(19)日本国特許庁(JP)　(12)特 許 公 報(B2)　(11)特許番号
特許第4913068号
(P4913068)

(45)発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)　(24)登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

(51)Int.Cl.　F I
G01L 3/10 (2006.01)　G01L 3/10 301L

請求項の数 20 (全 19 頁)

(21)出願番号	特願2007-541370(P2007-541370)
(86)(22)出願日	平成17年11月14日(2005.11.14)
(65)公表番号	特表2008-519987(P2008-519987A)
(43)公表日	平成20年6月12日(2008.6.12)
(86)国際出願番号	PCT/US2005/041000
(87)国際公開番号	WO2006/053244
(87)国際公開日	平成18年5月18日(2006.5.18)
審査請求日	平成20年10月7日(2008.10.7)
(31)優先権主張番号	60/627,337
(32)優先日	平成16年11月12日(2004.11.12)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者 505269412
ストーンリッジ・コントロール・デバイスィズ・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・０２０２１・カントン・ダン・ロード・３００
(74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74)代理人 100089037
弁理士 渡邊 隆
(74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦
(74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トルクセンサアセンブリ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
第1の磁気強度信号を生成するための1つまたは複数のセンサ素子、および、前記第1の磁気強度信号を処理して第1の信号を生成するための第１の積分回路を含む第1のセンサアセンブリと、
第2の磁気強度信号を生成するための1つまたは複数のセンサ素子、および、前記第2の磁気強度信号を処理して第2の信号を生成するための第２の積分回路を含む第2のセンサアセンブリと、
前記第１の信号および前記第２の信号を受信し、そして前記第1の信号の部分および前記第2の信号の部分を結合することにより前記第１の信号と前記第２の信号を平衡させて結合信号を生成しかつ前記第１および第２の信号から共通モード信号を少なくとも部分的に除去するための平衡用回路を含む共通モード検出回路と、
を含むトルクセンシングアセンブリ。
【請求項２】
前記第1のセンサアセンブリが、
前記第１の積分回路に供給される前記第1の磁気強度信号を整流する整流回路をさらに含む、請求項１に記載のアセンブリ。
【請求項３】
前記整流回路がマルチプレクサを含む、請求項２に記載のアセンブリ。
【請求項４】

前記第2のセンサアセンブリが、

前記第２の積分回路に供給される前記第2の磁気強度信号を整流する整流回路をさらに含む、請求項１に記載のアセンブリ。

【請求項５】

前記整流回路がマルチプレクサを含む、請求項４に記載のアセンブリ。

【請求項６】

前記共通モード除去回路が、

前記第1および第2の信号に応答して差分信号を生成するための差動増幅回路と、

前記結合信号および前記差分信号に応答して、前記結合信号を増幅し前記出力信号を生成するための出力増幅回路とを含む、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項７】

前記第1および第2のセンサアセンブリの少なくとも一方の少なくとも一部に電力信号を供給するように構成された電源と、

定義された時間の間、前記電源を動作させるように構成されたソフトスタートコントローラとをさらに含む、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項８】

前記電力信号が可変デューティサイクル電力信号であり、前記電源が前記可変デューティサイクル電力信号のデューティサイクルを調整するように構成される、請求項7に記載のアセンブリ。

【請求項９】

前記定義された時間が、RC時定数で定義される、請求項7に記載のアセンブリ。

【請求項１０】

前記第1のセンサアセンブリが、

第2のセンサ素子に直列配置で結合された第1のセンサ素子を含み、前記第1および第2のセンサ素子が、前記回転軸の周囲の径方向に互いに反対の位置にある、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項１１】

前記第2のセンサアセンブリが、

第2のセンサ素子に直列配置で結合された第1のセンサ素子を含み、前記第1および第2のセンサ素子が、前記軸の周囲の径方向に互いに反対の位置にある、請求項1に記載のアセンブリ。

【請求項１２】

回転軸アセンブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知し、第1の信号を生成すること、

前記回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部を検知し、第2の信号を生成すること、および

前記第1の信号の部分および前記第2の信号の部分を結合することにより前記第１の信号と前記第２の信号を平衡させて結合信号を生成しかつ前記第１および第２の信号から共通モード信号を少なくとも部分的に除去するための平衡用回路を含む共通モード検出回路を用いて前記第１の信号および前記第２の信号を受信すること、

を含む方法。

【請求項１３】

回転軸アセンブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、

第1の磁気強度信号を生成すること、および

前記第1の磁気強度信号を処理して前記第1の信号を生成することを含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１４】

回転軸アセンブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、

前記第1の磁気強度信号を整流することをさらに含む、請求項１３に記載の方法。

【請求項１５】

前記回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、

第2の磁気強度信号を生成すること、および

前記第2の磁気強度信号を処理して前記第2の信号を生成することを含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１６】

前記回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、

前記第2の磁気強度信号を整流することをさらに含む、請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】

前記第1および第2の信号を結合して結合信号を形成することが、

前記第1および第2の信号に基づいて差分信号を生成すること、および

前記差分信号に基づいて前記結合信号を増幅して前記出力信号を生成することを含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１８】

前記第1および第2の誘導アセンブリの少なくとも一方の少なくとも一部に電力信号を供給すること、および

定義された時間の間、前記電源を動作させることをさらに含む、請求項１２に記載の方法。

【請求項１９】

前記電力信号が、可変デューティサイクル電力信号であり、

前記可変デューティサイクル電力信号のデューティサイクルを調整することをさらに含む、請求項１８に記載の方法。

【請求項２０】

前記定義された時間が、RC時定数で定義される、請求項１８に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願は、参照により本明細書に組み込まれている、2004年11月12日に出願した「Torque Sensor」という名称の米国仮出願第60/627337号の米国出願日の利益を主張するものである。

【０００２】

本開示は、トルクセンサに関し、より詳細には、1つまたは複数のフラックスゲートセンサを含む非接触トルクセンサに関する。

【背景技術】

【０００３】

回転軸を有する制御システムにおいては、軸速度および印加される負荷トルクがしばしば監視される。当初は、回転軸のトルクを測定するとき、軸の表面に1つまたは複数の「歪みゲージ」形センサが物理的に貼り付けられていた。歪みゲージの抵抗を監視することにより、軸にかかるトルクを測定することができる。残念ながら、「歪みゲージ」形センサは、比較的不安定であり信頼できないことが分かっている。

【０００４】

その後、複数の逆に磁化された円周領域を有する回転軸のトルクを測定するための非接触式トルクセンサが開発された。典型的には、トルク負荷を受けて回転軸のねじれ(torsional twisting)が生じると、トルク負荷が増大するにつれて、(回転軸に存在する)通常円周方向の磁束線がますますらせん状になる。したがって、回転軸の磁界の軸方向成分を測定することにより、回転軸が受けるトルクを測定することができる。

