

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4393702号
(P4393702)

(45) 発行日 平成22年1月6日(2010.1.6)

(24) 登録日 平成21年10月23日(2009.10.23)

(51) Int.Cl.

E 21 B 47/024 (2006.01)

F 1

E 21 B 47/024

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2000-539232 (P2000-539232)
 (86) (22) 出願日 平成10年12月16日 (1998.12.16)
 (65) 公表番号 特表2002-508465 (P2002-508465A)
 (43) 公表日 平成14年3月19日 (2002.3.19)
 (86) 國際出願番号 PCT/US1998/026659
 (87) 國際公開番号 WO1999/031344
 (87) 國際公開日 平成11年6月24日 (1999.6.24)
 審査請求日 平成17年10月18日 (2005.10.18)
 (31) 優先権主張番号 60/068,020
 (32) 優先日 平成9年12月18日 (1997.12.18)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 09/205,203
 (32) 優先日 平成10年12月3日 (1998.12.3)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 391037434
 アライドシグナル インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ニュージャージー州 O
 7962-1057 モーリスタウン コ
 ロムビア ロード 101
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100071124
 弁理士 今井 庄亮
 (74) 代理人 100076691
 弁理士 増井 忠式
 (74) 代理人 100075236
 弁理士 栗田 忠彦
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】小型方向指示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のマルチチップ・モジュール電子組立体を受けるように構成され、かつ集積デジタル回路を有するシャシーと、

特定用途向け集積回路に形成された低温同時焼成セラミック基板に形成され、前記シャシーに結合され、ユニバーサル非同期受信機送信機(UART)により前記集積デジタル回路と通信するように構成された電子モジュールと

を備える小型方向指示装置。

【請求項 2】

請求項1に記載の小型方向指示装置において、前記電子モジュールに結合された2つの三つ組の方向センサを更に備える小型方向指示装置。 10

【請求項 3】

請求項2に記載の小型方向指示装置において、前記三つ組の方向センサの1つが三つ組の磁力計である、小型方向指示装置。

【請求項 4】

請求項3に記載の小型方向指示装置において、前記三つ組の磁力計が、セラミック基板に形成され同じ場所に位置する駆動電子装置及び検知電子装置を備える、小型方向指示装置。

【請求項 5】

請求項2に記載の小型方向指示装置において、前記三つ組の方向センサのうちの1つの

10

20

三つ組が3つの線形加速度計を備える、小型方向指示装置。

【請求項6】

請求項5に記載の小型方向指示装置において、前記加速度計はパッケージ材料とセンサ機構とを備える、小型方向指示装置。

【請求項7】

請求項6に記載の小型方向指示装置において、前記センサ機構はセラミック・パッケージングを備え、前記セラミック・パッケージングは、前記加速度計における集積化された機械的及び電気的な信号のルーティングを提供する、小型方向指示装置。

【請求項8】

請求項5に記載の小型方向指示装置において、前記加速度計は振動ビーム加速度計である、小型方向指示装置。 10

【請求項9】

請求項5に記載の小型方向指示装置において、前記加速度計はマイクロマシン加工されたシリコンの加速度計である、小型方向指示装置。

【請求項10】

請求項1に記載の小型方向指示装置において、前記電子モジュールは、集積化され低温で共焼成されたセラミック基板に形成される、小型方向指示装置。

【請求項11】

請求項1に記載の小型方向指示装置において、複数の電子組立体を更に備え、前記電子組立体は、集積化され低温で共焼成されたセラミック基板に形成されるマルチチップ・モジュール電子組立体であり、前記電子組立体は前記電子モジュールに結合される、小型方向指示装置。 20

【請求項12】

複数のマルチチップ・モジュール電子組立体を受けるように構成され、かつ集積デジタル回路を有するシャシーと、

セラミック基板に形成された集積された駆動電子装置及び検知電子装置をもつ三つ組の磁力計と、

セラミック・パッケージングを備え、前記シャシーに結合される三つ組の振動ビーム加速度計と、

特定用途向け集積回路に形成された低温同時焼成セラミック基板に形成され、前記三つ組の磁力計および前記三つ組の加速度計に結合され、ユニバーサル非同期受信機送信機(UART)により前記集積デジタル回路と通信するように構成される主システム電子モジュールと、 30

セラミック基板に形成され、前記主システム電子モジュールに結合される電力調整器電子組立体と

を備える小型方向指示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

関連の出願

この出願は、1997年12月18日に提出された米国仮出願第0/068020号からの優先権を主張する。 40

【0002】

発明の背景

この発明は、方向指示装置、特に、高温においても動作可能な小型方向指示採掘装置に関する。

【0003】

油井及びガス井の採掘・測量の分野は、他の多くの産業分野と同様に、高精度で信頼性の高い測定装置及びセンサを必要とする。油井及びガス井の採掘・測量の分野及び例えば航空機器機械や軍用配置のような他の多くの産業分野で使用される測定装置及びセンサは、例えば、極端な振動や凍結以下から数百度にわたる温度で経験される衝撃を含む極端な環境 50

条件において精確に測量を行い且つ動作しなければならない。こうした応用分野においては、測定装置やセンサは、20 g RMSのような極端な広範囲振動環境、2000 gの範囲における衝撃環境及び-40 ~ +200 度Cにわたる極端な温度状態において試験されることが多い。

【0004】

典型的には、ウェル採掘・検層処理は、遠隔地において、極めて広範な装備と高度に熟練された労働者を必要とする。この要因の組合せは、一日当たり50万ドル以上にもなる操作コストを生じる結果となる。つまり、操業を停止させる装置の故障は極めて高価につく。予備のパーツは極めて高価ではあるが、装置の故障に関連するコストを制限するために、多くの操業者は、予備の測定装置やセンサを含む予備のパーツを手元に置く。極端な環境条件でのこうしたコスト高の操業は、コンパクトで極めて丈夫で信頼性の高いセンサ及び測定装置を必要とする。

10

【0005】

石油及びガス産業においては、ウェル採掘及び検層環境は、埋蔵物が一層深いボアホールで探索されるので、一層厳しくなっている。ボアホールが深くなればなるほど、ドリル・ストリング及びドリル・ストリング操作工具を操作しなければならない温度は極端になる。方向性採掘がしばしば採用されるが、ボアホールはその深さに沿う種々の地点での方向の変化を含む。例えば、ボアホールは短い距離で垂直から水平へと変化する。しばしば、深くて角度のあるボアホールは、直径1インチ以下であり得る極めて小さな空間で動作するようドリル・ストリングを誘導する測定装置及びセンサを必要とする。しかし、現行の方向装置は大きすぎるので、こうした応用分野では有効に動作し得ない。例えば、現在の装置は典型的には直径1.25 ~ 1.5インチである。

20

【0006】

方向性採掘プロセスは、採掘ビットの場所、方向及び位置変化率を決定するために採掘ビットが下方に置かれた感知システムに組み込まれた感知装置を使用する。エネルギー開発において使用される現在の方向センサ・システムは、典型的には、センサと電子装置との混合である。典型的な方向センサ・システムは、入力電力・駆動信号と感知出力信号とを与えるディスクリートな電子装置を有する個別の加速度及び磁界センサからなる。典型的には、個別のセンサ及び戦機装置組み立て体は単一のシャーシー上に取り付けられる。

30

【0007】

一層深いボアホールは、一層小さい直径の採掘パイプと高温方向感知システムとを要求するので、方向感知装置の現在の生成に新たな且つ一層重い負担を課すことになる。サイズの制限は、多くの深いボアホール採掘システムにおける現在の生成の方向感知装置の使用を禁止する。現在の大径方向感知システムは、採掘・方向感知システムの周囲の泥流を採掘するような他の操作を厳格には含むことなしには、ドリル・システム・ボアに取り付けることができない。深い穴においては、水平採掘操作に必要な鋭い回転半径が、追加の長さ制限を方向センサ・システムに課す。現在の方向センサ・システムは、典型的には24インチのオーダーの長さを有しているために、回転半径が制限される。

【0008】

現在の方向感知システムでは、入力電力・駆動信号を提供し出力信号を感知するディスクリートな電子装置で構成された電子パッケージを用いることにより、現在の装置が曝される衝撃及び振動環境が制限されることになる。例えば、ディスクリートな電子装置と印刷配線基板との間の長いワイヤ・ボンディングは、印刷配線基板の内在的な振動感度と共に、現在の装置の動作時及び非常時の両方の衝撃及び振動露出の限度を制限することになる。様々な電子パッケージとセンサとの間の相互接続配線は、現在の装置が曝され得る衝撃及び振動環境を更に制限することになる。

40

【0009】

現在の方向装置は、典型的には、+150 以下の温度環境で動作するように制限されている。従って、現在の方向装置は、温度に関する感度が強すぎるために、+150 を超える環境で効果的に動作することはできない。例えば、現在の装置は、温度に関する感度

