

(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2011-30735  
(P2011-30735A)

(43) 公開日 平成23年2月17日(2011.2.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 1/00</b> (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 2 0 Z	2 H 0 4 0
<b>G 0 2 B 23/24</b> (2006.01)	G 0 2 B 23/24 B	4 C 0 6 1
	G 0 2 B 23/24 A	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2009-179334 (P2009-179334)  
(22) 出願日 平成21年7月31日 (2009.7.31)

(71) 出願人 306037311  
富士フイルム株式会社  
東京都港区西麻布2丁目26番30号  
(74) 代理人 100115107  
弁理士 高松 猛  
(74) 代理人 100132986  
弁理士 矢澤 清純  
(72) 発明者 高橋 保文  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
富士フイルム株式会社内  
(72) 発明者 倉西 英明  
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地  
富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

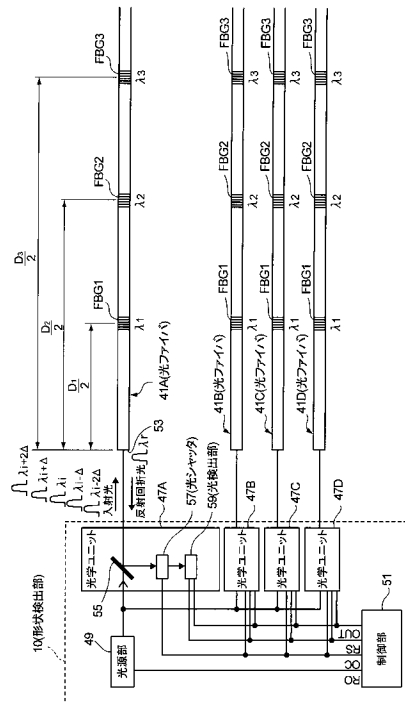
(54) 【発明の名称】 内視鏡形状検出装置及び内視鏡システム

(57) 【要約】

【課題】内視鏡挿入部に挿通された光ファイバに生じる歪を、分光器による分光分析を行うことなく安価でしかも小型化に適した構成で確実に検出し、内視鏡挿入部の形状を簡単な手順で正確に検出する。

【解決手段】複数のFBG1,・・・を形成した光ファイバ41A,・・・と、光ファイバに入射光を導入する光源部49と、入射光がFBG1で回折して戻り来る反射回折光を取り出す光路分離部55と、取り出された反射回折光を検出する光検出部59と、光路分離部55と光検出部59との間に配置された光シャッタ57と、回折反射光が光検出部59に到達するタイミングに同期して光シャッタ57を開き、特定のFBGからの回折反射光を選択的に検出し、該検出された反射回折光の入射光に対する波長遷移量に基づいてFBG1の歪量を求めて、この歪量に基づいて内視鏡挿入部の形状を検出する制御部51を備えた。

【選択図】 図7



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

互いに回折格子周期の異なる複数のファイバブラッググレーティングを形成した光ファイバと、

前記光ファイバの一端側から、前記ファイバブラッググレーティングそれぞれの回折格子周期に対応した波長の入射光を導入する光源部と、

前記光ファイバに導入した入射光が前記ファイバブラッググレーティングで回折して戻り来る反射回折光を前記入射光の光路から取り出す光路分離部と、

前記光路分離部から取り出された前記反射回折光を検出する光検出部と、

前記光路分離部と前記光検出部との間の光路途中に配置された光シャッタと、

前記回折反射光が前記光検出部に到達するタイミングに同期して前記光シャッタを開閉駆動し、特定の前記ファイバブラッググレーティングからの回折反射光を前記光検出部により選択的に検出させ、該検出された反射回折光の前記入射光に対する波長遷移量に基づいて前記ファイバブラッググレーティングの歪量を求める制御部と、

を備え、

前記光ファイバが、被検体内に挿入され可撓性を有する内視鏡挿入部に少なくとも一対挿通され、前記制御部が前記検出された歪量に基づいて前記内視鏡挿入部の形状を検出する内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の内視鏡形状検出装置であって、

前記制御部が、前記ファイバブラッググレーティングの無歪状態における基準回折格子周期に対応した回折光を発生する中心狭帯域波長と、該中心狭帯域波長の前後の他の近接狭帯域波長との複数種の狭帯域波長のパルス光を、前記光源部から異なるタイミングで前記光ファイバに順次導入させ、

