

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2007年9月7日 (07.09.2007)

PCT

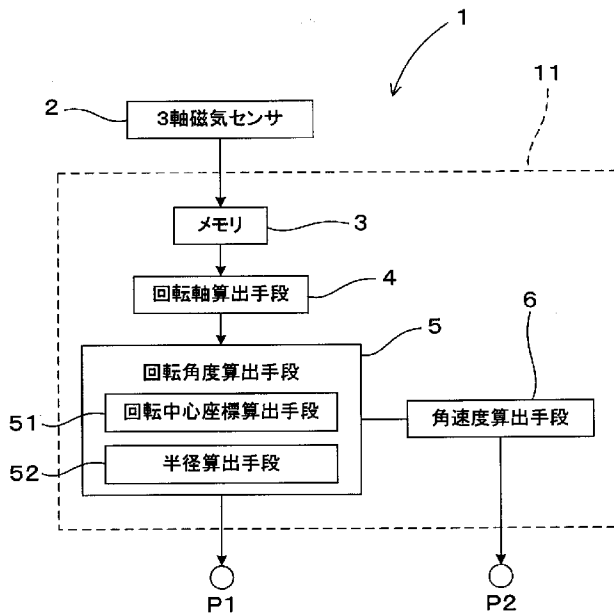
(10) 国際公開番号  
WO 2007/099599 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01C 19/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/303745
- (22) 国際出願日: 2006年2月28日 (28.02.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社 (AICHI MICRO INTELLIGENT CORPORATION) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 本蔵義信 (HONKURA, Yoshinobu) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 アイチ・マイクロ・インテリジェント株式会社内 Aichi (JP). 土田克彦 (TSUCHIDA, Katsuhiko) [JP/JP]; 〒4768666 愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 アイチ・マイクロ・
- (74) 代理人: 高橋祥泰, 外 (TAKAHASHI, Yoshiyasu et al.); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅3丁目2番19号名駅永田ビル Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC GYROSCOPE

(54) 発明の名称: 磁気式ジャイロ



- 2 THREE-AXIS MAGNETIC SENSOR
- 3 MEMORY
- 4 ROTATION AXIS CALCULATOR
- 5 ROTATION ANGLE CALCULATOR
- 51 ROTATION CENTER COORDINATE CALCULATOR
- 52 RADIUS CALCULATOR
- 6 ANGULAR VELOCITY CALCULATOR

(57) Abstract: A magnetic gyroscope (1) comprises a three-axis magnetic sensor (2) for detecting geomagnetism as a magnetic vector in a three-axis orthogonal coordinate system fixed to a measured object, a memory (3) for storing data on the magnetic vector chronologically detected by the three-axis magnetic sensor (2) when the measured object moves around any rotation axis running through the origin of the three-axis orthogonal coordinate system, a rotation axis calculator (4) for calculating the rotation axis according to the magnetic vector data at three or more different points of time stored in the memory (3), and a rotation angle calculator (5) for calculating the rotation angle of the measured object around the rotation axis according to the magnetic vector data.

(57) 要約: 被測定体に固定された3軸直交座標系における磁気ベクトルとして地磁気を検出する3軸磁気センサ2と、3軸直交座標系の原点を通る任意の回転軸を中心として上記被測定体が運動したとき、3軸磁気センサ2によって時系列的に検出される磁気ベクトルのデータを蓄積するメモリ3と、メモリ3に蓄積された異なる3時点以上の磁気ベクトルのデータを基に、回転軸を算出する回転軸算出手段4と、回転軸を中心とした被測定体の回転角度を磁気ベクトルのデータを基に算出する回転角度算出手段5とを有する磁気式ジャイロ1。



WO 2007/099599 A1



SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 磁気式ジャイロ

#### 技術分野

[0001] 本発明は、地磁気を利用して、任意の姿勢を基準とした回転角度を測定したり、回転角速度を測定する磁気式ジャイロに関する。

#### 背景技術

[0002] 近年、例えば携帯電話機やPDA等の携帯電子機器を傾けたり振り回したりしたときのピッチ、ヨー、ロール方向の回転角度(機器の姿勢)や、回転角速度を検出し、これらを上記携帯電子機器へのインプット信号とする技術が開発されている。

また、カメラの回転角度や回転角速度を検出して、写真(撮影画像)の手振れ防止用の補正信号とする技術も開発されている。

これらの技術において、機器の回転角度や回転角速度を検出する手段として、ジャイロが利用されている。

[0003] 上記ジャイロとしては、例えば、各種機器、車両、航空機等の姿勢や方位角(即ち回転角度)を計測するディレクショナルジャイロと、この回転角度の変化率である回転角速度を計測するレートジャイロとがある。なお、レートジャイロの出力信号を積分演算して、回転角度を求める手段もある。

[0004] 上記ディレクショナルジャイロとしては、軸を中心に回転する機械的なロータをジンバルで支持し、ロータの慣性力を利用して、被測定体の回転角度(姿勢や方位角)を測定するものが開示されている(特許文献1)。

また、上記レートジャイロとしては、振動子に働くコリオリ力に対応する信号を検出する方式の振動ジャイロが多く用いられている(特許文献2)。

[0005] しかし、これら従来のジャイロは、いずれも運動力学的な原理を利用したものである。そのため、測定対象とする回転運動以外の力学的な振動や衝撃等が印加されたときにもこれらに反応してしまうおそれがある。これにより、ノイズが出力信号に重畳され、精確な計測が困難となるおそれがあるという問題がある。

[0006] また、特許文献1に記載のディレクショナルジャイロは、複雑な機構を必要とするた

め、低コスト化や小型化が困難である。また、ロータを回転させるための電力を多く必要とする。そのため、航空機等の特殊な用途に限定されてしまう。

また、特許文献2に記載のレートジャイロ(振動ジャイロ)も、振動機構を必要とするために小型化が困難である。

それ故、これらのジャイロは、例えば、小型化、高密度化が進んでいる携帯電子機器等に組み込むことは困難であるという問題もある。

[0007] 特許文献1:米国特許第3143892号明細書

特許文献2:特開平7-139951号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、かかる従来の問題点に鑑みてなされたもので、計測精度に優れた小型化容易な磁気式ジャイロを提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明は、被測定体に固定された3軸直交座標系における磁気ベクトルとして地磁気を検出する3軸磁気センサと、

上記3軸直交座標系の原点を通る任意の回転軸を中心に上記被測定体が運動したとき、上記3軸磁気センサによって時系列的に検出される上記磁気ベクトルのデータを蓄積するメモリと、

