

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-44055
(P2010-44055A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

(51) Int.Cl.

G01D 5/245 (2006.01)

F I

G O 1 D 5/245 2 O 1 A

テーマコード (参考)

2 F O 7 7

審査請求 有 請求項の数 28 O L 外国語出願 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2009-159575 (P2009-159575)
 (22) 出願日 平成21年7月6日(2009.7.6)
 (31) 優先権主張番号 12/168, 151
 (32) 優先日 平成20年7月6日(2008.7.6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 506200186
 アバゴ・テクノロジーズ・イーシーピーユ
 ー・アイピー (シンガポール) プライベ
 ト・リミテッド
 シンガポール国シンガポール768923
 , イーシュン・アベニュー・7・ナンバー
 1
 (74) 代理人 100099623
 弁理士 奥山 尚一
 (74) 代理人 100096769
 弁理士 有原 幸一
 (74) 代理人 100107319
 弁理士 松島 鉄男
 (74) 代理人 100114591
 弁理士 河村 英文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘導性マルチターン式エンコーダ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 小型、安価かつ高精度で動作する、構成ディスクが部分的な回転を感知及び測定することができる誘導性マルチターン式エンコーダを提供する。

【解決手段】 誘導性手段を用いてモジュールに動作的に接続された回転シャフト20が回転した回転数を決定する。誘導性コイルは、エミッタ・コイルと受信コイルとを備えている。これらのコイルは、対応するギア付の円形ディスクに対して動作するように関連付けられ、かつこれらのディスクに対向して配置されている。これらのギア付の円形ディスクは、所定のギア減速比を実行するように配列されている。

【選択図】 図1b

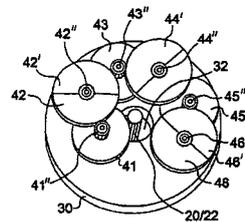


FIG. 1(b)

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

周囲にギアが配置された回転シャフトと、

貫通して配置された開口を有するベースプレートであって、該ベースプレートが、そのベースプレートの中に前記回転シャフトの少なくとも一部を受け入れるように構成され、前記ベースプレートが、そのベースプレートの中又は上に取付けられた複数のギア付の円形ディスクを備え、前記ギア付の円形ディスクの少なくともいくつかは、その円形ディスクの中又は上に導電性部分を有する、ベースプレートと、

上側に複数の誘導性コイルが配置された基板であって、前記複数の誘電性コイルのそれぞれが、少なくとも1つの対応する反対側のギア付の円形ディスク及び前記導電性部分に対して動作可能に整列されている、基板と、

前記ギア付の円形ディスクの互いに対する相対位置に基づいて、前記円形ディスクが前記誘導性コイルによって感知されたときに、前記回転シャフトの回転パラメータを決定するように構成されたポジション・ロジック装置と

を備え、

前記基板が、前記ベースプレートに対向するように配置され、前記回転シャフトが、シャフト・ギアによって前記ギア付の円形ディスクの少なくとも1つに機械的かつ動作可能に接続されており、前記少なくとも1つギア付の円形ディスクが、前記回転シャフトの回転により回転し、これにより、残りの前記ギア付の円形ディスクが、所定のギア減速比に基づいて回転するようになっており、前記誘導性コイルのそれぞれが、前記誘導性コイルに対して動作するように整列されかつ対向するように配置された前記ギア付の円形ディスクの回転数を表す出力信号を生成するように構成され、これにより、前記回転シャフトが回転した回転数が、前記ポジション・ロジック装置によって決定されるようになっていることを特徴とするマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 2】

前記回転シャフトの回転と前記回転シャフトの回転によって回転させられた最後のギア付の円形ディスクの回転とに関する前記ギア減速比が、4, 0.96、2, 0.48、1, 0.24、5.12のうちいずれかであることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 3】

前記モジュールが、3つのギア付の円形ディスクを備えており、前記円形ディスクのそれぞれが、4ビットの分解能を前記エンコーダ・モジュールに提供するようになっていることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 4】

前記ギア付の円形ディスクの前記導電性部分が、金属、金属箔、導電性ポリマー、導電性プラスチック、合金、及び金属の組合せの少なくとも1つを含むものであることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 5】

前記複数の誘導性コイルのそれぞれが、前記基板内に組み込まれていることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 6】

前記複数の誘導性コイルのそれぞれが、前記基板に装着される別個の構成部品を形成していることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 7】

前記複数の誘導性コイルのそれぞれが、少なくとも1つのエミッタ・コイルと、少なくとも1つの受信コイルとを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 8】

前記少なくとも1つの受信コイルが、少なくとも1つの受信コイルを含むものであることを特徴とする請求項 7 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記受信コイルが、互いに 90 度位相がずれて配列されていることを特徴とする請求項 8 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 10】

前記出力信号を受信及び増幅するように構成された可変利得前置増幅器を更に備えていることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 11】

前記出力信号の搬送周波数を取り除くように構成されたデジタル・フィルタリング回路を更に備えていることを特徴とする請求項 10 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

10

【請求項 12】

アナログ形式の出力信号をデジタル表現に変換するように構成されたアナログ - デジタル変換器を更に備えていることを特徴とする請求項 10 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 13】

回転シャフトの位置を表すデジタル出力信号を提供するように構成されたデジタル信号プロセッサを更に備えていることを特徴とする請求項 10 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 14】

前記回転シャフトが回転した回転数を表すデジタル出力信号を提供するように構成されたデジタル信号プロセッサを更に備えていることを特徴とする請求項 10 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

20

【請求項 15】

前記エンコーダ・モジュールが、フレキシブル回路、プリント回路基板、セラミック基板のうちの 1 つに装着されているか又は取り付けられていることを特徴とする請求項 1 に記載のマルチターン式エンコーダ・モジュール。

【請求項 16】

マルチターン式エンコーダの中の回転シャフトが回転した回転数を決定する方法であって、

30

周囲にギアが配置された回転シャフトを設けるステップと、

貫通して配置された開口を有するベースプレートを設けるステップであって、前記ベースプレートが、該ベースプレートの中に前記回転シャフトの少なくとも一部を受け入れるように構成され、前記ベースプレートが、前記ベースプレートの中又は上に取付けられた複数のギア付の円形ディスクを備え、前記ギア付の円形ディスクの少なくともいくつか、その円形ディスクの中又は上に形成された導電性部分を有し、前記回転シャフトが、前記ギアによって前記ギア付の円形ディスクの少なくとも 1 つに機械的かつ動作可能に接続されている、ステップと、

上側に複数の誘導性コイルが配置された基板を設けるステップであって、前記複数の誘導性コイルのそれぞれが、少なくとも 1 つの対応する反対側のギア付の円形ディスク及び前記導電性部分に対して動作可能に整列され、前記基板が、前記ベースプレートに対向するように配置されている、ステップと、

40

前記ギア付の円形ディスクの互いに対する相対位置に基づいて、前記円形ディスクが前記誘導性コイルによって感知されたときに、前記回転シャフトの回転パラメータを決定するように構成されたポジション・ロジック装置を設けるステップと、

前記回転シャフトを回転させて、これにより前記ギア付の円形ディスクを所定のギア減速比に基づいて回転させるステップと、

前記誘導性コイルに対応して、前記誘導性コイルに対して動作するように整列されかつ前記誘導性コイルに対向するように配置された前記ギア付の円形ディスクの回転数を表す出力信号を、前記誘導性コイルのそれぞれについて生成するステップであって、前記出力信号の生成により、前記回転シャフトが回転した回転数が前記ポジション・ロジック装置

