

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7201547号

(P7201547)

(45)発行日 令和5年1月10日(2023.1.10)

(24)登録日 令和4年12月26日(2022.12.26)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 D 5/347(2006.01)

G 0 1 D 5/347 1 1 0 T

G 0 1 D 5/38 (2006.01)

G 0 1 D 5/38 G

請求項の数 9 外国語出願 (全20頁)

(21)出願番号 特願2019-129096(P2019-129096)
 (22)出願日 令和1年7月11日(2019.7.11)
 (65)公開番号 特開2020-20788(P2020-20788A)
 (43)公開日 令和2年2月6日(2020.2.6)
 審査請求日 令和4年2月10日(2022.2.10)
 (31)優先権主張番号 10 2018 212 719.0
 (32)優先日 平成30年7月31日(2018.7.31)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 ドイツ(DE)

(73)特許権者 390014281
 ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・
 ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンク
 テル・ハフツング
 DR. JOHANNES HEIDEN
 HAIN GESELLSCHAFT M
 IT BESCHRANKTER HAF
 TUNG
 ドイツ連邦共和国、8 3 3 0 1 トラウ
 ンロイト、ドクトル・ヨハネス・ハイデ
 ンハイン・ストラッセ、5
 (74)代理人 100069556
 弁理士 江崎 光史
 (74)代理人 100111486
 弁理士 鍛冶澤 實

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学式エンコーダ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも1つの測定方向に沿って相対可動である2つの物体の相対間隔を干渉測定するための光学式エンコーダであって、1つの光源から出射した光束が、少なくとも2つの部分光束に分割され、その後に当該光束は、分離された複数の光路上で1つ以上の回折格子に当たり、間隔に依存して位相シフトされる当該光学式エンコーダにおいて、

複数の前記部分光束 (TS__A, TS__B) が、1つの混合回折格子 (MG; 1 3 5 ; 2 3 5 ; 3 3 5) で重畳され、次いで、干渉し合う少なくとも3対の部分光束 (TS__A, TS__B) が、異なる空間方向に伝播し、さらに、干渉し合う各対の部分光束 (TS__A, TS__B) が、前記混合回折格子 (MG; 1 3 5 ; 2 3 5 ; 3 3 5) によって1つの検出器素子 (D 1, D 2, D 3 ; 1 2 5 ; 2 2 5 ; 3 2 5) に向かって集束する結果、位相シフトされ位置に依存する少なくとも3つのインクリメンタル信号が、複数の前記検出器素子 (D 1, D 2, D 3 ; 1 2 5 ; 2 2 5 ; 3 2 5) によって検出可能であること、及び前記混合回折格子 (MG; 1 3 5 ; 2 3 5 ; 3 3 5) は、n段形状の透過型位相回折格子として構成されていて、この混合回折格子 (MG; 1 3 5 ; 2 3 5 ; 3 3 5) のステップ高さ (h) に対して、

$$h = \lambda / (n \cdot (n_1 - n_2))$$

が成立し、ここで、

h := ステップ高さ

λ := 光波長

$n := 2, 3, 4, \dots$

$n1 :=$ 回折格子ウェブの屈折率

$n2 :=$ 回折格子ギャップの屈折率

であることを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 2】

前記混合回折格子 (MG ; 1 3 5 ; 2 3 5 ; 3 3 5) 上に入射する 2 つの部分光束 (TS__A, TS__B) が、0 次の回折次数と + / - 1 次の回折次数と + / - 2 次の回折次数とに少なくとも一回回折され、0 次 / - 2 次の回折次数と + 1 次 / - 1 次の回折次数と 0 次 / + 2 次の回折次数との対を成して干渉し合う部分光束が、複数の前記検出器素子 (D1, D2, D3 ; 1 2 5 ; 2 2 5 ; 3 2 5) の方向に伝播することを特徴とする請求項 1 に記載の光学式エンコーダ。

10

【請求項 3】

前記混合回折格子 (MG ; 1 3 5 ; 2 3 5 ; 3 3 5) は、

【数 1】

$$\varphi(x, y) = \frac{2\pi}{n} \text{Round} \left(\frac{n \cdot \text{atan2}(\text{Im}(T(x, y)), \text{Re}(T(x, y)))}{2\pi} \right)$$

にしたがう位相関数 $\phi(x, y)$ を有する n 段形状の透過型位相回折格子として構成されていて、ここで、

$\phi(x, y) :=$ 透過型位相回折格子の位相関数

$x, y :=$ 透過型位相回折格子の平面内の位置座標

$n := 2, 3, 4, \dots$; 透過型位相回折格子の段数

$T(x, y) :=$ 混合回折格子の伝達関数

であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学式エンコーダ。

20

【請求項 4】

— 前記 2 つの物体のうちの一方の物体が、平坦な測定反射器 (1 1 0) に結合されていて、

— 他方の前記物体が、走査装置 (1 2 0) に結合されていて、前記測定反射器 (1 1 0)

に対して 1 つの測定方向 (z) に沿って相対可動に配置されていて、この測定方向 (z)

は、前記測定反射器 (1 1 0) に対して直角に配向されていて、

— 前記走査装置 (1 2 0) は、以下の構成要素である

— 少なくとも 1 つの光源 (1 2 1) と、

— 複数の検出器素子 (1 2 5) と、

— 前記混合回折格子 (1 3 5) と、

— それぞれ一次元の反射型回折格子として構成されている複数の偏向素子 (1 3 3 a, 1 3 3 b, 1 3 4 a, 1 3 4 b) と、

— 一次元の透過型回折格子として構成されている少なくとも 1 つの分割素子 (1 3 2) とを有することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の光学式エンコーダ。

30

【請求項 5】

前記走査装置 (1 2 0) は、角錐台形の横断面を成す透過性キャリア本体 (1 3 7) を

有し、前記分割素子 (1 3 2) が、この透過性キャリア本体 (1 3 7) の測定反射器 (1

1 0) に面した面に配置されていて、少なくとも 4 つの偏向素子 (1 3 3 a, 1 3 3 b,

1 3 4 a, 1 3 4 b) が、この透過性キャリア本体 (1 3 7) の複数の側面に配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の光学式エンコーダ。

40

【請求項 6】

— 前記光源 (1 2 1) から出射した光束が、前記分割素子 (1 3 2) で 2 つの部分光束に分割され、当該两部分光束が、前記測定反射器 (1 1 0) の方向に伝播し、

— これらの部分光束は、前記測定反射器 (1 1 0) から前記走査装置 (1 2 0) 内の第 1 偏向素子 (1 3 3 a) と第 2 偏向素子 (1 3 3 b) との方向に戻り反射され、これらの部分光束は、この第 1 偏向素子 (1 3 3 a) とこの第 2 偏向素子 (1 3 3 b) とで第 3 偏向素子 (1 3 4 a) と第 4 偏向素子 (1 3 4 b) の方向に偏向され、

50

－これらの部分光束は、前記第3偏向素子（134a）と前記第4偏向素子（134b）とによって前記測定反射器（110）へ偏向され、

－これらの部分光束は、前記測定反射器（110）から前記走査装置（120）内の前記混合回折格子（135）の方向に戻り反射され、これらの部分光束は、この混合回折格子（135）で重畳され、次いで干渉し合う3対の部分光束が、3つの検出器素子（125）に向かって異なる空間方向に集束されるように、当該複数の構成要素は構成されていて且つ配置されていることを特徴とする請求項4に記載の光学式エンコーダ。

【請求項7】

－前記2つの物体のうちの一方の物体が、スケール本体（210；310）に結合されていて、

－他方の前記物体が、走査装置（220；320）に結合されていて、前記スケール本体（210；310）に対して1つの測定方向（x）に沿って相対可動に配置されていて、この測定方向（x）は、前記スケール本体（110）の面に対して平行に配向されていて、

