

(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2010-14704
(P2010-14704A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
GO 1 D 5/36 (2006.01) GO 1 D 5/36 U 2 F 1 O 3
 GO 1 D 5/36 T

審査請求 有 請求項の数 21 O L 外国語出願 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2009-110952 (P2009-110952)	(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) プライベート・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
(22) 出願日	平成21年4月30日 (2009. 4. 30)	(74) 代理人	100099623 弁理士 奥山 尚一
(31) 優先権主張番号	12/112, 962	(74) 代理人	100096769 弁理士 有原 幸一
(32) 優先日	平成20年4月30日 (2008. 4. 30)	(74) 代理人	100107319 弁理士 松島 鉄男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100114591 弁理士 河村 英文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コード・ホイールの位置合わせ不良補正機能及び自動ゲイン制御機能付きの光学エンコーダ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】コード・ホイールの位置合わせ不良を補正する装置及び方法が提供される。

【解決手段】この装置及び方法は、少なくとも第1及び第2の運動検出用フォトディテクタ41a, 43aの上方及び下方に配置された上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a, 90bを使用する。別の実施形態によれば、光学エンコーダ内の出力回路の利得を自動的に設定する装置及び方法が提供される。光学エンコーダのさらに別の実施形態では、コード・ホイール位置合わせ不良用機能と自動利得制御機能が組み合わされる。

【選択図】 図1

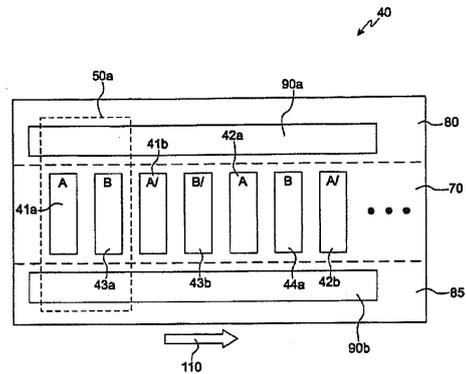


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体と、
複数の開口が配置され、ほぼ平面内で第 1 の方向に回転するように構成されたコード・ホイールと、

第 1 の垂直部分上に前記第 1 の方向に沿って配置された少なくとも第 1 及び第 2 のフォトディテクタと、それぞれ前記第 1 及び第 2 のフォトディテクタの上部及び下部に配置された第 2 及び第 3 の垂直部分上に位置決めされた少なくとも上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタとを備える光検出器と、

コード・ホイール位置合わせ不良用回路と

を具備し、

前記光検出器は前記発光体と向き合っており、前記コード・ホイールは前記発光体と前記光検出器との間で回転するように配置及び構成されて、ホイールが回転するときコリメートされた光ビームが第 1、第 2 及び第 3 の垂直部分上の開口を通過する略平面内に向けられ、前記第 1 および第 2 のフォトディテクタは、コリメートされたビームの第 1 の部分が入射するのに呼応して、第 1 及び第 2 の出力信号を発生するように構成され、また前記上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタは、コリメートされたビームの第 2 及び第 3 の部分が入射するのに呼応して、コード・ホイール位置合わせ不良用回路に送られる第 3 及び第 4 の出力信号を発生するように構成され、前記回路は前記第 3 及び第 4 の出力信号の振幅間の差を検出するように構成されて、前記差が所定のしきい値を超える場合は、コード・ホイールが位置合わせ不良であることを示すエラー信号を発生する、光学エンコーダ。

【請求項 2】

前記上部コード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタが、前記上部コード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタの第 2 の光電流発生領域にほぼ等しい第 1 の光電流発生領域を有する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 3】

前記コード・ホイール位置合わせ不良用回路が、前記第 3 の出力信号及び前記第 4 の出力信号を受信するように構成されたトランスインピーダンス回路を備える、ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 4】

前記コード・ホイール位置合わせ不良用回路が、前記第 3 の出力信号を前記第 4 の出力信号と比較するように構成されたコンパレータを備える、ことを特徴とする請求項 1 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 5】

前記コンパレータが自身に関連したヒステリシス値を有する、ことを特徴とする請求項 4 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 6】

前記ヒステリシス値が前記回路が発生したエラー信号よりも小さい、ことを特徴とする請求項 5 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 7】

光学エンコーダ内のコード・ホイールの位置合わせ不良を示すエラー信号を発生させる方法であって、

コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体を提供するステップと、
複数の開口が配置され、略平面内で第 1 の方向に回転するように構成されたコード・ホイールを提供するステップと、

第 1 の垂直部分上に前記第 1 の方向に沿って配置された少なくとも第 1 及び第 2 のフォトディテクタと、それぞれ第 1 及び第 2 のフォトディテクタの上部及び下部に配置された第 2 及び第 3 の垂直部分上に位置決めされた少なくとも上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタとを備える光検出器を提供するステップと、

10

20

30

40

50

コード・ホイール位置合わせ不良用回路を提供するステップと、

前記コリメートされた光ビームが前記第 1、第 2 及び第 3 の垂直部分上の開口を通過する略平面内に向けられるように、前記コード・ホイールを前記発光体と前記光検出器との間で回転させるステップと、

前記コリメートされたビームの第 1 の部分が入射するのに呼応して、前記第 1 及び第 2 のフォトディテクタを用いてそれぞれ第 1 及び第 2 の出力信号を発生するステップと、

前記コリメートされたビームの第 2 及び第 3 の部分が入射するのに呼応して、前記上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタを用いてそれぞれ第 3 及び第 4 の出力信号を発生するステップと、

所定のしきい値を超えてコード・ホイールが位置合わせ不良であることを示す前記第 3 及び第 4 の出力信号の振幅間の差を検出するステップと、
を含む方法。

【請求項 8】

前記所定のしきい値が超えられる場合にエラー信号を発生するステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記上部コード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタの第 2 の光電流発生領域にほぼ等しい第 1 の光電流発生領域を有する前記上部コード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタを設けるステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 3 の出力信号及び前記第 4 の出力信号を受信するように構成されたトランスインピーダンス回路を設けるステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 3 の出力信号を前記第 4 の出力信号と比較するように構成されたコンパレータを設けるステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体と、

複数の開口が配置され、略平面内で第 1 の方向に回転するように構成されたコード・ホイールと、

第 1 の垂直部分上に前記第 1 の方向に沿って配置された少なくとも第 1 及び第 2 のフォトディテクタと、前記第 1 の垂直部分から縦方向にオフセットされている第 2 の垂直部分上に配置された少なくとも第 1 の自動利得制御用フォトディテクタとを備える光検出器と、

コンパレータ及びデコーダを備える自動利得制御回路と
を具備し、

前記光検出器は前記発光体と向き合っており、前記コード・ホイールは前記発光素子と前記光検出器との間で回転するように配置及び構成されて、前記ホイールが回転するときコリメートされた光ビームが前記第 1 及び第 2 の垂直部分上の開口を通過する略平面内に向けられ、前記第 1 および第 2 のフォトディテクタは、コリメートされたビームの第 1 の部分が入射するのに呼応して、第 1 及び第 2 の出力信号を発生するように構成され、また前記第 1 の自動利得制御用フォトディテクタは、コリメートされたビームの第 2 の部分が入射するのに呼応して、前記回路に送られる第 3 の出力信号を発生するように構成され、前記回路は前記第 3 の出力信号を受信し前記信号をコンパレータを使用して基準電圧と比較するように構成され、前記コンパレータの出力に基づいて前記自動利得回路の利得を設定するデコーダに前記コンパレータの出力が送られる、光学エンコーダ。

【請求項 13】

前記第 1 及び第 2 の垂直部分から縦方向にオフセットされている光検出器の第 3 の垂直部分上に配置され、コリメートされたビームの第 3 の部分が入射するのに呼応して、前記

10

20

30

40

50

回路に送られる第 4 の出力信号を発生するように構成された第 2 の自動利得制御用フォトディテクタをさらに備えて、前記回路は前記第 3 及び第 4 の出力信号を受信し前記信号を前記コンパレータを使用して前記基準電圧と比較するように構成され、前記コンパレータの出力に基づいて前記自動利得回路の利得を設定するデコーダに前記コンパレータの出力が送られる、ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 1 4】