【特許文献１】米国仮出願第60/627337号

【特許文献２】米国特許第6260423号

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【０００５】

したがって、本開示の一態様によれば、回転軸アセンブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知しかつ第1の信号を生成するように構成された第1のセンサアセンブリを含むトルクセンシングアセンブリが提供される。第2のセンサアセンブリが、回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部を検知しかつ第2の信号を生成するように構成される。共通モード検出回路が、第1および第2の信号を結合して結合信号を形成し、かつその結合信号を処理して結合信号から共通モード信号を少なくとも部分的に除去し出力信号を生成するように構成される。

【０００６】

以下の特徴のうちの1つまたは複数も含むことができる。第1のセンサアセンブリは、第1の磁気強度信号を生成するための1つまたは複数のセンサ素子と、第1の磁気強度信号を処理して第1の信号を生成するための積分回路とを含むことができる。第1のセンサアセンブリは、積分回路に供給されうる第1の磁気強度信号を整流する整流回路をさらに含むことができる。整流回路は、マルチプレクサを含むことができる。

【０００７】

第2のセンサアセンブリは、第2の磁気強度信号を生成するための1つまたは複数のセンサ素子と、第2の磁気強度信号を処理して第2の信号を生成するための積分回路とを含むことができる。第2のセンサアセンブリは、積分回路に供給されうる第2の磁気強度信号を整流する整流回路をさらに含むことができる。整流回路は、マルチプレクサを含むことができる。

【０００８】

共通モード除去回路は、第1の信号と第2の信号を平衡させ結合信号を生成するための平衡用回路を含むことができる。第1および第2の信号に応答する差動増幅回路が、差分信号を生成することができる。結合信号および差分信号に応答する出力増幅回路が、結合信号を増幅して出力信号を生成することができる。

【０００９】

電源が、第1および第2の誘導アセンブリの少なくとも一方の少なくとも一部に電力信号を供給するように構成されうる。ソフトスタートコントローラが、定義された時間の間、電源を動作させるように構成されうる。電力信号は、可変デューティサイクル電力信号とすることができ、電源は、可変デューティサイクル電力信号のデューティサイクルを調整するように構成されうる。定義された時間は、RC時定数で定義されうる。

【００１０】

第1のセンサアセンブリは、第2のセンサ素子に直列配置で結合された第1のセンサ素子を含むことができる。第1および第2のセンサ素子は、回転軸の周囲の径方向に互いに反対の位置とすることができる。第1および第2のセンサ素子の少なくとも一方は、フラックスゲートセンサを含むことができる。

【００１１】

第2のセンサアセンブリは、第2のセンサ素子に直列配置で結合された第1のセンサ素子を含むことができる。第1および第2のセンサ素子は、回転軸の周囲の径方向に互いに反対の位置とすることができる。第1および第2のセンサ素子の少なくとも一方は、フラックスゲートセンサを含むことができる。

【００１２】

本開示の他の態様によれば、回転軸アセンブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知し、第1の信号を生成することを含む方法が提供される。回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部が検知され、第2の信号が生成される。第1および第2の信号は結合されて、結合信号が形成され、その結合信号は処理されて、結合信号から共通モード信号が少なくとも部分的に除去され出力信号が生成される。

【００１３】

以下の特徴のうちの1つまたは複数も含むことができる。回転軸アセンブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、第1の磁気強度信号を生成すること、および、第1の磁気強度信号を処理して第1の信号を生成することを含むことができる。回転軸ア

センブリの第1の部分の磁界の少なくとも一部を検知することは、第1の磁気強度信号を整流することをさらに含むことができる。

【００１４】

回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、第2の磁気強度信号を生成すること、および、第2の磁気強度信号を処理して第2の信号を生成することを含むことができる。回転軸アセンブリの第2の部分の磁界の少なくとも一部を検知することが、第2の磁気強度信号を整流することをさらに含むことができる。

【００１５】

第1および第2の信号を結合して結合信号を形成することが、第1の信号と第2の信号を平衡させて結合信号を生成すること、第1および第2の信号に基づいて差分信号を生成すること、および、差分信号に基づいて結合信号を増幅して出力信号を生成することを含むことができる。

【００１６】

電力信号が、第1および第2の誘導アセンブリの少なくとも一方の少なくとも一部に供給されうる。電源は、定義された時間の間、動作することができる。電力信号は、可変デューティサイクル電力信号とすることができる。可変デューティサイクル電力信号のデューティサイクルは、調整されうる。定義された時間は、RC時定数で定義されうる。

【００１７】

本開示の他の態様によれば、ハウジングアセンブリ中に形成されかつ軸アセンブリを受け入れるように構成された通路を含むハウジングアセンブリが提供される。第1の陥凹部が、ハウジングアセンブリの中に形成されかつ第1のセンサ素子の少なくとも一部分を受け入れるように構成される。第1のセンサ素子は、少なくとも第1および第2のフラックスゲートを含む。第2の陥凹部が、ハウジングアセンブリの中に形成されかつ第2のセンサ素子の少なくとも一部分を受け入れるように構成される。

【００１８】

以下の特徴のうちの1つまたは複数も含むことができる。第1の陥凹部は、軸アセンブリと第1および第2のフラックスゲートの少なくとも一方との間の径方向のスペースを削減するための少なくとも1つのコイル用陥凹部を含むことができる。第2の陥凹部は、軸アセンブリと第1および第2のフラックスゲートの少なくとも一方との間の径方向のスペースを削減するための少なくとも1つのコイル用陥凹部を含むことができる。

【００１９】

第1のセンサ素子は、第1のセンサ素子の第1および第2のフラックスゲートを電気的に結合させるためのリードフレームを含むことができる。第2のセンサ素子は、第2のセンサ素子の第1のフラックスゲートと第2のフラックスゲートを電気的に結合させるためのリードフレームを含むことができる。

【００２０】

第1の陥凹部の表面が、第1のセンサ素子の第1および第2のフラックスゲートを電気的に結合させるための少なくとも1つの導電性インクトレースを含むことができる。第2の陥凹部の表面が、第2のセンサ素子の第1のフラックスゲートと第2のフラックスゲートを電気的に結合させるための少なくとも1つの導電性インクトレースを含むことができる。

【００２１】

第1の陥凹部は、熱可塑性材料を受け入れて第1の陥凹部内に第1のセンサ素子を密封するように構成されうる。第2の陥凹部は、熱可塑性材料を受け入れて第2の陥凹部内に第2のセンサ素子を密封するように構成されうる。

【００２２】

第1のセンサ素子の第1および第2のフラックスゲートの少なくとも一方は、フラックスゲートセンサを含むことができる。第2のセンサ素子の第1および第2のフラックスゲートの少なくとも一方は、フラックスゲートセンサを含むことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２３】

図1を参照すると、回転軸アセンブリ12が受けるトルク負荷を監視するために使用されうるトルクセンサアセンブリ10が示されている。回転軸アセンブリ12の使用時に、回転軸アセンブリ12の第1の端部16に回転力14が加えられうる。回転力14は、例えば電動機によって加えられうる。さらに、回転軸アセンブリ12の第2の端部20に抵抗力18(すなわち回転力14に抵抗する力)が加えられうる。抵抗力18は、回転軸アセンブリ12の第2の端部20に連結されている機械によってかけられた抵抗負荷の結果とすることができる。

