

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5253394号
(P5253394)

(45) 発行日 平成25年7月31日(2013.7.31)

(24) 登録日 平成25年4月26日(2013.4.26)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 D 5/347 (2006.01)

G O 1 D 5/347 1 1 O T

請求項の数 18 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-524127 (P2009-524127)	(73) 特許権者	501116608
(86) (22) 出願日	平成19年8月16日 (2007.8.16)		ライカ ジオシステムズ アクチェンゲゼ
(65) 公表番号	特表2010-501068 (P2010-501068A)		ルシャフト
(43) 公表日	平成22年1月14日 (2010.1.14)		Leica Geosystems AG
(86) 国際出願番号	PCT/EP2007/007248		スイス国 ヘールブルグ シーエイチー 9
(87) 国際公開番号	W02008/019855		4 3 5 ヘインリッヒ・ウィルドーシュト
(87) 国際公開日	平成20年2月21日 (2008.2.21)		ラッセ
審査請求日	平成22年6月15日 (2010.6.15)		Heinrich-Wild-Stras
(31) 優先権主張番号	06119146.6		se, CH-9435 Heerbru
(32) 優先日	平成18年8月18日 (2006.8.18)		gg, Switzerland
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100078662
			弁理士 津国 肇
		(74) 代理人	100131808
			弁理士 柳橋 泰雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 軸周りの回転角度を測定する光電子角度センサとその測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸(6)の周りを回転し、かつ、実質的に全面に符号化(コーディング)を有する円形ディスク(2a、2b、2c、2d、2e、2f、2g、2k)と、

前記円形ディスクと関連して移動可能な平面感光性の検出器(3a、3b、3g、3h、3i、3j、3k)と、

前記円形ディスク(2a、2b、2c、2d、2e、2f、2g、2k)および前記検出器(3a、3b、3g、3h、3i、3j、3k)の相対位置に関する情報を有する符号化画像を、前記検出器(3a、3b、3g、3h、3i、3j、3k)に生成する装置と、

回転角度を測定するためのメモリ計算要素(4a、4b)と、

を有する前記軸(6)周りの回転角度を測定する光電子角度センサ(1a、1b)であって、

前記装置は、前記符号化の少なくとも50%を有する画像を生成し、

前記メモリ計算要素(4a、4b)は、前記符号化によって構成可能な電子的な標準パターンを形成し、前記標準パターンおよび前記符号化画像に基づいて、パラメータ変動確率比較法によって前記回転角度を測定する、

ことを特徴とする光電子角度センサ。

【請求項 2】

前記標準パターンが、モデルに基づいて構成されていることを特徴とする請求項 1 に記

載の光電子角度センサ。

【請求項 3】

前記画像が、50%以上の符号化を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光電子角度センサ。

【請求項 4】

前記検出器 (3 a、3 b、3 g) および前記円形ディスク (2 a、2 b、2 g) の領域が、前記検出器および前記円形ディスクの寸法で構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 5】

前記検出器 (3 a、3 b、3 g) および前記円形ディスク (2 a、2 b、2 g) の領域が、実質的に一致していることを特徴とする請求項 4 に記載の光電子角度センサ。

10

【請求項 6】

前記円形ディスク (2 a、2 b、2 g) および前記検出器 (3 a、3 b、3 g、3 h) の中心軸が、同軸上に配置されていることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 7】

前記標準パターンが、前記画像に応じて標準パターンの回転角度を示す標準回転角度で構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 8】

20

前記標準パターンが、前記画像の数学モデル、前記符号化の数学モデル、前記画像の複写、前記符号化の複写、前記画像のシミュレーション、または、前記符号化のシミュレーション、に基づいて構成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 9】

前記比較法が、推定法または数学相関法に基づくものであることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 10】

前記推定法が、最尤推定法または最小二乗法であることを特徴とする請求項 9 に記載の光電子角度センサ。

30

【請求項 11】

前記比較法が、符号化要素による放射状の重み付けを有していることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 12】

前記符号化が、部分コードとして、方位角方向および径方向で角度に依存する可変コード (c 5)、ジューメンズスターのような増分コード、極性方法で分配されるポイントコード (c 2、c 4)、絶対コード (c 2')、および/または、方位角度的に延びる放射コード (c 3')、を有していることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の光電子角度センサ。

【請求項 13】

40

軸 (6) の周りを回転し、かつ、実質的に全面が符号化された円形ディスク (2 a、2 b、2 c、2 d、2 e、2 f、2 g、2 k) と、前記円形ディスクと関連して移動可能な平面感光性の検出器 (3 a、3 b、3 g、3 h、3 i、3 j、3 k) と、を有する前記軸 (6) 周りの回転角度を測定する測定方法において、

前記円形ディスク (2 a、2 b、2 c、2 d、2 e、2 f、2 g、2 k) および前記検出器 (3 a、3 b、3 g、3 h、3 i、3 j、3 k) の相対位置に関する情報を有する符号化画像を、前記検出器 (3 a、3 b、3 g、3 h、3 i、3 j、3 k) に生成する生成工程と、

少なくとも 1 つのパラメータで変更され、かつ、前記符号化画像によって組み込み可能に構成された電子標準パターンを形成する形成工程と、

50

前記標準パターンと前記画像との比較および前記パラメータの変化によって、回転角度を導き出す導出工程と、

を準じ有することを特徴とする測定方法。

【請求項 14】

前記標準パターンが、前記画像の数学モデル、前記符号化の数学モデル、前記画像のアルゴリズム記述、前記符号化のアルゴリズム記述、画像生成シミュレーションまたは画像生成複写、または、符号化生成シミュレーションまたは符号化生成複写として、設けられていることを特徴とする請求項 13 に記載の測定方法。

【請求項 15】

前記標準パターンおよび前記画像が、比較する際にデジタル処理で重ねられることを特徴とする請求項 13 または 14 に記載の測定方法。

【請求項 16】

前記導出工程では、推定法または数学相関法が用いられることを特徴とする請求項 13 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の測定方法。