前記第 1、第 2 及び第 3 の垂直部分から縦方向にオフセットされている光検出器の第 4 の垂直部分上に配置され、コリメートされたビームの第 4 の部分が入射するのに対応して、前記回路に送られる第 5 の出力信号を発生するように構成された第 3 の自動利得制御用フォトディテクタをさらに備えて、前記回路は前記第 3、第 4 及び第 5 の出力信号を受信し前記信号を前記コンパレータを使用して前記基準電圧と比較するように構成され、前記コンパレータの出力に基づいて前記自動利得回路の利得を設定するデコーダに前記コンパレータの出力が送られる、ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光学エンコーダ。

10

【請求項 1 5】

前記回路が、前記第 1 の自動利得制御用フォトディテクタと前記コンパレータとの間に動作可能に配置されたトランスインピーダンス増幅器をさらに備える、ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光学エンコーダ。

【請求項 1 6】

前記回路が、前記第 1 の自動利得制御用フォトディテクタと前記コンパレータとの間に動作可能に配置されたローパスフィルタをさらに備える、ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の光学エンコーダ。

20

【請求項 1 7】

光学エンコーダ内で自動利得制御を行う方法であって、
コリメートされた光ビームを発生するように構成された発光体を提供するステップと、
複数の開口が配置され、略平面内で第 1 の方向に回転するように構成されたコード・ホイールを提供するステップと、

第 1 の垂直部分上に前記第 1 の方向に沿って配置された少なくとも第 1 及び第 2 のフォトディテクタと、前記第 1 の垂直部分から縦方向にオフセットされている第 2 の垂直部分上に配置された少なくとも第 1 の自動利得制御用フォトディテクタとを備える光検出器を提供するステップと、

30

コンパレータ及びデコーダを備える自動利得制御回路を提供するステップと、

コリメートされた光ビームが第 1 及び第 2 の垂直部分上の開口を通過する略平面内に向けられるように、前記コード・ホイールを前記発光素子と前記光検出器との間で回転させるステップと、

コリメートされたビームの第 1 の部分が入射するのに対応して、前記第 1 及び第 2 のフォトディテクタを用いて第 1 及び第 2 の出力信号を発生するステップと、

コリメートされたビームの第 2 の部分が入射するのに対応して、前記第 1 の自動利得制御用フォトディテクタを用いて第 3 の出力信号を発生し、前記第 3 の出力信号を前記回路に送るステップと、

前記コンパレータで前記第 3 の出力信号と基準電圧とを比較し、そのような比較に基づいて前記コンパレータから出力を発生するステップと、

40

前記コンパレータの出力を前記デコーダに与えて、前記コンパレータの出力に基づいて前記自動利得回路の利得を設定するステップと、

を含む方法。

【請求項 1 8】

前記第 1 及び第 2 の垂直部分から縦方向にオフセットされている光検出器の第 3 の垂直部分上に配置され、コリメートされたビームの第 3 の部分が入射するのに対応して、第 4 の出力信号を発生するように構成された第 2 の自動利得制御用フォトディテクタを提供するステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 1 7 に記載の方法。

【請求項 1 9】

50

前記第 4 の出力を前記回路に提供して、前記第 4 の出力を前記コンパレータを用いて前記基準電圧と比較するステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 18 に記載の方法。

【請求項 20】

前記第 1、第 2 及び第 3 の垂直部分から縦方向にオフセットされている光検出器の第 4 の垂直部分上に配置され、コリメートされたビームの第 4 の部分が入射するのに呼応して、第 5 の出力信号を発生するように構成された第 3 の自動利得制御用フォトディテクタを提供するステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

【請求項 21】

前記第 5 の出力を前記回路に提供して、前記第 5 の出力を前記コンパレータを用いて前記基準電圧と比較するステップをさらに含む、ことを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

本願は、Tohらの「振幅補正機能付きの光学エンコーダ」という名称で2008年4月30日に出願された米国特許出願第_____号を参照することによって、その全体を組み込むものとする。

【0002】

本願で説明される本発明の種々の実施形態は、光学エンコーダ、並びにそれに関連した構成要素、装置、システム及び方法に関する。

20

【背景技術】

【0003】

たいていの運動検出又は位置用の従来技術の光学エンコーダは、一般的にそれぞれ A、A /、B 及び B / と名付けられた 4 つのフォトダイオード・チャンネルを備えている。そのような光学エンコーダは、これらのチャンネルを用いて光電流を発生することによって動作し、また通常はエンコーダの中で、互いに関して 90 度位相がずれるように空間的に配列されている。エンコーダとフォトダイオードのコード・ホイールを互いに関して適切にかつ正確に整列させることは絶対に必要である。そうしないと、そのようなチャンネルによって発生された光電流の中に結果として誤差やエラーが生じて、不正確な位置又は運動情報がエンコーダによって発生されることになる。現在では、エンコーダの集積回路（すなわち、「IC」）内に組み込まれたフォトダイオードを用いてコード・ホイールの位置合わせ不良を検出する方法又は装置は存在しない。

30

【0004】

さらに、たいていの従来技術の運動検出又は位置検出用の光学エンコーダは、周知のバイポーラ工程を用いて設計及び製造される。これにより、たいていの BJT 装置に固有の対数 - 逆対数アーキテクチャを用いて、一定の光電流を得ることができる。しかしながら、CMOS 工程の出現により、エンコーダの設計は、より良い拡張性、より低い価格及びより少ない電力を求めて、MOS 形装置に適合されている。しかしながら、CMOS 工程は、バイポーラ装置に採用されることが多い対数 - 逆対数アーキテクチャには一般に適していない。その結果、より直接的な従来 of トランスインピーダンス (transimpedance) 増幅回路を CMOS 工程の中で採用する必要がある。しかし、光電流を妥当な電圧出力レベルまで増幅するには、正しい値の抵抗を使用する必要があり、これは従来 of トランスインピーダンス増幅回路を使用する CMOS 形装置で実行するには難しい提案である。

40

【0005】

必要とされることは、例えば、エンコーダ IC の中に組み込まれたフォトダイオードを使用するコード・ホイールの位置合わせ不良を検出するための装置及び方法である。また、必要とされることは、トランスインピーダンス増幅器の利得を自動的に設定する装置及び方法であり、これは入力された光パワーと発生された光電流に依存する。

50

【発明の概要】

【0006】

幾つかの実施形態では、光学エンコーダが提供される。この光学エンコーダは、コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体、複数の開口が配置されかつほぼ平面内で第1の方向に回転するように構成されたコード・ホイール、第1の垂直部分上に第1の方向に沿って配置された少なくとも第1及び第2のフォトディテクタとそれぞれ第1及び第2のフォトディテクタの上部及び下部に配置された第2及び第3の垂直部分上に位置決めされた少なくとも上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタとから構成する光検出器、及びコード・ホイール位置合わせ不良用回路を具備し、ここで、光検出器は発光体と向き合っており、コード・ホイールは発光体と光検出器との間で回転するように配置及び構成されて、ホイールが回転するときコリメートされた光ビームが第1、第2及び第3の垂直部分上の開口を通過するほぼ平面内に向けられ、第1および第2のフォトディテクタは、コリメートされたビームの第1の部分が入射するのに呼応して、第1及び第2の出力信号を発生するように構成され、また上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタは、コリメートされたビームの第2及び第3の部分が入射するのに呼応して、コード・ホイール位置合わせ不良用回路に送られる第3及び第4の出力信号を発生するように構成され、この回路が第3及び第4の出力信号の振幅間の差を検出するように構成されて、この差が所定のしきい値を超える場合は、コード・ホイールが位置合わせ不良であることを示すエラー信号を発生する。

10

【0007】

別の実施形態では、光学エンコーダ内のコード・ホイールの位置合わせ不良を示すエラー信号を発生させる方法が提供される。この方法には、コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体を提供するステップ、複数の開口が配置されかつほぼ平面内で第1の方向に回転するように構成されたコード・ホイールを提供するステップ、第1の垂直部分上に第1の方向に沿って配置された少なくとも第1及び第2のフォトディテクタとそれぞれ第1及び第2のフォトディテクタの上部及び下部に配置された第2及び第3の垂直部分上に位置決めされた少なくとも上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタとから構成する光検出器を提供するステップ、及びコード・ホイール位置合わせ不良用回路を提供するステップ、コリメートされた光ビームが第1、第2及び第3の垂直部分上の開口を通過するほぼ平面内に向けられるように、コード・ホイールを発光体と光検出器との間で回転させるステップ、コリメートされたビームの第1の部分が入射するのに呼応して、第1及び第2のフォトディテクタを用いてそれぞれ第1及び第2の出力信号を発生するステップ、コリメートされたビームの第2及び第3の部分が入射するのに呼応して、上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタを用いてそれぞれ第3及び第4の出力信号を発生するステップ、及び所定のしきい値を超えてコード・ホイールが位置合わせ不良であることを示す第3及び第4の出力信号の振幅間の差を検出するステップ、が含まれる。