該メモリに蓄積された異なる3時点以上の上記磁気ベクトルのデータを基に、上記回転軸を算出する回転軸算出手段と、

上記回転軸を中心とした上記被測定体の回転角度を上記磁気ベクトルのデータを基に算出する回転角度算出手段とを有することを特徴とする磁気式ジャイロにある。

[0010] 次に、本発明の作用効果につき説明する。

上記磁気式ジャイロは、上記3軸磁気センサと上記メモリと上記回転軸算出手段と上記回転角度算出手段とを有する。そして、3軸磁気センサによって検出する地磁気を基に、被測定体の姿勢変化を検知する。通常的环境においては、地磁気は地上に対して基本的に一定の方向、大きさを有している。それ故、被測定体の姿勢すなわち3軸直交座標系の姿勢が変化したとき、その姿勢変化に対応して、相対的に3軸

直交座標系における磁気ベクトルが変化することとなる。この変化する磁気ベクトルを検出することによって、被測定体の姿勢の変化を精確に計測することが可能となる。

[0011] そして、被測定体の姿勢の変化は、任意の回転軸の周りの任意の回転角度によって特定することができる。

そこで、上記のごとく、上記磁気式ジャイロにおいては、上記回転軸算出手段によって、上記回転軸を算出する。また、上記メモリによって、上記回転軸を算出するために必要な、異なる3時点以上における磁気ベクトルのデータを蓄積しておく。更に、上記回転角度算出手段によって、上記回転軸を中心とした被測定体の回転角度を上記磁気ベクトルのデータを基に算出する。

以上により、回転軸とその周りの回転角度を求めることができるため、被測定体の姿勢の変化を計測することができる。

[0012] また、上記磁気式ジャイロは、従来の運動力学的原理を利用した機械式のジャイロとは異なり、地磁気を基に被測定体の姿勢の変化を計測することができる。それ故、測定対象とする回転運動以外の力学的な振動や衝撃等が印加されてもこれらに反応することなく、精確な計測を確保することができる。

[0013] また、上記磁気式ジャイロは、3軸磁気センサを利用するものであるため、機械式のように複雑な機構を必要としたり、電力を多く必要としたりすることもない。それ故、小型化、低コスト化を容易に図ることができる。その結果、例えば、小型化、高密度化が進んでいる携帯電子機器等に組み込むことも容易となる。

[0014] 以上のごとく、本発明によれば、計測精度に優れた小型化容易な磁気式ジャイロを提供することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0015] [図1]実施例における、磁気式ジャイロの概念図。

[図2]実施例における、3軸直交座標系、回転軸、磁気ベクトル等の説明図。

[図3]実施例における、中心座標の算出方法の補助説明図。

[図4]実施例における、回転角度の算出方法の補助説明図。

[図5]実施例における、3軸磁気センサの斜視図。

[図6]実施例における、マグネット・インピーダンス・センサ素子の平面図。

[図7]図6のA-A線矢視断面概念図。

### 発明を実施するための最良の形態

[0016] 本発明において、上記磁気式ジャイロは、例えば、携帯電話機やPDA等の携帯電子機器、カメラ、車両、ロボット、航空機、船舶等、種々の被測定体に搭載することができる。

また、上記磁気ベクトルは、上記3軸直交座標系における原点を始点とした地磁気に平行なベクトルであり、その大きさは一定である。

[0017] また、上記磁気式ジャイロは、上記回転角度算出手段によって算出された異なる2時点間における上記被測定体の回転角度と、その2時点における上記磁気ベクトルのデータの採取時刻の差とを基に、上記回転軸を中心とする上記被測定体の回転角速度を算出する角速度算出手段を有することが好ましい。

この場合には、被測定体の回転角速度を容易に検出することができる磁気式ジャイロを得ることができる。それ故、被測定体の姿勢変化量だけでなく、姿勢変化速度も検出することができる。

[0018] また、上記磁気ベクトルのデータの採取時刻の間隔は一定であることが好ましい。

この場合には、上記回転軸算出手段や上記回転角度算出手段における演算を容易かつ精確に行うことができ、精確な姿勢変化の計測を行うことができる。

[0019] また、上記回転軸算出手段は、異なる3時点以上の上記磁気ベクトルのうちの2つの磁気ベクトルの差である差分ベクトルを2つ算出し、これら2つの差分ベクトルの外積をとることにより、上記回転軸と同方向の回転軸ベクトルを算出することが好ましい。

この場合には、容易かつ精確に上記回転軸を算出することができる。

[0020] また、上記回転角度算出手段は、上記3軸直交座標系における異なる3時点以上の上記磁気ベクトルの座標点によって定まるデータ平面と、上記回転軸算出手段によって算出された上記回転軸との交点を算出することにより、異なる3時点以上の上記磁気ベクトルの座標点を通る軌跡円の中心座標を算出する回転中心座標算出手段と、該回転中心座標算出手段によって算出された上記中心座標と、上記磁気ベクトルの座標点との距離を算出することにより、上記軌跡円の半径を算出する半径算出

手段とを有し、該半径算出手段によって算出した上記軌跡円の半径と、異なる2時点の上記磁気ベクトルの座標点とを基に、上記回転角度を算出するよう構成してあることが好ましい。

この場合には、容易かつ精確に上記回転角度を算出することができる。

[0021] また、上記回転中心座標算出手段は、上記回転軸算出手段によって算出した回転軸ベクトルと、上記磁気ベクトルとの内積をとることにより、上記軌跡円の上記中心座標を算出することが好ましい。

この場合には、容易かつ精確に上記中心座標を算出することができる。

[0022] また、上記半径算出手段は、上記原点を始点とすると共に上記中心座標を終点とする中心座標ベクトルと、上記磁気ベクトルとの差を算出することにより、上記軌跡円の半径を算出することが好ましい。

この場合には、容易かつ精確に上記軌跡円の半径を算出することができる。

[0023] また、上記3軸磁気センサは、マグネット・インピーダンス・センサ素子によって構成してあることが好ましい。

この場合には、より高精度、高感度、高応答性、かつ小型の磁気式ジャイロを得ることができる。

即ち、マグネット・インピーダンス・センサ素子(MI素子)は、高感度であるため、微弱な地磁気を高精度にて検出することができる。更には、マグネット・インピーダンス・センサ素子は小型であるため、小型の3軸磁気センサを得ることができる。また、これにより、磁気式ジャイロをICチップ内に納めることも可能となる。