50

が強すぎるので、より深く、より熱いボアホールにおける応用例において動作することはできない。感知素子において用いられる素子の間の熱膨張係数が異なっていることの結果として、ノイズ及びそれ以外の制限が上昇する。例えば、パッケージ材料の熱膨張係数の差と加速センサ機構とによって、加速度計に歪みが生じ、それにより、センサの精度及び性能が低下する。更に、典型的なディスクリートなパッケージングがなされた電子装置は、150¹⁰を超える高温での動作ではブレーキダウンを生じる。

【0010】

更に、現在の方向感知システムは、アナログ・センサ信号電圧を出力し、これは、信号が表面に伝達される前にアナログ・デジタル変換を必要とする。実際には、ドリル・ストリング実装されたマイクロプロセッサにおけるアナログ・デジタル・コンバータ回路が、大きなモデリング誤差を生じさせる。

【0011】

発明の概要

本発明は上昇された温度で動作できる新規な設計のより小さい方向指示センサ・システムを提供することにより先行技術の制限を克服する。本発明の一面によると、本発明は、例えば、1.25から1.50インチの直径の典型的な現在の方向センサ・システムと比較して、1インチよりかなり少ない長さの直径を有し、18から24インチの典型的な方向センサ・システムと比較して長さにおいて7インチの長さである、方向センサ・システムを提供する。即ち、本発明の方向センサ・システムは、現在の大きい方向センサが除外されるアプリケーションにおける角度測定を提供する。

20

【0012】

本発明のより小さい方向センサ・システムにおいて固有の付加的な利点は、例えば、増加する衝撃および振動への抵抗力を含む。例えば、本発明の方向指示システムは、1.25から1.5インチの直径および18から24インチの長さを有するデバイスと比較して、1インチ以下の直径および7インチの長さを有しており、現在の方向センサ・システムよりもよりコンパクトである。このため、システム・シャシーは現システムのシャシーよりも固有のより高い共振周波数または「Q」をもつ。現在の方向指示システムは本発明のデバイスよりも容量において5から10倍大きい。この結果、本発明の方向指示システムは、その固有のより低い質量の結果として、増加した衝撃および振動に対する抵抗力を有する。

30

【0013】

部分的に、本発明による方向指示システムのコンパクト性は電源、センサ・ドライブおよびセンサ回路を厚膜またはマルチチップ・モジュール電子部品組立体へと実装したことによる。厚膜またはマルチチップ・モジュール電子部品組立体はまた、本発明の方向センサ・システムの増加した衝撃および振動への抵抗力に対して寄与する。例えば、厚膜またはマルチチップ・モジュール電子部品組立体は更にコンパクトであり、そして印刷配線ボード上に設けられた個別のコンポーネントを使用して実装された同等の回路よりも、更に小さいコンポーネントの大きさと短いワイヤ結合とを有する。加えて、よりコンパクトなマルチチップ・モジュール電子部品組立体またはハイブリッド電子部品組立体は、印刷配線ボード上の個々のパッケージされた集積回路を使用する現在の技術によって可能であるものよりも、より有効に衝撃および振動から隔離した取付けに役立つ。センサ・ドライブおよびセンサ機能は、1以上の特定用途向け集積回路に実現され、そして一層のコンパクト性のためにマルチチップ・モジュール電子部品組立体と共に集積され得る。1以上のマルチチップ・モジュール電子部品組立体にセンサ駆動および検知回路を実現するような方法は、ノイズを減少し、制御電子部品が個々のセンサと共に配置されることを許容する。

40

【0014】

本発明の更に別の面によると、マイクロ電子部品が、センサ・システムの主電子部品パッケージを含む、センサ・システムの電子的特徴の信頼性を改善するために使用される。例えば、センサ・システム電子部品パッケージは1以上のハイブリッド電子パッケージに実装され得る。ひとつの例において、電力調整、絶縁、およびフィルタリングの機能が1以

50

上のハイブリッド電子部品パッケージに実現される。他の例において、主システム電子部品モジュール上に与えられるデジタル・コントローラ・チップは、本発明の方向検知システムの機能を制御する。主システム電子部品モジュールは3つの直交して設けられた加速度計、3軸磁気計、温度信号出力およびステータス・ワードを含む方向センサのシリアル・デジタル出力信号を提供する。

【0015】

本発明の別の面によると、本発明は、現在の方向指示センサ・システムよりも高い温度で動作できる方向指示センサ・システムを提供することにより、先行技術における固有の温度制限を克服する。本発明は、上昇した温度、例えば摂氏200度で動作できる方向指示センサ・システムを提供する。本発明により与えられる改良された温度能力は、厚膜またはマルチチップ・モジュール電子部品組立体における電源、ドライブおよび検知回路の使用を通じて、および個々の集積回路を特定用途向け集積回路と置き換えることにより、引き出される他の利点である。この結果、本発明は、大きくて温度制限のある方向指示センサ・システムと同一またはそれよりも良い性能を提供しつつ、高い温度及び典型的な環境上の衝撃および振動の状況の中で動作できる小型の方向指示センサ・システムを提供する。

10

【0016】

本発明の更に他の面によると、小型の方向指示センサ・システムは、方向および熱センサを表すシリアル・デジタル出力信号を提供することにより、正確度を高める。センサ信号のアナログからデジタルへの変換は本発明により提供される電圧/周波数コンバータにおいて実現される。さらに、本発明による小型の方向指示センサ・システムは、全てのセンサ・チャンネルの同時のサンプリングを提供することにより、チャンネル間のデータ遅延を排除する。

20

【0017】

好適な実施形態の詳細な説明

図1aは、本発明の1つの好適な実施形態に対する代表的な穴（ウェル、well）空けの環境を示し、本発明は、ボアホールの初期の穴空けの間にドリル・システム10を案内するために用いられ、この技術は、「ドリル中測定（メジャー・ホワイル・ドリリング、measure while drilling）」または「MWD」として知られている。地表12の下には、14で全体を示すボアホールが伸びている。ドリル・システム10はまた、ドリル・ストリングとして知られており、ボアホール14をあけるために使用され、例えば、4つの部分、ユーザが供給するマイクロプロセッサ16、以下に詳細に説明する本発明の小型方向指示システム18、マッド・モータ22により駆動されるドリル・ビット20を含む。ドリル・システム10は、更なるユーザが供給する装置、例えば、種々のユーザ供給の電子装置パッケージを含んでもよい。

30

【0018】

第一のドリル・システム部分、マイクロプロセッサ16は、チューブ24に接続される。チューブ24は、ドリル用液体又はドリル用「マッド（泥）」をマッド・モータ22へ供給するように働く。ドリル用液体又は「マッド」は、チューブ24を通じての圧力のもとにドリル・システム10へ供給される。圧力を加えられたドリル用液体又は「マッド」は、チューブ24に沿って、ドリル・システム10およびマッド・モータ22を通じて流れ、図1aの矢印で示すように、ドリル・システム10の外側の周りを流れて戻り、チューブ24外側のボアホール14に沿って戻り、ボアホール14を充填する。ドリル用液体又は「マッド」は、更に、ドリル・システム10から表面（地表）へデータを送るための送信媒体を提供する。信号は、例えば、ボアホール14を充填するドリル用液体又は「マッド」を通じて送信される圧力インパルスによって、方向指示装置18とウェルヘッド（well head）との間で送信することができる。

40

【0019】

小型センサ・システムは、深いドリル作業に使用する小さい直径のドリル・システムの内側に、より容易に適合する。本発明は、以下に説明するように、特別に開発されたセンサ

50

およびセラミック基板マイクロエレクトロニクスを用い、それらは、深い穴で経験される上昇した温度で動作し、かつ深いドリリング（穴掘り）での極度なショックや振動の起こる環境で生存することができる。本発明の小型センサ・システムはまた、方向型のドリリングにも適している。

【0020】

図1bは、本発明の1つの好適な実施形態に対しての代表的なワイヤ線探査又は「ウェル・ロギング（well logging）」環境を示し、本発明は、現存するボアホールをマップ又は「ログ」するために用いられる。地表12の下には、32で全体を示す現存するボアホールが伸びている。ボアホール32を通じて移動するために、ボアホール32にプローブが挿入され、このプローブは、例えば、2つの部分を含む。第一の部分は、ユーザが供給するマイクロプロセッサ16であり、第二の部分は、以下に詳細に説明する本発明の小型方向指示システム18である。第一のプローブ部分、マイクロプロセッサ16は、ケーブル36によりケーブル・リール34に接続される。ケーブル36はボアホール36に沿ってプローブを下げるよう働く。1つの例では、ケーブル36は更に、プローブから地表までケーブル36を通じてデータを送信するための送信媒体を提供する。ケーブル36は、例えば、従来の構成でよく、1以上の電気的導体からなるコアを有するマルチストランドの可撓性のスチール・ケーブルでよい。

