

明 細 書

発明の名称：磁気計測システム、及び磁気センサの校正方法

技術分野

[0001] 本発明は、磁気センサを利用して磁気を計測する磁気計測システム、及び磁気センサの校正方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、車両に取り付けた複数の磁気センサを用いて道路に敷設された磁気マーカを検出するための磁気マーカ検出方法の提案がある（例えば下記の特許文献1参照。）。この磁気マーカ検出方法では、複数の磁気センサのうちの2つ以上の磁気センサの出力値の差分を求めることで外乱磁気の影響を抑制し、磁気マーカの検出精度を高めている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2017-083189号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、前記従来の磁気マーカ検出方法では、次のような問題がある。すなわち、各磁気センサの出力特性に個体差があると、個体差に起因する出力値のばらつき誤差が差分演算によって増幅されて大きな誤差となることから、車両の使用期間において定期的に磁気センサを校正する必要がある、車両のユーザー側の負担が高くなるおそれがあるという問題がある。

[0005] 本発明は、前記従来の問題点に鑑みてなされたものであり、磁気センサを利用して精度高く磁気を計測するための磁気計測システム及び磁気センサの校正方法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

[0006] 本発明の一態様は、磁気センサを用いて磁気を計測する磁気計測システムであって、

前記磁気センサには、通電した電流に応じて磁界を発生させる磁界発生部が付設されており、

前記磁界発生部に通電する電流と、前記磁気センサに作用する磁気と、の関係である磁気出力特性を表す磁界発生部の特性情報を記憶する記憶部と、

前記記憶部により記憶される前記磁界発生部の特性情報を参照して、前記磁界発生部に通電する電流の変化量である電流差分値 A に起因して前記磁気センサに作用する磁気の変化量である磁気差分値 A を推定する推定部と、

前記磁界発生部に作用する前記電流差分値 A 分の電流の変化に応じて前記磁気センサが出力するセンサ出力の変化量である出力差分値 A と、前記推定部が前記電流差分値 A について推定する磁気差分値 A と、の比率を調整することで磁気センサを校正する校正部と、を備える磁気計測システムにある。

[0007] 本発明の一態様は、磁気を計測する磁気センサの校正方法であって、
通電した電流に応じて磁界を発生させる磁界発生部が付設されていると共に、

前記磁界発生部に通電する電流と、前記磁気センサに作用する磁気と、の関係である磁気出力特性を表す磁界発生部の特性情報を記憶する記憶部が付設された磁気センサについて、

前記記憶部により記憶される前記磁界発生部の特性情報に基づき、前記磁界発生部に通電する電流の変化量である電流差分値 A に起因して前記磁気センサに作用する磁気の変化量である磁気差分値 A を推定する磁気推定ステップと、

前記磁界発生部に作用する前記電流差分値 A 分の電流の変化に応じて前記磁気センサが出力するセンサ出力の変化量である出力差分値 A と、前記磁気推定ステップで前記電流差分値 A について推定される磁気差分値 A と、の比率を調整することで前記磁気センサを校正する校正ステップと、を実施する磁気センサの校正方法にある。

発明の効果

[0008] 本発明では、磁界発生部の特性情報に基づき、磁界発生部が磁気センサに

作用する磁気差分値の推定が可能である。そして本発明では、磁気センサに作用する磁気差分値を推定した結果を利用して、磁気センサの校正を可能としている。

[0009] 以上のように本発明によれば、付設された磁界発生部を利用して校正された磁気センサにより、精度の高い磁気計測を実現できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例1における、センサアレイを取り付けた車両の正面図。

[図2]実施例1における、磁気マーカが敷設された車線を示す俯瞰図。

[図3]実施例1における、センサアレイの構成を示すブロック図。

[図4]実施例1における、磁気センサ及びキャリブレーション回路の構成を示すブロック図。

[図5]実施例1における、検出ユニットの構成を示すブロック図。

[図6]実施例1における、磁気マーカを検出するための処理の流れを示すフロー図。

[図7]実施例1における、メンテナンスモード下の処理を実施するための装置の説明図。

[図8]実施例1における、メンテナンスモード下の処理の流れを示すフロー図。

[図9]実施例1における、通常モード下の処理の流れを示すフロー図。

[図10]実施例1における、磁気センサの校正処理の説明図（（a）校正前の磁気センサのセンサ出力特性、（b）校正後の磁気センサのセンサ出力特性）。

[図11]実施例2における、アモルファスワイヤに沿って並列配置されたピックアップコイルと磁界発生コイルを示す説明図。

[図12]実施例2における、コイルの形成方法を説明するための参照図。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明において、磁界発生部に作用する電流差分値は、通電する電流の変化量である。例えば、磁界発生部への非通電状態から通電状態への切換を行

う場合には、通電する電流値がゼロの状態から通電状態下の電流値に切り換わるので、電流差分値は、通電状態下の電流値そのものとなる。

実施例

[0012] 本発明の実施の形態につき、以下の実施例を用いて具体的に説明する。

(実施例 1)

本例は、磁気センサを用いて磁気を計測する磁気計測システム、及び磁気センサの校正方法に関する例である。この内容について、図 1～図 10 を用いて説明する。

[0013] 磁気計測システムの一例をなすマーカ検出装置 1 は、図 1 及び図 2 のごとく、道路に敷設された磁気マーカ 10 を検出するために車両 5 に組み込まれる車載装置である。磁気マーカ 10 は、例えば、車両 5 が走行する車線 100 の中央に沿うように路面 100S に敷設される。例えば、直径 20 mm、高さ 28 mm の円柱状をなす磁気マーカ 10 は、路面 100S に穿設された収容孔 100H に収容されて埋設される。

[0014] (1) マーカ検出装置の構成

マーカ検出装置 1 は、図 1 及び図 2 のごとく、複数の磁気センサ S_n を含むセンサアレイ 11 と、図示しない CPU (central processing unit) 等を内蔵する検出ユニット 12 と、を組み合わせた装置である。特に本例のセンサアレイ 11 は、磁気センサ S_n の校正機能を備えている。

[0015] センサアレイ 11 は、車両 5 の底面に当たる車体フロア 50 に取り付けられる。本例の車両 5 の場合、路面 100S を基準とした取付け高さが約 200 mm となっている。

検出ユニット 12 は、センサアレイ 11 が出力するセンサ信号に処理を施して磁気マーカ 10 を検出するユニットである。検出ユニット 12 による検出結果は、例えば車両 5 側の図示しない ECU (Electronic Control Unit) 等に入力され、車線を維持して車両 5 が走行するための自動操舵制御や車線逸脱警報など各種の制御に利用される。

[0016] (1. 1) センサアレイの構成

センサアレイ 11 は、図 3 のごとく、15 個のセンサチップ 2 が一直線上に配置されたセンサユニットである。センサアレイ 11 は、15 個のセンサチップ 2 のほか、差分回路 D_n (n は 1 ~ 15 の自然数。)、差分回路 G_m (m は 1 ~ 14 の自然数。)、キャリブレーション回路 110 等を含めて構成されている。