50

によって決定される、ステップとを含む方法。

【請求項 17】

前記回転シャフトの回転と前記回転シャフトの回転によって回転させられた最後のギア付の円形ディスクの回転とに関する前記ギア減速比が、4, 0.96、2, 0.48、1, 0.24、5.12のうちいずれかであることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記ギア付の円形ディスクの前記導電性部分が、金属、金属箔、導電性ポリマー、導電性プラスチック、合金、及び金属の組合せの少なくとも1つを含むものであることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

10

【請求項 19】

前記複数の誘導性コイルのそれぞれを前記基板内に組み込むステップを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 20】

前記複数の誘導性コイルのそれぞれに関して別個の構成部品で形成するステップと前記構成部品を前記基板に装着するステップとを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 21】

少なくとも1つのエミッタ・コイル及び少なくとも1つの受信コイルとして前記複数の誘導性コイルのそれぞれを設けるステップを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

20

【請求項 22】

前記少なくとも1つの受信コイルが、少なくとも一対の受信コイルを含むものであることを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

前記受信コイルが、互いに90度位相がずれて配列されていることを特徴とする請求項 22 に記載の方法。

【請求項 24】

前記出力信号を受信及び増幅するように構成された可変利得前置増幅器を設けるステップを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

30

【請求項 25】

前記出力信号の搬送周波数を取り除くように構成されたデジタル・フィルタリング回路を設けるステップを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 26】

アナログ形式の出力信号をデジタル表現に変換するように構成されたアナログ・デジタル変換器を設けるステップを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 27】

回転シャフトの位置を表すデジタル出力信号を提供するように構成されたデジタル信号プロセッサを設けるステップを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 28】

前記回転シャフトが回転した回転数を表すデジタル出力信号を提供するように構成されたデジタル信号プロセッサを更に含むことを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願において説明される発明の種々の実施形態は、エンコーダ、構成部品（コンポーネント）、装置及びそれに関連した方法の分野に関する。

【背景技術】

【0002】

マルチターン式光学エンコーダは、多くの様々な用途に使用されている。一般的に、こ

50

のマルチターン式光学エンコーダの機械的な構成は、ギアトレイン設計 (gear train design) に基づいている。この設計においては、次のコリメーション、反射又は検出を行うために、光がギアを通過するように、開口すなわち穴が空いたギアを設ける必要がある。この開口すなわち穴により、多くの場合、光学エンコーダの中のギアが、互いに極めて接近してバックされないようになっている。また、この開口すなわち穴は、射出成形されたギアに対して得られる精度を減少させることになる。さらに、一般に、プリント回路基板や可撓ケーブルなどの基板が、このような光学エンコーダに必要な機械的な完全性を与えるために、ギアトレインの両側に必要とされる。最後に、一般に、マルチターン式光学エンコーダは、そのエンコーダ中に含まれた構成ディスクが部分的に回転することを感知することができない。

10

【0003】

磁気マルチターン式エンコーダも技術的に周知であるが、このエンコーダは外部の磁界に容易に影響され、また極めて高い温度で動作すると消磁されてしまう。そのような特性により、磁気マルチターン式エンコーダを使用できる用途の種類や数が明らかに少なくなる。

【0004】

したがって、より小型に作ることができ、より安価に製造でき、より高精度で動作することができ、かつ構成ディスクが部分的な回転を感知及び測定することができるマルチターン式エンコーダが必要とされる。

20

【発明の概要】**【0005】**

幾つかの実施形態では、マルチターン式エンコーダ・モジュールが提供される。このマルチターン式エンコーダ・モジュールは、周囲にギアが配置された回転シャフトと、貫通して配置された開口を有するベースプレートと、上側に複数の誘導性コイルが配置された基板と、回転シャフトの回転パラメータを決定するように構成されたポジション・ロジック装置とを備えている。ここで、ベースプレートは、そのベースプレートの中に前記回転シャフトの少なくとも一部を受け入れるように構成され、前記ベースプレートが、そのベースプレートの中又は上に取付けられた複数のギア付の円形ディスクを備え、前記ギア付の円形ディスクの少なくともいくつかは、その円形ディスクの中又は上に形成された導電性部分を有している。前記複数の誘電性コイルのそれぞれが、少なくとも1つの対応する反対側のギア付の円形ディスク及び前記導電性部分に対して動作するように整列して配置されている。ポジション・ロジック装置は、前記ギア付の円形ディスクの互いに対する相対位置に基づいて、前記円形ディスクが前記誘導性コイルによって感知されたときに、前記回転シャフトの回転パラメータを決定するように構成されている。前記基板が、前記ベースプレートに対向するように配置され、前記回転シャフトが、シャフト・ギアによって前記ギア付の円形ディスクの少なくとも1つに機械的にかつ動作可能に接続されており、前記少なくとも1つギア付の円形ディスクが、前記回転シャフトの回転により回転し、これにより、残りの前記ギア付の円形ディスクが、所定のギア減速比に基づいて回転するようになっている。また、前記誘導性コイルのそれぞれが、前記誘導性コイルに対して動作するように整列されかつ対向するように配置された前記ギア付の円形ディスクの回転数を表す出力信号を生成するように構成され、これにより、前記回転シャフトが回転した回転数が、前記ポジション・ロジック装置によって決定されるようになっている。

30

40

【0006】

別の実施形態では、マルチターン式エンコーダの中のシャフトが回転した回転数を決定する方法が提供される。この方法は、周囲にギアが配置された回転シャフトを設けるステップと、貫通して配置された開口を有するベースプレートを設けるステップと、上側に複数の誘導性コイルが配置された基板を設けるステップと、ポジション・ロジック装置を設けるステップと、前記回転シャフトを回転させて、これにより前記ギア付の円形ディスクを所定のギア減速比に基づいて回転させるステップと、前記誘導性コイルに対応して、前記誘導性コイルに対して動作するように整列されかつ前記誘導性コイルに対向するように

50

配置された前記ギア付の円形ディスクの回転数を表す出力信号を、前記誘導性コイルのそれぞれについて生成するステップとを含む。ここで、前記ベースプレートが、該ベースプレートの中に前記回転シャフトの少なくとも一部を受け入れるように構成され、前記ベースプレートが、前記ベースプレートの中又は上に取付けられた複数のギア付の円形ディスクを備え、前記ギア付の円形ディスクの少なくともいくつかは、その円形ディスクの中又は上に形成された導電性部分を有し、前記回転シャフトが、前記ギアによって前記ギア付の円形ディスクの少なくとも1つに機械的にかつ動作可能に接続されている。また、前記複数の誘電性コイルのそれぞれが、少なくとも1つの対応する反対側のギア付の円形ディスク及び前記導電性部分に対して動作するように整列して配置され、前記基板が、前記ベースプレートに対向するように配置されている。前記ポジション・ロジック装置は、前記ギア付の円形ディスクの互いに対する相対位置に基づいて、前記円形ディスクが前記誘導性コイルによって感知されたときに、前記回転シャフトの回転パラメータを決定するように構成されている。そして、前記出力信号の生成により、前記回転シャフトが回転した回転数が前記ポジション・ロジック装置によって決定されるようになっている。

10

【0007】

さらに、更なる別の実施形態が、本願で開示されている。あるいは、更なる実施形態は、当業者が、明細書及び図面を読んで理解すれば明らかになるであろう。

【0008】

本発明の種々の実施形態の様々な態様は、下記の明細書、図面及び請求の範囲から明らかになるであろう。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1a】本発明の誘導性マルチターン式エンコーダの1つの実施形態の斜視図である。