なお、上記3軸磁気センサは、3個の上記マグネット・インピーダンス・センサ素子を、それぞれの感磁方向が互いに直交する3軸方向となるように配設することにより、形成することができる。

[0024] なお、3軸磁気センサは、マグネット・インピーダンス・センサ素子に限らず、例えば、ホール素子、磁気抵抗素子、フラックスゲート等、種々の磁気検出用の素子を用いて構成することもできる。

## 実施例

[0025] 本発明の実施例にかかる磁気式ジャイロにつき、図1～図7を用いて説明する。

本例の磁気式ジャイロ1は、図1に示すごとく、3軸磁気センサ2とメモリ3と回転軸算出手段4と回転角度算出手段5と角速度算出手段6とを有する。

[0026] 3軸磁気センサ2は、図2に示す、被測定体に固定された3軸直交座標系10における磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ として、地磁気を検出する。

上記メモリ3は、3軸直交座標系10の原点Oを通る任意の回転軸Kを中心に上記被測定体が図1の矢印Vに示すごとく運動したとき、3軸磁気センサ2によって時系列的に検出される磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ のデータを蓄積する。

[0027] 回転軸算出手段4は、メモリ3に蓄積された異なる3時点以上の磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ のデータを基に、回転軸Kを算出する。

上記回転角度算出手段5は、回転軸Kを中心とした被測定体の回転角度を磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ のデータを基に算出する。

[0028] 角速度算出手段6は、回転角度算出手段5によって算出された異なる2時点間における被測定体の回転角度と、その2時点における磁気ベクトルのデータの採取時刻の差とを基に、回転軸Kを中心とする被測定体の回転角速度を算出する。

[0029] 3軸磁気センサ2は、図5に示すごとく、マグネット・インピーダンス・センサ素子20によって構成してある。即ち、3軸磁気センサ2は、3個のマグネット・インピーダンス・センサ素子20を、それぞれの感磁方向が互いに直交する3軸方向(X軸方向、Y軸方向、Z軸方向)となるように配設することにより、形成してある。なお、図5においては、マグネット・インピーダンス・センサ素子20以外の電子部品や配線は省略してある。

[0030] 図6、図7に示すごとく、マグネット・インピーダンス・センサ素子20は、感磁体21と該感磁体21に巻回した検出コイル22とを有する。感磁体21は、エポキシ樹脂等からなる絶縁体23の中を貫通しており、検出コイル22は、絶縁体23の外周面に配設されている。感磁体21としては、例えば、長さ1.0mm、線径 $20\mu\text{m}$ の $\text{Co}_{68.1}\text{Fe}_{4.4}\text{Si}_{12.5}\text{B}_{5.0}$ 合金からなるアモルファスワイヤを利用する。

[0031] マグネット・インピーダンス・センサ素子20は、感磁体21に通電する電流の変化に伴い、素子に作用する磁界の大きさに応じた誘起電圧が検出コイル22に生じる、いわゆるMI(Magneto-impedance)現象を利用して磁気センシングを行うものである。このMI現象は、供給する電流方向に対して周回方向に電子スピン配列を有する磁



性材料からなる感磁体21について生じるものである。この感磁体21の通電電流を急激に変化させると、周回方向の磁界が急激に変化し、その磁界変化の作用によって周辺磁界に応じて電子のスピン方向の変化が生じる。そして、その際の感磁体21の内部磁化及びインピーダンス等の変化が生じる現象が上記のMI現象である。

[0032] そして、本例では、感磁体21にパルス状の電流(パルス電流)を通電したときに検出コイル22の両端の電極221と電極222との間に生じる誘起電圧を計測することで磁界の強度を検出する。この磁気検出方法においては、感磁体21に通電したパルス電流の立ち下がり時に、検出コイル22に発生する誘起電圧を計測する。

[0033] また、マグネット・インピーダンス・センサ素子20は、図7に示すごとく、深さ50~150  $\mu\text{m}$ の断面略矩形状を呈する溝状の凹部24を設けた素子基板240上に形成してある。凹部24の内部には絶縁体23が充填され、該絶縁体23の中に感磁体21が埋設してある。

凹部24の内周面と、凹部24の開口部の位置に配される絶縁体23の側面とは、導電パターンが連続的に螺旋状に形成され、この導電パターンが、感磁体21の周りを巻回する検出コイル22を構成している。

[0034] なお、検出コイル22の導電パターンを形成する方法としては、例えば以下のような方法がある。即ち、凹部24の内周面に、導電性の金属薄膜を蒸着したのち、エッチング処理を施して導電パターンを形成する。その後、凹部24に絶縁体23及び感磁体21を配設する。そして、絶縁体23の側面に導電性の金属薄膜を蒸着した後、エッチング処理を施して導電パターンを形成する。このとき、凹部24の内周面に形成した導電パターンと絶縁体23の側面に形成した導電パターンとが螺旋状に連続するようにする。

[0035] 本例の検出コイル22の巻線内径は、凹部24の断面積と同一断面積を呈する円の直径である円相当内径として66  $\mu\text{m}$ を有する。そして、検出コイル22の線幅及び線間幅は共に25  $\mu\text{m}$ としてある。なお、図6においては、線幅及び線間幅についての考慮を省略した。

[0036] 次に、本例の磁気式ジャイロ1を用いた被測定体の姿勢変化量及び姿勢変化速度の検出方法につき、具体的に説明する。

磁気式ジャイロ1は、図1に示すごとく、上記3軸磁気センサ2と、該3軸磁気センサ2によって検出した磁気ベクトルのデータを蓄積すると共にこれらを基に被測定体の姿勢変化量及び姿勢変化速度を算出する演算を行うコンピュータ11とを有する。即ち、該コンピュータ11には、上記メモリ3と上記回転軸算出手段4と上記回転角度算出手段5と上記角速度算出手段6とが設けてある。なお、回転角度算出手段5には、後述する回転中心座標算出手段51及び半径算出手段52とが含まれる。

上記メモリ3は、ハードウェアからなるものであり、上記回転軸算出手段4、上記回転角度算出手段5、及び上記角速度算出手段6は、ソフトウェア内に演算プログラムとして構築されている。

[0037] 3軸磁気センサ2は、被測定体の一部に固定されており、一定の時間間隔 $\Delta t$ ごとに地磁気を磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ として検出する。磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ は、被測定体に固定された3軸直交座標系10の原点Oを始点とするベクトルである。このとき、被測定体が動いて、姿勢を変化させている場合には、時系列的に検出される複数の磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ は、互いに異なる。