[0017] センサチップ 2 は、磁気センサ S_n と磁界発生コイル（磁界発生部の一例） C_n とが 1 個ずつ組み込まれ、さらに電子回路が組み込まれて 1 チップ化された電子部品である。電子回路としては、後述するパルス回路 22 や信号処理回路 24 等が組み込まれている。センサアレイ 11 では、15 個のセンサチップ 2 が一直線上に配置されている。これにより、センサアレイ 11 では、15 個の磁気センサ S_n が一直線上に配列された態様が実現されている。また、磁界発生コイル C_n が組み込まれたセンサチップ 2 を採用することで、各磁気センサ S_n に対して磁界発生コイル C_n が個別に付設された態様が実現されている。

[0018] センサアレイ 11 は、磁気センサ S_1 が車両 5 の左側（右ハンドル車の助手席側）に位置し、右側に向かって番号順に並ぶように車幅方向に沿って取り付けられている。センサアレイ 11 における磁気センサ S_n の間隔は、隣り合う 2 つの磁気センサが磁気マーカ 10 の磁気を同時に検出できるように 70 mm に設定されている。このような間隔を設定すれば、隣り合う 2 つの磁気センサの出力値、あるいは出力値に基づく演算値の差分演算等により車幅方向の勾配を表す差分値を算出できる。

[0019] 差分回路 D_n は、図 3 のごとく、各磁気センサ S_n の出力値について、時間方向の勾配を表す差分演算値を演算する回路である。差分回路 D_n は、時間的に先行する前回の磁気計測（サンプリング）時の出力値を記憶している。差分回路 D_n は、時間的に後続する今回の出力値から前回の出力値を差し引くことで時間方向の勾配を表す時間差分値を演算する。

[0020] 差分回路 G_m は、隣り合う磁気センサ S_n に対応する 2 つの差分回路 D_n の時間差分値について、一方の時間差分値から他方の時間差分値を差し引く

ことにより、車幅方向の勾配を表す差分演算値である車幅方向差分値を演算する回路である。

[0021] センサアレイ 11 は、14 個の差分回路 Gm による差分演算値（車幅方向差分値）をセンサ信号として出力する。センサアレイ 11 は、14 個の差分回路 Gm の差分演算値を同時に出力できるよう、14 チャンネルの出力ポートを備えている。なお、本例のセンサアレイ 11 は、車両 5 の高速走行に対応できるように 3 kHz の周期で磁気計測を実行し、磁気計測を実施する毎にセンサ信号を検出ユニット 12 に入力する。

[0022] センサアレイ 11 が備えるセンサチップ 2 では、図 4 のごとく、MI（Magnet-Impedance）素子を利用して磁気センサ S_n が構成されている。MI 素子は、CoFeSiB 系合金製のほぼ零磁歪であるアモルファスワイヤ（磁性体ワイヤ）20 と、このアモルファスワイヤ 20 の周囲に巻回されたピックアップコイル（コイル）21 と、を含む素子である。磁気センサ S_n は、磁束密度の測定レンジが ±0.6 ミリテスラであって、測定レンジ内の磁束分解能が 0.02 マイクロテスラという高感度のセンサである。このような高感度は、アモルファスワイヤ 20 のインピーダンスが外部磁界に応じて敏感に変化するという MI 効果により実現されている。

[0023] MI 素子は、アモルファスワイヤ 20 にパルス電流を通電したときにピックアップコイル 21 に発生する電圧を計測することで、アモルファスワイヤ 20 に作用する磁気を検出する。この MI 素子は、感磁体であるアモルファスワイヤ 20 の軸方向に検出感度を有している。なお、センサアレイ 11 は、各磁気センサ S_n のアモルファスワイヤ 20 が車幅方向に沿うように車両 5 に組み付けられている。

[0024] センサチップ 2 に組み込まれたパルス回路 22（図 4）は、アモルファスワイヤ 20 に通電するパルス電流の元となるパルス信号を生成する回路である。

信号処理回路 24（図 4）は、パルス信号に連動して開閉する同期検波器 241 を利用してピックアップコイル 21 の誘起電圧を取り出し、増幅器 2

42がその誘起電圧を増幅する回路である。信号処理回路24は、増幅後の誘起電圧を磁気センサ S_n の出力値とし、差分回路 D_n （図3）に入力する。なお、磁気センサ S_n の出力値は、キャリブレーション回路110にも入力される。信号処理回路24の増幅器242は、キャリブレーション回路110による制御により誘起電圧の増幅率を調整可能である。

[0025] 各センサチップ2の磁界発生コイル C_n は、電線が巻回されて形成されたコイルであり、互いに電氣的な直列をなすように接続されている。磁界発生コイル C_n は、キャリブレーション回路110による通電に応じて磁界を発生し、磁気センサ S_n に磁気を作用する。センサアレイ11が備える磁気センサ S_n の校正機能は、この磁界発生コイル C_n を利用して実現される。電線が巻回されたコイルである磁界発生コイル C_n は、通電電流の大きさに対する磁気量の線形性が高いという特性があるので、磁気センサ S_n の校正に好適である。

[0026] 各磁界発生コイル C_n は、設計仕様が共通していると共に、磁気センサ S_n との相対的な位置関係を規定する組込仕様も共通している。また、直列に接続された各磁界発生コイル C_n には、キャリブレーション回路110から供給される電流が等しく通電される。したがって、設計上は、各磁界発生コイル C_n が対応する磁気センサ S_n に対して等しく磁気を作用できる。しかしながら、各磁界発生コイル C_n の磁気出力特性のばらつきは不可避であり、さらに、磁気センサ S_n との位置関係のばらつきも不可避である。そのため、各磁界発生コイル C_n が対応する磁気センサ S_n に作用する磁気量には、ばらつき誤差が生じる。

[0027] キャリブレーション回路110（図4）は、磁界発生コイル C_n への通電等を実行するコイル駆動部114と、磁気センサ S_n の校正処理等を実行する校正部112と、を含めて構成されている。校正部112は、CPU、ROM（read only memory）・RAM（random access memory）・フラッシュROM、I/Oなどを含めて構成されている。この校正部112は、磁気センサ S_n を校正するために必要となる磁界発生コイル C_n の特性情報（磁気

出力特性)を記憶する記憶部、磁界発生コイルC_nに作用する電流差分値に起因して磁気センサS_nに作用する磁気差分値を推定する推定部、等としての機能を備えている。ここで、電流差分値は、磁界発生コイルC_nに通電する電流の変化量である。磁気差分値は、磁気センサS_nに作用する磁気の変化量である。

[0028] コイル駆動部114は、磁界発生コイルC_nに電流を供給する定電流回路114Aと、供給電流の電流値を計測する電流計測回路114Bと、を含めて構成されている。定電流回路114Aは、キャリブレーション回路110の制御に応じて磁界発生コイルC_nに電流を供給する。電流計測回路114Bは、計測した磁界発生コイルC_nの電流値を校正部112に入力する。