【００２４】

例えば、回転軸アセンブリ12は、農業用トラクタ(図示せず)のPTO(すなわち動力取出し装置)の軸アセンブリとすることができ、回転力14は、ディーゼルモータ(図示せず)がトラクタに動力を供給することによって与えられうる。抵抗力18は、PTO軸アセンブリに取り付けられた器具によって与えられうる。そのような器具の一例が、パワーオーガアセンブリ(power auger assembly)(図示せず)である。回転力14が抵抗力18よりも大きいと仮定すると、回転軸アセンブリ12は、回転力14の方向に回転することになる。

【００２５】

回転に加えて、回転軸アセンブリ12は、回転軸アセンブリ12が受けたトルク負荷に応答してねじれる。ねじれ量は、複数のファクタ(例えば、軸アセンブリ12の直径や、例えば軸アセンブリ12が構成されている材料の弾性)に基づいて変化し、軸アセンブリ12が受けるねじれは、トルク負荷が最小になったときに最小になり、軸アセンブリ12が受けるねじれは、トルク負荷が最大になったときに最大になる。例えば、抵抗力18がゼロであるとき、軸アセンブリ12が受けるトルクもゼロになる(すなわち無視できる機械抵抗と想定する)。しかし、抵抗力18が回転力14よりも大きいかまたはそれと同等であるとき、軸アセンブリ12は回転せず、受けるトルクは最大になる(軸アセンブリ12のねじれも最大になる)。

【００２６】

したがって、軸アセンブリ12のねじれのレベルを監視することにより、軸アセンブリ12が受けるトルクも監視することができる。軸アセンブリ12が受けるトルクの監視を容易にするために、軸アセンブリ12の様々な部分が磁化されてもよい。例えば、軸アセンブリ12の第1の部分22が第1の円周方向(例えば方向24)に磁気分極されてもよく、軸アセンブリ12の第2の部分26が第2の円周方向(例えば方向28)に磁気分極されてもよい。

【００２７】

当技術分野で知られるように、軸アセンブリ12の様々な部分の方向磁化を様々な方法で実現することができる。例えば、電流信号30が軸アセンブリ12を点32から点34まで通過できるようにすることにより、軸アセンブリ12の一部分22を第1の円周方向24に磁化することができる。さらに、電流信号36が軸アセンブリ12を点38から点34まで通過できるようにすることにより、軸アセンブリ12の一部分26を第2の円周方向28に磁化することができる。軸アセンブリ12の様々な部分が方向磁化されうる方式の例が、「Collarless Circularly Magnetized Torque Transducer and Method for Measuring Torque using Same」という名称の、2001年7月17日に発行された米国特許第6260423号で開示されており、同特許は、参照により本明細書に組み込まれる。

【００２８】

当技術分野で知られるように、軸アセンブリ12がトルク負荷を受けねじれたとき、部分22、26の円周方向の磁気分極方向24、28は(それぞれ)、軸(すなわちx軸)方向に斜めにされる。したがって、例えば軸アセンブリ12の一部分22、26に存在する磁界の軸(すなわちx軸)方向の成分を監視することにより、軸アセンブリ12が受けるねじれのレベル(したがってトルク負荷)を決定することができる。

【００２９】

再び図1を参照すると、トルクセンサアセンブリ10は、回転軸アセンブリ12の一部分22の磁界の少なくとも一部を検知しかつ共通モード検出回路54に供給される第1の信号52を生成するように構成された第1のセンサアセンブリ50を含むことができる。トルクセンサアセンブリ10は、回転軸アセンブリ12の一部分26の磁界の少なくとも一部を検知しかつ共通モード検出回路54に供給される第2の信号58を生成するように構成された第2のセンサア

センブリ56をさらに含むことができる。

【００３０】

第1のセンサアセンブリ50は、第1の磁気強度信号62を生成するための1つまたは複数のセンサ素子60と、第1の磁気強度信号62を処理して第1の信号52を生成するための積分回路64とを含むことができる。図2も参照すると、センサ素子60は、第2のセンサ素子68に例えば差分加算モードの直列配置で結合された第1のセンサ素子66を含むことができる。第1および第2のセンサ素子66、68は、回転軸12の周囲の径方向に互いに反対の位置とすることができる。あるいは、センサ素子66、68は、円周方向に90度だけオフセットされてもよい。他の角度オフセットが使用されてもよい。

【００３１】

センサ素子66、68の一方または両方は、磁界に応答して出力を生成するように配置されたフラックスゲート、ホール効果素子、または他のセンサ素子とすることができる。センサ素子用の特定配置の選択は、用途に依存することができる。トルクセンシング用途では、比較的直線的な出力でかつ極端な温度で高感度の磁界測定(例えば、例えば軸アセンブリ12の一部分22、26の磁界)を可能にするフラックスゲートセンサが使用されてもよい。様々なフラックスゲートの配置が、当業者にはよく知られている。一般に、フラックスゲートは、外部磁界の存在下で交流電流を用いてコアを飽和させることの容易さが非対称性を示すことにより、磁界測定を可能にする。フラックスゲートは、単一または複数コイル配置で設けられる。周知のように、単一コイルのフラックスゲートは、磁性材料片が埋め込まれているモールドコアに巻き付けられた単一巻線だけを含むことができる。コイルには、例えば下記のように電源によって交流駆動電流を流すことができる。単一コイルのフラックスゲートは、単純で費用効果の高い配置を可能にすることができる。複数コイルのフラックスゲートは、透磁性コアアセンブリ、駆動コイル、およびセンスコイルを含むことができる。周知のように、コアを一方向に飽和させるのに必要な駆動コイル電流とコアを他方向に飽和させるのに必要な駆動コイル電流とについて比較することができる。

【００３２】

図3も参照すると、積分回路64は、第1の磁気強度信号62を整流する整流回路84を含むことができる。整流回路84は、マルチプレクサを含むことができる。整流済み磁気強度信号62'は、積分器86に供給され、積分器86は、整流済み磁気強度信号62'を積分して第1の信号52を生成する。

【００３３】

上述のように、第1の信号52は、共通モード検出回路54に供給されうる。さらに、第1の信号52は、抵抗装置92を含むことができる第1のフィードバック経路90を経由して整流回路84の第1の端子88に供給されうる。抵抗装置92の一例が抵抗器である。さらに、第1の信号52は、抵抗装置98およびバッファ回路100を含むことができる第2のフィードバック経路96を経由して整流回路84の第2の端子94に供給されうる。積分回路64は、整流回路84の第2の端子94に印加された高周波を、第2の端子94をグラウンドに分路することによって減衰させるためのフィルタリング装置102を含むことができる。そのようなフィルタリング装置102の一例がコンデンサである。

【００３４】

再び図1を参照すると、第2のセンサアセンブリ56は、第2の磁気強度信号106を生成するための1つまたは複数のセンサ素子104と、第2の磁気強度信号106を処理して第2の信号58を生成するための積分回路108とを含むことができる。