この時系列的に検出される磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ のデータを、コンピュータ11内のメモリ3に送り、時系列的なデータとして記憶させる。

[0038] 次いで、回転軸算出手段4によって、メモリ3に蓄積された異なる3時点以上の磁気ベクトルのデータを基に、被測定体の回転軸Kを算出する。

即ち、例えば、異なる3時点( $t$ 、 $t + \Delta t$ 、 $t + 2\Delta t$ )の磁気ベクトルのデータを、メモリ3から読み出す。そして、時刻 $t$ における磁気ベクトルを $m_1 = (m_{1x}, m_{1y}, m_{1z})$ とし、時刻 $t + \Delta t$ における磁気ベクトルを $m_2 = (m_{2x}, m_{2y}, m_{2z})$ とし、時刻 $t + 2\Delta t$ における磁気ベクトルを $m_3 = (m_{3x}, m_{3y}, m_{3z})$ とする。

[0039] これらの磁気ベクトルの終点 $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ は、3磁気直交座標系10において、一つのデータ平面Sの上に存在し、一つの軌跡円Qの周上に存在することとなる。このデータ平面Sに直交すると共に、軌跡円Qの中心を通る軸が、回転軸Kとなる。

なお、磁気ベクトルのデータは、ここでは3個としたが、4個以上とって、これらを通る平均的な軌道円を描くこともでき、磁気ベクトルのデータは多数とるほど、精度のよい演算が可能となる。

[0040] そこで、まず、図4に示すごとく、磁気ベクトル $m_1$ と $m_2$ との差である差分ベクトル $n_1$ と、磁気ベクトル $m_3$ と $m_2$ との差である差分ベクトル $n_2$ とを算出する。そして、以下の式(1)、(2)のように、差分ベクトル $n_1$ 、 $n_2$ のX、Y、Z成分を整理することができる。

$$[0041] \quad n_1 = m_1 - m_2 = (m_{1x} - m_{2x}, m_{1y} - m_{2y}, m_{1z} - m_{2z}) = (n_{1x}, n_{1y}, n_{1z}) \quad \dots(1)$$

$$n_2 = m_3 - m_2 = (m_{3x} - m_{2x}, m_{3y} - m_{2y}, m_{3z} - m_{2z}) = (n_{2x}, n_{2y}, n_{2z}) \quad \dots(2)$$

[0042] そして、差分ベクトル $n_1$ と差分ベクトル $n_2$ との外積 $n_1 \times n_2$ をとることにより、差分ベクトル $n_1$ 、 $n_2$ に垂直なベクトル、即ち上記データ平面Sに垂直なベクトルとして、回転軸ベクトル $k$ を、下記の式(3)に示すように得ることができる。

$$k = n_1 \times n_2 = (n_{1y}n_{2z} - n_{1z}n_{2y}, n_{1z}n_{2x} - n_{1x}n_{2z}, n_{1x}n_{2y} - n_{1y}n_{2x}) \\ = (k_1, k_2, k_3) \quad \dots(3)$$

[0043] このようにして得られた回転軸ベクトル $k$ に平行であり、3軸直交座標系10の原点Oを通る直線が回転軸Kである。この回転軸Kとデータ平面Sとが交わる点が、上記軌跡円Qの中心座標Cとなる。そこで、回転角度算出手段5に含まれる回転中心座標算出手段51においては、回転軸Kとデータ平面Sとの交点として、以下のように中心座標Cを求める。

[0044] 図3に示すごとく、中心座標ベクトルOCの大きさは、回転軸ベクトル $k$ と軌跡円Q上に終点 $M_1$  (或いは $M_2$  又は $M_3$ )を有する磁気ベクトル $m_1$  (或いは $m_2$  又は $m_3$ )との内積によって求めることができる。また、中心座標ベクトルOCの向きは、回転軸ベクトル $k$ と同じである。そこで、中心座標ベクトルOCをベクトル $ak$ とおくと以下の等式(4)が成り立つ。ここで、 $a$ は任意の係数である。

$$k \cdot ak = k \cdot m_1 \quad \dots(4)$$

[0045] この等式(4)から、係数 $a$ を下記の式(5)のように求めることができる。

$$a = (m_{1x}k_x + m_{1y}k_y + m_{1z}k_z) / (k_x^2 + k_y^2 + k_z^2) \quad \dots(5)$$

そして、データ平面Sにおける中心座標ベクトルOCが $ak$ に等しいことから、中心座標C(中心座標ベクトルOC)は $(ak_x, ak_y, ak_z)$ により得られる。

[0046] このようにして中心座標算出手段51によって得られた中心座標Cを、半径算出手

段52に出力する。そして、軌跡円Qの中心である中心座標Cを終点とする中心座標ベクトルOCと、軌跡円Qの円周上の点 $M_1$  (或いは $M_2$  又は $M_3$ )を終点とする磁気ベクトル $m_1$  (或いは $m_2$  又は $m_3$ )との差から、下記の式(6)により、軌跡円Qの半径Rを求める。

$$R^2 = (m_1 - OC)^2 = (m_2 - OC)^2 = (m_3 - OC)^2 \quad \dots (6)$$

[0047] ここで、演算に用いる磁気ベクトルは一つだけでもよいが、上記3個のデータ $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ を用いて平均をとることにより、より精度のよい演算が可能となる。また、4個以上の磁気ベクトルのデータを用いて、それらを基に演算した半径Rの平均を求めることにより、更に精度のよい演算が可能となる。

[0048] 上記のようにして得られる半径Rを基に、回転角度算出手段5は、以下のようにして、回転角度を算出する。

例えば、図4に示すごとく、時刻tから時刻t +  $\Delta t$ までの間に磁気ベクトルが $m_1$ から $m_2$ に変化したとき、軌跡円Qにおける回転角 $\theta$ は、以下の式(7)によって算出される。

[0049] [数1]

$$\theta = 2 \sin^{-1} \frac{\sqrt{(m_{2x} - m_{1x})^2 + (m_{2y} - m_{1y})^2 + (m_{2z} - m_{1z})^2}}{2R} \quad \dots (7)$$