[0029] 校正部112は、ROMから読み出したプログラムをCPUが処理することで、少なくとも2種の動作モードを実行可能である。動作モードとしては、車両5の使用期間中に実行される通常モード、及び工場出荷時やメンテナンス作業時のメンテナンスモード、がある。通常モードとメンテナンスモードとの切替は、例えば、外部接続されたメンテナンス装置61(図7参照。)の制御により実行される。

[0030] 通常モードは、車両5の使用期間において各磁気センサS_nを校正するための動作モードである。メンテナンスモードは、ヘルムホルツコイル60(図7参照。)の基準磁気を利用して各磁界発生コイルC_nの磁気出力特性(特性情報)を特定するための動作モードである。このメンテナンスモードによって特定された各磁界発生コイルC_nの特性情報(後述)は、キャリブレーション回路110(校正部112)を構成するフラッシュROM等の記憶部により記憶され、磁気センサS_nの校正に利用される。なお、各動作モードの内容については、図8及び図9のフロー図などを参照して後で説明する。

[0031] ここで、図7のヘルムホルツコイル60は、同軸上で離隔して配置された共通仕様の2つの円形コイルを含み、2つの円形コイルの間隔がコイルの半径と等しいコイルシステムである。このヘルムホルツコイル60では、同じ

向きの等しい電流を２つの円形コイルに対して通電することで均一性の高い磁場を生成できる。ヘルムホルツコイル６０が生成する磁気は、基準の磁気量である基準磁気として利用可能である。なお、ヘルムホルツコイル６０の外周側に大径のコイルを同芯配置して磁場の均一性を一層高めたマックスウェルコイルを利用することも良い。

[0032] （１．２）検出ユニットの構成

検出ユニット１２は、図５のごとく、各種の演算を実行するＣＰＵ、ＲＯＭやＲＡＭなどのメモリ素子等が実装された電子基板（図示略）を備えるユニットである。この検出ユニット１２は、センサアレイ１１が出力する１４チャンネルのセンサ信号の一斉取り込みに対応している。

[0033] 検出ユニット１２は、センサアレイ１１が出力するセンサ信号に基づく時系列データについてフィルタ処理を施すフィルタ処理回路１２５と、マーカ検出処理を実行する検出処理回路１２７と、を備えている。また、この検出ユニット１２には、センサアレイ１１が出力するセンサ信号を格納するデータエリアＭ１～Ｍ１４（適宜Ｍｍと記載）、フィルタ処理回路１２５のフィルタ出力値を格納するデータエリアＨ１～Ｈ１４（適宜Ｈｍと記載）が設けられている。

[0034] データエリアＭｍは、上記のようにセンサアレイ１１が３ｋＨｚ周期で出力する１４チャンネルのセンサ信号が表すデータを順次、記憶し、チャンネル毎の時系列データとして格納する記憶エリアである。

フィルタ処理回路１２５は、データエリアＭｍに格納された１４チャンネルの時系列データについて、チャンネル毎にフィルタ処理を施す回路である。このフィルタ処理に適用するフィルタは、低周波成分を抑圧あるいは遮断し高周波成分を通過させるハイパスフィルタである。

[0035] （２）マーカ検出装置の動作

マーカ検出装置１の動作として、（２．１）磁気マーカ１０の検出動作、を概説した後、（２．２）磁気センサＳｎの校正動作、の内容を説明する。なお、（２．２）磁気センサＳｎの校正動作には、上記したように（２．２

． １）メンテナンスモード下の処理と、（２． ２． ２）通常モード下の処理と、がある。

[0036] （２． １）磁気マーカの検出動作

磁気マーカ 10 を検出するに当たって、検出ユニット 12 は、図 6 のように、例えば 3 k H z の周期で各磁気センサ S n による磁気計測が実行されるようにセンサアレイ 11 を制御する（S 101）。各磁気センサ S n の出力値 R n は、まず、差分回路 D n（図 3）に入力され、磁気センサ S n の出力値 R n の時間方向の勾配を表す時間差分値が求められる（S 102）。

[0037] 各磁気センサ S n の時間差分値は、車幅方向の差分を演算する差分回路 G m（図 3）に入力される。例えば、差分回路 G 1 には、差分回路 D 1 及び D 2 の時間差分値が入力され、D 2 の時間差分値から D 1 の時間差分値を差し引く差分演算が実行される（S 103）。差分回路 G m による車幅方向の差分演算値である車幅方向差分値は、センサアレイ 11 において隣り合う 2 つの磁気センサ S n に係る時間差分値の差分の値であり、時間差分値の車幅方向の勾配を示している。

[0038] ここで、差分回路 D n、差分回路 G m による図 6 中の S 102 や S 103 の差分演算は、各磁気センサ S n に対して一様に作用するコモン磁気ノイズの除去に極めて有効である。コモン磁気ノイズは、地磁気だけでなく、例えば鉄橋や他の車両などのサイズの大きな磁気発生源からも生じる可能性が高い。大きな磁気発生源の場合、N 極から S 極への磁界ループが非常に大きくなるため、両極の間中的な位置で磁界が一様に近づき、各磁気センサ S n に作用する磁気が一様に近いコモン磁気ノイズの態様を呈する。上記の S 102、S 103 の差分演算によれば、このようなコモン磁気ノイズを効率良く除去できる。

[0039] センサアレイ 11 は、差分回路 G m による車幅方向差分値よりなる 14 チャンネルのセンサ信号を一斉に出力する。検出ユニット 12 は、このセンサ信号に基づくチャンネル毎の時系列データをデータエリア M m（図 5）に格納する。検出ユニット 12 は、新たなセンサ信号を取得したとき、データエ

リアMmに格納されたデータのうち、最も古いデータを消去すると共にデータエリアMmの各データを順送りして空き領域を設け、新たに取得したセンサ信号が表すデータをその空き領域に格納する。これによりデータエリアMmにおいて、差分回路Gmによる車幅方向差分値の過去の所定期間に亘る時系列データが生成される。

[0040] 検出ユニット12は、データエリアMmに格納されたチャンネル毎の時系列データをフィルタ処理回路125に入力する。フィルタ処理回路125は、低周波成分を遮断し高周波成分を通過させるフィルタ処理（ハイパスフィルタ処理）を実行し（図6中、S104）、フィルタ出力値をデータエリアHmに格納する。そして、検出ユニット12は、データエリアHmに格納されたフィルタ出力値を利用して磁気マーカ10を検出するためのマーカ検出処理を実行する（S105）。

[0041] このマーカ検出処理を実行する検出ユニット12は、例えば、データエリアHmに格納されたフィルタ出力値に関する閾値処理等により磁気マーカ10に由来するフィルタ出力値を抽出し、これにより、磁気マーカ10を検出する。さらに、例えば閾値を超えるフィルタ出力値がデータエリアH1～H14のうちのいずれに属するか等に基づいて、磁気マーカ10の車幅方向の相対位置を特定する。