－前記走査装置（220；320）は、以下の構成要素である

－少なくとも1つの光源（221；321）と、

－複数の検出器素子（225；325）と、

－前記混合回折格子（235；335）、と

－それぞれ一次元の反射型回折格子として構成されている複数の走査回折格子（233；333.1，333.2，333.3，333.4）とを有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の光学式エンコーダ。

【請求項8】

前記走査装置（220；320）は、1つの透過性走査板（237；337）をさらに有し、前記混合回折格子（235；335）及び／又は前記走査回折格子（233；333.1，333.2，333.3，333.4）が、この透過性走査板（237；337）の上面及び／又は下面に配置されていることを特徴とする請求項7に記載の光学式エンコーダ。

【請求項9】

1つ以上の反射素子（336，338）が、前記走査板（337）の上面に配置されていて、これらの反射素子（336，338）の反射面がそれぞれ、前記スケール本体（310）の方向に配向されていて、前記混合回折格子（335）及び前記走査回折格子（333.1，333.2，333.3，333.4）が、前記下面に配置されていることを特徴とする請求項8に記載の光学式エンコーダ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、相対移動する2つの物体の相対位置を高精度に測定するために適している光学式エンコーダに関する。

【背景技術】

【0002】

いわゆる三次元測定システムとして構成されている光学式エンコーダが、従来の技術から公知である。当該三次元測定システムは、少なくとも1つの測定方向に沿って相対可動である2つの物体の相対間隔を干渉測定するために使用される。この場合、1つの光源から出射した光束を分割した複数の部分光束が、分離された複数の光路を通過し、1つ以上の回折格子に当たる。この場合、これらの部分光束が、1つの結合素子上で干渉し合って結合する前に、これらの部分光束は、間隔に依存して位相シフトされる。次いで、再重畳後に、干渉し合う少なくとも3対の部分光束が、異なる方向にさらに伝播し、集束素子によってそれぞれ1つの検出器素子に向かって集束する。その結果、位置に依存し位相シフトされている少なくとも3つのインクリメンタル信号が、当該検出器素子によって検出可能である。

【0003】

10

20

30

40

50

このようなエンコーダでは、一般に、走査光路中の最後の透過回折格子が、結合素子として機能する。大抵は、この回折格子は、一定の空間周波数を有する線形の透過型位相回折格子として構成されている。対を成して干渉し合う回折次数間の希望した位相シフト又は位相関係が、当該結合素子によって調整される。このため、通常は、透過型位相回折格子の回折格子パラメータであるウェブ幅及び移動偏移が適切に選択される。これに関しては、例えば欧州特許出願公開第163362号明細書を参照のこと。したがって、例えば適切な回折格子パラメータを選択することで、それぞれ120°だけ位相シフトした複数のインクリメンタル信号が、3つの検出器素子上に生成され得る。これらのインクリメンタル信号は、0次/−2次の回折次数と+1次/−1次の回折次数と0次/+2次の回折次数とにおける対を成して干渉し合う部分光束に由来する。

10

【0004】

一般に、当該検出器要素の方向に伝播する対を成す部分光束は、数ミリメートルの直径を有する。その結果、多くの場合、当該結合素子の選択された回折格子定数に関連して、当該結合素子と当該検出器要素との間の間隔が、対応するエンコーダの許容される寸法を超える。さらに、個々の検出器要素の光検知面がそれぞれ、所定の最小の寸法を有する必要がある点に留意すべきである。しかし、このことは、当該検出器要素中で発生する静電容量と、当該エンコーダの遮断周波数とに関して望ましくないことが実証されている。それ故に、一方では当該エンコーダの寸法をコンパクトに保持するため、他方では当該検出器要素の光検知面を可能な限り小さくできるようにするため、このようなエンコーダでは、大抵は、集束素子が、当該結合素子の後方に配置されている。当該検出器要素が、この集束素子の結像側の焦点面内に配置されている。この場合、一般に、この集束素子は、特定の必要スペースを必要とする屈折レンズとして構成されている。これに関しても、上記の欧州特許出願公開第163362号明細書を参照のこと。

20

【0005】

この場合、説明したエンコーダは、例えば当該欧州特許出願公開第163362号明細書で提唱されているように、互いに移動する2つの物体の相対的な直線移動又は回転として横方向の相対移動を検出するために使用され得る。しかし、また、このような測定原理が、垂直方向に沿った相対移動を検出するために使用されることも可能である。これに関しては、例えば独国特許出願公開第102013206693号明細書を参照のこと。

【0006】

30

兩用途ではそれぞれ、対応するエンコーダにおいて、必要な集束素子が、非常に大きい構造容積を必要とし、及び/又は、全体として非常に多くの個別構成要素が、組み立て時に互いに調整される必要があることが欠点として実証されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】 欧州特許出願公開第163362号明細書

独国特許出願公開第102013206693号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0008】

本発明の課題は、コンパクトに構成されていて且つ様々な構成要素の調整時に可能な限り少ないコストで済む冒頭で述べた種類の光学式エンコーダを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明によれば、この課題は、請求項1に記載の特徴を有する光学式エンコーダによって解決される。

【0010】

本発明の光学式エンコーダの好適な構成は、従属請求項に記載されている対策から得られる。

50

【0011】

本発明の光学式エンコーダは、少なくとも1つの測定方向に沿って相対可動である2つの物体の相対間隔を干渉測定するために使用される。この場合、1つの光源から出射した光束が、少なくとも2つの部分光束に分割され、その後、当該光束は、分離された複数の光路上で1つ以上の回折格子に当たり、間隔に依存して位相シフトされる。複数の当該部分光束が、1つの混合回折格子で重畳され、次いで、干渉し合う少なくとも3対の部分光束が、異なる空間方向に伝播し、さらに、干渉し合う各対の部分光束が、当該混合回折格子によって1つの検出器素子に向かって集束する結果、位相シフトされ位置に依存する複数のインクリメンタル信号が、複数の当該検出器素子によって検出可能である。

【0012】

この場合、当該混合回折格子に入射する2つの部分光束が、0次の回折次数と+/-1次の回折次数と+/-2次の回折次数とに少なくとも一回回折され、0次/-2次の回折次数と+1次/-1次の回折次数と0次/+2次の回折次数との対を成して干渉し合う部分光束が、複数の当該検出器素子の方向に伝播することが提唱され得る。

【0013】

当該混合回折格子が、多段形状の透過型位相回折格子として構成されていることが可能である。

【0014】

この場合、当該混合回折格子（MG；135；235；335）は、

【0015】

【数1】

$$\varphi(x, y) = \frac{2\pi}{n} \text{Round} \left(\frac{n \cdot \text{atan2}(\text{Im}(T(x, y)), \text{Re}(T(x, y)))}{2\pi} \right)$$

にしたがう位相関数 $\varphi(x, y)$ を有する n 段形状の透過型位相回折格子として構成され得る。

【0016】

ここで、

$\varphi(x, y)$:= 透過型位相回折格子の位相関数

x, y := 透過型位相回折格子の平面内の位置座標

n := 2, 3, 4, . . . ; 透過型位相回折格子の段数

$T(x, y)$:= 混合回折格子の伝達関数

である。

【0017】

n 段形状の透過型位相回折格子としての当該混合回折格子の構成では、この混合回折格子のステップ高さ（ h ）に対して、

$$h = \lambda / (n \cdot (n_1 - n_2))$$

が成立することが有益である。

ここで、

h := ステップ高さ

λ := 光波長

n := 2, 3, 4, ...

