

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-48643

(P2010-48643A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.

G 0 1 P 15/10 (2006.01)

F I

G O 1 P 15/10

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-212511 (P2008-212511)  
 (22) 出願日 平成20年8月21日 (2008.8.21)

(71) 出願人 000003104  
 エプソントヨコム株式会社  
 東京都日野市日野4 2 1-8  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100107261  
 弁理士 須澤 修  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (72) 発明者 渡辺 潤  
 東京都日野市日野4 2 1-8 エプソント  
 ヨコム株式会社内

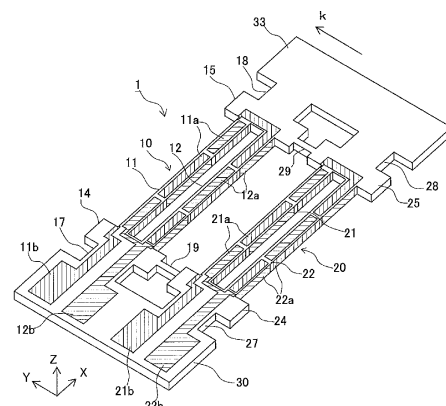
(54) 【発明の名称】 加速度検知ユニット、及び加速度センサ

## (57) 【要約】

【課題】 加速度検出感度、精度が優れ、温度特性のよい小型の加速度検知ユニットを得る。

【解決手段】 加速度検知ユニット1は、第1及び第2の双音叉振動素子10、20と、固定部及び可動部30、33と、この固定部及び可動部30、33と第1及び第2の双音叉振動素子10、20の夫々の基部とを連結する接続部17、18及び27、28と、を備えている。第1の双音叉振動素子10は、夫々並列に配置された2本の振動腕11、12と、2本の振動腕11、12の延伸方向の両端を夫々結合する2つの基部14、15と、を有し、各振動腕11、12は延伸方向が同一方向で且つ同一平面上に配置されている。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

夫々並列に配置された 2 本の振動腕、及び該 2 本の振動腕の延伸方向の両端を夫々結合する 2 つの基部を夫々が有し、前記各振動腕は延伸方向が同一方向で且つ同一平面上に配置された第 1 及び第 2 の双音叉振動素子と、

前記基部の両側に前記第 1 及び第 2 の双音叉振動素子を挟むように配置される 2 つの端部と、

前記各端部と該端部に隣接する基部とを接続する接続部と、

前記第 1 及び第 2 の双音叉振動素子の隣接する基部の内、少なくとも一方の基部同士を結合する結合腕と、

を備えることを特徴とする加速度検知ユニット。

## 【請求項 2】

前記 2 つの端部は、一方が固定部、他方が可動部であり、

前記固定部と前記可動部との間に前記結合腕と、前記基部に接触しない梁とを設け、前記梁の一方を前記固定部に連結し、他方を前記可動部に連結したこと特徴とする請求項 1 に記載の加速度検知ユニット。

## 【請求項 3】

少なくとも、請求項 1 又は 2 に記載の加速度検知ユニットと、前記加速度検知ユニットの一方の双音叉振動素子を用いて構成される発振回路と、前記加速度検知ユニットの他方の双音叉振動素子を用いて構成される移相回路と、前記移相回路の出力信号と前記発振回路の出力信号とを乗算する乗算器と、を備え、前記移相回路の入出力信号の移相角度の変化に対応した値から加速度を求めることを特徴とする加速度センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、加速度検知ユニット、及び加速度センサに関し、特に加速度処理回路における 90° 移相部の機能を、共振子間を連結する結合腕の機能で代替し、温度特性を改良した加速度検知ユニット、及び加速度センサに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

加速度センサは従来から自動車、航空機、ロケットから各種プラントの異常振動監視等まで、広く使用されている。特許文献 1 には、2 個の音叉振動素子を用いた加速度センサが開示されている。

図 4 は特許文献 1 に開示されている従来の加速度センサ素子の平面図である。

加速度センサ素子 60 は、第 1 及び第 2 圧電振動片 61、65 と、パッケージ 70 と、を備え、第 1 圧電振動片 61 と第 2 圧電振動片 65 とは、パッケージ 70 内に並列に実装されている。第 1 圧電振動片 61 は、屈曲振動する振動腕 62 及び 63 を備え、振動腕 62 及び 63 は、基端部 64 から互いに平行に延出している。そして、第 2 圧電振動片 65 は、屈曲振動する振動腕 66 及び 67 を備え、振動腕 66 及び 67 は、基端部 68 から互いに平行に延出している。振動腕 62 及び 63 とは、発振回路と電氣的に接続された図示しない励振電極を備える。

