

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-526951**(P2005-526951A)**

(43) 公表日 平成17年9月8日(2005.9.8)

(51) Int.Cl.⁷**G01D 5/38****G01D 5/36**

F I

G01D 5/38

A

テーマコード (参考)

2 F 1 0 3

G01D 5/36

K

G01D 5/36

T

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2003-525229 (P2003-525229)
 (86) (22) 出願日 平成14年8月12日 (2002.8.12)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年4月21日 (2004.4.21)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/025446
 (87) 国際公開番号 W02003/021194
 (87) 国際公開日 平成15年3月13日 (2003.3.13)
 (31) 優先権主張番号 60/316, 160
 (32) 優先日 平成13年8月30日 (2001.8.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

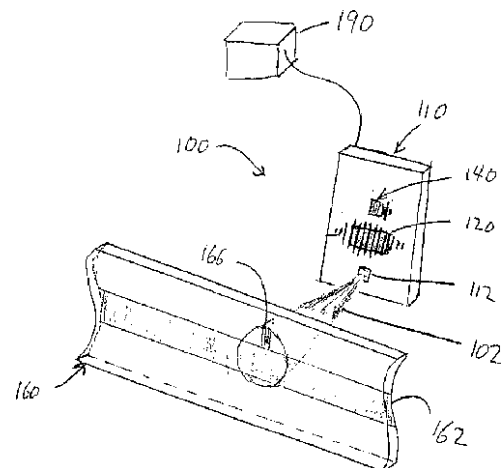
(71) 出願人 505108269
 ジーエスアイ・ルモニックス・コーポレーション
 アメリカ合衆国 48167 ミシガン州
 , ノースヴィレ, ハガティールロード, 2
 2300
 (74) 代理人 100062225
 弁理士 秋元 輝雄
 (72) 発明者 ソープルン, ウィリアム, ジー.
 アメリカ合衆国 01588 マサチュー
 セッツ州 ホイティンビレ レイチェル
 レーン 24

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基準点タルボットエンコーダ

(57) 【要約】

開示された光学式エンコーダは、スケールとセンサヘッドとを備える。スケールは光学的要素を含む。センサヘッドは、光源と検出器アレイとインデックス検出器とを含み、これらの全ては基板上に配設される。スケールはセンサヘッドに対向して配設され、且つセンサヘッドに対し相対移動するために配設される。スケールとセンサヘッドの間の距離を選択して、検出器アレイをタルボット像形成平面付近に位置させる。光源は発散性光ビームを放射し、これはスケールに指向される。発散性光ビームからの光は格子によって回折されて検出器アレイに向かう。発散性光ビームからの光は光学的要素によって回折されてインデックス検出器に向かう。検出器アレイはスケールに対するセンサヘッドの位置の相対測定値を与える。インデックス検出器はスケールに対するセンサヘッドの位置の基準測定値を与える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

- A . スケールと、
B . センサヘッドと

を備える光学式エンコーダであって、

前記スケールは、光学的格子と光学的要素とを含み、

前記センサヘッドは、光源と、検出器アレイと、インデックス検出器とを含み、これらの全ては基板上に配設され、

前記スケールは、前記センサヘッドに対向して配設され、且つ前記センサヘッドに対し相対移動するために配設され、

前記スケールと該スケールに最近接のタルボット像形成平面との間の距離は、 d に等しく、

前記センサヘッドは、第 1 の平面と第 2 の平面によって制限される領域内に配設され、

前記第 1 の平面は、 $n \times d + d \times x$ にほぼ等しい距離だけ前記スケールから離され、

前記第 2 の平面は、 $n \times d - d \times x$ にほぼ等しい距離だけ前記スケールから離され、 n は整数であり、 x は $1/2$ 以下であり、

前記光源は、発散性の光ビームを放射し、この発散性の光ビームは、前記スケールに指向され、

前記発散性の光ビームからの光は、前記格子によって回折されて前記検出器アレイに向かい、

前記発散性の光ビームからの光は、前記光学的要素によって回折されて前記インデックス検出器に向かい、

前記検出器アレイは、前記スケールに対する前記センサヘッドの位置の相対測定値を与え、

前記インデックス検出器は、前記スケールに対する前記センサヘッドの位置の基準測定値を与えるものであることを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 2】

前記基板は、トレンチを規定し、前記光源及び前記検出器アレイの少なくとも 1 つは、前記トレンチ内に配設されている請求項 1 に記載のエンコーダ。

【請求項 3】

前記基板上に配設されたスペーサを更に備え、前記光源及び前記検出器アレイの少なくとも 1 つは、前記スペーサ上に配設されている請求項 1 に記載のエンコーダ。

【請求項 4】

前記インデックス検出器は、中央光検出器と、左光検出器と、右光検出器とを含む請求項 1 に記載のエンコーダ。

【請求項 5】

x は 0.2 以下である請求項 1 に記載のエンコーダ。

【請求項 6】

x は 0.1 以下である請求項 1 に記載のエンコーダ。

【請求項 7】

- A . スケールと、
B . センサヘッドと、
C . 前記スケールと前記センサヘッドとの間に配設されたマスクと

を備える光学式エンコーダであって、

前記スケールは、光学的格子と光学的要素とを含み、

前記センサヘッドは、光源と、検出器アレイとを含み、これらの双方は基板上に配設され、

前記スケールは、前記センサヘッドに対向して配設され、且つ前記センサヘッドに対し相対移動するために配設され、

前記スケールと該スケールに最近接のタルボット像形成平面との間の距離は、 d に等し

10

20

30

40

50

く、

前記センサヘッドは、第 1 の平面と第 2 の平面によって制限される領域内に配設され、
 前記第 1 の平面は、 $n \times d + d \times x$ にほぼ等しい距離だけ前記スケールから離され、
 前記第 2 の平面は、 $n \times d - d \times x$ にほぼ等しい距離だけ前記スケールから離され、 n
 は整数であり、 x は $1/2$ 以下であり、

前記光源は、発散性の光ビームを放射し、この発散性の光ビームは、前記スケールに指向され、

前記発散性の光ビームからの光は、前記格子によって回折されて前記検出器アレイに向かい、

前記マスクは、開口を規定し、

10

前記マスクは、前記センサヘッドに対してほぼ固定的な状態を維持し、

前記開口は、前記格子から回折された 5 次ビームが前記検出器アレイに到達することをほぼ防止するようにサイズおよび位置が決定されたものであることを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 8】

A . スケールと、

B . センサヘッドと

を備える光学式エンコーダであって、

前記スケールは、光学的格子と光学的要素とを含み、

前記センサヘッドは、光源と、検出器アレイと、インデックス検出器とを含み、これらの全ては基板上に配設され、

20

前記スケールは、前記センサヘッドに対向して配設され、且つ前記センサヘッドに対し相対移動するために配設され、

前記光源は、発散性の光ビームを放射し、この発散性の光ビームは、前記スケールに指向され、

前記発散性の光ビームからの光は、前記格子によって回折されて前記検出器アレイに向かい、

前記発散性の光ビームからの光は、前記光学的要素によって回折されて前記インデックス検出器に向かい、

前記検出器アレイは、前記スケールに対する前記センサヘッドの位置の相対測定値を与え、

30

前記インデックス検出器は、前記スケールに対する前記センサヘッドの位置の基準測定値を与え、

前記インデックス検出器は、3つの光検出器からなることを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 9】

前記インデックス検出器の前記 3 つの光検出器は、中央光検出器と、左光検出器と、右光検出器であり、前記 3 つの光検出器のそれぞれは、出力信号を発生する請求項 8 に記載のエンコーダ。

【請求項 10】

40

第 1 の信号を発生するための処理回路を更に備え、前記第 1 の信号は、前記中央光検出器によって発生された出力信号の 2 倍から前記左および右光検出器によって発生された出力信号の合計を引いた差を表している請求項 9 に記載のエンコーダ。

【請求項 11】

前記処理回路はまた、第 2 の信号を発生し、この第 2 の信号は、前記第 1 の信号の - 1 倍を表している請求項 10 に記載のエンコーダ。

【請求項 12】

前記処理回路はまた、インデックス信号を発生し、このインデックス信号は、前記第 1 の信号が前記第 2 の信号にオフセット値を加算したものよりも大きいときに、第 1 の値に等しく、そうでない場合、前記第 1 の信号は、第 2 の値に等しい請求項 11 に記載のエン

50

コード。

【請求項 13】

前記中央光検出器は、1 よりも多い光検出器からなる請求項 9 に記載のエンコード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の参照]

この出願は、本発明の譲受人に譲り渡され、そして本願と同時代に出願された「高調波抑制光検出器アレイ」なる名称の共出願中の米国特許出願第 60 / 316 , 121 号 [代理人整理番号 MCE - 018 (111390 - 140)] に関連している。この出願は、

10

【背景技術】

【0002】

本発明は、光学式エンコードに関する。より具体的には、本発明は、改良された基準点光学式エンコードに関する。

【0003】

回折光学式エンコードは、位置変位検知システムの分野で周知である。このような装置は、本発明の譲受人から、またいくつかの他の販社から市販されている。米国特許第 5 , 559 , 600 号および 5 , 646 , 730 号は、既知の光学式エンコードの例を記載している。

20

【0004】

近年の傾向は、小型サイズの回折型エンコードを開発することにある。米国特許第 5 , 559 , 229 号、5 , 671 , 052 号および 5 , 991 , 249 号は、そのような小型サイズのエンコードの例を開示している。一般に、そのような小型サイズのエンコードを特徴付けるものは、準単色（またはほぼ単色）の固体照明源と、二値格子と、1 以上の検出要素と、減少された数の追加的光学部品との使用である。