【００３５】

図4も参照すると、センサ素子104は、第2のセンサ素子112に例えば差分加算モードの直列配置で結合された第1のセンサ素子110を含むことができる。センサ素子66、68に関して上述したように、センサ素子110、112の一方または両方は、磁界に応答して出力を生成するように配置されたフラックスゲート、ホール効果素子、または他のセンサ素子とすることができる。第1および第2のセンサ素子110、112は、回転軸12の周囲の径方向に互いに正反対の位置とすることができる。あるいは、センサ素子110、112は、円周方向に90度だけ

オフセットされてもよく、軸の周囲に均等に離間する2対のコイル、すなわち互いに90度均等に離間する4つのコイルを設けるために、センサ素子66、68から90度オフセットされてもよい。この構成は、信号加算平均で、センサ素子に対する軸の位置のどんな変化も反映することを可能にする。他の角度オフセットが使用されてもよい。

【００３６】

図5も参照すると、積分回路108は、第2の磁気強度信号106を整流する整流回路114を含むことができる。整流回路114は、マルチプレクサを含むことができる。整流済み磁気強度信号106'は、積分器116に供給され、積分器116は、整流済み磁気強度信号106'を積分して第2の信号58を生成する。

【００３７】

上述のように、第2の信号58は、共通モード検出回路54に供給されうる。さらに、第2の信号58は、抵抗装置122を含むことができる第1のフィードバック経路120を経由して整流回路114の第1の端子118に供給されうる。抵抗装置122の一例が抵抗器である。さらに、第2の信号58は、抵抗装置128およびバッファ回路130を含むことができる第2のフィードバック経路126を経由して整流回路114の第2の端子124に供給されうる。積分回路108は、整流回路114の第2の端子124に印加される高周波を、第2の端子124をグラウンドに分路することによって減衰させるためのフィルタリング装置132を含むことができる。そのようなフィルタリング装置132の一例がコンデンサである。

【００３８】

図6も参照すると、共通モード検出回路54は、(積分回路64、108からそれぞれ受け取った)第1および第2の信号52、58を結合して結合信号150を形成するように構成されうる。結合信号150は、結合信号150から共通モード信号を少なくとも部分的に除去し出力信号152を生成するように処理されうる。

【００３９】

共通モード除去回路54は、第1の信号52と第2の信号58を平衡させ結合信号150を生成するための平衡用回路154を含むことができる。平衡用回路154の一例が、ポテンショメータである。第1および第2の信号52、58に応答することができる差動増幅回路156は、差分信号158を生成することができる。結合信号150および差分信号158に応答することができる出力増幅回路160は、結合信号150を増幅して出力信号152を生成することができる。

【００４０】

出力増幅回路160の利得は、抵抗装置162と抵抗装置164との比で制御されうる。例えば、出力増幅回路160が標準的な反転演算増幅器として構成された場合、出力増幅回路160の利得は、抵抗装置162の値を抵抗装置164の値で割った値とすることができる。さらに/あるいは、抵抗装置164はポテンショメータとすることができ、それによって、出力増幅回路160の利得を微調整することができる。

【００４１】

共通モード除去回路54は、出力信号152の「ゼロトルク」値を調整するためのオフセット調整回路166をさらに含むことができる。そのようなオフセット調整回路166の一例が、ポテンショメータである。共通モード除去回路54は、結合信号150にフィルタをかけて、出力増幅回路160に供給されるフィルタ済み結合信号150'を生成するためのフィルタ回路168をさらに含むことができる。フィルタ回路168の一例が、5極の低域通過フィルタである。

【００４２】

図7も参照すると、電源82は、センサ素子60、104に電力信号を供給するように構成されうる。電源82は、センサ素子60、104にそれぞれ電力信号204、206を供給するための可変デューティサイクル信号発生器202を含むことができる。可変デューティサイクル信号発生器202は、可変デューティサイクル方形波(または他の波形)の出力を生成するように既知の方法で構成されうる。ソフトスタートコントローラ208は、定義された時間の間、可変デューティサイクル信号発生器202に徐々に電圧印加するように構成されており、したがって、トルクセンサアセンブリ10の初始動時に瞬時電流要件を低減することができる。

【００４３】

定義された時間は、ソフトスタートコントローラ208のRC時定数を調整することによって制御することができる。ソフトスタートコントローラ208の典型的な例は、トランジスタ210、コンデンサ212および抵抗装置214を含むことができる。例えば、トランジスタ210は、トランジスタ210のゲートに電圧信号が印加されていないときに導通するように(すなわちオンとなるように)構成されうる。したがって、スイッチ電源(switched power source)(図示せず)がソフトスタートコントローラ208に電力信号を印加したとき、電力信号の初期の過渡的な性質により、(コンデンサ212が高周波で極めて低いインピーダンスを有するので)電力信号の電位の大部分が抵抗装置214の両端間に現れる。したがって、抵抗装置214の両端の電位差がトランジスタ210のゲートに印加されるので、トランジスタ210はオフされ、したがって、電力信号は、可変デューティサイクル方形波発生器202に到達しない。しかし、電力信号は安定し最終的には直流信号になるので、コンデンサ212のインピーダンスは増大し、したがって抵抗装置214の両端の電位差は大幅に減少する。これによりトランジスタ210のゲートに印加される信号を低下させることになり、その結果、トランジスタ210はオンし、電力信号は可変デューティサイクル方形波発生器202に印加される。上述のように、トランジスタ210が「オフ」状態から「オン」状態に移行する速度は、コンデンサ212および抵抗装置214で定義されるRC時定数を調整することによって制御されうる。

【００４４】

図8は、トルクセンサアセンブリの他の例示的な実施形態800をブロック図の形で示す。図示されている例示的な実施形態は、各対のフラックスゲートが差分加算モードで結合された第1および第2のフラックスゲートコイル対と、積分器およびコイル駆動回路を含む0度磁力計および180度磁力計とを含む。コイル対の出力は、関連するアナログゲート回路、例えば積分前にコイル出力を反転させるためのマルチプレクサに供給される。コイル内の逆誘導電圧の極性が飽和時のコイル電圧と逆であるので、コイル出力が反転されうる。システムの帯域幅を維持しながらクロックノイズを最小限に抑えるために、コイル対は、一方のコイル対用のクロックが他方のコイル対を駆動しているクロックと180度位相ずれするように、クロック発生器によって駆動されうる。コイル出力が積分され、積分器の出力が加算されたとき、クロックはキャンセルする。また、ある用途で2つ(または3つ以上)のトルクセンサを使用する場合、変調ビート周波数が生成される可能性のある交差結合された磁界を低減するためにシステムクロックを同期させることも有利となりうる。

【００４５】

また、トルクセンサ回路を用いて消費電流を低減するために、コイルクロック信号のデューティサイクルは、50%/50%のオン/オフ時間から25%/75%のオン/オフ時間に変更されてもよい。コイルが飽和に達するのに必要な時間以上に長い時間駆動されたままであると、(信号の改善なしに)電力を無駄にすることになるので、約20%の電流低減をもたらしうる25%/75%のオン/オフは、妥協点とすることができる。最適低減は、センサの特定用途の関数とすることができ、この要件を満たすように調整することができる。