第 1 圧電振動片 61 と第 2 圧電振動片 65 とは、パッケージ 70 の底面の同一平面に実装され、第 1 圧電振動片 61 と第 2 圧電振動片 65 とは、互いに逆向きに実装されている。

加速度センサ素子 60 に、例えば図 4 の矢印 71 のように加速度が右方向から左方向に向けて作用した場合、第 1 圧電振動片 61 は、基端側 64 から振動腕 62、63 の先端側に向けて慣性力（加速度×質量）が作用し、振動腕 62、63 に引っ張り応力が作用する。このため、第 1 圧電振動片 61 の共振周波数は、高周波数側に偏倚し、共振周波数が（ $f_0 + f$ ）になる。これに対して、第 2 圧電振動片 65 は、振動腕 66、67 の先端側から基端側 68 に向けて慣性力が作用し、振動腕 66、67 に圧縮の応力が作用して、共

10

20

30

40

50

振周波数が低周波数側に偏倚し、共振周波数が ( $f_0 - f$ ) になる。すなわち、 $f$  は加速度に対応した値となる。

【0003】

図6は、従来の加速度センサの説明図である。

この図6に示す加速度センサ80は、発振部81と、波形整形部82と、90°移相部83と、移相回路部84と、波形整形部85と、乗算器86と、ローパスフィルタ87と、微分回路88と、を備えている。発振部81は、加速度センサ素子60の第1圧電振動片61と、発振回路81aとから構成されている。移相回路部84は、加速度センサ素子60の第2圧電振動片65と、抵抗R1、R2との型回路から構成されている。

図5は、移相回路部84の周波数-移相特性であり、加速度が無印加のときは同図(イ)の曲線で示す周波数-移相特性を呈する。加速度が印加されると伸長応力、圧縮応力により図5(ハ)、(ロ)に示す特性となる。

図4に示す加速度センサ素子60のように、第1及び第2圧電振動片61、65を互いに逆向きに配置することにより、加速度が印加された場合、移相回路部84の位相変化は、移相回路部84の位相変化がない場合に比べて、約2倍の移相角度となる。

加速度センサは、発振部81の周波数を波形整形した矩形波と、90°移相部83、移相回路部84を経由した矩形波を乗算器86で乗算し、それをローパスフィルタ87と、微分回路88と、を経て電圧に変換し、加速度を求める。

【特許文献1】特開2008-107316公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に開示された加速度センサ素子60の第1及び第2圧電振動片61、65は、音叉振動素子を用いており、加速度の測定感度と精度が不十分であるという問題があった。

また、90°移相部83は電子部品で構成されており、移相部83の温度特性により、位相がずれ、加速度の測定精度が落ちるという問題があった。

本発明は上記問題を解決するためになされたもので、加速度の測定感度と精度を改善した加速度検知ユニットと、温度特性を改善した加速度センサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上記の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態又は適用例として実現することが可能である。

【0006】

[適用例1] 夫々並列に配置された2本の振動腕、及び該2本の振動腕の延伸方向の両端を夫々結合する2つの基部を有し、前記各振動腕は延伸方向が同一方向で且つ同一平面上に配置された第1及び第2の双音叉振動素子と、前記基部の両側に前記第1及び第2の双音叉振動素子を挟むように配置される2つの端部と、前記各端部と該端部に隣接する基部とを接続する接続部と、前記第1及び第2の双音叉振動素子の隣接する基部の内、少なくとも一方の基部同士を結合する結合腕と、を備える加速度検知ユニットを特徴とする。

【0007】

以上のように2つの双音叉振動素子の基部同士を結合する結合腕を設けることにより、結合腕が90°移相部として機能し、従来は電子部品で構成していた90°移相部を双音叉振動素子と同じ材質で構成することが可能となるので、90°移相部が不要となるため回路が簡素化、小型になると共に、振動もれによる精度劣化を防ぎ、温度特性の優れた加速度検知ユニットを構成することができるという効果がある。

