

(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2014-153360

(P2014-153360A)

(43) 公開日 平成26年8月25日(2014.8.25)

(51) Int.Cl.  
G01D 5/38 (2006.01)

F I  
G O 1 D 5/38

テーマコード (参考)  
2 F 1 0 3

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2014-19238 (P2014-19238)  
 (22) 出願日 平成26年2月4日(2014.2.4)  
 (31) 優先権主張番号 10 2013 201 904.1  
 (32) 優先日 平成25年2月6日(2013.2.6)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)  
 (31) 優先権主張番号 10 2013 222 383.8  
 (32) 優先日 平成25年11月5日(2013.11.5)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(71) 出願人 390014281  
 ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・ゲ  
 ゼルシヤフト・ミット・ベシユレンクテル  
 ・ハフツング  
 DR. JOHANNES HEIDEN  
 HAIN GESELLSCHAFT M  
 IT BESCHRANKTER HAF  
 TUNG  
 ドイツ連邦共和国、83301 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

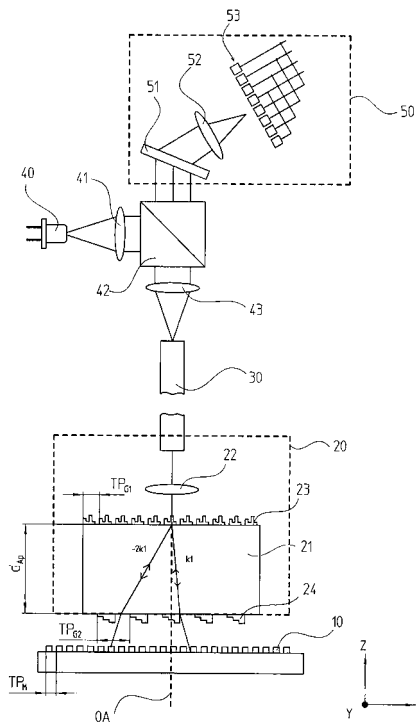
(54) 【発明の名称】 光学式エンコーダ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 高い分解能の位置測定が可能である受動的な光ファイバ走査ヘッドを有する光学式エンコーダを提供する。

【解決手段】 光ファイバ走査ヘッド20に対して少なくとも1つの測定方向に可動な反射型リニアスケール10との相対位置に関する複数の位相差走査信号を生成するための光学式エンコーダにおいて、前記光ファイバ走査ヘッド20内では、走査板21が、光ファイバ30の、前記反射型リニアスケール10側の端部の前方に配置されている。前記位相差走査信号が、波長に応じてコード化される。前記走査板21上に入射した1つのビーム束が、少なくとも2つの部分ビーム束に分割され、これらの部分ビーム束が、前記反射型リニアスケール10に照射され、次いで前記位相差走査信号を生成するために再集束して互いに干渉する。これらの部分ビーム束が、当該分割と当該再集束との間に異なる光路長を進行する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光ファイバ走査ヘッドと、この光ファイバ走査ヘッドに対して少なくとも1つの測定方向に可動な反射型リニアスケールとの相対位置に関する複数の位相差走査信号を生成するための光学式エンコーダであって、前記光ファイバ走査ヘッド内では、走査板が、光ファイバの、前記反射型リニアスケール側の端部の前方に配置されていて、前記位相差走査信号が、波長に応じてコード化される当該光学式エンコーダにおいて、

- ・前記走査板(21; 121; 221; 321)上に入射した1つのビーム束が、少なくとも2つの部分ビーム束に分割され、これらの部分ビーム束が、前記反射型リニアスケール(10; 110; 210; 310)に照射され、次いで前記位相差走査信号を生成するために再集束して互いに干渉し、

- ・これらの部分ビーム束が、当該分割と当該再集束との間に異なる光路長を進行するように、前記走査板(21; 121; 221; 321)は形成されていることを特徴とする光学式エンコーダ。

## 【請求項 2】

少なくとも2つの部分ビーム束が、前記走査板(21; 121; 221; 321)と前記反射型リニアスケール(10; 110; 210; 310)との間でこの走査板の法線に対して対称に伝播し、これらの部分ビーム束のリトロ角度を成して前記反射型リニアスケール(10; 110; 210; 310)に照射されるように、前記走査板(21; 121; 221; 321)はさらに形成されてい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。

## 【請求項 3】

前記反射型リニアスケール(10; 110; 210; 310)は、±1次の回折次数で最大回折効率を有することを特徴とする請求項2に記載の光学式エンコーダ。

## 【請求項 4】

前記光ファイバ(30; 130; 230; 330)は、マルチモード光ファイバとして形成されていて、前記光ファイバ走査ヘッド(20; 120; 220; 320)に向けて照射するために使用される前記ビーム束と、この光ファイバ走査ヘッド(20; 120; 220; 320)から離れるように再集束する前記部分ビーム束との双方が、前記光ファイバ(30; 130; 230; 330)を通じて伝送可能であ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。

## 【請求項 5】

- ・スペクトル広帯域の1つの光源(40)、又は
- ・異なる波長の放射光を放射する複数の光源が、

前記光ファイバ(30; 130; 230; 330)の、前記反射型リニアスケールに面しない端部に配置されていて、当該光源の放射光が、照射ビーム束としてカップリング手段を通じて前記光ファイバ(30; 130; 230; 330)内に入射可能であ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。

## 【請求項 6】

検出装置(50)が、前記光ファイバ(30; 130; 230; 330)の、前記反射型リニアスケールに面しない端部に配置されていて、当該検出装置(50)は、

- ・再集束した前記部分ビーム束を波長に応じて分光するための分光手段(51)、及び
- ・複数の光電検出素子を有し、これらの光電検出素子は、当該分光された部分ビーム束を転送可能であり、且つ当該検出された部分ビーム束を電気的な位相差走査信号に変換することを特徴とする請求項5に記載の光学式エンコーダ。

## 【請求項 7】

前記走査板(21; 121)は、板状で透過性の基板として形成されていて、

- ・第1透過格子(23; 123)が、前記走査板(21; 121)の、前記光ファイバ(30; 130)に面した面上に配置されていて、この第1透過格子(23; 123)は、この第1透過格子(23; 123)上に入射する前記ビーム束を少なくとも2つの回折部

10

20

30

40

50

分ビーム束に分割し、これらの回折部分ビーム束は、前記走査板の法線に対して非対称に引き続き伝播し、

・第2透過格子(24; 124)が、前記走査板(21; 121)の、前記反射型リニアスケール(10; 110)に面した面上に配置されていて、前記第1透過格子(23; 123)からこの第2透過格子(24; 124)上に入射する複数の前記部分ビーム束が、前記走査板の法線に対して互いに対称にこの走査板(21; 121)とこの反射型リニアスケール(10; 110)との間を伝播し、前記複数の部分ビーム束のリトロ角度を成してこの反射型リニアスケール(10; 110)に照射されるように、この第2透過格子(24; 124)は、前記複数の部分ビーム束を回折させることを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載の光学式エンコーダ。

10

【請求項8】

前記第1透過格子(23; 123)及び前記第2透過格子(24; 124)はそれぞれ、ブレード位相格子として形成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】

前記第1透過格子(23; 123)及び前記第2透過格子(24; 124)は、測定方向に沿って周期的な位相変化を有す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。

【請求項10】

前記第1透過格子(123)上に入射する前記部分ビームにコリメート作用をこの第1透過格子(123)を通じて及ぼすように、この第1透過格子(123)はさらに形成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。

20

【請求項11】

前記位相差走査信号に寄与する複数の信号成分の多重走査を設定するため、前記走査板(21; 121)の厚さ( $d_{AP}$ )及び/又はこの走査板(21; 121)上に配置された前記両透過格子(23, 24; 123, 124)の格子パラメータが適切に選択されていることを特徴とする請求項6又は7に記載の光学式エンコーダ。

【請求項12】

直線偏光された1つのビーム束が、前記走査板(221; 321)上に入射し、  
・第1透過格子(223; 323)が、前記走査板(221; 321)の、前記光ファイバ(230; 330)に面した面上に配置されていて、この第1透過格子(223; 323)は、この第1透過格子(223; 323)上に入射する前記ビーム束を少なくとも2つの回折部分ビーム束に分割し、且つこの第1透過格子(223; 323)上に入射するこのビーム束にコリメート作用を及ぼし、