20

30

【0008】

さらに別の実施形態では、光学エンコーダが提供される。この光学エンコーダは、コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体、複数の開口が配置されかつほぼ平面内で第1の方向に回転するように構成されたコード・ホイール、第1の垂直部分上に第1の方向に沿って配置された少なくとも第1及び第2のフォトディテクタと第1の垂直部分から縦方向にオフセットされている第2の垂直部分上に配置された少なくとも第1の自動利得制御用フォトディテクタとから構成する光検出器、及びコンパレータ及びデコーダから構成する自動利得制御回路を具備し、ここで、光検出器は発光体と向き合っており、コード・ホイールは発光素子と光検出器との間で回転するように配置及び構成されて、ホイールが回転するときコリメートされた光ビームが第1及び第2の垂直部分上の開口を通過するほぼ平面内に向けられ、第1および第2のフォトディテクタは、コリメートされたビームの第1の部分が入射するのに呼応して、第1及び第2の出力信号を発生するように構成され、また第1の自動利得制御用フォトディテクタは、コリメートされたビームの

40

50

第 2 の部分が入射するのに呼応して、回路に送られる第 3 の出力信号を発生するように構成され、この回路が第 3 の出力信号を受信しこの信号をコンパレータを使用して基準電圧と比較するように構成され、このコンパレータの出力に基づいて自動利得回路の利得を設定するデコーダにコンパレータの出力が送られる。

【 0 0 0 9 】

さらに別の実施形態では、光学エンコーダ内で自動利得制御を行う方法が提供される。この方法には、コリメートされた光ビームを発生するように構成された発光体を提供するステップ、複数の開口が配置されかつほぼ平面内で第 1 の方向に回転するように構成されたコード・ホイールを提供するステップ、第 1 の垂直部分上に第 1 の方向に沿って配置された少なくとも第 1 及び第 2 のフォトディテクタと第 1 の垂直部分から縦方向にオフセットされている第 2 の垂直部分上に配置された少なくとも第 1 の自動利得制御用フォトディテクタとから構成する光検出器を提供するステップ、及びコンパレータ及びデコーダから構成する自動利得制御回路を提供するステップ、コリメートされた光ビームが第 1 及び第 2 の垂直部分上の開口を通過するほぼ平面内に向けられるように、コード・ホイールを発光素子と光検出器との間で回転させるステップ、コリメートされたビームの第 1 の部分が入射するのに呼応して、第 1 および第 2 のフォトディテクタを用いて第 1 及び第 2 の出力信号を発生するステップ、コリメートされたビームの第 2 の部分が入射するのに呼応して、第 1 の自動利得制御用フォトディテクタを用いて第 3 の出力信号を発生してその信号を回路に送るステップ、コンパレータで第 3 の出力信号と基準電圧とを比較して、そのような比較に基づいてコンパレータから出力を発生するステップ、及びコンパレータの出力をデコーダに与えて、コンパレータの出力に基づいて自動利得回路の利得を設定するステップ、が含まれる。

10

20

【 0 0 1 0 】

さらに別の実施形態は本願で開示されるか、又は明細書及び図面を読んで理解すれば、当業者には明らかになるであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

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。

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】コード・ホイール位置合わせ不良検出機能を有する本発明の光検出器 4 0 の 1 つの実施形態を示す図である。

30

【 図 2 】図 1 の光検出器 4 0 に対応する本発明の回路 1 2 0 の 1 つの実施形態を示す図である。

【 図 3 】 1 つの自動利得制御用フォトディテクタ 9 0 a を有する本発明の光検出器 4 0 の 1 つの実施形態を示す図である。

【 図 4 】 2 個の自動利得制御用フォトディテクタ 9 0 a 及び 9 0 b を有する本発明の光検出器 4 0 の 1 つの実施形態を示す図である。

【 図 5 】 3 個の自動利得制御用フォトディテクタ 9 0 a 、 9 0 b 及び 9 0 c を有する本発明の光検出器 4 0 の 1 つの実施形態を示す図である。

40

【 図 6 】本発明の回路 1 3 0 の 1 つの実施形態によるブロック図である。

【 0 0 1 3 】

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指している。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 4 】

種々の実施形態によれば、コード・ホイールの位置合わせ不良を補正する装置及び方法が提供される。この装置及び方法は、少なくとも第 1 及び第 2 の運動検出用フォトディテクタの上方及び下方に配置された上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタを使用する。別の実施形態によれば、光学エンコーダ内の出力回路の利得を

50

自動的に設定する装置及び方法が提供される。さらに別の実施形態では、本発明のコード・ホイール位置合わせ不良用機能と自動利得制御機能が光学エンコーダで組み合わされる。

【0015】

図1に示されている1つの実施形態によれば、光学エンコーダが提供される。この光学エンコーダは、コリメートされた光ビームを発するように構成された発光体（図1では図示せず）、複数の開口が配置されかつほぼ平面（これも図1では図示せず）内で第1の方向110に回転するように構成されたコード・ホイール、及び第1の垂直部分70上に第1の方向110に沿って配置された少なくとも第1及び第2のフォトディテクタ41a（A）及び43a（B）を含む光検出器40を具備する。少なくとも上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a及び90bが、それぞれ第1及び第2の運動検出用フォトディテクタ41a及び43aの上方及び下方に配置された第2及び第3の垂直部分80及び85上に配置される。光検出器40は発光体と向き合っており、またコード・ホイールは発光体と光検出器との間で回転するように配置及び構成されて、コリメートされた光ビームが、それぞれ第1、第2及び第3の垂直部分70、80及び85上の開口を通るほぼ平面内に向けられる。コード・ホイールが回転すると、第1及び第2のフォトディテクタ41a及び43aは、コリメートされたビームの第1の部分50aがそこに入射するのに呼応して、第1及び第2の出力信号を発生するように構成される。上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a及び90bは、コリメートされたビームの第2及び第3の部分がそこに入射するのに呼応して、第3及び第4の出力信号を発生するように構成される。これらの出力信号は、コード・ホイール位置合わせ不良用回路（図1には図示せず）に与えられる。この回路は第3及び第4の出力信号の振幅間の差を検出して、この差が所定のしきい値を超えると、コード・ホイールの位置合わせ不良を示すエラー信号を発生するように構成される。

10

20

【0016】

引き続き図1を参照して、フォトディテクタ41b（A/）、43b（B/）、42a（A）、44a（B）及び42b（A/）などの別の運動検出用フォトディテクタも、光学エンコーダ10のフォトディテクタ40に含まれることに注意されたい。

【0017】

本発明の好ましい実施形態では、上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a及び90bの表面積は、等しいかほぼ等しい。上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a及び90bに対応する表面積が等しいかほぼ等しい場合、そのようなフォトダイオードによって与えられる光電流も等しくなる。従来のCMOS工程に基づいて作られた装置では、電圧比較をより容易に実行することができるため、これらの電流値は次に、トランスインピーダンス増幅器を用いて電圧信号に変換されることが好ましい。これら2つのコード・ホイール位置合わせ不良用チャネルからの出力電圧は次に、設定マージンを有するヒステリシス値を備えたコンパレータを用いて比較される。コード・ホイール位置合わせ不良用チャネルによって送られた2つの信号間の差がマージンを超えると、エラー信号が発生されて、コード・ホイールとフォトダイオード・チャネルが垂直方向すなわちy軸に関して位置合わせ不良であることが示される。コード・ホイールの位置合わせ不良を検出するために、3つ以上のフォトディテクタ90a及び90bを使用できることに注意されたい。

30

40

【0018】

図2は、上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a及び90bが発生した出力信号を受信及び処理するように適合された回路120の1つの実施形態によるブロック図を示す。図示されているように、この回路120は、上部及び下部のコード・ホイール位置合わせ不良用フォトディテクタ90a及び90b、フォトダイオード90a及び90bと動作可能に接続されたトランスインピーダンス増幅器122a及び122b、及びコンパレータ124を具備する。このコンパレータ124は、増幅器122a及び122bによって与えられた信号間の差が所定のしきい値を超えると、コー