10

【0021】

典型的なボアホール探査応用は、図1bのケーブル36におけるハードワイヤ・プルアップ・ライン、即ち、コア電気的導体用い、方向センサとボアホール入口又はウェルヘッドとの間をインターフェースし、情報信号をマイクロプロセッサ16又は方向指示装置18からウェルヘッドへ送信する。典型的な「ドリル中測定」の応用は、ボアホール14を充填するドリル用液体又は「泥」を通じて送られる圧力インパルスを用い、情報信号をマイクロプロセッサ16又は方向指示装置18からウェルヘッドへ送る。

20

【0022】

実際には、マイクロプロセッサ16は典型的に、方向指示装置18の直ぐ後ろのボアホールに位置する。好適な実施形態において、本発明は、マイクロプロセッサ16への直接デジタル・インターフェースを提供する。通信は、パラレル又はシリアルのインターフェースの何れかを介すればよい。例えば、バス構造は、8つの16ビット・データ・ワード、即ち、1つの同期/識別ワード、3つの軸のそれぞれに対して1つの、3つの磁気計ワード、1つの温度ワード、および3つの軸のそれぞれに対して1つの、3つの加速度計ワード、を出力する。1つの実施形態において、パラレル・データ・バス（図示せず）は、方向指示装置18とマイクロプロセッサ16との間のデジタル・インターフェースを提供する。直接デジタル・インターフェースを提供するためにパラレル・データ・バスを用いる本発明の一実施形態は、マイクロプロセッサ16と方向指示装置18との間で16ワイヤ・インターフェースを用い、1つのワイヤが16ビット・データ・ワードのそれぞれに対するものである。パラレル・データ・バスを用いる代替的な実施形態は、8ワイヤ・インターフェースの8ビット・パラレル・データ・バスを提供し、逆方向（相互）の通信を除く。別の実施形態において、データ・バス、例えば、RS232型の構造を用い、16ビット・データ・ワードを出力するシリアル・バスを使用することにより、2ワイヤ・インターフェース、送信ワイヤおよびグラウンド・ワイヤ、を有するシステム・コンフィギュレーションを提供する。互換的に、本発明は、マイクロプロセッサ16と方向指示装置18との間の逆方向（相互）「ハンドシェーク」通信のための第三のワイヤを含む。

30

【0023】

図2に示す実施形態によると、本発明の方向指示センサ・システム18は、耐久性があり、信頼性があるシャシー52を提供し、これは、適当な非磁気的材料、例えば、アルミニウムで製造される。2つのトライアッド（3つ組）の方向センサ54、56は、シャシー52に取り付けられる。第一のトライアッドは、相互直交3軸磁気計54であり、3つの直交する軸のそれぞれにおける地球の磁界のコンポーネントを示す。第二のトライアッドは、それぞれが、シャシー52に取り付けられて、相互に直交する入力軸X、Y、Zを有

40

50

するようにされた 3 つの線形加速度計 5 6 a、5 6 b、5 6 c を備え、3 つの軸のそれぞれにおける地球の引力のベクトルのコンポーネントを示す。

【 0 0 2 4 】

本発明の 1 つの実施形態によると、シャシー 5 2 は、センサ・システム全体の寸法が 7 インチ（約 177.8 ミリメートル）の長さになるようにされ、それには、電力を入力するため及びセンサ信号を出力するための電子コネクタ 5 8 および基準軸と外部装置をアライメントするためのインデキシング・プラグ 6 0 が含まれるようにする。対照的に、典型的な方向指示ドリリング装置は、長さが 24 インチ（約 609.6 ミリメートル）である。また、1.25 インチ（約 31.8 ミリメートル）又はそれ以上である典型的なセンサの直径と比較して、シャシー 5 2 はまた、センサの全体の直径が 0.85 インチ（約 21.6 ミリメートル）となるようにし、それには、センタリング用 O リング 6 2 が除かれるようになる。1 つの耐久性があり信頼性があるシャシー・マウントにより、振動および衝撃又は衝突の作業および生存能力が向上する。例えば、シャシー 5 2 は好適に 1 つのユニットとして形成され、シャシー 5 2 の共振周波数又は「Q」を最大化することにより、衝撃および振動の抵抗力を最大化する。

【 0 0 2 5 】

本発明はマイクロエレクトロニクスを用い、センサ・システムの電子的特徴の信頼性を改善する。例えば、電力の調節、分離、およびフィルタリングの機能が、1 つ以上のハイブリッド・エレクトロニクス・パッケージにおいて実現される。別の例において、主システム・エレクトロニクス・モジュールは、方向センサおよび温度センサのシリアル・デジタル出力信号を提供し、1 以上のハイブリッド・エレクトロニクス・パッケージで実現される。このモジュールについては以下に詳細に説明する。複雑な回路のハイブリッド化は、多種のコンポーネント間で信号を搬送する垂直的に別の層の導電性トレースを「スタッキング（積み重ねる）」し、インターフェアレンスまたは「クロストーク」することなくトレースが互いに交差することを可能し、また回路コンポーネントの下を通過することを可能にすることにより、高いコンポーネント密度を提供する。

【 0 0 2 6 】

図 3 は、二層ハイブリッド・エレクトロニクス・パッケージ又はマルチチップ・モジュールの例を示す。当業者は、回路の複雑度によって、実際には、ハイブリッド・エレクトロニクス・パッケージが 30 以上の層で実現できることを理解するであろう。図 3 のハイブリッド・エレクトロニクス・パッケージ 1 0 0 は、例えば、基板 1 1 0 及び 1 1 2 を備え、それらは任意の適当な材料、例えば、セラミックで形成され得る。トレース 1 1 4、1 1 6、1 1 8 は、基板 1 1 0、1 1 2 の各表面に、回路設計に従って信号を送るパターンに、シルク・スクリーンにより作成される。トレース 1 1 4、1 1 6 は、例えば、金のような適当な導電性材料で形成されるペーストを用いて形成される。基板 1 1 0、1 1 2 あけられた穴又は「バイア」1 2 0、1 2 2 は、導電性ペーストで充填され、基板 1 0 0 により形成される第一層上のトレース 1 1 4 を、基板 1 1 2 により形成される第二層上のトレース 1 1 6 へ電気的に接続する。シルク・スクリーン処理を行った後に、基板 1 1 0、1 1 2 は垂直方向に積み重ねられ、トレース 1 1 4、1 1 6、1 1 8 およびバイア 1 2 0、1 2 2 がアライメントされるようにし、そのスタッキングされたものが焼成または「熱せ」られ、導電性トレースが挟み込まれた基板材料の本質的に強固なブロックが形成される。

【 0 0 2 7 】

それぞれがそれ自体の錫付パッド 1 2 6 に取り付けられるコンポーネント又はダイ 1 2 4 が、1 以上の表面 1 2 8、1 3 0 に取り付けられる。コンポーネント 1 2 4 は、例えば、コンポーネント 1 2 4 上のワイヤ結合パッド 1 3 4 と基板 1 1 0 上のワイヤ結合パッドとの間の金のワイヤのような結合用導体により、アクセスされる。それぞれがそれ自体の錫付パッド 1 4 0 に取り付けられる 1 以上のピン 1 3 8 が、1 以上の表面 1 2 8、1 3 0 に取り付けられる。ピン 1 3 2 は、最終的なハイブリッド回路 1 0 0 の信号入力および出力を提供する。

10

20

30

40

50

【0028】

図4は、自蔵型小型エレクトロニクスの例示的なブロック図を示し、このエレクトロニクスは、本発明の方向指示装置に含まれる方向センサの2つのトライアッドに電力を供給し、検知を行う。主システム・エレクトロニクス・モジュール200を集積低温同時焼成セラミック(integrated low temperature co-fired ceramic)基板で実現することにより、従来の厚膜ハイブリッド技術を用いて可能なものよりも密度の高い回路構成が可能となる。マイクロエレクトロニクスの利点は、集積デジタル回路210がデジタル・フォーマットで第一のデジタルの用途特定集積回路(ASIC)として実施されたときに、実現され得る。本発明の1つの特徴によると、主システムのエレクトロニクス・システム200はハイブリッド回路で実現され、これは、当該技術ではマルチチップ・モジュールとしても知られる集積低温同時焼成セラミック(LTCC)基板に取り付けられた幾つかのアクティブなコンポーネントを含む。10