【請求項 17】

前記推定法が、最尤推定法または最小二乗法であることを特徴とする請求項 16 に記載の測定方法。

【請求項 18】

前記標準パターンの回転位置を示す標準回転角度が、前記パラメータとして選択され、パラメータ推定が前記最尤推定法によって実行され、そして、前記回転角度が前記推定されたパラメータとして測定されることを特徴とする請求項 13 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項 1 の前文に係る軸周りの回転角度を測定する光電子角度センサ、および、請求項 10 の前文に係るその測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

多くの分野において、特に光電子角度センサの分野において、ますますコンパクトディスク (CD) は、求められている。通常、軸の周りの回転角度を測定する光電子角度センサは、コードキャリアおよび光検出器を備えている。そのコードキャリアおよび光検出器は、互いに関連して回転可能である。検出器は、CCD ラインアレイや CCD エリアアレイを有する。コードキャリアは、一般的に円板または円環の形をしている。また、コードキャリアは、その円周に沿って光学的に検出可能な位置コードを運び、その位置コードのセクションを検出器上に複写する。

【0003】

検出器の大きさは、通常、コードキャリアよりも実質的に小さい。したがって、角度センサの小型化をするためには、コードキャリアのサイズの縮小が、主に必要となる。小径のコードキャリアでは、検出器の範囲とコードキャリアの範囲との比率を増やすことができる。このため、コードキャリアに適応されるコードよりも大きな範囲で、検出することが可能となる。また、コードキャリア上で作動する遠心力が減少するので、回転構成部品としてのコードキャリア、および、固定された構成部品としての検出器を有する角度センサで、より高度な操作の安定性を達成することが可能である。一般に、角度センサのコードキャリアは、回転するが、固定されるコードキャリア、および、回転する検出器を設計することができる。

【0004】

また、その角度センサの小型化において、コードキャリア範囲の縮小は、コードキャリアのサイズ減少、および/または、コードキャリア構造の改良を必要とする。しかしながら、現在その点において問題が生じている。符号化 (コーディング) は、最適な構造や優

10

20

30

40

50

れた回折効果と共に、任意に改良することができない。そして、その構造は、必要とされる精度で解決することができない。また、その角度分解は、検出器による符号の解像力 (resolution) によって測定される。したがって、角度分解は、検出器の解像力によって決まる。しかしながら、画素サイズの減少が S N 比 (信号対雑音比) によって制限されるので、その検出器の解像力は限られる。一方で、より高い角度分解は、コードキャリアの直径を大きくすることによって、達成することができる。しかしながら、コードキャリアの直径を大きくすることで、角度センサの小型化が難しくなってしまう。

【 0 0 0 5 】

従来では、角度センサの設計は、光構成要素、または、機械構成要素を減らすことによって、そのサイズを小さくしている。しかしながら、角度分解を損なうことなく、または、同じコードキャリアのサイズを保ったままで解像角度を増加することなく、そのコード運搬範囲 (code-carrying area) を減らして角度センサを小型化する解決策は、知られていない。

10

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 では、回転軸で直接割出板 (index plate) を用いて、角度センサの割出板の直径の減少を開示している。その割出板の直径は、金属リングのような外側の取り付けによって、縮小している。しかしながら、この機械的解決は、外側取り付けにより割出板のサイズの減少だけを行っている。このため、約 2、3 % の角度センサのサイズ縮小しかできない。つまり、実質的に、例えば 80 % で、その角度センサのコード運搬範囲 (code-carrying area) の直径を減らす可能性はほとんどない。ゆえに、従来では、角度センサを小型化することができなかった。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 D E 1 9 7 5 0 4 7 4

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

したがって、本発明の目的は、コードキャリアの直径が減少しても、回転角度の正確な測定が可能な光電子角度センサを提供することである。

30

【 0 0 0 9 】

また、角度測定の精度に関して向上した光電子角度センサを提供することである。

【 0 0 1 0 】

そして、コードキャリアの範囲の利用に関して、改善された光電子角度センサを提供することである。

【 0 0 1 1 】

さらに、本発明の目的は、小径を有するコードキャリアで回転角度の測定が可能な回転角度を測定する測定方法を提供することである。

【 0 0 1 2 】

また、その測定方法において、改善された精度で回転角度を測定する測定方法を提供する。

40

【 0 0 1 3 】

これらの目的は、それぞれ独立請求項である請求項 1 と 10 の特徴を備えた光電子角度センサとその測定方法で達成される。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

本発明は、本発明に係る光電子角度センサの円形ディスクの符号化 (コーディング) が、画像として完全に実質的に検出され、その検出された画像、または、検出器の測定信号は、統計パラメータの認識として解釈されることに基づいている。測定信号の数値を求めるために、その測定信号の特性を表すパラメータ値が、パラメータ値で構成された分布か

50

ら測定される。

【0015】

このため、円形ディスクにおいて、実質的に完成した計算可能な符号化画像、特に符号化の全体画像は、角度センサの装置を用いて、電子角度センサの検出器で複製される。例えば、符号化の90%が、画像として検出される。その画像は、円形ディスクおよび検出器の相対位置に関する情報を有する。その円形ディスクおよび検出器は、互いに関連して動くことができる。相対動作は、少なくとも軸の周りの相対回転動作から成る。さらに、円形ディスクおよび検出器は、非常に小さい直線運動の相対動作、および/または、回転動作を実行することができる。例えば、製品の組み立て、および/または、製造の誤差から生じる。

10

【0016】

この状況において、計算可能な画像は、相対位置に関する情報を測定することができる画像を意味するものとして、理解される。この画像が、必ずしも符号化の鮮明な画像である必要はない。本発明においては、表現マップ (terms map)、投射、測定信号、または、測定パターンが、計算可能な画像として、用いられる。

【0017】

本発明による角度センサの円形ディスクの符号化は、実質的にディスクの全領域を使用するように、実行されている。これは、実質的にディスクの全領域範囲にコードを設けることによって、実現される。具体的には、円形ディスクに適用される符号化は、コードを有する。そのコードは、方位角方向と径方向との両方に広がり、その方位角方向および半径方向の角度に依存する方法で、変化する。例えば、通常のコードは、周方向とその横方向との両方において、本発明の角度センサの円形ディスクに適用される。その通常コードは、円形ディスクの外領域で、その円周に沿って一般的な円形ディスクに適用される。また、その通常コードは、周方向の角度に依存して変化する。例えば、曲折方法 (meandering manner) においては、コードは、いわば、ディスク上に折り曲げられる。したがって、通常のコードとは対照的に、そのコードは、半径方向にさらに角度に依存するコード情報を伝える。