【００４６】

信頼性のある共通モード磁界のキャンセルを可能にするために、コイルが受ける磁界は、単独で得られてもよく、それらのそれぞれの積分器の出力は、各加算器の出力の一部を加え邪魔な共通モード信号をヌルアウトする平衡制御を使用して整合されてもよい(所望の差分信号は同位相であり、共通モード信号は互いに位相ずれしている)。この方法はまた、積分器の一方の出力を反転させ次いで出力を加算することによって、共通モード磁界を直接正確に測定することもできる(共通モード信号はこのとき同位相であり、差分信号は位相ずれしている)。この方法はまた、トルクセンサが(永久磁石が誤ってセンサコイルに近接して配置されたときに起こりうるような)除去回路の限界に近い共通モード磁界を受けた場合に、トルクセンサを停止させることもできる。したがって、共通モード信号も差分モード信号も、所望であればその用途に利用可能である。

【００４７】

示されている例示的な実施形態800では、共通モード信号は、共通モード信号の両極性を検出することができるウィンドウ比較器に送られる。比較器の出力は、プリセットレベルを上回る場合にロー状態になり、出力増幅器を停止させる。

【００４８】

供給電圧に対してレシオメトリックなトルクセンサ出力を生成するためには、直列素子による供給電圧の損失を防止するための予防策を取ることができる。一実施形態では、電源は、電力供給時に電流サージが起こらないようにするはずの「スロースタート」機能を備えることができる。低「オン抵抗」MOSFETおよび時間遅延素子を使用する回路は、この目的で使用することができる。そのような実施形態では、サージを10%瞬時過電流未満に低減することができる。

【００４９】

本発明によるシステムは、温度に依存する電圧対トルク特性を示す軸を反映するように、温度補償を可能にすることもできる。そのような実施形態では、センサ出力に補償補正電圧を加算して、線形出力を生成することができる。診断を組み込むこともできる。一実施形態では、診断可能な事象が生じた場合、システムは、ローレール(low rail)に進むことができるが、電源またはグラウンドの喪失と逆電圧および過電圧の喪失とを除き、その場合、システムは、残りのアクティブレール(active rail)に進むことができる。例えば、上限を超える共通モード磁界を設定することができ、それによって共通モード磁界を超えた場合に出力はローレールに進む。ピンを開放しかつ短絡することによっても、システムは、ローレールに進む。

【００５０】

図9を参照すると、軸アセンブリ12(図1)を受け入れるように構成されうる通路252(ハウジングアセンブリ250内に形成されている)を含むことができるハウジングアセンブリ250が示されている。第1の陥凹部254は、ハウジングアセンブリ250内に形成されうるとともに、1つまたは複数のセンサパッケージ258を受け入れるように構成されうる。第2の陥凹部260は、ハウジングアセンブリ250内に形成されうるとともに、1つまたは複数のセンサパッケージ262を受け入れるように構成されうる。第3の陥凹部は、センサパッケージのセンサ素子からの処理出力を受け取るために、ハウジングアセンブリ250内に形成されうるとともに、センサパッケージに結合された電子回路を保持する回路基板を受け入れるように構成されうる。磁気遮蔽および/またはEMC遮蔽(図示せず)が、ハウジングの少なくとも一部分に設けられ、かつ/あるいはセンシング素子の少なくとも一部分の周囲にかつ/またはその部分を保護するように配置されうる。1つのそのような実施形態では、遮蔽は閉端部を含むことができる。このように遮蔽を使用することにより、外部からの干渉を低減することができ、したがって、センサの性能を向上させることができる。

【００５１】

ハウジングはまた、センサパッケージのハウジングに対する軸方向および径方向位置を決めかつハウジングの軸に対する軸方向および径方向位置を決めるための手段を含むこともできる。一般に、センサパッケージ258、262は、例えば図3および5に示されているように、センサ素子が円周方向に磁化されたバンドに対して軸方向の配置になるように位置付けることができる。センサパッケージはまた、軸の外面とそれぞれのセンサ素子との間に一様空間をもたらすように位置付けることもできる。

【００５２】

センサパッケージは、用途の所望のセンサ素子配向を達成するように配置された複数センサ素子を含むことができる。図10を参照すると、例えば、センサパッケージ258a、262aは、単一ボビンに巻き付けられた各対が差動対の形で設けられた複数のディスクリートセンサ素子、例えばフラックスゲートを含むことができる。例えば、この例示的な実施形態では、コイルアセンブリ258aが、4つのセンサ素子264、266、268、270を含むように示されており、センサ素子264、266は、共通軸を共有し、すなわち単一ボビンに巻き付けられ、センサ素子268、270は、共通軸を共有し、すなわち別個の単一ボビンに巻き付けられている。この特定の例では、センサ素子268、270は、センサ素子264、266が故障した場合に

のみセンサ素子268、270が使用されるという点で、センサ素子264、266に関して冗長となるように構成することができる。

【００５３】

さらに、コイルアセンブリ262aが、4つのセンサ素子272、274、276、278を含むように示されており、センサ素子272、274は共通軸を共有し、センサ素子276、278は共通軸を共有する。この特定の例では、センサ素子276、278は、センサ素子272、274が故障した場合にのみセンサ素子276、278が使用されるという点で、センサ素子272、274に関して冗長となるように構成することができる。

【００５４】

単一ボビンへのフラックスゲート差動対の巻付けは、ボビンの別のコイル部分に連続的にかつ/またはシンギュレーションされるように(in a singulated manner)行うことができる。差分加算コイル対を実現するために、各フラックスゲートセンサ素子に関連するコイルを他のコイルに対して逆方向に設けることができる。この態様は、材料が削減しかつ組立てやすさが増大することにより、コスト低減を可能にすることができる。さらに、このフラックスゲートコイル対の設計および生産様式は、2つのコイルの間の相対距離に関連する許容差の低減を可能にすることもできる。

【００５５】

図11も参照すると、ハウジング250(図9)の切断線a-aに沿った断面図が示されている。陥凹部254は、軸アセンブリ12とコイルアセンブリ258との間の径方向のスペース(すなわち直線距離)を削減するための1つまたは複数のコイル用陥凹部300、302を含むことができる。さらに、陥凹部260は、軸アセンブリ12とコイルアセンブリ262との間の径方向のスペースを削減するための1つまたは複数のコイル陥凹部304、306を含むことができる。

【００５６】

図12も参照すると、コイルアセンブリ258および/またはコイルアセンブリ262は、リードフレーム(すなわち自立の剛性電気相互接続部)350上に構成することができ、それによって、センサ素子を実装するPCB(すなわちプリント回路板)が必要でなくなる。リードフレーム350は、コイルアセンブリ258、262の各種コイル(例えば図10のコイル264、266、268、270)をトルクセンサアセンブリ10の様々な他の構成要素に電気的に結合することができる。