前記光ファイバへの前記パルス光の導入タイミングに応じたタイミングで前記光シャッタを開閉駆動することにより、前記反射回折光を前記光検出部により選択的に検出し、

該検出された反射回折光に対応する前記パルス光の狭帯域波長と、前記中心狭帯域波長との差分を前記波長遷移量として求める内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 記載の内視鏡形状検出装置であって、

前記制御部が、前記光源部から光出射させる光源制御信号を出力した後の、歪量の被検出対象となる前記ファイバブラッググレーティングの前記光ファイバ内の配置位置に応じた遅延時間後に、前記光シャッタを開状態にするシャッタ制御信号を出力する内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 4】

請求項 1～請求項 3 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置であって、

前記光シャッタが、電気光学効果を有する光学機能材料を含んで構成された電気光学シャッタである内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 5】

請求項 1～請求項 4 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置であって、

複数の前記光ファイバが、それぞれ同一構成の光ファイバである内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 6】

請求項 1～請求項 5 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置であって、

前記光路分岐部、前記光シャッタ、及び前記光検出部が、複数の前記光ファイバに対してそれぞれ個別に設けられた内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 7】

請求項 1～請求項 6 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置であって、

前記光ファイバが、前記内視鏡挿入部の直径方向外周側にそれぞれ配置された内視鏡形状検出装置。

## 【請求項 8】

10

20

30

40

50

請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置であって、  
前記内視鏡挿入部が、該内視鏡挿入部の長手方向に沿って連通する鉗子孔が内設されるとともに、前記鉗子孔に挿通された長尺状の処置具を備え、  
前記光ファイバが、前記処置具の直径方向外周側にそれぞれ配置された内視鏡形状検出装置。

【請求項 9】

内視鏡挿入部の先端側に設けた撮像手段から被検体の撮像画像情報を取得する内視鏡システムであって、

請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置と、  
前記内視鏡挿入部の形状の検出情報及び前記撮像画像情報を表示する表示部と、  
を備えた内視鏡システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡挿入部の形状を検出する内視鏡形状検出装置及びこれを備えた内視鏡システムに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、内視鏡は、例えば体腔内の管腔に長尺状の内視鏡挿入部を外部から挿入して被観察部位を観察したり、必要に応じて処置が行なえるようになっている。ところが、体腔内の管腔の形状は大腸や小腸等のように複雑に曲がりくねっており、挿入した内視鏡挿入部がどのような形状になってどの位置まで挿入されたかを、術者は容易に把握することができない。そこで、内視鏡挿入部の体腔内に挿入された状態における形状を把握できるようにする装置が種々提案されている。

20

【0003】

例えば特許文献 1 には、歪センサであるファイバブラッググレーティング (Fiber Bragg Grating: FBG) を有する光ファイバを内視鏡挿入部に埋め込み、この光ファイバの一端側から光を入射して、FBG から生じる反射回折光の波長遷移量から歪を検出し、この歪によって内視鏡挿入部の形状を求める装置が記載されている。また、特許文献 2 には、同様に FBG を有する光ファイバを内視鏡挿入部に埋め込み、この光ファイバの一端側から光を入射して、FBG を通過した透過光に対する特定波長成分の欠落部の波長遷移量から歪を検出し、内視鏡挿入部の形状を求める装置が記載されている。

30

【0004】

図 16 に特許文献 1 の測定光学系を示した。上側が無歪状態における光ファイバ 1 の測定光学系、下側が歪が生じた状態における光ファイバ 1 の測定光学系を表している。各測定光学系では、光源からの白色入射光  $L_0$  がカブラを介して光ファイバ 1 に導入され、光ファイバ 1 の光導入側から距離  $d_1$  の FBG 1 で波長  $\lambda_1$  の反射回折光が光ファイバ 1 の光入射側に戻される。次の距離  $d_2$  の FBG 2 には、波長  $\lambda_1$  成分の欠落した透過光  $L_1$  が入射され、波長  $\lambda_2$  の反射回折光が光ファイバ 1 の光入射側に戻される。さらに次の距離  $d_3$  の FBG 3 には、波長  $\lambda_1, \lambda_2$  成分の欠落した透過光  $L_2$  が入射され、波長  $\lambda_3$  の反射回折光が光ファイバ 1 の光入射側に戻される。そして、FBG 3 の下流側には波長  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  成分の欠落した透過光  $L_3$  が導光される。

