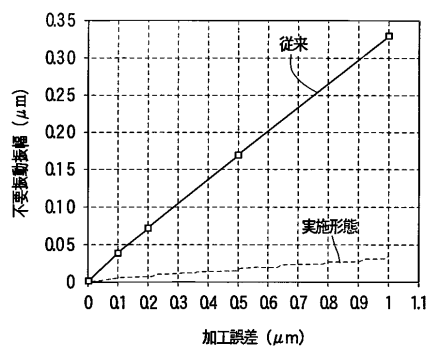
【図 6】



【図 7】



【図 8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 頼永 宗男

愛知県西尾市下羽角町岩谷 1 4 番地 株式会社日本自動車部品総合研究所内

(72)発明者 樋口 祐史

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

審査官 谷口 智利

(56)参考文献 特開平 0 8 - 2 6 4 8 1 0 ( J P , A )

特開平 0 3 - 2 3 0 7 7 9 ( J P , A )

特開平 1 1 - 3 4 4 5 0 7 ( J P , A )

米国特許第 0 5 9 4 8 9 8 2 ( U S , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01C 19/56

G01P 9/04

G01P 15/125

H01L 29/84