【0005】

既知の小型サイズのエンコードに関する 1 つの問題は、サイズ減少が一般にそれらの精度に負の影響を有する点である。従って、改良された精度によって特徴付けられる小型サイズの回折光学式エンコードに対する要望がある。

30

【0006】

[発明の開示]

これらのそして他の目的は、改良された回折光学式エンコードによって与えられる。このエンコードは、基準位置測定値を与えるためにインデックス検出器を備える。このインデックス検出器は、3 セル構成を使用することによって実施できる。この発明はまた、インデックス検出器によって発生される信号を処理するためのアルゴリズムを提供する。この発明は更に、回折光学式エンコードの精度を改良するための他の特徴を提供する。

【0007】

本発明のさらに他の目的および利点は、以下の詳細な説明から当業者に容易に明らかとなる。ここでは、発明のベストモードを単に示すためのいくつかの実施形態が図示され、説明されている。以下で実現されるように、この発明は、他の異なる実施形態が可能であり、そのいくつかの詳細は、発明から逸脱することなく種々の点で全て修正可能である。従って、図面と説明は、請求の範囲に示された応用の範囲について、規制または制限的な感覚でなく、自然に示されたものとみなされるべきものである。

40

【0008】

本発明の性質及び目的のより良い理解のために、添付の図面に関連してなされる以下の詳細な説明が参照されるべきである。図面において、同じ参照番号は、同じまたは同様の部分を示すことに使用される。

【0009】

[好ましい実施形態の詳細な説明]

50

図 1 は、この発明により構成された回折光学式エンコーダ 100 の斜視図である。図示のように、エンコーダ 100 は、3つの基本的部品として、光電式アセンブリ即ちセンサヘッド 110 と、スケール 160 と、信号処理器 190 とを備える。

【0010】

図 2 A は、エンコーダ 100 の側面図である。図 2 B は、図 2 A に示された線 2 B - 2 B の方向に見たセンサヘッド 110 の図である。図 2 C は、図 2 A に示された線 2 C - 2 C の方向に見たスケール 160 の図である。図 2 D は、図 2 A に示された線 2 D - 2 D の方向に見たエンコーダ 100 の端面図である。説明の便宜上、図 2 A ~ 2 D に信号処理器 190 は示されていない。

【0011】

図 1 および 2 A ~ 2 D を参照すると、センサヘッド 110 は、光源 112 と、1次検出器アレイ 120 と、インデックス（即ち基準点）検出器 140 とを含む。図示のように、光源 112 と検出器 120, 140 は全て共通の基板 111 上に搭載されている。1次検出器アレイ 120 とインデックス検出器 140 は、シリコンの単一片上に装備されることが好ましい。スケール 160 は、基板 161 を備え、その上に回折格子 162 と2つの回折光学要素（DOE）とが搭載されている。スケール 160 とセンサヘッド 110 は、（図 2 D に示されるように）固定距離 d だけ離れて、概ね対向して配設されている。この結果、スケール 160 とセンサヘッド 110 は、図 2 A に示された矢印 A - A 方向に互いに相対的に移動することができる。動作時に、エンコーダ 100 は、センサヘッド 110 に対するスケール 160 の（矢印 A - A の方向の）相対移動をモニタして、センサヘッド 110 に対するスケール 160 の相対位置を表す信号を発生する。

【0012】

動作時に、光源 112 は、拡張性、即ち発散性の光のコーン（円錐）102 を放射する。光源 112 は、準単色（またはほぼ単色）の光源であって、垂直空洞表面放射レーザ（VCSEL）を使用して実施できることが好ましい。図 1 に示すように、センサヘッド 110 とスケール 160 は好ましく配設されているので、光コーン 102 は、スケール 160 に到達するときに、格子 162 の一部や DOE 166 の1つに十分に広く入射する。光コーン 102 の幾分かは、スケール 160 を通して伝播し、スケール 160 によって回折される。この光は、センサヘッド 110 に戻らないことが好ましい。コーン 102 内の光の幾分かはまた、反射され、回折されてセンサヘッド 110 に戻される。センサヘッド 110 とスケール 160 が好ましく構成されているので、（1）格子 162 で回折されてセンサヘッド 110 に戻される光は、一次的に検出器アレイ 120 に入射し、また（2）DOE 166 で回折されてセンサヘッド 110 に戻される光は、一次的にインデックス検出器 140 に入射する。以下で更に詳細に説明されるように、検出器アレイ 120 に入射する光によって、エンコーダ 100 は、スケール 160 に対するセンサヘッド 110 の位置の相対測定値を与えることができる。これに対し、インデックス検出器 140 に入射する光によって、エンコーダ 100 は、スケール 160 に対するセンサヘッド 110 の位置のインデックス点測定値（即ち、基準点測定値）を与えることができる。

【0013】

図 3 A, 3 B および 3 C は、スケール 160 を更に詳細に示している。具体的には、図 3 B および 3 C は、図 3 A に示された領域 310 の拡大図である。スケール 160 は、ガラス様の基板 161 上に形成されることが好ましい。格子 162 は、図 3 B に示すように、光反射性ストライプ 164 と光透過性ストライプ 163 を交互に備える。光反射性ストライプ 164 は、高度に反射性の素材で基板 161 の領域を被覆することによって形成されることが好ましい。この実施形態では、光透過性ストライプ 163 は、単に基板 161 を被覆しないでおくことによって形成されている。透過性ストライプの代わりに、光吸収性ストライプを使用することもできる。図 3 C に示すように、もう1つの実施形態では、ストライプを全て反射性とし、ストライプを交互に異なる深さに配設することができる。図 3 B に示すタイプの格子 162 は、「振幅格子」として知られている。図 3 C に示すタイプの格子 162 は、「位相格子」として知られている。

【 0 0 1 4 】

格子 1 6 2 が図 3 B または 3 C のいずれに示すように実施されているかとは関係なく、各ストライプは、その短辺がスケールの変位方向と平行（即ち、図 1 の矢印 A - A と平行）に指向された細い矩形であることが好ましい。ストライプの中心間隔（即ち、図 3 B および 3 C に示されているように、ストライプの間隔の左端から左端まで）は、格子 1 6 2 の周期 P を規定する。ストライプは等しく離れていることが好ましい。また、各ストライプの短辺は、格子 1 6 2 の周期 P の 1 / 2 にほぼ等しいことが好ましい。所望のシステム性能に依存して、周期 P は典型的には 5 ~ 40 ミクロンの範囲にあり、20 ミクロンが好ましい値である。スケールは、両面の露出したガラス領域に反射防止被覆が施されていることが理想的である。

10

【 0 0 1 5 】

図 1 に戻ると、格子 1 6 2 は、コーン 1 0 2 からの光を、センサヘッド 1 1 0 に向かって指向された複数の光のコーンに回折する。図 2 A に示されたものと同じ方位にあるエンコーダ 1 0 0 を示す図 4 は、格子 1 6 2 によって回折されてセンサヘッドに向かう光のコーン 1 0 3 のいくつかを示している。回折された光のコーン 1 0 3 は互いに光学的に干渉して、スケール 1 6 0 とセンサヘッド 1 1 0 との間の空間に、複合的な縞模様パターンを発生する。

【 0 0 1 6 】

図 5 は、格子 1 6 2 からの異なる距離において回折光コーン 1 0 3 間の干渉によって形成された縞模様の強度を示している。図示のように、格子 1 6 2 からの距離 d_2 および d_4 において光コーン 1 0 3 間の干渉によって形成された光学的縞模様パターンは、比較的高コントラストの周期性パターンである。逆に、格子 1 6 2 からの距離 d_1 および d_3 において光コーン 1 0 3 間の干渉によって形成された光学的縞模様パターンは、比較的低コントラストである。格子 1 6 2 からの距離 d_2 および d_4 における平面は、自己像形成平面、または「タルボット像形成平面」と呼ばれる。これらのタルボット像形成平面では、回折された光の発散性コーンは、それらが格子において有する同じ相対位相と組み合わせられて、本質的に格子 1 6 2 自身の像を形成する。米国特許第 5, 991, 249 号で概ね論議されているように、これらの高コントラスト像形成平面は、規則正しく起こり、そして格子といずれかの像形成平面との間の距離は、下式 (1) によって計算される。

20

【 0 0 1 7 】

30

$$\frac{z_0 z_1}{(z_0 + z_1)} = \frac{NP^2}{\lambda} \quad (1)$$

【 0 0 1 8 】

式 (1) において、 z_0 は光源 1 1 2 と格子 1 1 6 との間の距離に等しく、 z_1 は格子 1 6 2 とタルボット自己像平面との間の距離に等しく、N は整数であり、P は格子の周期であり、 λ は光源 1 1 2 によって放射される光の波長である。

【 0 0 1 9 】

図 5 に示すように、（スケールからの距離 d_2 における）第 1 のタルボット平面は、（スケールからの距離 d_4 における）第 2 のタルボット平面に対し 180 度位相がずれている。一般に、隣接するタルボット平面は、互いに 180 度位相がずれている。隣接するタルボット平面間のこの 180 度位相ずれに対する理由は、偶数平面（即ち、N が偶数であるタルボット平面）では、全ての次数の回折光はそれらが格子で有する同じ相対位相と組み合わせられるのに対し、奇数平面（即ち、N が奇数であるタルボット平面）では、0 次が 180 度位相ずれし、また全ての他の次数はそれらが格子で有する同じ相対位相と組み合わせられるためである。