40

【0005】

一方、各反射回折光は、光ファイバ 1 からカブラを介して分光検出器に導光され、分光検出器により波長毎に切り出される。そして、歪が生じていた FBG 2 からの反射回折光は、無歪状態における波長  $\lambda_2$  から微少量だけ波長遷移しており、この波長遷移量を測定することで光ファイバ 1 の歪量を検出している。

【0006】

また、特許文献 2 の測定光学系は、図 16 の測定光学系における透過光を測定して、特定波長成分の欠落した部分の波長遷移量から光ファイバ 1 の歪量を検出している。

50

## 【 0 0 0 7 】

このように、いずれの装置においても、ファイバに生じる歪に応じて F B G による反射光の波長が遷移する特性を利用しており、この波長遷移を検出するためには複雑な光学系を有する高価な分光器が必要となる。また、分光器による分光分析を行うため、歪量を得るための手順が複雑になり、装置が大型化することも避けられない。また、反射回折光や透過光の波長成分により F B G の位置を間接的に識別する構成であるため、検出されたデータが確かに測定対象となる F B G によるデータであるかどうかの検証ができない。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 4 - 2 5 1 7 7 9 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 8 - 1 7 3 3 9 5 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 9 】

本発明は、内視鏡挿入部に挿通された光ファイバに生じる歪を、分光器による分光分析を行うことなく安価でしかも小型化に適した構成で検出して、各光ファイバのファイバブラッググレーティングの配置位置における歪量を確実に求め、内視鏡挿入部の形状を簡単な手順で正確に検出できる内視鏡形状検出装置及び内視鏡システムを提供することを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、下記構成からなる。

( 1 ) 互いに回折格子周期の異なる複数のファイバブラッググレーティングを形成した光ファイバと、

前記光ファイバの一端側から、前記ファイバブラッググレーティングそれぞれの回折格子周期に対応した波長の入射光を導入する光源部と、

前記光ファイバに導入した入射光が前記ファイバブラッググレーティングで回折して戻り来る反射回折光を前記入射光の光路から取り出す光路分離部と、

前記光路分離部から取り出された前記反射回折光を検出する光検出部と、

前記光路分離部と前記光検出部との間の光路途中に配置された光シャッタと、

前記回折反射光が前記光検出部に到達するタイミングに同期して前記光シャッタを開閉駆動し、特定の前記ファイバブラッググレーティングからの回折反射光を前記光検出部により選択的に検出させ、該検出された反射回折光の前記入射光に対する波長遷移量に基づいて前記ファイバブラッググレーティングの歪量を求める制御部と、

を備え、

前記光ファイバが、被検体内に挿入され可撓性を有する内視鏡挿入部に少なくとも一対挿通され、前記制御部が前記検出された歪量に基づいて前記内視鏡挿入部の形状を検出する内視鏡形状検出装置。

## 【 0 0 1 1 】

( 2 ) 内視鏡挿入部の先端側に設けた撮像手段から被検体の撮像画像情報を取得する内視鏡システムであって、

前記内視鏡形状検出装置と、

前記内視鏡挿入部の形状の検出情報及び前記撮像画像情報を表示する表示部と、

を備えた内視鏡システム。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 2 】

本発明の内視鏡形状検出装置及び内視鏡システムは、光ファイバに生じる歪を、分光器による分光分析を行うことなく安価でしかも小型化に適した構成で検出でき、更に、光ファイバの各ファイバブラッググレーティングの配置位置における歪量がそれぞれ検出され

10

20

30

40

50

るので、内視鏡挿入部の形状を簡単な手順で正確に検出できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態を説明するための図で、内視鏡形状検出装置を含む内視鏡システムの全体構成図である。

【図2】内視鏡挿入部の先端部付近の概略図である。

【図3】図2のA-A断面図である。

【図4】光ファイバに形成されたファイバブラッググレーティングの模式的な構成説明図である。

【図5】ファイバブラッググレーティングに生じる歪と反射回折光を示す説明図である。

10

【図6】波長に対する反射回折光の強度の関係を示すグラフである。

【図7】形状検出部と光ファイバによる測定光学系を示すブロック構成図である。

【図8】光シャッタの構成図である。

【図9】光源部から出射されるパルス光の分光強度を示すグラフである。

【図10】制御部による制御タイムチャート図である。

【図11】対向配置された一对の光ファイバの歪分布と内視鏡挿入部の変形状態を示す説明図である。

【図12】内視鏡挿入部の湾曲状態の一例を示す説明図である。

【図13】形状検出部の他の構成例を示すブロック構成図である。

【図14】内視鏡挿入部の鉗子孔に挿通される処置具を示す斜視図である。

20

【図15】図14のB-B断面図である。

【図16】従来のファイバブラッググレーティングによる歪の検出原理を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