【0029】

1以上の電子組立体が、方向装置18の電子的機能を提供する。例えば、電子組立体は、1以上の厚膜又はマルチチップ・モジュール(MCM)電子組立体で実現することができる。本発明の1つの実施形態によると、2つの厚膜又はマルチチップ・モジュール電子組立体が、電子回路を実現するために用いられる。第一の電子組立体は、厚膜エレクトロニクス・ハイブリッドに実現される従来の電力レギュレータ64である。電力レギュレータ64は、+14.5Vdcから+28Vdcの範囲の電圧レベルを有する一側になっている入力電力を、調整されたシステム及びセンサ電力に変換する。可撓性回路相互接続66は、入力電力およびセンサ出力信号を、多種のシステム・コンポーネントの間で伝える。20

【0030】

第二の電子組立体は、主システムのエレクトロニクス・モジュール200である。主システムのエレクトロニクス・モジュール200は、センサ信号を集め、それらの信号をデジタル形式に変換し、内部の従来のユニバーサル非同期受信機送信機(UART)を通じて送信する。好適な実施形態において、主システム・エレクトロニクス・モジュール200は、3つの集積回路を含む。

【0031】

第一の集積回路、集積デジタル回路210は、7バンクの集積回路であり、カウンタ、タイマ、およびシーケンサを含む。図5は、集積デジタル回路210の信号送信を例示する。集積デジタル回路210は、センサ・システムを動作させる。即ち、センサ信号を収集し、それらの信号を、シリアル・ポートを通じての直接シリアル・データ・インターフェースのために内部の従来のUART212を介して送信するために、デジタル形式に変換する。UART212は、内部8ビット・パラレル・データ・バス214を介してアドレスされる。30

【0032】

集積制御回路218により発生される磁気計54および温度センサ234の周波数信号は、サンプル・レートにわたって集積デジタル回路210においてカウント又はサンプリングされる。集積デジタル回路210内部の周波数カウント回路は、周波数信号を、16ビット分解能を有するデジタル信号に変換する。好適な実施形態において、本発明はまた、選択可能なデータ・レートおよびサンプリング・レートを提供する。例えば、データ・レートは19.2kボーまで選択可能である。サンプリング・レートもまた、選択可能とすることができる。例えば、1つの好適な実施形態において、サンプリング・レートは1Hz、10Hz、20Hz、100Hzで選択可能である。当業者は、データ・レート及びサンプリング・レートを、他のサンプリング・レートに選択可能とすることができるのを理解するであろう。40

【0033】

集積デジタル回路210は、センサ信号を継続してカウントし、センサ信号をシリアル・ポートを通じて送信する前に、UART212へ適用するために、それらの信号をフォーマットする。2.4576MHzで動作するCMOSシステム・クロック216は、それ50

を集積デジタル回路 210 へ供給する。集積デジタル回路 210 は、システム・クロック 216 をカウント・ダウンし、磁気計集積制御回路 218、内部 U A R T 212、及び内部カウンタの動作のための種々の動作タイミング信号を提供する。例えば、ドライバ回路 220、222 は、クロック信号を 98.3 K H z および 1.23 M H z にそれぞれ低減し、その低減したクロック信号を磁気計の電圧 / 周波数コンバータ（変換器）224 へ供給する。

【 0 0 3 4 】

C M O S システム・クロック 216 は、集積デジタル回路 210 のタイマ 226 部分へ信号を供給し、そこでクロック信号は 1 / 9 分割され、273 K H z のクロック信号がカウンタ部分 228 へ供給されるようにする。カウンタ部分 228 は、加速度計 56 の出力信号のタイミングをとるための第一カウンタ回路 230 と、磁気計 54 及び温度センサ 234 の出力信号のタイミングをとるための第二カウンタ回路 232 とを含む。

10

【 0 0 3 5 】

集積デジタル回路 210 は 8 チャンネル・マルチプレクサ 236 を含み、それはデジタル出力を U A R T 212 へ順に送り、シリアル・インターフェースを通じてマイクロプロセッサ 16 へシリアル送信するようにする。集積デジタル回路 210 は、従来の周波数計数技術を用いてアナログ / デジタル変換を提供し、それにより、マイクロプロセッサ 16 が幾つかのアナログ / デジタル変換器、またはマルチプレクサ・スイッチ及びアナログ / デジタル変換器の何れかを含む必要性が除かれる。実際には、マイクロプロセッサ 16 のアナログ / デジタル変換器回路は、大きなモデリング・エラーにかかることがある。従って、集積デジタル回路 210 内の周波数カウント回路は精度を向上させる。更に、集積デジタル回路 210 は、すべての加速度計および磁気計のチャンネルの同時サンプリングを提供する。従って、チャンネル間でのデータ・ラグがない。それに対して、マルチプレクサを基にしたマルチプレクサは、チャンネル間のラグ（遅れ）を避けるために各チャンネルの専用のアナログ / デジタル変換器を必要とし、それにより費用が多くなり、また、前述の大きなモデリング・エラーの影響によりモデリング精度を低下させる。

20

【 0 0 3 6 】

リング・コア・フラックス・ゲート磁気計

磁場センサは地球の自然の磁場を測定する。典型的なリング・コア・フラックス・ゲート磁気計は、サイズが小さくなると精度をなくし、ノイズが増える。方向指示装置 18 は、磁場センサ、磁気計 54 を含む。磁気計 54 は、三軸リング・コア・フラックス・ゲート磁気計であり、現在のリング・コア・フラックス・ゲート磁気計の直径の約半分の直径を有する。1 インチ（約 25.4 ミリメートル）の直径および 4 インチ（約 101.6 ミリメートル）の長さを有する典型的な磁気計センサと比較して、磁気計 54 は、直径が 0.5 インチ（約 12.7 ミリメートル）で、長さが 0.75 インチ（約 19.1 ミリメートル）である。摂氏 200 度で動作させたときに、磁気計 54 は、体積が 5 ないし 10 倍大きい現在使用されている装置と同等か、又はそれより良い性能を発揮する。本発明の 1 つの実施形態は、集積化した駆動エレクトロニクスおよび検知エレクトロニクスを用いた、直径が小さい磁場センサを提供する。

30

【 0 0 3 7 】

図 6 および図 7 は、磁気計集積制御回路 218 を説明する。本発明において、磁気計 54 は駆動及び検知回路を提供し、それらは従来小型化に関連していた欠点を避ける。マイクロエレクトロニクスの使用により、磁気計 54 の寸法を減らすこと及び信頼性を向上させることが支援される。リング・コアを駆動するために集積デジタル回路 210 及び磁気計集積制御回路 218 を使用すると、電力消費及びノイズを低減することにより、磁気計 54 の性能の向上に寄与することになる。更に、特定用途向け集積回路を使用することにより、モデリング特性が改善される。例えば、特定用途向け集積回路は、個別のパッケージ化された集積回路を用いて実現される回路よりも均一な特性を有する。信頼性が向上される。なぜなら、例えば、この小型の単一のエレクトロニクス・パッケージは、印刷配線ボード上の個別のパッケージ化された集積回路よりも、衝撃や振動に対してより効果的に取

40

50

り付けられ得るからである。特定用途向け集積回路を用いると、1つの集積回路で多数の機能を提供することにより、信頼性が更に向上する。故障モードおよび効果分析 (failure mode and effects analysis) (FMEA)において、単一コンポーネントの故障の統計的確率は、複数の個別のコンポーネントを用いて作った同じ回路に関する故障の確率よりも、かなり少ない。

【0038】

磁気計 54 のサイズは、センサと、関連する電子回路とを一緒に配置することにより低減され、それにより、方向指示システム 18 の小型化を可能にする。小型化された方向指示システム 18 は、広い応用範囲に適する。例えば、他の応用のための1つの代替的な構成が、図 15 を参照すると詳細に示されている。

10

【0039】

現代のセラミック基板及び直接チップ接着 (DCA) 法は、表面実装又はスルーホール技術のいずれかを用いて製造されたプリント配線ボード上の離散パッケージングのなされた集積回路を用いる原稿の技術と比較して、高密度の電子アセンブリを提供する。直接チップ接着技術を用いることにより、センサ信号を制御してデジタル・コントローラを形成する ASIC の開発が可能となった。例えば、集積化された制御回路 218 は、図 6 ないし図 8 に詳細が図示されているように、3つの軸とデジタル温度チャンネル 248 とのすべてに対してセンサ駆動及び感知機能を提供するが、磁力計 ASIC 218 としてのチップ形式で実現することができる。

【0040】

磁気計 (磁力計) 54 は、磁力計が集積化された制御回路 218 によって制御される3つの直交方向に向けられたセンサを含む。磁力計が集積化された制御回路 218 は、磁力計 54 のそれぞれの軸に磁界を誘導する電流を駆動する。MOSFET 電流ドライバ 242 は、磁力計が集積化された制御回路 218 からのコマンドに従ってリング・コア磁力計 54 センサを飽和させる。電流によって誘導された磁界は、地球の自然な磁界と相互作用する。地球による自然な磁界は、磁力計の電流によって誘導された磁界に対して加算又は減算を行い、磁力計は過剰平衡状態 (over balanced) になる。集積化された制御回路 218 は、フィードバック信号を提供して、磁力計センサ 54 を平衡させる。