20

【0018】

符号化の情報量は、コードの「コマ落ち (jumpiness)」と呼ばれる遷移の数によって決定される。その遷移は、光透過率/光不透過率、または、反射/吸収のようなコード要素の特性における変化によって生じる。実質的に全領域の符号化の適用と、実質的な円形ディスクの全領域の利用により、遷移の最大数は得られる。

30

【0019】

このような方法でコード化される円形ディスクは、いわば、「コード化された軸 (code d axis)」に対応する。この符号化に基づいて、一般的に正確な角度測定の多数の遷移は、直径を減らした円形ディスクに適用される。空間的に圧縮された符号化の適用では、円形ディスクの直径を実質的に減らすことができる。例えば、セオドライトで用いられ、約78mmの直径を有する通常のガラスの円形ディスク、または、プラスチックの円形ディスクと比較して、90%以上、減らすことができる。また、その円形ディスクは、6mm~10mmの直径を有する「ミニディスク (minidisc)」として、実装されることができる。そのような円形ディスクのサイズ減少は、全体の角度センサの寸法の大きな縮小をすることができ、その結果、小型化された角度センサを実現することができる。

40

【0020】

円形ディスク、または、角度センサのサイズが、減少しなかった場合には、改善された精度による角度測定用角度センサは、円形ディスクの対応する構造で、実現することができる。

【0021】

本発明のさらなる発展においては、円形ディスクの符号化が、複数の部分コードから成る。上述の方位角に、かつ、放射状に、延びているコードは、例えば、部分コードで形成することができる。さらに、部分コードは、絶対コードとして設けることができる。その

50

絶対コードは、例えば、円形ディスクの外側領域で、外周に沿って適用される。そして、その検出は、計算アルゴリズムのスピードに対して、回転角度測定の改善を可能にする回転角度の大まかな値を与える。

【 0 0 2 2 】

部分コードは、さらに、円形ディスクの並進運動を検出する追加コードとして、形成されることができる。例えば、円形ディスクの中心点の周りの同心円の形で、すなわち、その内部領域で、方位角に延びる放射コードとして、形成することが可能である。方位角方向および半径方向に個々の検出器ラインを読み出すことによって、回転する軸の迅速な絶対的な測定は、放射コードの画像から可能である。円形ディスクの内側部分に並進運動の放射コードを適用することによって、回転角度の測定にあまり適していない内側領域が、
10 便宜上利用される。

【 0 0 2 3 】

その符号化から画像を生成するために、符号化を角度センサの検出器にマッピングする装置、または、投影する装置が、設けられる。符号化を実質的に完全に、特に、全面的に、検出器にマッピングするように、本発明におけるその装置、すなわち、円形ディスクと検出器とを有する角度センサが構成されて、設けられる。好ましくは、画像または測定パターンが、少なくとも50%以上、好ましくは75%以上、より好ましくは100%の符号化で、生成されることが望ましい。

【 0 0 2 4 】

計算するために十分な符号化の解像力で実質的に完全な検出は、対応するイルミネーションコンセプト (illumination concept)、サイズが小さい円形ディスク、その円形ディスクと検出器を有する装置の構成と配置に基づいて、実現することができる。または、上述した組合せによって、実現することが可能である。
20

【 0 0 2 5 】

画像を生成するために、その装置は、円形ディスクを照らし出すためのフォトダイオードのような1つ以上の放射線源を備えている。透明 / 不透明なコード要素、または、異なる反射率で区別可能なコード要素といった符号の情報に基づいて、画像生成は、透過光または反射光で達成される。透過光では、検出器は、コード要素によって調整されて透過される電磁波を受け取る。また、反射光においては、検出器は、コード要素によって調整されて反射される電磁波を受け取る。
30

【 0 0 2 6 】

できるだけ均一な円形ディスクの照明 (illumination)、または、円形ディスク領域の照明は、偏向ミラーや散乱媒質などの適切な光学システムによるビームの広がりによって、実現される。本発明の装置は、特に、検出器要素の範囲に相当する円形ディスクの領域を投射するために、設計される。その装置は、有機発光ダイオードで、自己の照明コードを示してもよい。

【 0 0 2 7 】

上述したように、円形ディスクは、サイズにおいて有利に減らすことができる。これは、検出器を備えた本発明によって、角度センサの簡潔な実施形態を可能とする。その検出器の領域は、円形ディスクの領域に実質的に対応する。特に、その長さや幅の大きさが、円形ディスクの直径に一致する検出器を、用いることが可能である。コードを伝える円形ディスク、および、検出器は、実質的に同じ大きさを有する。そのようなディスクおよび検出器を有する実施形態は、簡単に円形ディスクの全体の検出、または、検出器に適用されたコーディングの検出をすることができる。また、それによって、回転軸から円形ディスクの中心の区分が、有利に働くことができる。本発明の実施形態において、円形ディスクおよび検出器は、実質的に一致し、かつ、中心が同軸上に配置されている。
40

【 0 0 2 8 】

その検出器は、CCDラインアレイやCCDカラムアレイなどで構成される平面の感光性の検出器である。感光性の領域でマトリックス状の配置は、CCDエリアセンサ、または、CMOSエリアセンサで実現することができる。また、通常のセンサも用いることが
50

可能である。

【0029】

画像または検出器の測定信号は、円形ディスクおよび検出器の相対位置に関する情報を有する。その情報は、パラメータ変動比較方法 (parameter-varying comparison method) を用いている電子標準パターンと比較することによって、計算される。この計算に基づいて、非常に小さくて、良好なコード構成さえも、高精度で解像することができ、回転角度を正確に測定することができる。