[0042] 例えば橋やトンネルなどの大きな磁気発生源の場合、上記のように図6のS102やS103の差分演算が、一様に作用するコモン磁気ノイズ等の外部磁気を抑圧できるという一定の効果を発揮する。しかしながら、大きな磁気発生源であっても磁極となる端部の周辺では、磁力線がループ状の経路をなす磁界が形成されて磁気勾配が生じる。磁気勾配が生じていれば、S102やS103の差分演算のみで除去することは難しくなる。

[0043] 大きな磁気発生源の周辺磁界と、小さな磁気発生源の周辺磁界とでは、磁極間距離の違いによって磁気勾配の変化率が異なってくる。すなわち、磁極間の距離が長い大きな磁気発生源の周辺磁界では、一方の磁極の磁気勾配が他方の磁極の磁気勾配に遷移するまでの距離が長く、磁極となる端部の周辺

であっても、磁気勾配の変化が緩やかである。一方、磁極間の距離が短い小さな磁気発生源の周辺磁界の場合、磁気勾配の変化が急激となってその変化率が大きくなる。

[0044] 低周波成分を遮断するフィルタ処理（S 1 0 4）によれば、橋やトンネルなどの大きな磁気発生源の端部の周辺磁界における変化が緩やかな磁気勾配の成分の除去あるいは抑圧が可能である。一方、小さな磁気発生源である磁気マーカ 1 0 に由来する変化が急激な磁気勾配の成分は、S 1 0 4 のフィルタ処理で抑圧されずに通過できる。このように磁気マーカ 1 0 に由来する磁気勾配の成分が多く含まれるフィルタ処理（S 1 0 4）のフィルタ出力値に基づけば、小さな磁気発生源である磁気マーカ 1 0 を確実性高く検出できる。

[0045] （2. 2）磁気センサの校正動作

上記の磁気マーカ 1 0 の検出動作では、磁気センサ S n の出力値の時間的な差分、車幅方向の差分を求めることでコモン磁気ノイズを除去し、磁気マーカ 1 0 の検出精度を高めようとしている。しかしながら、差分演算には、誤差を増幅する特性がある。特に異なる磁気センサ間の差分演算については、磁気センサ S n の個体差に起因するばらつき誤差の悪影響を拡大してしまうという問題がある。差分演算による悪影響を未然に抑制するために、磁気センサ S n の校正が重要になってくる。

[0046] 磁気センサ S n を校正するためにキャリブレーション回路 1 1 0（図 3）が実行する処理としては、（2. 2. 1）工場出荷時やメンテナンス作業時のメンテナンスモード下の処理と、（2. 2. 2）車両の使用期間中に実行される動作モードである通常モード下の処理と、がある。

[0047] （2. 2. 1）メンテナンスモード下の処理

メンテナンスモード下の処理は、ヘルムホルツコイル 6 0 の基準磁気を利用して磁界発生コイル C n の磁気出力特性（特性情報）を特定するための処理である。磁界発生コイル C n は、電流値と磁気量との線形性が高いため、磁気出力特性が分かれば磁気センサ S n に作用する磁気量を定量的に制御あ

るいは推定できる。例えば、磁界発生コイル C_n の磁気出力特性として、ある電流値 I の電流を通電したとき、磁気量 H であることが把握されている場合について説明する。このとき、 $0.5I$ の電流値の電流を磁界発生コイル C_n に通電すれば、対応する磁気センサ S_n に対して、 $0.5H$ の磁気量を磁界発生コイル C_n から作用できる。

[0048] メンテナンスモード下の処理は、図7のごとく、例えば電源供給や動作モードの切替等を実行する専用のメンテナンス装置61、均一な磁場を発生する磁界発生装置6などを利用して実行される。磁界発生装置6は、例えばヘルムホルツコイル60を備える磁気装置である。メンテナンス装置61は、センサアレイ11及び磁界発生装置6の両方に接続されている。メンテナンス装置61は、センサアレイ11に対して動作電力を供給するほか、センサアレイ11と磁界発生装置6との間で、動作状況を表すステータス情報の送受信を仲介する。

[0049] メンテナンスモード下の処理は、磁界発生装置6が形成する一様な磁場の空間にセンサアレイ11が保持された状態で実施される（図7）。メンテナンス装置61は、磁界発生装置6からヘルムホルツコイル60への通電準備が完了したスタンバイ状態である旨のステータス情報を取得すると、そのステータス情報をセンサアレイ11に転送する。

[0050] スタンバイ状態である旨の磁界発生装置6のステータス情報を受信したとき、センサアレイ11のキャリブレーション回路110が、各磁気センサ S_n に磁気計測を実行させる。この磁気計測により、キャリブレーション回路110は、ヘルムホルツコイル60による磁気が作用していないときのセンサ出力値 R_{1n} を取得する（図8、S201）。キャリブレーション回路110は、ヘルムホルツコイル60及び磁界発生コイル C_n の非通電状態における各磁気センサ S_n のセンサ出力としてセンサ出力値 R_{1n} を記憶する。一般に、このセンサ出力値 R_{1n} は、自然界の外部磁気や、センサ出力値のオフセット等のため、ゼロにはならないことが多い。

[0051] 磁界発生装置6は、センサアレイ11から磁気計測完了のステータス情報

を受信すると、ヘルムホルツコイル60への通電を開始する(S202)。磁界発生装置6は、センサアレイ11の各磁気センサ S_n に対して基準の磁気量である基準磁気 H_k を作用させるようにヘルムホルツコイル60の通電電流を制御する。

[0052] ヘルムホルツコイル60が発生する磁界は、外部磁界に対して重畳されるバイアス磁界として各磁気センサ S_n に作用する。したがって、ヘルムホルツコイル60の基準磁気 H_k を各磁気センサ S_n に作用すると、磁気センサ S_n に作用する磁気量が基準磁気 H_k の分だけ変化する。すなわち、ヘルムホルツコイル60への通電を開始したときの各磁気センサ S_n に作用する磁気の変化量である基準の磁気差分値(磁気差分値Cの一例) ΔH_s は、 $\Delta H_s = H_k$ となる。磁界発生装置6は、基準磁気 H_k を各磁気センサ S_n に作用する状態になった後、通電中である旨のステータス情報をメンテナンス装置61を介してキャリブレーション回路110へ送信する。

[0053] キャリブレーション回路110は、通電中という磁界発生装置6のステータス情報を受信すると、各磁気センサ S_n に磁気計測を実行させることでセンサ出力値 R_{2n} を取得する(S203)。さらに、メンテナンス装置61は、ヘルムホルツコイル60への通電を開始したときの磁気センサ S_n のセンサ出力の変化量である基準の出力差分値 ΔR_{sn} (= $R_{2n} - R_{1n}$ 、出力差分値Cの一例)を、各磁気センサ S_n について演算する(S204、センサ特性取得ステップ)。

