

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5164667号  
(P5164667)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成24年12月28日(2012.12.28)

(51) Int.Cl.

G O 1 D 5/347 (2006.01)

F 1

G O 1 D 5/347 110 V

請求項の数 9 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-133132 (P2008-133132)  
 (22) 出願日 平成20年5月21日 (2008.5.21)  
 (65) 公開番号 特開2008-292487 (P2008-292487A)  
 (43) 公開日 平成20年12月4日 (2008.12.4)  
 審査請求日 平成23年4月22日 (2011.4.22)  
 (31) 優先権主張番号 102007024349.0  
 (32) 優先日 平成19年5月24日 (2007.5.24)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 390014281  
 ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイイン・ゲ  
 ゼルシヤフト・ミツト・ペシユレンクテル  
 ・ハフツング  
 D R. JOHANNES HEIDEN  
 H A I N G E S E L L S C H A F T M  
 I T B E S C H R A N K T E R H A F  
 T U N G  
 ドイツ連邦共和国、83301 トラン  
 ロイト、ドクトル・ヨハネス・ハイデンハ  
 イン・ストラーセ、5  
 (74) 代理人 100069556  
 弁理士 江崎 光史  
 (74) 代理人 100111486  
 弁理士 鍛治澤 實

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学位置測定装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光ファイバー走査ヘッド(20；120；220；320)と、少なくとも一つの測定方向(x)でこの光ファイバー走査ヘッドに対して可動なスケール(10)の相対位置を検出するための光学位置測定装置において、

光ファイバー走査ヘッド(20；120；220；320)が、特定の縞パターン周期を備えた周期的縞パターンを走査し、

この縞パターンがスケール(10)の照明から得られ、走査を行うために、走査板(21；121；221；321)が、光ファイバー走査ヘッド(20；120；220；320)内の光ファイバー(22)のスケール側端部の前方に設けられており、

走査板が縞パターン周期に同調されており、

波長に依存した局部的な分離を介して部分信号光束内の一つあるいは複数の照明光束を用いて、互いに位相シフトされた縞パターンが、縞パターン周期内で得られること、および位置に依存した位相シフトされた走査信号を変換するための部分信号光束が使用されるように構成されていることを特徴とする光学位置測定装置。

## 【請求項 2】

光ファイバー(22)がマルチモードファイバーとして形成されており、このマルチモードファイバーを介して、照明に使用される照明光束がスケールに向かって伝達され、検出に使用される部分信号光束がスケール(10)から離間するように伝達されることを特徴とする請求項1記載の光学位置測定装置。

## 【請求項 3】

光ファイバー(22)の、スケールと反対側端部には、スペクトルが広帯域の光源(23)あるいは異なる波長(<sub>i</sub>)の光線を放射する複数の光源(23.1~23.3)が設けられており、前記光源の光線が照明光束として結合手段(24, 25, 26)を介して各々光ファイバー内に結合されていることを特徴とする請求項2記載の光学位置測定装置。

## 【請求項 4】

光ファイバー(22)の、スケールと反対側端部には、検出装置(30)が設けられており、この検出装置が、部分信号光束を波長に依存して分離するための分解手段(31)、ならびに複数の光電子検出部材(32.1~32.3)を備えており、この光電子検出部材には、分離された部分信号光束が供給され、かつ検出された部分信号光束が電気的に位相シフトされた走査信号に変換されることを特徴とする請求項3記載の光学位置測定装置。

10

## 【請求項 5】

走査板(121)が階段状の位相格子として、透明な担持基体(122)上に形成されており、この担持基体は一つの格子周期内で複数の段付き部を備えており、これによりそのように基体の裏側(123)あるいは反射被膜(124)と協働して、異なる透過波長を備えた格子周期当たり複数の部分エタロンが形成され、この部分エタロンは少なくとも一つの照明光束の異なる波長(<sub>i</sub>)に同調されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか一つに記載の光学位置測定装置。

20

## 【請求項 6】

走査板(121)が透明な担持基体(122)から成り、この担持基体の表面に全体的に平らに第一反射被膜(124)が塗布されており、この第一被膜に、過透明な誘電体から成る段付けされた位相格子構造体が設けられており、この位相格子構造体に別の第二反射被膜(125)が設けられていることを特徴とする請求項5に記載の光学位置測定装置。

## 【請求項 7】

検出装置(30)の側には、部分信号光束を波長に依存して分離するための分解手段(31)が分散性光学部材として形成されていること、そしてさらに検出装置(30)が部分信号光束を合焦するためのレンズ(33)を備え、レンズ(33)の焦点平面に検出部材(32.1~32.3)が設けられており、検出部材の幅が部分エタロンのスペクトル幅に同調していることを特徴とする請求項4または5に記載の光学位置測定装置。

30

## 【請求項 8】

走査板(221)がその一部が分割化された、鋸歯状の表面構造を備えた楔形の板により透明な担持基体(222)上に形成されており、この楔形の板は同じ厚さのフィゾー干渉縞パターンを生じさせ、楔形の板のエッジ角度( )が、結果として得られるフィゾー干渉縞パターンの縞間隔( )がスケール(10)により生じる縞パターン周期に相当するように選択されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか一つに記載の光学位置測定装置。

40

## 【請求項 9】

走査板(321)が異なるスペクトル透過特性を備えた複数の縞状の部分領域の形態で形成されており、この部分領域が少なくとも一つの照明光束の波長(<sub>LQ</sub>)に同調されていることを特徴とする請求項1~4のいずれか一つに記載の光学位置測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光学位置測定装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

公知の位置測定装置は、一般にスケール、ならびにこのスケールに対して可動な走査ユ

50

ニットを備えている。走査ユニットには、ふつう光源、光電子検出部材、ならびにレンズ、回折格子等のような別の光学構成部品が設けられている。しかしながら、特定の使用事例に関して、これらの構成部品を全て備えた走査ユニットは、場合によっては、容積が過度に大きく設計されることがある。さらに、このような走査ユニットの能動的構成部品の望まれていない影響が、電磁気の干渉場あるいは上昇した温度により特定のアプリケーションで生じることがある。加えて、特に光源の出力損失により測定精度に熱的影響が出ることがある。

#### 【0003】

従って、光学位置測定装置のための解決手段は公知であり、本来の測定位置には走査されるスケール、ならびにこのスケールに対して可動で、かつ静止状態の光ファイバー走査ヘッドだけが設けられるにすぎない。他の作動状態で、かつ走査にとって機能的に重要な、光源、光電子検出部材等のような構成部品は、空間的に測定位置から隔てられた状態で設けられ、かつ光ファイバーを介して光ファイバー走査ヘッドと接続している。この技術では、最高にコンパクトに設計された装置は本来の位置で実現することができる。さらに、異なる作動状態の構成部品への外乱の影響は、走査側で最小限にすることができる。

10

#### 【0004】

このような位置測定装置は、例えば特許文献1から公知である。この印刷物に開示された位置測定装置は、スケール以外に直線の反射スケールとして形成された状態で、少なくとも一測定方向で相対的にこれに対して移動可能な光ファイバー走査ヘッドを備えている。