50

ド・ホイールが位置合わせ不良であることを示すエラー信号を出力するように構成されている。増幅器のオフセット、装置の欠陥、塵埃又はインクミスト (ink mist) などの影響から生ずるフォトダイオード 90 a 及び 90 b がもたらした出力信号の振幅の小さい差を補償するために、コンパレータ 124 のヒステリシスがコンパレータ 124 の中に設計されるか、又は動作中に調整又は設定される。このヒステリシスの値は、小さくすなわち数十ミリボルトから約 100 mV の範囲にする必要がある。増幅器 122 a 及び 122 b が生じた振幅の差がそのような値を越える場合、エラー信号を発生する必要がある。

【0019】

図3～図6に例示されているような別の実施形態では、平均光入力が増幅される光学エンコーダ内の自動利得制御 (AGC) を実行するための装置及び方法が提供される。そのような装置及び方法の3つの異なる実施形態が、本願で説明される。ここでは、少なくとも1つの追加の又は付加的な自動利得制御用フォトダイオードが光検出器40の中で採用されて平均光入力を検出し、これによりコード・ホイール内の1つ以上の開口を通る測定された光電流の平均が出力される。

10

【0020】

図3は、1つの自動利得制御用フォトダイオード90 bを備えた第1のそのような装置を示している。ここで、自動利得制御用フォトダイオード90 bは下方に配置され、また運動検出用フォトダイオード41 a (A)、43 a (B)、41 b (A /)、43 b (B /)、42 a (A)、44 a (B) 及び42 b (A /) から垂直にオフセットされる。図4はそのような第2の装置を示しており、この場合、自動利得制御用フォトダイオード90 a 及び90 bは下方に配置され、また運動検出用フォトダイオード41 a (A)、43 a (B)、41 b (A /)、43 b (B /)、42 a (A)、44 a (B) 及び42 b (A /) から垂直にオフセットされる。図5は、そのような第3の装置を例示している。ここで、自動利得制御用フォトダイオード90 a 及び90 bは下方に配置され、第1の行の運動検出用フォトダイオード41 a' (A)、43 a' (B)、41 b' (A /)、43 b' (B /)、42 a' (A)、44 a' (B) 及び42 b' (A /)、及び第2の行の運動検出用フォトダイオード41 a (A)、43 a (B)、41 b (A /)、43 b (B /)、42 a (A)、44 a (B) 及び42 b (A /) から垂直にオフセットされ、また自動利得制御用フォトダイオード90 cがこうした第1及び第2の行の運動検出用フォトダイオードの間に配置される。当業者は、自動利得制御用フォトダイオード及び運動制御用フォトダイオードに関する他の多くの順列、組合せ及び構成も採用することができるが、それらは本発明の範囲の中に入ることは理解されよう。使用する自動利得制御用フォトダイオードの数が多ければそれだけ、光検出器40の感度が増加すると共に、光源の変動又はフォトダイオードの汚染による感度の低下があるだろう。

20

30

【0021】

図6は、前述した自動利得制御用フォトダイオードを使用する光学エンコーダ内の自動利得制御回路130のブロック図の1つの実施形態を示す。この回路130は、自動利得制御用フォトダイオード90、トランスインピーダンス増幅器132 a、134 a、及び142 a、ローパスフィルタ144、コンパレータ146、デコーダ148及びトランスインピーダンス増幅器132 a、134 a、及び142 aのそれぞれに関連した可変抵抗を具備している。さらに図3から図5を参照すると、光検出器40内の自動利得制御用フォトダイオード90 a、90 b及び90 cの空間位置は、フォトダイオードの光ビームの部分50 aにさらされた表面積が固定されているため、時間が経過してもほとんど変動しない平均光電流出力を生ずることが分かる。自動利得制御用フォトダイオード90 a、90 b及び90 cが発生した比較的一定の光電流は、コンパレータ146に入力され、望ましい基準電圧 V_{ref} と比較される。こうした比較の結果はデコーダ148に送られ、次にこのデコーダ148は適用する利得のレベルを決定する。このようなフィードバック・システムでは、回路130の利得は出力信号 V_{out} が望ましい基準電圧 V_{ref} にほぼ等しくなるように調整される。

40

【0022】

50

図6を参照することを続ける。トランスインピーダンス増幅器142aは、自動利得制御用フォトダイオード90a、90b及び90cから送られた光電流を電圧信号 V_{out} に変換し、この電圧信号はローパスフィルタ144に送られて、好ましくないAC成分が除去される。残りのフィルタ処理された信号(V_{out_lpf})は、自動利得制御用フォトダイオード90a、90b及び/又は90cが測定し、フィードバック抵抗によって設定された係数で乗算された光電流の平均DC値を示す。この V_{out_lpf} は、特定のアプリケーション及び身近な製造工程に基づいて設定される望ましい基準電圧 V_{ref} と比較される。コンパレータ146の出力はデコーダ148に送られ、このデコーダ148は、 V_{out_lpf} をできるだけ V_{ref} に接近するように調整する場合に使用する利得を決定する。同じ利得がそれぞれのチャンネルA、B、A/及びB/に適用されるため、これらのチャンネルによって与えられる出力電圧は V_{ref} の電圧と一致する。

10

【0023】

本発明を光学的に利用するために、一方ではチャンネルA、B、A/及びB/により送られた光電流と他方では自動利得制御用フォトダイオード90a、90b及び/又は90cとの間には周知で確立された関係が存在する。前述したように、自動利得制御用フォトダイオード90a、90b及び/又は90cは、全ての運動検出用フォトダイオードのチャンネルに本質的に対応する平均電流を測定する。これらのチャンネルは、光ビームの部分50aがその上をスキャンするとき変動する光量を受け取る。例えば、チャンネルAからの光電流が自動利得制御用フォトダイオード90aにより送られた光電流の5倍になるように設計される場合、チャンネルAのフィードバック利得は、自動利得制御用フォトダイオード90aに適用された利得の1/5になる。全ての運動検出用チャンネルが光ビームの部分50aにさらされる同じ表面積と同じ感応性を有すると仮定すると、そのような方法により、全ての運動検出用フォトダイオード・チャンネルの電圧変動が、単に1つの付加的な自動利得制御用フォトダイオード90aを用いる望ましい基準電圧にとどまることが確実にされる。

20

【0024】

1つの実施形態によれば、自動利得制御に関する補正及びフィードバックを行うためには、1つの自動利得制御用フォトダイオード90a、90b又は90cしか必要とされないことに注意されたい。さらに、本発明の光学エンコーダ10では、一对の運動検出用フォトダイオード41a及び41bしか必要としないことに注意されたい。しかしながら、光検出器40の中で追加された基準電圧及び運動検出用フォトディテクタすなわちフォトダイオードを使用することにより、本発明の光学エンコーダ10の精度や有効性が向上される。

30

【0025】

本願で開示された本発明の種々の実施形態により、これに限定されることはないが、コード・ホイールの位置合わせ不良を検出する能力が向上された、また光学エンコーダにより与えられた出力信号の自動利得制御の機能が改良された光学エンコーダを提供することを含む幾つかの利点が提供されることは、当業者には明らかになるであろう。また、本発明の種々の実施形態が、コード・ホイールの位置合わせ不良を検出する場合、及び光学エンコーダ又はICに組み込まれた光学エンコーダから精度が向上した位置情報を提供する場合に有効であることは、当業者は理解されよう。

40

【0026】

さらに、本発明の種々の実施形態は、標準的なCMOS製造工程で使用することに適用及び適合でき、簡単で容易に実行することができ、コード・ホイールが運動検出用フォトダイオードに関して位置合わせ不良であるかどうかを決定し、フォトダイオードの入力電流から結果として生じた出力電圧の変動を調整し、発光体/検出器の距離が変化しても変動しない位置感知方法を提供し、出力電圧の劣化及び部分的な変動に対してかなり無感な位置感知方法を提供し、部品間及びフォトダイオードの電流間の変動を最小にする位置感知方法を提供し、高範囲にわたって信号レベルを調整することができ、運動検出器用フォトダイオードの信号の変動に対して本質的に無関係であり、また塵埃やインクミストな