【図1b】図1aの誘導性マルチターン式エンコーダのベースプレートと対応する上に装着されたギア付の円形ディスクの上部の斜視図である。

【図2a】図1の誘導性マルチターン式エンコーダの1つのギア付の円形ディスクと、その対応する誘導性コイルの側部とを示した斜視図である。

【図2b】図2aのギア付の円形ディスクと誘導性コイルの底部とを示した斜視図である。

【図3】図1aの誘導性コイル用基板の底部の平面図である。

30

【図4】図3に示された1つの誘導性コイルの基板の細部を示す図である。

【図5】本発明の誘導性コイルの別の実施形態を示す図である。

【図6】本発明のコイル・エミッタ及びコイル・レシーバの1つの実施形態の電気回路図である。

【図7】本発明の誘導性コイルの1つの実施形態に基づいて与えられた代表的な変調及び復調された出力を示す図である。

【図8】本発明の誘導性コイルの1つの実施形態に基づいて与えられた代表的な変調及び復調された出力を示す図である。

【図9】本発明による誘導性マルチターン式エンコーダの1つの実施形態のブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

これらの図面は、必ずしも縮尺通りには描かれていない。同じ番号は、特に断りのない限り、図面全体を通して同じ部品又はステップを表している。

【0011】

図1aから図4には、マルチターン式エンコーダ・モジュール10の1つの実施形態が示されている。このマルチターン式エンコーダ・モジュール10は、ギア22を有する回転シャフトすなわちピニオン20を備えており、ギア22は、その回転シャフト20の周囲に配置されている。ベースプレート30は、貫通して配置された開口32を有し、ベースプレート30は、その中にシャフト20の少なくとも一部を受け入れるように構成さ

50

れている。このベースプレート30は、複数のギア付の円形ディスク41～46を備えており、これらの円形ディスク41～46は、そのベースプレート30の中又は上に搭載されている。ここで、ギア付の円形ディスクの少なくともいくつかは、そのディスクの中又は上に形成された導電性部分を有している。例えば、ディスク42、44及び46は、それぞれ、それらのディスク42、44及び46の中又は上に配置された導電性部分42'、44'及び46'を有している。なお、図面を簡単にするために、また図面の特徴を不明瞭にしないために、図1a及び図1bにおいては、ギア付の円形ディスク41～46は、外周にギアが無い形式で描かれている。

【0012】

図示されているように、基板60は、複数の誘導性コイル62a～66gの組を有しており、これらの誘導性コイル62a～66gは、基板60の中又は上に配置されている。ここで、誘導性コイルのそれぞれは、対応する反対側のギア付の円形ディスク及びその導電性部分に対して動作するように整列して配置されている。ポジション・ロジック装置(図示せず)は、ギア付の円形ディスク42、44及び46の互いに対する相対位置に基づいて、それら円形ディスクが誘導性コイル62a～66gによって感知されたときに、シャフト20の回転パラメータを決定するように構成されている。

10

【0013】

さらに、図1a～図4に示されているように、基板60は、ベースプレート30と対向しており、シャフト20は、シャフト・ギア22によってギア付の円形ディスク41に動作可能に及び機械的に接続されている。シャフト20の回転によりギア付の円形ディスク41が回転させられ、これにより、残りのギア付の円形ディスク42～46が、所定のギア減速比に基づいて回転することになる。誘導性コイル62a～66gのそれぞれが、誘導性コイルに対して動作するように整列されかつその誘導性コイルに対向した対応するギア付の円形ディスクの回転数を示す出力信号を発生するように構成されている。これにより、シャフト20が回転した回転数が、ポジション・ロジック装置によって決定できるようになっている。このポジション・ロジック装置は、コントローラ、ASIC、プロセッサ、マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、CPU、又は適切な論理ハードウェア及び/又はソフトウェアの任意の組合せとすることができる。

20

【0014】

当面の特定の用途にもよるが、マルチターン式エンコーダ・モジュール10は、シャフト20の回転と、回転しているシャフト20の動作によって回転された最後のギア付の円形ディスクの回転とに対して、多数の異なるギア減速比のいずれかを提供するように構成されている。このシャフト20のギア減速比は、4,096、2,048、1,024、512及び256を含むが、これらに限定されることはない。本願で明確に開示されたものの以外のギア減速比も、本発明の中に意図されていることに留意されたい。選択されたギア減速比を具体化するには、使用するギア付の円形ディスクについて適当な数を選択すること、そのようなディスクの歯車の歯の互いに対する相対的な直径及び数を選択すること、及びギア減速の技術に関して周知の他の要素が必要である。例えば、マルチターン式エンコーダ・モジュール10は、3つのギア付の円形ディスクを備えることができ、ディスクのそれぞれが、4ビットの分解能(resolution)をエンコーダ・モジュール10に与えている。別の実施例では、マルチターン式エンコーダ・モジュール10は、1個のギア付ディスク、2個のギア付ディスク、4個のギア付ディスク、5個のギア付ディスク、7個のギア付ディスク、又は任意の他の適当な数のギアを備えることができる。この場合、選択されるギアの数は、当面の特定の用途と、望ましいギア減速比と、当業者に周知の他の検討材料や要因とに基づいて決定される。

30

40

【0015】

ギア減速の別の実施例として、図1a、図1b及び図3を参照すると、6個のギア付の円形ディスク41、42、43、44、45及び46が示されている。例示された実施形態において、中央のギア付のシャフト20は、ピニオンであり、ディスク41と噛み合い、シャフト20が回転するとディスク41を回転させるように構成されている。シャフト

50

20とディスク41との間のギア比は、1:4である。このため、ディスク41が1回転すると、シャフト20は4回転(2²すなわち2ビット)する。ディスク41とディスク42との間のギア比も1:4である。このため、ディスク42が1回転すると、ディスク41は4回転(2²すなわち2ビット)し、同時にシャフト20は16回転(2⁴すなわち4ビット)する。図1a、図1b及び図3に示されているマルチターン式エンコーダ・モジュール10が、6個の違ったギア付の円形ディスクを備えており、それぞれのギア比が1:4であるため、モジュール10は12ビットのシステムである。したがって、モジュール10は、システム内の終段のギア付の円形ディスク、すなわちディスク46が完全に1回転するたびに、シャフト20が4,096回転することを感知することができる。(前述したように、ギア付のディスクの別のギア比や数も採用することができるが、それは本発明の範囲の中に含まれる。)

10

【0016】

ギア付の円形ディスク42、44及び46の導電性部分42'、44'及び46'は、それぞれ、金属、金属箔、導電性ポリマー、導電性プラスチック、合金、金属の組合せ、又は任意の他の適当な導電性材料の少なくとも1つを含むことができる。しかしながら、当業者は理解されるであろうが、たいいていの用途に対して金属が好ましい材料である。

【0017】

誘導性コイル62a~66gが、基板62、64、及び66に一体化されるか、又はその基板の上又は下に位置決め又は配置されている。さらに、これらの誘導性コイル62a~66gは、別個の部品を形成することができ、これらの誘導性コイル62a~66gは、それぞれの基板に装着される。さらに、また図2b、図3、図4、及び図5に示されているように、誘導性コイル62a~66gは、エミッタすなわち送信コイルと、受信コイルとを備えている。例えば、そして図2b、図3、図4、及び図5にさらに示されているように、誘導性コイル62、64及び66のそれぞれは、一对のエミッタ・コイル(すなわち、コイル62f及び62g、及び64f及び64g、及び66f及び66g)と、2対の受信コイル(すなわち、コイル62a/62b及び62c/62d、64a/64b及び64c/64d、及び66a/66b及び66c/66d)とを備えている。1例として、受信コイル62a及び62bは、互いに90度位相がずれている。30度、45度、及び60度を含む受信された信号間の他の位相差も使用できるが、これらに限定されることはない。