20

#### 【0005】

光ファイバー走査ヘッドには、空間的に離れた状態で従動電子制御ユニットが後続して設けられており、かつ適した光ファイバーを介して接続している。従動電子制御ユニットは、ここでは光学走査に必要な光源、多数の光電子検出部材、並びに場合によっては信号を発生させかつ信号を処理するための別の作動可能な構成部品を備えている。光ファイバー走査ヘッドは、照明案内ならびに信号を発生させる光束のフィードバックを行うための多数の光ファイバーの端部を備えている。光束をフィードバックさせるのに役立つ光ファイバーは、そのスケール側端部において、適したスケール格子を備えており、かつ位置に依存しかつ位相シフト可能な走査信号、従って例えば矩形位相信号を発生させるのに使用されている。この目的で、異なる信号位相の走査格子は適した幾何学的オフセット距離を互いに備えている。

30

#### 【0006】

それ以上に、いわゆるスケールのシングルフィールド走査が可能であることは、見たところこの解決手段にはあまりに不利である。このような走査の意味は、全ての位相シフト可能な信号部分が走査される同じフィールドから得られる走査であることがわかる。この走査の特別な長所は、走査がスケール上の汚れに対して相対的に感度が低く、かつ不慮の汚れが起った場合に位相シフト可能な信号部分が全て一様に影響を受けることである。これにより、信号が別の処理をされた場合の故障、従って例えば後続の信号補間の際の故障は最小限にすることができる。

【特許文献1】米国特許第6906315号明細書

40

【特許文献2】欧州特許第163362号明細書

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0007】

本発明の根底をなす課題は、位相シフト可能な走査信号を発生させる際にシングルフィールド走査を保障することができる、良好な結果をもたらす光ファイバー走査ヘッドを備えた光学位置測定装置を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

この課題は、本発明によれば請求項1の特徴を備えた位置測定装置により解決される

50

本発明による位置測定装置の有利な形態は、従属請求項における構成からわかる。

【0009】

本発明によれば、光ファイバーのスケール側端部の前方にある走査格子の適切な設計により、所望の走査特性が保障される。

【0010】

本発明による光学位置測定装置は、光ファイバー走査ヘッドと、この光ファイバー走査ヘッドに対して少なくとも一つの測定方向に可動なスケールとを備えている。光ファイバー走査ヘッドは、特定の縞パターン周期を有する周期的縞パターンを走査し、この周期的縞パターンはスケールの照明から得られる。走査を行うために、走査板は光ファイバー走査ヘッド内の光ファイバーのスケール側端部の前方に設けられており、この光ファイバーは縞パターン周期に同調されている。一つあるいは複数の照明光束により、波長に依存した局部的な分離を介した部分信号光束において、互いに位相シフト可能な縞パターンが縞パターン周期内で得られる。部分信号光束は、位置に依存した位相シフト可能な走査信号を変換するために使用されている。

10

【0011】

本発明による構成により、所望のシングルスパン走査 (Einfeld ab das tun) が保障され、従ってこれと関連した、このような位置測定装置の場合の汚れへの低感度に関する長所も保障される。

【0012】

本発明の別の長所として、高い力学的共振周波数を有するできるだけコンパクトな構造、ならびに熱的に良好な結果をもたらす性質及び電磁気的外乱の影響に対する走査の低感度を説明することができる。

20

【0013】

本発明にとって中心には、この場合、光ファイバー走査ヘッド内の走査板の適切な形成であり、この走査板の形成により、シングルスパン走査に必要でかつ位相シフト可能な部分信号光束が提供される。その際、個別の部分信号光束のコード化は、スペクトルが広帯域の光源あるいは複数の波長が異なる個別の光源の、異なる波長領域にわたり波長に依存して行われる。波長が異なる信号位相のこのようなコード化を変換するために、走査板の異なる実施形態が可能である。

【0014】

30

従って、根本的な本発明の考えに基づいて、本発明の位置測定装置の多様な実施変形が得られる。様々な構成を自然に、互いに組合せて使用することもできる。

【0015】

従って、例えば光ファイバーをマルチモードファイバーとして形成することが可能であり、このマルチモードファイバーを介して、照明に使用される照明光束はスケールに向かって伝達され、検出に使用される部分信号光束もスケールから離間するように伝達されている。

【0016】

この場合、光ファイバーの、スケールと反対側端部には、スペクトルが広帯域の光源あるいは異なる波長の光線を放射する複数の光源が設けられていてもよく、前記光源の光線は照明光束として結合手段を介して各々光ファイバー内に結合されている。

40

【0017】

さらに、光ファイバーの、スケールと反対側端部には、検出装置が設けられていてもよく、この検出装置は、部分信号光束を波長に依存して分離するための分解手段、ならびに複数の光電子検出部材を備えており、この光電子検出部材には、分離された部分信号光束が供給可能であり、かつ検出された部分信号光束は電気的に位相シフトされた走査信号に変換される。

【0018】

考えられる第一実施形態において、走査板は階段状の位相格子として、透明な担持基体上に形成でき、この担持基体は格子周期内で複数の段付き部を備えており、従ってそのよ

50

うに基体の裏側あるいは反射被膜と協働して、異なる透過波長を備えた格子周期当たり複数の部分エタロンが形成され、この部分エタロンは少なくとも一つの照明光束の異なる波長に同調されている。

【0019】

この実施形態において、形成された部分エタロンの透過線のスペクトル半値幅とスペクトル間隔が、少なくとも一つの光源の放射線のスペクトル半値幅よりも狭く選択すると有利である。

【0020】

さらに部分エタロンの透過線のスペクトル半値幅がそのスペクトル間隔よりも各々狭いと有利である。

10

【0021】

部分エタロンの透過線が少なくとも一つの光源の放射線のスペクトル半値幅内で対称であるのが好ましい。

【0022】

さらに、部分エタロンの厚さが少なくとも一つの光源のコヒーレント長よりも薄く選定すると有利であることがわかる。

【0023】

考えられる変形において、形成された部分エタロンの透過線間の自由スペクトル幅は、少なくとも一つの光源の透過線のスペクトル半値幅よりも広く選定される。

【0024】

20

実施形態の走査板は透明な担持基体から成り、この担持基体の表面に全体的に平らに第一反射被膜が塗布されており、この第一被膜に、過透明な誘電体から成る段付けされた位相格子構造体が設けられており、この位相格子構造体に別の第二反射被膜が設けられているのが好ましい。

【0025】

この変形の考えられる実施形態において、検出装置の側には、部分信号光束を波長に依存して分離するための分解手段が分散性光学部材として形成されている。さらに検出装置は部分信号光束を合焦するためのレンズを備え、その際レンズの焦点平面に検出部材が設けられており、検出部材の幅は部分エタロンのスペクトル幅に同調されている。

【0026】

30

考えられる第二実施形態において、走査板はその一部が分割化された、鋸歯状の表面構造を備えた楔形の板により透明な担持基体上に形成されており、この楔形の板は同じ厚さのフィゾー干渉縞パターンを生じさせ、この場合、楔形の板のエッジ角度は、結果として得られるフィゾー干渉縞パターンの縞間隔がスケールにより生じる縞パターン周期に相当するように選択されている。