40

【 0 0 2 0 】

ここで留意されるべき点は、図 5 に示されたパターンは、0 次ビームがそのパターンに貢献した時（例えば、縞パターンが、他の高次の回折ビームと同様に、0 次、+ 1 次、-

50

1 次間の干渉によって形成される時)の縞パターンの特徴であるということである。0 次ビームが消去される場合、縞パターンは図 5 に示されたものとは有意に異なるように見える。1 / 2 波長遅延のある位相格子の場合、低コントラストの平面はタルボット像形成平面であり、また高コントラストの平面はタルボット像形成平面の間にある。高コントラストの領域内では、振幅格子でのように、縞パターンが元の格子の像として現れることはない。むしろ、位相格子の縞パターンは、一般に図 5 のタルボット平面に示された周期の 1 / 2 の周期をもつ成分によって通常は支配される高調波成分の複雑な組み合わせである。振幅格子でのように、位相格子からの縞パターンの周期は、スケールからの距離に比例して増加する。一般に、位相格子からの縞パターンが最小調波歪みおよび / または雑音を呈する平面を予測することは困難である。

10

【0021】

従って、0 次ビームの消去は、エンコーダによってモニタされる周期性信号の劣化を引き起こすものとみなされる。しかしながら、それでも有利なことは、少なくとも以下の理由に対して 0 次ビームが消去されたエンコーダを構成することである。即ち、実際的なこととして、本発明の設計のエンコーダでは、高い回折次数は伝播によって速やかに濾過され、そして結果として得られる縞パターンはしばしば純粋な正弦波形状に近い。

【0022】

上述した位相格子の利点にもかかわらず、この発明にとって好ましい格子は、振幅格子である。(図 3 B に示される) 振幅格子は、(図 3 C に示される) 位相格子よりも幅広く商業的に利用可能である。それ故、振幅格子を使用するエンコーダの設計は、さほど高価でなく、しかもスケールの捕捉が容易であるという利点がある。しかしながら、振幅格子の使用は、0 次ビームの存在を意味する。0 次ビームが存在するエンコーダの設計は、以下で論じられる。

20

【0023】

この発明により構成されたエンコーダでは、センサヘッド 110 とスケール 160 は好ましく配設されているので、検出器アレイ 120 は、タルボット像形成平面の 1 つに位置する(即ち、上式(1)によって計算されるように、スケールと検出器アレイの検知表面との間の距離が z_1 に等しくなる)。図 2 A および 2 D から明らかなように、この発明により構成されたエンコーダでは、光源 112 の上部発光面が、検出器アレイ 120 の上部(即ち検知)表面とほぼ共平面であることが好ましい。それ故、この発明により構成されたエンコーダでは、距離 z_0 は距離 z_1 にほぼ等しい。 z_0 が z_1 に等しい場合、上式(1)は下式(2)に簡略化される。

30

【0024】

$$z_0 = \frac{2NP^2}{\lambda} \quad (2)$$

【0025】

それ故、検出器アレイ 120 がタルボット像形成平面の 1 つに配設されることを確実にするために、この発明により構成されたエンコーダでは、(図 2 D に示すように)センサヘッド 110 とスケール 160 との間の距離 d が好ましく調整され、式(2)によって N の整数値について計算されるように、スケール 160 と検出器アレイ 120 との間の隔離距離はほぼ z_0 に等しくなる。しかしながら、スケール 160 と検出器アレイ 120 との間の実際の距離を確実に z_0 に等しくすることはほぼ不可能であるので、この距離は好ましく選択され、検出器アレイ 120 の検知表面がタルボット平面の 1 つに近い領域内に位置するようにする。この領域の所望サイズが以下で論じられる。

40

【0026】

図 5 に示すように、スケールと第 1 タルボット平面との間の距離は d_2 である。また、スケールと第 n タルボット平面との間の距離は nd_2 (即ち、 d_2 の n 倍)である。検出器アレイを第 n タルボット平面に配置することが望まれる場合、スケールと検出器アレイ

50

との間の距離は nd_2 + または $-0.5d_2$ に等しいことが好ましい。それ故、例えば、検出器アレイを第3タルボット平面に配置することが望まれる場合、検出器アレイは、スケールから $2.5d_2$ 離れた位置とスケールから $3.5d_2$ 離れた位置との間の領域内に配置されるべきである。この例を続けると、スケールと検出器アレイとの間の距離が $3.0d_2$ に等しい場合、検出器アレイは確実に第3タルボット平面に位置することになる。この距離が $3.0d_2$ よりも僅かに大きいか小さい場合、縞パターンのコントラストは最適よりも僅かに小さくなり、またエンコーダの精度はそれに対応して僅かに低減される。検出器アレイが所望の位置 $3.0d_2$ から遠くへ移動されると、縞パターンのコントラストは低減され続け、やがて距離 $2.5d_2$ または $3.5d_2$ で最小値に達する（即ち、コントラストは、これらの位置で最小値になる。これは、タルボット平面が最小コントラストによって特徴付けられた等間隔平面によって分離されているからである）。タルボット平面が最小コントラストの等間隔平面によって分離されているので、 nd_2 + または $-0.5d_2$ は、検出器アレイが配置されるべき領域の最大サイズを示すことになる。検出器アレイがスケールから nd_2 + または $-0.5d_2$ 離れた位置に配置される場合、エンコーダの性能は増加する。検出器アレイがスケールから nd_2 + または $-0.1d_2$ 離れた位置に配置される場合に、エンコーダの性能はさらに増加する。より一般的には、検出器アレイ120は、2つの平面、即ちスケールから $nd_2 + xd_2$ 離れた第1平面と、スケールから $nd_2 - xd_2$ 離れた第2平面とによって制限された領域内に位置することが好ましい。ここで、 x は $1/2$ 以下である。好ましい x の値は 0.2 であり、より好ましい x の値は 0.1 である。

【0027】

上述したように、0次ビームが消去される場合は、検出器アレイとスケールとの間隔に関係なく、高コントラストの縞パターンが検出器アレイに入射する。従って、0次ビームをほぼ消去する位相格子（図3Cに示される）を有したスケール160を使用して、検出器アレイとスケールとの間隔について先に論じられた制限を緩和するは有利である。そのような実施形態では、上側ストライプと下側ストライプとの距離（または下側ストライプの深さ）は、光源112によって発生される光の $1/4$ 波長の N 倍にほぼ等しいことが好ましい。ここで N は奇数である。そのような位相格子を使用するもう1つの利点は、それが光学的縞パターンの周期を2の係数で低減し、これによりエンコーダの分解能を2の係数で潜在的に増加する点である。この代わりに、0次ビームが存在する位相格子を使用してエンコーダを製造することが望まれる場合は、上側ストライプと下側ストライプとの距離は、 $(N+x) \times$ （光源112によって発生される光の波長の $1/4$ ）に等しいことが好ましい。ここで N は奇数であり、また x は $1/2$ 未満の小さい数である。

【0028】

図5に示すように、干渉縞は周期的であって、周期 T によって特徴付けられる。格子162は拡張する光のコーンによって照明されるので、縞の周期 T は一般に下式（3）によって示されるように、格子からの距離の関数となる。

【0029】

$$T = \frac{(z_0 + z_1) * P}{z_0} = \frac{(2z_0 + e) * P}{z_0} = KP \quad (3)$$

【0030】

式（3）において、 z_0 は光源112とスケール160との間の光路長であり、 z_1 はスケールと検出器アレイ120との間の光路長であり、 P は格子の周期であり、 e は光源112と検出器アレイ120との間のオフセット（即ち、 z_0 と z_1 との間の差）であり、 K はスケール係数である。

【0031】

式（3）から判るように、光源と格子との間の距離（ z_0 ）が検出器アレイと格子との間の距離（ z_1 ）に等しい特別な場合には（即ち、 $e = 0$ ）、スケール係数 K は2となり

、それ故干渉縞の周期 T は常に格子の周期 P の 2 倍も大きな一定値に等しい（即ち、 $T = 2P$ ）。上述したように、光源 112 の上部発光面が検出器アレイ 120 とほぼ共平面であることが好ましいので、この発明により構成されたエンコーダでは、光源と格子との間の距離（ z_0 ）は、格子と検出器アレイとの間の距離（ z_1 ）にほぼ等しい。従って、エンコーダ 100 では、検出器アレイ 120 に入射する縞の周期 T は常に定数 $2P$ にほぼ等しい。

【0032】

動作時に、スケール 160 がセンサヘッド 110 に対して図 2A に示された矢印 A - A 方向に相対移動すると、検出器アレイ 120 に入射する縞パターンは、検出器アレイ 120 を矢印 A - A 方向に横切って移動する。検出器アレイを横切る入射縞パターンの移動は、入射縞パターンと検出器アレイとの間の位相角の変化と等価である。検出器アレイ 120 とそれに関連した信号処理器 190 とはこの位相角をモニタし、それによってスケール 160 に対するセンサヘッド 110 の相対位置をモニタする。

