

明 細 書

発明の名称： 3次元磁界検出素子および3次元磁界検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、方位センサなどに用いられる3軸磁気センサにおいて、X軸Y軸Z軸方向の3方向の磁気検出機能を有する3次元磁界検出素子を一つの基板上に実現することにより、磁気センサの高い感度、低いノイズ、広い測定レンジなどの基本性能を維持した状態で、3次元磁界検出素子の高さを薄くし、断面積サイズを小さくした3次元磁界検出装置に関するものである。

背景技術

[0002] 3軸磁気センサは、X軸、Y軸およびZ軸の3つの磁気センサ素子と集積回路を組み合わせて地磁気ベクトルを測定し、その値から方位を計算するものである。電子コンパス、スマートフォン、タブレット、インターネットTVのリモコン、モーションゲーム、モーションキャプチャなどで、加速度センサ、振動式ジャイロセンサと組合せて3次元方位計として広く使用されている。

近年、これらの装置の一層の高感度化、低ノイズ化、測定レンジのワイドレンジ化とともに小型化、薄型化が強く要求されている。特にスマートホンの薄型化に伴い、方位センサの高さを従来の1.0mmから0.6mmと40%以上の薄型化、サイズを従来の2.0mm角から1.5mm角と50%以上の小型化が求められている。またノイズに関しても、従来の10mG以下から1mG以下と10倍の性能アップが求められている。

[0003] 方位センサには、磁界検出用素子としてホール素子、MR素子、MI (Magnetoresistanceの略) 素子およびGSR (GHz-Spin-Rotationの略) 素子等が用いられる。

通常、X軸、Y軸およびZ軸の磁界ベクトル成分 H_x 、 H_y 、 H_z の強さを測定するために、X軸素子、Y軸素子およびZ軸素子の3つの素子を用いて行なう。ホール素子の場合は、素子面と垂直方向に磁界を検出するので、Z

軸素子を面上に配置し、X軸素子、Y軸素子をセンサ基板に立てて組みつける必要がある。一方、MR素子やMI素子などは素子面と平行な磁界を検知するので、X軸素子とY軸素子は面上に配置してZ軸素子をセンサ基板（Z軸方向）に立て、組み付ける必要がある。3つの素子を組み立てて使う限り、センサの高さが大きくなるという問題があった。例えば、特許文献1にはMIセンサを使った組み立て式の3軸磁気センサが開示されている。

なお、ホール素子についてはノイズが大きく、性能アップを図ることが困難であることから、以下MI素子、GSR素子について絞ることにした。

[0004] この問題に対して、特許文献2には、一つの基板上にX軸素子とY軸素子を配置してZ軸素子機能を備えた一体型の3次元磁気検出素子が開示されている。

基板面上にX軸方向とY軸方向にそれぞれ一対のX1軸素子とX2軸素子およびY1軸素子とY2軸素子をクロス状に配置しその中心点下部にパーマロイ心棒を配置したものである。

この3次元磁気検出素子は、3次元の磁界ベクトルを、まずX軸方向の磁界はX1軸素子とX2軸素子の出力を加算することによって検知し、Y軸方向の磁界はY1軸素子とY2軸素子の出力を加算することによって検知し、さらにZ軸方向の磁界はZ軸方向磁界をパーマロイ心棒によって平面方向に変向成分を発生させ、それをX1軸素子とX2軸素子の出力の差分とY1軸素子とY2軸素子の出力の差分とを加算することで検知するものである。

しかし、パーマロイ心棒によるZ軸方向磁界を平面方向に変向する力はきわめて弱い。そのため長くて直径の大きなパーマロイを必要とし、3次元磁気検出素子の厚みは0.5mm以上必要で実用的でなかった。

[0005] そこで、MI素子タイプにサイズを一層改善した特許文献3には、MI素子の両端部に、一方の上部に軟磁性体を設けるとともに他方の下部に軟磁性体を設けて、二つの軟磁性体と素子とを使ってクランク状の磁気回路を形成してZ軸方向の磁界を効果的に検出できる3次元磁界検出素子が開示されている。

