

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4898010号
(P4898010)

(45) 発行日 平成24年3月14日(2012.3.14)

(24) 登録日 平成24年1月6日(2012.1.6)

(51) Int.Cl.

G O 1 C 19/5712 (2012.01)

F 1

G O 1 C 19/56 2 1 2

請求項の数 12 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2001-42440 (P2001-42440)
 (22) 出願日 平成13年2月19日 (2001.2.19)
 (65) 公開番号 特開2001-255153 (P2001-255153A)
 (43) 公開日 平成13年9月21日 (2001.9.21)
 審査請求日 平成20年2月14日 (2008.2.14)
 (31) 優先権主張番号 09/507.583
 (32) 優先日 平成12年2月19日 (2000.2.19)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 595041660
 ロベルト ボッシュ ゲー, エム, ベー,
 ハー,
 ドイツ連邦共和国、ティー-70442 シ
 ュトウットガルト、ポストファック 30
 0220
 (74) 代理人 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 (74) 代理人 100067138
 弁理士 黒川 弘朗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】分離された多ディスク・ジャイロスコープ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1軸を中心に動作する第1ディスクと、
 第1軸を中心に動作する第2ディスクと、
 前記第1ディスクおよび前記第2ディスクの間に位置する固定支持クランプであって、
 基板に接続可能である固定支持クランプと、
 接続構造と、
 前記接続構造に前記第1ディスクを接続する第1スプリングと
 前記接続構造に前記第2ディスクを接続する第2スプリングと、そして
 前記第1ディスクおよび前記第2ディスクに平行な軸に沿って位置する第3スプリング 10
 であって、前記接続構造に前記固定支持クランプを接続する第3スプリングと
 から構成され、
 前記第1ディスクおよび前記第2ディスクが前記第1軸を中心とする動作状態に設定さ
 れると、前記第1ディスクの動作は、前記第2ディスクの動作と位相がずれ、
 前記第1ディスクおよび前記第2ディスクは、ジャイロスコープ・システムに加えられ
 た外部速度に応答して、第2軸を中心とする運動に適応しており、そして
 前記外部速度が加えられるとき、前記第1ディスクおよび前記第2ディスクは、前記第
 1ディスクおよび前記第2ディスクにより前記接続構造に加えられた力がバランスするよ
 うに、反対方向に移動する
 ことを特徴とするジャイロスコープ・システム。

【請求項 2】

前記第1軸に垂直な他の軸を中心とするディスクの動作を感知するセンサをさらに備えることを特徴とする請求項1に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 3】

前記センサは、前記他の軸を中心とするディスクの動作によるキャパシタンスの変化を感知する電極であることを特徴とする請求項2に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 4】

前記接続構造は中心シリンダを有することを特徴とする請求項1に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 5】

前記接続構造は外部チューブを有することを特徴とする請求項1に記載のジャイロスコープ・システム。

10

【請求項 6】

前記ディスクは超小型電気機械コンポーネントとして実現され、

前記固定支持クランプは、超小型電気機械コンポーネントとして実現され、

前記基板は超小型電気機械コンポーネントを支持することを特徴とする請求項1に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 7】

前記第1軸を中心とするディスクの動作を誘発するコーム・ドライブをさらに備えることを特徴とする請求項6に記載のジャイロスコープ・システム。

20

【請求項 8】

前記第1軸を中心とする前記第1ディスクの動作は、振動動作であり、

前記第1軸を中心とする前記第2ディスクの動作は、振動動作であることを特徴とする請求項6に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 9】

前記第1ディスクは前記固定支持クランプの上に配置され、

前記第2ディスクが前記固定支持クランプの下に配置されることを特徴とする請求項1に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 10】