【0008】

[適用例2] 前記2つの端部は、一方が固定部、他方が可動部であり、前記固定部と前記可動部との間に前記結合腕と、前記基部に接触しない梁とを設け、前記梁の一方を前記固定部に連結し、他方を前記可動部に連結した適用例1に記載の加速度検知ユニットを特

10

20

30

40

50

徴とする。

【 0 0 0 9 】

以上のように固定部と可動部との間に梁を設けることにより、加速度ユニットが堅牢になると共に、並列した２つの双音叉振動素子に加わる伸長応力、圧縮応力がより明確に働くようになるという効果がある。

【 0 0 1 0 】

[ 適用例 3 ] 少なくとも、請求項 1 又は 2 に記載の加速度検知ユニットと、前記加速度検知ユニットの一方の双音叉振動素子を用いて構成される発振回路と、前記加速度検知ユニットの他方の双音叉振動素子を用いて構成される移相回路と、前記移相回路の出力信号と前記発振回路の出力信号とを乗算する乗算器と、を備え、前記移相回路の入出力信号の移相角度の変化に対応した値から加速度を求める加速度センサを特徴とする。

10

【 0 0 1 1 】

以上のように、加速度検知ユニットを用いて加速度センサを構成すると、双音叉振動素子の特徴である振動もれによる精度不良が大幅に抑制され、加速度検出感度、精度、温度特性が改善されると共に、加速度センサの小型化が図られるという効果がある。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態に係る加速度検知ユニット 1 の構成を示す概略斜視図である。加速度検知ユニット 1 は、第 1 及び第 2 の双音叉振動素子 1 0、2 0 と、固定部及び可動部 3 0、3 3 と、該固定部及び可動部 3 0、3 3 と前記第 1 及び第 2 の双音叉振動素子 1 0、2 0 の夫々の基部とを連結する接続部 1 7、1 8 及び 2 7、2 8 と、を備えている。

20

第 1 の双音叉振動素子（双音叉水晶振動素子）1 0 は、夫々並列に配置された 2 本の振動腕 1 1、1 2 と、該 2 本の振動腕 1 1、1 2 の延伸方向の両端を夫々結合する 2 つの基部 1 4、1 5 と、を有し、各振動腕 1 1、1 2 は延伸方向が同一方向で且つ同一平面上に配置されている。振動腕 1 1、1 2 には励振電極 1 1 a、1 2 b が断面方向の四面に形成され、該励振電極 1 1 a、1 2 b により、基部 1 4、1 5 の端を振動の節、振動腕 1 1、1 2 の中央部を振動の腹とする互いに対称な屈曲振動が励振されるように、構成されている。なお、基部 1 4、1 5 は、振動腕 1 1、1 2 の振動エネルギーの漏洩を防ぐために設けられている。

30

第 2 の双音叉振動素子（双音叉水晶振動素子）2 0 は、第 1 の双音叉振動素子と同様に、夫々並列に配置された 2 本の振動腕 2 1、2 2 と、該 2 本の振動腕 2 1、2 2 の延伸方向の両端を夫々結合する 2 つの基部 2 4、2 5 と、を有し、各振動腕 2 1、2 2 は延伸方向が同一方向で且つ同一平面上に配置されている。振動腕 2 1、2 2 には、第 1 の双音叉振動素子と同様に、励振電極が形成され、振動腕 2 1、2 2 に励起される振動モードは、基部 2 4、2 5 の端を振動の節、振動腕 2 1、2 2 の中央部を振動の腹とする互いに対称な屈曲振動である。

【 0 0 1 3 】

固定部 3 0 は、矩形平板状に形成され、該固定部 3 0 の中央より図中左寄りの端部が接続部 1 7 を介して第 1 の双音叉振動素子 1 0 の基部 1 4 と連結されている。また、固定部 3 0 の中央より図中右寄りの端部が接続部 2 7 を介して第 2 の双音叉振動素子 2 0 の基部 2 4 と連結されている。固定部 3 0 の中央より図中左寄りの上面には、第 1 の双音叉振動素子 1 0 の励振電極 1 1 a、1 2 a と導通する端子電極 1 1 b、1 2 b が設けられている。また、固定部 3 0 の中央より図中右寄りの上面には、第 2 の双音叉振動素子 2 0 の励振電極 2 1 a、2 2 a と導通する端子電極 2 1 b、2 2 b が設けられている。なお、加速度検知ユニット 1 を用いる際には、固定部 3 0 をパッケージ等の筐体に固定して用いる。