図1は本発明の実施形態を説明するための図で、内視鏡形状検出装置を含む内視鏡システム100の全体構成図である。

内視鏡システム100は、内視鏡11と、この内視鏡11に接続される制御装置13とを備え、制御装置13にはモニタ等の表示部15や、図示しない入力手段としてのキーボード等が接続されている。この制御装置13は、内視鏡11に照明光を供給する光源部と、内視鏡11からの撮像信号に各種画像処理を施して映像信号に変換するプロセッサ部を有し、更に、詳細を後述する形状検出部10を内蔵している。

30

【0015】

内視鏡11は、本体操作部17と、本体操作部17に連設され体腔内に挿入される内視鏡挿入部19とを備える。本体操作部17には、各種管路と信号ケーブルが内包されたユニバーサルコード21が接続され、このユニバーサルコード21の先端には制御装置13に着脱自在に連結されるコネクタ23が取り付けられている。コネクタ23は、複合タイプのコネクタとし、制御装置13の光源部及びプロセッサ部にそれぞれ個別のコネクタで接続する構成としてもよい。

40

【0016】

制御装置13の光源部からの出射光は、コネクタ23とユニバーサルコード21を通じて内視鏡11に供給され、内視鏡挿入部19の先端に設けられた照明光学系に照明光として伝送される。

【0017】

また、内視鏡挿入部19の先端に設けられた撮像光学系は、照明光学系で照明された観察部位を撮像する撮像素子を有し、撮像素子から得られる観察像の撮像信号を制御装置13に出力する。そして、制御装置13のプロセッサ部は、入力された撮像信号を画像処理した画像情報を表示部15に表示する。これらの一連の処理は、制御装置13に接続されたキーボード等から指示が入力可能になっている。撮像光学系の撮像素子としては、CC

50

D (Charge Coupled Device) イメージセンサや C M O S (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサが用いられる。

【 0 0 1 8 】

また、内視鏡 1 1 の本体操作部 1 7 には、送気・送水ボタン、吸引ボタン、シャッターボタン、機能切替ボタン等の各種ボタン 2 5 が並設されるとともに、内視鏡の先端側を湾曲操作させる一対のアングルノブ 2 7 が設けてある。

【 0 0 1 9 】

内視鏡挿入部 1 9 は、本体操作部 1 7 側から順に軟性部 3 1、湾曲部 3 3、先端部 (内視鏡先端部) 3 5 で構成される。軟性部 3 1 は可撓性を有して湾曲部 3 3 の基端側に連結され、湾曲部 3 3 は、本体操作部 1 7 のアングルノブ 2 7 を回動操作することで内視鏡挿入部 1 9 内に挿設されたワイヤ (図視略) が牽引されて湾曲動作するようになっている。これにより、内視鏡先端部 3 5 を所望の方向に向けることができる。

10

【 0 0 2 0 】

本体操作部 1 7 と内視鏡挿入部 1 9 との間の連設部 3 7 には、鉗子等の処置具が挿入される鉗子挿入部 3 9 が設けられ、鉗子挿入部 3 9 から挿入された処置具は、内視鏡先端部 3 5 の不図示の鉗子口から導出される。

【 0 0 2 1 】

本内視鏡システム 1 0 0 においては、上記の内視鏡の基本構成に加えて、内視鏡先端部 3 5 から内視鏡挿入部 1 9、本体操作部 1 7、ユニバーサルコード 2 1 を通じたコネクタ 2 3 までの間に、内視鏡挿入部 1 9 の区間における歪を検出する光ファイバ 4 1 が挿通されている。この光ファイバ 4 1 は以下に示す構成となっている。

20

【 0 0 2 2 】

図 2 に内視鏡挿入部 1 9 の先端部 3 5 付近の概略図、図 3 に図 2 の A - A 断面図を示した。内視鏡挿入部 1 9 の内部には、互いに回折格子周期の異なる複数のファイバブラッググレーティング F B G 1, F B G 2, … が形成された光ファイバ 4 1 A, 4 1 B, 4 1 C, 4 1 D が挿通されている。ファイバブラッググレーティング F B G 1, F B G 2, … は、内視鏡挿入部 1 9 の区間内で、各光ファイバ 4 1 A, 4 1 B, 4 1 C, 4 1 D の長手方向に対してそれぞれ同じ位置に配置され、各配置位置における歪検出を行う歪センサとして機能する。