前記第1スプリングは第1ばね定数を有し、

30

前記第2スプリングは第2ばね定数を有し、そして

前記第3スプリングは第3ばね定数を有する

ことを特徴とする請求項1に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 11】

前記第1および第2ばね定数は互いに等しくかつ前記第3ばね定数よりも大きいことを特徴とする請求項10に記載のジャイロスコープ・システム。

【請求項 12】

外乱によって生じた前記他の軸を中心とするディスクの動作への影響を取り除く手段をさらに備えることを特徴とする請求項2に記載のジャイロスコープ・システム。

【発明の詳細な説明】

40

【0001】**【発明の属する技術分野】**

本発明はジャイロスコープ装置に関する。特に、複数のディスクを含み、振動および外乱を除去しながら角速度を検出するようになっているジャイロスコープ装置が提供される。

【0002】**【従来の技術】**

振動するジャイロスコープは、「1次動作」では、軸線の周囲で回転振動で動作している、または線方向で振動している質量を含む。1次動作（回転または振動）の軸線に対して垂直の軸線の周囲でジャイロスコープに加えられる角速度により、ジャイロスコープは、1次動作の軸線（または方向）に対して垂直で、加えられた角速度の軸線に対して垂直な

50

第3軸線を中心とする2次動作で（または第2方向で）回転（または振動）する。ジャイロスコープは、航空機のナビゲーション・システムからダイナミック・コントロール・システム、自動車の安全システム、およびその他多くまでのアプリケーションで角速度を検出するために使用されている。

【0003】

ジャイロスコープは、垂直2次動作軸線を中心とするジャイロスコープの変位を通して、1本の軸線を中心に加えられた外部角速度を測定するので、ジャイロスコープ・システムは外部振動および変位の影響を受けやすく、これも2次動作軸線の周囲に外乱動作を引き起こす。

【0004】

概して、ジャイロスコープは、大型電磁気装置で構築されてきた。しかし、最近、微細加工したジャイロスコープが超小型電気機械システムの部品として開発されている。半導体の製造に使用するものと同様の技術を使用して、微小ジャイロスコープをシリコン・ウェーハ上に作成する。これらの技術には、基板の酸化、フォトレジスト材料の塗布、マスクを通した光またはX線への選択的露光、およびエッチングを含み、基板上に層状に装置を構築できる。このような超小型電気機械ジャイロスコープ装置の例が、国際PCT特許出願WO97/45699に記載されている。これは、ジャイロスコープの単一の振動質量を使用する1層の装置である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

微細加工したジャイロスコープ装置の別の例が、Greenへの米国特許第5,635,640号（「Greenの特許」）に記載されている。これは1層の装置（つまり1層のコンポーネントである。ただし、基板の層は数に含まれない）である。この特許は、2つの振動質量がばねで結合され、「コーム・ドライブ（comb drive）」によって駆動されるジャイロスコープについて記載している。このような1層装置は、基板から隔離または分離されず、したがって外部の振動および動作の影響を受けやすく、これは受感軸の周囲に加えられた角速度によって2次動作が誘発されなくても、2次動作軸に沿ってジャイロスコープを変位させることにより、ジャイロスコープの信号にノイズまたは誤信号を引き起こすことがある。さらに、ジャイロスコープが基板から隔離されていないので、ジャイロスコープまたはばねからのモーメントが基板に、そしてその逆に、基板からジャイロへ伝達がある。内部および外部の「ノイズ」力およびモーメントを除去し、基板から隔離されるようになっているジャイロスコープは、現在のジャイロスコープの限界を克服する。

【0006】

【課題を解決するための手段】

第1軸線の周囲で動作するようになっている少なくとも2枚のディスクと、基板に接続された固定支持クランプとを備えるジャイロスコープが提供される。ディスクは基板から分離され、ディスクは、第1ディスクの動作が第2ディスクの動作と位相がずれる方法で、第1軸線の周囲で動作するように設定される。

【0007】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の実施形態による分割した多層ジャイロスコープ・システムを示す。図1に示す例では、ジャイロスコープ・システムは、上部ディスク1、固定支持クランプ2、および下部ディスク3を含む3層を備える。固定された支持クランプ2は、例えば基板（図示せず）に固定される。上部および下部ディスク1、3は接続構造に接続される。図1に図示された実施形態では、接続構造は、3つの層1、2、3全部の間の相互接続部として働く中心シリンダ10である。