50

どの汚染が存在することから生じる問題を解決する。

【0027】

本願で使用された「垂直」（又は「縦方向」）及び「水平」という用語は、互いにまたコード・ホイールにまた発光体に対して空間的に関係するときにその上に配置された光検出器40及び種々のフォトダイオードの相対的な向きを表すつもりであることに注意されたい。さらに、この技術分野で周知の様々な種類のフォトディテクタを、フォトダイオードに加えて本発明で使用できることに注意されたい。

【0028】

さらに、本願で説明された種々の構成要素、装置及びシステムを作る方法は、本発明の範囲の中に含まれることに注意されたい。

【0029】

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見直すと、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。従って、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であろう。

【図1】

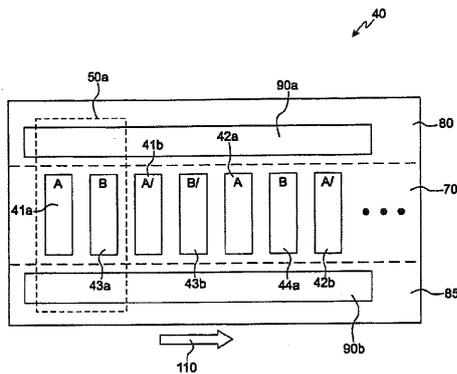


FIG. 1

【図2】

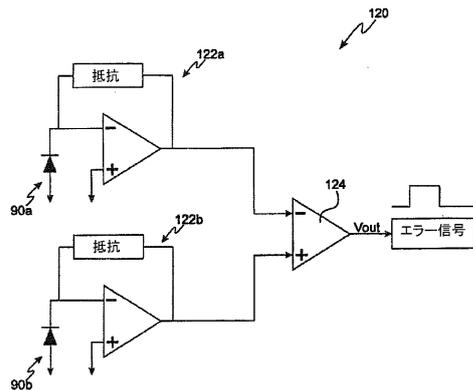


FIG. 2

【図3】

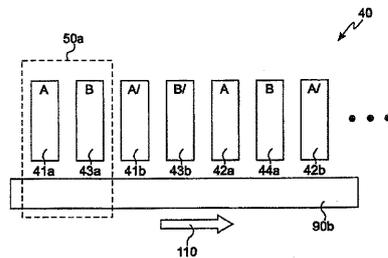


FIG. 3

【 図 4 】

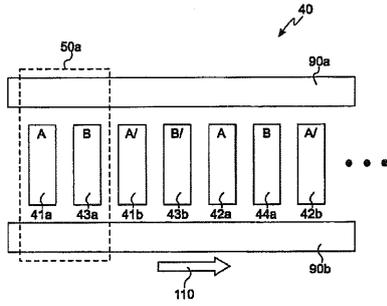


FIG. 4

【 図 5 】

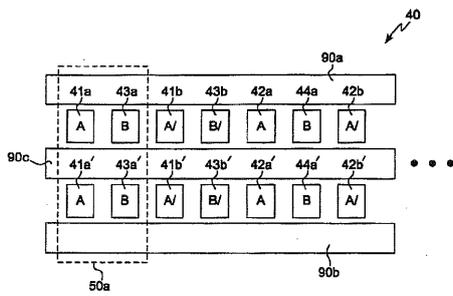


FIG. 5

【 図 6 】

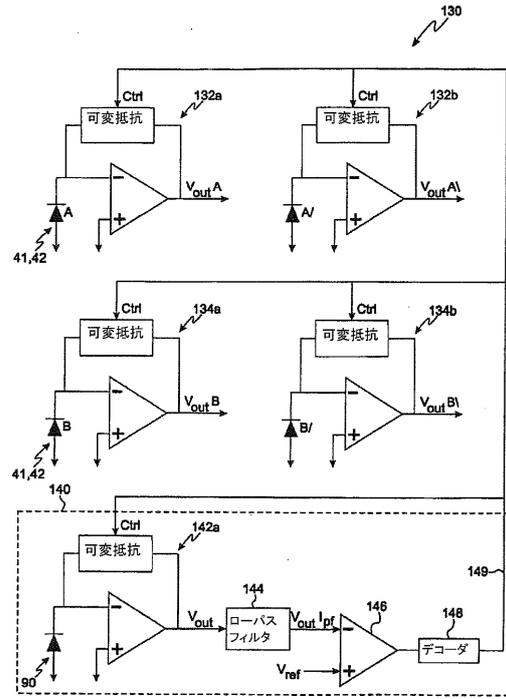


FIG. 6

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

(72)発明者 チュン・ミン・トール

マレーシア国ベナン州 1 1 9 0 0 , バヤン・レパス , スンガイ・アラ , デサリア , ジャラン・ケナ
リ , ヴィスタリア・コンド 1 1 3 - 4 - 1 2

(72)発明者 メイ・イー・ワン

マレーシア国ペラ州 3 1 9 0 0 , カンパー , ゴールデン・ドラゴン・ガーデン 3 2 9

(72)発明者 ジム・エン・チュウ

マレーシア国ベナン州 1 1 9 0 0 , バヤン・レパス , スンガイ・アラ , デサリア , ロロン・ケナリ
1 2

Fターム(参考) 2F103 BA05 BA08 BA43 CA01 CA02 DA01 DA13 EB03 EB12 EB15
EB16 EB33 ED09

【外国語明細書】

1. Title of Invention

Optical Encoder with Code Wheel Misalignment Correction and Automatic Gain Control

2. Detailed Explanation of the Invention

Related Application

This application incorporates by reference, in its entirety, U.S. Patent Application Serial No. _____ filed April 30, 2008 entitled "Optical Encoder with Amplitude Correction" to Toh et al.

Field of the Invention

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

Background

Most motion detection or position optical encoders of the prior art comprise four photodiode channels, typically labelled namely A, A/, B and B/, respectively.

5 Such optical encoders work by generating photocurrent using these channels, and are usually spatially arranged in the encoder such that they are 90 degrees out of phase apart with respect to one another. It is imperative that the code wheel of the encoder and the photodiodes be aligned properly and accurately in respect of one another. Otherwise, inaccuracies and errors result in the photocurrents produced
10 by such channels, which lead to inaccurate position or motion information being generated by the encoder. Currently, no method or device exists to detect code wheel misalignment using photodiodes incorporated into an encoder integrated circuit (or "IC").

In addition, most motion detection or position optical encoders of the prior
15 art are designed and fabricated using well known bipolar processes, which enable photocurrent contrast to be obtained using the log-antilog architecture inherent in most BJT devices. However, with the advent of CMOS processes, encoder designs are being adapted to MOS devices for better scalability, lower cost and lower power. CMOS processes, however, are typically not amenable to the log-
20 antilog architecture often employed in bipolar devices. As a result, more straightforward and conventional transimpedance amplification circuitry must be employed in CMOS processes. But to amplify photocurrents to reasonable voltage output levels, a resistor of the correct value must be used, which is a difficult
25 proposition to implement in CMOS devices employing conventional transimpedance amplification circuits.

What is needed is a device and method for detecting code wheel misalignment using photodiodes incorporated, for example, into an encoder IC. What is also needed is a device and method for setting the gain of a
5 transimpedance amplifier automatically, which depends on the input light power and the photocurrent generated.

Summary

In some embodiments, there is provided an optical encoder comprising a light emitter configured to emit a collimated beam of light, a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially
5 in a plane and in a first direction, a light detector comprising at least first and second photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least upper and lower code wheel misalignment photodetectors positioned on second and third vertical portions thereof disposed, respectively, above and below the first and second photodetectors, and a code wheel
10 misalignment circuit, where the light detector faces the light emitter, the code wheel is disposed and configured to rotate between the light emitter and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first, second and third vertical portions as the wheel rotates, the first and second photodetectors are configured to generate, in
15 response to first portions of the collimated beam being incident thereon, first and second output signals, and the upper and lower code wheel misalignment photodetectors are configured to generate, in response to second and third portions of the collimated beam being incident thereon, third and fourth output signals provided to the code wheel misalignment circuit, the circuit being
20 configured to detect a difference between the amplitudes of the third and fourth output signals, the circuit generating an error signal indicative of a code wheel misalignment when the difference exceeds a predetermined threshold.