【００５７】

別法として再び図9を参照すると、陥凹部254および/または陥凹部260は、コイルアセンブリ258、262の各種コイル(例えば図10のコイル264、266、268、270)をトルクセンサアセンブリ10の様々な他の構成要素に電気的に結合させるための1つまたは複数の導電性インクトレース(例えば導電性インクトレース352)を含むことができる。当技術分野で知られるように、導電性インクトレースを使用する場合、電気部品は、導電性インクトレースを含む表面(例えば陥凹部254の表面)に、(ピンまたは何らかの他の形態の締結体(図示せず)によって)堅く取り付けられる。

【００５８】

再び図11を参照すると、コイルアセンブリ258および/またはコイルアセンブリ262が（それぞれ）ハウジング250の陥凹部254、260内に適切に位置付けられた後、陥凹部254、260を充填しかつセンサ素子258、262を密封するために、（それぞれ）熱可塑性材料354、356が使用されてもよい。

【００５９】

図13、14、15、16および17も参照すると、(図9の)ハウジング250の代替実施形態400が示されている。ハウジング400は、4つの陥凹部402、404、406、408を含むことができ、各陥凹部内にコイルアセンブリを受け入れるよう構成することができる。図示されているハウジング400は、2つのセンサ素子、すなわち陥凹部404内のコイルアセンブリ410と陥凹部408内のコイルアセンブリ412とを含むように示されている。各陥凹部402、404、406、408は（それぞれ）、ハウジング400に解放可能に結合されうるカバーアセンブリ414、416、418、420を受け入れるように構成することができる。

【００６０】
いくつかの実施について説明してきた。それにかかわらず、様々な修正が加えられうることが理解されるであろう。例えば、例示的な実施形態について、本明細書では2つの円周方向に磁化されたバンドと例えば2つの差動対の形で配置された4つのセンサ素子とを含むものとして説明してきた。しかし、本発明によるシステムが、任意の1つまたは複数の円周方向に磁化されたバンドと1つまたは複数のセンサ素子とを含むことができ、例えば用途に応じて、2つのコイルを有する1つのバンド、2つのコイルを有する2つのバンド、1つのコイルを有する1つのバンドなどを含むことができることを理解されたい。したがって、他の実施は、特許請求の範囲内にある。

【図面の簡単な説明】

【００６１】

【図１】第1のセンサアセンブリ、第2のセンサアセンブリ、共通モード検出回路、および電源を含むトルクセンサアセンブリの概略図である。

【図２】図1の第1のセンサアセンブリのセンサ素子の概略図である。

【図３】図1の第1のセンサアセンブリの積分回路の概略図である。

【図４】図1の第2のセンサアセンブリのセンサ素子の概略図である。

【図５】図1の第2のセンサアセンブリの積分回路の概略図である。

【図６】図1の共通モード検出回路の概略図である。

【図７】図1の電源の概略図である。

【図８】トルクセンサアセンブリの他の例示的な実施形態をブロック図の形で示す図である。

【図９】図1のトルクセンサアセンブリを収容するハウジングアセンブリの等角図である。

【図１０】図9のハウジングアセンブリ内に使用されるセンサ素子の1つの例示的な配置の概略図である。

【図１１】図9のハウジングアセンブリの断面図である。

【図１２】図9のハウジングアセンブリ内に使用されるコイルアセンブリの等角図である。

【図１３】図1のトルクセンサアセンブリを収容する代替実施形態のハウジングアセンブリの断面図である。

【図１４】図13の代替実施形態のハウジングアセンブリ内に使用されるコイルアセンブリの等角図である。

【図１５】図13の代替実施形態のハウジングアセンブリの、カバーが取り外された状態の側面図である。

【図１６】軸アセンブリおよび図13の代替実施形態のハウジングアセンブリの等角図である。

【図１７】図13の代替実施形態のハウジングアセンブリの等角図である。

【符号の説明】

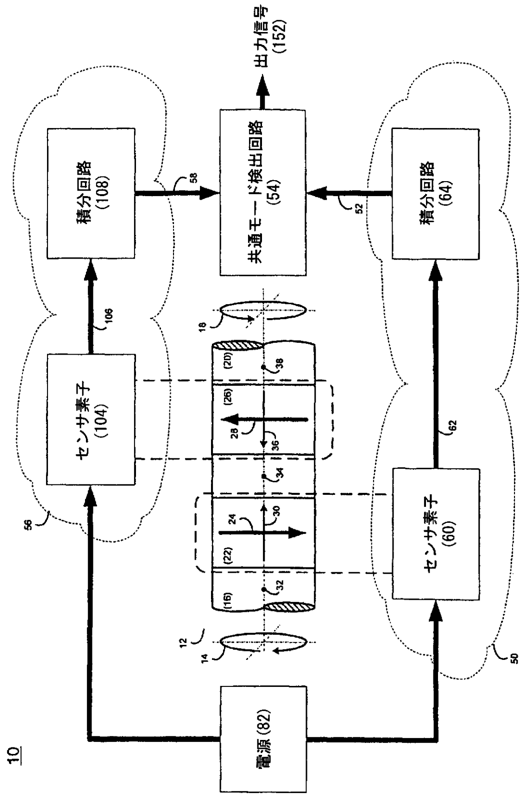
【００６２】

10　トルクセンサアセンブリ
12　回転軸アセンブリ
14　回転力
16　第1の端部
18　抵抗力
20　第2の端部
22　第1の部分
24　第1の円周方向
26　第2の部分
28　第2の円周方向
30　電流信号

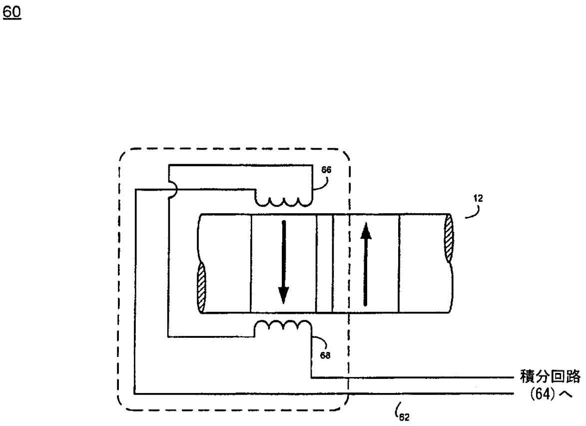
32　点
34　点
36　電流信号
38　点
50　第1のセンサアセンブリ
52　第1の信号
54　共通モード検出回路、共通モード除去回路
56　第2のセンサアセンブリ
58　第2の信号
60　センサ素子
62　第1の磁気強度信号
62'　整流済み磁気強度信号
64　積分回路
66　第1のセンサ素子
68　第2のセンサ素子
82　電源
84　整流回路
86　積分器
88　第1の端子
90　第1のフィードバック経路
92　抵抗装置
94　第2の端子
96　第2のフィードバック経路
98　抵抗装置
100　バッファ回路
102　フィルタリング装置
104　センサ素子
106　第2の磁気強度信号
106'　整流済み磁気強度信号
108　積分回路
110　第1のセンサ素子
112　第2のセンサ素子
114　整流回路
116　積分器
118　第1の端子
120　第1のフィードバック経路
122　抵抗装置
124　第2の端子
126　第2のフィードバック経路
128　抵抗装置
130　バッファ回路
132　フィルタリング装置
150　結合信号
150'　フィルタ済み結合信号
152　出力信号
154　平衡用回路
156　差動増幅回路
158　差分信号
160　出力増幅回路
162　抵抗装置