n_1 := 回折格子ウェブの屈折率

n_2 := 回折格子ギャップの屈折率

である。

【0018】

可能な実施の形態では、

— 当該2つの物体のうちの一方の物体が、平坦な測定反射器に結合されていて、

— 他方の当該物体が、走査装置に結合されていて、当該測定反射器に対して1つの測定方向に沿って相対可動に配置されていて、この測定方向は、当該測定反射器に対して直角に

配向されていて、

- －当該走査装置は、以下の構成要素である
- －少なくとも1つの光源と、
- －複数の検出器素子と、
- －当該混合回折格子、と
- －それぞれ一次元の反射型回折格子として構成されている複数の偏向素子と、
- －一次元の透過型回折格子として構成されている少なくとも1つの分割素子とを有することが提唱されている。

【0019】

この場合、当該走査装置は、角錐台形の横断面を成す透過性キャリア本体を有し、当該分割素子が、この透過性キャリア本体の測定反射器に面した面に配置されていて、少なくとも4つの偏向素子が、この透過性キャリア本体の複数の側面に配置されていることが可能である。

【0020】

さらに、この実施の形態では、

- －当該光源から出射した光束が、当該分割素子で2つの部分光束に分割され、当該两部分光束が、当該測定反射器の方向に伝播し、
- －これらの部分光束は、当該測定反射器から当該走査装置内の第1偏向素子と第2偏向素子との方向に戻り反射され、これらの部分光束は、この第1偏向素子とこの第2偏向素子第3偏向素子と第4偏向素子の方向に偏向され、
- －これらの部分光束は、当該第3偏向素子と当該第4偏向素子とによって当該測定反射器へ偏向され、
- －これらの部分光束は、当該測定反射器から当該走査装置内の当該混合回折格子の方向に戻り反射され、これらの部分光束は、この混合回折格子で重畳され、次いで干渉し合う3対の部分光束が、3つの検出器素子に向かって異なる空間方向に集束されるように、当該複数の構成要素は、有益に構成されていて且つ配置されている。

【0021】

別の実施の形態では、

- －当該2つの物体のうちの一方の物体が、スケール本体に結合されていて、
- －他方の当該物体が、走査装置に結合されていて、当該スケール本体に対して相対可動に1つの測定方向（x）に沿って配置されていて、この測定方向（x）は、当該スケール本体の面に対して平行に配向されていて、
- －当該走査装置は、以下の構成要素である
- －少なくとも1つの光源と、
- －複数の検出器素子と、
- －当該混合回折格子と
- －それぞれ一次元の反射型回折格子として構成されている複数の走査回折格子とを有することが提唱され得る。

【0022】

この場合、当該走査装置は、1つの透過性走査板をさらに有し、当該混合回折格子及び／又は当該走査回折格子が、この透過性走査板の上面及び／又は下面に配置されていることが可能である。

【0023】

さらに、1つ以上の反射素子が、当該走査板の上面に配置され得る。これらの反射素子の反射面がそれぞれ、当該スケール本体の方向に配向されていて、当該混合回折格子及び当該走査回折格子が、当該下面に配置されている。

【0024】

以上により、結合素子の位相シフト特性を集束素子の結像特性と組み合わせた混合回折格子を走査光路中に設けることが重要である。これにより、必要な2つの構成要素である結合素子と集束素子とを有する従来の技術とは違って、専らただ1つの構成要素が、回折

10

20

30

40

50

素子として本発明の光学式エンコーダに設けられている。こうして、必要な光学素子の簡略化された調整と同様に、対応するエンコーダの寸法の減少と、構成要素の数の最小化とが保証され得る。したがって、構成要素のより少ない数は、コスト削減に加えて対応するエンコーダの寸法の減少も可能にする。

【0025】

さらに、本発明にしたがって使用される混合回折格子は、必要な光学特性をそれぞれの走査に適合することを可能にする。したがって、例えば、検出面内の希望した焦点位置が、混合回折格子の適切な焦点距離を選択することによって適切に調整され得る。

【0026】

本発明の光学式エンコーダは、例えば互いに相対的に移動可能に又は回転可能に配置されている2つの移動物体の横方向の相対移動を検出するために使用することが可能である。さらに、本発明の光学式エンコーダによれば、垂直方向に沿った2つの物体の相対移動の検出も提唱され得る。

【0027】

本発明のさらなる詳細及び利点を、図面に関連する本発明の装置の実施の形態の以下の説明に基づいて説明する。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1a】 x z 平面における本発明のエンコーダの混合回折格子及び検出器素子の領域内の光路の概略図である。

【図1b】 y z 平面における本発明のエンコーダの混合回折格子及び検出器素子の領域内の光路の別の概略図である。

【図2a】 対を成して干渉し合う回折次数間の特定の位相シフトを調整するための多段形状で線形の透過型位相回折格子の概略正面図である。

【図2b】 集束作用を有する多段形状で回転対称な透過型位相回折格子の概略正面図である。

【図2c】 図2a及び2bによる透過型位相回折格子の考えから派生した多段形状の透過型位相回折格子として構成された本発明のエンコーダ用の適切な混合回折格子の概略正面図である。

【図2d】 位相推移を示すための、図2cによる混合回折格子のx方向に沿った断面図である。

【図3】 垂直方向の相対移動を検出するために構成された本発明のエンコーダの第1の実施の形態の概略側面図である。

【図4a】 横方向の相対移動を検出するために構成された本発明のエンコーダの第2の実施の形態の異なる概略断面図である。

【図4b】 横方向の相対移動を検出するために構成された本発明のエンコーダの第2の実施の形態の異なる概略断面図である。

【図5a】 横方向の相対移動を検出するために構成された本発明のエンコーダの第3の実施の形態の異なる概略断面図である。

【図5b】 横方向の相対移動を検出するために構成された本発明のエンコーダの第3の実施の形態の異なる概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

2つの物体の相対間隔を干渉測定するために適している本発明の光学式エンコーダの具体的な複数の実施の形態を、図3、4a、4b、5a及び5bに基づいて説明する前に、これらの装置で使用される混合回折格子に関する様々な考えを、図1a、1b及び2a-2dによって最初に説明する。図1a、1bには、混合回折格子MG及び複数の検出器素子D1、D2、D3の領域内の部分光束TS__A、TS__Bの関連する複数の光路だけが、異なる断面図でそれぞれ示されている。図2a-2dは、混合回折格子MGをさらに説明するために使用される。

【0030】

図1a, 1b及び2a-2dではそれぞれ、zで示された方向が、測定方向として機能する。本発明のエンコーダの異なる構成要素に結合されている2つの物体が、少なくともこの方向に沿って互いに相対移動可能である。可動なこれらの物体は、例えば、相対位置を測定することができる機械部品でもよい。例えば、エンコーダの走査装置が、当該両物体の一方の物体に結合されていることが可能である。この場合、当該走査装置は、例えば、1つの光源、複数の検出器素子並びに1つの回折格子若しくは異なる機能を有する複数の回折格子のような異なる構成要素を有する。エンコーダの測定反射ミラー又はスケール本体が、他方の物体に結合されている。対応する機械部品の位置決めを制御するため、本発明のエンコーダによって生成された位置に依存し位相シフトされているインクリメンタル信号が、例えば機械制御によってさらに処理され得る。

10

【0031】

光学式エンコーダの独立した構成部品に前もって実装された特定の複数の光学機能を、回折構成部品として構成されているただ1つの混合回折格子MG内で組み合わせることが、本発明にとって重要である。すなわち、部分光束TS__A, TS__Bに対する結合素子の位相シフト作用と集束素子の集束作用とが、本発明にしたがって混合回折格子MG内で組み合わせられる。以下でさらに詳しく説明するように、好適な実施の形態では、図1a及び1bで専ら概略的に示された混合回折格子MGは、多段形状の透過型位相回折格子として構成されている。