【0030】

電子標準パターンは、本発明における角度センサのメモリ計算要素を用いて、構成される。また、そのメモリ計算要素は、上述の計算手段に基づいて、検出器の測定信号を計算するために設けられる。このため、メモリ計算要素は、コンピュータプログラム製品を有する。そのコンピュータプログラム製品は、プログラムコードを含み、そのプログラムコードは、その要素で動く際に、その計算手段を実行するように、構成されている。画像情報を計算するために、例えば、電気デジタル検出器が信号を送るので、特に、 1000×1000 CMOS ピクセルセンサのデータ量のような大きいデータ量の数値処理に関して、メモリ計算要素は、マルチプロセッサとして構成される。FPGA (フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ)、または、ASIC (エーシック) も、またメモリ計算要素として適切である。

【0031】

標準パターンは、角度測定の未知の特性変数、または、検出器の測定信号の未知の特性変数に関して、統計的分布としてモデル化されることができる。例えば、標準パターンは、変数の推定機能である。その特性変数を、回転角度にすることができる。推定法のような統計的手法によって、統計モデルの未知の変数を測定することができる。

【0032】

また、標準パターンは、アルゴリズムで構成されることができる。そのアルゴリズムは、測定パターン、画像、検出器の測定信号、および/または、符号化をシミュレートしたり、複写したりする。例えば、コード構造、装置および検出器のマッピングパラメータ、および、マッピングエラーは、測定パターンのできるだけ現実的な記述として、考慮される。

【0033】

本発明の実施形態によれば、最尤法が、測定パターンを計算するために確率的比較方法 (stochastic comparison method) として用いられる。本発明による方法は、以下のステップからなる。測定パターンの生成ステップ、パラメータの機能としてできるだけ実際に測定パターンを記述する標準パターンの生成ステップ、測定パターンと標準パターンとの比較ステップ、標準パターンが測定パターンで、最大値、または、最大値達成可能な類似値を示すまでのパラメータ変化ステップ、パラメータ推定からの回転角度での最良の推定量および測定としてのパラメータの確立ステップ、とから構成される。

【0034】

このパラメータは、例えば、基準回転角度である。その基準回転角度は、回転角度、または、円形ディスクおよび検出器の相対回転位置を記述している。最も高い確率で測定パターンを生成するだろう基準回転角度の値は、パラメータ推定から測定される。

【0035】

本発明のさらなる実施形態においては、測定パターンが、数学相関法によって計算される。その数学相関法は、測定パターンと設定された電子標準パターンとの積分比較に基づく。パラメータは、相関係数である。その相関関数は、測定パターンと標準パターンとの間の一致を基準とする。その相関の範囲内で、パラメータは、最大相関値または最小相関値といったような特定の相関状態に達するまで、変更される。

【0036】

そのような相関を構成するために、測定パターン関数は、画像の強度関数 c 、影の光学不鮮明度関数 b 、検出器ピクセルの電気信号応答 d として、 $Q = c \times b \times d$ ($\times$ は、折り

10

20

30

40

50

たたみ演算子 (folding operator)) として、みなされる。その強度関数 c は、測定される回転角度 α を表すので、測定パターン関数 Q は、また、測定される回転角度 α の関数 $Q = Q(\alpha)$ となる。

【 0 0 3 7 】

この標準パターンは、回転角度を表す基準回転角度 α' のパターン関数 $P = P(\alpha')$ として生成される。そのパターン関数は、測定パターンを表している。測定パターンの位置情報を測定するために、測定信号は、合成標準信号と比較される。そして、その相関関数 (下記 [数 1] に示す) が品質の基準として用いられる。

【 数 1 】

$$\rho = Q(\Delta) \star P(\alpha')$$

10

ρ は、相関関数であり、 $\star$ は、相関演算子である。

【 0 0 3 8 】

信号の比較に関して、基準回転角度 α' は、 ρ が最大値に達するまで、数学的に変更される。その最大値は、信号の最大の一致を表す。そして、 $\rho =$ 最大値において、基準回転角度 α' は、それから、求めた回転角度 α の最良の推定値を与える。そのような相関法で、高解像度値、例えば、100 ピクセルの解像度が、達成可能である。

【 0 0 3 9 】

測定パターンと標準パターンとの比較のために、モアレ法を使用することも可能である。標準パターンは、例えば、理論モデルの形で、符号化としての高周波回折格子の回数とわずかに異なる高周波を有する固定された格子として、設けられている。そのため、格子のデジタル重複部分は、既知のモアレ構造となる。測定パターンの位置情報は、測定パターンと標準パターンとの積分比較によって、求められる。例えば、ジューメンズスターのような放射状の格子構造、または、放射状のフレネルゾーン格子 (放射状の「チャープ」) のような構造は、回折格子構造として適している。

20

【 0 0 4 0 】

円形ディスクのコーディングの変形に基づいて、本発明の方法は、また、さらなる位置情報を用いることができる。コーディングが、絶対コードの形で部分コードを有している場合、回転角度の大まかな絶対値は、絶対コードの画像から測定されることができる。その大まかな絶対値は、比較法の初期値として使用されることができる。さらに、その比較法は、画像情報に重み (weight) を加えることができる。特に、放射状に負荷 (radially weight) を加えることができる。したがって、例えば、円形ディスクの外縁部に適用され、円形ディスクおよび検出器の相対回転位置に関する情報に対して、優れた数値を求めることができるコード構造は、回転角度の測定における本発明の測定方法で、さらに内側に位置付けられる内部構造として、回転軸に向かってより強力に加重される。

30

【 0 0 4 1 】

本発明による角度センサ、および、その測定方法は、以下に、図を参照して、詳細に説明される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

40

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係る光電子角度センサを示す 2 つの図である。

【 図 2 】 図 2 A が本発明の第 1 実施形態に係る光角度センサのコード化された円形ディスクを示す図であり、図 2 B が相関法を説明する図である。

【 図 3 】 図 3 A および図 3 B が本発明の第 2 実施形態に係る光角度センサのコード化された円形ディスクを示す図であり、図 3 C が相関法を説明する図である。