基板平面上に4つのM I素子を、基板の原点を中心にしてX軸方向に2つ配置し、X軸と交差するY軸に2つ配置し、さらに原点の下部の基板内と4つのM I素子の原点と反対側のM I素子の端部の上部に軟磁性体を配置することにより、磁界検出素子と軟磁性体とからなる磁気回路を形成するものである。これにより幅0.7 mm、長さ0.7 mm、厚さ0.3 mmの3次元磁界検出素子が得られている。

[0006] しかし、近年の方位センサをウェアブルコンピュータ、医療用カテーテルのガイドワイヤの先端などに用いられるためには一層の小型化、薄型化が求められている。

また、左右の磁界検出素子からの測定値を加算してX軸磁界成分とY軸磁界成分を求め、減算してZ軸磁界成分を求めるので、左右の磁界検出素子は同一方向に対して同じ値になり、逆方向磁界に対して正負反対の同一値となる必要があり、構造上の対称性が極めて重要である。高精度になるほど両者のわずかな差異も大きな問題となる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：WO 2005／008268

特許文献2：WO 2010／110456

特許文献3：特開2014－153309

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本発明は、以上のような技術的背景に鑑みて、最近開発されたG S Rセンサに着目し、

基板面上の磁界検出素子の配置、Z軸方向磁界の集磁界構造と軟磁性体の配置を検討して磁界検出力を改善する同時に3次元磁界検出素子の大きさを検討した結果、なされたものである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者は、特許文献3に記載された3次元磁界検出素子のさらなる小型化を検討した結果、4つの磁気検出素子を3つの磁気検出素子に変更し、測定の中心点である原点でお互いに直交する3軸方向において第1軸方向は2つの素子12と素子13により第1軸方向磁界を測定し、第2軸方向は1つの素子14を原点位置に配置して第2軸方向の磁界を測定し、第3軸方向は第1軸方向の2つの素子と3つの軟磁性体と組合せて点対称に2つのクランク状の磁気回路を形成して第3軸方向の磁界を測定する構造を考案した。

[0010] X軸方向磁界 H_x は、素子12と素子13の測定値の平均値から求めた。Y軸方向の磁界 H_y は素子14の測定から求めた。Z軸方向の磁界 H_z は、素子12と素子13の測定値の差分の平均値から求めた。小型化を実現するために、素子14の感度を基準に、素子12と素子13は2つの素子の出力合計の感度が素子14と同じになるように、素子12と素子13は長さの小さな素子を採用し、長手方向の長さを小さくした。また素子12と素子13の長さを短くすることで、磁気回路の磁気抵抗を小さくしかつ軟磁性体の大きさを調整することでZ軸方向の検出感度も素子14の感度と一致させると同時に厚み方向の大きさも小さくすることができた。

さらに感度の優れたGSR素子を採用し素子の長さを短くして、素子全体の大きさを小さくすることができた。

発明の効果

[0011] 本発明により、GSR素子を用いることにより高い感度、低いノイズ、広い測定レンジなどの基本性能を維持する3次元磁界検出素子のサイズの一層の小型化、薄型化を図ることができる。また、磁界検出素子の数の減少により安価となる。さらに、3次元磁界検出装置を小さく、薄くすることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施例1に係る3次元磁界検出素子の平面図である。