【0033】

検出器アレイは、検出器アレイと該検出器アレイに入射した縞パターンとの間の位相角の測定を容易にするように構成された複数の光検出器のアレイとして構築されることが好ましい。参照によって組み込まれた「高調波抑制光検出器アレイ」なる名称の共出願中の米国特許出願第 60 / 316, 121 号 [代理人整理番号 MCE - 018 (111390 - 140)] は、検出器アレイ 120 の実施に使用され得るいくつかの検出器アレイを開示している。しかしながら、アレイと入射縞パターンとの間の位相角の測定を可能にする検出器アレイであれば、如何なるものでも検出器アレイ 120 の実施に使用され得る。検出器アレイ 120 によって発生された出力信号は信号処理器 190 に入力される。信号処理器 190 は検出器アレイ 120 と該アレイ 120 に入射した縞パターンとの間の位相角を表す出力信号を発生することが好ましい。

【0034】

図 6 は図 2B に示された図と同様にセンサヘッド 110 の上面を示す図であるが、図 6 は追加された詳細を示している。図示のように、検出器アレイ 120 は、それぞれが線 L - L 方向に（即ち、光検出器の長さ方向に沿って）延びた長軸と、線 W - W 方向に（即ち、光検出器の幅方向に沿って）延びた短軸とを有する複数の矩形光検出器を含んでいる。検出器アレイ 120 は、4 ピン・アルゴリズムで使用されるために構成されていることが好ましい。従って、アレイ中の光検出器は、4 つのボンディングパッド 121 に電氣的に接続されていることが好ましい。処理回路 190（図示せず）は、ボンディングパッド 121 に電氣的に接続されている。これは、アレイ 120 のモニタを可能にするためである。光源 112 は、2 つのボンディングパッド 113 に電氣的に接続され、そしてそこに印加される電氣的信号によって制御されることが好ましい。VCSEL 112 の開口 114 もまた図 6 に示されている。VCSEL によって放射された全ての光は、この開口を通過する。

【0035】

これもまた図 6 に示されているように、インデックス検出器 140 は、中央光検出器 142 と、この中央光検出器 142 の両側に配設された 2 つの端部光検出器 144 とを含む 3 セル構成で実施されることが好ましい。中央光検出器 142 は、ボンディングパッド 143 に電氣的に接続されている。端部光検出器 144 のそれぞれは、ボンディングパッド 145 に電氣的に接続されている。処理回路 190（図 6 には示されていない）は、ボンディングパッド 143, 145 に電氣的に接続されている。これは、インデックス検出器 140 のモニタを可能にするためである。中央光検出器 142 は光源 112 と好ましく整列されているので、開口 114 から線 L - L と平行に延びた線は中央光検出器 142 を二分する。

【0036】

図 1 を参照すると、光源 112 から放射された発散性光コーン 102 が DOE 166 を照明しているように示されている。ここで認められるべき点は、スケール 160 とセンサ

10

20

30

40

50

ヘッド 110 の一方が他方に対して図 2 A に示された矢印 A - A 方向に移動されるときに、DOE 166 が光コーン 102 に出入りするということである。DOE 166 が光コーン 102 によって照明されているときに、DOE 166 はコーン 102 からの光をインデックス検出器 140 へ向けて回折する。DOE 166 はアナモルフィックゾーン板レンズを使用して実施されることが好ましい。DOE 166 は、光コーン 102 によって照明されているときに、光源 112 の「線像」を発生することが好ましい。即ち、DOE 166 は、「光の線」を回折してインデックス検出器 140 に戻すことが好ましい。DOE 166 によって発生され、センサヘッド 110 に入射した線像は、図 6 に示す線 L - L とほぼ平行であることが好ましい。

【0037】

10

明瞭にするために、1つのDOE 166だけが図1のスケール160に示されている。しかしながら、図2Cおよび3Aに示されているように、スケール160は、格子162の両側に配設された2つのDOE 166を含むことができる。スケール160に到達する光のコーン102は、格子162の一部とDOE 166の1つを照明するに十分な大きさであることが好ましい。しかしながら、2つのDOE 166がスケール160に含まれる場合、スケール160とセンサヘッド110は、エンコーダ100を形成するときの方位に関係なく組み立てられる。即ち、スケール160が2つのDOE 166を含む場合は、スケール160が正しく設置されているか逆さまに設置されているかに関係なく、DOE 166の1つは光コーン102によって照明される。スケール160は、対称的に配設されていない2つのDOE 166を含むこともできる（例えば、1つのDOEはスケールの中心付近に配設され、もう1つのDOEはスケールの端部付近に配設されている）。

20

【0038】

動作時にスケール160とセンサヘッド110の一方は他方に対して（図2Aに示された矢印A - A方向に）移動させられるので、DOE 166によって発生された線像はインデックス検出器140を横切るように掃引する。スケール160がセンサヘッド110に対して矢印A - A方向に距離Dだけ移動すると、DOE 166によって発生された線像はKDに等しい距離だけセンサヘッド110を横切って移動する。ここで、Kは式(3)からのスケール係数である。それ故、eが0である場合（即ち、式(3)に記述されているようにZ₀がZ₁に等しい場合）については、スケール160がセンサヘッド110に対して変位させられているので、DOE 166によって発生された線像は、スケールが移動する速度の2倍の速度で、センサヘッド110を横切るように移動する。DOE 166によって発生された線像は、DOE 166が直接光源112を超える時（即ち、エンコーダが図1に示すように構成される時）にのみ、インデックス検出器140の中央光検出器142に中心をもつ。処理回路190は、インデックス検出器140に入射する光を表す出力信号を発生する。この出力信号はインデックス信号と呼ばれることもある。このインデックス信号は、DOE 166によって発生された線像がインデックス検出器140を横切って掃引する毎のパルスによって特徴付けられることが好ましい。ここで認められるべき点は、そのようなパルスが、スケール160とセンサヘッド110の相対方位のインデックス点（即ち基準点）測定値を与えるということである。検出器アレイ120によって発生される、スケール160とセンサヘッド110との間の距離または変位の測定値は、相対測定値である。これは、アレイ120に入射した縞パターンが周期的信号であるからである。しかしながら、DOE 166によって発生された線像は、光源120とDOE 166とインデックス検出器140が全て1つの特別な方位にあるときにのみ、インデックス検出器140に入射する。これ故に、インデックス信号は、基準測定値を与えるのである。

30

40

【0039】

処理回路190は、種々のアルゴリズムを使用してインデックス信号を発生する。インデックス検出器140によって発生される出力信号は、光源の強度変化や、迷光や、センサヘッド110とスケール160の不整合によって変化することがあるが、処理回路190は、このような変化に反応しないアルゴリズムを使用することが好ましい。このインデ

50

ックス信号は、D O E 1 6 6 によって回折された線像がインデックス検出器 1 4 0 を横切って掃引する毎のパルスによって特徴付けられる。このパルスの幅は、格子 1 6 2 の周期 P にほぼ等しいことが好ましい。そのようなパルス幅によって、このパルスは、格子 1 6 2 によって発生されたパターンの単一編を独特に識別するか、それに対応することができる。1 つの好ましい実施形態では、(図 6 に示された線 W - W の方向に測定されたように) 中央光検出器 1 4 2 の幅は、格子 1 6 2 の周期 P の 2 倍にほぼ等しい。この実施形態では、インデックス信号は、D O E 1 6 6 によって発生された線像の中心が中央光検出器 1 4 2 に入射するときにはいつでも高いことが好ましく、また他の全ての時は低いことが好ましい。

【 0 0 4 0 】

図 7 は、線像 7 0 0 が矢印 7 0 2 によって示されるようにアレイを左から右へ横切って移動するときに、インデックス検出器 1 4 0 によって発生される出力信号の一般的な形状を示している。曲線 A は、線像 7 0 0 が光検出器上を移動するときに、左端光検出器 1 4 4 によって発生される出力信号の形状を示している。曲線 B は、線像 7 0 0 が光検出器上を移動するときに、中央光検出器 1 4 2 によって発生される出力信号の形状を示している。最後に、曲線 C は、線像 7 0 0 が光検出器上を移動するときに、右端光検出器 1 4 4 によって発生される出力信号の形状を示している。未処理の出力信号 A , B , C からインデックス信号を発生するための 1 つの好ましい方法は、処理回路 1 9 0 が下式 (4) に従って信号 S_1 および S_2 を発生することである。

【 0 0 4 1 】

$$S_1 = -A + 2B - C \quad (4)$$

$$S_2 = A - 2B + C$$

【 0 0 4 2 】

図 7 はまた、図 7 に示された未処理信号 A , B , C から式 (4) に従って発生された信号 S_1 および S_2 を示している。式 (4) から明らかな点は、両信号 S_1 および S_2 が迷光とは無関係であるということである。これは、インデックス検出器 1 4 0 の 3 つ全ての光検出器に入射する光が減算されるか、 S_1 および S_2 に貢献しないためである。

【 0 0 4 3 】

図示のように、信号 S_1 は一般に、線像 7 0 0 の中心が中央光検出器 1 4 2 に入射したときに、正のピークを有する。加えて、信号 S_1 は、線像における固有の回折効果をトレース可能な多数のサイドローブまたはリングングを有する。同様に、信号 S_2 は一般に、線像 7 0 0 の中心が中央光検出器 1 4 2 に入射したときの負のピークと、線像における回折効果からの多数のサイドローブを有する。信号 S_1 および S_2 からインデックス信号 (index signal) を発生するための 1 つの好ましい方法が下式 (5) に示されている。

【 0 0 4 4 】

$$\text{index signal} = \begin{cases} 1 & \text{when } S_1 > (S_2 + O) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

【 0 0 4 5 】

式 (5) において、O は一定のオフセットであり、これは S_1 および S_2 中の予測サイドローブピークよりも大きいことが好ましく、また S_1 の最小予測最大値よりも小さいことが好ましい。