30

【 0 0 2 3 】

これらの光ファイバ 4 1 A, 4 1 B, 4 1 C, 4 1 D は、内視鏡挿入部 1 9 の外周側で直径方向に少なくとも一対、図示例では互いに直交する 2 つの直径方向の合計 4 箇所配置され、検出される歪量の情報に基づいて、内視鏡挿入部 1 9 の上下方向及び左右方向に変位した形状を検出可能にしている。

【 0 0 2 4 】

まず、ファイバブラッググレーティングを有する光ファイバの構成及び歪の測定原理について説明する。

図 4 は光ファイバに形成されたファイバブラッググレーティングの模式的な構成説明図である。光ファイバ 4 1 は、クラッド 4 3、コア 4 5、及び図示しない外皮により形成され、内視鏡挿入部 1 9 の区間内においては、周期的な屈折率構造のブラッグ回折格子からなるファイバブラッググレーティング (以下、F B G と略記する) がコア 4 5 内に形成されている。

40

【 0 0 2 5 】

F B G は、例えば特開 2 0 0 0 - 2 5 8 1 9 0 号公報にその製法が示されるように、光ファイバ 4 1 のコア 4 5 内に、屈折率が特定の周期  $\Lambda$  で変化した屈折率変調構造を有する。この特定の周期  $\Lambda$  とコア 4 5 の平均屈折率  $n$  とによって規定されるブラッグ波長 ( $\lambda = 2 n \Lambda$ ) の光が F B G によって選択的に反射されることになる。また、F B G は、直径 0.1 mm 程度のクラッド 4 3 に対して、コア 4 5 の軸方向に 5 ~ 2 0 mm、好ましくは 1 0 mm 程度の大きさに形成され、コア 4 5 の軸方向に所定の一定間隔で配置されている。

【 0 0 2 6 】

50

図5に示すように、上記構成の光ファイバ41の一端側から光を導入すると、FBGの回折格子周期に対応した波長の入射光成分がある場合に、その入射光成分が回折して反射回折光(波長 $r_0$ )となり、光ファイバ41の光導入側に戻される。そして、光ファイバ41内のFBGに歪が生じると、FBGの回折格子周期 $p$ が変化して、これにより反射回折光の波長がシフトする。具体的には、反射回折光の波長 $r_1$ は、 $r_1 = r_0 + 2n(p - p_0)$ で表される波長に遷移する。

【0027】

つまり、図6に波長に対する反射回折光の強度の関係を示すように、反射回折光のピーク波長はFBGに生じた歪に応じて遷移し、無歪状態下の基準回折格子周期に対応する反射回折光のピーク波長 $r_0$ から増減する。このときのピーク波長 $r_0$ からの波長遷移量を求めることで、このFBGの配置位置における光ファイバ41に発生した歪が検出される。また、光ファイバ41には反射回折光のピーク波長が異なる複数のFBGが配置されるが、各FBGからの反射回折光は、光ファイバ41内の光導入側からの光路長が異なるため、光検出部(詳細は後述)に到達するまでの時間差に応じて選択的に取り出すことで、各FBGに生じた歪を個別に検出できる。

10

【0028】

このように、光ファイバ41の各FBGからの反射回折光をそれぞれ個別に検出し、各反射回折光の波長遷移量を求めることで、光ファイバ41上の各FBGの配置位置における歪がそれぞれ検出される。更に、内視鏡挿入部19の直径方向に並設された光ファイバ対同士で、内視鏡挿入部19の同じ軸方向位置における歪を比較することで、この直径方向のFBGの配置位置における内視鏡挿入部19の形状、即ち、湾曲状態を検出できる。

20

【0029】

なお、光源部49からの出射光の波長は400nm~2200nmが好適に使用できる。

【0030】

次に、内視鏡挿入部19の形状を検出するための具体的な測定光学系の構成例及び作用を説明する。

図7は形状検出部と光ファイバによる測定光学系を示すブロック構成図である。内視鏡挿入部19(図1参照)に挿通される光ファイバ41Aは、制御装置13(図1参照)内の形状検出部10の光学ユニット47Aに接続される。光学ユニット47Aは、光源部49からの出射光を光ファイバ41Aに導入し、各FBG1, FBG2, ...からの反射回折光を検出して、反射回折光の検出信号OUTを制御部51に出力する。また、光ファイバ41B, 41C, 41Dについても同様に、形状検出部10の光学ユニット47B, 47C, 47Dにそれぞれ接続され、反射回折光の検出信号OUTがそれぞれ制御部51に入力される。