30

・複屈折要素(226; 326)が、前記走査板(221; 321)の、前記反射型リニアスケール(210; 310)に面した面上に配置されていて、この複屈折要素(226; 326)内では、当該分割された複数の部分ビーム束が、前記走査板の法線に対して非対称に引き続き伝播し、この走査板(221; 321)を離れた後に、この走査板の法線に対して互いに対称に、この走査板(221; 321)と前記反射型リニアスケール(210; 310)との間を伝播し、前記複数の部分ビーム束のリトロ角度を成してこの反射型リニアスケールに照射されることを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載の光学式エンコーダ。

40

【請求項13】

前記位相差走査信号に寄与する複数の信号成分の多重走査を設定するため、前記複屈折要素(226; 326)の厚さ( $d_{dE}$ )が適切に選択されていることを特徴とする請求項6又は12に記載の光学式エンコーダ。

【請求項14】

前記分光手段は、ビーム路内に連続して配置された複数の回折格子を有することを特徴とする請求項6に記載の光学式エンコーダ。

【請求項15】

50

反射防止膜が、前記光ファイバの、前記反射型リニアスケールに面しない端部に配置されていること、及び/又は、前記光ファイバの当該端部が、斜め研磨されていることを特徴とする請求項5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、請求項1に記載の上位概念による光学式エンコーダに関する。

【背景技術】

【0002】

公知の光学式エンコーダは、リニアスケール及びこのリニアスケールに対して可動な走査装置を有する。一般に、光源、光電検出素子及びレンズ、格子等の光学素子が、この走査装置内に配置されている。しかしながら、特定の使用状況に対しては、これらの全ての素子を有する走査装置が、場合によっては非常に大きく構成されうる。さらに、妨害電磁場又は高温に起因した当該走査装置の能動部品の望まない影響が、特定の用途で発生しうる。さらに、光源の電力損失に起因した熱が、測定精度に影響しうる。

【0003】

それ故に、走査されるリニアスケール及びこのリニアスケールに対して可動な受動的な光ファイバ走査ヘッドだけが、実際の測定地点に配置される光学式エンコーダのための解決手段が公知である。光源及び光電検出素子のような、走査機能に関連するその他の能動部品は、当該測定地点から空間的に離れて配置され、且つ光ファイバを通じて光ファイバ走査ヘッドに接続されている。こうして、非常にコンパクトに構成される装置が、実際の測定地点で構成され得る。さらに、走査側の、各種能動部品に対する悪影響も減少され得る。

【0004】

上記エンコーダは、例えば、本出願人の独国特許出願公開第102007024349号明細書で提唱されてある。この明細書に開示されたエンコーダは、反射型リニアスケールとして形成されたリニアスケールのほかに、このリニアスケールに対して少なくとも1つの測定方向に移動可能な光ファイバ走査ヘッドを有する。当該エンコーダのその他の部品が、適切な光ファイバを経由して、この光ファイバ走査ヘッドの後方に空間的に離れて配置されている。例えば、光学式の走査に必要な光源、複数の光電検出素子及び場合によっては、信号を生成して信号をさらに処理するためのその他の能動部品が、これらの部品に属する。さらに、当該完全に受動的な光ファイバ走査ヘッドは、走査板と、信号を生成する照射ビーム束を供給して帰還させるための光ファイバの端部とを有する。複数の位相差走査信号を生成するため、当該走査信号を波長に応じてコード化することが提唱されている。このため、当該走査板は広帯域で照射され、且つ、この走査板は、複数の単位格子から構成される。これらの単位格子はそれぞれ、複数の領域から構成される。これらの領域は、照射スペクトルの幾つかの波長領域に対して透過性である。このため、当該走査板の単位格子ごとの当該異なる領域が、例えば、異なる波長を透過させる部分エタロンとして形成されている。しかしながら、当該独国特許出願公開第102007024349号明細書で利用される走査原理は、反射型リニア格子側の、非常に小さい目盛周期に対しては使用され得ない。何故なら、部分エタロンの波長に関係する透過性を維持しつつ、当該部分エタロンを任意に小さくすることができないからである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】独国特許出願公開第102007024349号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の課題は、高い分解能の位置測定が可能である受動的な光ファイバ走査ヘッドを

有する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】

【0007】

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。

【0008】

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。

【0009】

本発明の光学式エンコーダは、光ファイバ走査ヘッドと、この光ファイバ走査ヘッドに対して少なくとも1つの測定方向に可動な反射型リニアスケールとの相対位置に関する複数の位相差走査信号を生成するために使用される。当該光ファイバ走査ヘッド内では、走査板が、光ファイバの、リニアスケール側の端部の前方に配置されている。位相差走査信号が、波長に応じてコード化される。

・走査板上に入射した1つのビーム束が、少なくとも2つの部分ビーム束に分割され、これらの部分ビーム束が、反射型リニアスケールに照射され、次いで位相差走査信号を生成するために再集束して互いに干渉し、

・これらの部分ビーム束が、当該分割と当該再集束との間に異なる光路長を進行するように、当該走査板は形成されている。

【0010】

好適な実施の形態では、さらに、少なくとも2つの部分ビーム束が、走査板と反射型リニアスケールとの間でこの走査板の法線に対して対称に伝播し、これらの部分ビーム束のリトロ角度を成してこの反射型リニアスケールに照射されるように、当該走査板は形成されている。

【0011】

特に、使用される反射型リニアスケールは、 $\pm 1$ 次の回折次数で最大回折効率を有する。

【0012】

光ファイバが、マルチモード光ファイバとして形成されていて、光ファイバ走査ヘッドに向けて照射するために使用されるビーム束と、この光ファイバ走査ヘッドから離れるように再集束する部分ビーム束との双方が、当該光ファイバを通じて伝送可能であることが提唱され得る。

【0013】

さらに、光ファイバの、リニアスケールに面しない端部に、

・スペクトル広帯域の1つの光源、又は、  
・異なる波長の放射光を放射する複数の光源

が配置されていることが可能である。当該光源の放射光が、照射ビーム束としてカップリング手段を通じて光ファイバ内に入射可能である。

【0014】

この場合、検出装置が、光ファイバの、リニアスケールに面しない端部に配置され得る。当該検出装置は、

・再集束した部分ビーム束を波長に応じて分光するための分光手段、及び  
・複数の光電検出素子を有する。これらの光電検出素子は、当該分光された部分ビーム束を転送可能であり、且つ当該検出された部分ビーム束を電気的な位相差走査信号に変換する。

【0015】

好ましくは、当該走査板は、板状で透過性の基板として形成されている。この場合

・第1透過格子が、走査板の、光ファイバに面した面上に配置されている。この第1透過格子は、この第1透過格子に入射するビーム束を少なくとも2つの回折部分ビーム束に分割する。これらの回折部分ビーム束は、走査板の法線に対して非対称に引き続き伝播する。

・第2透過格子が、走査板の、反射型リニアスケールに面した面上に配置されている。第

10

20

30

40

50

1 透過格子からこの第2透過格子に入射する複数の部分ビーム束が、走査板の法線に対して互いに対称にこの走査板とこの反射型リニアスケールとの間を伝播し、これらの部分ビーム束のリトロ角度を成してこの反射型リニアスケールに照射されるように、この第2透過格子は、当該複数の部分ビーム束を回折させる。

【0016】

有利には、第1透過格子及び第2透過格子がそれぞれ、ブレード位相格子として形成されている。

【0017】

第1透過格子と第2透過格子とが、測定方向に沿って周期的な位相変化を有することが提唱され得る。

【0018】

さらに、第1透過格子に入射する部分ビームにコリメート作用をこの第1透過格子を通じて及ぼすように、この第1透過格子を形成することが可能である。

【0019】

特に、位相差走査信号に寄与する複数の信号成分の多重走査を設定するため、走査板の厚さ及び/又はこの走査板上に配置された両透過格子の格子パラメータが適切に選択されている。