【 0 0 4 6 】

図 7 はまた、式 (5) によって発生されるインデックス信号 (INDEX SIGNAL) を示している。図示のように、このインデックス信号は、D O E 1 6 6 によって発生される線像の中心が中央光検出器 1 4 2 に入射するときに、1 または高い値であり、他の全ての時に 0 または低い値であるという所望の特徴を有する。そのようなインデックス信号は、D O E 1

10

20

30

40

50

66によって発生される線像がインデックス検出器140を横切って掃引する毎のパルスによって特徴付けられる。

【0047】

式(5)の使用はインデックス信号を発生する好ましい方法ではあるが、ここで認められるべき点は、他の方法も同様に使用できるということである。例えば、信号 S_1 が一定の選択値よりも大きいときはいつでも、インデックス信号を単純に高い値に設定することができる。

【0048】

端部光検出器144の幅は、中央光検出器142の幅と等しいことが好ましい。このことにより、迷光が信号 S_1 および S_2 に確実に貢献しなくなる。しかしながら、ここで認められるべき点は、他の実施形態では、端部光検出器144の幅が中央光検出器142の幅と異なることができる。中央光検出器142と異なる幅の端部光検出器144を使用する1つの利点は、そのような構成が、線像の回折効果を平均化することによって、信号 S_1 および S_2 のサイドローブを減少できる点にある。また検出器の幅や間隔を調整すると、端部光検出器からの信号のリングングを中央光検出器からの信号のリングングと相殺することが可能になる。このような方法が使用される場合、式(4)中の未処理信号の重み付けは、信号 S_1 および S_2 が依然として迷光に反応しないように、変更されることが好ましい。更に異なる実施形態では、インデックス検出器140は、中央光検出器142だけを使用することによって、かつ端部光検出器144を省略することによって、構成できる。しかしながら、このような方法は好ましいものではない。何故ならば、結果として生ずるインデックス信号が余りにも雑音や不整合に反応しやすくなるからである。

【0049】

図8はインデックス検出器140の別の実施形態を示している。この実施形態では、検出器140は2つの2セル検出器140Aおよび140Bを含む。2セル140Aは、中央検出器142と、左端検出器144とを有する。2セル140Bは、中央検出器142と、左端検出器144とを有する。2つの2セルは好ましく位置決めされているので、光源120から線L-L方向に延びる線は、図6に示すように、両2セル140Aおよび140Bの中央検出器142を二分する。ここで認められるべき点は、2セル140A、140Bを使用して上式(4)に従って信号 S_1 および S_2 が簡単に発生されるということである。例えば、2つの中央検出器142によって発生された出力信号を加算し、そしてその和から2つの端部検出器144によって発生された出力信号を減算することによって、信号 S_1 は単純に発生される。

【0050】

図9は、この発明により構成された回折光学式エンコーダ100の好ましい実施形態の端面図である。図9は、図2Aに示された線2D-2Dの方向に見たエンコーダ100の図を示している。図2Dと図9との主な違いは、図9ではセンサヘッド110が格子160に対して(ほぼ平行である代わりに)傾いて示されている点である。より具体的には、センサヘッド110は、スケール160の移動方向にほぼ平行なく(即ち、図2Aに示された線2A-2Aに平行な)軸を中心として傾いている。エンコーダ100の好ましい実施形態は、図9に示された傾斜を含む。図9に示すようにセンサヘッド110をスケール160に対して傾けると、少なくとも2つの利点を与えられる。第1に、その傾きは、スケール160から反射されて光源120に戻る光の量を減少させる。第2に、その傾きは、検出器アレイ120およびインデックス検出器140に達する光の量を増加させ、かつバランスさせる。

【0051】

一般に、スケールから反射された光が光源112に入ることは望ましいことではない。第1に、好ましいVCSSEL光源でさえも、レーザ発振媒体に再び入る反射光によって悪い影響を受ける。第2に、レーザの放射面が幾分か反射性であるので、この面に達する光はスケール160に向けて反射される。この複合的に反射および/または回折された迷光は、適切に制御されていなければ、検出信号に外来成分を生じる。本発明では、光電平面

10

20

30

40

50

とスケールとの間の意図的な傾斜が、これら外来ビームを検出器から遠ざけるように選択されている。図9に示すようにスケールに対してセンサヘッド110を傾けると、効果的に(1)スケールから反射された光が光源112に再入射することを防止するか、そのような光の量を有意に減少させ、また(2)光源から反射された光が検出器に達しないようにすることを確実にするか、そのような光の量を有意に減少させる。

【0052】

センサヘッド110とスケール160の間に傾斜を導入する第2の機能は、検出器に到達する光のレベルを増加し、バランスさせることである。センサヘッド110は傾いていて、鏡面反射した光のコーンのピーク強度を検出器アレイ120とインデックス検出器140とのほぼ中間に位置させることが好ましい。このことにより、2つの検出器領域120, 140に入射する光の量は最大化される一方で、両領域上の光強度の低下は最小化される。

10

【0053】

上述したように、光源112とスケール160との間の光路長が、スケール160と検出器アレイ120との間の光路長にほぼ等しくなるように、エンコーダ100を構成することは有利である。そのようにすることで、検出器アレイ120に入射する縞パターンの周期は、センサヘッド110とスケール160との間の距離と確実に無関係になる。光源112が(図1に示されるように)、センサヘッド110の平面に直交した方向に光を放射するVCSELとして実施される時、検出器アレイ120の上面を光源112の放射面と共平面にすることによって、これらの光路長を等しくすることが達成できる。しかしながら、光源と光検出器はそれぞれ特別な厚みによって典型的に特徴付けられるので、実際にこれらの表面を共平面にすることは難しい。

20

【0054】

図10Aは、これらの表面を共平面にするための1つの技術を示している。図10Aに示されるように、トレンチ900がセンサヘッド110の基板111中にエッチングによって形成されている。検出器アレイ120の光検出器か光源112のいずれかが、トレンチ900内にボックス910で示されるように配設される。ここで認められるべき点は、そのようなトレンチを使用すると、検出器アレイ120と光源112の厚さの差を補償できるということである。トレンチ900のようなトレンチは、基板111を機械加工することによって、あるいはフォトリソグラフィ技術を使用することによって設けられる。

30

【0055】

図10Bは、これらの表面を共平面にするためのもう1つの技術を示している。図10Bに示されるように、スペーサ912がセンサヘッド110の基板111の上面に配設されている。ボックス910で示されるように、検出器アレイ120の光検出器か光源112のいずれかが、そのようなスペーサ上に配設される。所望厚みのスペーサ912のようなスペーサは、基板111上に、例えば材料体積によって形成されるか、予め形成されたスペーサを基板111の上面に接着することによって形成される。

【0056】

図10Cおよび10Dは、VCSELの代わりにエッジ放射レーザダイオードを使用して、如何にして光源112が実施できるかを示している。それらはまた、光源112とスケール160の間の光路長を、スケール160と検出器アレイ120の間の光路長に等しくするための他の戦略を示している。図10Cでは、光源112は、センサヘッド110の上面に基本的に平行な方向に光を放射するエッジ放射レーザダイオードを使用して実施されている。この実施形態では、センサヘッド110はまた、光源112の光路に配設された反射ミラー920を含んでいる。ミラー920は、光源112によって放射された光のコーンを、スケール(図示せず)に向けて上向きに反射する。図10Dでも、光源112はエッジ放射レーザダイオードを使用して実施されている。この実施形態の光源は、センサヘッド110の基板111に設けられたトレンチ900内に配設されている。トレンチ900の1つのエッジ903は反射性に形成されている。このため、エッジ903は、光源112によって放射された光のコーンを、スケール(図示せず)に向けて上向きに反

40

50

射する。ここで認められるべき点は、ミラー 920 や反射性エッジ 903 は、米国特許第 6,188,062 号に開示されているように、反射性プリズムやエッチングされた折り畳みミラーを使用して実施できるということである。図 10C および 10D に示された配置はそれぞれ、光源 112 とスケールとの間の光路長に影響を与える。ここで認められるべき点は、そのような配置は、光源 112 とスケールの間の光路長をスケールと検出器アレイ 120 の間の光路長に等しくすることに使用できるということである。

【0057】

この代わりに、光源 112 とスケール 160 の間の光路 (Z_0) をスケール 160 と検出器アレイ 120 の間の光路 (Z_1) に等しくするための図 10A ~ 10D で示唆されたトレンチやスペーサを使用するコストを回避するために、等しい光路長を有する概念と、スケールと検出器アレイとの間の距離とは無関係な縞周期とを放棄することができる。そのような場合、検出器アレイ 120 に入射した縞の周期 T は、格子の周期 P と比例し、そして上式 (3) によって与えられる。そのようなエンコーダを設計するとき、スケールと検出器アレイとの間のスケール係数を校正すること、並びにそのエンコーダを最適化することが望ましい。

10

【0058】

理想的な場合、即ち z_0 と z_1 が等しく、かつ他の不整合がない場合には、エンコーダのスケール係数はほぼ 2 に等しい (即ち、検出器アレイに入射した縞の周期 T が格子の周期 P の 2 倍に等しいので)。しかしながら、実際には、この発明によって構成された光学式エンコーダに関連する実際のスケール係数は、確実に等しくではないが、2 に近づく傾向がある。一般にスケール係数が確実に 2 に等しくはならない理由は、十分正確に成分を測定すること、並びに z_0 を確実に z_1 に等しくするに十分精密にスペーサ/トレンチを製造することが困難だからである。また不整合のような他の要因もスケール係数を理想値の 2 から変動させることに貢献する。最後に、光学式エンコーダにとって好ましいスケール係数は、縞または検出器周期の実際の値に直接関係することなく、最高精度の性能を与えるものである。