【0027】

このような走査板の実施形態において、スケールの縞パターン周期内で、鋸歯状の表面構造を備えた楔形の板には、複数の波長がコード化された、同じ厚さのフィゾー干渉縞パターンが製造可能である。

【0028】

40

個別の楔状体の平均厚さは、少なくとも一つの光源の各々のコヒーレント長よりも薄いのが好ましい。

【0029】

有利な実施形態において、鋸歯状の部分内の干渉縞にわたり合計された、異なる波長のフィゾー干渉縞パターン周期の差は、最大でスケールにより生じる縞パターン周期の1/4である。

【0030】

この実施形態の走査板は透明な担持基体から成り、その表面に全体的に平らに第一反射被膜が塗布されており、この第一被膜に、過透明な誘電体から成る鋸歯状の表面構造を備えた、一部がセグメント化された楔形の板が設けられており、この楔形の板に再度別の第

50

二反射被膜が設けられているのが好ましい。

【0031】

考えられる第三実施形態において、異なるスペクトル透過特性を備えた複数の縞状の部分領域 (Teilbereich) の形態の走査板が形成されており、この部分領域は少なくとも一つの照明光束の波長に同調されている。

【0032】

その際、異なる部分領域は透明で光立体構造可能な彩色した合成樹脂被膜として形成されているのが好ましい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

10

本発明の他の詳細および長所を以下の明細書を基にして本発明による位置測定装置の実施例により図と関連付けて説明する。

【実施例】

【0034】

図1の描写を基にして本発明による位置測定装置の根本的な構成を以下に説明する。

【0035】

図示した実施例の光学位置測定装置は直線状のスケール10を備えており、このスケールは測定方向xで光ファイバー走査ヘッド20に対して可動に設けられている。ここでスケール10は固定されて、光ファイバー走査ヘッド20は可動に設けられているか、あるいはスケール10は可動に、光ファイバー走査ヘッド20は固定されて設けられているかのどちらかである。スケール10と光ファイバー走査ヘッド20は、図示していない二つの物体と接続しており、この二つの物体は測定方向xで互いに可動であり、その相対位置は互いに特定可能である。この場合は例えば二つの互いに可動な機械の構成部品であり、位置測定装置により得られる位置に依存した走査信号が供給される、後続して設けられた従動電子制御ユニットを経由して、この構成部品の対応する姿勢制御あるいは位置制御を行うために、この二つの部品の相対位置を検出しなければならない。

20

【0036】

図示した実施例のスケール10は、照明が光ファイバー走査ヘッド20から走査されるスケールとして形成されている。その際、スケール10は公知の態様では反射-位相あるいは反射-振幅型格子から成り、適切な担持基体上に設けられており、そして測定方向xで周期的に設けられ、かつ様々な光学作用を有する部分領域を備えている。

30

【0037】

さらに図示した実施例に対して代替的に、本発明による位置測定装置において半径方向目盛あるいは円筒部目盛の形式の回転するスケールを使用することができるのも自明である。

【0038】

測定位置に設けられた光ファイバー走査ヘッド20は走査板から成り、この走査板はグラスファイバー22のスケール側端部に設けられている。光ファイバー走査ヘッド20を介して、変位に依存した走査信号を発生させるために、一定の縞パターン周期を有する周期的縞パターンを走査しており、この縞パターンは走査平面内のスケール10の照明から得られる。スケール10の照明は、対応する照明光束を供給することにより光ファイバー22を介して行われる。この目的で、光ファイバー22のスケールの反対側端部には、異なる波長の連続体から成る光線部分を含む、スペクトル的に広帯域の光源23が設けられており、この光源の光線は照明光束として光学結合手段を介して光ファイバー22内に結合可能である。光学結合手段24, 25, 26に関しては、個々にコリメータレンズ24、ビームスプリッタ26ならびに結合レンズ25が所属している。

40

【0039】

走査を介して検出された部分信号光束を位置に依存した走査信号に変換するために、検出側では、検出装置30がスケール側とは反対の光ファイバー22の端部に設けられている。この検出装置には、検出された部分信号光束が光ファイバー22を経由して供給され

50

る。すなわち検出装置 30 の原理上の構成に関しては後に出てくる図 6 の説明を参照することを指示する。最後に、検出装置 30 により、位置に依存した信号は図示していない従動電子制御ユニットに供給される。この従動電子制御ユニットはこの走査信号を互いに可動な物体の姿勢制御あるいは位置制御を行う目的におよそ役立てる。

#### 【0040】

従って、特に光源 23 と検出装置 30 のような、本発明による位置測定装置の異なった作動可能な構成部品は、固有の測定位置から空間的に離れて設けられているが、この測定位置と、ただ光ファイバー 22 を介して光学的に結合しているにすぎない。これにより、一方では、これらの構成部品への外乱の影響を最小限にすることができ、また測定位置での光ファイバー走査ヘッド 20 を極限にコンパクトに設計することができる。

10

#### 【0041】

光ファイバー 22 はマルチモードファイバーとして形成されており、このマルチモードファイバーを介して、照明に使用される照明光束もスケール 10 に向かって検出装置 30 の方向で伝達されているのと同じく、検出に使用される部分信号光束もスケールから検出装置の方向で伝達されているのが好ましい。

#### 【0042】

特に光学位置測定装置の所望のシングルフィールド走査の走査特性を保障するために、本発明によれば、図 1 にはただ概略的にしか示されていない走査板 21 が光ファイバー走査ヘッド 20 に設けられている。従って、走査板 21 を縞パターン周期に同調させることが特に必要である。この縞パターン周期は、周期的でかつ変位に依存して変調可能な縞パターンを有しており、この縞パターンは入射する照明光束のスケール 10 との相互作用により走査平面内で得られる。この状況では、照明光束とスケールの間のどのような光学的相互作用 - 機構を介して、場合によっては、どのような光路内の別の光学部材を介して、周期的でかつ変位に依存して変調可能な縞パターンが最後に得られるかが本発明では決して重要ではないことが示唆されている。従って、スケール 10 の側で反射振幅型格子を使用する場合は、幾何学的なスケール 10 の縞模様であり、反射を使用する場合は、スケール 10 の回折模様である。

20

#### 【0043】

有利な実施形態において、本発明による光学位置測定装置では、1997 年の第一回 European Congress on Optics Applied to Metrology で発表された、刊行物 SPIE Vol. 136 に記載の R. M. Pettigrew 著、「Analysis of Grating Imaging and its Application to Displacement Metrology」から公知のような走査原理を使用することができる。このようないわゆる (Dreigitter-) 走査原理は、格子配置が異なった状態で実現することができ、この格子配置は基本的に光束が貫通する走査格子およびスケール格子の順序により異なっている。従ってほぼ一つの走査光路は相前後して貫通されるあるいは衝突される走査格子、スケール格子および走査格子により実現可能である。代替案として、光束が相前後して、スケール格子、第一走査格子および第二格子、または第一格子、第二格子およびスケール格子を貫通するあるいはこれらに衝突する配設も考えられる。

30

#### 【0044】

さらに、代替的実施の変形に関しては、図 1 に図示した例に関して補足すると、光ファイバーのスケール側端部の前にレンズを一つ配置することができる。このレンズを介して、公知の態様では、走査領域サイズはスケール上で調節することができる。この関係においては特許文献 2 に示してある。