20

30

【0018】

図1a、図1b及び図3に示されているように、誘導性コイル62、64及び66のそれぞれは、その対応するギア付の円形ディスク42、44及び46の上に動作可能に配置され、かつそれらのディスクに対して整列されている。ギア付の円形ディスク42、44及び46の導電性部分42'、44'及び46'は、誘導性コイルのエミッタ42f及び42g、44f及び44g及び46f及び46gが送信した信号に対応するようになっている。それら導電性部分は、次に基本的にはそのような送信された信号を、ディスク42、44及び46が回転しているときに、それぞれ、差動的に対にされた受信コイル42a/42b及び42c/42d、44a/44b及び44c/44d、及び46a/46b及び46c/46dに送り戻すようになっている。すなわち、ギア付の円形ディスク42、44及び46のそれぞれが回転することにより、その導電性部分がそこに対応する受信コイルによって感知される。各対の受信コイルは、該当するギア付の円形ディスクの各完全回転に対して1サイクルのSIN及びCOS信号を出力する。次に、ポジション・ロジック装置又はプロセッサは、そのような信号を4ビットのカウントに変換するようになっている。

40

【0019】

受信コイル間の90度以外の位相差(例えば、SIN及びCOS)は、本発明の中で検討され、かつそのような位相差は任意の適当な値を想定することができることに留意されたい。4ビットで表されるもの以外のカウントも本発明として考えられ、かつ任意の適当な数のビットとすることができることに、さらに留意されたい。さらに、誘導性コイル6

50

2、64及び66を基板60の上だけでなく、ベースプレート30の上にも装着することが、本発明として考えられる。この場合、全ての6個の機能ギア41、42、43、44、45、及び46は、誘導性コイルを備えることになる。

【0020】

本願で説明されたマルチターン式エンコーダ10の中で使用される誘導性コイルは、シングルターン式エンコーダの中で一般に使用されているものとは異なっている。例えば、本願で開示されるマルチターン式誘導性コイルは、離散的で別個のエミッタセクタと受信セクタとを備えているが、従来技術のシングルターン式誘導性コイルは、一般に形状が長方形である。本願で開示されたマルチターン式誘導性コイルは、ギア付の円形ディスクの全回転を「見る」ことができる受信コイルの組を備えているが、従来技術のシングルターン式誘導性コイルは、ディスクの回転の一部のみを「見る」ことができる冗長コイル(redundant coil)を有している。本願で開示されたマルチターン式誘導性コイルは、ディスクの各回転に対して1つの正弦波信号しか与えないが、従来技術のシングルターン式誘導性コイルは一般に、ディスクの各回転に対して数個の正弦波信号を発生する。

10

【0021】

図5は、誘導性コイル66の1つの実施形態を示している。この誘導性コイル66は、下側表面上に配置されかつインターリーブされた導電性トレースとして構成されたエミッタ・コイル及び受信コイル66a~66gを有している。この構成において、この下側表面は、基板60に装着されるか又はその一部を形成している。図6は、エミッタ・コイル66fと、2対の受信コイル66a, b及び66c, dとを構成する1つの誘導性コイルの代表的な回路図を示している。受信コイルは、それぞれ対応する可変利得増幅器71又は72に動作可能に接続されている。これらの増幅器のそれぞれは、エミッタ・コイルによって与えられた出力信号を受信及び増幅するように構成されている。

20

【0022】

受信コイルの出力として与えられた互いに90度位相がずれた代表的な波形が、図7(復調前)及び図8(復調後)に示されている。エミッタ・コイルによって与えられた出力信号の中に含まれる搬送周波数信号は、技術的に周知のデジタル・フィルタリング回路によって取り除かれる。図9にさらに例示されているように、エミッタ・コイルによって与えられた出力信号をデジタル形式に変換するように構成されたアナログ-デジタル変換器は、ポジション・ロジック装置の一部として使用されて、シャフト位置及び/又はシャフトが回転した回転数を示すデジタル出力信号を提供するようになっている。

30

【0023】

本願で開示されたマルチターン式誘導エンコーダは、これから明らかになるように、多数の利点を有している。この利点としては、モジュールの片側に配置された誘導性センサを有するエンコーダを設計できることである。また、利点としては、モニタされるディスクの回転位置を、過剰な数のコイル、トラック又はトレースを使用せずに、その全回転を通して測定可能にするエンコーダが提供できることである。これらの特徴によれば、光学エンコーダと比較すると、ギアの配置及び設計に対して柔軟性が向上したマルチターン式エンコーダが提供される。

【0024】

本願で説明されまた開示されたマルチターン式誘導エンコーダの別の利点は、ギア又はギア列の片側上に誘導性コイルを配置できることである。このことは、電子部品が付いた基板上に組み立てられた誘導性コイルを有するマルチターン式エンコーダがモジュールとして販売される場合、特に好都合である。本発明のマルチターン式誘導エンコーダの種々の実施形態は、グレイ・コードやバイナリなどのほとんど全ての望ましいフォーマットに適合する未加工の出力信号を直接発生するように構成することもできるが、光学的なマルチターン式エンコーダは、これを提供することはできない。本発明のマルチターン式誘導エンコーダはまた、極めて高い動作温度に耐えることができ、塵埃、液体及び他の環境汚染物質に対して特に強い。

40

【0025】

50

本発明のマルチターン式誘導エンコーダは、フレキシブル回路、プリント回路基板、セラミック基板、又は任意の他の適当な基板材料上に直接製造することもできる。

【0026】

本願で説明された種々の部品、装置及びシステムを作る方法及びそれらを作った方法が、本発明の請求の範囲の中に含まれることに留意されたい。

【0027】

前述された実施形態は、本発明の範囲を限定するものではなく、本発明の実施例として考えるべきである。本発明の前述の実施形態に加えて、詳細な説明及び添付した図面を検討すれば、本発明の別の実施形態が存在することが分かるであろう。したがって、明示的に本願に記載されていない本発明の前述した実施形態の多くの組合せ、置き換え、変更及び修正は、本発明の範囲の中に含まれるものとする。

【図1a】

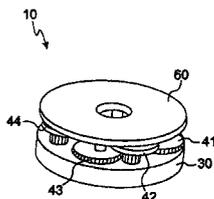


FIG. 1(a)

【図1b】

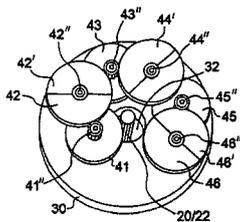


FIG. 1(b)

【図2a】

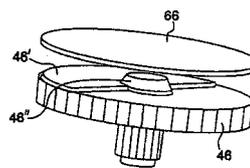


FIG. 2(a)

【図2b】

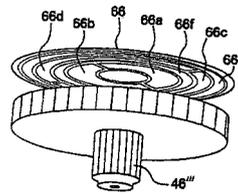


FIG. 2(b)