164　抵抗装置
166　オフセット調整回路
168　フィルタ回路
202　可変デューティサイクル信号発生器
204　電力信号
206　電力信号
208　ソフトスタートコントローラ
210　トランジスタ
212　コンデンサ
214　抵抗装置
250　ハウジングアセンブリ
252　通路
254　第1の陥凹部
258　センサパッケージ、コイルアセンブリ
258a　センサパッケージ、コイルアセンブリ
260　第2の陥凹部
262　センサパッケージ、コイルアセンブリ
262a　センサパッケージ、コイルアセンブリ
264　センサ素子
266　センサ素子
268　センサ素子
270　センサ素子
272　センサ素子
274　センサ素子
276　センサ素子
278　センサ素子
300　コイル用陥凹部
302　コイル用陥凹部
304　コイル用陥凹部
306　コイル用陥凹部
350　リードフレーム
352　導電性インクトレース
354　熱可塑性材料
356　熱可塑性材料
400　ハウジング
402　陥凹部
404　陥凹部
406　陥凹部
408　陥凹部
410　コイルアセンブリ
412　コイルアセンブリ
414　カバーアセンブリ
416　カバーアセンブリ
418　カバーアセンブリ
420　カバーアセンブリ
800　他の例示的な実施形態

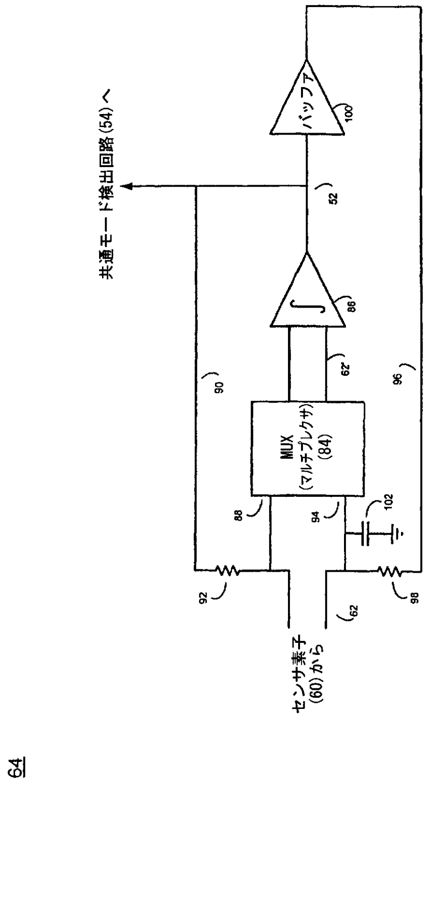
【図１】


出力信号
(152)
積分回路
(108)
共通モード検出回路
(54)
積分回路
(64)
センサ素子
(104)
センサ素子
(60)
電源 (82)