30

【0031】

光ファイバ41A, 41B, 41C, 41Dと、光学ユニット47A, 47B, 47C, 47Dはそれぞれ同一の構成であり、ここでは説明を簡略化するため、光ファイバ41A、光学ユニット47Aを例に説明する。光ファイバ41Aには、光ファイバ41Aの光導入端53から距離 $D_1/2$ 、距離 $D_2/2$ 、距離 $D_3/2$ の位置にFBG1, FBG2, FBG3, ...がそれぞれ配置されている。各FBG1, FBG2, FBG3, ...は、それぞれ互いに異なる回折格子周期を有し、発生する反射回折光の波長はそれぞれ異なる波長 $r_1, r_2, r_3, ...$ とされている。

40

【0032】

一方、光ファイバ41Aが接続される形状検出部10の光学ユニット47Aは、光源部49と光ファイバ41Aを結ぶ光路途中に光路分離部として機能するビームスプリッタ55が配設され、ビームスプリッタ55により分離された光路途中には光シャッタ57が配置され、光シャッタ57の光路前方に光検出部59が配置されている。

【0033】

また、光源部49は、制御部51からの制御信号ROを受けて、光学ユニット47Aを

50

介して光ファイバ41AにFBG1, FBG2, FBG3, ...の回折格子周期に対応する異なる波長のパルス光を時系列的に出射する。光源部49としては、例えば波長スイープが可能なレーザ光源、白色光源にバンドパスフィルタ等の光学フィルタを接続して特定波長成分のみ選択的に出射させる光源等、公知の光源が使用できる。

#### 【0034】

光学ユニット47Aの光シャッタ57は、高速な光変調が可能な電気光学効果を有する光学機能材料で形成された電気光学シャッタであり、光学機能材料として、例えば、PLZT(チタン酸ジルコン酸ランタン鉛)や非線形光学結晶であるKDP(2水素リン酸カリウム)結晶等が利用可能である。図8に光シャッタ57の構成例を示した。電気光学効果を有する光学機能材料61は、駆動回路63からの駆動電圧により結晶の配向方向が変化することを利用して、クロスニコル配置された偏光板65, 67と組み合わせることで、透過/遮光をnsオーダーで高速に制御できる。

10

#### 【0035】

この光シャッタ57を透過した光は、フォトダイオードやフォトトランジスタ、或いは光電管等の光電効果を利用した図7に示す光検出部59により、制御部51の制御信号を受けたタイミングで検出される。

#### 【0036】

つまり、FBG1, FBG2, FBG3, ...から戻り来る反射回折光は、光学ユニット47Aのビームスプリッタ55により、光源部49からの入射光路から取り出され、光シャッタ57を通じて光検出部59で検出されるようになっている。

20

#### 【0037】

次に、光ファイバ41Aと形状検出部10による光ファイバの歪検出手順について説明する。なお、ここでは、光ファイバ41Aの光入射端から、光源部49、ビームスプリッタ55、光シャッタ57、光検出部59までの各光路長については省略して説明する。

#### 【0038】

まず、制御部51は、光源制御信号ROを光源部49に出力して光源部49から複数の狭帯域波長のパルス光を順次出射させる。パルス光は、図9に一例を示すように、特定のFBGの無歪状態における回折格子周期に対応した波長(中心狭帯域波長)  $\lambda_i$  を中心に、その波長の前後に、所定の変化分  $\Delta\lambda$  を異ならせた波長(近接狭帯域波長)  $\lambda_{i-2}$ 、 $\lambda_{i-1}$ 、 $\lambda_{i+1}$ 、 $\lambda_{i+2}$  の合計5種類のパルス光であり、これらが1つのFBGに対応して光源部49から順次出射される。これら複数のパルス光は、前述の図6に示すFBGの歪状態に応じた波長遷移量を検出するためのパルス光であり、FBGが反射回折光を発生するいずれかのパルス光の波長から、FBGの歪状態を検出する。