In another embodiment, there is provided a method of generating an error signal indicative of code wheel misalignment in an optical encoder comprising
25 providing a light emitter configured to emit a collimated beam of light, providing a

code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction, providing a light detector comprising at least first and second photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least upper and lower code wheel
5 misalignment photodetectors positioned on second and third vertical portions thereof disposed, respectively, above and below the first and second photodetectors, and providing a code wheel misalignment circuit, rotating the code wheel between the light emitter and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first,
10 second and third vertical portions, generating with the first and second photodetectors, respectively, first and second output signals in response to first portions of the collimated beam being incident thereon, generating with the upper and lower code wheel misalignment photodetectors, respectively, third and fourth output signals in response to second and third portions of the collimated beam
15 being incident thereon, and detecting a difference in amplitudes of the third and fourth output signals that exceeds a predetermined threshold and is indicative of a misalignment of the code wheel.

In a further embodiment, there is provided an optical encoder comprising a light emitter configured to emit a collimated beam of light, a code wheel having a
20 plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction, a light detector comprising at least first and second photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least a first automatic gain control photodetector positioned on a second vertical portion thereof, the second vertical portion being vertically offset
25 from the first vertical portion, and an automatic gain control circuit comprising a

comparator and a decoder, where the light detector faces the light emitter, the code wheel is disposed and configured to rotate between the light-emitting element and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first and second vertical portions as the wheel rotates, the first and second photodetectors are configured to generate, in response to first portions of the collimated beam being incident thereon, first and second output signals, and the first automatic gain control photodetector is configured to generate, in response to the second portion of the collimated beam being incident thereon, a third output signal provided to the circuit, the circuit being configured to receive the third output signal and compare same to a reference voltage using the comparator, an output of the comparator being provided to a decoder which sets the gain of the automatic gain circuit according to the comparator output.

In yet a further embodiment, there is provided a method of providing automatic gain control in an optical encoder comprising providing a light emitter configured to emit a collimated beam of light, providing a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction, providing a light detector comprising at least first and second photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least a first automatic gain control photodetector positioned on a second vertical portion thereof, the second vertical portion being vertically offset from the first vertical portion, and providing an automatic gain control circuit comprising a comparator and a decoder, rotating the code wheel between the light-emitting element and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first and second

vertical portions, generating with the first and second photodetectors, in response to first portions of the collimated beam being incident thereon, first and second output signals, generating with the first automatic gain control photodetector, in response to the second portion of the collimated beam being incident thereon, a third output signal and providing same to the circuit, comparing the third output signal and a reference voltage in the comparator and generating an output from the comparator on the basis of such comparison, and providing the comparator output to a decoder and setting the gain of the automatic gain circuit according to the comparator output.

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
5 apparent from the following specification, drawings and claims in which:

Fig. 1 shows one embodiment of a light detector 40 of the invention having
code wheel misalignment detection capabilities;

Fig. 2 shows one embodiment of a circuit 120 of the invention
corresponding to the light detector 40 of Fig. 1;

10 Fig. 3 shows one embodiment of a light detector 40 of the invention having
a single automatic gain control photodetector 90a;

Fig. 4 shows one embodiment of a light detector 40 of the invention having
dual automatic gain control photodetectors 90a and 90b;

15 Fig. 5 shows one embodiment of a light detector 40 of the invention having
triple automatic gain control photodetectors 90a, 90b and 90c, and

Fig. 6 shows a block diagram according to one embodiment of circuit 130 of
the invention.

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

20

Detailed Descriptions of Some Preferred Embodiments

According to various embodiments, there are provided a device and method for correcting code wheel misalignment which employs upper and lower code wheel misalignment photodetectors positioned above and below at least first and second motion detection photodetectors. According to other embodiments, there are provided a device and method for automatically setting the gain of an output circuit in an optical encoder. Still further embodiments combine the code wheel misalignment and automatic gain control features of the invention in an optical encoder.

10 According to one embodiment shown in Fig. 1, there is provided an optical encoder comprising a light emitter configured to emit a collimated beam of light (not shown in Fig. 1), a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane (also not shown in Fig. 1) and in a first direction 110, and a light detector 40 comprising at least first and second photodetectors 41a (A) and 43a (B) positioned along first direction 110
15 on a first vertical portion 70 thereof. At least upper and lower code wheel misalignment photodetectors 90a and 90b are positioned on second and third vertical portions 80 and 85 disposed, respectively, above and below first and second motion detection photodetectors 41a and 43a. The light detector 40 faces
20 the light emitter, and the code wheel is disposed and configured to rotate between the light emitter and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first, second and third vertical portions 70, 80 and 85, respectively. As the code wheel rotates, first and second photodetectors 41a and 43a are configured to generate, in response
25 to first portion 50a of the collimated beam being incident thereon, first and second

output signals. Upper and lower code wheel misalignment photodetectors 90a and 90b are configured to generate, in response to second and third portions of the collimated beam being incident thereon, third and fourth output signals, which are provided to a code wheel misalignment circuit (not shown in Fig. 1). The circuit is configured to detect a difference between the amplitudes of the third and fourth output signals, and generate an error signal indicative of code wheel misalignment when the difference exceeds a predetermined threshold.

Continuing to refer to Fig. 1, note that additional motion detection photodetectors such as photodetectors 41b (A/), 43b (B/), 42a (A), 44a (B) and 42b (A/) may also be included in optical encoder 10 and photodetector 40 thereof.

In a preferred embodiment of the invention, the surface areas of upper and lower code wheel misalignment photodetectors 90a and 90b are equal or substantially equal. If the surface areas corresponding to upper and lower code wheel misalignment photodetectors 90a and 90b are equal or substantially equal, then the photocurrents delivered by such photodiodes will also be the same. These current values are then preferably be converted into voltage signals using a transimpedance amplifier, since voltage comparisons may be carried out more easily in devices made according to conventional CMOS processes. The output voltages from these two code wheel misalignment channels may then be compared using a comparator having a hysteresis value with a set margin. When the difference between the two signals delivered by the code wheel misalignment channels exceeds the margin, an error signal is generated that is indicative of the code wheel and photodiode channels being misaligned in respect of the vertical direction or y-axis. Note that more than two photodetectors 90a and 90b may be employed to detect code wheel misalignment.

Fig. 2 shows a block diagram according to one embodiment of circuit 120 adapted to receive and process output signals generated by upper and lower code wheel misalignment photodetectors 90a and 90b. As shown, circuit 120 comprises
5 upper and lower code wheel misalignment photodetectors 90a and 90b, transimpedance amplifiers 112a and 122b operably connected to photodiodes 90a and 90b, and comparator 124 configured to provide an output error signal indicative of code wheel misalignment when the differences between the signals provided by amplifiers 122a and 122b to comparator 124 exceed a predetermined
10 threshold. To compensate for minor differences in the amplitudes of the output signals provided by photodiodes 90a and 90b that arise from such influences as amplifier offsets, device imperfections, dust or ink mist, the hysteresis of comparator 124 may be designed into comparator 124, or may be adjusted or set during operation. The value of the hysteresis should be small and in the range of
15 tens of millivolts to about 100 mV. When the difference in amplitudes provided by amplifiers 122a and 122b exceeds such a value, the error signal should be generated.

In another embodiment, and as illustrated in Figs. 3 through 6, there are provided devices and methods for implementing automatic gain control (AGC) in
20 an optical encoder, where an average light input is measured. Three different embodiments of such devices and methods are illustrated herein, wherein at least one extra or additional automatic gain control photodiode is employed in light detector 40 to sense average light input and thereby average out the photocurrent measured through one or more apertures in a code wheel.

25 Fig. 3 shows a first such device containing a single automatic gain control

photodiode 90b, where automatic gain control photodiode 90b is placed beneath and vertically offset from motion detection photodiodes 41a (A), 43a (B), 41b (A/), 43b (B/), 42a (A), 44a (B) and 42b (A/). Fig. 4 depicts a second such device, where automatic gain control photodiodes 90a and 90b are placed beneath and vertically offset from motion detection photodiodes 41a (A), 43a (B), 41b (A/), 43b (B/), 42a (A), 44a (B) and 42b (A/). Fig. 5 illustrates a third such device, where automatic gain control photodiodes 90a and 90b are placed beneath and vertically offset from first row of motion detection photodiodes 41a (A), 43a (B), 41b (A/), 43b (B/), 42a (A), 44a (B) and 42b (A/), and second row of motion detection photodiodes 41a' (A), 43a' (B), 41b' (A/), 43b' (B/), 42a' (A), 44a' (B) and 42b' (A/), and automatic gain control photodiode 90c is placed between such first and second rows of motion detection photodiodes. Those skilled in the art will understand that many other permutations, combinations and configurations of automatic gain control photodiodes and motion control photodiodes may also be employed and nevertheless fall within the scope of the invention. The greater the number of automatic gain control photodiodes employed, the increased sensitivity light detector 40 will feature and the less sensitivity there will be from light source variation or photodiode contamination.