40

可動部 3 3 は、矩形平板状に形成され、該可動部 3 3 の中央より図中左寄りの端部が接続部 1 8 を介して第 1 の双音叉振動素子 1 0 の基部 1 5 と連結されている。また、可動部 3 3 の中央より図中右寄りの端部が接続部 2 8 を介して第 2 の双音叉振動素子 2 0 の基部

50

25と連結されている。なお、可動部33は、加速度が印加された場合には自由に揺動するように構成されている。

#### 【0014】

図1に示す例では、第1の双音叉振動素子10の基部14、15と、第2の双音叉振動素子20の基部24、25とが、夫々細い結合腕19、29により連結されている。第1及び第2の双音叉振動素子10、20の基部14、15及び24、25を連結する結合腕19、29は、基部14、15、24、25から漏洩した振動エネルギーの伝搬路として機能する。しかし、結合腕19、29は少なくとも一方があれば、本発明の加速度検知ユニット1として機能する。

例えば、第1の双音叉振動素子10が発振回路に接続されて励振される場合、第1の双音叉振動素子10の振動エネルギーの大部分は、基部14、15間に閉じ込められるが、基部14、15からわずかに漏洩し、この漏洩した振動エネルギーが結合腕19、29を伝わり、第2の双音叉振動素子20の基部24、25に伝搬する。第2の双音叉振動素子20の固有の共振周波数が、漏洩した振動エネルギーの周波数に近い場合には、第2の双音叉振動素子20がこの漏洩振動エネルギーで励振され、第2の双音叉振動素子20の固有の共振周波数で共振する。結合腕19、29の構造により、第1及び第2の双音叉振動素子10、20の結合度を調整することが可能である。

#### 【0015】

図1に示した加速度検知ユニット1の基板は、例えばZカット水晶ウエハにフォトリソグラフィ技法を適用して形成することができる。励振電極11a、12a、21a、22aと、端子電極11b、12b、21b、22bとは、基板を形成した後に真空中で蒸着、スパッタ等の方法で形成する。

#### 【0016】

ここで、双音叉水晶振動素子について簡単に説明する。双音叉水晶振動素子は伸張・圧縮応力に対する感度が良好であり、高度計用、或いは深度計用の応力感応素子として使用した場合には、分解能力が優れているために僅かな気圧差から高度差、深度差を知ることができる。また、双音叉水晶振動素子が呈する周波数温度特性は、上に凸の二次曲線となり、その頂点温度が常温(25℃)になるように各パラメータを設定する。

双音叉水晶振動素子の2本の振動腕に外力Fを加えたときの共振周波数 $f_F$ は以下の如くである。

$$f_F = f_0 \left( 1 - (KL^2F) / (2EI) \right)^{1/2} \cdots (1)$$

ここで、 $f_0$ は外力がないときの双音叉水晶振動素子の共振周波数、Kは基本波モードによる定数(=0.0458)、Lは振動腕の長さ、Eは縦弾性定数、Iは断面2次モーメントである。断面2次モーメントIは $I = dw^3 / 12$ より、式(1)は次式のように変形することができる。ここで、dは振動腕の厚さ、wは幅である。

$$f_F = f_0 \left( 1 - S_F \right)^{1/2} \cdots (2)$$

但し、応力感度 $S_F$ と、応力 $\sigma$ とはそれぞれ次式で表される。

$$S_F = 12(K/E)(L/w)^2 \cdots (3)$$

$$= F / (2A) \cdots (4)$$

ここで、Aは振動腕の断面積(=w・d)である。以上から双音叉振動子に作用する力Fを圧縮方向のとき負、伸張方向(引張り方向)を正としたとき、力Fと共振周波数 $f_F$ の関係は、力Fが圧縮力で共振周波数 $f_F$ が減少し、伸張(引張り)力では増加する。また応力感度 $S_F$ は振動腕のL/wの2乗に比例する。

しかし、応力感応素子30としては、双音叉水晶振動素子に限らず、伸張・圧縮応力によって周波数が変化する圧電振動素子であれば、どのようなものを用いても良い。また、応力と頂点温度との関係は、双音叉水晶振動素子に伸張応力を付加すると頂点温度は低音側へシフトし、圧縮応力を加えると高温側へシフトする特性を有している。