20

【0041】

本発明は、方向指示システム 18 のマイクロ電子装置 (エレクトロニクス) との集積化を通じて強化される磁力計駆動及び感知電子装置を含む。集積化された制御回路 218 は、アナログ・デジタル変換のための集積化された4チャンネルの電圧・周波数コンバータ 224 を含む。電圧・周波数コンバータ 224 の3つのチャンネルは、X 軸、Y 軸及びZ 軸センサからのアナログ磁力計信号をデジタル信号に変換する。第4のチャンネルは、方向指示装置 18 の性能特性の熱的なモデリングを行うのに用いられるデジタル温度チャンネルである。

30

【0042】

図 6 は、磁力計が集積化された駆動回路 244 における従来型の電流フィードバック回路を図解しており、この回路は、測定された量の電流を磁力計 54 の X 軸センサに提供して、磁力計の平衡を回復する。これは、感知された地球の磁場を「零化」する (nulling) とも称される。電流信号の回復又は零化は、磁力計集積化された駆動回路 244 におけるスケーリング抵抗 250 を通じて電圧信号に変化する。

40

【0043】

本発明のある側面によると、マイクロ電子装置の効果は、磁力計集積化された駆動回路 244 において実現される。例えば、ある実施例では、図 6 に図解されている X 軸磁力計センサのための磁力計集積化された駆動回路 244 は、磁力計 ASIC 218 における Y 軸及び Z 軸磁力計センサに対する同等の磁力計駆動回路と組み合わせることによって実現される。ただし、この場合に、例えば、MOSFET 電流ドライバ 242、スケーリング抵抗 250、結合コンデンサ 252、254、入力抵抗 256、258、260、接地抵抗 262 及び接地コンデンサ 264、268 は含まれない。

50

【0044】

図7は、磁力計制御回路218の電圧・周波数コンバータ部分224を図解している。電圧・周波数コンバータ224は、X軸チャンネルに対して示されているが、従来型の電圧・周波数コンバータ回路であって、磁力計54の電圧出力信号を周波数信号に変換する。本発明は、Y軸チャンネル及びZ軸チャンネルに対する同等の電圧・周波数コンバータ回路を含む。電圧・周波数コンバータ224は、また、デジタル温度チャンネルに対する第4の電圧・周波数コンバータを含む。

【0045】

電圧・周波数コンバータ224は、図7においてX軸チャンネルに対して示されているが、Y軸及びZ軸チャンネルに対する類似の電圧・周波数コンバータと組み合わされて別のASICにおいて実現することができる。あるいは、3つの軸すべてに対する電圧・周波数コンバータ224を、3つの軸すべてに対する磁力計集積化された駆動回路と1つの磁力計ASIC218において組み合わせることもできる。例えば、ある好適実施例では、X、Y及びZ軸の電圧・周波数コンバータ224は、FETドライバ266を含むX、Y及びZ軸磁力計が集積化された駆動回路244と組み合わされて1つの磁力計ASIC218において実現することが可能である。一実施例において、電圧・周波数コンバータ224は、例えば、フィードバック・コンデンサ268、磁力計出力抵抗270、272、電力入力抵抗274、及び接地コンデンサ276を除いて、磁力計ASIC218に集積化される。

【0046】

図8は、本発明による周波数温度チャンネル248を示しており、温度ダイオード234は、集積回路218の外部に設けられている。磁力計ASIC218はまた、FETドライバ280を含む、図8に示された、デジタル温度チャンネル248の回路も集積化できる。一実施例において、デジタル温度チャンネル248は、例えば、フィードバック・コンデンサ282、及び温度ダイオード234を除いて、磁力計ASIC218に集積化できる。

【0047】

加速度計

本発明の一実施例によれば、マイクロマシン加工されたシリコン・センサを使用する図2に示された3つのリニア加速度計56a、56b、56cが、方向指示装置18に使用される。好適な実施例において、マイクロマシン・センサは、振動ビーム加速度計を含む。これらのセンサは、検出された加速度に比例する公称共振からの変化を有する可変周波数として、加速度信号を出力する。振動ビームは、非常に安定なスケール・ファクタを与え、且つ、信号が既にデジタル・ドメインにあるので、信号の使用を容易にする。当該技術分野で既知の集積回路は、加速度センサを条件づける信号を与える。シリコンで形成される振動ビーム加速度検知のメカニズムは、他のタイプの加速度センサよりも、ダウンホールの掘削環境の高いショックと振動レベルに対する感度が本来低い。シリコンは、深いウェルの極めて高い温度において、優れた動作特性を維持する。

【0048】

図9は、振動ビーム加速度感知機構400を例として図示する。典型的な振動ビーム加速度感知機構は、適切な基板材料、例えばシリコン又は石英から形成されたフレーム410を備える。反応質量体又はブルーフ(profil)質量体412が、フレーム410から1つ以上のヒンジ414により回転可能に取り付けられている。1つ以上の力感知トランスジューサ416が、フレーム410と反応質量体412との間に吊られている。フレーム410は、反応質量体412の板に対して垂直の入力軸420に沿って入力される力に応答してヒンジ軸420の周りに回転するため反応質量体412から限定された空間離れた適切なプラットフォーム上に取り付けられる。反応質量体412が入力軸420に沿って受ける力に応答してフレーム410に対して相対的に回転するにつれ、力感知トランスジューサ416は、圧縮力又は張力をその長手方向軸422に沿って受ける。換言すると、力感知トランスジューサ416は、反応質量体412がフレーム410に対して相対的

10

20

30

40

50

にゼロ点から離れるよう変位又は回転されるとき、フレーム 410 と反応質量体 412 との間で圧縮又は引っ張れる。

【0049】

多くの場合、コモン・モード (common mode) 効果を低減又は排除するため、2つの力感知トランスジューサ 416 が用いられる。2つの力感知トランスジューサ 416 が用いられるとき、その2つの力感知トランスジューサ 416 は、反応質量体 412 の変位又は回転が第1のトランスジューサを圧縮状態に置き、一方第2のトランスジューサを引っ張り状態に置くように取り付けられる。例えば、第1の力感知トランスジューサ 416 は、フレーム 410 の上側表面 424 上に取り付けられ、第2の力感知トランスジューサ (図示せず) がフレーム 410 の反対表面に取り付けられ得る。反応質量体 412 の変位又は回転が第1のトランスジューサを圧縮状態に置き、そして第2のトランスジューサを引っ張り状態に置くように、第1及び第2の力感知トランスジューサが取り付けられる他の構成は、当業者には既知である。例えば、幾つかの代替構成が、米国特許 N o . 5,005,413 に記載され、本明細書に援用されている。

10

【0050】

マイクロマシン加工されたシリコン加速度センサ 400 は、加速度信号出力を、感知された加速度に比例した公称共振からの変化を有する可変周波数として提供する。換言すると、図9の反応質量体 412 がフレーム 410 に対して相対的に変位又は回転するとき、力感知トランスジューサ 416 は、圧縮状態又は引っ張り状態に置かれる。力感知トランスジューサ 416 の自然周波数は、力感知トランスジューサ 416 が圧縮又は引っ張れたとき変化する。力感知トランスジューサ 416 の自然周波数は、力感知トランスジューサ 416 が圧縮されたとき公称共振より下に低減し、そして力感知トランスジューサ 416 が引っ張れたとき公称共振より上に増大する。その結果生じる周波数変化は、反応質量体 412 に印加される力又は加速度に比例する。この押しつけ/引っ張り現象は、米国特許 N o . 5,005,413 に詳細に記載されている。

20

【0051】

図10は、2タイン (tine、枝) 型振動ビーム力感知トランスジューサ 416 の詳細例である。マイクロマシン加工されたシリコン加速度センサは、例えば、図10に示される一般的な構成の振動ビーム力感知トランスジューサを採用する場合が多い。力感知トランスジューサ 416 は、取り付けタブ (tab) 434、436 に装着された2つのタイン 430、432 を備える。タイン 430、432 は、駆動回路により印加された駆動信号に応答してそれらの各自然周波数で振動するよう適合される。