Fig. 6 shows one embodiment of a block diagram of an automatic gain control circuit 130 in an optical encoder using the above-described automatic gain control photodiodes. Circuit 130 comprises automatic gain control photodiode 90, transimpedance amplifiers 132a, 134a and 142a, low pass filter 144, comparator 146, decoder 148 and variable resistors associated with each of transimpedance amplifiers 132a, 134a and 142a. Referring additionally to Figs. 3 through 5, it will be seen that the spatial positions of automatic gain control photodiodes 90a, 90b

and 90c in light detectors 40 yield average photocurrents output therefrom that vary little over time owing to such photodiodes having fixed surface areas exposed to light beam portion 50a. The relatively constant photocurrents generated by automatic gain control photodiodes 90a, 90b and 90c are inputs to comparator 5 146, and are compared against desired reference voltage V_{ref} . The result of such comparison is passed to decoder 148, which then determines the level of gain to apply. In such a feedback system, the gain of circuit 130 is adjusted until the output signal V_{out} is substantially the same as the desired reference voltage V_{ref} .

Continuing to refer to Fig. 6, transimpedance amplifier 142a converts the 10 photocurrent(s) delivered by automatic gain control photodiodes 90a, 90b and/or 90c into a voltage signal V_{out} , which is passed to low pass filter 144 to filter out undesired AC components. The remaining filtered signal (V_{out_lpf}) represents an average DC value of the photocurrent measured by automatic gain control photodiodes 90a, 90b and/or 90c multiplied by a factor set by the feedback 15 resistor. V_{out_lpf} is compared against reference voltage desired V_{ref} , which is set according to the particular application and manufacturing process at hand. The output of comparator 146 is sent to decoder 148, which determines the gain to use in adjusting V_{out_lpf} to be as close as possible to V_{ref} . The same gain is applied to each of channels A, B, A/ and B/ so that the output voltages provided by these 20 channels match those of V_{ref} .

To make optimal use of this invention, there should be a known and established relationship between the photocurrents delivered by channels A, B, A/ and B/ on the one hand, and those delivered by automatic gain control photodiodes 90a, 90b and/or 90c on the other hand. As alluded to above, 25 automatic gain control photodiodes 90a, 90b and/or 90c measure an average

current corresponding essentially to all the motion detection photodiode channels, which receive fluctuating amounts of light as light beam portion 50a scans thereover. For example, if the photocurrent from Channel A is designed to have 5 times the photocurrent delivered by automatic gain control photodiode 90a, then the feedback gain of Channel A will be one fifth the gain applied to automatic gain control photodiode 90a. Assuming all motion detection channels have the same surface areas exposed to light beam portion 50a and the same responsiveness, then such a method will ensure that the voltage swings of all the motion detection photodiode channels stay at a desired reference voltage using only a single additional automatic gain control photodiode 90a.

Note that according to one embodiment only one automatic gain control photodiode 90a, 90b or 90c is required to provide automatic gain control correction and feedback. Note further that only one pair of motion detection photodiodes 41a and 41b is required in optical encoder 10 of the invention. The use of additional reference and motion detection photodetectors or photodiodes in light detector 40 adds to the accuracy and efficacy of optical encoder 10 of the invention however.

It will now become apparent to those skilled in the art that the various embodiments of the invention disclosed herein provide several advantages, including, but not limited to providing optical encoders having enhanced ability to detect code wheel misalignment and improved automatic gain control of the output signals provided by an optical encoder. Those skilled in the art will also appreciate that various embodiments of the invention are efficacious in detecting misalignment of a code wheel and providing position information of increased accuracy from an optical encoder or optical encoder incorporated into an IC.

25

Moreover, the various embodiments of the invention are amenable and well adapted for use in standard CMOS manufacturing processes, are simple and easy to implement, determine whether a code wheel is misaligned in respect of motion detection photodiodes, regulate output voltage swings resulting from photodiode input currents, provide a position sensing method which remains robust despite
5 varying emitter/detector distances, provide a position sensing method which is fairly insensitive to output voltage degradation and part-to-part variation, provide a position sensing method which minimizes variations between parts and in photodiode current, can regulate signal levels over wide ranges, are essentially
10 independent of motion detector photodiode signal variation, and solve problems arising from the presence of contaminants such as dust, ink mist, and the like.

Note that the terms "vertical" and "horizontal" employed herein are intended to refer to the relative orientations of light detector 40 and the various photodiodes arranged thereon as they relate spatially to one another and to the code wheel and
15 light emitter. Note further that various types of photodetectors known in the art may be employed in the invention, in addition to photodiodes.

Note further that included within the scope of the present invention are methods of making and having made the various components, devices and systems described herein.
20

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
5 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. An optical encoder, comprising:
 - a light emitter configured to emit a collimated beam of light;
 - 5 a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction;
 - a light detector comprising at least first and second photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least upper and lower code wheel misalignment photodetectors positioned on second and third vertical portions thereof disposed, respectively, above and below the first and second photodetectors, and
 - 10 a code wheel misalignment circuit;
 - wherein the light detector faces the light emitter, the code wheel is disposed and configured to rotate between the light emitter and the light detector such that
 - 15 the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first, second and third vertical portions as the wheel rotates, the first and second photodetectors are configured to generate, in response to first portions of the collimated beam being incident thereon, first and second output signals, and the upper and lower code wheel misalignment photodetectors are
 - 20 configured to generate, in response to second and third portions of the collimated beam being incident thereon, third and fourth output signals provided to the code wheel misalignment circuit, the circuit being configured to detect a difference between the amplitudes of the third and fourth output signals, the circuit generating an error signal indicative of a code wheel misalignment when the
 - 25 difference exceeds a predetermined threshold.

2. The optical encoder of claim 1, wherein the upper code wheel misalignment photodetector has a first photocurrent generating area substantially equal to a second photocurrent generating area of the upper code wheel misalignment photodetector.

5

3. The optical encoder of claim 1, wherein the code wheel misalignment circuit comprises a transimpedance circuit configured to receive the third output signal and the fourth output signal.

10

4. The optical encoder of claim 1, wherein the code wheel misalignment circuit comprises a comparator configured to compare the third output signal to the fourth output signal.

15

5. The optical encoder of claim 4, wherein the comparator has a hysteresis value associated therewith.

20

6. The optical encoder of claim 5, wherein when the hysteresis value is exceeded the error signal is generated by the circuit.

7. A method of generating an error signal indicative of code wheel misalignment in an optical encoder, comprising:

providing a light emitter configured to emit a collimated beam of light;

5 providing a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction;

providing a light detector comprising at least first and second photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least upper and lower code wheel misalignment photodetectors positioned
10 on second and third vertical portions thereof disposed, respectively, above and below the first and second photodetectors, and

providing a code wheel misalignment circuit;

rotating the code wheel between the light emitter and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the
15 apertures onto the first, second and third vertical portions;

generating with the first and second photodetectors, respectively, first and second output signals in response to first portions of the collimated beam being incident thereon;

generating with the upper and lower code wheel misalignment
20 photodetectors, respectively, third and fourth output signals in response to second and third portions of the collimated beam being incident thereon, and

detecting a difference in amplitudes of the third and fourth output signals that exceeds a predetermined threshold and is indicative of a misalignment of the code wheel.

25

8. The method of claim 7, further comprising generating an error signal when the predetermined threshold is exceeded.

5 9. The method of claim 7, further comprising providing the upper code wheel misalignment photodetector with a first photocurrent generating area that is substantially equal to a second photocurrent generating area of the upper code wheel misalignment photodetector.

10 10. The method of claim 7, further comprising providing a transimpedance circuit configured to receive the third output signal and the fourth output signal.

11. The method of claim 7, further comprising providing a comparator configured to compare the third output signal to the fourth output signal.