#### 【0017】

図1に示す加速度検知ユニット1の動作について説明する。固定部30はパッケージ等の外部部材に固定され、可動部33は揺動可能な自由端とする。第1及び第2の双音叉振

10

20

30

40

50

動素子 10、20 の共振周波数は、共に  $f_0$  に設定する。加速度検出軸方向は、加速度検知ユニット 1 の主面に平行な Y 軸方向とする。加速度  $k$  が矢印方向 (+ Y 軸方向) に印加されると、慣性力により - Y 軸方向に  $Mk$  ( $M$  は加速度ユニット 1 の質量) の力  $F$  が働く。この力  $F$  により第 1 及び第 2 の双音叉振動素子 10、20 は、Z 軸に垂直な平面 (Z 面) 上を - Y 軸方向に撓むことになる。このとき、第 1 の双音叉振動素子 10 には伸長応力が働き、その共振周波数  $f_0$  は増加して  $(f_0 + \Delta f)$  に、第 2 の双音叉振動素子 20 には圧縮応力が働き、その共振周波数  $f_0$  は減少して  $(f_0 - \Delta f)$  となる。

また、加速度  $k$  が - Y 軸方向に印加される場合は、第 1 の双音叉振動素子 10 には圧縮応力が働き、その共振周波数  $f_0$  は減少して  $(f_0 - \Delta f)$  に、第 2 の双音叉振動素子 20 には伸長応力が働き、その共振周波数  $f_0$  は増加して  $(f_0 + \Delta f)$  となる。

#### 【0018】

図 2 は、本発明の実施の形態に係る加速度センサ 5 の構成を示す図である。加速度センサ 5 は、加速度検知ユニット 1 と、発振回路 40 と、波形整形部 41 と、抵抗回路 42 と、波形整形部 43 と、乗算器 44 と、ローパスフィルタ 45 と、微分回路 46 と、を備えている。加速度検知ユニット 1 の第 1 の双音叉振動素子 10 の端子電極 11b、12b は、発振回路 40 に接続され、共振周波数  $f_0$  で励振される。加速度検知ユニット 1 の第 2 の双音叉振動素子 20 の端子電極 21b、22b は、夫々抵抗回路 42 の抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  の一方の端子に接続され、抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  の他方の端子は夫々接地されている。つまり、第 2 の双音叉振動素子 20 と、抵抗  $R_1$ 、 $R_2$  とで  $\pi$  型回路が形成され、図 6 に示す従来の加速度センサの移相回路部 84 と同様な移相回路 P が構成される。

従来の加速度センサの構成と大きく異なる点は、図 6 に示す  $90^\circ$  移相部 83 の機能が、加速度検知ユニット 1 の第 1 の双音叉振動素子 10 の基部 14、15 と、第 2 の双音叉振動素子 20 の基部 24、25 と、を夫々連結する結合腕 19、29 の機能で代替えされた点である。つまり、 $90^\circ$  移相部 83 の電子回路が、結合腕 19、29 というメカニカル部材を用いて構成されているところである。複数の機械的振動体を結合子で結合して機能デバイスを構成することは、メカニカルフィルタの分野では古くより例のあることである。

加速度検知ユニット 1 の固定部 30 の端子電極 11b、12b を発振回路 40 に接続し、第 1 の双音叉振動素子 10 を励振すると、大部分の振動エネルギーは基部 14、15 間に閉じ込められ、互いに対称な屈曲振動モードの共振状態となる。しかし、屈曲振動の振動エネルギーがわずかに基部 14、15 に漏洩し、該基部 14、15 と結合腕 19、29 とを伝搬して、第 2 の双音叉振動素子 20 の基部 24、25 に伝搬する。基部 24、25 に伝搬した振動エネルギーの周波数が、第 2 の双音叉振動素子 20 の共振周波数にほぼ等しければ、この漏洩した振動エネルギーにより第 2 の双音叉振動素子 20 が励振され、互いに対称な屈曲振動モードで共振する。

#### 【0019】

本発明の特徴は、振動エネルギーが結合腕 19、29 を伝搬する際に、結合腕 19、29 が  $90^\circ$  移相部として機能することである。従来の  $90^\circ$  移相部は電子部品を用いて構成していたため、温度特性に問題があったが、結合腕 19、29 は、双音叉振動素子 10、20 と同じ材質で一体的に形成されるため、温度特性が大幅に改善されるという効果がある。