[0050] 上記式(7)は、図4に示すごとく、軌跡円Qに内接すると共に磁気ベクトル $m_1$ 、 $m_2$ の終点 $M_1$ 、 $M_2$ を2つの頂点とする直角三角形 $M_1 M_2 G$ に、正弦定理を適用することにより得ることができる。即ち、三角形 $M_1 M_2 G$ において、以下の式(8)が成り立つ。ここで、線分 $M_1 G$ は、軌跡円Qの直径2Rに該当する。そして、角 $M_1 G M_2$ と角 $M_1 C M_2$ とは円周角と中心角との関係を有するため、角 $M_1 G M_2$ は、角 $M_1 C M_2$  (即ち回転角 $\theta$ )の半分である。

[0051] [数2]

$$2\mathbf{R} = \overline{\mathbf{M}_1 \mathbf{G}} = \frac{\overline{\mathbf{M}_1 \mathbf{M}_2}}{\sin \frac{\theta}{2}} \quad \dots (8)$$

[0052] それ故、この式(8)から上記式(7)が導かれ、回転角  $\theta$  を求めることができる。この回転角  $\theta$  の信号を出力端子P1から出力する(図1)。

以上により、回転軸Kとその周りの回転角  $\theta$  を得ることができるため、時刻tから時刻  $t + \Delta t$ までの間における被測定体の姿勢変化量が分かることとなる。

[0053] また、この結果を利用して、上記角速度算出手段6においては、回転角度  $\theta$  を時間  $\Delta t$ で除算することにより、角速度  $\omega$  を得ることができる。即ち、 $\theta' = \theta / \Delta t$ となる。この角速度  $\omega$  の信号を出力端子P2から出力する。

以上により、回転軸Kとその周りの回転角速度  $\omega$  を得ることができるため、被測定体の姿勢変化速度が分かることとなる。

[0054] 次に、本例の作用効果につき説明する。

上記磁気式ジャイロ1は、上記3軸磁気センサ2と上記メモリ3と上記回転軸算出手段4と上記回転角度算出手段5とを有する。そして、3軸磁気センサ2によって検出する地磁気を基に、被測定体の姿勢変化を検知する。通常的环境下においては、地磁気は地上に対して基本的に一定の方向、大きさを有している。それ故、被測定体の姿勢すなわち3軸直交座標系10の姿勢が変化したとき、その姿勢変化に対応して、相対的に3軸直交座標系10における磁気ベクトルが変化することとなる。この変化する磁気ベクトルを検出することによって、被測定体の姿勢の変化を精確に計測することが可能となる。

[0055] そして、被測定体の姿勢の変化は、任意の回転軸Kの周りの任意の回転角度  $\theta$  によって特定することができる。

そこで、上記のごとく、上記磁気式ジャイロ1においては、上記回転軸算出手段4によって、上記回転軸Kを算出する。また、上記メモリ3によって、上記回転軸Kを算出するために必要な、異なる3時点以上における磁気ベクトルのデータを蓄積しておく。更に、上記回転角度算出手段5によって、上記回転軸Kを中心とした被測定体の

回転角度  $\theta$  を上記磁気ベクトルのデータを基に算出する。

以上により、回転軸Kとその周りの回転角度  $\theta$  を求めることができるため、被測定体の姿勢の変化を計測することができる。

[0056] また、上記磁気式ジャイロは、従来の運動力学的原理を利用した機械式のジャイロとは異なり、地磁気を基に被測定体の姿勢の変化を計測することができる。それ故、測定対象とする回転運動以外の力学的な振動や衝撃等が印加されてもこれらに反応することなく、精確な計測を確保することができる。

[0057] また、上記磁気式ジャイロ1は、3軸磁気センサ2を利用するものであるため、機械式のように複雑な機構を必要としたり、電力を多く必要としたりすることもない。それ故、小型化、低コスト化を容易に図ることができる。その結果、例えば、小型化、高密度化が進んでいる携帯電子機器等に組み込むことも容易となる。

[0058] また、上記磁気式ジャイロ1は、角速度算出手段6を有するため、被測定体の回転角速度  $\omega$  を容易に検出することができる。それ故、被測定体の姿勢変化量だけでなく、姿勢変化速度も検出することができる。

また、回転角度算出手段5は、回転中心座標算出手段51と、半径算出手段52とを有し、これらを上記のごとく利用して回転角度  $\theta$  を算出するよう構成してある。これにより、容易かつ精確に上記回転角度  $\theta$  を算出することができる。

[0059] また、3軸磁気センサ2は、マグネット・インピーダンス・センサ素子20によって構成してあるため、より高精度、高感度、高応答性、かつ小型の磁気式ジャイロ1を得ることができる。即ち、マグネット・インピーダンス・センサ素子20は、高感度であるため、微弱な地磁気を高精度にて検出することができる。更には、マグネット・インピーダンス・センサ素子20は小型であるため、小型の3軸磁気センサ2を得ることができる。また、これにより、磁気式ジャイロ1をICチップ内に納めることも可能となる。

[0060] 以上のごとく、本例によれば、計測精度に優れた小型化容易な磁気式ジャイロを提供することができる。

[0061] 本発明の磁気式ジャイロは、上記実施例に限らず、種々の態様が考えられ、また、回転角度や回転角速度の算出方法についても、上記実施例は一例にすぎない。

即ち、例えば、上記3軸磁気センサは、例えば、ホール素子、磁気抵抗素子、フラッ

クスゲート等、マグネット・インピーダンス・センサ素子以外によって構成することもできる。

[0062] また、3軸磁気センサによる磁気ベクトルの採取時刻の間隔は、必ずしも一定である必要はない。また、演算に使用する磁気ベクトルのデータの数は、3個に限らず、4個以上であってもよい。そして、データ平面S、軌跡円Q、半径R等の算出に当たっては、できるだけ多数の磁気ベクトルのデータを利用して、平均をとるなどの措置を採ることにより、極めて高精度の計測を行うことが可能となる。

[0063] なお、本発明の磁気式ジャイロは、例えば、携帯電話機やPDA等の携帯電子機器に搭載することにより、磁気式ジャイロによって検出された姿勢変化量や姿勢変化速度を、上記機器に対する種々の入力信号とすることなどができる。

また、例えば、上記磁気式ジャイロをカメラに搭載することにより、検出した姿勢変化量や姿勢変化速度を利用して、フレーム内における被写体の姿勢を補正したり、手振れを防止したりすることなどができる。

[0064] また、例えば、上記磁気式ジャイロをロボットに搭載することにより、検出した姿勢変化量や姿勢変化速度を、ロボットの姿勢制御等に利用することなどができる。