40

#### 【0045】

さらに、光ファイバーのスケール側端部には光学偏向要素が例えは 90° 偏光プリズムとして形成された状態で設けることができるが言及されている。それ以上に、光ファイバー走査ヘッドの光ファイバーの供給は、スケールに対して平行に行われ、光ファイバー走査ヘッドは極端に扁平になるように形成することができる。

50

## 【0046】

以下になお詳細に説明する、様々な考えられる走査板21の実施形態の構造を介して、部分信号光束内の一つ以上の照明光束により、波長に依存した局部的な分離を介して互いに位相がずれた縞パターンが縞パターン周期の範囲内で得られる。様々な部分信号光束は後続して設けられた検出装置30の側で位置に依存している位相がずれた走査信号を変換するのに利用できる。

## 【0047】

上述の（三つの格子の）走査原理について、公知の態様では、120°だけ位相がずれた三つの走査信号が得られる。このことは通常の形式で、90°だけ位相がずれた二つのオフセット無しの信号に対して電気的に接続され、この信号は従動電子制御ユニットにより別に処理可能である。

10

## 【0048】

しかしながら、制限された走査原理を介した公知の態様で、走査信号間の他の位相ずれを生じさせることも可能であることは自明である。

## 【0049】

図2a, 2bならびに3aそして3bの以下の説明により、どのようにしてこのことが適切な走査板の第一実施形態を用いて確認されるかが説明してある。

## 【0050】

図2aは光ファイバー走査ヘッド120の斜視図ならびに適切な走査板121の斜視図を示しており、図2bではこの実施例の使用された走査板の斜視断面図が示してある。

20

## 【0051】

走査板121はこの変形では、段付の位相格子として透明な担持基体122上に形成されており、この担持基体は光ファイバー22のスケール側端部の直前に設けられている。格子周期Gの範囲内で、位相格子は複数の段付部を有している。このようにして一部が反射する中間層もしくは反射層124あるいは基体の裏側と代替的に、格子周期G当たり複数の部分エタロンが形成されており、これらの部分エタロンは少なくとも一つの照明光束の異なる波長に同調されている。図示した例では、三つの段が一格子周期Gの範囲内に設けられており、この一格子周期により、所定のエタロン厚D1, D2およびD3を備えた三つの部分エタロン（或いはファブリーペロット空腔共振器）が形成される。

## 【0052】

30

所望のエタロン特性を最適化するために、この例では、担持基体122、例えば水晶は平らな第一反射層124の全面でもって、一部が反射する、金属または誘電体の反射層、あるいは相応する層パケットを備えている。位相格子構造部126は好ましい形態においてはSiO<sub>2</sub>から形成されている。位相格子構造部126上には、第二反射層125が、例えば一部が反射する、金属または誘電体の反射層として設けられている。反射層124, 125を介して、部分エタロンの透過波長のスペクトル半値幅<sub>i</sub> (i = 1, 2, 3)を有利に減らすことができる。

## 【0053】

部分エタロンの透過波長のスペクトル半値幅<sub>i</sub>は、この場合以下の方程式(1)により得られる。

40

(数式1)

$$i = [ (1 - R) / \sin r (R) ] \times [ \frac{c}{2 \times n \times D_i} ] \quad (1)$$

ここで、Rは反射層124, 125の反射率、

<sub>i</sub>は部分エタロンの透過波長 (i = 1, 2, 3)、

nはエタロンの屈折率、

D<sub>i</sub>は各エタロンの厚さ (i = 1, 2, 3)

である。

## 【0054】

さらに部分エタロンの寸寸の関しては、部分エタロンの透過波長<sub>i</sub>のスペクトル半値幅<sub>i</sub>が、各々部分エタロンの透過線あるいは透過波長<sub>i</sub>のスペクトル間隔よりも短

50

く選定されると有利であることがわかる。この関係では、使用される光源の放射線、異なる部分エタロンの透過特性ならびに様々でかつ述べた大きさを示す図3により明確である。

### 【0055】

さらに、部分エタロンの個々の透過線あるいは透過波長 $\lambda_i$ 間のスペクトル間隔 $\Delta\lambda$ が、光源発光特性のスペクトル半値幅 $\Delta\lambda_Q$ の範囲内で左右対称であり、従って、結果として得られる信号振幅が異なる波長に関してそれ程異なることを考慮しなければならない。

### 【0056】

さらに、部分エタロンの個々の透過線あるいは透過波長 $\lambda_i$ 間のスペクトル間隔 $\Delta\lambda$ は、部分エタロンの透過波長 $\lambda_i$ 間の自由スペクトル領域FSRに比べて狭い。これに関して、方程式(2)による自由スペクトル領域FSRが明らかになる。

(数式2)

$$FSR = \lambda_i^2 / (2 \times n \times D_i) \quad (2)$$

ここで、FSRは部分エタロンの透過波長 $\lambda_i$ 間の自由スペクトル領域、

$\lambda_i$ は部分エタロンの透過波長( $i = 1, 2, 3$ )、

$n$ はエタロンの屈折率、

$D_i$ は各エタロンの厚さ( $i = 1, 2, 3$ )

である。

### 【0057】

光ファイバー22のスケール側端部での放射特性における、マルチモード光ファイバーの数値開口(典型的には0.2)とこれにより必要とされる発散に基づいて、部分エタロンの軸方向のモード数(と従ってエタロンの厚さ $D_i$ )は、共振するエタロンモードの隣接した部分エタロンへの不慮のクロストーク(Ubersprechen)を最小限にするために、小さく選定しなければならない。もしそうでなければ、このようなクロストークによって望ましくない信号損失が生じる。

### 【0058】

さらにエタロンの厚さ $D_i$ は、使用される光源のコヒーレント長 $L_{coh}$ に比べて薄く選定されるのが好ましい。小さい軸方向モード数が必要とされる場合に十分な選択性は、さらに誘電体あるいは金属の反射層124, 125の反射率Rの選定を介して調節される。

### 【0059】

図3aの図示した実施例において、 $n = 1.5$ であり、広帯域光源の中心波長は $\lambda = 860\text{ nm}$ に合わせて選定され、その中心波長のスペクトル半値幅 $\Delta\lambda_Q$ は $\Delta\lambda_Q = 50\text{ nm}$ である。すなわち光源のコヒーレント長は $L_{coh} = 15\mu\text{m}$ だけであることがわかる。