以上のように 2 つの双音叉振動素子の基部同士を結合する結合腕を設けることにより、結合腕が  $90^\circ$  移相部として機能し、従来は電子部品で構成していた  $90^\circ$  移相部を双音叉振動素子と同じ材質で構成することが可能となる。従って、加速度センサを構成する際に、 $90^\circ$  移相部が不要となるため回路が簡素化、小型になると共に、振動もれによる精度劣化を防ぎ、温度特性の優れた加速度検知ユニットを構成することができるという効果がある。

#### 【0020】

図 2 は本発明に係る加速度センサ 5 の構成を示す図であり、加速度センサ 5 は、加速度検知ユニット 1 と、加速度検知ユニット 1 の一方の双音叉振動素子 10 を発振させる発振回

10

20

30

40

50

路 40 と、加速度検知ユニット 1 の他方の双音叉振動素子 20 を備えた移相回路 P と、移相回路 P の出力信号と発振回路の出力信号とを乗算する乗算器 44 と、ローパスフィルタ 45 と、微分回路 46 と、を備えている。

図 2 に示す加速度センサ 5 と、図 6 に示す従来例の加速度センサ 80 とを対比して、その動作を説明する。図 2 と図 6 では同じ機能の回路部の出力は、同じ符号 A、B、C ... を用いて表している。

始めに加速度検知ユニット 1 に加速度が印加されない場合の加速度センサ 5 の動作を説明する。

第 1 の双音叉振動素子 10 を接続した発振回路 40 は、図 7 (A) に示した正弦波で周波数  $f_0$  の信号を出力する。この出力信号は、波形整形部 41 に入力され、図 7 (B) に示した矩形波の信号に変換されて、乗算器 44 に入力される。

一方、発振回路 40 で励振された第 1 の双音叉振動素子 10 は、周波数  $f_0$  で共振し、この共振時の振動エネルギーの大部分は基部 14、15 間に閉じ込められるが、僅かの振動エネルギーは基部 14、15 に漏洩し、結合腕 19、29 を伝わって第 2 の双音叉振動素子 20 の基部 24、25 に到達する。基部 24、25 に到達した振動エネルギーは、基部 24、25 より振動腕 21、22 に伝わり、振動エネルギーの周波数 ( $f_0$ ) が振動腕 21、22 の共振周波数 ( $f_0$ ) とほぼ等しく設定されているため、第 2 の双音叉振動素子 20 は周波数  $f_0$  で共振する。

このとき、基部 14、15 から漏洩する振動エネルギーは、結合腕 19、29 を伝搬する際に振動周波数の位相が  $90^\circ$  遅らされることになる。つまり、図 7 (C) に示すように、位相が  $90^\circ$  遅らされた振動エネルギーが第 2 の双音叉振動素子 20 に伝わり、周波数  $f_0$  の共振が生じる。

#### 【0021】

第 2 の双音叉振動素子 20 と抵抗回路 42 の R1、R2 とで移相回路 P を構成すると、その機能は図 6 に示す移相回路部 84 の機能と同様である。つまり、加速度が無印加の場合は、移相回路 P の第 2 の双音叉振動素子 20 の共振周波数  $f_0$  は、第 1 の双音叉振動素子 10 の共振周波数  $f_0$  と同じである。このため、移相回路 P の周波数 - 移相特性は、図 5 (イ) の曲線で示され、移相回路 P の出力信号の周波数は  $f_0$  であり、図 7 (D) に示すように、移相回路 P による位相の変化は生じない。移相回路 P の出力信号は波形整形部 43 により波形整形され、図 7 (E) の実線に示した矩形波に変換されて、乗算器 44 に

乗算器 44 は、例えば EX-OR (排他的論理和回路) で構成されており、乗算器 44 に入力する波形整形部 41、43 の出力信号が、いずれか一方が「1」であって、いずれか他方が「0」のときに、EX-OR は「1」を出力する。つまり、図 7 (F) の実線の信号を出力する。この矩形波信号は、ローパスフィルタ 45 により時間について積分され、出力される。加速度が印加されていない場合、乗算器 44 の矩形波出力信号のデューティ比は 50% となるので、ローパスフィルタ 44 は、図 7 (F) の実線の矩形波信号の平均値  $V_0$  を出力する。