その他、上記磁気式ジャイロを、車両、ロボット、航空機、船舶等、種々の被測定体に搭載することができる。

## 請求の範囲

- [1] 被測定体に固定された3軸直交座標系における磁気ベクトルとして地磁気を検出する3軸磁気センサと、  
上記3軸直交座標系の原点を通る任意の回転軸を中心に上記被測定体が運動したとき、上記3軸磁気センサによって時系列的に検出される上記磁気ベクトルのデータを蓄積するメモリと、  
該メモリに蓄積された異なる3時点以上の上記磁気ベクトルのデータを基に、上記回転軸を算出する回転軸算出手段と、  
上記回転軸を中心とした上記被測定体の回転角度を上記磁気ベクトルのデータを基に算出する回転角度算出手段とを有することを特徴とする磁気式ジャイロ。
- [2] 請求項1において、上記回転角度算出手段によって算出された異なる2時点間における上記被測定体の回転角度と、その2時点における上記磁気ベクトルのデータの採取時刻の差とを基に、上記回転軸を中心とする上記被測定体の回転角速度を算出する角速度算出手段を有することを特徴とする磁気式ジャイロ。
- [3] 請求項2において、上記磁気ベクトルのデータの採取時刻の間隔は一定であることを特徴とする磁気式ジャイロ。
- [4] 請求項1～3のいずれか一項において、上記回転軸算出手段は、異なる3時点以上の上記磁気ベクトルのうちの2つの磁気ベクトルの差である差分ベクトルを2つ算出し、これら2つの差分ベクトルの外積をとることにより、上記回転軸と同方向の回転軸ベクトルを算出することを特徴とする磁気式ジャイロ。
- [5] 請求項1～4のいずれか一項において、上記回転角度算出手段は、上記3軸直交座標系における異なる3時点以上の上記磁気ベクトルの座標点によって定まるデータ平面と、上記回転軸算出手段によって算出された上記回転軸との交点を算出することにより、異なる3時点以上の上記磁気ベクトルの座標点を通る軌跡円の中心座標を算出する回転中心座標算出手段と、該回転中心座標算出手段によって算出された上記中心座標と、上記磁気ベクトルの座標点との距離を算出することにより、上記軌跡円の半径を算出する半径算出手段とを有し、該半径算出手段によって算出した上記軌跡円の半径と、異なる2時点の上記磁気ベクトルの座標点とを基に、上記回

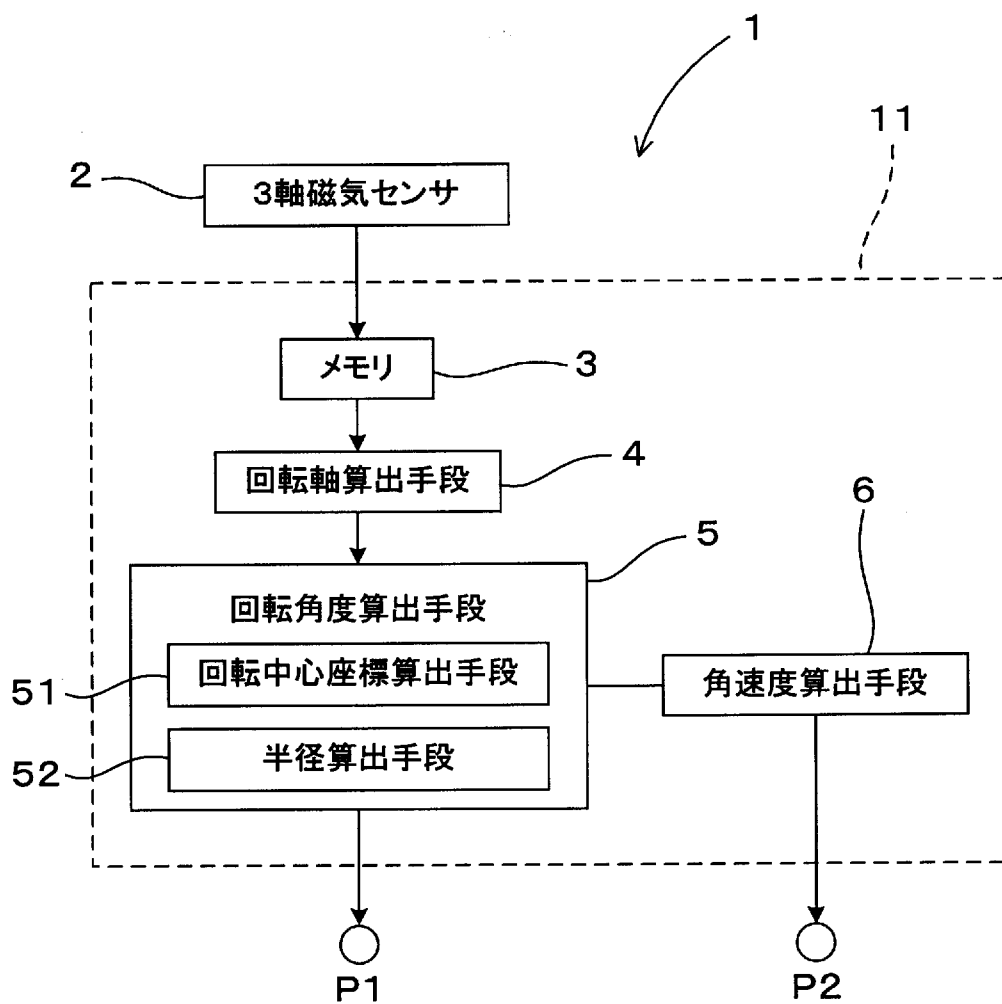


転角度を算出するよう構成してあることを特徴とする磁気式ジャイロ。

- [6] 請求項5において、上記回転中心座標算出手段は、上記回転軸算出手段によって算出した回転軸ベクトルと、上記磁気ベクトルとの内積をとることにより、上記軌跡円の上記中心座標を算出することを特徴とする磁気式ジャイロ。
- [7] 請求項5又は6において、上記半径算出手段は、上記原点を始点とすると共に上記中心座標を終点とする中心座標ベクトルと、上記磁気ベクトルとの差を算出することにより、上記軌跡円の半径を算出することを特徴とする磁気式ジャイロ。
- [8] 請求項1～7のいずれか一項において、上記3軸磁気センサは、マグネット・インピーダンス・センサ素子によって構成してあることを特徴とする磁気式ジャイロ。

[図1]