20

【0032】

以下で、図1a, 1bに基づいて、適切な混合回折格子MGの構成を两部分光束TS__A, TS__Bの対称な入射の場合に対して説明する。当該两部分光束TS__A, TS__Bは、-これらの図に示されなかった走査光路-の透過後に法線Nに対して入射角+/-α₁を成して混合回折格子MG上に入射する。便宜上、以下では、絶対値的に等しい入射角+/-αだけを説明する。さらに、混合回折格子MGで発生する部分光束TS__Aの+1次の回折次数と部分光束TS__Bの-1次の回折次数とがそれぞれ、この混合回折格子MGから偏向して出射し互いに重畳して中央に配置された検出器素子D2の方向にさらに伝播することが前提条件である。さらに、部分光束TS__Aの0次の回折次数と部分光束TS__Bの+2次の回折次数とが、互いに重畳して検出器素子D1に向かって伝播し、部分光束TS__Bの0次の回折次数と部分光束TS__Aの-2次の回折次数とが、互いに重畳して検出器素子D3に向かって伝播する。したがって、混合回折格子MGは、透過中にこの混合回折格子MG上に入射する部分光束TS__A, TS__Bの少なくとも1つの0次の回折次数並びに+/-1の回折次数及び+/-2次の回折次数を提供する。

30

【0033】

当該異なる回折次数のこのような重畳の場合、このために使用される回折格子G_Mが、回折格子周期d_Mを有する。

【0034】

【数2】

$$d_M = \frac{\lambda}{\sin \alpha} \quad (\text{方程式1})$$

40

が、この回折格子周期d_Mに対して成立する。

ここで、

d_M := 0次並びに+/-1次及び+/-2次の回折次数を提供する回折格子G_Mの回折格子周期

λ := 光波長

α := 回折格子G_M上に入射する部分光束の入射角である。

【0035】

回折格子周期d_Mを有する四段形状の透過型位相回折格子として構成された対応する線

50

形の回折格子 G_M が、図 2 a に概略図で示されている。ここでは、 x 方向に前後して配置された 4 つの回折格子領域が、回折格子周期 d_M ごとに設けられている。これらの回折格子領域内では、透過する複数の部分光束がそれぞれ、異なって位相シフトする。図 2 a には、4 つの位相シフト回折格子領域がそれぞれ、対応する模様にしたがって異なって示されている。

【0036】

特に 3 つのインクリメンタル信号の場合の約 120° の相対位相差として、発生するインクリメンタル信号の望ましい位相関係を考慮すると、以下の関係式が、回折格子 G_M の合成伝達関数 $T_M(x)$ に対して得られる。

【0037】

【数 3】

$$T_M(x) = 1 + e^{2\pi i \left(\frac{x}{d_M} + \frac{1}{3} \right)} + e^{-2\pi i \left(\frac{x}{d_M} - \frac{1}{3} \right)} + e^{4\pi i \left(\frac{x}{d_M} + \frac{1}{3} \right)} + e^{-4\pi i \left(\frac{x}{d_M} - \frac{1}{3} \right)} \quad (\text{方程式 2})$$

ここで、

$T_M(X)$: = 回折格子 G_M の合成伝達関数

x : = 位置座標

d_M : = 回折格子 G_M の回折格子定数

である。

【0038】

望ましい集束機能を有する実際の混合回折格子 MG の必要な伝達関数 $T(x, y)$ を取得するためには、回折格子 G_M の合成伝達関数 $T_M(X)$ が、適切に集束する別の回折格子 G_L のレンズ伝達関数 $T_L(x, y)$ と乗算される必要がある。このような集束回折格子 G_L のレンズ伝達関数 $T_L(x, y)$ は、ここでは以下の関係式にしたがって得られる。

【0039】

【数 4】

$$T_L(x, y) = e^{-\frac{2\pi i \sqrt{x^2 + y^2 + f^2}}{\lambda}} \quad (\text{方程式 3})$$

ここで、

$T_L(x, y)$: = 集束回折格子 G_L のレンズ伝達関数

x, y : = 集束面内の位置座標

λ : = 光波長

である。

【0040】

必要な集束特性を有する対応する回折格子 G_L が、図 2 b に概略正面図で示されている。この例では、当該回折格子 G_L は、同様に四段形状の透過型位相回折格子としてされている。すなわち、半径方向に前後して配置された 4 つの回折格子領域が、回折格子周期ごとに設けられている。これらの回折格子領域内では、透過する複数の部分光束がそれぞれ、異なって位相シフトする。図 2 b でも、4 つの位相シフト回折格子領域がそれぞれ、対応する模様にしたがって異なって示されている。

【0041】

このとき、両回折格子 G_M 及び G_L の光学特性を結合させる混合回折格子 MG の必要な伝達関数 $T(x, y)$ は、

【0042】

【数 5】

$$T(x, y) = T_M(x) \cdot T_L(x, y) \quad (\text{方程式 4})$$

にしたがって得られる。

ここで、

10

20

30

40

50

$T(x, y)$: 混合回折格子 MG の伝達関数
 $T_M(x)$: 回折格子 G_M の合成伝達関数
 $T_L(x, y)$: 回折格子 G_L のレンズ伝達関数
 である。

【0043】

方程式 4 によれば、混合回折格子 MG は、振幅位相変調を入射する部分光束に及ぼすパターンを有する。製造コストを削減するため、位相関数 $\phi(x, y)$ を有する n 段形状の位相回折格子による可能な実施の形態では、必要な光学特性を有する混合回折格子 MG が、以下の方程式 (5)

【0044】

【数 6】

$$\phi(x, y) = \frac{2\pi}{n} \text{Round} \left(\frac{n \cdot \text{atan2}(\text{Im}(T(x, y)), \text{Re}(T(x, y)))}{2\pi} \right) \quad (\text{方程式 5})$$

にしたがって概算され得る。

ここで、

$\phi(x, y)$: 混合回折格子 MG の位相関数

n : 整数；異なる位相回折格子の段数

$T(x, y)$: 混合回折格子 MG の伝達関数

である。

【0045】

上記の考えに基づいて構成されていて、結合素子の要求される位相シフト作用と集束素子に集束作用とを同時に有する混合回折格子 MG の実施の形態が、図 2 c に正面図で概略的に示されている。図示された混合回折格子 MG は、多段形状—具体的には四段形状—の透過型位相回折格子として構成されている。この場合、図中の異なって示された 4 つの回折格子領域が、異なる位相シフト作用を透過する部分光束に及ぼす。

【0046】

図 2 d には、図 3 c による混合回折格子の示されている x 方向に沿った断面図である。この場合、4 つに設けられている位相ステップと、 x 方向に沿って設けられている位相推移とが、明確に分かる。ステップ高さ h を有する第 1 回折格子領域に加えて、ステップ高さ $2h$ 、 $3h$ 及び $4h$ をそれぞれ有する別の格子領域が存在する。

【0047】

ステップ高さ h に対する n 段形状の透過型位相回折格子の場合、一般に

$$h = \lambda / (n \cdot (n_1 - n_2)) \quad (\text{方程式 6})$$

が成立する。

ここで、

h : ステップ高さ

λ : 光波長

n : 2, 3, 4, ...