### 【0060】

部分エタロンの透過波長 $\lambda_i$ 間のスペクトル間隔 $\Delta\lambda$ は、 $\Delta\lambda = 15\text{ nm}$ だけであることがわかり、個々の透過波長 $\lambda_i$ は、 $\lambda_1 = 845\text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 860\text{ nm}$ 、 $\lambda_3 = 875\text{ nm}$ である。隣接した軸方向モードの部分エタロンの透過波長 $\lambda_i$ を良好に分割化するための、および薄いエタロン厚さDに達するための自由スペクトル領域が、例えば30nmの三つの部分エタロンの最大スペクトル間隔の4倍程度に厚くなければならないという別の要求は、個々の部分エタロンが $D_1 = 1972\text{ nm}$ 、 $D_2 = 2007\text{ nm}$ 、 $D_3 = 2042\text{ nm}$ の厚さに関して、7の軸方向モード数の場合に達せられる。部分エタロンの個々の透過波長 $\lambda_i$ あるいは透過線をオーバーラップせずに分割化するために、透過線のスペクトル半値幅 $\Delta\lambda_i$ が、例えばそのスペクトル間隔 $\Delta\lambda$ の1/3程度の大きさでなければならないという要求と協働して、 $R = 0, 87$ の両方の一部が反射する反射層124, 125にとって必要な反射率Rが達せられる。その反面、部分エタロンのスペクトル半値幅 $\Delta\lambda_i$ は、ほんの僅かな信号振幅しか得られないので、それ程狭く選定する必要はない。

10

20

30

40

50

## 【0061】

図3bには部分エタロンによりフィルターにかけられた光源のスペクトルが示してあり、その放射線は、図3Aに図示してあるようなスペクトル半値幅  $L_Q$  を有している。このスペクトルは位相がずれた信号の信号値と相関関係にある。

## 【0062】

このような走査板を製造するために、担持基体122には反射率が  $R = 0.87$  の誘電体反射被膜の形態の反射層124が蒸着される。続いて、第三工程では異なる部分エタロン厚の段付構造の構成された蒸着が高透過率の誘電体、例えば二酸化珪素で行われる。これについて代替的には、厚い二酸化珪素皮膜を蒸着してもよく、その厚さは第二工程で構成された腐食液により所望のエタロン厚まで減厚される。次いで誘電体反射被膜の形態の反射層125が蒸着される。10

## 【0063】

代替的に、二酸化珪素被膜を蒸着するためには蒸着および局部的にエッチングするためには、異なる部分エタロンの必要な厚さは、ゾル被膜、ゲル被膜あるいは合成樹脂被膜のエンボス工程により保障される。同一のこの走査板と、光ファイバー直径を備えた、接続している小円板の凹部(Aushohren)を備えた大きな板の製造が可能であることにより、大きな多用性(Vielfachnutzen)得られると同時に本発明による走査板の部品コストが僅かになる。

## 【0064】

走査板121用の材料としては、石英ガラスあるいは適した合成樹脂を選定し、その屈折率は光ファイバー22のファイバー中心材料の屈折率に対してできる限り似ているのが好ましい。このようにして、この領域での不必要的反射率の損失を回避することができる。走査板121と光ファイバーの接着結合も、最適な“インデックスの組合せ”とこの結合位置が得られるように構成されるのが好ましい。20

## 【0065】

図4aと4bを基にして、どのようにして適切な走査板の第二実施形態による目標とするシングルフィールド走査が本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッドにおいて保障できるかを説明する。

## 【0066】

さらに図4aは光ファイバー走査ヘッド220の斜視図ならびに使用される走査板221の開口部の斜視図を示しており、図4bには、この実施例の使用される走査板221の断面斜視図が示してある。30

## 【0067】

走査板221はこの実施形態では、鋸歯状の表面構造を備えた、その一部が分割化され、かつ楔形の(フィゾー)板として、透明な担持基体222上に形成されており、走査板は再度、光ファイバー走査ヘッド220内の光ファイバー22のスケール側端部の直前に設けられている。このような走査板221の助けにより、フィゾー干渉縞パターンは同じ厚さを生じさせ、この場合、走査板のエッジ角度は、本発明の実施例において、フィゾー干渉縞パターン内で結果として得られる縞間隔がスケールにより生じる縞パターン周期に相応するように選定される。縞パターン周期内で、部分毎に分割化されかつ楔形で、鋸歯状の表面構造を備えた走査板にわたり、多数の波長がコード化された同じ厚さのフィゾー干渉縞パターンが製造可能である。40

## 【0068】

フィゾー干渉縞パターンの縞間隔は、この場合以下の方程式に従って求められる。  
(数式3)

$$= \lambda / (2 \times n \times \theta) \quad (3)$$

ここで、 $\lambda$  は光源の波長、

$n$  は楔形走査板の屈折率、

$\theta$  は楔形走査板のエッジ角度

である。50

## 【0069】

エッジ角度  $\theta$  は、この場合、前述の実施例のために説明したように、回折パターンを走査する際にスケールの目盛周期に相応する縞パターン間隔  $\Delta$  が得られるように設計される。幾何学パターンを走査する場合、エッジ角度  $\theta$  は、縞パターンがスケールの目盛周期の倍に相応するように設計される。

## 【0070】

さらに方程式(3)による照明光束内の異なる波長  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  のために、フィゾー干渉縞パターン内で異なる縞間隔  $\Delta_i$  が得られるので、三つの彩色した縞の位相位置は、幾つかの縞間隔によるスケールの位相位置に対して離れており、これにより信号振幅の望まれていない減少が生じる。走査板221が図4bで明らかなように、部分毎に分割化されることによってこの望ましくない効果を最小限にすることができる、従って鋸歯状の構造が得られる。10

## 【0071】

同時に、走査板221のこの実施形態が、すでに前述したゾル-ゲル-あるいは合成樹脂製のプリント工程(Prage process)を介して製造可能である。エンボス工程によれば、走査板221上に反射被膜225が塗布される。

## 【0072】

信号損失を最大限10%までに制限するために、照明光束内の波長  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  により得られる縞間隔  $\Delta_1, \Delta_2$  の、波長  $\lambda_2$  により得られる縞間隔  $\Delta_2$  に対する、多数の縞を介して総計された差は、最大スケールの目盛周期の1/4である。波長  $\lambda_2$  により得られる縞パターンに対する波長  $\lambda_1$  により得られる縞パターンは、例えば  $\Delta_1 = -120^\circ$  の一定の位相シフトを有しているのが当然であり、波長  $\lambda_2$  により得られる縞パターンに対する波長  $\lambda_3$  により得られる縞パターンは、例えば  $\Delta_3 = -120^\circ$  の一定の位相シフトを有しているのが当然である。中央の波長  $\lambda_2$  に隣接した波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_3$  は、 $\pm 120^\circ$  の所望の位相シフトのために、以下両方の方程式(4.1)及び(4.2)による各々の軸方向モード数Nに依存している。20

## (数式4)

$$\Delta_1 = \Delta_2 \times [1 + \Delta_1 / (2 \times \pi \times N)] = \Delta_2 \times [1 - 1 / (3 \times N)] \quad (4.1)$$

$$\Delta_3 = \Delta_2 \times [1 + \Delta_3 / (2 \times \pi \times N)] = \Delta_2 \times [1 + 1 / (3 \times N)] \quad (4.2) \quad 30$$

ここで、 $\lambda_1$  は照明光束内の波長、

$\Delta_1$  は波長  $\lambda_1$  および  $\lambda_2$  により得られるフィゾー縞パターン間の位相シフト、

$\Delta_3$  は波長  $\lambda_2$  および  $\lambda_3$  により得られるフィゾー縞パターン間の位相シフト、

Nはモード数

である。

## 【0073】

位相シフトした個々の信号の彩色したコード化のための、照明光束内の  $\lambda_2$  に隣接した波長の差  $\Delta$  は、方程式(5)により求められる。