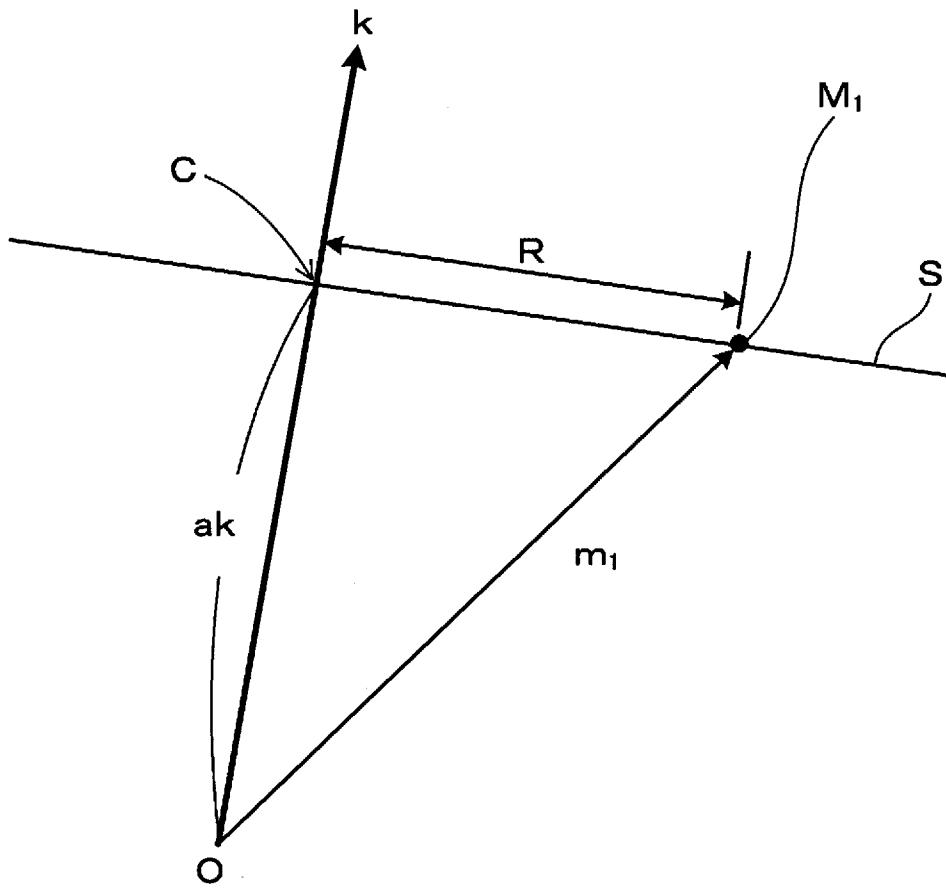
(図1)





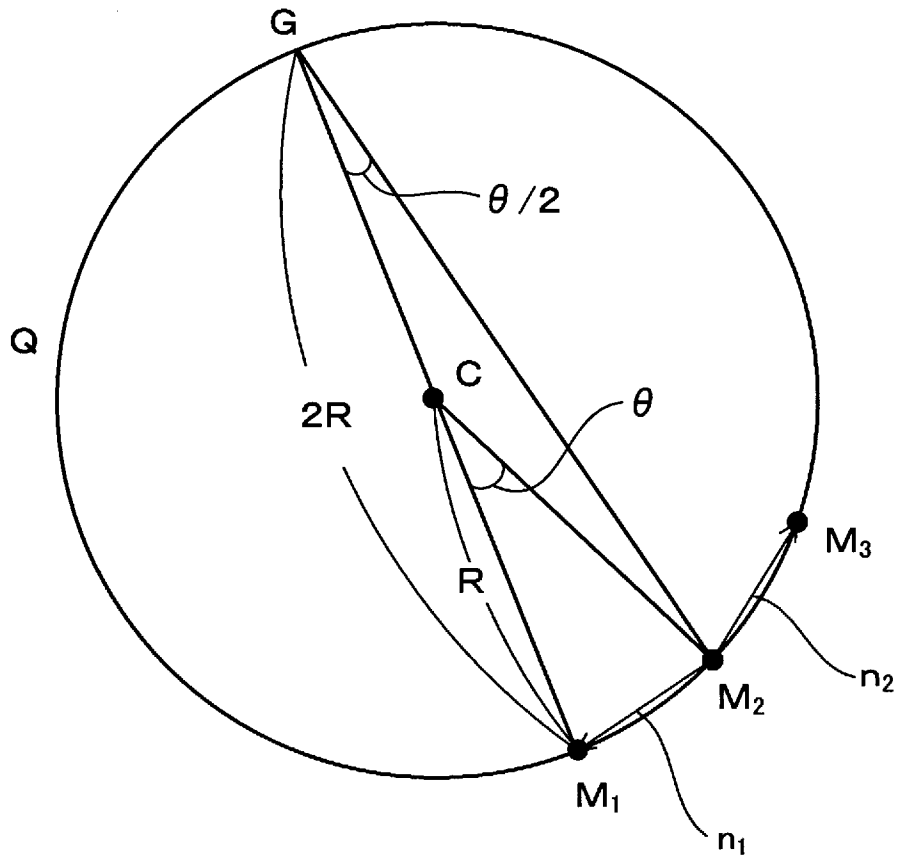
[図3]

(図 3)