n_1 : 回折格子ウェブの屈折率

n_2 : 回折格子ギャップの屈折率

透過型位相回折格子として構成する代わりに、混合回折格子を反射型位相回折格子として構成することも基本的に可能である。このため、例えば金又はアルミニウムのような高反射性の材料が、特に適している。この場合、 n 段形状の反射型位相回折格子のステップ高さ h に対して

$$h = \lambda / (2 \cdot n) \quad (\text{方程式 7})$$

が成立する。

ここで、

h : ステップ高さ

λ : 光波長

$n = 2, 3, 4, \dots$

である。

【0048】

さらに、混合回折格子を段差のない回折格子として又は鋸歯回折格子として構成することも可能である。

【0049】

上記の光学機能を有する混合回折格子を使用する本発明の光学式エンコーダの具体的な第1の実施の形態が、図3に概略即断面図で示されている。このエンコーダは、測定反射器110と走査装置120とに結合されていて且つ垂直方向 z に互いに移動可能に配置されている図示されなかった2つの物体の間隔を検出するために使用される。

【0050】

図示された当該実施の形態では、測定反射器110が、キャリア基板112から成る。平面鏡114が、このキャリア基板112上に配置されている。この平面鏡114の反射面が、当該図から分かるように走査装置120の方向に配向されている。

【0051】

1つの光源121と、複数の光電検出器素子を有する1つの検出装置125と、例えばガラスから成る1つの透過性キャリア本体137とが、走査装置120側に設けられている。この代わりに、適切な中空の固体も、キャリア本体として使用可能である。キャリア本体137は、図3にしたがって角錐台形の横断面を有する。多数の光学機能に関連する素子が、キャリア本体137に配置されている。測定反射器110に面したキャリア本体137の面上に配置された1つの分割素子132と、1つの混合回折格子135と、当該キャリア本体の側面に配置された4つの偏向素子133a, 133b, 134a, 134bとが、これらの素子に属する。この場合、第1偏向素子133a及び第2偏向素子133bが、キャリア本体137の左の側面に配置されていて、第3偏向素子134a及び第4偏向素子134bが、このキャリア本体137の右の側面に配置されている。分割素子132は、混合回折格子135と同時に透過型の回折格子として構成されている。偏向素子133a, 133b, 134a, 134bは、この実施の形態では適切に選択された回折格子周期を有する反射回折格子として機能する。これらの偏向素子133a, 133b, 134a, 134bの反射面が、キャリア本体137の内側の方向に配向されている。

【0052】

以下に、本発明のエンコーダの第1の実施の形態の信号を生成するために使用される光路を説明する。図3から分かるように、最初に、光源121から出射した光束が、この光源121に面しているキャリア本体137の側面上の光学無効領域131を透過する。このキャリア本体137の当該透過後に、当該光束は、分割素子132上に到達し、ここで2つの部分光束に分割される。これらの2つの部分光束は、図3からわかるように yz 平面内で測定反射器110の方向にさらに伝播し、この測定反射器110の第1衝突地点に初めて当たる。これらの部分光束は、この測定反射器110の平面鏡114で走査装置120の方向に、すなわち第1及び第2偏向素子133a, 133bの方向に戻り反射する。次いで、これらの部分光束は、これらの偏向素子133a, 133bから第3及び第4偏向素子134a, 134bの方向に変更される。引き続き、これらの部分光束は、当該第3及び第4偏向素子134a, 134bを介して測定反射器110の平面鏡114の方向に変更される。次いで、これらの部分光束は、この平面鏡114のそれぞれの第2衝突地点にさらに当たる。この平面鏡114上の第2衝突地点は、この実施の形態のようにこれらの部分光束の当該第1衝突地点に対して図示された x 方向に移動され得る。最後に、これらの部分光束は、当該第2衝突地点114から上記のように構成されていて且つ説明した光学機能を有する混合回折格子135へ向かって戻り反射する。次いで、重なって干渉し合う3対の部分光束が、キャリア本体137を伝播し、光学無効領域136を透過してこのキャリア本体137を離れ、混合回折格子135の光学作用に起因してそれぞれ集束されて、検出装置125に設けられている3つの検出器素子に到達する。この場合、既に説明した位相シフト作用と集束作用とに関する混合回折格子135の光学機能に加えて

10

20

30

40

50

、当該混合回折格子 135 は、図面の紙面に対して直角な偏向作用もさらに有する。すなわち、当該 3 対の部分光束が、 xz 平面に対して傾いて検出器素子 125 の方向に伝播する。測定方向 z に沿った測定反射器 110 と走査装置 120 との相対移動に関する位相シフトされ位置に依存する複数のインクリメンタル信号が、検出装置 125 によって検出可能である。

【0053】

本発明のエンコーダの第 2 の実施の形態の異なる 2 つの断面が、図 4 a 及び 4 b に概略的に示されている。本発明のエンコーダのこの実施の形態は、測定方向 x に沿ったスケール本体 210 と走査装置 220 との相対移動を検出するために使用される。これらの図面から分かるように、この例では、測定方向 x は、垂直に配向されている。同様に、少なくとも測定方向 x に沿って可動な当該図面に示されていない 2 つの物体が、スケール本体 210 と走査装置 220 とに結合されている。

【0054】

この例では、スケール本体 210 は、キャリア基板 212 上に配置されている測定方向 x に沿って延在する反射位相回折格子 214 から成る。この場合、反射位相回折格子 214 は、測定方向 x に沿って周期的に配置された、長方形の目盛領域上に入射する光束に対する異なる位相シフト作用を呈する当該長方形の目盛領域を有する。

【0055】

1 つの光源 221 と、複数の光電検出器素子 225 と、1 つの透過性走査板 237 上に配置された光学機能に関連する複数の素子を有する当該透過性走査板 237 とが、走査装置 220 側に設けられている。走査板 237 の下面に配置された複数の走査回折格子 233 と、その上面に配置された 1 つの混合回折格子 235 とが、この走査装置 220 に属する。この場合、スケール本体 10 に面している走査板 237 の側面が、下面と呼ばれる。したがって、走査板 237 の上面は、スケール本体 210 に面しないで配向されている。走査回折格子 233 と混合回折格子 235 とはそれぞれ、透過型の位相回折格子として構成されている。

【0056】

光源 221 から出射した光束が、さらなる偏向又は分割なしに走査板 237 を透過し、反射位相回折格子を配置しているスケール本体 210 の上面に到達する。当該入射する光束は、この反射位相回折格子で反射して、 $+/-1$ 次の回折次数の複数の部分光束に分割される。次いで、これらの部分光束は、走査装置 210 又は走査板 237 の方向に戻る。図 4 b の断面から分かるように、 yz 平面内では、当該スケール本体の法線に対する当該戻り反射した複数の部分光束の回折角度の絶対値は、当該スケール本体の法線に対する当該入射角度の絶対値に等しい。したがって、この実施の形態では、スケール本体 210 が、いわゆるリトロ一角を成して照射される。次いで、当該戻り反射した複数の部分光束が、走査装置 220 内の走査板 237 の下面の走査回折格子 233 上に当たる。当該走査回折格子 233 上に入射する当該複数の部分光束が、この走査回折格子 233 によって光学軸に向かって戻るように偏向される。その結果、当該複数の部分光束は、走査板 237 の上面の混合回折格子 235 の領域内で干渉し合って重畳する。この場合、当該複数の部分光束は、非対称な角度を成して混合回折格子 235 上に入射する。次いで、特定の複数の回折次数が、混合回折格子 235 によって同様に対になって重畳する。次いで、これらの回折次数は、後続配置された複数の検出器素子 225 の方向にさらに伝播する。さらに、混合回折格子 235 は、先の実施の形態のように個々の検出器素子 225 に対する当該対になった複数の部分光束の集束も担う。

【0057】

既に上述したように、適切に構成された混合回折格子 235 の使用に起因して、スケール本体 210 上の大きい光直径にもかかわらず、専ら小さいスポット直径が、検出器素子 225 上で保証され得る。スケール本体 210 上の当該大きい光直径は、場合によってはスケール本体 210 上で発生し得る汚れに対する走査の良好な口バラスト性を保証する。さらに、小さい検出器素子の使用が可能である。これにより、生成されたインクリメンタル