## (数式5)

$$\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2) / (2 \times \pi \times N) = \Delta_2 / (3 \times N) \quad (5) \quad 40$$

ここで、 $\Delta_2$  は中央の波長  $\lambda_2$  の隣接した波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_3$  に対する波長の差、

$\Delta_1$  はフィゾー縞パターンに隣接した波長間の位相シフト、

$\Delta_2$  は照明光束内の中間波長、

Nはモード数

である。

## 【0074】

20 μmのスケールの目盛周期を備えた回折パターン内で走査する場合、フィゾー干渉縞パターンにおける必要な縞間隔は同様に20 μmである。中間波長  $\lambda_2 = 860 \text{ nm}$  で、結節率  $n = 1.5$  である場合、必要なエッジ角度  $\theta = 14.3 \text{ mrad}$  が第二実施例に50

よる走査板 221 のために求められる。

【0075】

同じ考慮はすでに第一実施例で検討したように中間の厚さ  $D_2$  であるとみなされる。すなわち同様に中間のモード数は 7 である。隣接した厚さ  $D_2'$ ,  $D_2''$  等に対しては、モード数は各々 1 だけ変わる。従って中間の厚さ  $D_2$  は、7 の軸方向モード数の場合、前述の実施例と同じく  $D_2 = 2007 \text{ nm}$  であるが、一方使用される光源のコヒーレンス長  $L_{coh}$  に比べると薄い。

【0076】

彩色したコード化のための、隣接した両波長  $\lambda_1$  と  $\lambda_3$  の、 $\lambda_2$  に対する差  $\Delta\lambda$  は、縞パターンの位相シフトとしたがって個別信号のためには  $\Delta\lambda = 41 \text{ nm}$  に対して  $\pm 120^\circ$  だけである。使用される光源のスペクトル分布は、個別信号を全てカバーするには、82 nm よりも明らかに広くなければならない。しかしながら個別の光源を用いると、このことは是認される費用でもっては、普通一般に保証することはできない。このことから、この実施形態においては、三色の LED あるいはレーザーダイオードの光が、個別の波長  $\lambda_1 = 819 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 860 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 901 \text{ nm}$  でもって重なり合う合成光源を使用するのが好ましい。

【0077】

代替案としてここでは白色 LED も使用することができ、その光は光学干渉フィルタあるいはバンドパスフィルタによってフィルタをかけられる。

【0078】

従って異なる波長の隣接した縞パターンの縞周期の差  $\Delta m$  は、 $\Delta m = 953 \text{ nm}$  であることがわかる。多数の縞にわたり合計された、前述の条件による異なる波長の縞周期の差が最大でスケールの目盛周期の  $1/4$  を超えないこと、最大の縞数と比べて、 $m$  は以下の方程式 (6) を満たしている。

(数式 6)

$$m \times 953 \text{ nm} = 5 \quad (6)$$

これより  $m = 5$  が求められる。

【0079】

したがって鋸歯状に分割化された楔形の走査板 221 の周期性は、同じく  $100 \mu\text{m}$  選定される。図 4 b において、改良されたことが明瞭になっており、三つの縞だけを示している。

【0080】

第一実施例とは異なり、異なる反射被膜 224, 225 には別の条件が適用される。信号振幅を必要に減少させないように、個別の透過線の半値幅  $L_{Q,i}$  は、この実施例に好ましくは使用された個別の光源のスペクトル半値幅  $L_{Q,i}$  に比べてあまり幅が狭くあってはならない。スペクトル半値幅  $L_{Q,i} = 50 \text{ nm}$  の場合、走査板 221 の両反射被膜 224, 225 のための必要な  $R = 30\%$  の反射率が得られる。

【0081】

本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッドのための適切な走査板 321 の第三実施形態を、図 5 に概略図で示してある。

【0082】

この場合、異なるスペクトル透過特性を備えた多数の縞状の部分領域の形式の走査板 321 を形成することが行われ、この部分領域は、少なくとも一つの照明光束内で波長  $\lambda_i$  に同調されている。この目的で、異なる部分領域は例えば光立体構造可能な合成樹脂被膜として形成されており、この合成樹脂被膜は、各々最大の透過を三つの所望な波長  $\lambda_i$  の場合に有する。相応する合成樹脂は、縞状に構造を与えられ、この場合、縞幅は走査板の周期性のほぼ  $1/3$  である。

【0083】

図 6 において、概略的形態では、検出装置 30 が本発明による位置測定装置でどのように使用可能であるかが示してある。原則として、前述のような検出装置 30 は、異なる波

10

20

30

40

50

長にわたってコード化され、かつ位相シフトした個別信号をスペクトル分離するために使用される。この目的で、光ファイバーのスケールの反対側端部に設けられている検出装置は、光ファイバーを介して検出装置の方向に伝達される部分信号光束波長に依存して分離するための、概略的に示した分解手段 31 を備えている。分解手段 31 は本発明の実施例においては、回折格子の形態の分散性部材として形成されている。この分解手段は入射端部の光束を、同一直線上にある三つの部分信号光束により三つの個別信号光束に分解する。この三つの個別信号光束はわずかに異なる三つの角度でさらにレンズ 33 の方向に伝播する。レンズ 33 を介して、個別信号光束は後続して設けられている三つの光電子検出部材 32.1 ~ 32.3 に合焦され、この光電子検出部材は検出された個別信号光束を電気的でかつ位相シフト可能な走査信号に変換する。

10

#### 【0084】

例えば適した走査板の第一実施例に記載されたように、個々の波長  $\lambda_i$  間には 15 nm の波長差が存在し、分解手段 31 あるいは回折格子は 0.6 μm の格子定数を有しており、従って入射する信号光束が回折格子に当たる 45° の入射角度の場合、同様に 45° の出射する個別信号光束のための回折角度が得られる。この場合、回折格子の格子定数は、860 nm の波長がわずかに 0 次と 1 次だけが出射できるように小さく選定される。この際、回折格子が位相格子として設計されると、線幅及び段の高さ格子パラメータを適切に選定することにより、0 次は抑制することができる。このことは結果として得られる信号振幅にとって有利であることを証明した。

#### 【0085】

前述の個別波長の場合、格子定数 0.6 μm を用いて 36 mrad の角度分解が得られる。焦点距離が 60 nm のレンズ 33 を介して、2.2 mm の検出平面内で横方向の分解が得られる。

20

#### 【0086】

この模範的考え方に対して同様に、検出装置は個別の波長に別に差が存在する場合でも、適切な状態で採寸することができる。

図解した例に対して代替的に、検出装置 30 内に入射する信号光束を個別信号光束に彩色してコード化することは別の分解手段を用いても行うことができる。例えば、分解プリズム、ダイクロイックミラーならびにビームスプリッタと干渉フィルタ等から成る組み合わせた機構も適している。

30

#### 【0087】

図 6 には示していないが、その中に付加的に設けられていてもよい、信号処理を行うための別の構成部材がある。このような構成部材には、別の電気的な走査信号の処理および評価 (Aufbereitung) が行われる、例えば増幅器モジュラーユニット、A/D コンバータ等が所属している。