[図2]実施例1に係る3次元磁界検出素子の平面図(図1)のA-A'線に沿う断面図である。

[図3]実施例1に係るGSR素子の基本構造を示す平面の概念図である。

[図4]実施例1に係るクランク状の磁気回路を示す概念図である。

[図5]実施例1に係る磁界検出素子の電子回路図である。

[図6]実施例1に係る3次元磁界検出素子の電子回路図である。

[図7]実施例2に係る3次元磁界検出素子の平面図(図1)のB-B'線に沿う断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明の3次元磁界検出素子は、基板面と平行方向の磁界を検出する磁界検出素子と基板面と直交する磁界を集磁・放磁する軟磁性体からなり、基板面上における磁界の測定の中心点を原点として、その原点において、基板面上の第1軸方向、第1軸方向と直交する第2軸方向および基板面と直交する第3軸方向からなる3軸が交差してなり、磁界検出素子は、原点を中心にして第1軸方向には2つの磁界検出素子と第2軸方向には1つの磁界検出素子を前記基板上にてそれぞれ点対称に配置し、かつ、軟磁性体は、原点の上部および前記第1軸方向の2つの前記磁界検出素子の前記原点に対して反対側の端部の下部に配置してなり、第1軸方向において2つの磁界検出素子と3つの軟磁性体とからなる磁気回路を形成することを特徴とする。

[0014] 3次元磁界検出素子は、基板面と平行方向の磁界を検出する3つの磁界検出素子と3つの軟磁性体からなる。

磁界検出素子は、感磁体であるアモルファスワイヤ、アモルファスワイヤに周回する検出コイル、アモルファスワイヤおよび検出コイルのそれぞれの両端の端子、両端の端子およびそれらの端子と外部の集積回路と接合する電極パッドおよび端子と電極との配線から構成されている。

[0015] アモルファスワイヤの直径は $15\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $10\mu\text{m}$ 以下である。その外周は絶縁性材料で被覆、例えばガラス被覆されていることが好ましい。アモルファスワイヤと検出コイルとの間の絶縁が容易であり、また間隙を小さくしてコイル内径の小径化を図ることができる。

検出コイルは、コイル内径は $30\mu\text{m}$ 以下で好ましくは $20\mu\text{m}$ 以下である

。コイル内径を小さくすることにより感度の向上になる。コイルピッチは5 μm 以下で好ましくは3 μm 以下である。これにより単位長さ当たりのコイル巻数の増加を図ることができ、

感度の向上、ひいては磁界検出素子を短くして小型にすることができる。

[0016] 基板面上における3つの磁界検出素子の配置は次のように行う。

基板面上において、基板面と平行な磁界の測定の中心点を原点とする。その原点を通過する基板面上の第1軸方向（X軸方向）、第1軸方向（X軸方向）と直交する第2軸方向（Y軸方向）および基板面に対して垂直方向に直交する第3軸方向（Z軸方向）の3軸（X軸、Y軸およびZ軸）が交差している。

基板の長さ方向をX軸として、原点を中心にして磁界検出素子12および磁界検出素子13を点対称に配置する。幅方向をY軸として、原点を中心にして磁界検出素子14を点対称に配置する。

さらに、Y軸方向の磁界検出素子を1つとし、点対称に配置した結果、3次元磁界検出素子の幅方向のサイズは1/3程度に小さくすることができる。

[0017] 軟磁性体は、基板上に配置された素子12および素子13と2つのクランク状の磁気回路を形成して、Z軸方向の磁束を集磁し、それを素子内部の磁性ワイヤに流しさらに両側の軟磁性体から放磁することで、Z軸方向の磁界の強さを検出することを可能とするものである。ただし、このような軟磁性体による磁気回路形成が可能である限り、軟磁性体の材質、形態は問わない。軟磁性体は、高透磁率であるほど、磁場の集磁効果が大きくて好ましい。軟磁性体の形状は、反磁界係数を小さくしてZ軸方向の磁界によって効果的に磁化し得る形状であることが好ましい。

また製造容易性を考慮すると軟磁性体の直径D（楕円形状の場合には直径相当径とする。）に対して高さHにより求められるアスペクト比（H/D）は1以下が好ましい。

なお、上述の磁気回路を形成してZ軸方向の磁界を検出することができる限り

、原点の上部の1つ軟磁性体を原点の下部に配置し、原点と反対側の端部の下部に配置している2つの軟磁性体を上部にすることも可能である。

[0018] 軟磁性体の配置は、磁気回路を効果的に形成されやすい位置に配置されると好ましい。

例えば、軟磁性体の磁極面とアモルファスワイヤ端部とをできるだけ近づけて磁気回路抵抗を小さくするようにする。断面積と厚みで表現される軟磁性体の大きさは、磁界検出素子の長さや直径に相対的関係があり、磁界検出素子が長いほど軟磁性体の厚みを厚くすることが好ましい。