10

20

30

40

50

信号中の専ら小さい信号ノイズが保証される。

【0058】

最後に、本発明のエンコーダの第3の実施の形態を図5a, 5bに基づいて説明する。当該エンコーダは、先の実施の形態と同様に当該図中に異なる2つの断面で示されている。

【0059】

本発明のエンコーダのこの実施の形態も、先の実施の形態と同様に図5a, 5bに同様にxで示されている垂直な測定方向に沿って移動する2つの物体の相対移動を検出するために使用される。

【0060】

この場合、第2の実施の形態と同様に、キャリア基板312上に配置されている、測定方向xに沿って延在する同様に反射位相回折格子314から成るスケール本体310が構成されている。

【0061】

1つの光源321と、複数の検出器素子325と、1つの透過性走査板337上に配置された光学機能に関連する複数の素子を有する当該透過性走査板337とが、走査装置320側に設けられている。走査板237の下面に配置された複数の回折格子、すなわち分割回折格子331と、複数の走査回折格子333.1-333.4と、1つの混合回折格子335とが、この走査装置320に属する。これらの回折格子はそれぞれ、透過型の位相回折格子として構成されている。2つの反射素子336, 338が、走査回折格子237の上面に配置されている。これらの反射素子336, 338の反射面がそれぞれ、スケール本体310の方向に配向されている。

【0062】

最初に、光源321から出射した光束が、下面に配置された分割回折格子331上に到達するまで、当該光源321から出射した光束は、走査板337を透過する。2つの部分光束への分割が、この分割回折格子331で発生する。次いで、当該2つの部分光束は、スケール本体310の方向にさらに伝播する。走査装置310の方向への戻り反射が、スケール本体310の反射位相回折格子314によって実行される。次いで、これらの部分光束は、走査装置320の走査回折格子333.2, 333.4を透過する。y方向への偏向と、当該走査板の上面の反射素子336, 338に向かう集束とが、当該走査回折格子333.2, 333.4によって発生する。次いで、これらの部分光束は、当該反射素子336, 338から走査板337の下面の別の走査回折格子333.1, 333.3に向かって戻り反射する。次いで、これらの部分光束は、これらの走査回折格子333.1, 333.2によってコリメートされ、新たに偏向される。その結果、これらの部分光束は、xz平面内でスケール本体310に最終的にもう1回垂直方向に入射する。次いで、当該新たな戻り反射後に、これらの部分光束は、走査板337の下面の混合回折格子335に到達する。このとき、この混合回折格子335は、既に上述したこれらの部分光束に対する光学作用を引き起こす。次いで、対を成して干渉し合う部分光束が、後続配置された複数の検出器素子325に向かって集束する。位相シフトしているインクリメンタル信号が、これらの検出器素子325によって生成される。

【0063】

具体的に説明されているこれらの実施の形態のほかに、当然に、さらに別の構成の可能性が、本発明の範囲内で存在する。

【0064】

したがって、例えば、重畳すべき複数の部分光束が図1a, 1bで最初に提唱されたような対称な入射角を成さないで混合回折格子に入射する走査光路も、本発明のエンコーダで提唱されてもよい。当然に、このような実施の形態に対しても、異なる部分光束に対する所定の位相関係の調整に加えて、複数の検出器素子に向かう集束も保証する混合回折格子が、説明した態様で構成されてもよい。

【0065】

さらに、本発明のエンコーダが、直線状の測定方向に沿ったシフト移動を検出するだけ

10

20

30

40

50

ではなくて、2つの物体の回転相対移動等を検出するエンコーダも構成され得ることが可能である。

なお、本願は、特許請求の範囲に記載の発明に関するものであるが、他の態様として以下の構成も包含し得る：

1.

少なくとも1つの測定方向に沿って相対可動である2つの物体の相対間隔を干渉測定するための光学式エンコーダであって、1つの光源から出射した光束が、少なくとも2つの部分光束に分割され、その後当該光束は、分離された複数の光路上で1つ以上の回折格子に当たり、間隔に依存して位相シフトされる当該光学式エンコーダにおいて、

複数の前記部分光束（TS A, TS B）が、1つの混合回折格子（MG；135；235；335）で重畳され、次いで、干渉し合う少なくとも3対の部分光束（TS A, TS B）が、異なる空間方向に伝播し、さらに、干渉し合う各対の部分光束（TS A, TS B）が、前記混合回折格子（MG；135；235；335）によって1つの検出器素子（D1, D2, D3；125；225；325）に向かって集束する結果、位相シフトされ位置に依存する少なくとも3つのインクリメンタル信号が、複数の前記検出器素子（D1, D2, D3；125；225；325）によって検出可能である当該光学式エンコーダ。

10

2.

前記混合回折格子（MG；135；235；335）上に入射する2つの部分光束（TS A, TS B）が、0次の回折次数と+/-1次の回折次数と+/-2次の回折次数とに少なくとも一回回折され、0次/-2次の回折次数と+1次/-1次の回折次数と0次/+2次の回折次数との対を成して干渉し合う部分光束が、複数の前記検出器素子（D1, D2, D3；125；225；325）の方向に伝播する上記1に記載の光学式エンコーダ。

20

3.

前記混合回折格子（MG；135；235；335）は、多段形状の透過型位相回折格子として構成されている上記1に記載の光学式エンコーダ。

4.

前記混合回折格子（MG；135；235；335）は、
【数1】

30

$$\varphi(x, y) = \frac{2\pi}{n} \text{Round} \left(\frac{n \cdot \text{atan2}(\text{Im}(T(x, y)), \text{Re}(T(x, y)))}{2\pi} \right)$$

にしたがう位相関数 $\varphi(x, y)$ を有する n 段形状の透過型位相回折格子として構成されていて、ここで、

$\varphi(x, y)$:= 透過型位相回折格子の位相関数

x, y := 透過型位相回折格子の平面内の位置座標

n := 2, 3, 4, ... ; 透過型位相回折格子の段数

$T(x, y)$:= 混合回折格子の伝達関数

である請求項3に記載の光学式エンコーダ。

40

5.

前記混合回折格子（MG；135；235；335）は、 n 段形状の透過型位相回折格子として構成されていて、この混合回折格子（MG；135；235；335）のステップ高さ（ h ）に対して、

$$h = \lambda / (n \cdot (n_1 - n_2))$$

が成立し、ここで、

h := ステップ高さ

λ := 光波長

n := 2, 3, 4, ...

n_1 := 回折格子ウェブの屈折率

50

n 2 := 回折格子ギャップの屈折率

である上記 3 に記載の光学式エンコーダ。

6.

－前記 2 つの物体のうちの一方の物体が、平坦な測定反射器 (1 1 0) に結合されていて、

－他方の前記物体が、走査装置 (1 2 0) に結合されていて、前記測定反射器 (1 1 0)

に対して 1 つの測定方向 (z) に沿って相対可動に配置されていて、この測定方向 (z)

は、前記測定反射器 (1 1 0) に対して直角に配向されていて、

－前記走査装置 (1 2 0) は、以下の構成要素である

－少なくとも 1 つの光源 (1 2 1) と、

－複数の検出器素子 (1 2 5) と、

－前記混合回折格子 (1 3 5)、と

－それぞれ一次元の反射型回折格子として構成されている複数の偏向素子 (1 3 3 a, 1 3 3 b, 1 3 4 a, 1 3 4 b) と、

－一次元の透過型回折格子として構成されている少なくとも 1 つの分割素子 (1 3 2) とを有する上記 1 ～ 5 のいずれか 1 つに記載の光学式エンコーダ。

7.