30

#### 【0039】

FBG1に対しては、中心狭帯域波長を  $\lambda_1$  とし、その波長の前後に波長  $\lambda_{1-2}$ 、 $\lambda_{1-1}$ 、 $\lambda_{1+1}$ 、 $\lambda_{1+2}$  のパルス光を光源部49から順次出射する。出射された各パルス光は、光学ユニット47Aのビームスプリッタ55を通過して光ファイバ41Aの光入射端に照射され、光ファイバ41A内に入射光として順次導入される。

#### 【0040】

ここで、図10に制御部による制御タイムチャートを示した。まず、制御部51からの光源制御信号ROをトリガとして光源部49は波長  $\lambda_{1-2}$  のパルス光を光ファイバ41Aに導入する。すると、光ファイバ41A内では、波長  $\lambda_{1-2}$  のパルス光が、入射端から距離  $D_1/2$  の位置のFBG1に  $t_a$  ( $t_a = D_1/(2C)$ ) の時間で到達し(ただし、Cは光速)、ここで発生した反射回折光P1が、同じ時間  $t_a$  で光ファイバ41Aの入射端に戻る。戻された反射回折光P2は、図7に示すビームスプリッタ55により光シャッタ57に導かれる。

40

#### 【0041】

そして、制御部51は、光源制御信号ROを出力してROがアクティブ状態になってから、光ファイバ41Aのパルス光導入側からFBG1までの、パルス光片道通過時間  $t_a$  の2倍の往復通過時間に相当する遅延時間後に、光シャッタ57を開状態にするシャッタ

50

制御信号OCを光シャッタ57に出力する。これにより、光シャッタ57は、反射回折光P2が戻り来たときに、そのタイミングでは光シャッタ57が遮光状態から透光状態になっており、光検出部59に反射回折光P2が照射される。

【0042】

そして、光検出部59は、制御部51から出力されるリセット制御信号RSのLo期間で信号電荷を蓄積し、Hi期間で電荷リセットする制御を行い、リセット制御信号RSのLo期間に照射された反射光回折光P2の信号電荷を選択的に検出する。

【0043】

上記の波長 $\lambda_{1-2}$ のパルス光に対する検出を終了すると、続いて、波長 $\lambda_{1-}$ のパルス光に対する検出を行う。波長 $\lambda_{1-}$ のパルス光は制御部51からの光源制御信号ROに同期して光源部49から出射され、シャッタ制御信号OCに同期して光検出部59により検出される。このように各パルス光は、周期tpの間隔で順次光ファイバ41Aに導入されて、光検出部59による反射回折光の検出が繰り返し行われる。

10

【0044】

図10に示す例では、波長 $\lambda_{1-2}$ 、 $\lambda_{1-}$ 、 $\lambda_{1+}$ 、 $\lambda_{1+2}$ の各パルス光を光ファイバ41Aに周期tpで順次導入して、各周期tp毎に光検出部59で検出する際、2回目の波長 $\lambda_{1-}$ のパルス光のみFBG1から反射回折光P3が発生した様子を示している。光ファイバ41A内のFBG1の位置は変化しないため、それぞれのパルス光に対する反射回折光が光シャッタ57、光検出部59に到達する時間は同一となる。図示例では、パルス光の波長が $\lambda_{1-}$ 以外では、パルス光がFBG1で回折することなくFBG1を通過するため、反射回折光がビームスプリッタ55に戻ることはない。パルス光の波長が $\lambda_{1-}$ の場合のみ、出射から $2ta(D_1/c)$ の時間後に反射回折光の信号電荷が検出される。上記の場合では、FBG1の回折格子周期は $1/\lambda_{1-}$ であり、基準回折格子周期 $1/\lambda_1$ から周期 $1/(\lambda_{1-} - \lambda_1)$ だけずれる歪が生じていたことがわかる。

20

【0045】

次に、上記のFBG1の歪状態の検出と同様に、光入射端から $D_2/2$ の位置にあるFBG2、 $D_3/2$ の位置にあるFBG3、・・・に対してもそれぞれ異なる波長のパルス光を光ファイバ41Aに順次導入し、反射回折光をそれぞれ検出する。この手順により、光ファイバ41AのFBG1、FBG2、FBG3、・・・からそれぞれの歪状態が検出でき、光ファイバ41の長手方向に対する歪分布が求められる。なお、上記例では一つのFBGに対して5種類の波長のパルス光を用いているが、更に多種の波長のパルス光を用いることで、歪測定レンジの拡大や検出精度の向上が図れる。

30

【0046】

また、同様にして光ファイバ41B、41C、41Dに対しても、光学ユニット47B、47C、47Dにより反射回折光を検出することで、各光ファイバ41B、41C、41Dの歪分布を求めることができる。