[0019] 本発明の趣旨に沿う限り、X軸素子とY軸素子または軟磁性体の配置は、両軸が直角であることが好ましいが、直角からある角度ずれている場合は磁界検出素子の出力にその角度ずれに応じた適切な補正演算を行うことによって処理することができる。

[0020] また、本発明の3次元磁界検出素子は、第1軸方向の磁界検出素子の端部の下部に配置されている2つの軟磁性体が基板面に対して直角に加工されている加工端面の表面に位置することを特徴とする。

[0021] 長さ方向にあるX軸方向の磁界検出素子の端部にある軟磁性体を含む基板を、基板面に対して下方に加工することによって、磁界検出素子を含まない端部が除去されるので

軟磁性体が加工端面の表面になる。これにより3次元磁界検出素子の長さを短くすることができる。なお、磁性体の半分程度が除去されると集磁機能の低下につながるので軟磁性体の断面積を大きくすることである。この場合には幅方向を大きくする楕円形状にすることにより3次元磁界検出素子の長さを短くすることへの影響は少ない。

[0022] また、本発明の3次元磁界検出素子は、長さ0.6mm以下、幅0.3mm以下および厚み0.15mm以下からなることを特徴とする。

[0023] これにより、スマートフォンやウェアブルコンピュータの期待に応えるのみでなく、例えば医療用カテーテルのガイドケーブルの先端に内蔵することも可能となる。

[0024] さらに、本発明の３次元磁界検出装置は、本発明の磁界検出素子と集積回路チップとを接合していること特徴とする。

[0025] 本発明の３次元磁界検出装置は、Ｚ軸方向の磁場を基板上に設置したＸ軸素子とＹ軸素子およびＸ軸素子と軟磁性体による磁気回路を形成することによって３軸の磁界を検出する磁界検出素子の小型化・薄型化を図ることに加えてさらに集積回路チップを接合して総合的な小型化または薄型化を図るものである。

すなわち、本発明の３次元磁界検出素子と集積回路との接合は、ワイヤボンディングを使って行うこともできるが、ワイヤボンディングのための余分な面積や高さが必要となる。そこで３次元磁界検出素子と集積回路とを積層してパッド接合することによって両者を電氣的に接合することが、全体的な小型化または薄型化をより進めるために望ましい。

実施例

[0026] 図面を参照しつつ以下に挙げる実施例を説明する。

[実施例１]

実施例１に係る３次元磁界検出素子１を図１に示す。図１は３次元磁界検出素子の平面図であり、図２は図１中に示すＡ－Ａ'線における断面図である。図３はＧＳＲ素子の基本構造を示す平面図である。

[0027] ３次元磁界検出素子１は、地磁気などの微小磁界を検出することができる３つのＧＳＲ素子３と集磁・放磁機能を有する３つの軟磁性体２１、２２からなる。

すなわち、ＧＳＲ素子の２つは基板面上のＸ軸におけるＸ１素子１２とＸ２素子１３であり、１つはＹ軸におけるＹ素子１４である。Ｘ軸、Ｙ軸およびＺ軸は原点でお互いに直交しており、Ｘ１素子１２とＸ２素子１３は原点を中心にして点対称にあり、Ｙ素子１４は１つで原点を中心にして点対称にある。