【0008】

図1のシステムが、図2で明快さを期して組立分解図で図示されている。接続構造、例えば中心シリンダ10は、ディスク1、3および支持クランプ2に対応する層に分解して図

10

20

30

40

50

示されているが、シリンダは実際には、3つの層を接続する連続構造で構成してもよい。各層は、ばねを介して接続構造、例えば中心シリンダ10に接続される。上部および下部ディスク1、3は、上部および下部ばね11、13を介して中心シリンダに接続される。中心シリンダは、支持ばね12を介して固定支持クランプ2に接続される。この方法で、ジャイロスコープ・システムを、これを支持する固定された基板から隔離または分離することができる。

【0009】

図2のジャイロスコープ・システムは、中心シリンダ10の中心に沿って1次動作軸線の周りで振動するようになっている。本発明の別の実施形態では、ジャイロスコープ・システムは、1次動作軸線の周囲でディスクが回転するようになっている。この場合、ディスクは、例えば機械的軸受を介して中心シリンダ10に取り付けることができる。別の実施形態では、中心シリンダ10を使用してディスクを支持する代わりに、例えばそれぞれが、（例えばばねを介して）ディスクを基板から分離した状態に維持するよう、それぞれが基板に取り付けられたディスクごとの個々の軸受けなど、別の構造を使用してもよい。

10

【0010】

図3a～図3cは、図2に示した層それぞれの上面図を示す。図3aは、例えば中心シリンダ10などの接続構造を通る1次動作軸線の周囲でディスクを振動させるコーム・ドライブ20を含む上部ディスク1を示す。コーム・ドライブ20は、例えばGreenの特許で記載された「ディザ・ドライブ・コーム」などのドライブでよい。図3cは下部ディスクを示し、これもコーム・ドライブ21を含む。コーム・ドライブがディスクを振動させるように図示されているが、電気力学的ドライブ、磁界、圧電力、熱光学素子、またはモータやばねなどの機械的直接入力部など、他の機構を使用してディスクを回転または振動させてもよいことは理解できるであろう。

20

【0011】

図3bは、固定された支持クランプ2を含む固定中間層4を示し、これは固定された基板（例えば下部ディスク13の下に配置される）に取り付けられ、これにジャイロスコープ・システムが最終的に取り付けられる。接続構造、例えば中心シリンダ10は支持ばね12を介して支持クランプ2に取り付けられている。固定中間層4には、角速度の入力に応答してディスクの動作を測定する動作センサ15も含まれている。

【0012】

30

図4は、本発明の実施形態によるジャイロスコープ・システムの操作方法を実際に示す。ジャイロスコープ・システムは、システムの動作をさらによく説明するために、x、yおよびzとラベルを付けた3次元軸線とともに図示されている。上部および下部ディスク1、3は、（例えばコーム・ドライブを使用して）y軸を中心に反対方向に振動する。図4に示すy軸は、1次動作軸線としても知られる。ディスクはそれぞれ、任意の範囲で振動するよう設計することができる。例えば、超小型電気機械ジャイロスコープ・システムには、±1.5～2.5°の範囲を使用することができる。上部および下部ディスク1、3は180°位相をずらして振動してもよい。この位相ずれの振動は、回転矢印40の方向で図示され、これは特定の時点におけるディスク1、3の回転方向を示す。外部角加速度（矢印41で示す）をz軸（受感軸としても知られる）の周囲でジャイロスコープ・システムに加えると、その結果生じるコリオリの力が、第3垂直軸（x軸で、検出軸、つまり2次動作軸線としても知られる）を中心とするジャイロスコープ・ディスク1、3の動作を誘発する。

40

【0013】

図4に示すように、受感軸を中心にしてジャイロスコープ・システムに加えられた時計回りの外から角速度は、2次動作軸を中心としたディスクの2次動作を引き起こす。この場合、上部ディスクには2次動作軸線を中心とした時計回りの回転が、下部ディスクには反時計回りの回転が誘発される。これは、上昇する上部ディスクの前縁および下降する上部ディスクの後縁を示す動作矢印42によって図示されている。逆に、反対方向に回転する下部ディスクは、反対方向に動作し、矢印43で示すように、下部ディスクの前縁は下降