【 図 4 】 回転角度を測定する本発明による測定方法を説明する 4 つの図である。

【 図 5 】 円形ディスクおよび検出器の配置を示す 3 つの図である。

【 図 6 】 画像を再生するための光電子角度センサの装置を示す 4 つの図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 3 】

50

図 1 A は、軸周りの回転角度を測定する光電子角度センサ 1 a の構成を示す。コードキャリアとしての円形ディスク 2 a は、軸 6（回転軸）周りに配置され、土台 5 に挿入されている。土台 5 は、工具またはモータに接続される。また、土台 5 は、セオドライトのアリガードに挿入されることができて、それで回転することが可能である。円形ディスク 2 a は、図 1 A の矢印に示すように、電気光学検出器 3 a と関連して、回転する。電気光学検出器 3 a は、検出器 3 a と向かい合う円形ディスク 2 a の表面に適用されるコード要素が、検出器 3 a 上にマッピング（写像）されるように、円形ディスク 2 a と関連して配置されている。円形ディスク 2 a および検出器 3 a は、それらの中心軸が等しくなるように配置されている。そのマッピング（または、角度比例測定信号）が、メモリ計算要素としての電子要素 4 a で、さらに加工処理される。本発明によれば、電子標準パターンの構成は、パラメータによって変更することができる。そして、測定信号と比較される電子標準パターンは、電子要素 4 a に格納される。軸 6 周りの回転角度は、パラメータ推定によって測定される。

10

【 0 0 4 4 】

図 1 B は、検出器 3 b に関連して回転可能な円形ディスク 2 b と、マッピング装置の放射線源 7 と、を備えた角度センサ 1 b を示す。検出器 3 b は、実質的に円形ディスク 2 b と同じサイズで、形成される。放射線源 7 によって放出される光放射を用いて、円形ディスク 2 b の符号化は十分に検出器 3 b にマッピングされる。放射線源 7 および円形ディスク 2 b は、図 2 の点線で示す共通のハウジング 8 に設けられる。そのため、放射線源 7 および円形ディスク 2 b は、一緒に回転する。その放射線源 7 は、回転部分の外側に設けて、固定させることもでき、回転構成部品として、検出器 3 b を設けて、配置することもできる。円形ディスク 2 b は、ガラスやプラスチックのような光学的に透明な材料で形成される。また、円形ディスク 2 b は、コーティングとして、透明で放射線を通さない領域（図示せず）を有する。円形ディスク 2 b への放射線の入射、および、円形ディスク 2 b に部分的に通すことによって、符号化の全体画像は、検出器 3 b に生成される。図 1 A に示すように、マッピングは、例えば、F P G A（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）などのメモリ計算要素 4 b で、電子標準パターンと比較される。そして、回転角度は、その比較法で測定される。

20

【 0 0 4 5 】

図 2 A は、本発明に係る光電子角度センサにおける円形ディスク 2 c の実施形態を示す。円形ディスク 2 c は、実質的に円形ディスク 2 c の全面に符号（コーディング）を有する。その符号（コーディング）は、ここでは、第 1、第 2、第 3 部品コードで構成されている。第 1 部品コードは、方位角的に延びている 2 進の絶対コード c 1 で構成されている。その絶対コード c 1 は、円形ディスクの外側の領域に適用される。第 2 部品コードは、極性分布を有するポイントコード c 2 の形で構成されている。第 3 部品コードは、円形ディスクの中心周りの同心円 c 3 で構成されている。偏心誤差は、第 3 部品コードの適切な検出によって、測定されることができる。図に示す円形ディスク 2 c は、以下のステップによって、回転角度の測定をすることができる。そのコーディングは、検出器でマッピングされるので、第 1、第 2、第 3 部品コードは、例えば 90% の範囲で、実質的に完全に検出される。回転角度のおおよその値は、絶対コード c 1 の画像から測定される。ポイントコード c 2 の画像で表現される測定信号は、相関関係を構成することによって、ポイントコード c 2 のマッピングされたモデルの理想的なデータと、アルゴリズム的に比較される。そのモデルは、標準パターンを構成する。円形ディスク 2 c のポイントコード c 2 は、曖昧なコードである。つまり、そのポイントコード c 2 は、明確な位置情報を与えない。ポイントコード c 2 が明確ではないので、図 2 B に示す回転角度の関数において、データの相関関係の図に示すように、測定信号による理想的なデータの相関関係は、複数の相関ピークを引き起こす。関連する角度の間隔、および、正確な相関ピーク P は、絶対コード c 1 の計算から測定される大まかな角度の値に基づいて、今回は、選択される。

30

40

【 0 0 4 6 】

図 3 A は、符号化（コーディング）として 2 つの部品コードを有する円形ディスク 2 d

50

、を示す。その回転角度は、画像、および、1つの部品コードとしての極性の方法で分布されるポイントコードc4の計算、から原則として測定可能である。さらに、図3Aに示す部品コードとして、方位角的に延びている放射コードc3'は、偏心誤差および回転軸誤差を取り除くために、設けられている。周方向および径方向に延びて、かつ、極性の方法で分布されるポイントコードc4は、明瞭な位置情報を伝える。したがって、電子標準パターンによる測定パターンの画像の数学的な相関関係の場合では、1つの鋭い相関ピークP'が、図3Cに示すように、求められた回転角度で起こる。その求められた回転角度は、最大相関関数値と連係して回転角度として測定される。

【0047】

図3Bに示す円形ディスク2eは、図2Aと同様に、その全領域一面に符号化を有する。図2Bとは対照的に、円形ディスク2eの中心のコードトラックにおけるポイントコードc4'は、図3Aのポイントコードのように明確である。外側のコードトラックにおける絶対コードc2'は、標準パターンでポイントコードc4'の相関関係を形成するための初期値を得るために設けられて、ソフトウェアで実行される。したがって、その相関形成が加速され、必要とされる計算性能が減少する。ゆえに、絶対コードc2'から測定される角度の値は、標準パターンを示す角度に依存する関数に、初期値として入力されることができる。そして、その角度の値は、相関関数が、最大値または特定の相関値に達するまで、変更することができる。