１つの軟磁性体２２は原点の上部（Ｙ素子１４の上部に相当する。）にボタン状に形成され、２つの軟磁性体２２は基板１１の長手方向の両外縁であ

る素子X1および素子X2の各端部の基板11の中にボタン状に形成されている。

[0028] GSR素子3の基本構造（以下、素子の構造という。）を、図3により説明する。

3つの素子3の構造は直径10 μ mにて、X軸用の素子12および素子13は長さ120 μ mのアモルファスワイヤ（以下、ワイヤという。）を用い、Y軸用の素子14は長さ200 μ mのワイヤを用いる。ワイヤ31を中心部に配置し、その周囲を内径20 μ m、コイルピッチ3 μ m、巻数30回の検出コイル（以下、コイルという。）32を配置し、さらにワイヤ31と検出コイル32の両端にはそれぞれワイヤ用端子33、コイル用端子35が取り付けられている。ワイヤ用端子33からのワイヤ用電極パッド34、検出コイル用端子35からのコイル用電極パッド36をそれぞれ使って集積回路端子（図示せず）に対応している。各素子3の上記各端子と集積回路の各端子とは、電極パッドで電氣的に接合される。

[0029] 軟磁性体21、22について説明する。

軟磁性体21は、基板11の原点の上部に素子14とは絶縁被膜を挟んで、Z軸線を軸として直径30 μ m、厚み30 μ mのボタン状に形成されている。その組成は45at%Ni-Feのメッキ法で形成したパーマロイ合金である。

軟磁性体22は、基板11に長径80 μ m、短径40 μ mの楕円形状にて深さ40 μ mの穴を設け、そこにメッキ法で45at%-Fe組成のパーマロイ合金を埋め込んだもので、素子12および素子13とは絶縁されている。

なお、軟磁性体21、22には、純Ni、純鉄、他組成のパーマロイ合金、センダスト、パーメンジュール等の公知軟磁性材料を用いることができ、また形成方法もスパッタリング等を用いることができる。

[0030] 本実施例において、基板1のX軸方向に2つのクランク状の磁気回路が形成されている。1つは基板1上に配置された左側のX1素子12とその端部

の下部に配置されている左側の軟磁性体 2 2 および原点の上部の軟磁性体 2 1 から構成されている。他の一つは右側の X 2 素子 1 3 とその端部の下部に配置されている右側の軟磁性体 2 2 および原点の上部の軟磁性体 2 1 から構成されている。

これらの 2 つのクランク状の磁気回路は原点を対称にして形成されることにより、Z 軸方向の磁界の強さを効果的に検出することができる。

[0031] クランク状の磁気回路の機能について、図 2（図 1 の A - A' 線の断面図）により説明する。

Z 軸方向の磁界 H_z は X 1 素子 1 2 および X 2 素子 1 3 の両端にある軟磁性体 2 2 を磁化する。軟磁性体 2 2 の下面の磁極を S 極とすると、原点の上部にある軟磁性体 2 1 の上面の磁極は N 極となっており、その間にある素子のワイヤ 3 1 を介してクランク状の磁気回路 4 を形成する。この時、ワイヤ 3 1 には Z 軸方向の磁界 H_z に比例した強い磁界が流れることになる。この磁気回路の形成によって効果的に大きな出力を得ることができるので、原点の上部にある軟磁性体 2 1 の厚みを 0.03 mm と薄くすることができる。その結果、3 次元磁界検出素子 1 の高さ 1 6 を 0.13 mm とすることができる。

[0032] 3 つの G S R 素子の出力は個別に測定され、X 1 素子 1 2 および X 2 素子 1 3 の磁界の強さを H_{x1} 、 H_{x2} とし、Y 素子 1 4 の磁界の強さを H_{y1} としたとき式 (1)、式 (2) および式 (3) によって演算処理され、X 軸、Y 軸および Z 軸の磁界の強さ H_x 、 H_y および H_z が算出される。なお、式 (3) の K は係数である。

$$H_x = (H_{x1} + H_{x2}) \quad (1)$$

$$H_y = H_{y1} \quad (2)$$

$$H_z = K (H_{x1} - H_{x2}) \quad (3)$$

[0033] X 軸方向の磁界の強さは、X 1 素子 1 2 と X 2 素子 1 3 の両者の出力の加算値から求めることができる。これは、X 軸方向の磁界成分に対して対称的に磁気回路を形成しており、その大きさは X 軸方向の強さに比例した値で、