50

して、下部ディスクの後縁は上昇する。振動するジャイロスコープの場合、2次動作の記述は、瞬間的な時間に関する。この場合の2次動作は、2次動作軸線を中心とする振動であり、上部と下部のディスク11、13が位相ずれの状態で振動する。

【0014】

例えば受感軸に沿って中間層4などに配置される動作センサ15は、ディスク1、3と基板層4の間の距離の変化を検出するようになっている。本発明の1つの実施形態では、動作センサ15は、ディスク1、3と中間層4の間のキャパシタンスの変化を検出するようになっている検出電極である。動作センサ15は、例えばGreenの特許に記載されているようなタイプでもよい。

【0015】

外部角速度に応答した対向する方向のディスクの動作は、検出電極の動作センサ15が検出するキャパシタンスの変化を、先行技術のシステムのようにディスクが1枚しかない場合に検出される変化に対して2倍にする。本発明の他の実施形態では、動作センサは、レーザまたは他の光学測定システム、圧電抵抗測定システム、またはディスクの2次動作を検出する他の任意のタイプのシステムを備えることができる。本明細書の記述では、キャパシタンスを検出する検出電極で構成された動作センサの例を使用するが、任意のタイプの動作センサを本発明の範囲内で実現できることが理解される。

10

【0016】

図5a、図5bおよび図5cは、図4に示すジャイロスコープ・システムに対する加速度またはモーメント入力に対する異なる状態および応答を示す。図5aは、(ディスクを駆動して1次動作軸の中心に振動または回転させる駆動トルクおよび重力以外に)ジャイロスコープに外部から角加速度または速度が作用していない場合の、上部および下部ディスク1、3の定常位置を示す。図4の矢印41によって現れる外部角速度により、ディスクは図5bで表すように動作し、上部ディスクの一方の縁が上昇して、下部ディスクの対応する縁が下降する。

20

【0017】

図5bから明白に分かるように、ディスク1、3と動作センサ15間の距離は、外部角速度に対する回転または振動ディスクの応答によって変化する。ディスク1、3と電極15の間のキャパシタンスは、その間の距離に反比例するので、この動作はキャパシタンスを変化させる。したがって、上部および下部ディスクを対向する方向に回転または振動されることにより、その結果生じるキャパシタンスの変化は、ディスク1枚のみでの変化より大きくなり、したがって検出キャパシタンス信号が強力になり、ジャイロスコープ・システムの外部角速度に対する感度が向上する。

30

【0018】

図5cで示すように、両方のディスクが対向する方向に回転または振動していても、2次動作軸線の周囲のジャイロスコープ・システムの外部動作(例えばシステムの振動または震動)により、両方のディスクは同方向に動作する。2枚のディスク1、3が存在し、このような外乱に対応して同方向に動作するので、2枚のディスクと電極14間の合計キャパシタンスはほぼ変化しないままである。例えば、図5cでは、上部ディスクの右手側が下降し、したがって上部ディスクと基板層間のキャパシタンスが増加する。しかし、下部ディスクの右手縁も、この加速に応答して下降し、キャパシタンスが減少する。したがって、2枚のディスク1、3の右縁間の合計キャパシタンスはほぼ変化しない。この方法で、振動および震動加速度などの外乱加速度が除去され、したがって検出されないが、外部角速度は検出される。

40

【0019】

1つの実施形態では、ディスク1、3は、ばね11、13を介して例えば中心シリンドラ10などの接続構造に接続することにより、さらに支持ばね12を介して中心シリンドラ10を固定クランプ2に接続することにより、基板から分離した状態を維持する。固定したクランプ2は基板(図示せず)に固定され、これは例えば下部ディスク3の下に配置された固定構造である。超小型電気機械デバイスの場合、基板は、例えばシリコン・ウェーハで