#### 【0088】

説明した実施形態以外に、本発明による考えは自然にさらに尚それ以外にも変化させることができる。

#### 【0089】

適した走査板の第二実施例の記載と関連して触れたように、場合によっては、唯一の広帯域の光源の代わりに、異なる個別の波長を有する三つの個別光源から成る、合成された光源あるいは光源ユニットを使用することが必要である場合がある。この場合、実施形態に応じて、光源として、レーザーダイオード、VCSEL、LED、OLED 等を使用することができる。相応する光源を図 7 において概略的に示してある。ここでは、三つの個別の光源 231, 232, 233 が各々前方に設けられた光学部材 234, 235, 236 を備えており、従って平行にされた光束は二つのビームスプリッタ 237, 238 を介して唯一の出力光束あるいは照明光束に重畳することができる。

40

#### 【0090】

別の代替的光源ユニット 2300 の実施変形が図 8 において概略的に示してある。この実施例において、個別の光源 2310, 2320, 2330 からの光線は第一レンズ、回

50

折格子 2350 および第二レンズ 2341 を介して光ファイバー 22 内に結合される。回折格子 2350 に対して代替的に、この位置でダイクロイックビームスプリッタも使用することができる。

【0091】

最後に、予め説明した変形による光源 (n) と検出部材に関して様々に配設できることが自明であることも指摘しておく。このことに関連して、例えば図 6 に示してあり、加えて回折格子 31 を介して光源の光線が伝達の際光ファイバー内に結合されるような検出装置にも触れておきます。

【図面の簡単な説明】

【0092】

10

【図 1】本発明による位置測定装置の概略図である。

【図 2 a】本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッド用の走査板の第一実施形態の異なる図である。

【図 2 b】本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッド用の走査板の第一実施形態の異なる図である。

【図 3 a】図 2 a および 2 b の走査板の機能原理を説明するための異なるグラフである。

【図 3 b】図 2 a および 2 b の走査板の機能原理を説明するための異なるグラフである。

【図 4 a】本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッド用の走査板の第二実施形態の異なる図である。

【図 4 b】本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッド用の走査板の第二実施形態の異なる図である。

20

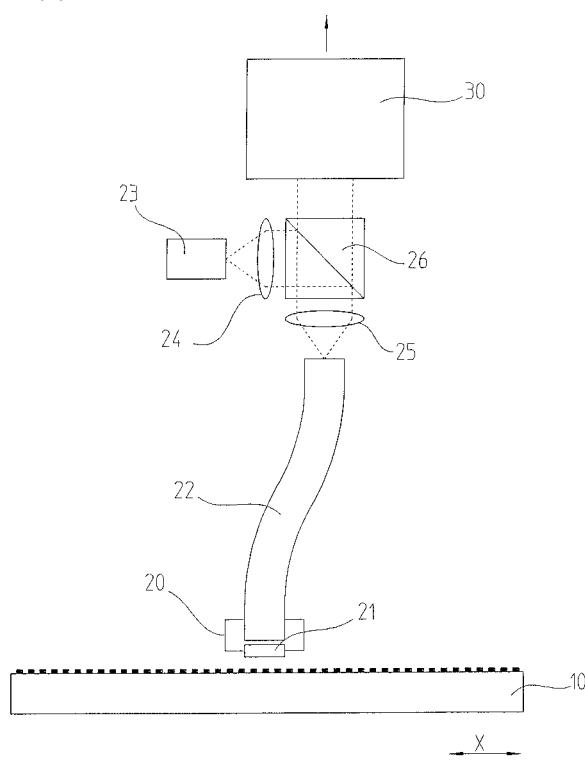
【図 5】本発明による位置測定装置の光ファイバー走査ヘッド用の走査板の第三実施形態の図である。

【図 6】本発明による位置測定装置のための適した検出方向を極めて概略的に示した図である。

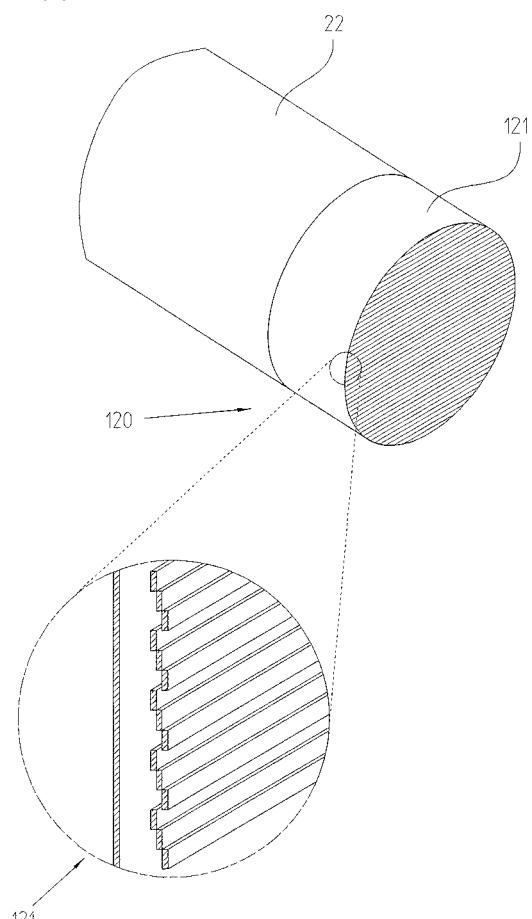
【図 7】本発明による位置測定装置のための代替的な光源の配設を極めて概略的に示した図である。