【0048】

図4Aは、2進コードc5を有する角度センサにおいて、全面的にコード化された円形ディスク2fを示す。円形ディスク2fの全ディスク領域には、0度の角度位置の座標系において、実質的に2進コードc5が適用されている。2進コードc5は、透明なコード要素、および、不透明なコード要素から構成されている。そして、その2進コードc5は、角度に依存するように、方位角方向と径方向との両方で変化する。ここで示す、2進コードc5の表示は、ほんの一例である。その円形ディスク2fは、小型化される。2進コードc5が、実質的に全領域に適用されるので、数多くの遷移（高度な情報量を有する符号化）があっても、実行することができる。また、円形ディスク2fが、簡潔に小型化されるので、ほぼ円形のディスクの範囲に相当する検出器を備えた角度センサの実施形態は、実現することができる。

【0049】

図4Bは、45度に回転した後の円形ディスク2fを示す。角度センサにおいて、感光性の検出器の位置は、図4Bの点線によって示される。ほぼ同じ大きさで円形ディスクおよび検出器を構成することによって、符号化（コーディング）の実質的に完全に計算可能な画像は、検出器で生成されることができる。小型化された円形ディスク2fに適用することにより、コーディングの構造は、サイズが小さくなり、改善される。これは、多くの遷移を全面に符号化することによって、最初に考慮される。そして、それは、位置測定または角度測定において、不鮮明度を減らす。さらに、マッピングされたコード構造を計算可能とさせる計算方法は、角度測定に用いられる。ここで、その計算方法は、電子標準パターンの提供から成る。その電子標準パターンは、この回転角度の場合では、確率変数の統計的分布を記載する。その記載は、推定関数に基づく。測定関数（画像）、および、推定関数は、互いに比較される。また、その確率変数（回転角度）は、系統的に変化する。その比較、または、その推定は、回転角度の最良の推定量を提供する。

【0050】

図4Cおよび図4Dは、図4Aおよび図4Bに関連して、測定方法のステップを説明するための図である。図4Cは、画像として、検出器にマッピングされた2進コードc5の範囲を示す。図4Dは、2進コードc5を複製する標準パターンの図的表現を示す。その表現は、単に例として挙げる。図4Dの標準パターンは、図4Aから0度の位置（基準位置）で、2進数コードc5のシミュレーションc5'として示される。実際のシミュレーションは、適切なソフトウェアによって、達成される。画像情報の計算のために、画像と標準パターンとの比較、および、標準パターンのパラメータ値の変化（回転として矢印で

10

20

30

40

50

図４Ｄの画像で示される）は、画像と標準パターンとの間で最も大きな一致を見つけ出すまで、行われる。対応するパラメータ値は、求められた回転角度値を測定するために用いられる。

【００５１】

図５Ａ～図５Ｃは、円形ディスク、および、検出器のそれぞれの場合における部分的な平面図を示す。その検出器は、角度センサの感光性の検出器を有する。図５Ａにおいて、検出器３ｇの検出範囲は、ほぼ円形ディスク２ｇの範囲に相当する。そのため、実質的に円形ディスク２ｇに適用される全体の符号化は、検出器３ｇに簡単な方法で、マッピングされることができる。検出器３ｇは、例えば、 1000×1000 CMOSピクセルセンサである。角度センサの回転軸６'は、円形ディスク２ｇおよび検出器３ｇの幾何学的な軸と一致する。つまり、円形ディスク２ｇと検出器３ｇとが有する中心軸が、同軸上に設けられている。図５Ｂにおいても、図５Ａと同様である。ここで、CCDエリアセンサの形の検出器３ｈは、図５Ａに示す検出器３ｇよりも小さい。このため、特別なイルミネーションコンセプトが、符号化の実質的な検出のために必要とされる。図５Ｃは、検出器３ｉを有する実施形態を示す。検出器３ｉの中心は、角度センサの回転軸と一致しない。画像を生成する装置、および、角度センサのメモリ計算要素は、実施形態図５Ａ～５Ｃにおいては、図示しない。画像を生成する装置は、円形ディスクの符号化において、できるだけ大きな範囲が、特に、円形ディスクのコーディングの全範囲が、検出器にマッピングされるように、構成されて、設けられる。画像は、電子測定信号に対応する。その電子測定信号は、符号化（コーディング）、または、画像のマッピングモデルから導き出される理想的なデータと、例えば、ピクセル対ピクセルで比較される。または、他の電子標準パターンで別の方法で、比較される。

【００５２】

図６Ａ～６Ｄは、円形ディスクコーディングの計算可能な画像を生成する異なる装置を有する角度センサの図である。コーディング情報は、原則として、反射光で外側または内側から、または、透過光で外側または内側から、生じられることができる。

【００５３】

図６Ａおよび図６Ｂでは、照明が、透過光で発生する。図６Ａにおいては、レンズ１１のような光装置を用いて、２つのフォトダイオード１０ａ、１０ｂの放射が、円形ディスク２ｊに投影され、そして、検出器３ｊにマッピングされる。同様に、図６Ｂにおいては、レンズ１１'のような光装置を用いて、２つのフォトダイオード１０ａ'、１０ｂ'の放射が、円形ディスク２ｊ'に投影され、そして、検出器３ｊ'にマッピングされる。円形ディスク２ｊ、２ｊ'において、できるだけ均一な照明を達成するために、フォトダイオード１０ａ、１０ｂ、１０ａ'、１０ｂ'は、それぞれ分かれている。図６Ａにおいては、散乱偏向ミラー１２を用い、図６Ｂにおいては、散乱媒質１３を用いている。

【００５４】

図６Ｃおよび図６Ｄは、反射光における円形ディスクの照明を示す。図６Ｃにおいて、放射線源１４によって放出される放射線は、ビームスプリッター１５（分割器）を介して、円形ディスク２ｋに偏向する。円形ディスク２ｋによって反射された放射線は、ビームスプリッター１５を通過し、画像光システム１６を介して、検出器３Ｋに放出される。図６Ｄにおいて、照明は、放射線源１４'の光の斜めの入射角で、円形ディスク２ｋ'に生じられる。その反射光は、画像光システム１６'を介して、検出器３ｋ'に、再度偏向する。その画像光システムは、円錐状の表面、球面、および／または、非球面のレンズから、それぞれの場合において、構成することができる。