50

構成される。

【0020】

ほぼ同等のばね定数を有するばね11、13を構築し、ディスクを位相ずれの状態で振動させると、各ディスクによって（そのばね11、13を介して）加えられるトルクがほぼ同じであるので、ディスクは中心シリンダ10に回転を誘発しない。さらに、ジャイロスコープ・システムに加えられた外部速度の結果生じるディスク1、3の2次動作が接続構造に不均衡な力を生じない。ディスク1、3の2次動作は対向する方向であるので、ばね11、13は対向する方向に屈曲する。ばね定数がほぼ同等である場合、中心シリンダ10にかかる力は均衡し、中心シリンダ10を固定支持クランプ2に結合する支持ばね12は屈曲しない。

10

【0021】

本発明の1つの実施形態では、例えば中心シリンダ10などの接続構造を固定支持クランプに接続するばね12は、図5cに示すように外部加速度が動作を引き起こす場合、ばね11、13と同じ方向に偏向できるような方法で設計される。したがって、平行動作は合計ばね定数の低下につながる。というのは、支持ばね12のばね定数およびばね11および13のばね定数は、それぞれ直列に構成されるからである。この実施形態では、振動するジャイロスコープの場合、2次動作軸の周囲で可能な2つの動作モードについて周波数分割がある。上述したような外部速度により、ディスク1、3の2次動作が図5bに示すように対向する方向になり、ばね11、13のみが屈曲することになる。ばね11のモーメントはばね13のモーメントと等しいので、支持ばね12は偏向しない。

20

【0022】

これに対して、振動および他の外乱動作により、両方のディスク1、3は図5cに示すように同方向に動作する。この場合、ばね11および13が屈曲するばかりでなく、支持ばね12も屈曲する。この実施形態では、合計ばね定数が、上部ばね11または下部ばね13のいずれかのばね定数よりも小さいので、その結果生じるばね定数は、ばね11と12または13と12の直列ばね定数であり、これにより、外部速度によって誘発される2次動作のばね定数と比較して、ばね定数が大幅に小さくなる。ばね定数が低下すると、ディスクが180°位相がずれて動作する速度誘発動作と比較して、振動で誘発された外乱動作の共振振動数が低下する。

30

【0023】

支持ばね12を、上部および下部ばね11、13に平行な軸線に沿って配置し、ばね定数を小さくした支持ばね12を構築することにより、支持ばね12は、ジャイロスコープ・システムが測定しようとするディスク11、13の動作とは異なる外乱動作の共振振動数を提供する。この方法で、機械的除去を使用して、外部速度入力による2次動作のみを検出し、他の力による振動および外乱を除去することができる。これはシステムの堅牢性を上げる。

【0024】

図6a、図6bおよび図6cは、本発明による分離されたジャイロスコープ・システムの別の実施形態を示す。このシステムでは、ジャイロスコープ・システムの層間の接続構造として中心シリンダを使用するのではなく、システムが接続構造として外部チューブ70を使用する。この実施形態では、図6aから図6cで示すように、接続構造はディスクおよび動作検出器75を囲み、これらは外部チューブ70の中心に配置される。図6aに示す上部ディスク61は、例えば上部ディスク61の外側の周囲に円周方向に配置されたコーム・ドライブ80によって起動させられることができる。この実施形態では、上部ばね71をディスクの円周方向外縁に取り付けてよい。これらのばね71が、上部ディスクを接続構造に取り付ける。

40

【0025】

図6bは、本発明のこの実施形態の中央層64を示す。例えば外部チューブ70などの接続構造は、外部ばね72を介して固定支持クランプ62（図6bでは概念的に図示）に接続することができる。固定支持クランプ62は固定した基板（図示せず）に接続され、ジ

50

ジャイロスコープ・システムは支持ばね72、接続構造（例えば外部チューブ70）および上部および下部ばね71、73を介して、基板から分離される。

【0026】

図6cは、本発明の実施形態の下層を示す。例えば外部チューブ70などの接続構造は、下部ばね73を介して下部ディスク63に接続される。コーム・ドライブ81は、下部ディスク63を起動するようになっている。この方法で、接続構造として外部チューブ70を使用して、分離された多ディスク・ジャイロスコープを実現することができる。