前記走査装置 (1 2 0) は、角錐台形の横断面を成す透過性キャリア本体 (1 3 7) を有し、前記分割素子 (1 3 2) が、この透過性キャリア本体 (1 3 7) の測定反射器 (1 1 0) に面した面に配置されていて、少なくとも 4 つの偏向素子 (1 3 3 a, 1 3 3 b, 1 3 4 a, 1 3 4 b) が、この透過性キャリア本体 (1 3 7) の複数の側面に配置されている上記 6 に記載の光学式エンコーダ。

8.

－前記光源 (1 2 1) から出射した光束が、前記分割素子 (1 3 2) で 2 つの部分光束に分割され、当該両部分光束が、前記測定反射器 (1 1 0) の方向に伝播し、

－これらの部分光束は、前記測定反射器 (1 1 0) から前記走査装置 (1 2 0) 内の第 1 偏向素子 (1 3 3 a) と第 2 偏向素子 (1 3 3 b) との方向に戻り反射され、これらの部分光束は、この第 1 偏向素子 (1 3 3 a) とこの第 2 偏向素子 (1 3 3 b) とで第 3 偏向素子 (1 3 4 a) と第 4 偏向素子 (1 3 4 b) の方向に偏向され、

－これらの部分光束は、前記第 3 偏向素子 (1 3 4 a) と前記第 4 偏向素子 (1 3 4 b) とによって前記測定反射器 (1 1 0) へ偏向され、

－これらの部分光束は、前記測定反射器 (1 1 0) から前記走査装置 (1 2 0) 内の前記混合回折格子 (1 3 5) の方向に戻り反射され、これらの部分光束は、この混合回折格子 (1 3 5) で重畳され、次いで干渉し合う 3 対の部分光束が、3 つの検出器素子 (1 2 5) に向かって異なる空間方向に集束されるように、当該複数の構成要素は構成されていて且つ配置されている上記 6 に記載の光学式エンコーダ。

9.

－前記 2 つの物体のうちの一方の物体が、スケール本体 (2 1 0 ; 3 1 0) に結合されていて、

－他方の前記物体が、走査装置 (2 2 0 ; 3 2 0) に結合されていて、前記スケール本体 (2 1 0 ; 3 1 0) に対して 1 つの測定方向 (x) に沿って相対可動に配置されていて、

この測定方向 (x) は、前記スケール本体 (1 1 0) の面に対して平行に配向されていて、

－前記走査装置 (2 2 0 ; 3 2 0) は、以下の構成要素である

－少なくとも 1 つの光源 (2 2 1 ; 3 2 1) と、

－複数の検出器素子 (2 2 5 ; 3 2 5) と、

－前記混合回折格子 (2 3 5 ; 3 3 5)、と

－それぞれ一次元の反射型回折格子として構成されている複数の走査回折格子 (2 3 3 ; 3 3 3 . 1, 3 3 3 . 2, 3 3 3 . 3, 3 3 3 . 4) とを有する上記 1 ～ 5 のいずれか 1 つに記載の光学式エンコーダ。

1 0.

前記走査装置 (2 2 0 ; 3 2 0) は、1 つの透過性走査板 (2 3 7 ; 3 3 7) をさらに

有し、前記混合回折格子（２３５；３３５）及び／又は前記走査回折格子（２３３；３３３．１，３３３．２，３３３．３，３３３．４）が、この透過性走査板（２３７；３３７）の上面及び／又は下面に配置されている上記９に記載の光学式エンコーダ。

１１．

１つ以上の反射素子（３３６，３３８）が、前記走査板（３３７）の上面に配置されていて、これらの反射素子（３３６，３３８）の反射面がそれぞれ、前記スケール本体（３１０）の方向に配向されていて、前記混合回折格子（３３５）及び前記走査回折格子（３３３．１，３３３．２，３３３．３，３３３．４）が、前記下面に配置されている上記１０に記載の光学式エンコーダ。

【符号の説明】

【００６６】

１１０	測定反射器	
１１２	キャリア基板	
１１４	平面鏡	
１２０	走査装置	
１２１	光源	
１２５	検出装置	
１３１	光学無効領域	
１３２	分割素子	
１３５	混合回折格子	20
１３７	透過型キャリア本体	
１３３ a	偏向素子	
１３３ b	偏向素子	
１３４ a	偏向素子	
１３４ b	偏向素子	
２１０	スケール本体	
２１２	キャリア基板	
２１４	反射位相解決格子	
２２０	走査装置	
２２１	光源	30
２２５	検出器素子	
２３３	走査回折格子	
２３５	混合回折格子	
２３７	走査板	
３１０	スケール本体	
３１２	キャリア基板	
３１４	反射位相回折格子	
３２０	走査装置	
３２１	光源	
３２５	検出器素子	40
３３１	分割回折格子	
３３３．１－３３３．４	走査回折格子	
３３５	混合回折格子	
３３６，３３８	反射素子	
３３７	走査板	