その符号は同符号であることによる。

Y軸方向の磁界の強さは、Y素子14の1つの出力であるのでそのままY軸方向の強さとなる。

[0034] Z軸方向の磁界の強さは、X1素子12とX2素子13の両者の出力の差分から求めることができる。これは、X1素子12とX2素子13は反対称的にクランク状の磁気回路6を形成しており、両者の素子の出力は、Z軸方向の磁界の強さに比例し符号は反対であることによる。

[0035] 本実施例で用いる3次元磁界検出素子の電子回路を図5および図6により説明する。

まず、GSRセンサの電子回路5Aの基本動作を図5により説明する。

電子回路5Aは、パルス発信回路（パルス発信器）51および信号処理回路52を有する。信号処理回路52は、バッファ回路53、検波タイミング調整回路54、電子スイッチ55、サンプルホールド回路56および増幅器57からなる。パルス発信回路51により発生した2GHz相当の高周波のパルス電流をGSR素子2のワイヤ31へ供給する。そうすると、パルス電流によりワイヤ31の表面に生じた磁場と外部磁場とが作用して、その外部磁場に対応した電圧がコイル32に発生する。なお、ここでいうパルス周波数は、パルス電流の「立ち下がり」時間 Δt の4倍をその周期としてその逆数をパルス周波数と便宜上定義した。

[0036] コイル32の出力電圧はバッファ回路53に入力される。バッファ回路53の出力電圧は、検波タイミング調整回路54により、パルス電流の立ち下がりから所定のタイミングで、電子スイッチ55を短時間にスイッチング（オン・オフ）することでサンプルホールド回路56のコンデンサ電圧としてホールドされ、このサンプリング電圧は増幅器57により増幅されて出力される。

[0037] 次に、3つのGSR素子3を有する本実施例の電子回路5Bの機能を図6により説明する。

本電子回路5Bは、パルス発信回路（パルス発信器）51、信号処理回路

5 1 およびデジタル回路 5 8 からなる。パルス発振回路（パルス発信器）5 1 は 1 つで、信号処理回路 5 2 は各素子の出力を同時に測定するために 3 つを備えている。3 つの G S R 素子（X 1、X 2 および Y 1）からの出力は、デジタル回路 5 8 に入り、切替スイッチ 5 8 1 を使って順番に A D コンバータ 5 8 2 でデジタルデータに変換された後、演算回路 5 8 3 に転送され、適当な演算処理がなされる。そこで 3 次元ベクトルの強さに換算される。その後、スマートフォンなどのシステムを制御している中央演算装置にデータ通信回路 5 8 4 を介して転送される。

[0038] 本実施例による矩形形状の 3 次元磁界検出素子の大きさは、長さ $540\ \mu\text{m}$ 、幅 $250\ \mu\text{m}$ 、厚みは原点の上部の軟磁性体の厚みを含んで $120\ \mu\text{m}$ である。これは、正方形形状で 4 つの磁界検出素子と 3 つの軟磁性体からなる 3 次元磁界検出素子に対して 1 / 4 程度の小型である。

[0039] [実施例 2]

実施例 2 に係る 3 次元磁界検出素子の断面図を図 7 に示す。

本実施例の 3 次元磁界検出素子は、実施例 1 における 3 次元磁界検出素子 1（図 1）の両端部を B - B' 線に沿って切断加工し、その切断面の状態を図 1 中に示す A - A' 線における断面図として示す。なお、両端部の軟磁性体は逆円錐筒状からなり、切断加工したものである。

X 1 素子 1 2 の端部の軟磁性体 3 2 の中央部の B - B' 線および X 2 素子 1 3 の端部の軟磁性体 2 2 の中央部の B - B' 線に沿って加工されることによって軟磁性体 2 2 の端面が 3 次元磁界検出素子の左右に表れている。

この加工によって、3 次元磁界検出素子の長さを短くすることができる。なお、軟磁性体 2 2 を切断加工により基板 1 1 の一部とともに取り除いているが、十分に残存する軟磁性体によるクランク状の磁気回路は保存されているので磁界検出力には何らの影響を与えるものではない。