【0027】

本発明の特定の実施形態について述べてきたが請求の範囲で定義された通りの本発明の範囲は、この例示的適用例より広いことが理解される。例えば、上部および下部ディスクについて述べているが、本発明のジャイロスコープ・システムは、横に並べるなど、任意の方法で配向することができる。別の例として、接続構造は、ばねまたは他のディスクを取り付ける装置とともに、（上述した2つの実施形態に加えて）任意の方法で実現し、ジャイロスコープを固定基板から分離することができる。例えば、ばねは、本発明の範囲内で、任意の数が存在するか、相互に対して平行、垂直、または任意の他の方向など、任意の方法で構成することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態による2枚ディスクのジャイロスコープ・システムを示す図である。

20

【図2】本発明の実施形態による2枚ディスクのジャイロスコープ・システムの組立分解図である。

【図3】本発明の実施形態による上部ジャイロスコープ・ディスク(a)、中央層(b)、下部ジャイロスコープ・ディスク(c)のそれぞれの上面図である。

【図4】ジャイロスコープ・システムが動作時に加えられる動作および速度とともに、図1の2枚ディスクのジャイロスコープ・システムを示す図である。

【図5】外力または速度が加えられていない場合(a)、外力が受感軸の周囲に加えられた場合(b)、外乱加速度が加えられた場合(c)の本発明の実施形態による2枚ディスク・ジャイロスコープ・システムの概念図である。

【図6】本発明の他の実施形態による上部ジャイロスコープ・ディスク(a)、中央層(b)、下部ジャイロスコープ・ディスク(c)のそれぞれの上面図である。

30

【符号の説明】

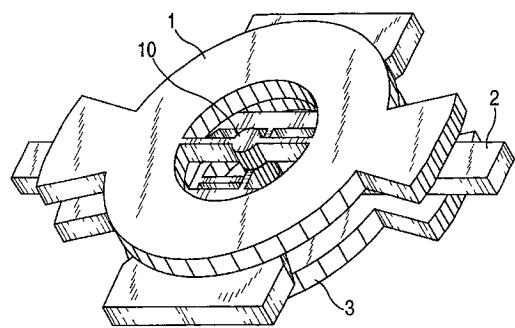
- 1 上部ディスク
- 2 固定支持クランプ
- 3 下部ディスク
- 4 中央層
- 10 中心シリンドラ
- 11 上部ばね
- 12 支持ばね
- 13 下部ばね
- 14 電極
- 15 動作センサ
- 20 コーム・ドライブ
- 21 コーム・ドライブ
- 61 上部ディスク
- 62 固定支持クランプ
- 63 下部ディスク
- 64 中央層
- 70 外部チューブ
- 71 上部ばね
- 72 外部ばね