【0020】

別の実施の形態では、直線偏光された1つのビーム束が、走査板上に入射することが提唱され得る。この場合、

- ・第1透過格子が、走査板の、光ファイバに面した面上に配置されている。この第1透過格子は、この第1透過格子に入射するビーム束を少なくとも2つの回折部分ビーム束に分割する。

- ・複屈折要素が、走査板の、反射型リニアスケールに面した面上に配置されている。この複屈折要素内では、当該分割された複数の部分ビーム束が、走査板の法線に対して非対称に引き続き伝播し、この走査板を離れた後に、この走査板の法線に対して互いに対称に、この走査板とこの反射型リニアスケールとの間を伝播し、これらの部分ビーム束のリトロ角度を成してこの反射型リニアスケールに照射される。

【0021】

有益には、位相差走査信号に寄与する複数の信号成分の多重走査を設定するため、複屈折要素の厚さが適切に選択されている。

【0022】

さらに、分光手段が、ビーム路内に連続して配置された複数の回折格子を有することが提唱され得る。

【0023】

さらに、反射防止膜が、光ファイバの、リニアスケールに面しない端部に配置されていること、及び/又は、光ファイバの当該端部が、斜め研磨されていることが可能である。

【0024】

本発明の光学式エンコーダによれば、高い分解能の位置測定も、受動的な光ファイバ走査ヘッドによって実施できる。すなわち、非常に小さい目盛周期を有する反射型リニアスケールが、当該光ファイバ走査ヘッドを用いて走査され得る。

【0025】

その他の利点としては、分割された複数の部分ビーム束が、光ファイバ走査ヘッドと反射型リニアスケールとの間で対称に進行するので、本発明の装置は、当該走査間隔の変動に対して非常に鈍感である。つまり、特に、計測される位置が、当該走査間隔から影響を受けないことが指摘され得る。

【0026】

さらに、本発明の光学式エンコーダの受動的な光ファイバ走査ヘッドは、非常に簡単な構造を成し、且つ非常にコンパクトに構成される。

【0027】

10

20

30

40

50

以下に、本発明のさらなる詳細及び利点を図面に示された本発明のエンコーダの実施の形態に基づいて説明する。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明のエンコーダの第1の実施の形態を大まかに示す。

【図2a】第1の実施の形態の走査板の上面上の第1透過格子の位相変化を大まかに示す。

【図2b】第1の実施の形態の走査板の下面上の第2透過格子の位相変化を大まかに示す。

【図3】本発明のエンコーダの第2の実施の形態の一部を大まかに示す。

10

【図4】第2の実施の形態の走査板の上面上の第1の透過格子の位相変化を大まかに示す。

【図5】本発明のエンコーダの第3の実施の形態の一部を大まかに示す。

【図6】第2の実施の形態の走査板の上面上の第3の透過格子の位相変化を大まかに示す。

【図7】本発明のエンコーダの第4の実施の形態の一部を大まかに示す。

【図8】第2の実施の形態の走査板の上面上の第4の透過格子の位相変化を大まかに示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

20

以下に、本発明のエンコーダの第1の実施の形態を図1、2a及び2bに基づいて説明する。

【0030】

図示された実施の形態の光学式エンコーダは、反射型リニアスケール10を有する。この反射型リニアスケール10は、光ファイバ走査ヘッド20に対して相対移動可能に、示された測定方向xに配置されている。この場合、反射型リニアスケール10が固定式に配置され且つ光ファイバ走査ヘッド20が移動式に配置され得る、又は、反射型リニアスケール10が移動式に配置され且つ光ファイバ走査ヘッド20が固定式に配置され得る。反射型リニアスケール10及び光ファイバ走査ヘッド20は、-図示されなかった-2つの物体に結合されている。これらの物体は、測定方向xに互いに相対移動可能であり、これらの物体の向き合った相対位置が測定され得る。この場合、これらの物体は、例えば、1つの機械の、相対位置が検出されなければならない相対移動する2つの部品でもよい。このとき、当該エンコーダによって生成された位置に応じた走査信号が供給される、後続配置された、同様に図示されなかった測位装置によって、これらの部品に対応する所在地又は位置が制御され得る。

30

【0031】

図示された実施の形態の反射型リニアスケール10は、反射型リニア位相格子として形成されている。この反射型リニア位相格子の反射光が、光ファイバ走査ヘッド20によって走査される。この反射型リニアスケール10は、測定方向xに周期的に配置された、異なる移相作用を呈する複数の目盛領域から構成される。これらの目盛領域は、長方形を成す。この場合、長方形の長手軸が、示されたy方向に沿って延在する。このy方向は、当該反射型リニアスケール平面内で測定方向xに対して垂直に配向されている。

40

【0032】

当然に、図示された実施の形態とは違って、反射型ロータリースケールも、ラジアル目盛又はドラム目盛として本発明のエンコーダで使用され得る。

【0033】

反射型リニアスケール10は、光ファイバ30を通じて照射ビーム束を供給することによって照射される。このため、スペクトルを広帯域化した光源40が、光ファイバ30の、反射型リニアスケールに対向していない端部に配置されている。この光源40の放射光が、コリメートレンズ41、ビームスプリッタ42及びカップリングレンズ43としての

50

カップリング手段を通じてこの光ファイバ30の中に入射される。例えば、850nmの中心波長で放射し且つ60nmのスペクトル幅を有する赤外線発光ダイオードが、十分に広い帯域の放射スペクトルを有する適切な光源40として考えられる。

【0034】

光源40の活性面が、カップリングレンズ43の焦点距離とコリメートレンズ41の焦点距離との図示された関係を成す配置によって光ファイバ30の入射面内に投影される。この場合、光が、最大許容光出力で入射するように、当該投影倍率が、最適化され得る。

【0035】

さらに、光源40のほかに、検出装置50も、光ファイバ30の、反射型リニアスケールに対向していない端部に設けられている。複数の位相差走査信号が、この検出装置50によって、供給された複数の重畳部分ビーム束から生成される。反射型リニアスケール10によって反射されて重畳されたこれらの部分ビーム束は、光ファイバ30を通じて検出装置50に供給される。この検出装置50の詳細な構成については、別に記載されている。当該位相差走査信号が、この検出装置50から - 図示されなかった - 測位装置に供給される。この測位装置は、相対移動する物体の所在地又は位置を制御する目的で当該位相差走査信号を利用する。

【0036】

したがって、特に光源40及び検出装置50のような、本発明のエンコーダの様々な能動部品が、実際の測定地点から空間的に離れて配置されていて、光ファイバ30だけを通じてこの測定地点に光学的に結合されている。すなわち、一方では、これらの能動部品に対する悪影響の最小化が保証されていて、他方では、受動的な光ファイバ走査ヘッド20が、測定地点で非常にコンパクトに構成され得る。

【0037】

光ファイバ30は、好ましくはマルチモード光ファイバとして形成されている。反射型リニアスケール10に向かう、照射するために利用される照射ビーム束と、反射型リニアスケール10から検出装置50の方向に向かう検出するために利用される重畳部分ビーム束との双方が、当該光ファイバ30を通じて伝送可能である。

【0038】

第1の実施の形態に関して以下で詳しく説明される光ファイバ走査ヘッド20の構成が、本発明にとって重要である。図1から分かるように、この実施の形態では、光ファイバ走査ヘッド20は、光ファイバ30の、反射型リニアスケール側の端部の前方に配置されている走査板21と、レンズ22としての屈折光学素子とを有する。この場合、このレンズ22は、光ファイバ30と光ファイバ走査ヘッド20内の走査板21との間に配置されている。この光ファイバの出射面から入射するビーム束が、レンズ22を通じて、光学軸OAに沿った光ファイバ走査ヘッド10の方向の経路上でコリメートされる、又は、光ファイバ走査ヘッド10の方向からレンズ22に向かって入射する部分ビーム束が、このレンズ22を通じて、光ファイバ30の中に再び入射される、つまりこの光ファイバの入射面上に集光される。