30

【0052】

図11は、トランスジューサ 416 の機械的動作を示している。タイン (tine: 枝歯) 430、432 に振動を誘導する種々の方法が知られている。例えば、タイン 430、432 を例えば導電体ポリシリコンがドーピングされた半導体材料で形成することによって、タイン 430、432 が電流を流すように構成することができる。他の例として、図11に示すように、導電体フィルム電極 438 をタイン 430、432 の表面に形成してもよい。タイン 430、432 の揺れすなわち振動は、種々の手段によって実現することができる。例えば、通常の磁気デバイス・センサにおいては、タイン 430、432 が1又は複数の永久磁石の磁界 B 中に配置される。ドライブ回路 440 が、振動電流すなわち交流電流 I を導電性フィルム電極 438 に供給し、それによって、導電性フィルム電極 438 に交番磁界を生成する。交番すなわち振動する電流によって導電性フィルム電極 438 に生成された磁界は、永久磁石の磁界 B と相互作用して力 F1 及び F2 を生じさせ、タイン 430、432 を振動させる。別の構成 (不図示) においては、力検出センサ 416 を4つのタインを有するように製造することができる。4つのタインを備えたトランスジューサにおいて、検出回路を2対の駆動及び検出タインで構成することができ、各対は、米国特許第 5367217 号及び第 5331242 号に開示されているように、内部タイン及び外部タインで構成される。なお、これら米国特許は、この言及により、本明細書に含まれているものとする。

40

50

【0053】

このように構成する代わりに、本発明は、図12に示すような静電又は容量性駆動の振動システム450を用いて、実現することができる。図12の実施例においては、タインの振動は、タイン452、454の導電性表面と、該タイン452、454の導電性表面に隣接して同方向に延びているフレーム410に保持された隣接する導電体456、458との間に、交番するすなわち振動する静電的な力を導入することによって、駆動される。静電的駆動による振動ビーム力の2つのトランスジューサが知られており、該トランスジューサは米国特許第4901586号及び第5456111号並びに1996年5月5日に出願された「加速度計用の静電駆動装置」と題する米国特許出願第08/651927号に開示されている。これらは、本出願人に上とされており、また、本明細書において参照している。本発明において用いることができるマイクロマシン・シリコン加速度センサの他の例が、米国特許第4766768号及び第5241861号に開示されており、これらもこの言及により本明細書に含まれているものとする。

【0054】

加速度計56a、56b、56cの動作は、パッケージ材料とシリコン加速度センサのメカニズムとの熱拡散係数を近似させることによって、増強することができる。このような熱拡散係数の一致により、動作可能なすべての温度範囲に渡って、シリコン・センサ・メカニズムに生じるストライン(strain)を低減することができる。ストラインを低減することにより、センサの精度すなわち特性を改善する。

【0055】

加速度センサにはさらに、マイクロ電子回路(エレクトロニクス)が組み入れられており、これにより、センサ駆動及び感知機能を提供する。図13は、汎用の単一振動ビーム加速度センサに用いられている汎用の加速度検出回路444の単純化した例を示している。感知すなわち周波数測定回路442が、タイン430、432が伸縮したときに生じる周波数の変化を検出し、また、加速度検出出力信号 F_{out} に検出された周波数変化を低減する。加速度検出回路444は、駆動回路440と検出回路442とを備えている。加速度検出回路444は、力検出用の2つのトランスジューサ416、すなわち伸張(テンション)用トランスジューサ及び圧縮(コンプレッション)用トランスジューサが用いられたときに、基本的に2重使用となる。

【0056】

図12の例では、力検知トランスジューサ416の振動歯(タイン)430、432の電極438は、駆動回路440からの駆動電流 I_{DRIVE} (I駆動)を受け入れ、そして出力電流 I_{OUTPUT} (I出力)を検知回路442に戻し、そしてこれは、加速度に比例している。出力電流 I_{OUTPUT} は、検知回路442に印加し、この回路は、演算増幅器548と、フィードバック抵抗器550と、そして接地抵抗器552とを備えている。検知回路442は、出力電流 I_{OUTPUT} を対応する電圧に変換する。結合キャパシタ554は、検知回路442の電圧出力をフィルタ446、駆動回路440およびグラウンドに対し接地抵抗器456を介して印加する前に、DCバイアスを除去する。

【0057】

発振器を作るため、検知回路442の出力は、電極438に対し駆動回路440によってフィードバックする。駆動回路440は、演算増幅器558と、フィードバック抵抗器560、562、接地抵抗器564並びに接地キャパシタ566とを備えている。電圧制限は、二対の直列接続したダイオード568、570により提供し、これらは、入力抵抗器572、574を介して+電圧および-電圧に結合している。駆動回路440の出力は、トランスジューサ電極438に対し入力抵抗器576を介して印加する。

【0058】

検知回路442の電圧出力は、フィルタ446に供給し、そしてこのフィルタは、演算増幅器578と、フィードバック抵抗器580と、キャパシタ582と、そして接地抵抗器584とを備えている。フィルタ回路446は、検知回路442の出力から直交信号を減算し、この減算は、その出力信号を演算増幅器578の反転入力および非反転入力に印加

10

20

30

40

50

することにより行う。検知回路 442 の出力のフィルタ 446 への印加は、不必要的電圧レベルを除くことにより、駆動回路 440 の動作を最適化する。従来の加速度計回路の異なる詳細な説明は、米国特許 5,456,111 号に示されており、この米国特許は、言及により本文に含めるものとする。

【0059】

マイクロエレクトロニクスは、更にサイズ減少を可能にし、また、加速度計 16a、16b、16c の衝撃（ショック）および振動の能力を強化する。加速度計回路 444 は、駆動回路 440 と、検知回路 442 とフィルタ 446 とを含むが、これは、1 つ以上の用途特定集積回路において実現することによって、マイクロエレクトロニクス・パッケージの使用に関連して、サイズ減少および強化したショックおよび振動能力を実現するようすることができる。本発明の加速度計 16a、16b、16c および方向センサ・システム 18 のマイクロエレクトロニクスは、摂氏 200 度の高い温度において連続した期間の間満足に動作する。これと対照的に、代表的な個別パッケージのエレクトロニクスは、摂氏 150 度を超える高い温度での動作中にブレークダウンする。

【0060】

この方向指示装置の一実施形態において使用する加速度センサは、最新のセラミック・パッケージング技術を導入し、これは、この加速度センサの機械的および電気的信号ルーティング（送信）を集積化する。セラミック・パッケージング技術は、より小さく、しかも本質的にショックおよび振動に耐える加速度センサをもたらす。

【0061】

一般に、方向指示装置 18 は、例えば、同時係属の出願 60/068,022 に記述されたタイプの加速度計を使用して具体化することができ、この出願は、本願の発明者と同じ名前で本願と同日に出願され、しかも同じ譲受人に譲渡された、「集積した電気および機械のパッケージングを使用したシリコン・マイクロマシン加工の加速度計（Silicon Micro-machined Accelerometer Using Integrated Electrical And Mechanical Packaging）」と題するものであり、これはこの言及により本文に含めるものとする。

【0062】

図 14 は、加速度計回路 200 のミキサ／フィルタ部 600 を示している。加速度計 56a、56b、56c の出力は、加速度計回路 200 のミキサ／フィルタ部 600 に送られる。振動ビーム加速度計 56 の出力信号は、周波数ドメインにあり、これは、擬似デジタル・ドメインである。加速度計 56 の出力は、圧縮トランスジューサ F_C の出力と、テンション・トランスジューサ F_T の出力を含み、これらは、ミキサ／フィルタ部 600 における加速度計回路 444 に対しフレキシブル回路相互接続体 66 を介して供給する。ミキサ／フィルタ 600 は、結合キャパシタ 610、612 と、抵抗器 614、616 とをトランスジューサ入力に備える。これらトランスジューサ入力は、トランスインピーダンス増幅器 618、620 に供給し、そしてこれら増幅器は、演算増幅器 622、624、フィードバック抵抗器 626、628、キャパシタ 630、632、接地抵抗器 634、636 を備えている。トランスインピーダンス増幅器 618、620 の出力は、ミキサ 638 に結合し、そしてこのミキサで、それら信号をヘテロダイン混合する。この混合した信号は、フィルタ 640 でフィルタ処理して、加速度計 56 が受けた加速度に比例した差信号周波数を抽出する。フィルタ 640 は、入力の抵抗器 642 およびキャパシタ 644 と、そして抵抗器・キャパシタ回路網の形態とすることができるフィードバック抵抗器 648 とキャパシタ 650 を備えた演算増幅器 646 とを含む。演算増幅器 646 の出力は、第 2 の演算増幅器 652 に対し入力抵抗器 654 を介して印加する。各演算増幅器 646、652 は、接地抵抗器 656、658 を介してグラウンドに対し結び付けている。この出力は、二乗し、そして選択したサンプル・レートでカウントしそして U A R T 212 を介して出力する集積デジタル回路 210 に対し印加する。