[0054] キャリブレーション回路110は、上記のステップS202で記憶した基準の磁気差分値 ΔH_s (各磁気センサ S_n について共通)と、ステップS204で演算した基準の出力差分値 ΔR_{sn} と、の数値的な組合せ($\Delta H_s \leftrightarrow \Delta R_{sn}$)を、各磁気センサ S_n の特性情報であるセンサ出力特性として磁気センサ S_n 毎に記憶する(S205、センサ特性取得ステップ)。この組合せは、磁気センサ S_n に作用する磁気量が ΔH_s 変化したときの磁気センサ S_n の出力差分値が ΔR_{sn} であるというセンサ出力特性を表している。

[0055] 磁界発生装置6は、全ての磁気センサ S_n のセンサ出力特性(特性情報)

の記憶が完了した旨のステータス情報をセンサアレイ 11 から受信すると、ヘルムホルツコイル 60（図 7）への通電を停止する（S206）。センサアレイ 11 は、ヘルムホルツコイル 60 への通電が停止された旨のステータス情報を受信すると、磁界発生コイル C_n への通電を開始する（S207）。

[0056] なお、磁界発生コイル C_n は、直列をなすように接続されているため、各磁界発生コイル C_n の通電電流の大きさは等しくなる。磁界発生コイル C_n に通電する電流値 I_1 としては、磁界発生コイル C_n の巻数やコイル径などの設計仕様に基づいて、ヘルムホルツコイル 60 による基準磁気 H_k に近い磁気量を磁気センサ S_n に作用できる電流値を設定すると良い。磁界発生コイル C_n への通電電流を電流値ゼロから電流値 I_1 に切り替えれば、磁界発生コイル C_n に通電する電流値の変化量である電流差分値が $\Delta I_a = I_1$ となる。なお、磁界発生コイル C_n は互いに直列をなすように接続されているため、電流差分値 B の一例である電流差分値 ΔI_a は、各磁界発生コイル C_n について共通になる。一方、各磁界発生コイル C_n では磁気出力特性にばらつきがあるので、各磁界発生コイル C_n が磁気センサ S_n に作用する磁気量は一定にならず、ばらつきが生じる。

[0057] キャリブレーション回路 110 は、電流値 I_1 を各磁界発生コイル C_n に通電している期間中に、各磁気センサ S_n による磁気計測を実行し、センサ出力値 R_{3n} を磁気センサ S_n 毎に取得する（S208、磁気計測ステップ）。そして、キャリブレーション回路 110 は、磁界発生コイル C_n の磁気が作用しているときのセンサ出力値 R_{3n} から、磁界発生コイル C_n 及びヘルムホルツコイル 60 からの磁気が作用していないときのセンサ出力値 R_{1n} （上記 S201 のセンサ出力値）を差し引く演算を、各磁気センサ S_n について実施する。これにより、磁界発生コイル C_n への通電電流の変化量である電流差分値 ΔI_a に応じた磁気センサ S_n のセンサ出力の変化量である出力差分値 ΔR_{cn} （ $= R_{3n} - R_{1n}$ 、出力差分値 B の一例）を、磁気センサ S_n 毎に取得する（S209、磁気計測ステップ）。

[0058] キャリブレーション回路110は、各磁気センサ S_n の出力差分値 ΔR_{cn} に対応する磁気差分値 ΔH_{an} （磁気差分値 B の一例）を推定するために、まず、上記のステップS205で記憶した磁気センサ S_n のセンサ出力特性（ $\Delta H_s \Leftrightarrow \Delta R_{sn}$ ）を参照する（S210、磁気出力特性取得ステップ）。そして、磁気差分値 ΔH_s に起因して出力差分値 ΔR_{sn} が生じるという磁気センサ S_n のセンサ出力特性に基づく比例計算により、各磁気センサ S_n の出力差分値 ΔR_{cn} （上記のS209）に対応する磁気差分値 ΔH_{an} （ $= (\Delta R_{cn} / \Delta R_{sn}) \times \Delta H_s$ ）を求める（S211、磁気出力特性取得ステップ）。そして、キャリブレーション回路110は、磁界発生コイル C_n の磁気出力特性として、磁気差分値 ΔH_{an} と電流差分値 ΔI_a とを対応付けて記憶することにより両者の数値的な組合せを記憶する（S212、磁気出力特性取得ステップ）。

[0059] 以上のような手順のメンテナンスモード下の処理を実施すれば、ヘルムホルツコイル60の基準磁気 H_k を磁気センサ S_n に計測させることで、各磁気センサ S_n のセンサ出力特性を把握できる（センサ特性取得ステップ）。さらに、センサ出力特性が把握された各磁気センサ S_n を用いて磁界発生コイル C_n が作用する磁気を計測すれば（磁気計測ステップ）、該磁界発生コイル C_n の磁気出力特性を把握できる（磁気出力特性取得ステップ）。

[0060] 一般的に、電線が巻回された磁界発生コイル C_n は、通電する電流の大きさに対する磁気の大さの線形性が高く、通電電流の電流値に略比例して磁気量が増加する。したがって、磁気出力特性が把握された磁界発生コイル C_n によれば、対応する磁気センサ S_n に作用する磁気量を定量的に制御できるようになり、磁気センサ S_n の校正に役立つ。

[0061] (2. 2. 2) 通常モード下の処理

車両の使用期間においては、各磁気センサ S_n に対して車両5の内外からさまざまな磁気が作用する。特に車両5には、磁気発生源となり得るさまざまな電子部品が搭載されている。これらの電子部品からの磁気が磁気センサ S_n に作用し、その磁気量が磁気マーカ10から作用する磁気量よりも大き

くなることもある。また、道路を構成するトンネルや橋などのRC構造の構造物は大きな磁気発生源となり得るため、走行環境に応じて外部から車両5に作用する外部磁気の大きさも変動する。

[0062] 一般的に、磁気センサの感度、すなわち、作用する磁気量が ΔH 変化したときのセンサ出力値の変化量 ΔR の比率は、 ΔH が小さければ一定と取り扱うことができる。一方、磁気センサ S_n の感度は、計測対象の磁気量の絶対値の高低、すなわち磁気量の変動範囲の高低に応じて大きく変化することがある。さらに、このような感度の変動度合いは、個体差のため磁気センサ S_n 毎に異なってくる。そのため、車両5の使用期間において、各磁気センサ S_n に作用する磁気量の変動範囲がシフトすれば、各磁気センサ S_n の感度にばらつきが生じてくる可能性が高い。磁気センサ S_n 毎の感度にばらつきが生じれば、各差分回路 D_n による時間差分値に誤差が生じてくる。そして、このような時間差分値の誤差は、差分回路 G_m による差分演算によってさらに拡大するため、磁気マーカ10の検出精度を低下させる要因となり得る。