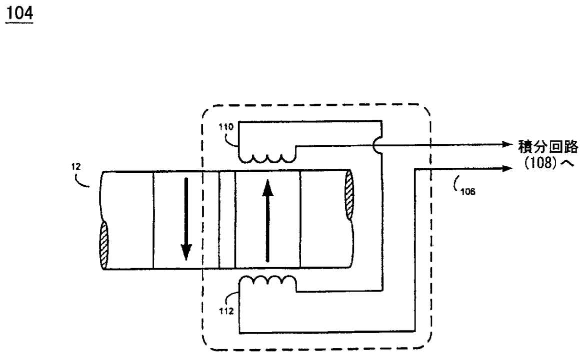
【図２】


60
積分回路
(64) へ

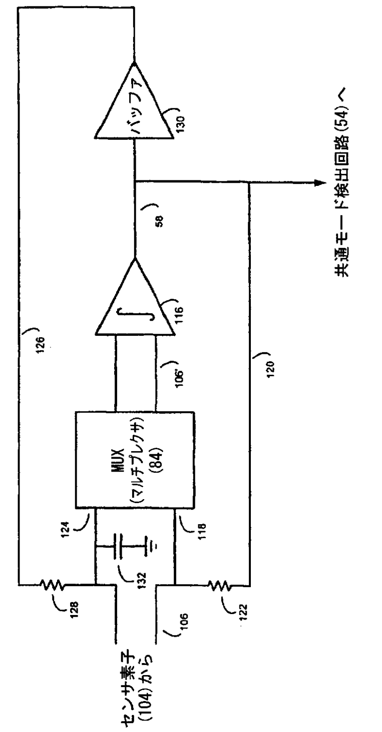
【図３】


共通モード検出回路 (54) へ
バッファ
MUX
(マルチプレクサ)
(84)
センサ素子
(60) から

【図４】

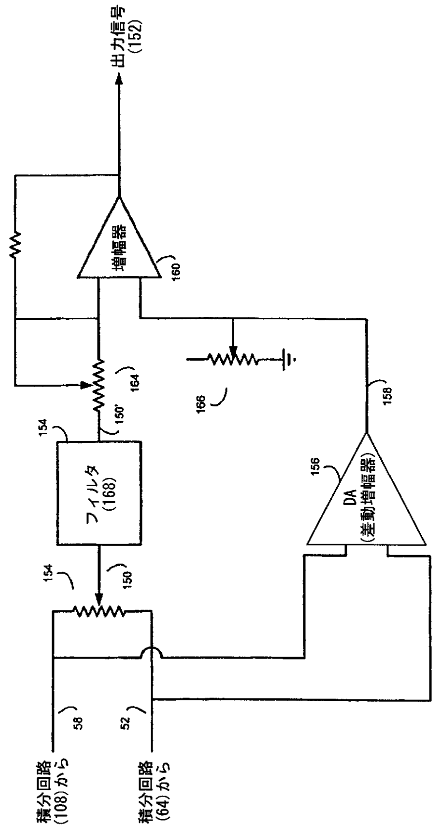

104
積分回路
(108) へ

【図５】



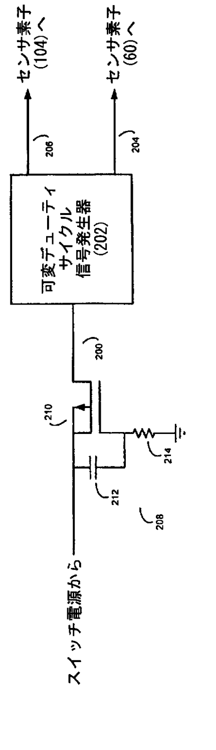
108

【図６】



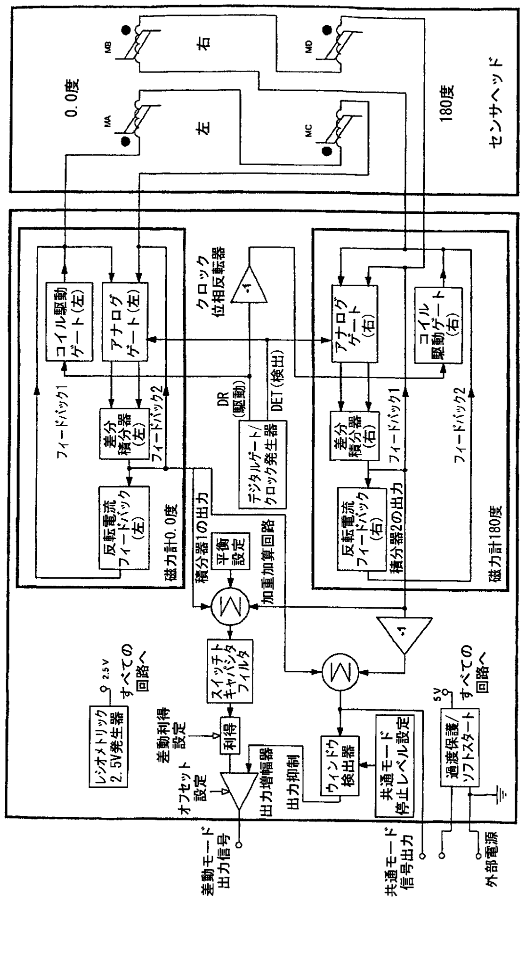
54

【図７】



82

【図８】



800

【図９】

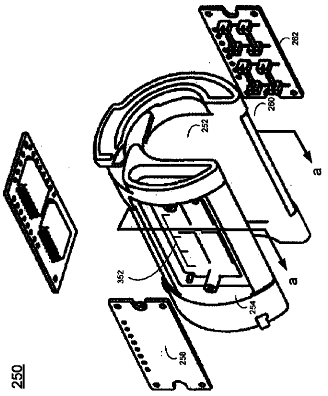


FIG. 9

【図１０】

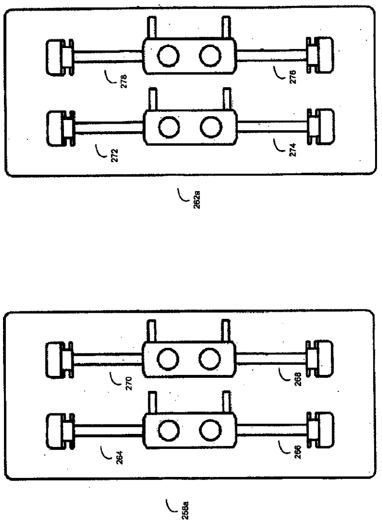


FIG. 10

【図１１】

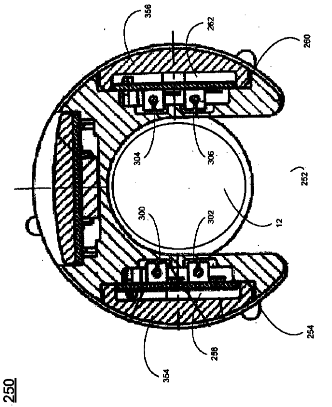


FIG. 11

【図１２】

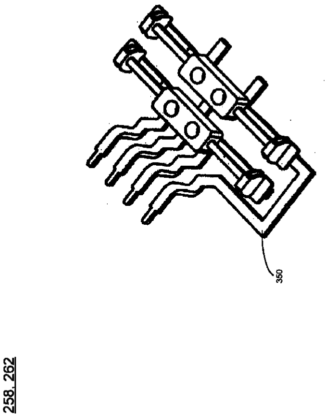


FIG. 12

【図１３】

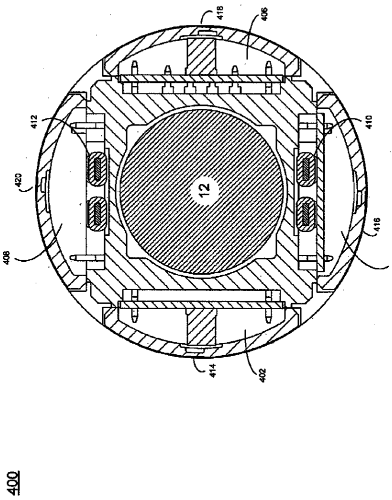


FIG. 13

【図１４】

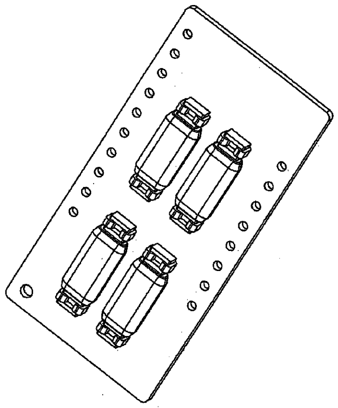


FIG. 14

410 412

【図１５】

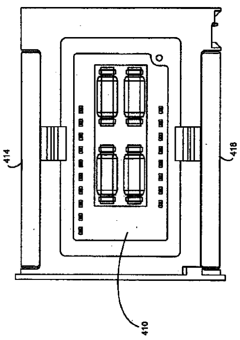


FIG. 15

400

【図１６】

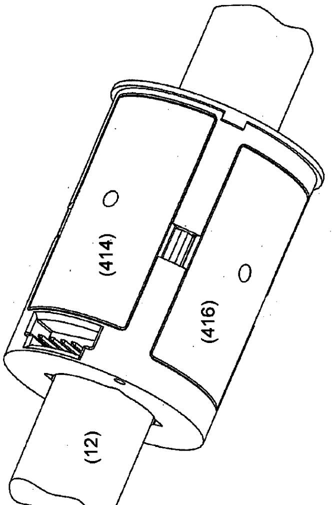


FIG. 16

400

【図１７】

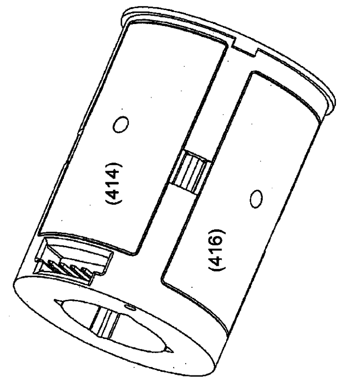


FIG. 17

400

フロントページの続き

(72)発明者　ノーマン・シー・ポワリエ
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・０２７６７・レインハム・ストーニーブルック・ロード・１９８
(72)発明者　ダニエル・ナクティガル
アメリカ合衆国・マサチューセッツ・０２１３０・ジャマイカ・プレイン・イーストランド・ロード・５０

審査官　上田　正樹

(56)参考文献　特表２００４－５０３７６５（ＪＰ，Ａ）
特表２００２－５０５７３９（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１３６３６６（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３５６０５９（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０６３４１５３４（ＵＳ，Ｂ１）
特開２０００－３２１１５４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01L　3/10