【符号の説明】

【００５５】

- １ａ、１ｂ 光電子角度センサ（角度センサ）
- ２ａ、２ｂ、２ｃ、２ｄ、２ｅ、２ｆ、２ｇ、２ｋ 円形ディスク
- ３ａ、３ｂ、３ｇ、３ｈ、３ｉ、３ｊ、３ｋ 検出器（電子光学検出器）
- ４ａ、４ｂ メモリ計算要素（電子要素）

10

20

30

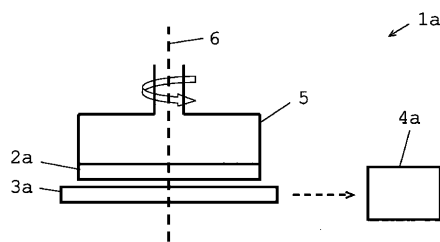
40

50

- 5 土台
- 6 軸
- 6' 回転軸
- 7、14 放射線源
- 8ハウジング
- 10 a、10 a'、10 b、10 b' フォトダイオード
- 11、11' レンズ
- 12 散乱偏向ミラー
- 13 散乱媒質
- 15 ビームスプリッター
- 16 画像光システム
- c 1、c 2' 絶対コード
- c 2、c 4、c 4' ポイントコード
- c 3 同心円
- c 3' 放射コード
- c 5 2進コード
- p、p' 相関ピーク

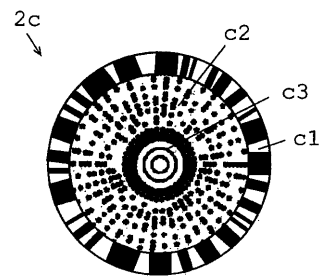
10

【図 1 A】



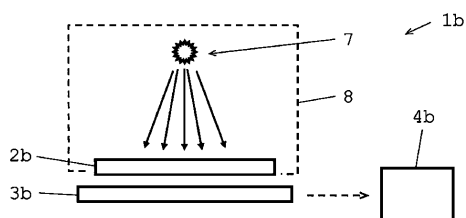
Figur 1A

【図 2】

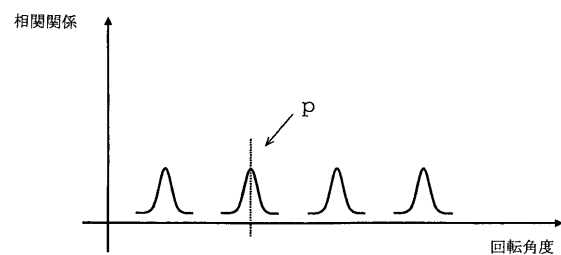


2A

【図 1 B】

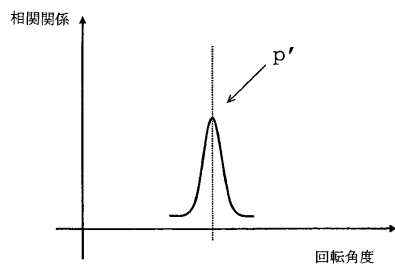
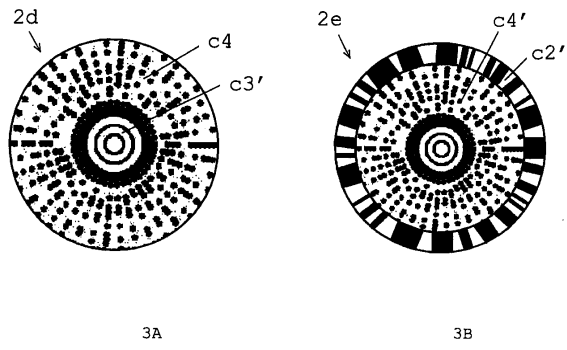