[0063] キャリブレーション回路110による通常モード下の処理は、車両5の使用期間において、各磁気センサ S_n の感度の均一性を高めて時間差分値の誤差を抑制するために実行される。この通常モード下の処理は、センサアレイ11の各磁気センサ S_n に対して外部磁気が一様に近く磁気作用している状況で実施すると良い。例えば、磁気マーカ10やマンホールなどの比較的小さな磁気発生源や、RC構造の橋などの大きな磁気発生源の端部などに由来する磁気がセンサアレイ11に作用していない状況が好適である。

[0064] キャリブレーション回路110は、図9のごとく、まず、磁界発生コイル C_n に非通電の状態、各磁気センサ S_n に対して外部から一様に近く作用する磁気を計測し、各磁気センサ S_n のセンサ出力値 R_{4n} を順次記憶する(S301)。続いてキャリブレーション回路110は、磁界発生コイル C_n への通電を開始する(S302)。このときの電流値 I_2 としては、メンテナンスモード下の上記のステップS207と同じ電流値 I_1 を設定しても

良いし、異なる電流値であっても良い。本例では、電流値 I_1 と同じ電流値 I_2 を各磁界発生コイル C_n に通電している。そのため、各磁界発生コイル C_n に通電する電流の変化量である電流差分値 ΔI_b (電流差分値 A の一例) $= I_2 = I_1$ となる。

[0065] キャリブレーション回路 110 は、各磁界発生コイル C_n への通電中に、各磁気センサ S_n に磁気計測を実行させ、センサ出力値 R_{5n} を取得する (S303)。そして、磁界発生コイル C_n への通電開始時の電流差分値 ΔI_b 分の電流変化に応じた各磁気センサ S_n の出力差分値 ΔR_{cn} ($= R_{5n} - R_{4n}$ 、出力差分値 A の一例) を演算により求める (S304)。

[0066] キャリブレーション回路 110 は、メンテナンスモード下の上記のステップ S212 で記憶した磁界発生コイル C_n の磁気出力特性 ($\Delta H_{an} \Leftrightarrow \Delta I_a$) を参照する (S305)。そして、この磁気出力特性を利用して、ステップ S302 において電流値 I_2 を磁界発生コイル C_n に通電したときの電流差分値 ΔI_b によって各磁気センサ S_n に作用する磁気量の変化である磁気差分値 ΔH_{bn} (磁気差分値 A の一例) を推定する (S306、磁気推定ステップ)。

[0067] この磁気差分値 ΔH_{bn} の推定方法は、電流差分値に対して磁気差分値がほぼ線形に変化すること、外部環境が変動してもステップ S305 で参照した磁気出力特性 ($\Delta H_{an} \Leftrightarrow \Delta I_a$) における ΔH_{an} と ΔI_a との比例関係が保持されること、を前提にしている。電流差分値 ΔI_b を磁界発生コイル C_n に作用したときの磁気差分値 ΔH_{bn} は、 $\Delta H_{bn} = (\Delta I_b / \Delta I_a) \times \Delta H_{an}$ の演算式により推定可能である。本例の場合、電流差分値 $\Delta I_a = \Delta I_b$ であるため、磁気差分値 ΔH_{bn} が ΔH_{an} に等しくなる。

[0068] キャリブレーション回路 110 は、ステップ S304 に係る磁気センサ S_n の出力差分値 ΔR_{cn} と、ステップ S306 で推定した磁気差分値 ΔH_{bn} と、の比率が所定値となるように、出力差分値 ΔR_{cn} の増幅率を求める (S307、校正ステップ)。そして、キャリブレーション回路 110 は、演算により求めた各磁気センサ S_n の増幅率を、対応する増幅器 242 に設

定することで各磁気センサ S_n を校正する（S308、校正ステップ）。

[0069] ここで、上記のステップS307における所定値は、作用する磁気差分値 ΔH_{bn} に対する磁気センサ S_n の感度を表している。したがって、各磁気センサ S_n について上記のステップS307を実施すれば、全ての磁気センサ S_n の感度を均一に近づけることができる。この内容について、磁気センサ S_n のうちのいずれか2つの磁気センサ S_α 、 S_β （ α 、 β は1～15のうちの異なる自然数。）のセンサ出力特性を例示する図10（a）（b）を参照して説明する。同図の横軸は、磁気センサに作用する磁気量 H を示し、縦軸は、磁気センサのセンサ出力値 R を示している。

[0070] 例えば、作用する磁気量が ΔH 変化したとき（すなわち、磁気差分値が ΔH であるとき）、いずれか2つの磁気センサ S_α 及び S_β に感度の違いがあれば、図10（a）のように出力値の変化量である出力差分値 ΔR_α 及び ΔR_β に差が生じる。各磁気センサ S_α 、 S_β に対して増幅率を個別設定する上記のステップS307及びS308を実施すれば、図10（b）のように各磁気センサ S_α 及び S_β に対応する変化量 $\Delta R_\alpha'$ と変化量 $\Delta R_\beta'$ とを等しくできる。

[0071] 図10（a）（b）のケースと同様の考え方により、磁気量が ΔH 変化したときの各磁気センサ S_n の出力値 R_n の変動量 ΔR_n が均一となるように各磁気センサ S_n を校正すれば、差分回路 D_n による時間差分値について磁気センサ S_n 毎のばらつきによる誤差を抑制できる。時間差分値の磁気センサ S_n 毎のばらつき誤差を抑制すれば、差分回路 G_m が時間差分値について車幅方向差分値を求める際、誤差が増幅されて過大となるおそれを未然に回避できる。誤差が少ない車幅方向差分値を利用すれば、その後のフィルタ処理等により精度高く磁気マーカ10を検出できる。

[0072] なお、キャリブレーション回路110は、外部磁気の大きさの変動等により磁気センサ S_n に作用する磁気量の変動範囲がシフトしたときや、あるいは定期的な校正時期が訪れたとき、等に上記の通常モード下の処理を繰り返し実行し、随時、磁気センサ S_n の校正を実行する。このようなマーカ検出

装置 1 の運用方法によれば、磁気的な環境の変化、経時的な変化、温度や湿度などの環境的な変化等が生じてても、磁気センサ S_n 毎の時間差分値の誤差を回避でき、検出精度を高く維持できる。また、磁気センサ S_n の校正を含むメンテナンスのために整備工場等に車両をその都度、持ち込む必要がなくなるので、車両ユーザー側の手間や出費等を低減できる。磁気量の変動範囲の高低について閾値を設定することも良い。例えば磁気マーカの磁気が作用していないときの磁気量が、閾値以上変動したとき、磁気量の変動範囲がシフトしたと判断して通常モード下の処理を実行することも良い。

[0073] 以上の通り、本例のマーカ検出装置 1 は、磁気センサ S_n の校正機能を備える装置である。このマーカ検出装置 1 では、各磁気センサ S_n が良好に校正された状態を維持できるので、磁気マーカ 10 の磁気を精度高く計測できる。そして、各磁気センサ S_n が精度高く磁気を計測することで得られたセンサ出力に基づけば、磁気マーカ 10 を精度高く検出可能である。