【 図 3 】

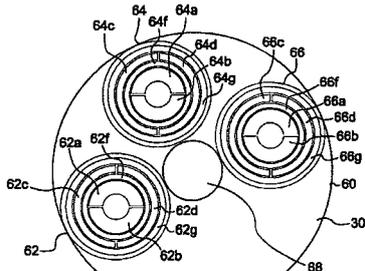


FIG. 3

【 図 4 】

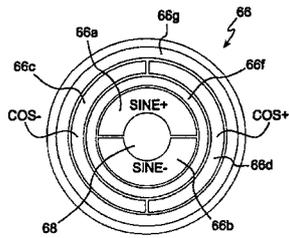


FIG. 4

【 図 5 】

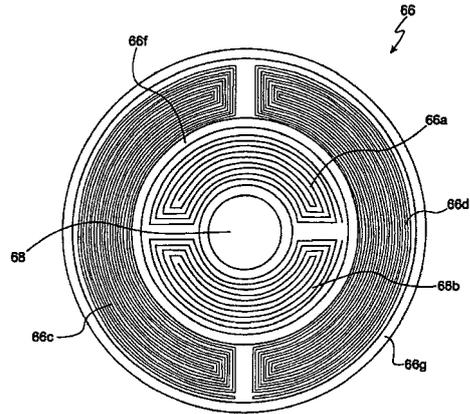


FIG. 5

【 図 6 】

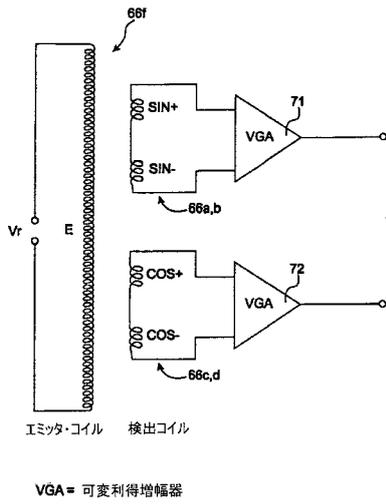


FIG. 6

【 図 7 】

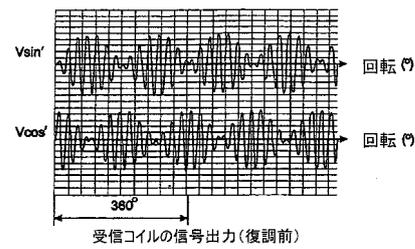


FIG. 7

【 図 8 】

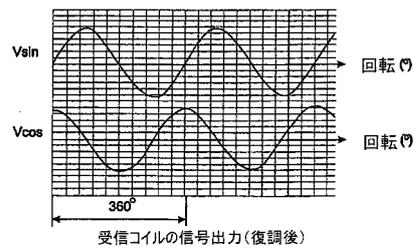


FIG. 8

【 図 9 】

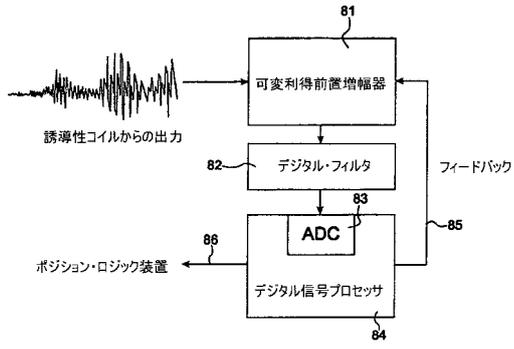


FIG. 9

フロントページの続き

(74)代理人 100118407

弁理士 吉田 尚美

(74)代理人 100125380

弁理士 中村 綾子

(74)代理人 100125036

弁理士 深川 英里

(74)代理人 100142996

弁理士 森本 聡二

(74)代理人 100154298

弁理士 角田 恭子

(74)代理人 100156443

弁理士 松崎 隆

(74)代理人 100162330

弁理士 広瀬 幹規

(72)発明者 ウェン・フェイ・ウォン

マレーシア国ペナン 1 1 7 0 0 , ゲルゴール , レンコク・ミンデン , ハラマン・セントサ , ブロック・2 0 - ジー - 4

(72)発明者 シー・クアン・リー

マレーシア国ペナン 1 1 8 0 0 , バヤン・レパス , ムティアラ・ペルダナ , ブロック・オーキッド
1 - 1 0

Fターム(参考) 2F077 CC08 DD05 FF34 PP26 QQ05 QQ17

【 外国語明細書 】

1. Title of Invention

Inductive Multi-Turn Encoder

2. Detailed Explanation of the Invention

Field of the Invention

Various embodiments of the invention described herein relate to the field of encoders, and components, devices, systems and methods associated therewith.

Background

Multi-turn optical encoders are employed in many different applications. The mechanical construction of multi-turn optical encoders is normally based on gear train design, where gears with openings or holes must be provided for light to pass through the gears for subsequent collimation, reflection or detection. The openings or holes often prevent the gears in optical encoders from being packed very close to one another, and also reduce the precision that may be obtained for injection-molded gears. In addition, substrates such as printed circuit boards, flexible cables and the like are typically required on both sides of the gear train to impart the required mechanical integrity to such optical encoders. Finally, multi-turn optical encoders are typically incapable of sensing partial revolutions of the constituent disks contained therein.

Magnetic multi-turn encoders are also known in the art, but are easily affected by external magnetic fields and cannot operate at very high temperatures without being demagnetized. Such characteristics obviously limit the type and number of applications in which magnetic multi-turn encoders may be used.

What is needed is a multi-turn encoder that may be made more compact, manufactured at lower cost, operate at higher precision, and permit partial revolutions of constituent disks to be sensed and measured.

Summary

In some embodiments, there is provided a multi-turn encoder module comprising a rotatable shaft having gears disposed about a periphery thereof, a baseplate having an aperture disposed therethrough and configured to accept at least a portion of the shaft therein, the baseplate further comprising a plurality of geared circular disks mounted therein or thereon, at least some of the geared circular disks having an electrically conductive portion formed thereon or thereon, a substrate having a plurality of inductive coils disposed thereon, each of the inductive coils being operably aligned and configured in respect of at least one corresponding opposing geared circular disk and the electrically conductive portion thereof, and a position logic device configured to determine a rotational parameter of the shaft on the basis of the relative positions of the geared circular disks respecting one another as they are sensed by the inductive coils, where the substrate opposes the baseplate, the shaft is operably and mechanically connected to at least one of the geared circular disks by the shaft gears, rotation of the shaft causes the at least one geared circular disks to rotate and thereby cause the remaining geared circular disks to rotate according to a predetermined gear reduction ratio, and each of the inductive coils is configured to generate an output signal representative of a revolution of the geared circular disk operably aligned in respect thereof and opposed thereto, thereby to permit a number of revolutions the shaft has rotated to be determined by the position logic device.

In another embodiment, there is provided a method of determining a number of revolutions a shaft in a multi-turn encoder has turned comprising providing a rotatable shaft having gears disposed about a periphery thereof, providing a baseplate having an aperture disposed therethrough and configured to

accept at least a portion of the shaft therein, the baseplate further comprising a plurality of geared circular disks mounted therein or thereon, at least some of the geared circular disks having an electrically conductive portion formed thereon or thereon, the shaft being operably and mechanically connected to at least one of the geared circular disks by the gears thereof, providing a substrate having a plurality of inductive coils disposed thereon, each of the inductive coils being operably aligned and configured in respect of a corresponding opposing geared circular disk and the electrically conductive portion thereof, the substrate opposing the baseplate, providing position logic configured to determine a rotational parameter of the shaft on the basis of the relative positions of the geared circular disks respecting one another as they are sensed by the inductive coils, rotating the shaft and thereby causing the geared circular disks to rotate according to a predetermined gear reduction ratio, and for each inductive coil, generating an output signal representative of a revolution of the geared circular disk corresponding thereto, operably aligned in respect thereof and opposed thereto, thereby to permit a number of revolutions the shaft has rotated to be determined by the position logic device.