【0063】

代替の実施例

この小型方向指示装置の構造が井戸掘削装置やエネルギー探査産業に限定される物でない

10

20

30

40

50

ことは、当業者には了解できるであろう。本発明に従って実践する装置の他の用途は、限定される物ではないが、地表近くや大深度の地下のトンネルの掘削における方向指示、例えば石炭採掘のような鉱山採掘におけるメタンガスや空気管掘削、そして航法用途の一般的な方向指示装置である。

【0064】

本発明の好適な代替実施例は、航法補助用の小型の立方体形状から成る。この小型の立方体形状の実施例は、センサ及び電子部品を、航空機、宇宙航行装置、陸地及び海上の輸送手段のための統合慣性航法システム内の他の航法センサと統合するための最小の空間に形成する。

【0065】

図15は、本発明の小型立方体形状の実施例を例示する図である。方向検出システム700は、検出システム全体の容積を含む大きさのシャーシ710を含み、電力の入力とセンサ信号の出力のための電気的接点712を含んで最小にされている。単一の頑丈な、信頼できるシャシー・マウントが、振動及び衝撃下の動作や残存能力を増大させる。

10

【0066】

方向検出システム700は、シャシー710の3つの直行軸上の1つに載せられた3軸磁力計714を含む。X軸、Y軸及びZ軸の加速度計716a、716b、716cがシャシー710の3つの各直行軸上に載せられている。蓋(図示せず)が、センサの環境への暴露から守っている。方向検出システム700は、方向検出システム700は、の機能を制御する主電子パッケージ718を含む。主電子パッケージ718は、加速度計716a、716b、716c及び3軸磁力計714のシリアル・デジタル出力信号、温度信号出力、及び状態ワードを提供する。主電子パッケージ718と電力安定化電子パッケージ720は、シャシー710の基底部内に置かれている。主電子パッケージ718と電力安定化電子パッケージ720は、蓋板722によって環境から守られている。柔軟な回路相互接続装置(図示せず)が種々のシステム構成要素の間で入力電力及びセンサ出力信号を導いている。

20

【0067】

本発明の更に他の状況において、主電子パッケージ718を含むセンサ・システムの電子的特性の信頼性の向上のためにマイクロ・エレクトロニクスが利用される。同様に、電力安定化、絶縁及びフィルタ機能を含むシステム電力安定化電子パッケージ720は、1つ以上のハイブリッド電子パッケージとして実現できる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1aは、本発明の1つの代替的な実施形態に対しての第一の代表的環境を示す。

図1bは、本発明の1つの代替的な実施形態に対しての第二の代表的環境を示す。

【図2】 図2は、本発明の1つの代替的な実施形態を分解図で示す。

【図3】 図3は、2層ハイブリッド・エレクトロニクス・パッケージ又はマルチチップ・モジュールの例を示す。

【図4】 図4は、本発明の一実施形態に従う自蔵型の小型電子回路の例示的なプロック図を示す。

40

【図5】 図5は、本発明の一実施形態に従う信号送信の例を示す。

【図6】 図6は、本発明の一実施形態に従う磁気計一体化駆動回路における電流フィードバック回路を示す。

【図7】 従来の電圧/周波数コンバータを示す。

【図8】 図8は、本発明の一実施形態に従うデジタル温度チャンネルを示す。

【図9】 図9は、シリコン加速検知機構を例により示す。

【図10】 図10は、二枝振動ビーム・フォース検知トランジューサを例により示す。

【図11】 図11は、二枝振動ビーム・フォース検知トランジューサの機械的動作を示す。

50

【図12】 図12は、静電駆動振動加速度計システムを示す。

【図13】 図13は、加速度計駆動回路および検知回路を含む加速度計回路を示す。

【図14】 図14は、加速度計回路のミクサ／フィルタの部分を示す。

【図15】 図15は、コンパクトな立体的な形式で本発明の代替的な実施形態を示す。

【図1a】

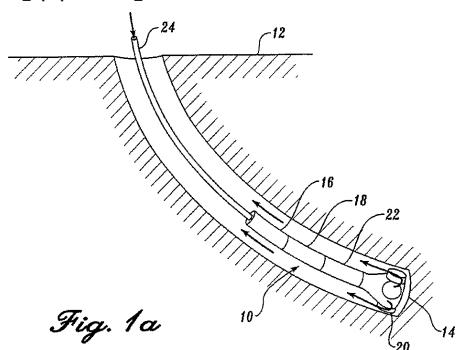


Fig. 1a

【図1b】

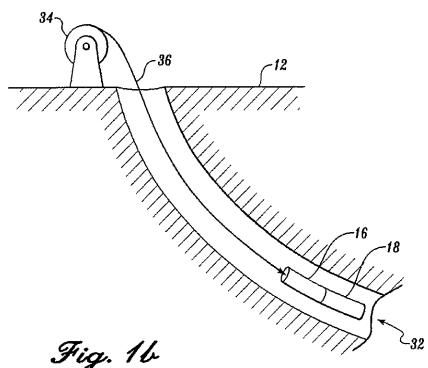


Fig. 1b

【図2】

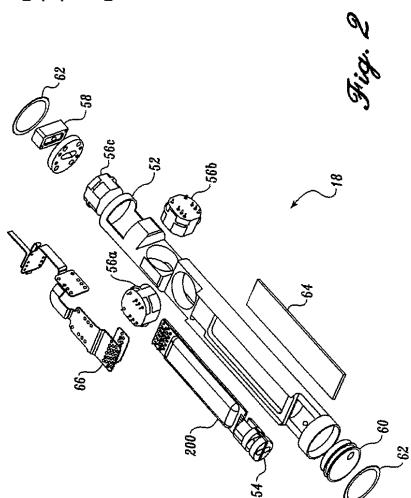


Fig. 2

【図3】

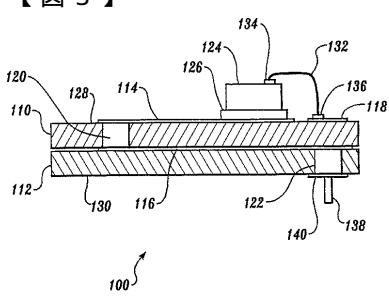
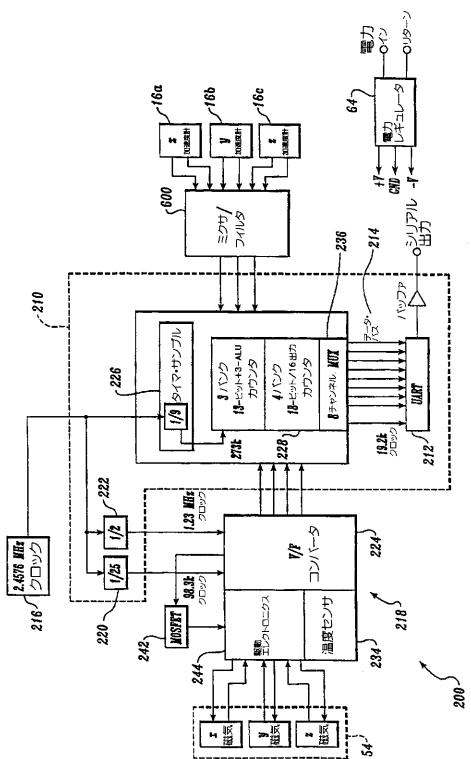
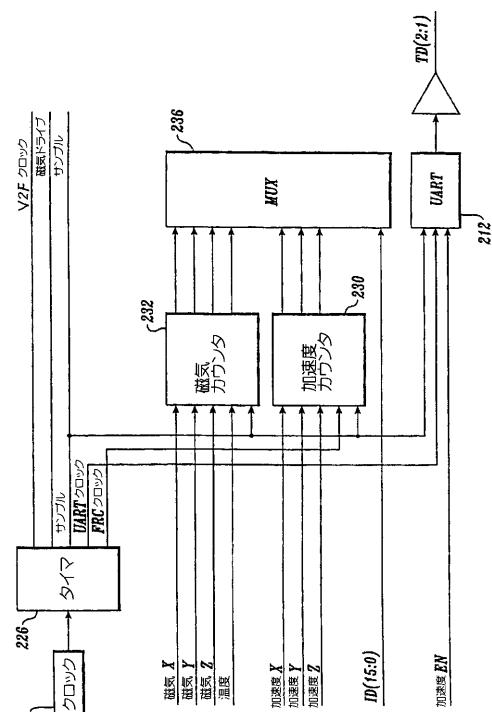