【0039】

透明なガラス製支持基板が、走査板21として使用される。第1透過格子23が、当該支持基板の、光ファイバ30に面した側(上面)に配置されていて、第2透過格子24が、反射型リニアスケール10に面した側(下面)に配置されている。

【0040】

レンズ22を通じてコリメートされて第1透過格子23上に入射するビーム束が、この第1透過格子23を通じて少なくとも2つの回折部分ビーム束に分割される。これらの回折部分ビーム束は、当該分割後に走査板21内でこの走査板の法線に対して非対称に引き続き伝播する。すなわち、この実施の形態では、例えば、図1に示された光学軸OAが、当該走査板の法線を示す。第1透過格子23は、ブレード位相格子として形成されている。このブレード位相格子は、最大の回折効率を+1次及び-2次の回折次数で有する。したがって、これらの両回折次数は、走査ビーム路内の、非対称に引き続き伝播する部

10

20

30

40

50

分ビーム束を示す。これらの部分ビーム束は、位相差に関する走査信号を生成するために利用され、分割と再集束のとの間に異なる光路を進行する。

【 0 0 4 1 】

分割された部分ビーム束は、走査板 2 1 の透過後に、この走査板 2 1 の、反射型リニアスケール 1 0 に面している片面に配置されている第 2 透過格子 2 4 上に到達する。次いで、これらの部分ビーム束が、当該走査板の法線に対して対称にこの走査板 2 1 とこの反射型リニアスケール 1 0 との間を引き続き伝播するように、第 2 透過格子 2 4 が、第 1 透過格子 2 3 から入射する部分ビーム束を回折させる。さらに、これらの部分ビーム束が、いわゆるリトロ角度を成して反射型リニアスケール 1 0 上に入射するように、これらの部分ビーム束は、第 2 透過格子 2 4 によって回折される。これらの部分ビーム束が、リトロ角度を成して反射型リニアスケール 1 0 上に入射する結果、これらの部分ビーム束は、同じ角度で反射型リニアスケール 1 0 から走査板 2 1 に向かって戻るように反射される。これらの部分ビーム束は、当該同じ角度でこの走査板 2 1 に向かって入射する。第 2 透過格子 2 4 は、同様にブレード位相格子として形成されている。つまり、この位相格子の最大回折効率が、+ 1 次及び - 1 次の回折次数で最適化されている。

10

【 0 0 4 2 】

これらの部分ビーム束は、反射型リニアスケール 1 0 での戻り反射後に、走査板 2 1 の下面の第 2 透過格子 2 4 を新たに透過し、第 1 透過格子 2 3 で再集束するまで、走査板 2 1 の法線に対して非対称にこの走査板内で伝播する。この透過格子に対して + 1 次及び - 2 次の回折次数で分割された部分ビーム束が、走査板 2 1 の上面の第 1 透過格子 2 3 で重畳干渉光になる。次いで、最終的には、当該重畳された一对の部分ビーム束が、光学軸 O A に沿ってレンズ 2 2 の方向に伝播し、このレンズ 2 2 を通じて光ファイバ 3 0 中に入射される。

20

【 0 0 4 3 】

独国特許出願公開第 1 0 2 0 0 7 0 2 4 3 4 9 号明細書で既に開示されているように、本発明は、位相差走査信号を波長に応じてコード化することが提唱されている。このことは、当該位相差走査信号が、異なる波長を有する回折スペクトルの複数の成分から生成されることを意味する。したがって、第 1 透過格子での分割と再集束との間に信号生成される複数の部分ビーム束の非対称なビーム路と、こうして生成される異なる光路長とが、当該位相差走査信号のために重要である。分割と再集束との間のこれらの部分ビーム束が、当該異なる光路長を進行する。したがって、当該ビーム路のこの領域内の非対称なビーム路が、分割されたこれらの部分ビーム束間に、波長に関する位相差をもたらす。

30

【 0 0 4 4 】

位相差走査信号を波長に応じてコード化するため、さらに、第 1 透過格子 2 3 が、周期的な位相変化  $p(x)$  を測定方向  $x$  に有することが提唱されている。第 1 透過格子 2 3 のこの周期性は、図 2 a の第 1 透過格子 2 3 の縦断面図とその概略平面図との双方から分かる。第 1 透過格子 2 3 の、4 つのステップに量子化して形成されている一目盛周期  $TP_{G1}$  内には、図示された実施の形態では、異なる 4 つの移相目盛領域が設けられている。当該 4 つの移相目盛領域は、位相  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  を有する位相差走査信号に割り当てられている。つまり、図 2 a の表示では、これらの異なる移相目盛領域は、異なるハッチングで表示されている。当然に、この第 1 透過格子は、4 つより多いステップ、例えば 8 つのステップで量子化されて形成されてもよい。

40

【 0 0 4 5 】

この場合、測定方向  $x$  に沿った第 1 透過格子 2 3 の位相変化  $p(x)$  は、第 1 の実施の形態では、以下のように表記され得る。

【 0 0 4 6 】

【 数 1 】

$$\Delta p(x) = \frac{1}{2\pi} \text{Arctan2} \left( \sin\left(\frac{2\pi ix}{TP_{G1}}\right) + \sin\left(\frac{2\pi imx}{TP_{G1}}\right), \cos\left(\frac{2\pi ix}{TP_{G1}}\right) + \cos\left(\frac{2\pi imx}{TP_{G1}}\right) \right)$$

50

【0047】

(方程式1)

$m := 2, 0, -2, -3, \dots$  (第1透過格子の+1次の回折次数以外に使用される非対称な別の回折次数; 上記では、 $m = -2$ )

$TP_{G_1} :=$  第1透過格子の目盛周期

【0048】

また、図1の横断面図及び図2bの平面図から見て取れるように、走査板の下面の第2透過格子24は、4つのステップに量子化して形成されている。この第2透過格子24の1つの目盛周期 $TP_{G_2}$ 内では、同様に異なる4つの移相目盛領域が設けられている。当該4つの移相目盛領域は、位相 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ を有する4つの位相差走査信号に割り当てられている。

10

【0049】

本発明の光学式エンコーダの実施の形態を具体的に構成するためには、以下で示すように、関与するビーム束、部分ビーム束及び格子の波数ベクトルつまり $k$ ベクトルを検討することが有益である。

【0050】

すなわち、第1透過格子23で発生する+1次の回折次数の部分ビーム束の $k$ ベクトルは、 $k_1$ で示される。したがって、当該同じ透過格子23に対する-2次の回折次数の $k$ ベクトルは、 $-2k_1$ になる。 $k$ ベクトル $k_2$ を有する第2透過格子24では、その他のビーム路で必要な対称性に起因して、 $k$ ベクトル $k_2 = k_1/2$ が、2つの部分ビーム束に対して加算される。したがって、 $k_{strahl} = 3k_1/2$ に応じた $k$ ベクトル及び $k_{strahl} = -3k_1/2$ に応じた $k$ ベクトルが、反射型リニアスケール10の方向に引き続き伝播する当該两部分ビーム束に対して発生する。それ故に、これらの $k$ ベクトル $k_{strahl}$ の絶対値が、このビーム路部分内の当該两部分ビーム束に対して等しい。リトロウの条件を満たすためには、反射型リニアスケール10の $k$ ベクトル $k_M$ の絶対値が、それぞれの $k$ ベクトル $k_{strahl}$ の絶対値の2倍の大きさに選択される必要がある。すなわち、 $k_M = 3k_1$ が成立する必要がある。

20

【0051】

第1透過格子23の上述した構成の代わりに、走査板21内で引き続き伝播するその他の非対称な回折次数に対して、すなわち-2次及び+1次の回折次数に対してではなくて、その他の非対称な回折次数の組み合わせ、例えば、0次及び1次の回折次数又は+1次及び-3次の回折次数等に対して、この第1透過格子23を最適化することが提唱され得る。例えば、+1次の回折次数以外で、-2次の回折次数の代わりに、以下では $m$ 次の回折次数と呼ばれる別の回折次数が使用される場合、走査板21の下面上の第2透過格子24の $k$ ベクトル $k_2$ に対して、

30

【0052】

【数2】

$$k_2 = (-mk_1 - k_1)/2$$

【0053】

40

(方程式2)