20

【0059】

この基準 (最良の精度) を与えることによって、この発明によって構成された光学式エンコーダのスケール係数を決定し、そして測定されたスケール係数の観点からそのエンコーダを校正するための好ましい方法が論ぜられる。校正センサヘッドと校正スケールが製造されることが好ましい。しかしながら、校正スケールは、ほぼ均一な周期によって特徴付けられるのではなく、むしろ格子 162 と同様の校正格子を有する (格子 162 がそうであることが好ましいように)。この校正格子はいくつかの異なる区分を有し、各区分は独特な周期によって特徴付けられる。1つの区分は設計周期 P で製造されている (例えば、 P は 20 ミクロンに等しい)。他の区分は、 P から僅かにずれた周期によって特徴付けられる。校正格子の種々の区分は、 P の約 0.5% に相当する漸増ステップで P の回りの周期範囲に広がっていることが好ましい。即ち、種々の区分は、約 P 、 $0.995P$ 、 $1.005P$ 、 $0.990P$ 等である周期を有する。本発明者は、 $\pm 3\%$ の周期の範囲が典型的に最適周期を含んでいることを観察している。勿論、当業者には明らかなように、最良性能がその範囲の端点で観察される場合は、より広い範囲となる新たな校正格子が製造されるべきである。校正の種々の区分は、共通基板上に空間的に分布され、かつ容易な識別と選択のために分離されているべきである。使用と整合を容易にするために、種々の区分の軸は平行となるべきである。校正センサヘッドは、設計点 $2P$ にほぼ等しい周期 T のアレイに入射した縞パターンの位相角を測定するために、(例えば、「高調波抑制光検出器アレイ」なる名称の米国特許出願第 60/316,121 号 [代理人整理番号 MCE-018(111390-140)] に記載されている方法の 1 つを使用して) 好ましく構成された校正検出器アレイを含んでいる。校正センサヘッドと校正スケールは、校正エンコーダを形成するように構成される (例えば、図 2A ~ 2D に示されるように)。

30

40

【0060】

校正エンコーダのエンコーダスケール係数が正確に 2 に等しい場合 (そして他の変動効

50

果がない場合)、校正検出器アレイが周期 P によって特徴付けられる校正格子の区分で使用されるときに、校正エンコーダは最も精密な結果を与える。しかしながら、通常は校正検出器アレイが校正格子の他の区分で使用されるときに、最も精密な結果が与えられる。校正エンコーダは、校正格子の区分のそれぞれを使用してテストされることが好ましい。これは、校正格子のどの区分が最も精密な結果を与えるかを決定するためである。典型的には、各テストの精度は、格子運動の同時測定をなす変位真理センサとエンコーダ出力との間の rms (二乗平均) 差によって判定される。レーザ干渉計は、真理センサとしてうまく使用されている。

【0061】

校正エンコーダは、周期 P の格子で動作するように設計されているので、最も精密な結果は一般に周期 $F P$ の校正格子区分から得られる。従って、測定された校正係数 F は、操作用エンコーダの製造中に使用されるべきであると仮定できる。具体的には、操作用エンコーダが周期 $F P$ の格子を使用するか、検出器アレイ周期 T が T / F に修正されるべきである。

10

【0062】

この点において、校正スケールの代わりにスケール 160 を使用することによって、また校正センサヘッドの代わりにセンサヘッド 110 を使用することによって、この発明によるエンコーダが多数製造できる。この発明によるエンコーダを構成する1つの方法は、(1) 周期 $F P$ によって特徴付けられる格子 162 を有するスケールと、(2) $2 P$ にほぼ等しい周期 T によって特徴付けられる入射縞パターンの位相角を測定するために構成された検出器アレイ 120 を有するセンサヘッドとを使用することである。この方法の1つの問題は、格子 162 の周期 $F P$ が標準長さ単位 (即ち、ミクロンやミル) の整数になりそうもない点である。かくして、例えば、そのような格子の格子周期は、より典型的な 20 ミクロンの代わりに、20.2 ミクロンになることもある。従って、この発明によるエンコーダを構成するための好ましい方法は、(1) 周期 P によって特徴付けられる格子 162 と、(2) $2 P$ をスケール係数 F で割ったものにほぼ等しい周期を有する入射縞パターンの位相角を測定するために構成された検出器アレイ 120 を有するセンサヘッドとを使用することである。後者の方法は、この発明により構成されるどの世代のセンサヘッドでも、工業的な標準尺度と相互交換可能に使用できるようにするので、より好ましいものである。

20

30

【0063】

インデックス検出器 140 がエンコーダに含まれている場合に認められるべき点は、校正スケール係数によってインデックス検出器要素の幅を調整することもまた望ましいということである。例えば、インデックス検出器 140 の中央光検出器の幅を、格子 162 の周期 P をスケール係数 F で割ったものにほぼ等しくすることは有利である。

【0064】

図 11 A および 11 B は、この発明により構成されるエンコーダに組み入れられる付加的特徴を示している。図 11 A および 11 B はそれぞれ、図 2 A と同じ見地から見られた回折光学式エンコーダ 100 の側面図を示している。図 11 A は、センサヘッド 110 から上向きにスケール 160 に向かう発散性の光コーン 102 を示している。図 11 A はまた、スケール 160 の格子 162 によって回折されて下向きに検出器アレイ 120 に向かう3つの光ビームを示している。具体的に図 11 A は、左右の境界が参照符合 1000 によって示された0次ビームと、左右の境界が参照符合 1001 によって示された-1次ビームと、左右の境界が参照符合 1003 によって示された-3次ビームとを示している。図示のように、0次ビームと-1次ビームと-3次ビームは全て検出器アレイ 120 に入射する。ここで認められるべき点は、他のビーム (例えば、正の1次および3次、並びに正及び負の5次ビーム) もまた検出器アレイ 120 に入射するが、説明の便宜上、これらのビームは図 10 A には示されていないということである。図 11 A に示されたエンコーダに関する1つの問題は、多数の回折ビームが全て検出器アレイ 120 に入射し、これらビームの存在が検出器アレイ 120 に入射する結果的な干渉縞の質を劣化させる点である

40

50

。

【0065】

図11Bに示されたエンコーダ100は図11Aに示されたものと同様であるが、図11Bのエンコーダはマスク1010を付加的に含んでいる。図示のように、マスク1010は、スケール160に近接して、センサヘッド110とスケール160との間に配置されている。マスク1010はまた中央開口1012を規定する。マスク1010は、コーン102内の光のほとんどがスケール160に達することを防止する。即ち、開口1012を通過する光だけがスケール160に到達する。マスク1010は、吸収性素材によって作られていることが好ましい。これは、マスク1010に入射する光が単純に吸収され、センサヘッド110に向けて反射されることがないからである。マスク1010は、スケール160で回折されてスケールヘッド110に戻るビームの角度範囲を制限する利点がある。図11Bに示されたエンコーダでは、0次ビームおよび-1次ビームは検出器アレイ120に入射するが、-3次ビームは検出器アレイ120に入射しない。ここで認められるべき点は、3次ビームが検出器アレイ120に入射しない場合、全ての高次のビームもまた検出器アレイに入射しない（即ち、高次ビームは、図示の-3次ビームよりも検出器アレイ120の右または左に変位させられる）、ということである。従って、マスク1010は、検出器アレイ120に入射した干渉縞の質を、不要な高次ビームを除去することによって、有利に改良する。動作時に、マスク1010とセンサヘッド110は、互いに固定された関係にあることが好ましい。そして、スケール160は、センサヘッド110に対し（図11Bに示された構成で左右に）相対移動させられる。

【0066】

「高調波抑制光検出器アレイ」なる名称の米国特許出願第60/316,121号[代理人整理番号MCE-018(111390-140)]で論議されているように、好ましい検出器アレイは3次高調波には反応しない。また、50-50デューティサイクルによって特徴付けられる格子を使用すると、全ての偶数次のビームが検出器アレイ120に到達することを防止できる。従って、開口1012は、3次または4次ビームが検出器アレイに達しないことを確実にするように、小さいものである必要はない。開口1012は矩形であり、そしてその開口の幅は、5次回折ビームが検出器アレイ120に到達することを防止するに十分小さいことが好ましい。開口1012の高さは、コーン102からの光が格子162とDOE166の双方を照明するように選択されることが好ましい。

【0067】

この発明により構成されるエンコーダの1つの好ましい実施形態では、センサヘッド110とスケール160との間の距離dはほぼ4.7mmに等しく、光源112はVCSELを使用して実施され、そのコーン角度は約17度に等しく、VCSELによって放射される光の波長はほぼ850nmに等しく、センサヘッド110とスケール160との間の傾斜角度はほぼ8度に等しく、格子162の周期Pはほぼ20ミクロンに等しく、検出器アレイ120は40ミクロンにほぼ等しい周期を有する入射縞パターンをモニタするために構成されている。他の好ましい実施形態では、矩形開口1012は、0.4ミリメートルにほぼ等しい幅と1.2ミリメートルにほぼ等しい高さによって特徴付けられる。この矩形開口1012を規定するマスク1010は、センサヘッド110とスケール160との間に配設される。また、マスク1010は、250ミクロンにほぼ等しい距離だけ、スケール160から離されている。