#### 【0022】

次に、加速度検知ユニット 1 に図 1 の矢印方向 (+Y 軸方向) の加速度  $k$  が印加される場合を考える。加速度  $k$  により第 1 の双音叉振動素子 10 には伸長応力が働き、共振周波数が  $f_0$  から、( $f_0 + f$ ) に変化する。移相回路 P を構成する第 2 の双音叉振動素子 20 には、圧縮応力が働き、共振周波数が  $f_0$  から ( $f_0 - f$ ) に変化する。このため、移相回路 P の周波数 - 移相特性が図 5 (ロ) に示した曲線 (破線) のよう変化する。従って、第 1 の双音叉振動素子 10 の共振周波数 ( $f_0 + f$ ) が、結合腕 19、29 を経由し、位相を  $90^\circ$  遅らされて移相回路 P に入力する。移相回路 P では、加速度  $k$  により入力信号に対し、出力信号の位相が だけ遅らされる ( $-$ ) ことになる。そのため、波形整形部 43 からは図 7 (E) の破線で示した矩形波が出力される。このため、乗算器 44 の出力信号は、図 7 (F) の破線で示したデューティ比が 50% より大きな矩形信号となり、該矩形信号 がローパスフィルタ 45 に入力される。ローパスフィルタ 45 は

、入力する矩形波信号 の平均値を求め、 $V_0$ より大きな電圧信号を出力する。

微分回路 4 6 は、ローパスフィルタ 4 5 が出力する電圧が入力され、時間で微分した値が出力される。つまり、結合腕 1 9、2 9 を経由した出力信号と、移相回路 P との出力信号と、の位相差のずれ量に応じた値の変化を出力する。また、ずれ量の変化は、移相角度が変化し始めにおいて、加速度に対応するため、微分回路 4 6 の出力によって加速度を求めることができる。

以上のように、本発明の加速度検知ユニットを用いて加速度センサを構成すると、双音又振動素子の特徴である振動もれによる精度不良が大幅に抑制され、加速度検出感度、精度、温度特性が改善されると共に、加速度センサの小型化が図られるという効果がある。

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 は、第 2 の実施例の加速度検知ユニット 2 の構成を示す図であり、( a ) は平面図、( b ) は側面図である。加速度検知ユニット 2 は、図 1 に示した加速度検知ユニット 1 の一方の結合腕、例えば結合腕 2 9 を除き、固定部 3 0 と可動部 3 3 とを連結する梁 3 5 を設けた構成になっている。梁 3 5 は、弓状に形成され、固定部 3 0 と可動部 3 3 以外では第 1 及び第 2 の双音又振動素子 1 0、2 0、結合腕 1 9 等に接触しないように構成されている。

梁 3 5 を設けたことにより、Y 軸方向に加速度が印加された場合に、第 1 の双音又振動素子 1 0 と第 2 の双音又振動素子 2 0 とに、より明確に伸長応力、圧縮応力が作用するようになる。加速度検知ユニット 2 においても第 1 及び第 2 の双音又振動素子 1 0、2 0 の共振周波数をほぼ同一に設定し、第 1 及び第 2 の双音又振動素子 1 0、2 0 同士の結合は、結合腕 1 9 の形状寸法を調整することにより行う。

また、梁 3 5 の材質は、第 1 及び第 2 の双音又振動素子 1 0、2 0 と必ずしも同一の材料を用いなくともよい。

以上のように固定部と可動部との間に梁を設けることにより、加速度ユニットが堅牢になると共に、並列した 2 つの双音又振動素子に加わる伸長応力、圧縮応力がより明確に働くようになるという効果がある。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 本発明に係る加速度検知ユニットの構造を示した概略斜視図。

【 図 2 】 加速度センサの構成を示す図。

【 図 3 】 第 2 の実施例の加速度検知ユニットの、( a ) は平面図、( b ) は側面図。

【 図 4 】 従来 of 加速度センサ素子の構成を示す平面図。

【 図 5 】 移送回路部の周波数 - 移相特性を示す図。

【 図 6 】 従来 of 加速度センサの構成を示す図。

【 図 7 】 ( A ) ~ ( F ) は従来 of 加速度センサの作用を説明するタイムチャート。

#### 【 符号の説明 】

#### 【 0 0 2 5 】

1、2 ... 加速度検知ユニット、5 ... 加速度センサ、1 0 ... 第 1 の双音又振動素子、1 1、1 2、2 1、2 2 ... 振動腕、1 1 a、1 2 a、2 1 a、2 2 a ... 励振電極、1 1 b、1 2 b、2 1 b、2 2 b ... 端子電極、1 4、1 5、2 4、2 5 ... 基部、1 7、1 8、2 7、2 8 ... 接続部、1 9、2 9 ... 結合腕、2 0 ... 第 2 の双音又振動素子、3 0 ... 固定部、3 3 ... 可動部、3 5 ... 梁、4 0 ... 発振回路、4 1、4 3 ... 波形整形部、4 2 ... 抵抗回路、4 4 ... 乗算器、4 5 ... ローパスフィルタ、4 6 ... 微分回路