[0074] 本例では、磁気センサを 15 個備えるセンサアレイ 11 について、各磁気センサ S_n の感度を均一に近づけるための通常モードを例示している。1 個の磁気センサについて、図 7 及び図 8 のメンテナンスモード、図 9 の通常モードを実施しても良い。1 個の磁気センサの場合、図 7 におけるセンサアレイ 11 を 1 個の磁気センサに置き換えた場合を想定すると良い。例示したセンサアレイ 11 の場合、図 8 及び図 9 における n が 15 となるが、磁気センサ 1 個のみの場合は、この n が 1 となる。

[0075] この場合、時間的に間隔をあけて実施される各回の通常モードにおいて、図 9 中の $S307$ の $\Delta R_{cn} / \Delta H_{bn}$ が所定値（各回の通常モードにおいて一定の値）となるような増幅率を決定し増幅器に設定すると良い。この場合には、外部磁気の大きさや磁気センサの特性が時間的に変動した場合であっても、所定の大きさの磁気が磁気センサに対して重畳して作用したときのセンサ出力値の変化量を均一に近づけることができる。 $\Delta R_{cn} / \Delta H_{bn}$ の所定値としては、図 8 中の $S205$ における ΔH_s と ΔR_{sn} との比率に相当する値としても良い。この場合、メンテナンスモード下の処理において

、次に説明する校正処理を実施するとさらに良い。

[0076] 15個の磁気センサを含むセンサアレイ11に係る本例の構成では、上記の通り、各磁界発生コイルC_nを電氣的に直列に接続する構成を採用している。直列に磁界発生コイルC_nを接続する場合には、等しい電流を各磁界発生コイルC_nに同時に通電でき、効率良く各磁気センサS_nを校正できる。

メンテナンスモード下の処理において、ヘルムホルツコイル60が各磁気センサS_nに作用する基準磁気H_kを利用して、各磁気センサS_nの感度を均一にする校正処理を実施することも良い。この校正処理では、ヘルムホルツコイル60が各磁気センサS_nに作用する磁気差分値ΔH_sに対して、磁気センサS_nが出力するセンサ出力の変化量である出力差分値が均一になるように、各増幅器242の増幅率を設定すれば良い。この場合、図8中のステップS205では、この校正処理を実施した後のセンサ出力特性を記憶すると良い。

[0077] なお、本例のセンサアレイ11の構成に基づき、差分回路D_nを省略することも良い。この場合には、各磁気センサS_nのセンサ出力値R_nについて時間差分を実施せず、他の磁気センサとの間でセンサ出力値の差分が行われることになる。したがって、この場合には、各磁気センサS_nの出力値R_nを均一に近づけるように、磁気センサS_nを校正すると良い。磁気センサS_nの出力値R_nを均一にするためには、磁気マーカ10の磁気がセンサアレイ11に作用しないときの各磁気センサS_nの出力値R_nが均一になるように、各増幅器242の増幅率と共にオフセット値を適切に設定すると良い。

[0078] なお、非通電状態から通電状態への切換により磁界発生コイルC_nに作用する通電する電流を変化させる場合であれば、変化前の電流値がゼロであるので、通電状態への切換後の電流値そのものが電流差分値となる。この場合の電流差分値は、磁界発生コイルC_nを非通電状態から通電状態へ切り換える場合における切換後の電流値に相当している。

[0079] 磁界発生部の一例をなす磁界発生コイルC_nの磁気出力特性を表す特性情報として、磁界発生コイルC_nに作用する電流差分値と、対応する磁気セン

サ S_n に作用する磁気差分値と、の組み合わせの情報を例示している。磁界発生コイル C_n の特性情報としては、磁界発生コイルに通電する電流値と、磁気センサに作用する磁気量と、の組み合わせであっても良く、通電する電流に対して磁気センサ S_n に作用する磁気の大さの比率、すなわち感度であっても良い。特性情報は、磁界発生コイル C_n に通電する電流と、磁気センサ S_n に作用する磁気、との関係を表す情報であれば良い。

[0080] 磁気センサ S_n のセンサ出力特性を表す特性情報については、磁気センサ S_n に作用する磁気差分値と、磁気センサ S_n が出力するセンサ出力の変化量である出力差分値と、の組み合わせの情報を例示している。磁気センサ S_n の特性情報としては、磁気センサに作用する磁気量と、磁気センサが出力するセンサ出力値と、の組み合わせであっても良く、作用する磁気量に対するセンサ出力値の比率であっても良い。特性情報は、磁気センサ S_n に作用する磁気と、磁気センサによるセンサ出力と、の関係を表す情報であれば良い。

[0081] 本例では、差分回路 D_n の下流側に差分回路 G_m を設けた構成を例示したが、これに代えて、磁気センサ S_n の出力値の車幅方向の差分値を対象として、時間方向の差分値を演算するような構成を採用することも良い。なお、差分回路 D_n 、差分回路 G_m の順番を入れ替えた場合の処理は、以下に説明する通り、本例のセンサアレイ 11 の処理と等価となる。

[0082] 例えば、異なるタイミング $T_1 \cdot T_2$ での磁気センサ S_1 の出力値が $R_1[T_1] \cdot R_1[T_2]$ であって、同様の磁気センサ S_2 の出力値が $R_2[T_1] \cdot R_2[T_2]$ であるとして、差分回路の順番の入替を説明する。磁気センサ S_1 及び S_2 の出力値に関する時間差分値は、それぞれ、 $(R_1[T_1] - R_1[T_2])$ 、 $(R_2[T_1] - R_2[T_2])$ となる。そうすると、この2つの時間差分値についての車幅方向差分値は、 $(R_2[T_1] - R_2[T_2]) - (R_1[T_1] - R_1[T_2]) = (R_2[T_1] - R_2[T_2] - R_1[T_1] + R_1[T_2])$ となる。

一方、磁気センサ S_1 、 S_2 の出力値に関するタイミング T_1 及び T_2 での車幅方向差分値は、それぞれ、 $(R_2[T_1] - R_1[T_1])$ 、 $(R_2[T_2] - R_1[T_2])$ となる。

1 [T2]) となる。したがって、これらの車幅方向差分値についての時間差分値は $(R_2[T1] - R_1[T1]) - (R_2[T2] - R_1[T2]) = (R_2[T1] - R_1[T1] - R_2[T2] + R_1[T2])$ となる。この演算式は、時間差分値を演算してから車幅方向差分値を演算する上記の演算式と等価である。