Fig. 3

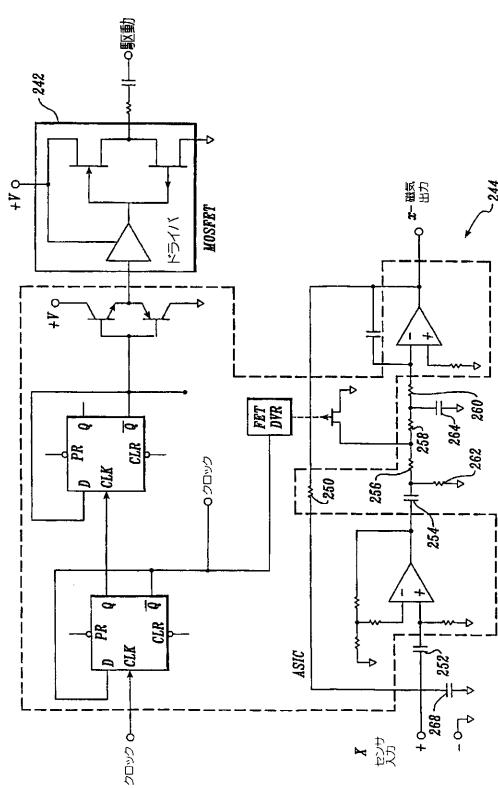
【 四 4 】



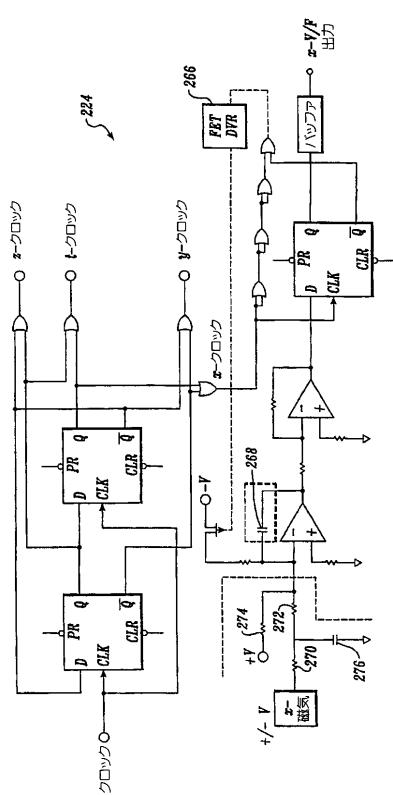
【 四 5 】



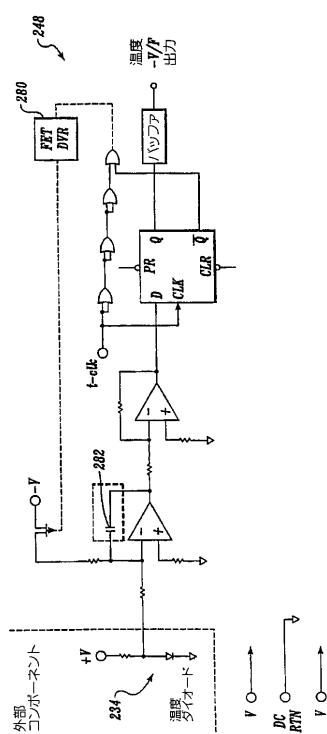
【 6 】



【図7】

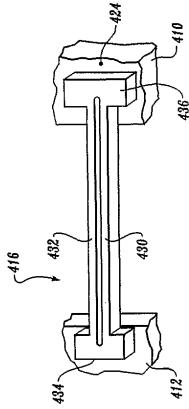


【 义 8 】



【図10】

Fig. 10



【 図 9 】

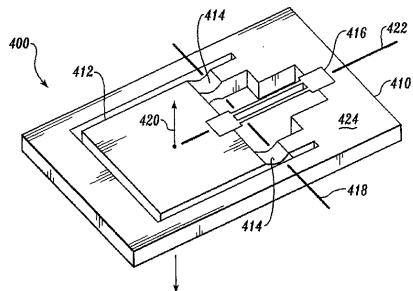
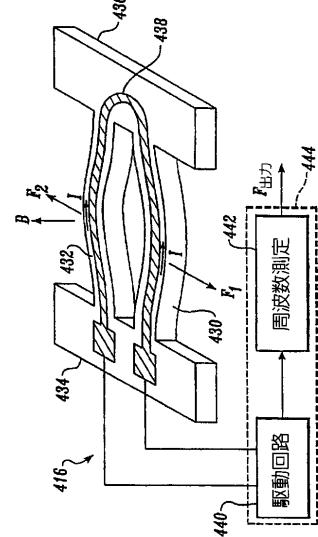
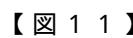


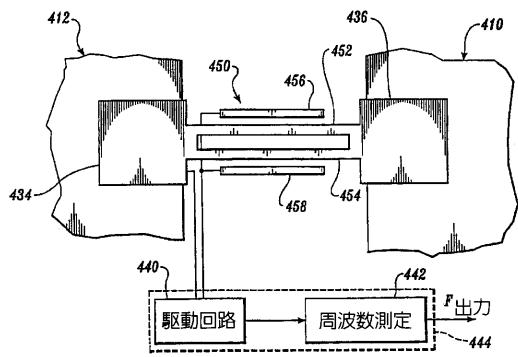
Fig. 9

【 図 1 0 】

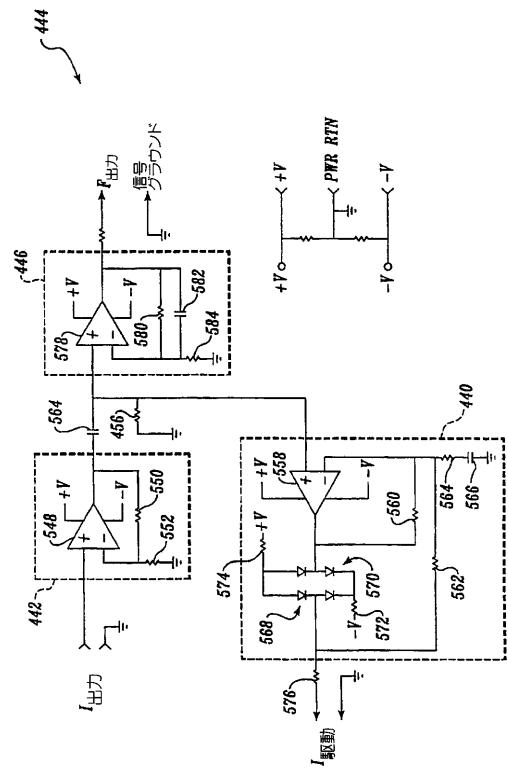
Fig. 10



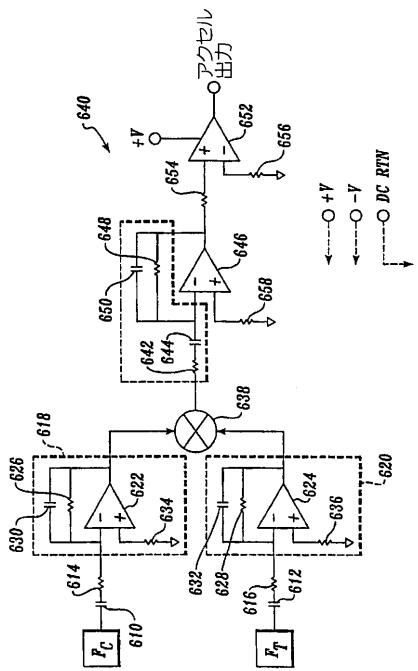
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

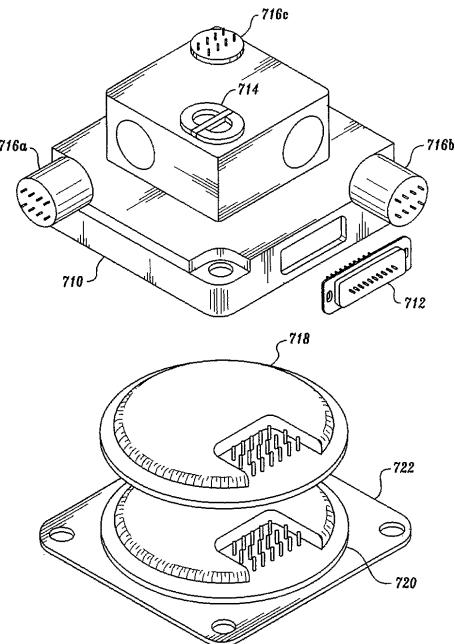


Fig. 15

フロントページの続き

(72)発明者 マクグガン , ダグラス・シー

アメリカ合衆国ワシントン州 98006 , ベルビュー , ワンハンドレッドアンドセブンティフィフ
ス・プレイス・サウスイースト 5393

審査官 石川 信也

(56)参考文献 国際公開第 96 / 037678 (WO , A1)

特開平 01 - 110210 (JP , A)

特開平 04 - 301514 (JP , A)

特開平 07 - 294658 (JP , A)

特開昭 64 - 012217 (JP , A)

特開昭 59 - 159012 (JP , A)

国際公開第 85 / 005652 (WO , A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

E21B 1/00-49/10