10

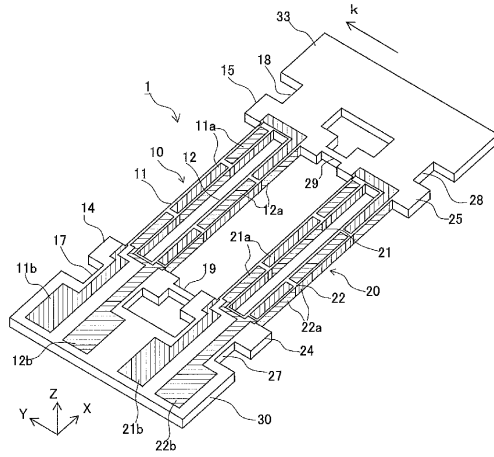
20

30

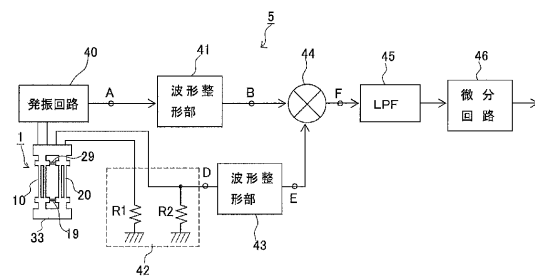
40



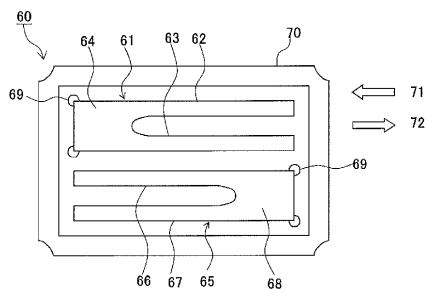
【図 1】



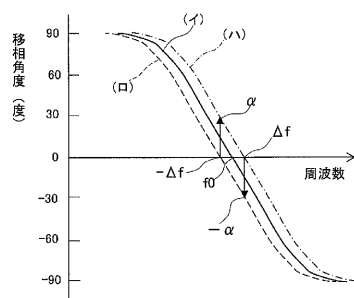
【図 2】



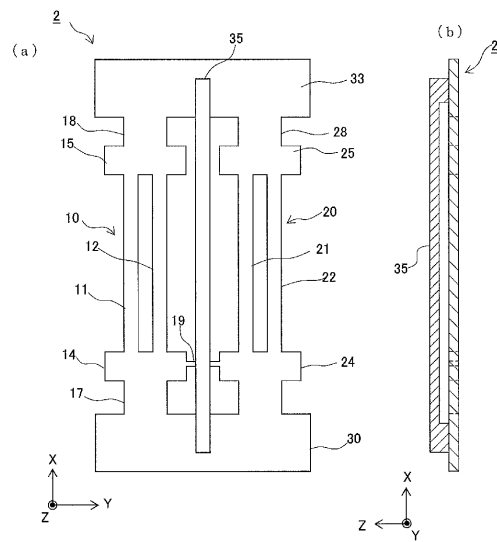
【図 4】



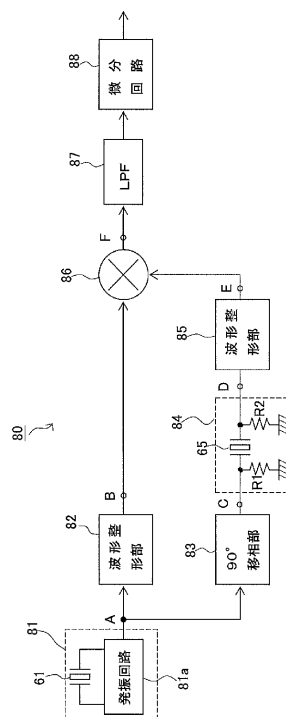
【図 5】



【図 3】



【図 6】



【図 7】