[0040] 本実施例による 3 次元磁界検出素子の大きさは、実施例 1 に対して長さ方向で両端がそれぞれ $50\ \mu\text{m}$ 短くなることから、長さ $440\ \mu\text{m}$ となる。なお、幅 $250\ \mu\text{m}$ と厚み $120\ \mu\text{m}$ は同じである。よって、さらに約 20% の

小型化が可能となる。

産業上の利用可能性

[0041] 本発明の３次元磁界検出素子は、電子コンパス、モーションセンサ、スマートフォン等の３次元の地磁気そくていを必要とする３次元方位計に必要なもので、特に本発明の３次元磁界検出装置は載置する基板に垂直な方向（いわゆるＺ軸方向）に小型化、薄型化が必要なものに好適である。

さらに将来的には超小型の３次元磁界検出装置は、医療用カテーテルのガイドワイヤの先端に取り付け、その先端部分が磁界空間における３次元的な位置を確定するセンサとしての期待がなされている。

符号の説明

[0042] １：３次元磁界検出素子

１１：基板

１２：Ｘ軸におけるＸ１素子、１３：Ｘ軸におけるＸ２素子、１４：Ｙ軸におけるＹ素子

２１：原点の上部の軟磁性体

２２：Ｘ１素子およびＸ２素子の原点とは反対側の端部の下部の軟磁性体

１６：３次元磁界検出素子の厚み

３：ＧＳＲ素子

３１：アモルファスワイヤ、３２：検出コイル、３３：ワイヤ用端子、３４：電極パッド、３５：コイル用端子、３６：電極パッド

４：クランク状の磁気回路

５Ａ：ＧＳＲセンサの電子回路

５１：パルス発振回路（パルス発信器）、５２：信号処理回路、５３：バッファ回路、５４：検波タイミング調整回路、５５：電子スイッチ、５６：サンプルホールド回路、５７：増幅器

５Ｂ：三次元磁界検出装置の電子回路

５８：デジタル回路、５８１：切替スイッチ、５８２：ＡＤコンバータ、５

８３：演算回路、５８４：データ通信回路

請求の範囲

- [請求項1] 基板面と平行方向の磁界を検出する磁界検出素子と基板面と直交する磁界を集磁・放磁する軟磁性体からなる3次元磁界検出素子において、
- 前記基板面上における前記磁界の測定の中心点を原点として、
- 前記原点において、前記基板面上の第1軸方向、第1軸方向と直交する第2軸方向および前記基板面に垂直に直交する第3軸方向からなる3軸が交差してなり、
- 前記磁界検出素子は、前記原点を中心にして前記第1軸方向には2つの前記磁界検出素子と前記第2軸方向には1つの前記磁界検出素子を前記基板上にそれぞれ点対称に配置し、
- かつ、
- 前記軟磁性体は、前記原点の上部および前記第1軸方向の2つの前記磁界検出素子の前記原点に対して反対側の端部の下部に配置してなり、
- 前記第1軸方向において2つの前記磁界検出素子と3つの前記軟磁性体とからなる磁気回路を形成することを特徴とする3次元磁界検出素子。
- [請求項2] 請求項1に記載されている3次元磁界検出素子において、
- 前記磁界検出素子の端部の下部に配置されている2つの軟磁性体は、前記基板面に対して垂直方向に加工されている加工端面の表面に位置することを特徴とする3次元磁界検出素子。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載されている3次元磁界検出素子において、
- 前記3次元磁界検出素子は、長さ0.6mm以下、幅0.3mm以下および厚み0.15mm以下からなることを特徴とする3次元磁界検出素子。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか1項に記載されている3次元磁界検

出素子と集積回路チップとを接合していることを特徴とする３次元磁界検出装置。

[請求項5] 請求項１から請求項３のいずれか１項に記載されている３次元磁界検出素子と集積回路チップとを積層してパッド接合することによって両者を電氣的に接合していることを特徴とする３次元磁界検出装置。