10

20

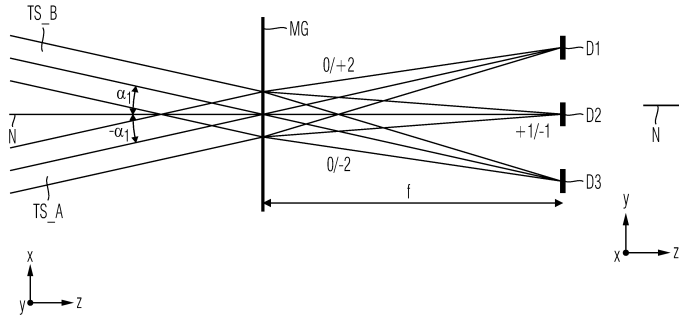
30

40

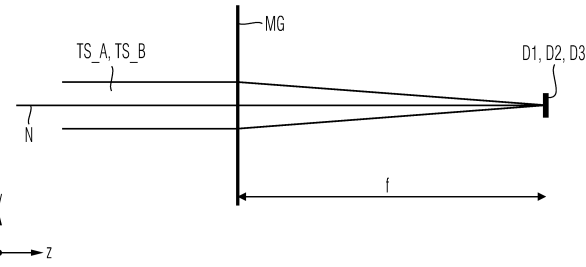
50

【図面】

【図 1 a】

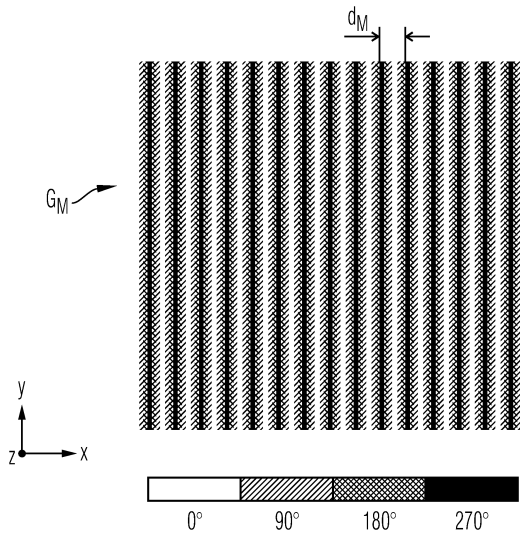


【図 1 b】

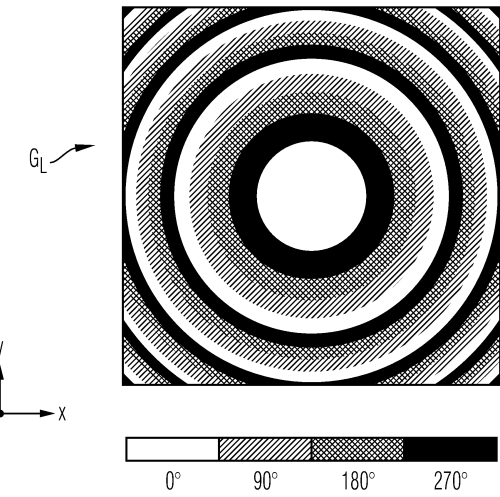


10

【図 2 a】



【図 2 b】



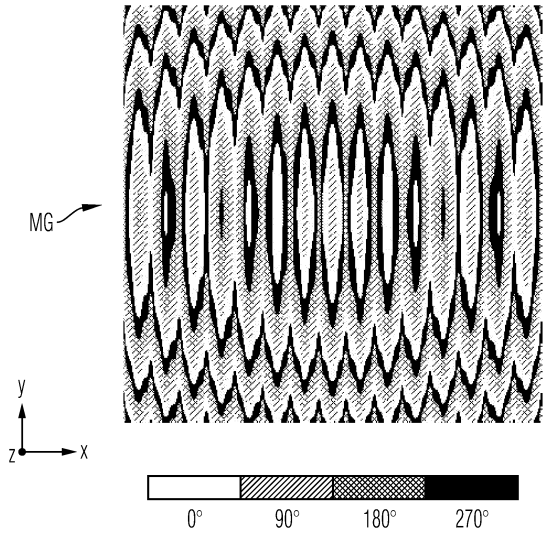
20

30

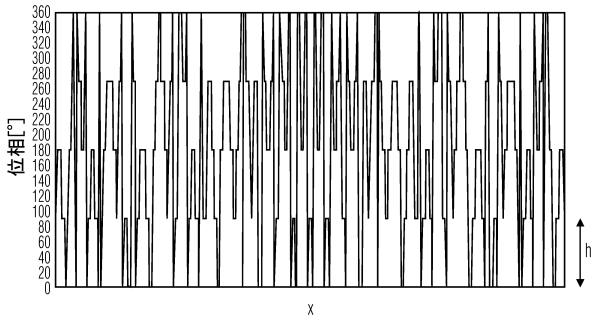
40

50

【図 2 c】

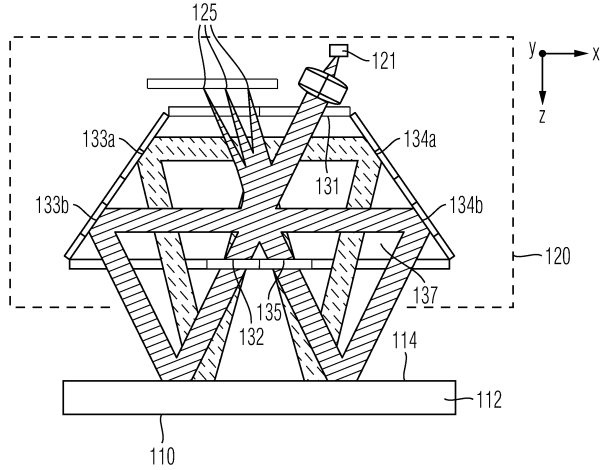


【図 2 d】

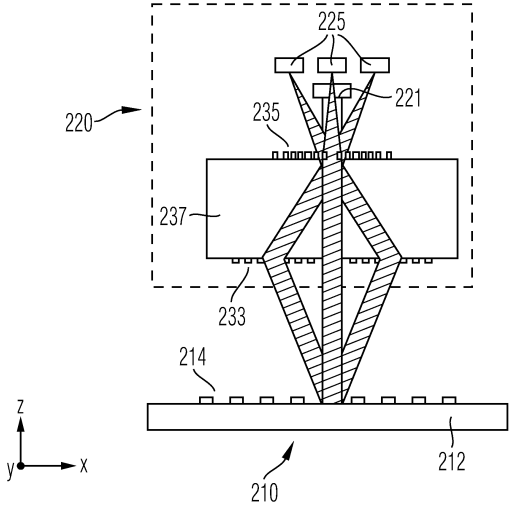


10

【図 3】



【図 4 a】



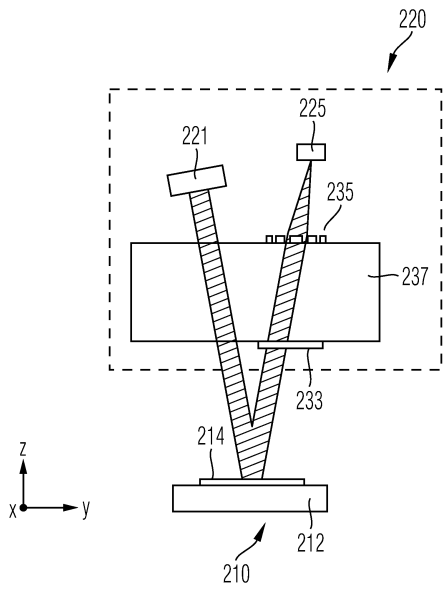
20

30

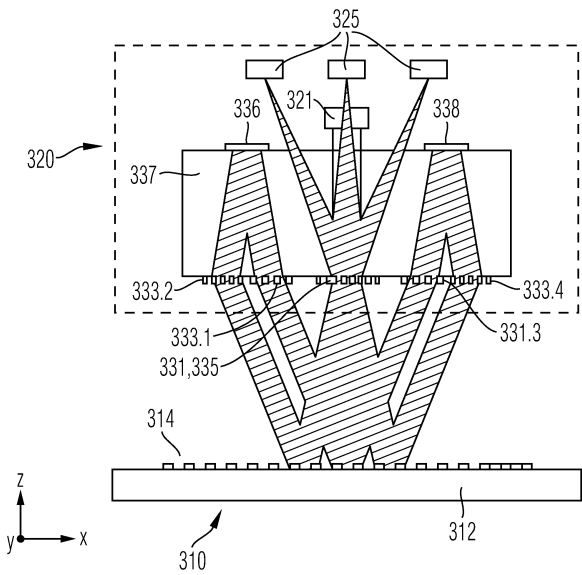
40

50

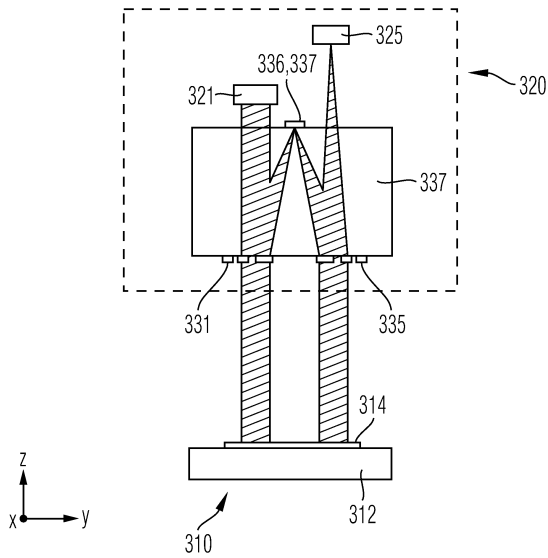
【図 4 b】



【図 5 a】



【図 5 b】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(74)代理人 100191835

弁理士 中村 真介

(72)発明者 カルステン・ゼンディヒ

ドイツ連邦共和国、83349 パリング、ゲングハム、34

(72)発明者 ヴァルター・フーバー

ドイツ連邦共和国、83278 トラウンシュタイン、アム・レッテンバッハ、11

審査官 細見 斉子

(56)参考文献 特開2009-186471 (JP, A)

特開2014-153360 (JP, A)

特表2016-518595 (JP, A)

米国特許第06885457 (US, B1)

特開2016-080692 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01D 5/347, 5/38