$k_2 :=$  第2透過格子の $k$ ベクトル

$k_1 :=$  第1透過格子の $k$ ベクトル

$m := 2, 0, -2, -3, \dots$  (第1透過格子の+1次の回折次数以外に使用される非対称な別の回折次数; 上記では、 $m = -2$ )

が成立する。

【0054】

したがって、反射型リニアスケール10上に照射される2つの部分ビーム束の $k$ ベクトル $k_{strahl}$ に対して、

【0055】

50

## 【数 3】

$$k_{Strahl} = \pm(-mk_1 + k_1)/2$$

【0056】

(方程式 3)

$k_{Strahl}$  : = 反射型リニアスケール 10 上に照射される 2 つの部分ビーム束の  $k$  ベクトル

$k_2$  : = 第 2 透過格子の  $k$  ベクトル

$k_1$  : = 第 1 透過格子の  $k$  ベクトル

$m$  : = 2、0、-2、-3、... (第 1 透過格子の + 1 次の回折次数以外に使用される非対称な別の回折次数 ; 上記では、 $m = -2$ )

10

が成立する。

【0057】

したがって、

【0058】

## 【数 4】

$$k_M = 2(-mk_1 + k_1)$$

【0059】

(方程式 4)

$k_M$  : = 反射型リニアスケールの  $k$  ベクトル

$k_1$  : = 第 1 透過格子の  $k$  ベクトル

20

$m$  : = 2、0、-2、-3、... (第 1 透過格子の + 1 次の回折次数以外に使用される非対称な別の回折次数 ; 上記では、 $m = -2$ )

による反射型リニアスケール 10 の  $k$  ベクトル  $k_M$  の絶対値が得られる。

【0060】

$k_1$  が、方程式 4 から求まる。

【0061】

## 【数 5】

$$k_1 = -\frac{k_M}{m-1}$$

【0062】

30

(方程式 4 a)

これに応じて、第 1 透過格子の目盛周期  $TP_{G1}$  及び第 2 透過格子の目盛周期  $TP_{G2}$  に対して、

【0063】

## 【数 6】

$$TP_{G1} = -(m-1) * TP_M$$

【0064】

(方程式 4 b)

及び

【0065】

40

## 【数 7】

$$T_{G2} = -\frac{2}{m+1} * T_{G1}$$

【0066】

(方程式 4 c)

$k_M$  : = 反射型リニアスケールの  $k$  ベクトル

$k_1$  : = 第 1 透過格子の  $k$  ベクトル

$m$  : = 2、0、-2、-3、... (第 1 透過格子の + 1 次の回折次数以外に使用される非対称な別の回折次数 ; 上記では、 $m = -2$ )

【0067】

50

反射型リニアスケール10の目盛周期 $TP_M$ が、例えば $TP_M = 4 \mu m$ に選択される場合、方程式(4b)において $m = -2$ のときに、第1透過格子23の目盛周期 $TP_{G1}$ が、 $TP_{G1} = 12 \mu m$ に選択され、方程式(4c)にしたがって、第2透過格子24の目盛周期 $TP_{G2}$ が、 $TP_{G2} = 24 \mu m$ に選択され得る。

【0068】

既に上述したように、非常に小さい目盛周期 $TP_M$ を有する反射型リニアスケールの可能な走査のほかに、走査信号の生成が、反射型リニアスケール10と光ファイバ走査ヘッド20との間の走査距離の変動にほとんど関係ないことが、本発明の装置のさらなる利点として奏される。当該利点は、上記两部分ビーム束が、第2透過格子24と反射型リニアスケール10との間で走査板の法線に対して対称に伝播することに起因する。実際に対称な回折次数を有する2つの部分ビーム束が、反射型リニアスケール10に照射されるために、干渉するこれらの部分ビーム束間の光路差が、当該走査距離に関係しない。

10

【0069】

本発明の光学式エンコーダでは、位相差走査信号が、照射スペクトルの異なる複数のスペクトル成分から生成される。当該位相差走査信号の生成を、希望した数の位相差走査信号に対して可能にするためには、或る程度の検討が、当該方式を実現するために必要である。すなわち、当該検討のためには、最初に、照射スペクトルの異なる波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ から成る2つの信号の位相差 $p(\lambda_1, \lambda_2)$ を、信号周期で表記することが必要である。この関係は、第1の実施の形態では以下ようになる。

【0070】

20

【数8】

$$\Delta p(\lambda_1, \lambda_2) = 2 d_{Ap} \cdot$$

$$\left\{ \frac{n_{ref1}}{\lambda_1} \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_1}{TP_{G1} n_{ref1}} \right)^2} - \sqrt{1 - \left( \frac{m\lambda_1}{TP_{G1} n_{ref1}} \right)^2} \right] - \frac{n_{ref2}}{\lambda_2} \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_2}{d_{Ap} n_{ref1}} \right)^2} - \sqrt{1 - \left( \frac{m\lambda_2}{d_{Ap} n_{ref1}} \right)^2} \right] \right\}$$

30

【0071】

(方程式5)

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  := 照射スペクトルから成る異なる波長

$m$  := 2、0、-2、-3、... (第1透過格子の+1次の回折次数以外に使用される非対称な別の回折次数; 上記では、 $m = -2$ )

$n_{ref1}$ 、 $n_{ref2}$  := 波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ のときの走査板の分散に関する屈折率

$TP_{G1}$  := 第1透過格子の目盛周期

$d_{Ap}$  := 走査板の厚さ

【0072】

40

以下に、本発明の光学式エンコーダの第1の実施の形態のための具体的な構成例を説明する。

【0073】

この場合、850nmの中心波長と60nmのスペクトル幅とを有する赤外線発光ダイオードが、光源として使用される。4つの位相差走査信号が、出力側で取得されなければならない場合、当該光源の全波長領域から成るこれらの4つの信号成分の各々の二重走査が実行される。すなわち、それぞれ90°位相差のある8つの信号成分が、当該使用可能な60nmの光源のスペクトル領域から取得される必要がる。受信機側の、対応する高いスペクトル分解能によって、当該信号成分の、さらに高い分解能の走査も考えられる。その結果、光源のスペクトルが、例えば温度の影響によって変化しても、より良好な安定性

50

が得られる。上記に提唱されている二重走査のときに、当該8つの信号成分を生成するためには、30nmの波長差のときに、1(360°)の位相差が発生するように、走査板21の厚さ $d_{Ap}$ 及び/又はこの走査板21上に配置された透過格子の格子パラメータが決定される必要がある。具体的な実施の形態では、クウォーツが、走査板21用の材料として使用される( $n_{ref} = 1.452$ )。さらに、上記に挙げられた目盛周期 $TP_M = 4\mu m$ 、 $TP_{G1} = 12\mu m$ 、 $TP_{G2} = 24\mu m$ が、反射型リニアスケール10並びに第1透過格子23及び第2透過格子24に対して適用される。走査板21の厚さ $d_{Ap}$ に関する上記方程式(5)を解くと、 $d_{Ap} = 2.28mm$ に相当する当該走査板に必要な厚さ $d_{Ap}$ が求まる。したがって、対応する位相差が、方程式(5)にしたがって波長変化ごとに求まるように、走査板21の厚さ $d_{Ap}$ 及び/又はこの走査板21上に配置された透過格子の格子パラメータが、本発明のエンコーダにおいて決定される。

#### 【0074】

図1には、本発明の光学式エンコーダの上述した構成要素のほかに、さらに、波長に応じてコード化された位相差走査信号を検出するために使用される検出装置50が示されている。

#### 【0075】

このため、光ファイバ30の、反射型リニアスケールに面しない端部に配置されている当該検出装置50は、大まかに示された、重畳された部分ビーム束を波長に応じて分光するための分光手段51を有する。当該部分ビーム束は、光ファイバ30を通じて検出装置50の方向に伝送される。この例では、分光手段51が、回折格子型の分散素子として形成されている。光が、分光手段51の後方に配置されたレンズ52を通じて、構造化された光検出器53上に集光される。ここでは、この光検出器53は、8つの個別検出素子から構成される。この場合、1つの所定の波長の当該投影された光は、集光面内で円を形成する。この円の直径は、光ファイバ30のファイバコアの直径と、レンズ52とカップリングレンズ43との焦点距離比との積によって算出される。それ故に、当該光ファイバの端部の複数の円形投影光が、空間的に分離して存在するように、すなわち別々に検出可能であるように、分光手段51の分散度が十分に大きくなくてはならない。本発明の実施の形態では、1つの位相差は、30nm/360°に相当する。