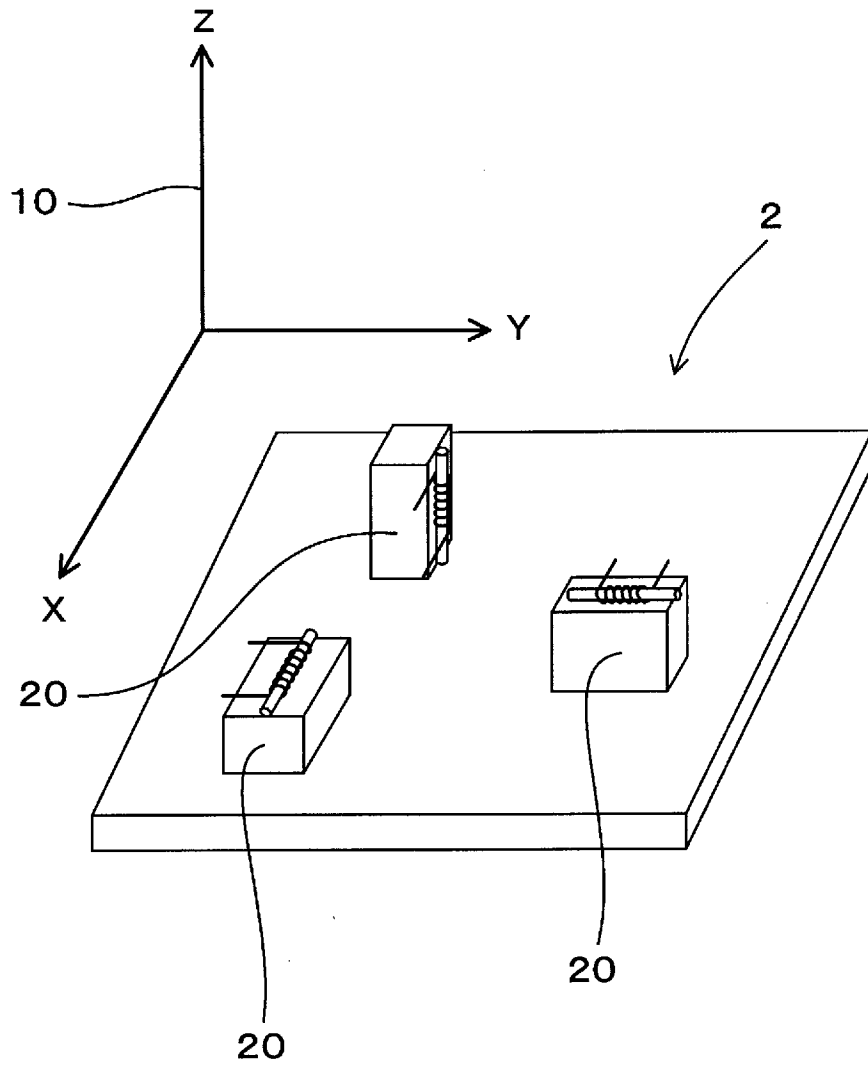
[図4]

(図4)



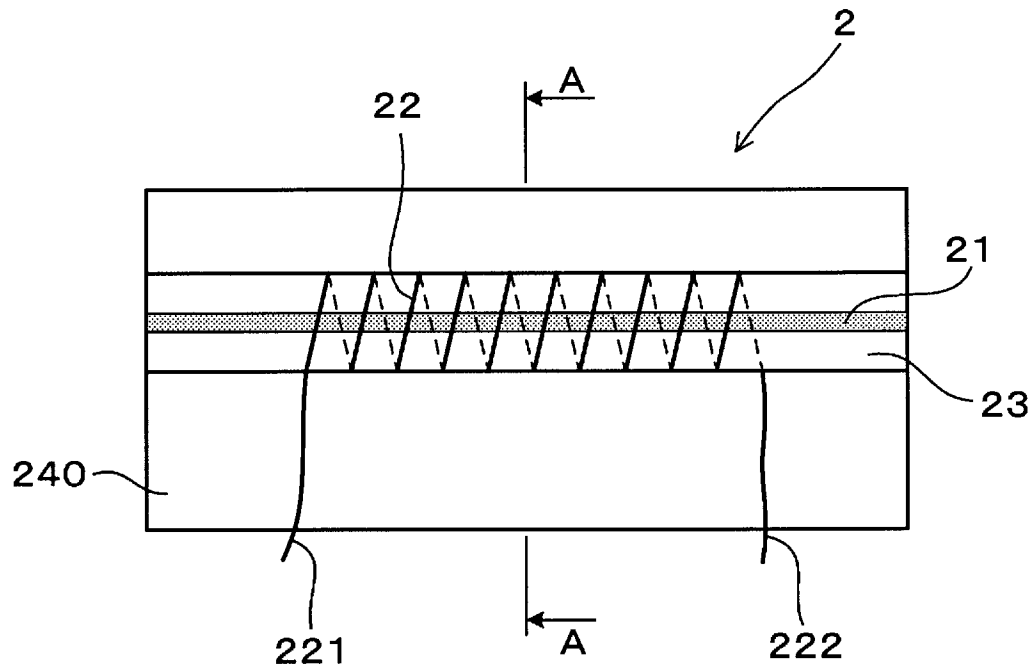
[図5]

(図5)



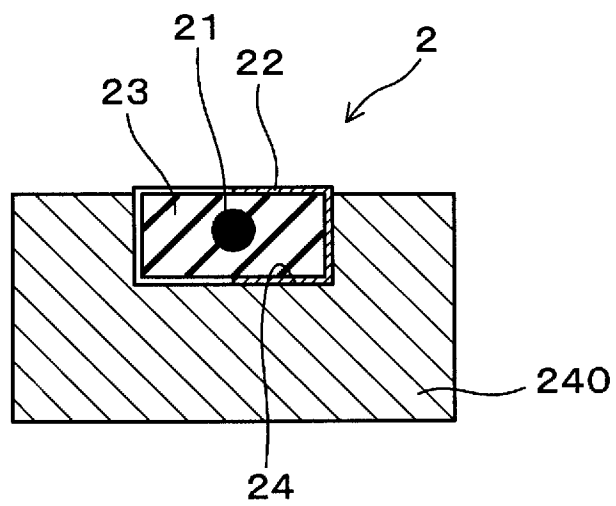
[図6]

(図6)



[図7]

(図7)



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2006/303745

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**G01C19/00** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**G01C19/00-19/72** (2006.01), **G01P9/00-9/04** (2006.01), **G01B7/00-7/34** (2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2006 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2006 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2006 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A         | JP 10-115634 A (Sony Corp.),<br>06 May, 1998 (06.05.98),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none)                    | 1-8                   |
| A         | JP 2006-047267 A (Aichi Steel Works Ltd.),<br>16 February, 2006 (16.02.06),<br>Full text; all drawings<br>(Family: none) | 1-8                   |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
17 March, 2006 (17.03.06)

Date of mailing of the international search report  
28 March, 2006 (28.03.06)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. G01C19/00(2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C19/00-19/72(2006.01), G01P 9/00- 9/04(2006.01), G01B 7/00- 7/34(2006.01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2006年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2006年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2006年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                       | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A               | JP 10-115634 A(ソニー株式会社) 1998.05.06, 全文全図<br>(ファミリーなし)   | 1-8              |
| A               | JP2006-047267 A(愛知製鋼株式会社) 2006.02.16, 全文全図<br>(ファミリーなし) | 1-8              |

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
 17.03.2006

国際調査報告の発送日  
 28.03.2006

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

|                      |      |      |
|----------------------|------|------|
| 特許庁審査官 (権限のある職員)     | 2S   | 3405 |
| 岡田 卓弥                |      |      |
| 電話番号 03-3581-1101 内線 | 3258 |      |