15 12. An optical encoder, comprising:
a light emitter configured to emit a collimated beam of light;
a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction;
a light detector comprising at least first and second photodetectors
20 positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least a first automatic gain control photodetector positioned on a second vertical portion thereof, the second vertical portion being vertically offset from the first vertical portion, and

25

an automatic gain control circuit comprising a comparator and a decoder;
wherein the light detector faces the light emitter, the code wheel is disposed
and configured to rotate between the light-emitting element and the light detector
5 such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through
the apertures onto the first and second vertical portions as the wheel rotates, the
first and second photodetectors are configured to generate, in response to first
portions of the collimated beam being incident thereon, first and second output
signals, and the first automatic gain control photodetector is configured to
10 generate, in response to the second portion of the collimated beam being incident
thereon, a third output signal provided to the circuit, the circuit being configured to
receive the third output signal and compare same to a reference voltage using the
comparator, an output of the comparator being provided to a decoder which sets
the gain of the automatic gain circuit according to the comparator output.

15

13. The optical encoder of claim 12, further comprising a second automatic gain
control photodetector positioned on a third vertical portion of the light detector
vertically offset from the first and second vertical portions and configured to
generate, in response to the third portion of the collimated beam being incident
20 thereon, a fourth output signal provided to the circuit, the circuit being configured
to receive the third and fourth output signals and compare same to the reference
voltage using the comparator, an output of the comparator being provided to a
decoder which sets the gain of the automatic gain circuit according to the
comparator output.

25

14. The optical encoder of claim 12, further comprising a third automatic gain control photodetector positioned on a fourth vertical portion of the light detector vertically offset from the first, second and third vertical portions and configured to generate, in response to the fourth portion of the collimated beam being incident thereon, a fifth output signal provided to the circuit, the circuit being configured to receive the third, fourth and fifth output signals and compare same to the reference voltage using the comparator, an output of the comparator being provided to a decoder which sets the gain of the automatic gain circuit according to the comparator output.
15. The optical encoder of claim 12, wherein the circuit further comprises a transimpedance amplifier operably disposed between the first automatic gain control photodetector and the comparator.
16. The optical encoder of claim 12, wherein the circuit further comprises a low pass filter operably disposed between the first automatic gain control photodetector and the comparator.
17. A method of providing automatic gain control in an optical encoder, comprising:
- providing a light emitter configured to emit a collimated beam of light;
 - providing a code wheel having a plurality of apertures disposed therethrough and configured to rotate substantially in a plane and in a first direction;
 - providing a light detector comprising at least first and second

photodetectors positioned along the first direction on a first vertical portion thereof and at least a first automatic gain control photodetector positioned on a second vertical portion thereof, the second vertical portion being vertically offset from the first vertical portion;

5 providing an automatic gain control circuit comprising a comparator and a decoder;

rotating the code wheel between the light-emitting element and the light detector such that the collimated light beam is directed substantially in the plane through the apertures onto the first and second vertical portions;

10 generating with the first and second photodetectors, in response to first portions of the collimated beam being incident thereon, first and second output signals;

generating with the first automatic gain control photodetector, in response to the second portion of the collimated beam being incident thereon, a third output signal and providing same to the circuit;

15 comparing the third output signal and a reference voltage in the comparator and generating an output from the comparator on the basis of such comparison, and

20 providing the comparator output to a decoder and setting the gain of the automatic gain circuit according to the comparator output.

18. The method of claim 17, further comprising providing a second automatic gain control photodetector positioned on a third vertical portion of the light detector vertically offset from the first and second vertical portions and configured to
25 generate, in response to the third portion of the collimated beam being incident

thereon, a fourth output signal.

19. The method of claim 18, further comprising providing the fourth output to the circuit and comparing same to the reference voltage using the comparator.

5

20. The method of claim 17, further comprising providing a third automatic gain control photodetector positioned on a fourth vertical portion of the light detector vertically offset from the first, second and third vertical portions and configured to generate, in response to the fourth portion of the collimated beam being incident thereon, a fifth output signal.

10

21. The method of claim 20, further comprising providing the fifth output to the circuit and comparing same to the reference voltage using the comparator.

15

1. Abstract

According to one embodiment, there is provided a device and method for correcting code wheel misalignment which employs upper and lower code wheel misalignment photodetectors positioned above and below at least first and second motion detection photodetectors. According to other embodiments, there are provided a device and method for automatically setting the gain of an output circuit in an optical encoder. Still further embodiments of optical encoders combine the code wheel misalignment and automatic gain control features of the invention.

10

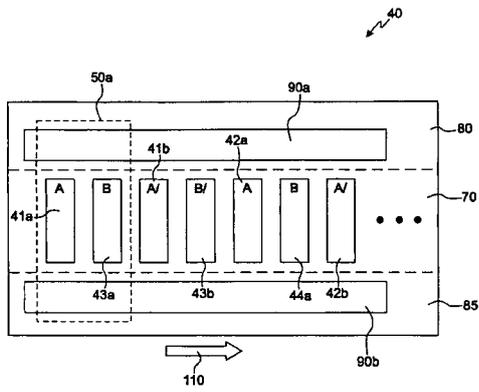


FIG. 1

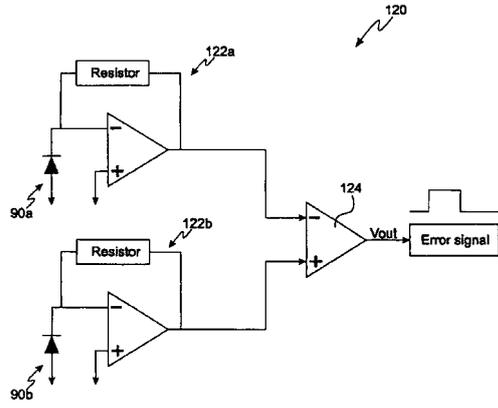


FIG. 2

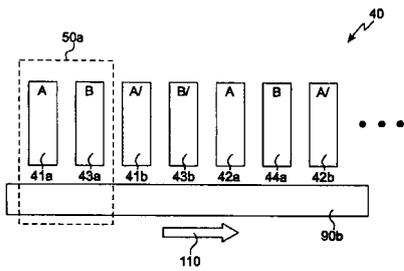


FIG. 3

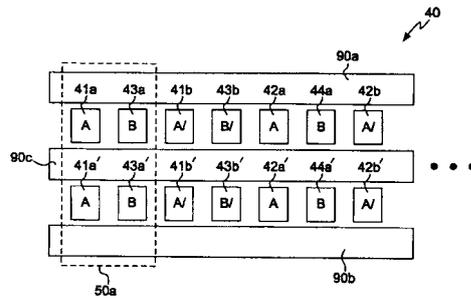


FIG. 5

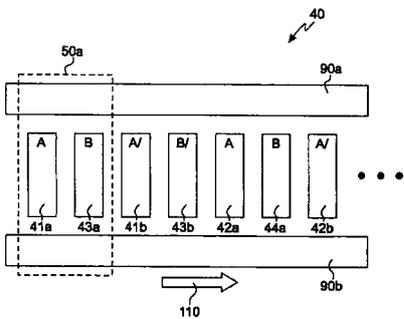


FIG. 4

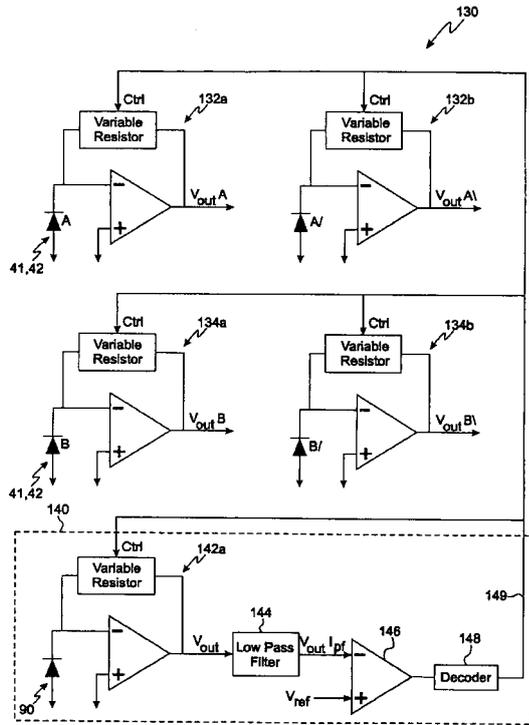


FIG. 6