Figur 1B



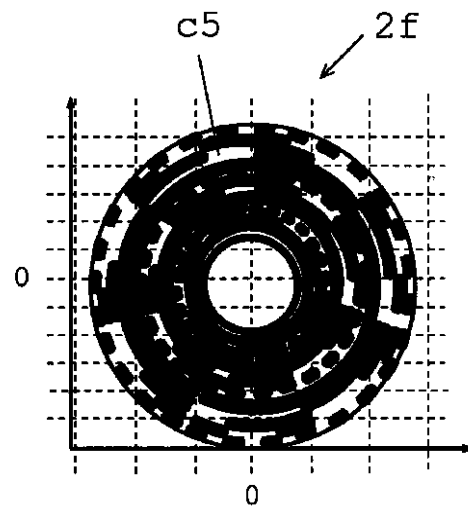
2B

【図 3】



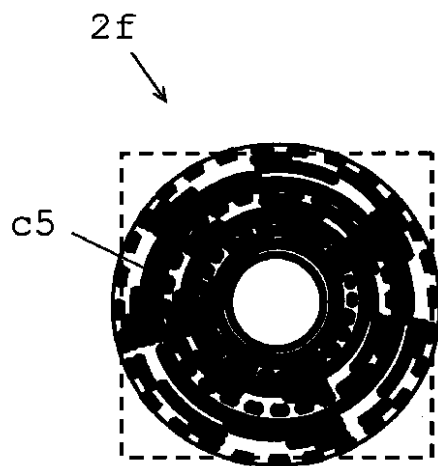
3C

【図 4 A】



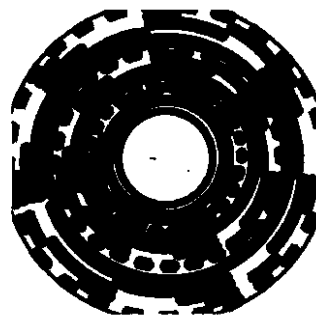
Figur 4A

【図 4 B】



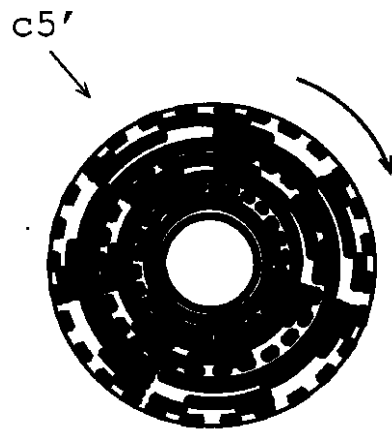
Figur 4B

【図 4 C】



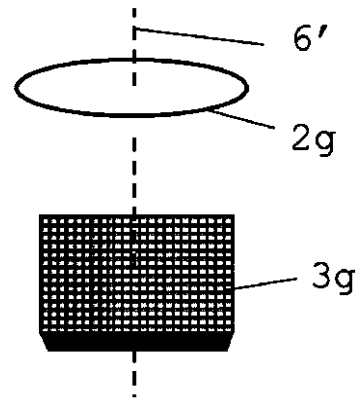
Figur 4C

【図 4 D】



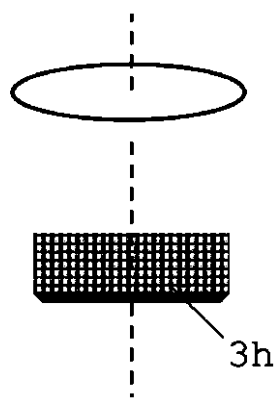
Figur 4D

【図 5 A】



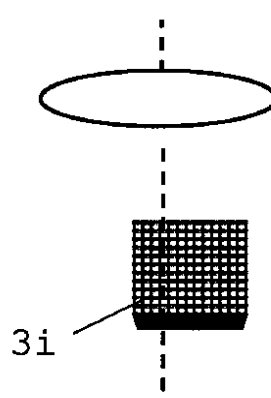
Figur 5A

【図 5 B】



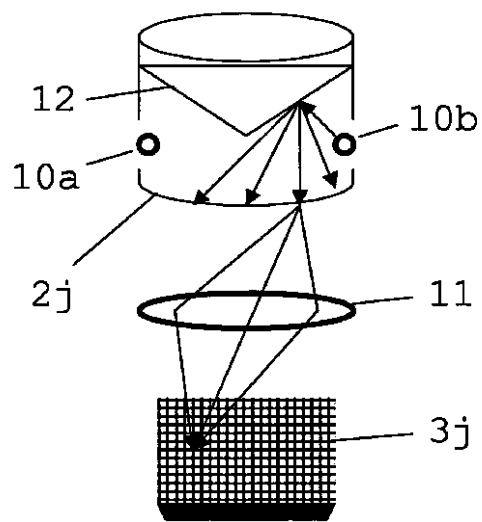
Figur 5B

【図 5 C】



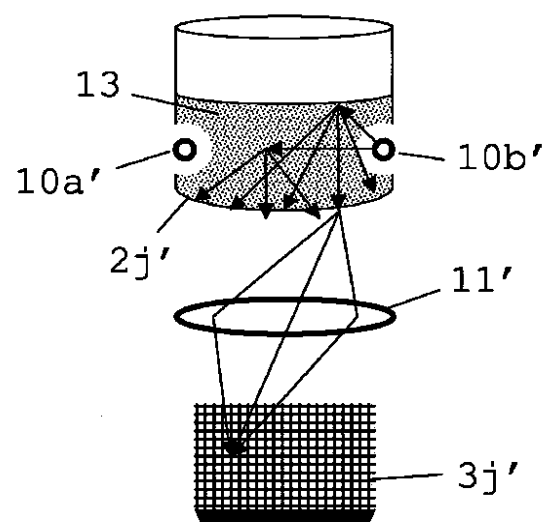
Figur 5C

【図 6 A】



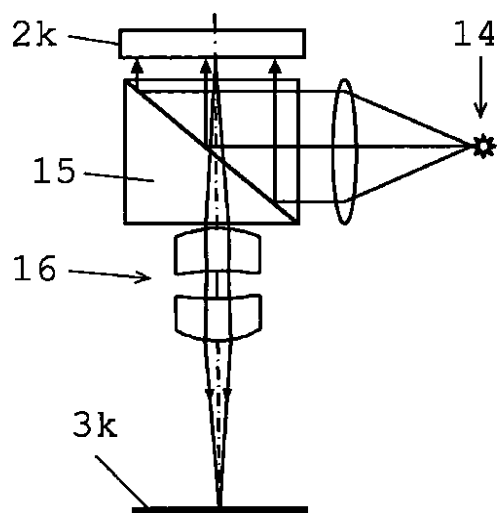
Figur 6A

【図 6 B】



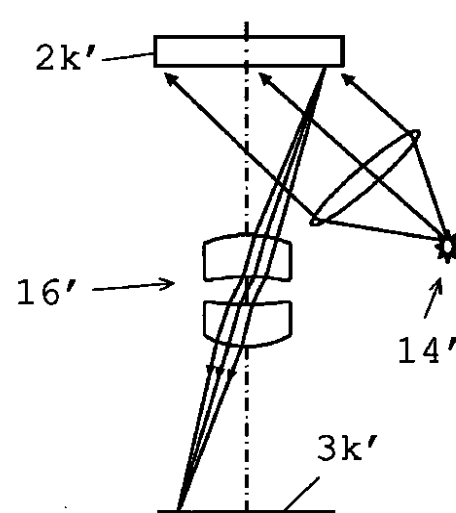
Figur 6B

【図 6 C】



Figur 6C

【図 6 D】



Figur 6D

フロントページの続き

(72)発明者 ブラウネッカー、ベルンハルト

スイス国 ツェーハー - 9 4 4 5 レブスタイン、ハルデンヴ ェーク 1 0

(72)発明者 キップファー、ペーテル

スイス国 ツェーハー - 9 4 3 7 マルバッハ、スピッツィガーフェルトシュトラッセ 1 0

(72)発明者 リップナー、ハインツ

スイス国 ツェーハー - 9 4 4 5 レブスタイン、イム フェ ルトリ 9

審査官 眞岩 久恵

(56)参考文献 特開昭 5 8 - 0 4 7 2 1 2 (J P , A)

特開平 1 0 - 2 0 6 1 3 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 D 5 / 2 6 - 5 / 3 8