【図 8】本発明による位置測定装置のための別の代替的な光源の配設を極めて概略的に示した図である。

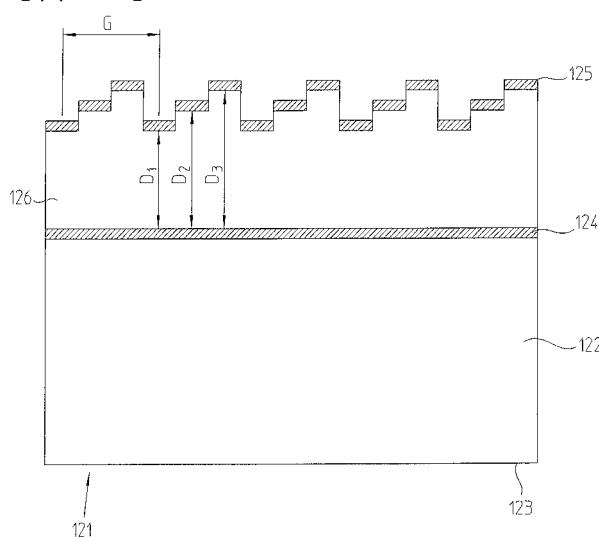
【図1】



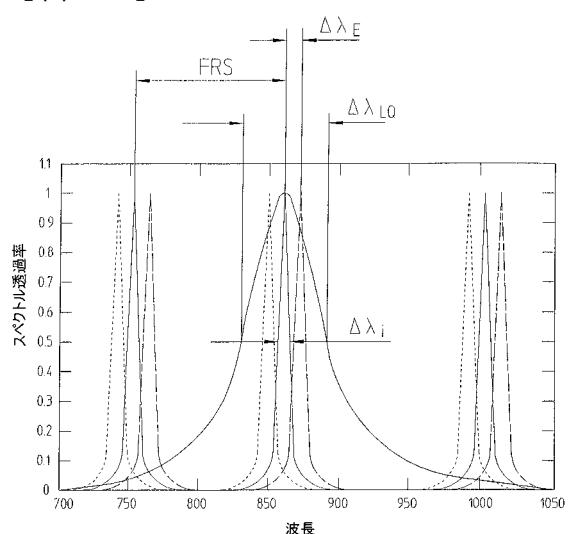
【図2 a】



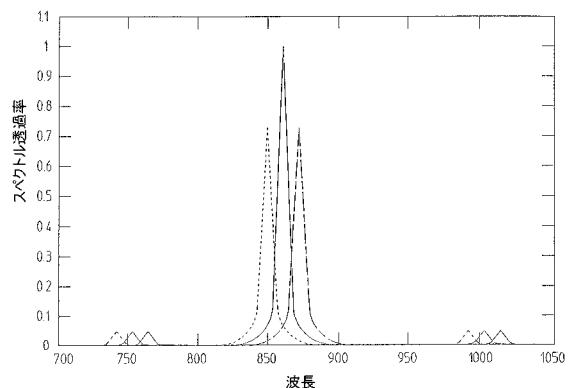
【図2 b】



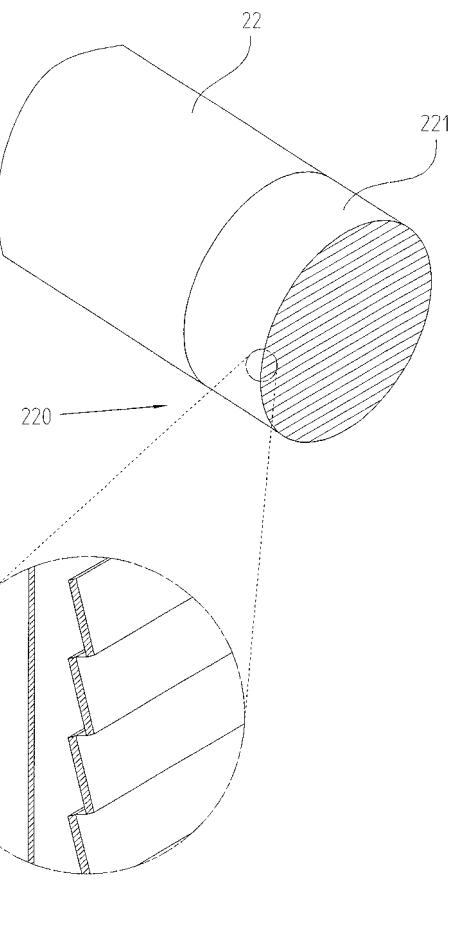
【図3 a】



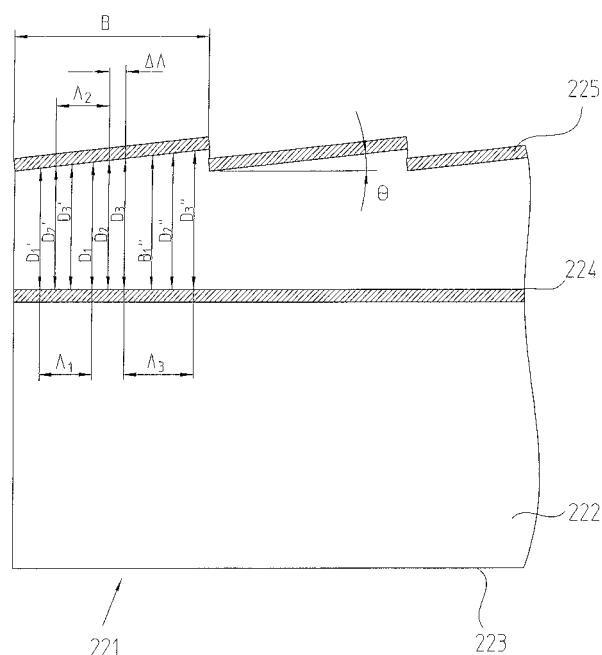
【図 3 b】



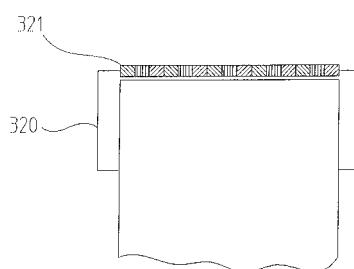
【図 4 a】



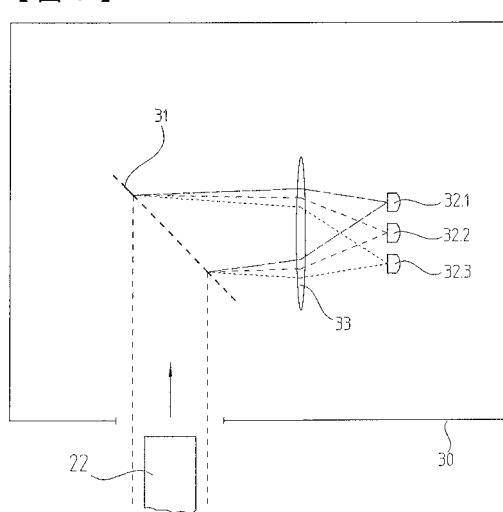
【図 4 b】



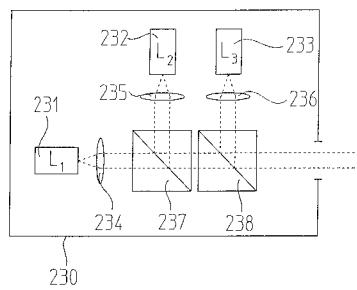
【図 5】



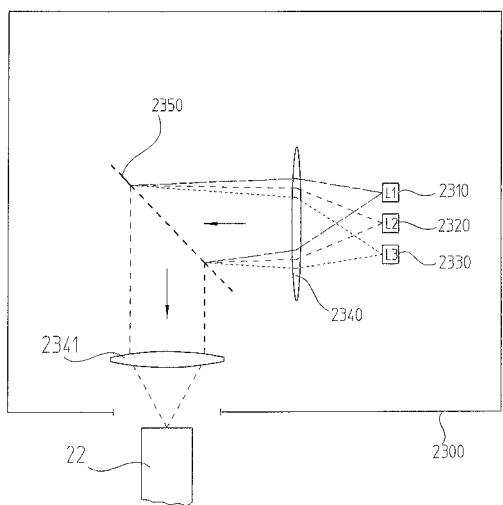
【図 6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ヴォルフガング・ホルツアプフェル  
　　ドイツ連邦共和国、83119 オービング、グロッテンヴェーク、2  
(72)発明者 ヴァルター・フーバー  
　　ドイツ連邦共和国、83278 トランシュタイン、アム・レッテンバッハ、11  
(72)発明者 エルヴィン・シュバナー  
　　ドイツ連邦共和国、83278 トランシュタイン、フォルストマイアーストラーセ、12

審査官 真岩 久恵

(56)参考文献 特開2004-333470 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01D 5/26 - 5/38