Further embodiments are disclosed herein or will become apparent to those skilled in the art after having read and understood the specification and drawings hereof.

Brief Description of the Drawings

Different aspects of the various embodiments of the invention will become apparent from the following specification, drawings and claims in which:

5 Fig. 1(a) shows a perspective view of one embodiment of an inductive multi-turn encoder of the invention;

Fig. 1(b) shows a top perspective view of a baseplate and corresponding geared circular disks mounted thereon corresponding to the inductive multi-turn encoder of Fig. 1;

10 Fig. 2(a) shows a side perspective view of one geared circular disk and its corresponding inductive coil corresponding to the inductive multi-turn encoder of Fig. 1;

Fig. 2(b) shows a bottom perspective view of the geared circular disk and inductive coil of Fig. 2(a);

Fig. 3 shows a bottom plan view of the inductive coil substrate of Fig. 1(a);

15 Fig. 4 shows details of one inductive coil of the substrate shown in Fig. 3;

Fig. 5 shows another embodiment of an inductive coil of the invention;

Fig. 6 shows a schematic electrical diagram of one embodiment of a coil emitter and a coil receiver of the invention;

20 Figs. 7 and 8 shows representative modulated and demodulated outputs provided according to one embodiment of the inductive coils of the invention, and

Fig. 9 shows one embodiment of a block diagram of an inductive multi-turn encoder of the invention.

The drawings are not necessarily to scale. Like numbers refer to like parts or steps throughout the drawings, unless otherwise noted.

Detailed Descriptions of Some Preferred Embodiments

Referring to Figs. 1(a) through 4, there is shown one embodiment of multi-turn encoder module 10 comprising rotatable shaft or pinion 20 having gears 22 disposed about a periphery thereof. Baseplate 30 has an aperture 32 disposed therethrough, and is configured to accept at least a portion of shaft 20 therein. Baseplate 30 further comprises a plurality of geared circular disks 41 through 46 mounted therein or thereon, where at least some of the geared circular disks have an electrically conductive portion formed thereon or thereon. For example, disks 42, 44 and 46 have, respectively, electrically conductive portions 42', 44' and 46' disposed therein or therein. Note that for the sake of simplicity and not obscuring the more salient features of the drawings, geared circular disks 41 through 46 in Figs. 1(a) and 1(b) are shown without gears disposed about the outer peripheries thereof.

As shown, substrate 60 has a plurality of sets of inductive coils 62a through 66g disposed thereon or therein, where each of the inductive coils is operably aligned and configured in respect of a corresponding opposing geared circular disk and the electrically conductive portion thereof. A position logic device (not shown) is configured to determine a rotational parameter of shaft 20 on the basis of the relative positions of geared circular disks 42, 44 and 46 respecting one another as they are sensed by inductive coils 62a through 66g.

Further as shown in Figs. 1(a) through 4, substrate 60 opposes baseplate 30, and shaft 20 is operably and mechanically connected to geared circular disk 41 by shaft gears 22. Rotation of shaft 20 causes geared circular disk 41 to rotate and thereby cause remaining geared circular disks 42 through 46 to rotate according to a predetermined gear reduction ratio. Each of inductive coils 62a

through 66g is configured to generate an output signal representative of a revolution of the corresponding geared circular disk operably aligned in respect thereof and opposed thereto, which permits a number of revolutions shaft 20 has rotated to be determined by the position logic device, which may be any suitable
5 processing or logic device, such as a controller, ASIC, processor, micro-processor, micro-controller, CPU, or any combination of appropriate logic hardware and/or software.

Depending on the particular application at hand, multi-turn encoder module 10 may be configured to provide any of a number of different gear reduction ratios
10 in respect of rotation of shaft 20 and the rotation of the last geared circular disk caused to be rotated by the action of shaft 20 rotating, including, but not limited to gear reduction ratios of 4,096, 2,048, 1,024, 512 and 256. Note that gear reduction ratios other than those explicitly disclosed herein are also contemplated in the present invention. Implementation of a selected gear reduction ratio
15 requires selecting an appropriate number of geared circular disks to employ, selecting the relative diameters and numbers of geared teeth of such disks respecting one another, and other factors well known to those skilled in the art of gear reduction. For example, multi-turn encoder module 10 may comprise three geared circular disks, where each disk imparts 4 bits of resolution to encoder
20 module 10. In other examples, multi-turn encoder module 10 may comprise one geared disk, two geared disks, four geared disks, five geared disks, seven geared disks, or any other suitable number of gears, where the number of gears selected will depend on the particular application at hand, the gear reduction ratio that is desired, and other considerations and factors known to those skilled in the art.

As a further example of gear reduction, and referring to Figs. 1(a), 1(b) and 3, there are shown six geared circular disks 41, 42, 43, 44, 45 and 46. In the illustrated embodiment, central geared shaft 20 is a pinion which meshes with and is configured to cause rotation of disk 41 when shaft 20 rotates. The gear ratio
5 between shaft 20 and disk 41 is 1:4. Thus, when disk 41 completes 1 revolution, shaft 20 has rotated 4 revolutions (2^2 , or 2 bits). The gear ratio between disk 41 and disk 42 is also 1:4. Thus, when disk 42 complete 1 revolution, disk 41 has completed 4 revolutions (also 2^2 , or 2 bits), while at the same time shaft 20 has rotated 16 revolutions (2^4 , or 4 bits), and so on. Because multi-turn encoder
10 module 10 shown in Figs. 1(a), 1(b) and 3 comprises 6 different geared circular disks, each of which has a 1:4 gear ratio, module 10 is a 12-bit system capable of sensing 4,096 revolutions of shaft 20 with each complete revolution of the final geared circular disk in the system, disk 46. (As discussed above, other gear ratios and numbers of geared disks may also be employed and nevertheless fall within
15 the scope of the present invention.)

Electrically conductive portions 42', 44' and 46' of geared circular disks 42, 44 and 46, respectively, may comprise at least one of metal, metal foil, an electrically conductive polymer, an electrically conductive plastic, a metal alloy, a combination of metals, or any other suitable electrically conductive material. As
20 those skilled in the art will understand, however, for most applications metal is a preferred material.

Inductive coils 62a through 66g may be integrated into substrates 62, 64, and 66, or positioned or disposed thereatop or therebelow. Inductive coils 62a through 66g may further form separate components, which are attached to their
25 respective substrates. Moreover, and as shown in Figs. 2(b), 3, 4, and 5,

inductive coils 62a through 66g comprise emitter or transmitter coils, and receiver coils. For example, and as further illustrated in Figs. 2(b), 3, 4 and 5, each of inductive coils 62, 64 and 66 comprises one pair of emitter coils (i.e., coils 62f and 62g, and 64f and 64g, and 66f and 66g) and two pairs of receiver coils (i.e., coils 5 62a/62b and 62c/62d, 64a/64b and 64c/64d, and 66a/66b and 66c/66d). By way of example, receiver coils 62a and 62b are 90 degrees out of phase with respect to one another. Other phase differences between received signals may also be employed, including, but not limited to, 30 degrees, 45 degrees, and 60 degrees.

As shown in Figs. 1(a), 1(b) and 3, each of inductive coils 62, 64 and 66 is 10 operably located above and aligned in respect of its corresponding geared circular disk 42, 44 and 46. The electrically conductive portions 42', 44' and 46' of geared circular disks 42, 44, and 46 are responsive to signals transmitted by inductive coil emitters 42f and 42g, 44f and 44g, and 46f and 46g, which in turn essentially reflect such transmitted signals back to differentially paired receiver coils 42a/42b 15 and 42c/42d, 44a/44b and 44c/44d, and 46a/46b and 46c/46d, respectively, as disks 42, 44 and 46 rotate. That is, the rotation of each of geared circular disks 42, 44 and 46 causes the electrically conductive portion thereof to be sensed by the receiver coils corresponding thereto. Each pair of receiver coils outputs one cycle of SIN & COS signals for each complete revolution of the geared circular disk in question. The position logic device or processor then interpolates such signals into 20 a 4 bit count.