【0068】

改良された回折光学式エンコーダを構成するいくつかの方法が開示されてきた。ここで認められるべき点は、これらの方法の1以上を組み入れることによって、いくつかのエンコーダがこの発明により構成されるということである。例えば、この発明により構成される1つのエンコーダは、インデックス検出器を含むが、マスクを含まない（例えば、図11Aおよび11Bに示すように）。同様に、この発明により構成される1つのエンコーダは、マスクを含むが、インデックス検出器を含まない。また、この発明により構成される1つのエンコーダは、マスクとインデックス検出器の双方を含む。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 9 】

ここに包含された発明の範囲から逸脱することなく、上記装置に対してある程度の変更がなされるので、上記の説明に含まれたり、添付の図面に示された全ての事項は、制限的なものではなく、説明的なものであると解釈されるべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 0 】

【 図 1 】 この発明により構成された回折光学式エンコーダの斜視図である。

【 図 2 A 】 この発明により構成された回折光学式エンコーダの側面図である。

【 図 2 B 】 図 2 A に示された線 2 B - 2 B の方向に見たセンサヘッドの上面図である。

【 図 2 C 】 図 2 A に示された線 2 C - 2 C の方向に見たスケールの図である。

10

【 図 2 D 】 図 2 A に示された線 2 D - 2 D の方向に見たエンコーダの端面図である。

【 図 3 A 】 この発明により構成された回折光学式エンコーダで使用するスケールの図である。

【 図 3 B - C 】 図 3 A に示されたスケールの一部の拡大図であって、この発明により構成された回折光学式エンコーダで使用するスケールを組み立てる異なる 2 つの手法を示す。

【 図 4 】 回折光学式エンコーダの側面図であって、スケールで回折されてセンサヘッドに向かうビームの一部を示す。

【 図 5 】 スケールから異なる距離にある干渉縞パターンを示す。

【 図 6 】 この発明により構成されたセンサヘッドのより詳細な上面の図である。

20

【 図 7 】 この発明により構成されたエンコーダのインデックス検出器によって発生された未処理信号のグラフと、これら未処理信号に応答してこの発明によって発生された信号のグラフを示す。

【 図 8 】 この発明により構成されたインデックス検出器の代替実施形態を示す。

【 図 9 】 この発明により構成された回折光学式エンコーダの端面図であり、センサヘッドはスケールに対して傾いている。

【 図 1 0 A - D 】 この発明による光源とスケールの間の光路長およびスケールと検出器アレイの間の光路長を等化するための異なる戦略を示す。

【 図 1 1 A 】 この発明により構成された光学式エンコーダにおいてスケールから回折されてセンサヘッドに向かうビームの一部を示す。

30

【 図 1 1 B 】 高次ビームが検出器アレイに到達することを防止するためのマスクを有する、この発明により構成された回折光学式エンコーダを示す。

【図 1】

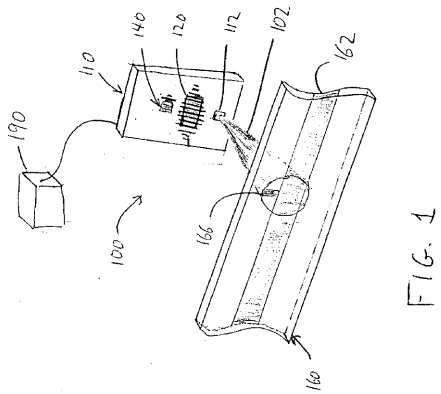


FIG. 1

【図 2 B】

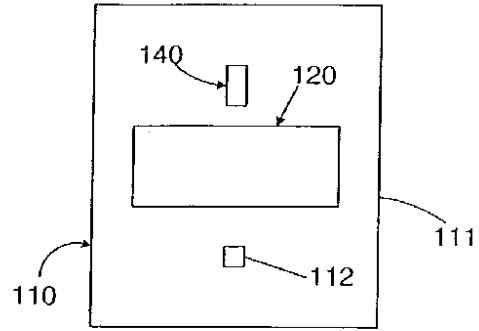


FIG. 2B

【図 2 A】

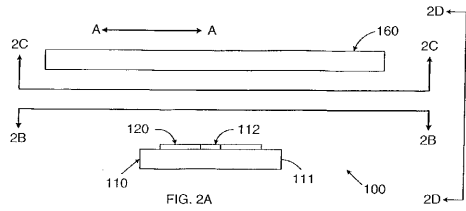


FIG. 2A

【図 2 C】

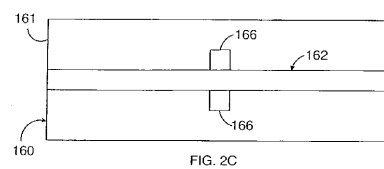


FIG. 2C

【図 2 D】

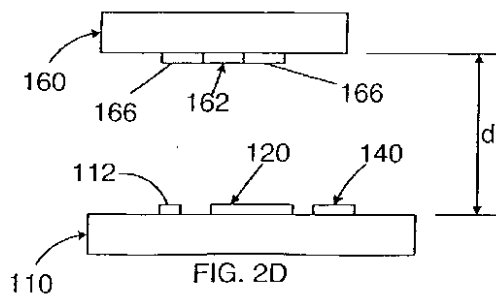


FIG. 2D

【図 3 A】

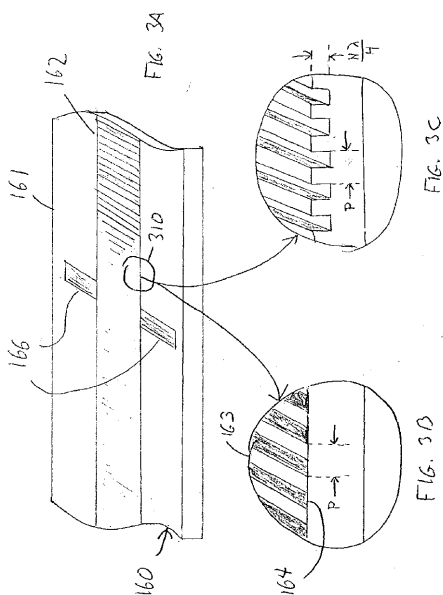
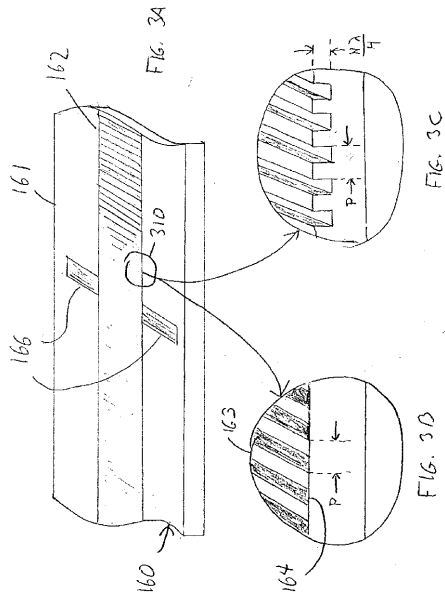