#### 【0076】

例えば、90°ずつ移相されている4つの走査信号が生成されるときは、これに応じて、7.5nmのスペクトル分解能が必要である。この場合、各走査信号は、360°の位相差ごとに繰り返し走査され得る。こうして、全ての光源スペクトルが利用され得る一方で、例えば温度誘導された波長シフトが、生成された走査信号の振幅にほとんど影響しない。

#### 【0077】

必要に応じて、検出装置50内にさらに追加して配置され得る、信号を処理するためのその他の構成要素は、図1には示されていない。例えば、増幅器、A/D変換器等が、当該その他の構成要素に属される。走査新号が、さらなる処理のために図示されなかった後続の電子機器に対して伝送される前に、当該走査信号は、上記その他の構成要素によってさらに演算処理されて評価される。

#### 【0078】

また、十分な分解能を小型の評価装置で達成するため、光路内に連続して配置された複数の回折格子を分光手段51として使用することが可能である。このため、これらの回折格子が、ほぼリトロ角度を成して照射されるときに、これらの回折格子の高い回折効率が達成され得る。この条件下では、カップリングレンズ43の焦点距離 $f$ が、特に以下のように決定され得る。

#### 【0079】

#### 【数9】

$$f = \frac{D_f}{N + \Delta\lambda} \sqrt{d^2 - \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2}$$

## 【 0 0 8 0 】

(方程式 6)

λ : = 平均波長

d : = 回折格子の格子定数

D<sub>f</sub> : = 光ファイバの端部の直径

N : = 使用された回折格子の数

λ<sub>0</sub> : = 必要な波長分解能

## 【 0 0 8 1 】

さらに、入射光が光ファイバの端部で反射することによって検出路内に到達する連続光成分を減少させることが好ましい。当該連続光の減少は、反射防止膜を光ファイバの端部にコーティングすることによって達成され得る。この代わりに又はこれに加えて、光ファイバの端部を斜め研磨することによって、入射時に反射した光が、検出路内に到達することが阻止され得る。

10

## 【 0 0 8 2 】

この代わりに又はこれに加えて、本発明の装置では、さらに、未変調スペクトルが、一緒に測定され得る。このため、斜め研磨された光ファイバの端部で反射された光が、例えば、当該出射側の光ファイバの端部とカップリングレンズとの間のプリズム又は回折素子によって偏光され得る結果、当該反射された光は、実際にはこの光ファイバの端部に対してずれた地点から出射される。その結果、変調スペクトルの隣に空間的にずれるように、未変調スペクトルが、検出素子基板の平面内でさらに取得され得る。当該未変調スペクトルは、追加の検出素子によって検出可能である。こうして取得された情報は、照射スペクトルの変化から生じる信号誤差を補正するために利用され得る。

20

## 【 0 0 8 3 】

第 1 の実施の形態と僅かに異なる本発明の光学式エンコーダの第 2 の実施の形態が、図 3 にその一部を示されている。この場合、測定地点側の構成要素だけが示されている。すなわち、光ファイバ走査ヘッド 1 2 0 及び反射型リニアスケール 1 1 0 が示されている。光ファイバ 1 3 0 の、この反射型リニアスケールに面しない端部側の別の構成要素は、図示していない。つまり、当該別の構成要素は、第 1 の実施の形態と同一である。以下に、第 1 の実施の形態との決定的な相違点だけを説明する。

## 【 0 0 8 4 】

すなわち、光ファイバ走査ヘッド 1 2 0 の第 2 の実施の形態では、独立したレンズが、走査板 1 2 1 の上面上の、光ファイバ 1 3 0 と第 1 透過格子 1 2 3 との間にもはや存在しない。第 1 の実施の形態とは違って、このレンズに対応する光学機能が、第 1 透過格子 1 2 3 にさらに組み込まれている。当該構成は、第 1 透過格子 1 2 3 が、既に上述した光学機能のほかに、コリメート作用をも光ファイバ 1 3 0 から入射するビーム束に及ぼすことを意味する。反対方向に伝播する重畳部分ビーム束が、当該第 1 透過格子 1 2 3 を透過することによって光ファイバ 1 3 0 内に入射される、すなわち対応する光ファイバの入射面に集光される。第 1 の実施の形態に比べてさらにコンパクトな光ファイバ走査ヘッド 1 2 0 が構成される。さらに、本発明の装置の製造時の独立したレンズに関する調整コストがかからない。

30

40

## 【 0 0 8 5 】

図 4 は、当該追加の光学機能を有する第 1 透過格子 1 2 3 で発生する位相変化の平面図である。

## 【 0 0 8 6 】

上記以外の位相差走査信号及びその他の詳細は、第 1 の実施の形態の説明に記載されている。

## 【 0 0 8 7 】

本発明の光学式エンコーダの第 3 の実施の形態が、図 5 及び図 6 に示されている。以下に、この第 3 の実施の形態の説明では、第 1 の実施の形態との決定的な相違点について最初に言及する。

50

## 【 0 0 8 8 】

図 5 には、再度、測定地点の領域だけが示されている。図 6 は、第 1 透過格子の位相変化を大まかに示す。光を光ファイバ 2 3 0 内に入射させること、及び、重畳部分ビーム束を検出することは、既に説明した実施の形態と同様である。

## 【 0 0 8 9 】

光ファイバ走査ヘッド 2 2 0 内の光ファイバ 2 3 0 から出射するビーム束が、第 1 の実施の形態のように、光路上のレンズ 2 2 2 を透過して反射型リニアスケール 2 1 0 の方向に光学軸 O A に沿ってコリメートされる。次いで、当該コリメートされたビーム束は、偏光子 2 2 5 を透過する。当該ビーム束は、この偏光子 2 2 5 を透過すると直線偏光したものになる。この場合、当該偏光方向は、測定方向 x に配向されている。引き続き、当該直線偏光されたビーム束は、走査板 2 2 1、つまり第 1 透過格子 2 2 3 上に照射される。この第 1 透過格子 2 2 3 は、この走査板 2 2 1 の、光ファイバ 2 3 0 に面した面上に配置されている。この実施の形態では、上述の 2 つの実施の形態と違って、入射したビーム束が、第 1 透過格子 2 2 3 を透過して + 1 次の回折次数の部分ビーム束と - 1 次の回折次数の部分ビーム束とに分割される。この場合、第 1 透過格子 2 2 3 は、位相格子として形成されていて、且つ目盛周期  $TP_{G1}$  を有する。この目盛周期  $TP_{G1}$  は、反射型リニアスケール 2 1 0 の目盛周期  $TP_M$  の半分に相当する。

## 【 0 0 9 0 】

次いで、当該分割された複数の部分ビーム束は、走査板 2 2 1 を伝播し、複屈折要素 2 2 6 内に到達する。この複屈折要素 2 2 6 は、この走査板 2 2 1 の、反射型リニアスケール 2 1 0 に面した面上に配置されている。次いで、当該分割された複数の部分ビーム束は、この走査板 2 2 1 のこの複屈折要素 2 2 6 内で非対称に引き続き伝播する。これらの部分ビーム束の、測定方向 x の直線偏光に起因して、非偏光（自然光）（*ordentlich Strahlen*）の伝播が、この複屈折要素 2 2 6 内で抑制されるように、当該非対称な伝播は、この複屈折要素 2 2 6 の選択された偏光方向によって引き起こされる。さらに、この複屈折要素 2 2 6 の楕円偏光が、走査板の法線に対して  $0^\circ$  以外で且つ  $90^\circ$  以外の角度を成して生成される。したがって、第 1 透過格子 2 2 3 の回折地点において + 1 次の回折次数と - 1 次の回折次数とを成す 2 つの偏光（*ausserordentlich Strahlen*）の屈折率が異なる。当該屈折率が異なるのは、当該 2 つの部分ビーム束の伝播方向に対する複屈折要素 2 2 6 の主軸の相対角度が異なることに起因する。