40

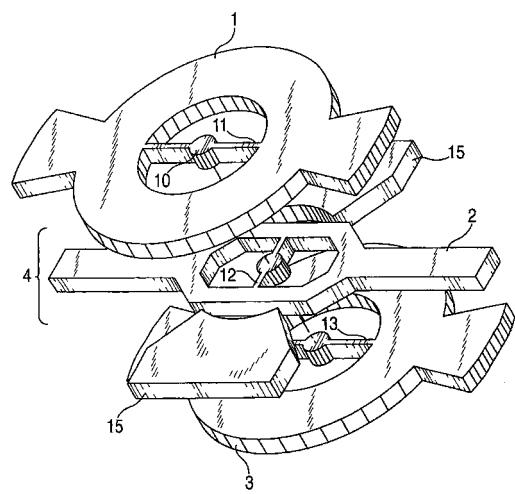
50

- 7 3 下部ばね
 7 5 動作検出器
 8 0 コーム・ドライブ
 8 1 コーム・ドライブ

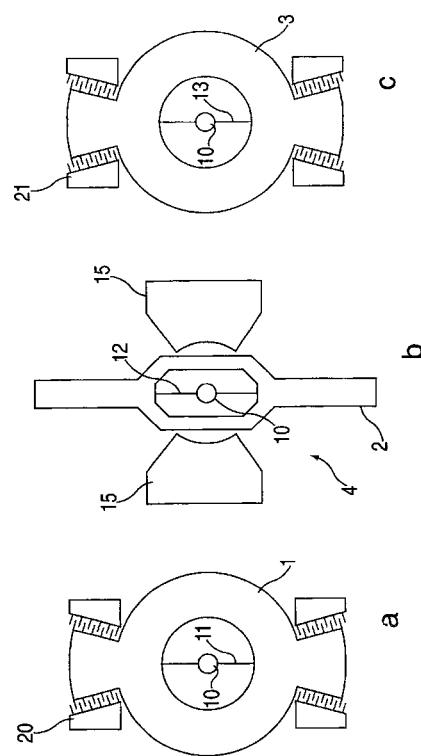
【図 1】



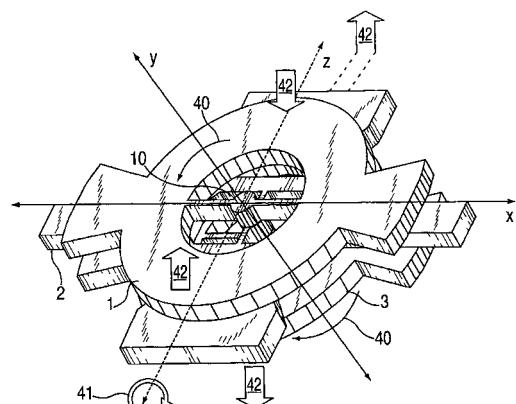
【図 2】



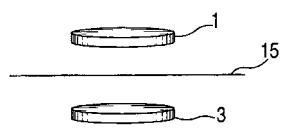
【図 3】



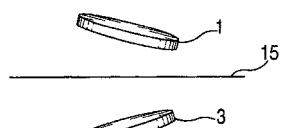
【図4】



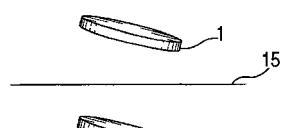
【図5】



a

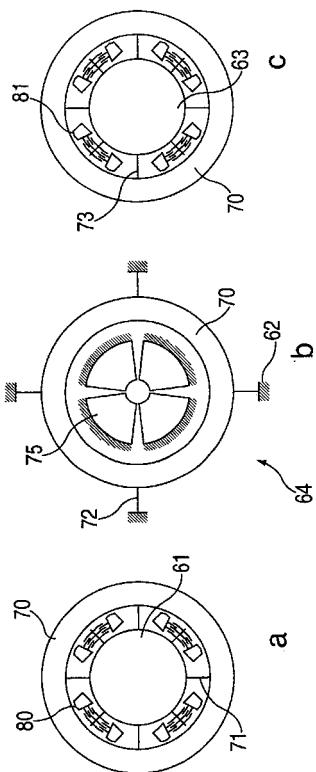


b



c

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 カールステン・フンク

アメリカ合衆国・94041・カリフォルニア州・マウンテン ビュー・エルドラ ドライブ・7
1

(72)発明者 マルクス・ルツツ

アメリカ合衆国・94086・カリフォルニア州・サンベイル・マホガニー レーン・762

(72)発明者 ヴィルヘルム・フレイ

アメリカ合衆国・94041・カリフォルニア州・マウンテン ビュー・コールデロン アベニュー
・279シイ

審査官 有家 秀郎

(56)参考文献 英国特許出願公開第02113842(GB,A)

特表平11-505021(JP,A)

特開平11-142164(JP,A)

国際公開第00/006971(WO,A1)

特開平02-038862(JP,A)

国際公開第98/001722(WO,A1)

国際公開第96/039615(WO,A1)

米国特許第05955668(US,A)

特開平08-122080(JP,A)

特開平06-300568(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 19/56

G01P 9/04