Note that phase differences between receiver coils other than 90 degrees (e.g., SIN and COS) are contemplated in the present invention, and that such phase differences can assume any suitable value. Note further that counts other 25 than those represented by 4 bits are also contemplated in the present invention,

and may be any suitable number of bits. In addition, it is contemplated in the present invention that inductive coils 62, 64 and 66 be mounted not only on substrate 60, but alternatively on baseplate 30, in which case all six functional gears 41, 42, 43, 44, 45 and 46 would be equipped with inductive coils.

5 The inductive coils employed in multi-turn encoder 10 described herein are different from those typically employed in single-turn encoders. For example, the multi-turn inductive coils disclosed herein comprise discrete and separate emitter and receiver sectors, while single-turn inductive coils of the prior art are generally rectangular in shape. The multi-turn inductive coils disclosed herein comprise a
10 set of receiver coils capable of "seeing" an entire revolution of a geared circular disk, while single-turn inductive coils of the prior art contain redundant coils capable of "seeing" only a portion of the revolution of a disk. While the multi-turn inductive coils disclosed herein provide only one sinusoidal signal for each
15 revolution of a disk, single-turn inductive coils of the prior art generally yield several sinusoidal signal for each revolution of a disk.

 Fig. 5 shows one embodiment of an inductive coil 66, which has emitter and receiver coils 66a through 66g configured as interleaved electrically conductive traces disposed on an underlying surface, which in turn is attached to or forms a portion of substrate 60. Fig. 6 shows a representative schematic electrical
20 diagram of one inductive coil comprising an emitter coil 66f and two pairs of receiver coils 66a,b and 66c,d, which are each operably connected to a corresponding variable gain amplifier 71 or 72, which are each configured to receive and amplify the output signals provided thereto by the emitter coils.

 Representative waveforms provided as outputs by receiver coils 90 degrees
25 out of phase with respect to one another are shown in Fig. 7 (before

demodulation) and Fig. 8 (after demodulation). A carrier frequency signal included in the output signals provided by the emitter coils may be removed by a suitable digital filtering circuit, as is known in the art. As further illustrated in Fig. 9, an analog-to-digital converter configured to convert the output signals provided by the emitter coils into a digital format may also be employed as part of the position logic device to provide a digital output signal representative of a shaft position and/or the number of revolutions the shaft has rotated.

As will now become apparent, the multi-turn inductive encoder disclosed herein has numerous advantages, including the ability to design an encoder which has inductive sensors placed on a single side of the module, and providing an encoder which permits the rotational position of a disk to be monitored and measured throughout its entire revolution without using an excessive number of coils, tracks or traces. These features, in turn, permit a multi-turn encoder to be provided which has increased flexibility respecting gear placement and design in comparison to optical encoders.

Another advantage of the multi-turn inductive encoder described and disclosed herein is the ability to place inductive coils on a single side of a gear or gear train, which may be especially advantageous when a multi-turn encoder with inductive coils assembled on a substrate with electronics on board is sold as module. Various embodiments of the multi-turn inductive encoder of the invention may also be configured to generate direct raw output signals conforming to virtually any desired format such as Gray code, binary and so on, which optical multi-turn encoders are incapable of providing. The multi-turn inductive encoders of the invention are also capable of withstanding very high operating temperatures, and are especially resistant to dust, liquid and other environmental contaminants.

The inductive multi-turn encoder of the invention may also be fabricated directly on a flexible circuit, a printed circuit board, a ceramic substrate, or any other suitable substrate material.

5 Note that included within the scope of the present invention are methods of making and having made the various components, devices and systems described herein.

10 The above-described embodiments should be considered as examples of the present invention, rather than as limiting the scope of the invention. In addition to the foregoing embodiments of the invention, review of the detailed description and accompanying drawings will show that there are other embodiments of the invention. Accordingly, many combinations, permutations, variations and modifications of the foregoing embodiments of the invention not set forth explicitly herein will nevertheless fall within the scope of the invention.

Claims

We claim:

1. A multi-turn encoder module, comprising:
 - 5 a rotatable shaft having gears disposed about a periphery thereof;
a baseplate having an aperture disposed therethrough and configured to accept at least a portion of the shaft therein, the baseplate further comprising a plurality of geared circular disks mounted therein or thereon, at least some of the geared circular disks having an electrically conductive portion formed thereon or
10 thereon;
a substrate having a plurality of inductive coils disposed thereon, each of the inductive coils being operably aligned and configured in respect of at least one corresponding opposing geared circular disk and the electrically conductive portion thereof, and
15 a position logic device configured to determine a rotational parameter of the shaft on the basis of the relative positions of the geared circular disks respecting one another as they are sensed by the inductive coils;
wherein the substrate opposes the baseplate, the shaft is operably and mechanically connected to at least one of the geared circular disks by the shaft
20 gears, rotation of the shaft causes the at least one geared circular disks to rotate and thereby cause the remaining geared circular disks to rotate according to a predetermined gear reduction ratio, and each of the inductive coils is configured to generate an output signal representative of a revolution of the geared circular disk operably aligned in respect thereof and opposed thereto, thereby to permit a
25 number of revolutions the shaft has rotated to be determined by the position logic

device.

2. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein the gear reduction ratio in respect of rotation of the shaft and rotation of the last geared circular disk
5 caused to be rotated by rotation of the shaft is one of 4,096, 2,048, 1024 and 512.
3. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein the module comprises three geared circular disks, each disk imparting 4 bits of resolution to the encoder module.
10
4. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein the electrically conductive portions of the geared circular disks comprise at least one of metal, metal foil, an electrically conductive polymer, an electrically conductive plastic, a metal alloy, and a combination of metals.
15
5. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein each of the plurality of inductive coils is integrated into the substrate.
6. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein each of the plurality of
20 inductive coils forms a separate component attached to the substrate.
7. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein each of the plurality of inductive coils comprises at least one emitter coil and at least one receiver coil.
- 25 8. The multi-turn encoder module of claim 7, wherein the at least one receiver

coil comprises at least one pair of receiver coils.

9. The multi-turn encoder module of claim 8, wherein the receiver coils are arranged 90 degrees out of phase with respect to one another.

5

10. The multi-turn encoder module of claim 1, further comprising a variable gain pre-amplifier configured to receive and amplify the output signals.

11. The multi-turn encoder module of claim 10, further comprising a digital
10 filtering circuit configured to remove a carrier frequency of the output signals.

12. The multi-turn encoder module of claim 10, further comprising an analog-to-digital converter configured to convert the output signals from an analog form to a digital representation thereof.

15

13. The multi-turn encoder module of claim 10, further comprising a digital signal processor configured to provide a digital output signal representative of a shaft position.

20 14. The multi-turn encoder module of claim 10, further comprising a digital signal processor configured to provide a digital output signal representative of the number of revolutions the shaft has rotated.

25 15. The multi-turn encoder module of claim 1, wherein the encoder module is mounted on or attached to one of a flexible circuit, a printed circuit board, and a

ceramic substrate.