## 【 0 0 9 1 】

本発明のエンコーダの上記の実施の形態を具体的に構成するためには、同様に、信号周期で表記された、異なる波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  に基づく 2 つの信号の位相差  $p(\lambda_1, \lambda_2)$  を知ることが必要である。この実施の形態では、この位相差  $p(\lambda_1, \lambda_2)$  は、複屈折要素 2 2 6 の厚さ  $d_{dE}$  に比例し、以下のように表記される。

## 【 0 0 9 2 】

## 【 数 1 0 】

$$\Delta p(\lambda_1, \lambda_2) = d_{dE} \cdot$$

$$\left\{ \frac{1}{\lambda_1} \left[ n_r(\lambda_1, \beta_1(\lambda_1)) \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_1}{TP_{G1} n_r(\lambda_1, \beta_1(\lambda_1))} \right)^2} - n_r(\lambda_1, \beta_2(\lambda_1)) \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_1}{TP_{G1} n_r(\lambda_1, \beta_2(\lambda_1))} \right)^2} \right] - \frac{1}{\lambda_2} \left[ n_r(\lambda_2, \beta_1(\lambda_2)) \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_2}{TP_{G1} n_r(\lambda_2, \beta_1(\lambda_2))} \right)^2} - n_r(\lambda_2, \beta_2(\lambda_2)) \sqrt{1 - \left( \frac{\lambda_2}{TP_{G1} n_r(\lambda_2, \beta_2(\lambda_2))} \right)^2} \right] \right\}$$

## 【 0 0 9 3 】

(方程式 7)

$\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  : = 照射スペクトルの異なる波長

$d_{dE}$  : = 複屈折要素の厚さ

10

20

30

40

50

$\theta_1, \theta_2$  := 照射角度。当該分割された2つの部分ビーム束が、上面の法線に対してこの照射角度を成して複屈折要素上に入射する。

$TP_{G1}$  := 第1透過格子の目盛周期

$n_r$  := 偏光の、波長と照射方向とに關係する複屈折要素の屈折率

【0094】

この場合、屈折率  $n_r$  は、それぞれの波長  $\lambda_1, \lambda_2$  と照射方向  $\theta_1, \theta_2$  との双方に關係する。これらの異なる両照射方向  $\theta_1, \theta_2$  は、第1透過格子223で生じる±1次の回折次数から得られる。また、屈折率  $n_r$  は、照射方向に關係するので、 $\theta_1$  及び  $\theta_2$  は、複屈折媒体のための以下の屈折式から零点を求めることによって計算される。

【0095】

【数11】

$$0 = \mp \frac{\lambda_i}{TP_{G1}} + n_r(\gamma - \beta_{1,2}) \sin \beta_{1,2}$$

【0096】

(方程式8)

$\lambda_i$  = 照射スペクトルの異なる波長

$n_r$  := 偏光の、波長と照射方向とに關係する複屈折要素の屈折率

$\theta_1, \theta_2$  := 角度。当該分割された2つの部分ビーム束が、上面の法線に対してこの角度を成して複屈折要素を伝播する。

$\gamma$  := 上面の法線に対する複屈折要素の材料の配向角

【0097】

したがって、当該照射方向に關係する屈折率  $n_r$  は、

【0098】

【数12】

$$n_r(\theta) = \frac{n_o n_e}{\sqrt{n_o^2 \sin^2(\theta) + n_e^2 \cos^2(\theta)}}$$

【0099】

(方程式9)

によって計算される。

$n_r$  := 偏光の、波長と照射方向とに關係する複屈折要素の屈折率

$n_o$  := 非偏光の屈折率

$n_e$  := 偏光の屈折率

$\theta$  := ビーム方向  $\theta_1, \theta_2$  と複屈折要素の配向角との成す角度

【0100】

当該屈折率  $n_o, n_e$  は、それぞれの波長のときに対応する複屈折材料の分散式から算出され得る。

【0101】

以下に、本発明の光学式エンコーダの第3の実施の形態のための具体的な構成例を説明する。

【0102】

同様に、850nmの中心波長と60nmのスペクトル幅とを有する光源が使用される。方解石が、複屈折要素26用の材料として設けられている。

【0103】

一般に、複屈折要素226に必要な厚さ  $d_{DE}$  は、反射型リニアスケール210の目盛周期  $TP_M$  が小さくなると共に減少する。何故なら、伝播した2つの部分ビーム束の±1次の回折次数の回折角度が、複屈折要素226内で大きく相違するからである。それ故に、以下では、第1透過格子223の1つの目盛周期  $TP_{G1}$  は、 $TP_{G1} = 4 \mu m$  に相当する。反射型リニアスケール210の目盛周期  $TP_M$  は、 $TP_M = 2 \mu m$  になり、走査信号の1つの信号周期は、 $1 \mu m$  に相当する。さらに、配向角  $\gamma = 45^\circ$  が採用される。同

10

20

30

40

50

様に、1つの位相差が、 $30\text{ nm} / 360^\circ$ に相当しなければならない場合は、 $d_{dE} = 3.71\text{ mm}$ に相当する複屈折要素226の厚さ $d_{dE}$ が必要である。

【0104】

複屈折要素226のさらによりコンパクトな構造又はより薄い厚さ $d_{dE}$ は、 $\text{AgGaSe}_2$ （銀ガリウムセレンイト）を複屈折要素として使用することによって達成される。上述した同じ回折角度の下では、 $d_{dE} = 0.47\text{ mm}$ に相当する複屈折要素226の厚さ $d_{dE}$ が得られる。

【0105】

最後に、本発明の光学式エンコーダの第4の実施の形態を図7及び図8に基づいて説明する。

10

【0106】

第4の実施の形態は、上述した第3の実施の形態を基礎とし、さらに、第2の実施の形態で既に提唱されたように、レンズ222の光学機能が、走査板321の表面上の第1透過格子323に組み込まれるという点だけが、第3の実施の形態と相違する。当該第1透過格子323は、ビーム束を分割する光学機能のほかに、コリメート作用をも光ファイバ330から入射する当該ビーム束に及ぼす。反対方向に伝播する重畳部分ビーム束が、当該第1透過格子323を透過することによって光ファイバ330内に入射される、すなわち対応する光ファイバの入射面内に集光される。同様に、第3の実施の形態に比べてさらによりコンパクトな光ファイバ走査ヘッド320が構成される。

20

【0107】

図8は、当該追加の光学機能を有する第1の透過格子323で発生する位相変化の平面図である。

【0108】

上記以外の位相差走査信号及びその他の詳細は、第3の実施の形態又はその他の実施の形態の説明に記載されている。

【0109】

当然に、本発明は、上記の説明した実施の形態以外に、さらに変更可能である。

【0110】

適切な走査板の第2の実施の形態の説明に関連して言及したように、必要に応じて、ただ1つの広帯域光源の代わりに、異なる個別波長を有する複数の個別光源から成る組み合わせられた光源又は光源装置を使用してもよい。この場合、実施の形態に応じて、レーザーダイオード、垂直共振器面発光レーザ、発光ダイオード、有機発光ダイオード等が、光源として使用される。ダイクロイックミラー又は適切な分散素子を用いることで、光が、これらの異なる光源から集束し、一緒に光ファイバ内に入射され得る。

30

【0111】

$90^\circ$ ずつ移相されている4つの走査信号による方式を実現することのほかに、本発明の範囲内では、当然に、 $120^\circ$ ずつ移相されている3つの走査信号が生成される別の実施の形態も提唱され得る。つまり、この場合位にも、上述した4つの位相の方式と同様に、多重走査等が実現可能である。

40

【符号の説明】

【0112】

- 10 反射型リニアスケール
- 20 光ファイバ走査ヘッド
- 21 走査板
- 22 レンズ
- 23 第1透過格子
- 24 第2透過格子
- 30 光ファイバ
- 40 光源
- 41 コリメートレンズ