FIG. 3A

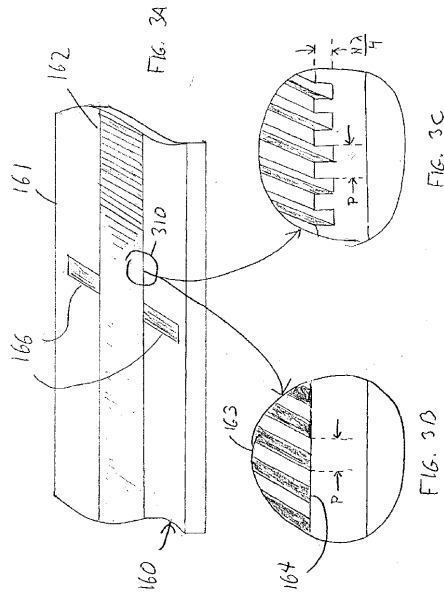
FIG. 3C

FIG. 3D

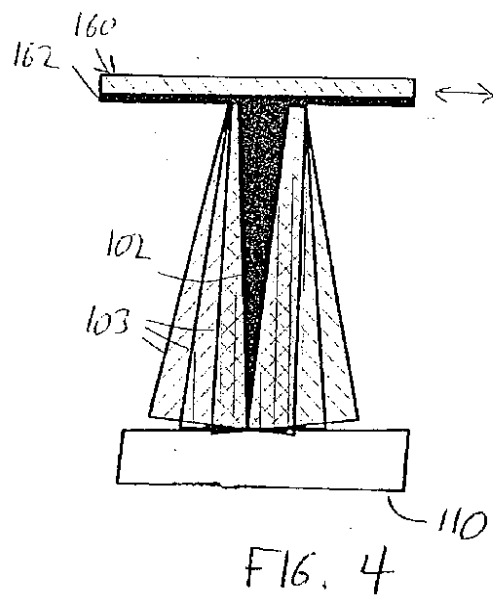
【図 3 B】



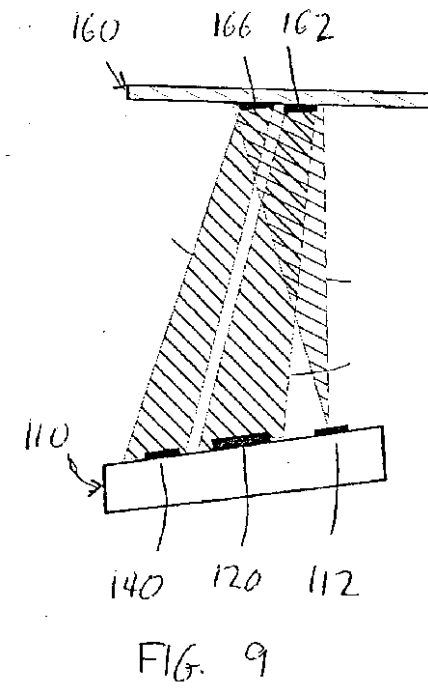
【図 3 C】



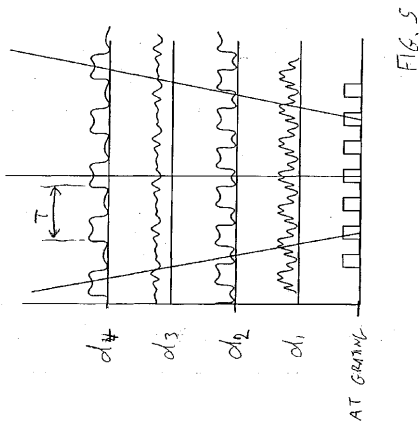
【図 4】



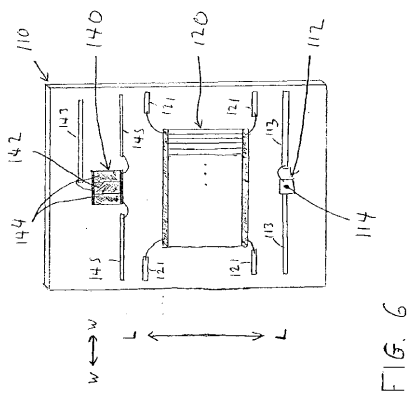
【図 9】



【図 5】



【図 6】



【図 8】

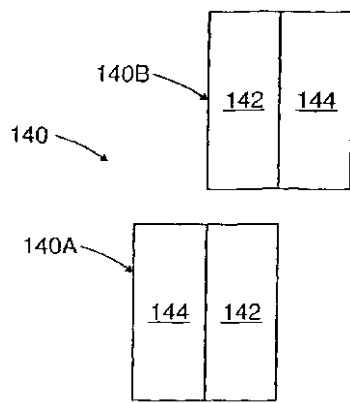


FIG. 8

【図 10 A】

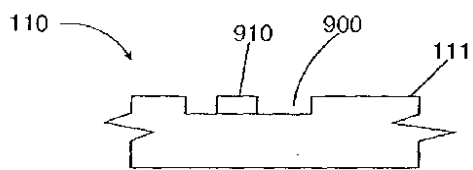


FIG. 10A

【図 7】

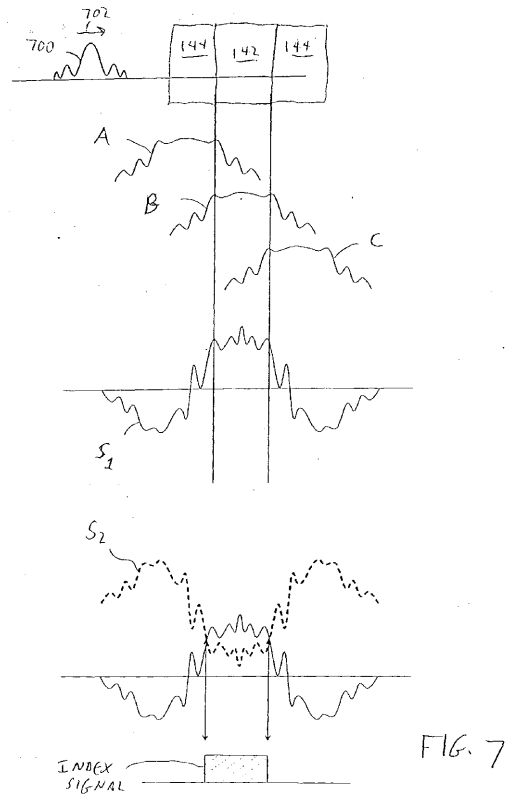


FIG. 7

【図 10 B】

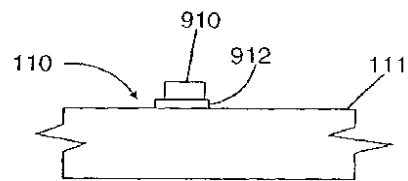


FIG. 10B

【図 10 C】

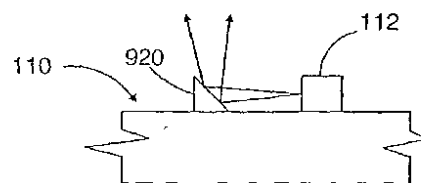
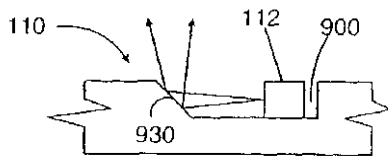
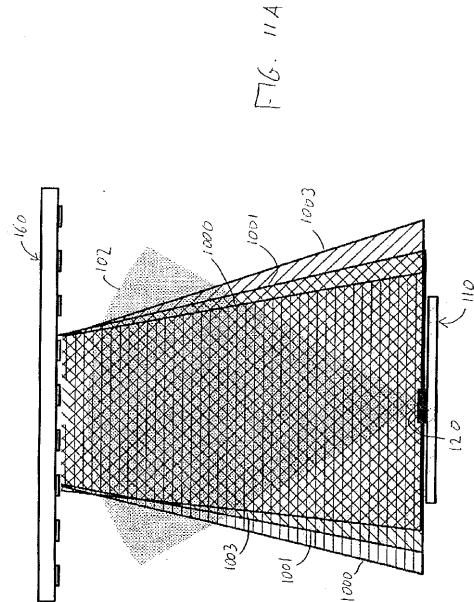


FIG. 10C

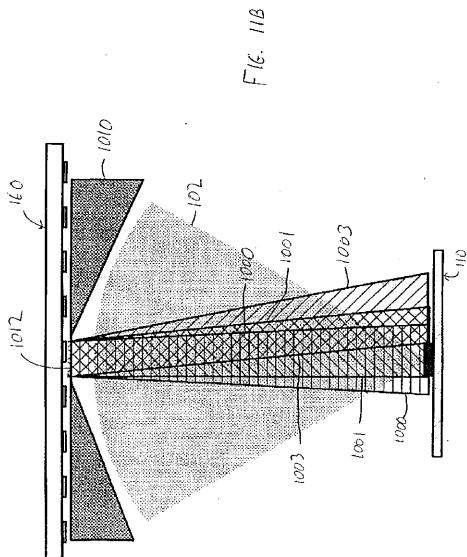
【 図 1 0 D 】



【 図 1 1 A 】



【 図 1 1 B 】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 02/25446

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01D5/38 G01D5/245

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 260 568 A (IEKI ATSUSHI) 9 November 1993 (1993-11-09) the whole document ---	1-13
X	US 5 534 693 A (KONDO HIROSHI ET AL) 9 July 1996 (1996-07-09) column 7, line 48 -column 8, line 6 ---	1,3
A	GB 2 246 430 A (MITUTOYO CORP) 29 January 1992 (1992-01-29) figures 5-7 ---	1,3
A	EP 0 895 239 A (HOETRON INC) 3 February 1999 (1999-02-03) cited in the application the whole document -----	1,4-7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 January 2003

Date of mailing of the international search report

03/02/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lloyd, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 02/25446

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5260568	A	09-11-1993	JP 2575931 B2	29-01-1997
			JP 4076419 A	11-03-1992
US 5534693	A	09-07-1996	JP 7027543 A	27-01-1995
GB 2246430	A	29-01-1992	JP 1187413 A	26-07-1989
			JP 1909851 C	09-03-1995
			JP 6038048 B	18-05-1994
			JP 1216213 A	30-08-1989
			JP 1861052 C	27-07-1994
			JP 5077967 B	27-10-1993
			GB 2246431 A ,B	29-01-1992
			CN 1036641 A ,B	25-10-1989
			CN 1058102 A ,B	22-01-1992
			DE 3901869 A1	17-08-1989
			GB 2216650 A ,B	11-10-1989
			IN 172342 A1	26-06-1993
			US 4943716 A	24-07-1990
			US 4985623 A	15-01-1991
			US 4983825 A	08-01-1991
EP 0895239	A	03-02-1999	US 5991249 A	23-11-1999
			EP 0895239 A2	03-02-1999
			JP 3025237 B2	27-03-2000
			JP 11120724 A	30-04-1999

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EE,ES,FI, GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,N Z,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZW

(72)発明者 トビー, ノーマン, ジェイ.

アメリカ合衆国 01730 マサチューセッツ州 ベッドフォード ハイデン レーン 32

(72)発明者 テアレ, メルビン, ジェイ. ジュニア.

アメリカ合衆国 02721 マサチューセッツ州 アシュランド アルゴンクイン トレイル
239

(72)発明者 キングベル, ダグラス, エー.

アメリカ合衆国 80503 コロラド州 ニウオット サセックス コート 7915 ダブリ
ュー.

(72)発明者 ケリハー, ラルフ, エー.

アメリカ合衆国 02459 マサチューセッツ州 ニュートン チェスナット テラス 25

Fターム(参考) 2F103 BA32 CA01 CA03 CA04 DA01 EA01 EB02 EB04 EB16 EB32