16. A method of determining a number of revolutions a shaft in a multi-turn encoder has turned, comprising:

5 providing a rotatable shaft having gears disposed about a periphery thereof;

providing a baseplate having an aperture disposed therethrough and configured to accept at least a portion of the shaft therein, the baseplate further comprising a plurality of geared circular disks mounted therein or thereon, at least
10 some of the geared circular disks having an electrically conductive portion formed thereon or thereon, the shaft being operably and mechanically connected to at least one of the geared circular disks by the gears thereof;

providing a substrate having a plurality of inductive coils disposed thereon, each of the inductive coils being operably aligned and configured in respect of a
15 corresponding opposing geared circular disk and the electrically conductive portion thereof, the substrate opposing the baseplate;

providing position logic configured to determine a rotational parameter of the shaft on the basis of the relative positions of the geared circular disks respecting one another as they are sensed by the inductive coils;

20 rotating the shaft and thereby causing the geared circular disks to rotate according to a predetermined gear reduction ratio, and

for each inductive coil, generating an output signal representative of a revolution of the geared circular disk corresponding thereto, operably aligned in respect thereof and opposed thereto, thereby to permit a number of revolutions the
25 shaft has rotated to be determined by the position logic device.

17. The method of claim 16, wherein the gear reduction ratio in respect of rotation of the shaft and rotation of the last geared circular disk caused to be rotated by rotation of the shaft is one of 4,096, 2,048, 1024 and 512.

5

18. The method of claim 16, wherein the electrically conductive portions of the geared circular disks comprise at least one of metal, metal foil, an electrically conductive polymer, an electrically conductive plastic, a metal alloy, and a combination of metals.

10

19. The method of claim 16, further comprising integrating each of the plurality of inductive coils into the substrate.

20. The method of claim 16, further comprising forming a separate component for each of the plurality of inductive coils and attaching same to the substrate.

15

21. The method of claim 16, further comprising providing each of the plurality of inductive coils as at least one emitter coil and at least one receiver coil.

22. The method of claim 21, wherein the at least one receiver coil comprises at least one pair of receiver coils.

20

23. The multi-turn encoder module of claim 22, wherein the receiver coils are arranged 90 degrees out of phase with respect to one another.

25

24. The method of claim 16, further comprising providing a variable gain pre-amplifier configured to receive and amplify the output signals.

5 25. The method of claim 16, further comprising providing a digital filtering circuit configured to remove a carrier frequency of the output signals.

26. The method of claim 16, further comprising providing an analog-to-digital converter configured to convert the output signals from an analog form to a digital representation thereof.

10

27. The method of claim 16, further comprising providing a digital signal processor configured to provide a digital output signal representative of a shaft position.

15 28. The method of claim 16, further comprising providing a digital signal processor configured to provide a digital output signal representative of the number of revolutions the shaft has rotated.

1. Abstract

According to one embodiment, there is provided an inductive multi-turn encoder which employs inductive means to determine the number of revolutions a
5 central shaft operably connected to the module has turned. The inductive coils comprise emitter coils and receiver coils, which are operably associated with and opposed to corresponding geared circular disks, which in turn are arranged to implement a predetermined gear reduction ratio. The inductive multi-turn encoder is capable of operating under high temperature conditions and withstanding the
10 effects of various environmental contaminants. The inductive multi-turn encoder disclosed herein is also amenable to miniaturization and low cost manufacturing.

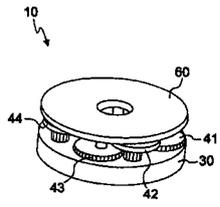


FIG. 1(a)

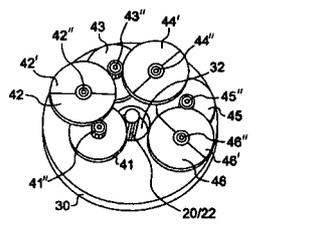


FIG. 1(b)

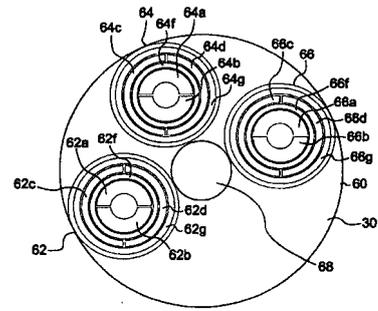


FIG. 3

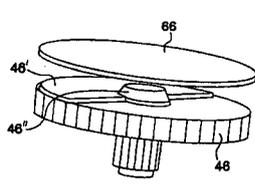


FIG. 2(a)

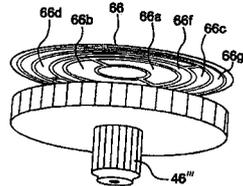


FIG. 2(b)

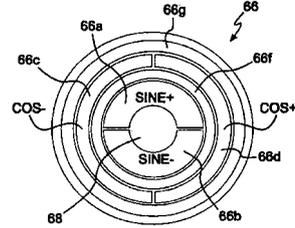


FIG. 4

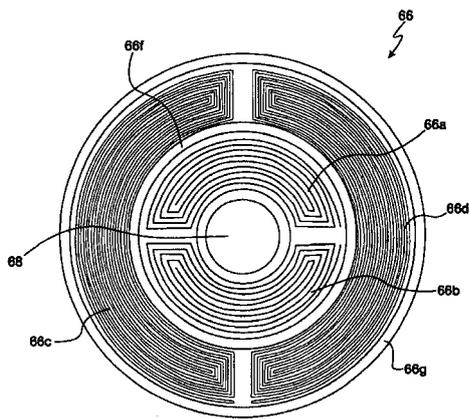
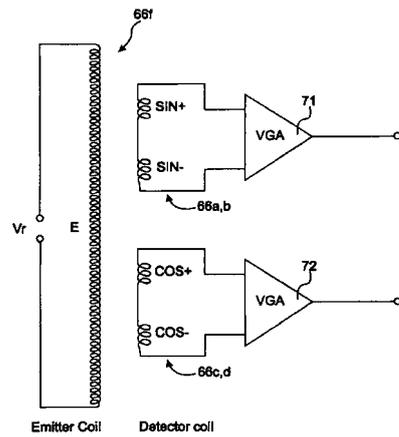


FIG. 5



VGA = Variable Gain Amplifier

FIG. 6

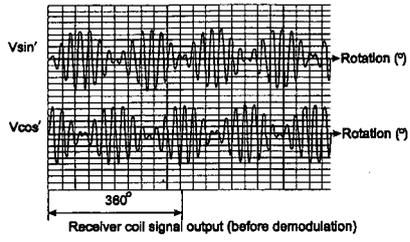


FIG. 7

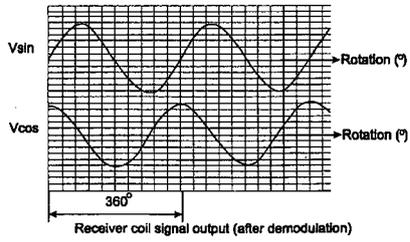


FIG. 8

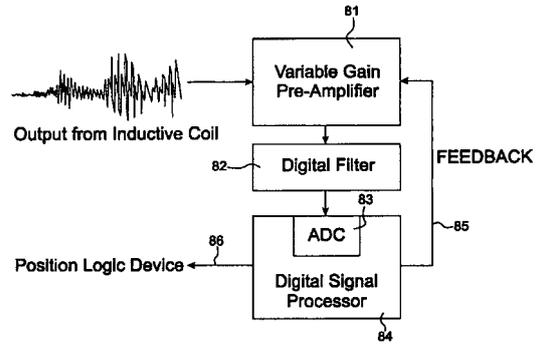


FIG. 9