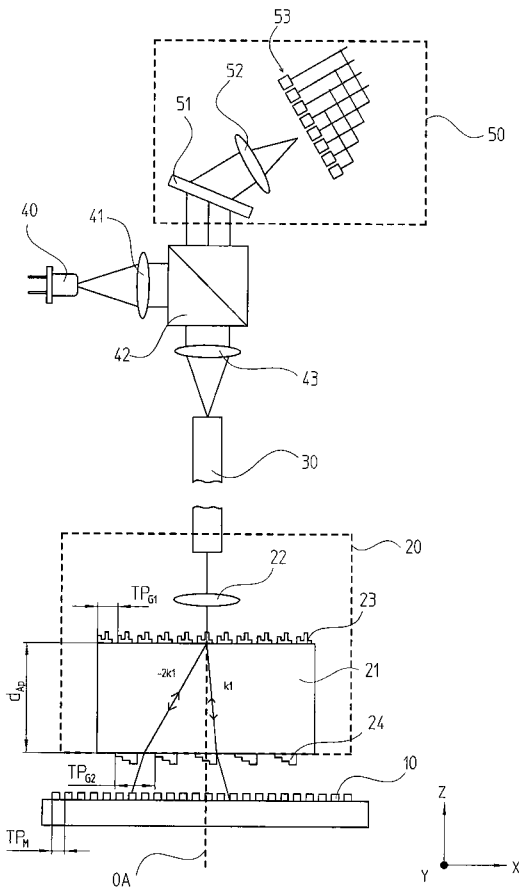
50

- 4 2     ビームスプリッタ
- 4 3     カップリングレンズ
- 5 0     検出装置
- 5 1     分光手段
- 5 2     レンズ
- 5 3     光検出器
- 1 1 0   反射型リニアスケール
- 1 2 1   走査板
- 1 2 3   第1透過格子
- 1 2 4   第2透過格子
- 1 3 0   光ファイバ
- 2 1 0   反射型リニアスケール
- 2 2 1   走査板
- 2 2 2   レンズ
- 2 2 3   第1透過格子
- 2 2 5   偏光子
- 2 2 6   複屈折要素
- 3 1 0   反射型リニアスケール
- 3 2 0   光ファイバ走査ヘッド
- 3 2 3   第1透過格子
- 3 2 5   偏光子
- 3 2 6   複屈折要素
- 3 3 0   光ファイバ
- 3 3 1   走査板

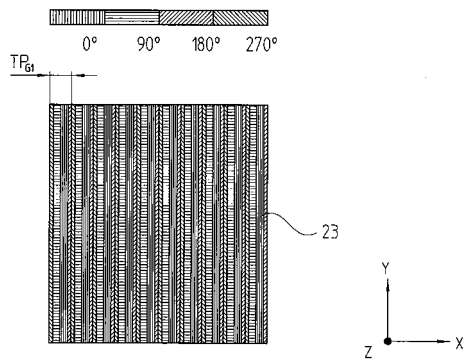
10

20

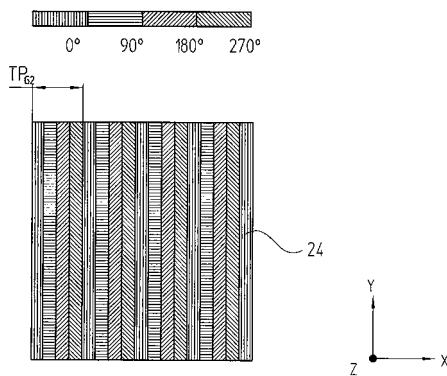
【図1】



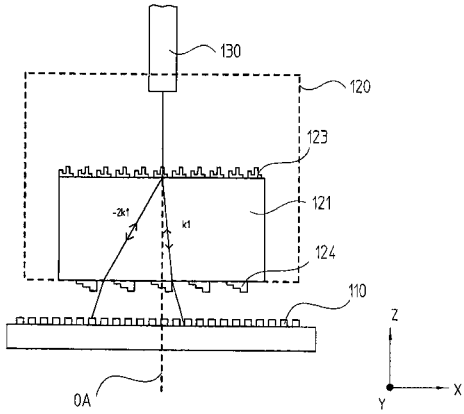
【図2a】



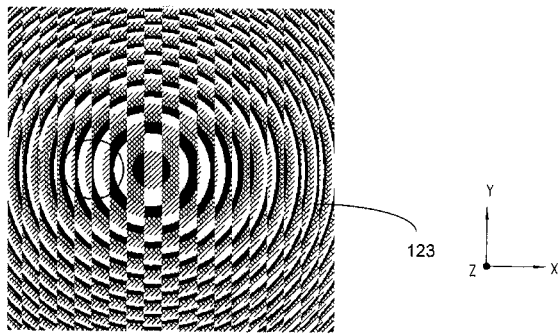
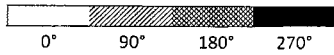
【図2b】



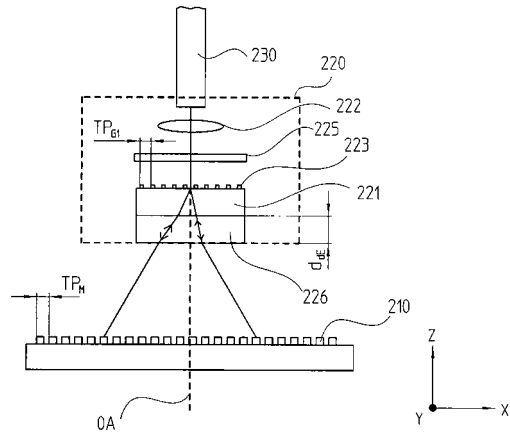
【 図 3 】



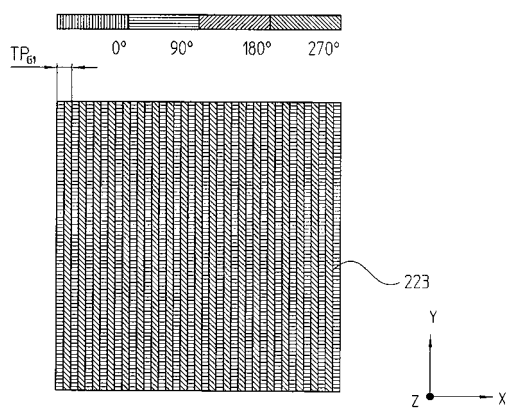
【 図 4 】



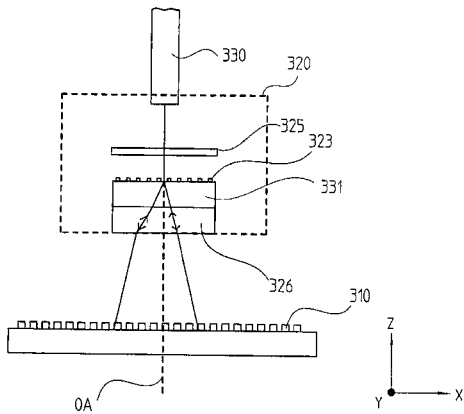
【 図 5 】



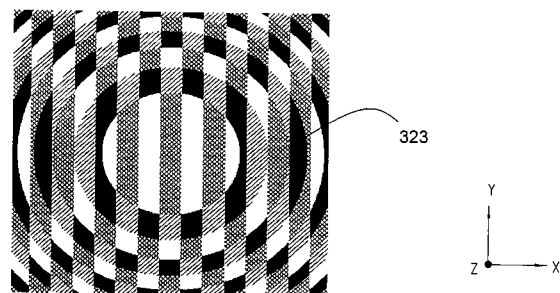
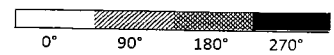
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100153419

弁理士 清田 栄章

(72)発明者 カルステン・ゼンディク

ドイツ連邦共和国、8 3 3 4 9 パリング、ゲングハム、3 4

Fターム(参考) 2F103 BA10 CA01 CA03 CA04 CA08 DA12 DA13 EA02 EA15 EB02  
EB05 EB06 EB14 EB15 EB16 EB32 EC03 EC08 EC13 EC16  
EC17