[0083] 本例では、車幅方向に感度を持つ磁気センサ S_n を採用したが、進行方向に感度を持つ磁気センサであっても良く、鉛直方向に感度を持つ磁気センサであっても良い。さらに、例えば車幅方向と進行方向の2軸方向や、進行方向と鉛直方向の2軸方向に感度を持つ磁気センサを採用しても良く、例えば車幅方向と進行方向と鉛直方向の3軸方向に感度を持つ磁気センサを採用しても良い。複数の軸方向に感度を持つ磁気センサを利用すれば、磁気の大きさと共に磁気的作用方向を計測でき、磁気ベクトルを生成できる。磁気ベクトルの差分や、その差分の進行方向の変化率を利用して、磁気マーカ10の磁気と外乱磁気との区別を行なうことも良い。

[0084] 磁界発生部として磁界発生コイル C_n を例示したが、磁界発生部は、通電に応じて磁界を発生するものであれば良く、単なる電線であっても良い。また、本例では、アモルファスワイヤ20の周囲に磁界発生コイル C_n を巻回しているが、磁界発生コイル C_n に対してアモルファスワイヤが内挿配置されていなくても良い。

なお、本例は、センサアレイ11と検出ユニット12とを別体とする構成例であるが、両者を一体化する構成を採用しても良い。

[0085] (実施例2)

本例は、実施例1の構成に基づいて、センサチップ2のピックアップコイル21と同様の方法により磁界発生コイル C_n を形成した例である。この内容について図11及び図12を参照して説明する。

本例のセンサチップ2では、感磁体をなすアモルファスワイヤ20に対して、ピックアップコイル21と磁界発生コイル C_n とが並列して配置されている。

[0086] センサチップ2では、図11及び図12に示すごとく、凹溝状の延在溝2

5が延設された電極配線基板2Aを利用して磁気センサ S_n が形成されている。このセンサチップ2では、延在溝25に充填されたエポキシ樹脂等からなる絶縁体にアモルファスワイヤ20が埋設されている。そして、絶縁体の外周に沿って形成された導電パターン28、29により、ピックアップコイル21、磁界発生コイル C_n が形成されている。

[0087] 導電パターンとしては、延在溝25の内周面に形成された第1の導電パターン28と、電極配線基板2Aの表面側に面する絶縁体の外側面に形成された第2の導電パターン29と、がある。

第1の導電パターン28は、延在溝25の溝方向と略直交するように延在溝25の内周面に形成され、両端が電極配線基板2Aの表面に延設されたパターンである。第1の導電パターン28は、延在溝25の底面に形成されたパターン282と、延在溝25の内側面に形成されたパターン281と、により構成されている。この第1の導電パターン28は、梯子のように溝方向に複数並列して配置されている。

[0088] 第2の導電パターン29は、電極配線基板2Aの表面側に露出する絶縁体の外側面に沿って、溝方向に斜行する導電パターンである。第1の導電パターン28と同様、第2の導電パターン29は、溝方向に複数並列している。第2の導電パターン29の各パターンは、溝方向に対して斜行することにより、溝方向に隣り合う2本の第1の導電パターン28を直列に接続している。

[0089] センサチップ2のピックアップコイル21は、第1および第2の導電パターン28、29の組み合わせにより全体として螺旋状の電氣的な経路をなすように形成されている。センサチップ2では、ピックアップコイル21の全長に対してアモルファスワイヤ20の方が長くなっている。そして、ピックアップコイル21からはみ出したアモルファスワイヤ20の端部に磁界発生コイル C_n が設けられている。この磁界発生コイル C_n は、ピックアップコイル21と同様、第1の導電パターン28と第2の導電パターン29との組み合わせにより形成され、巻数のみがピックアップコイル21と相違している。

- [0090] ここで、第1及び第2の導電パターン28、29の形成方法を説明する。
第1の導電パターン28の形成に当たっては、まず、絶縁体を形成する前の延在溝25の内周面の全面、及び電極配線基板2Aの表面のうち延在溝25に隣接する縁部、に導電性の金属薄膜を蒸着する。その後、選択エッチング手法を用いて金属薄膜の一部を選択的に除去することで、梯子状に複数のパターンが並列する第1の導電パターン28を形成する。そして、アモルファスワイヤ20が埋設されるように延在溝25にエポキシ樹脂等を充填することで絶縁体を形成する。
- [0091] 第2の導電パターン29を形成するに当たっては、まず、延在溝25に絶縁体が形成された電極配線基板2Aの表面のうち、絶縁体の表面及び延在溝25の外側の縁部に導電性の金属薄膜を蒸着する。その後、選択エッチング手法を用いて金属薄膜の一部を除去すれば、隣り合う第1の導電パターン28の端部を接続する第2の導電パターン29を形成できる。
- [0092] 以上のように、磁気センサ S_n を構成するピックアップコイル21と同様の方法により形成される磁界発生コイル C_n は、巻数を除く仕様がピックアップコイル21と同じである。この磁界発生コイル C_n は、磁気センサ S_n を作成する際、同様の工程で作成できるので、コストアップを誘発するおそれが少ない。また、磁界発生コイル C_n は、磁気センサ S_n に対して組み込まれて一体化されているので、磁気センサ S_n との離間距離などが変動するおそれがない。
- [0093] 磁気センサ S_n のアモルファスワイヤ20の周囲に磁界発生コイル C_n が巻回された構造であれば、磁気センサ S_n に対して効率良く磁気を作用できる。この構造の場合、磁界発生コイル C_n が作用する磁気のうち磁気センサ S_n に供給される磁気の割合が、外的な要因等により変動するおそれが少なくなる。このようにアモルファスワイヤ20の周囲に磁界発生コイル C_n が巻回された構造は、磁界発生コイル C_n を利用した校正の精度向上に有効である。
- [0094] なお、磁界発生コイル C_n に対してアモルファスワイヤ20が内挿配置さ

れていることは必須ではない。アモルファスワイヤ20の長さを、ピックアップコイル21の全長とほぼ同等とし、ピックアップコイル21からのみ出しを少なくしても良い。この場合には、磁界発生コイルCnに対してアモルファスワイヤ20が内挿配置されない状態となる。

なお、その他の構成及び作用効果については、実施例1と同様である。

[0095] 以上、実施例のごとく本発明の具体例を詳細に説明したが、これらの具体例は、特許請求の範囲に包含される技術の一例を開示しているにすぎない。言うまでもなく、具体例の構成や数値等によって、特許請求の範囲が限定的に解釈されるべきではない。特許請求の範囲は、公知技術や当業者の知識等を利用して前記具体例を多様に変形、変更あるいは適宜組み合わせた技術を包含している。

符号の説明

- [0096]
- 1 マーカ検出装置（磁気計測システム）
 - 10 磁気マーカ
 - 11 センサアレイ
 - 110 キャリブレーション回路
 - 112 校正部（記憶部、推定部）
 - 12 検出ユニット
 - 125 フィルタ処理回路
 - 127 検出処理回路
 - 2 センサチップ
 - 20 アモルファスワイヤ（磁性体ワイヤ）
 - 21 ピックアップコイル（コイル）
 - Sn 磁気センサ
 - Cn 磁界発生コイル（磁界発生部、コイル）
 - 5 車両
 - 6 磁界発生装置
 - 60 ヘルムホルツコイル