【0047】

いま、対向配置された一对の光ファイバ41A、41Bの歪分布が図11に示す状態であったとすると、それぞれの歪分布から内視鏡挿入部19の変形状態(内視鏡挿入部の中立線69)が推測できる。例えば、FBG2の配置位置において、光ファイバ41Aの歪 $\epsilon_2$ が+ (伸張)、光ファイバ41Bの歪 $\epsilon_2$ が- (圧縮)であると、FBG2の配置位置では、図11において上側に凸となる湾曲状態であることがわかり、歪値が大きい程、湾曲の曲率が大きくなる。なお、内視鏡挿入部19の直径方向外周側に光ファイバ41A、41Bをそれぞれ配置することで、内視鏡挿入部19の変形による歪みが大きくなり、歪の検出精度を向上できる。

40

【0048】

本構成例では、内視鏡挿入部19の互いに直交する2つの直径方向の外周側で合計4箇所に配置されており、従って、図12に内視鏡挿入部の湾曲状態の一例を示すように、例えば光ファイバ41A、41Bの対によりO-X平面上の内視鏡挿入部19の形状がトレ

50

ースでき、光ファイバ41C, 41Dの対によりO-Y平面上の内視鏡挿入部19の変形状がトレースできる。

【0049】

得られた内視鏡挿入部19の形状は、図1に示す表示部15等に出力され、内視鏡11の術者に内視鏡挿入部19の形状が通知される。これにより、内視鏡11の術者は、体腔内に挿入された操作中の内視鏡挿入部19の3次元的な形状を把握でき、検査対象部位の特定や、内視鏡挿入部19の進退操作を円滑に行うことができる。

【0050】

なお、形状検出部10の光学系は上記例に限らず、適宜変更が可能である。例えば図13に示すように、4本の光ファイバ41A, 41B, 41C, 41Dからの反射回折光をビームスプリッタ55でそれぞれ取り出した後、ハーフミラー75により光路を合流させて光シャッタ57に投入する構成としてもよい。この場合には、光シャッタ57と光検出部59が1系統のみ配置するだけで済み、構成を簡略化できる上、制御も簡単に行える。

10

【0051】

次に、内視鏡形状検出装置の他の構成例を説明する。

上記の内視鏡システム100においては、形状検出部10と接続される光ファイバ41A, 41B, 41C, 41Dを内視鏡挿入部19内に設けていたが、ここでは、図14に示すように、内視鏡挿入部19の長手方向に沿って連通する鉗子孔77に挿入される処置具79に設けている。

【0052】

内視鏡挿入部19には、鉗子孔77が図1に示す鉗子挿入部39から内視鏡先端部35まで形成されており、長尺状の処置具79が鉗子孔77に抜き差し自在に挿通される。そして、処置具79のB-B断面を図15に示すように、前述と同様の光ファイバ41A, 41B, 41C, 41Dが、処置具79の外周側で互いに直交する直径方向に2対配置されている。

20

【0053】

各光ファイバ41A, 41B, 41C, 41Dは、前述の図7、図13に示すように、それぞれ形状検出部10, 10Aに接続されて各FBGの歪が検出されるようになっている。この構成によれば、内視鏡挿入部19を設計変更することなく、単純に処置具79を挿入するだけで内視鏡挿入部19の変形を検出することができる。

30

【0054】

以上説明した内視鏡形状検出装置によれば、簡単な光学系により内視鏡挿入部の歪が検出でき、低コストでしかも高精度な形状検出が可能となる。例えば、光ファイバ内のFBGから戻り来た反射回折光を検出する際に、FGBからの反射回折光と参照反射面からの反射光との干渉による光強度変換からFBGの位置を特定するOFDR(Optical Frequency Domain Reflectometry)方式も使用できるが、この方式では高価な光スペクトルアナライザが必要となってしまう、また装置を煩雑化させることになる。一方、本構成の内視鏡形状検出装置によれば、高速駆動可能な光シャッタにより各FBGからの反射回折光を選択的に取り出す構成であるため、分光特性計測を行うことなく、安価でしかも小型化に適した構成で光ファイバに生じる歪を検出できる。さらに、光ファイバ内の各FBGの配置位置における歪量がそれぞれ確実に検出されるので、内視鏡挿入部19の形状を簡単な手順で正確に検出できる。

40

【0055】

また、内視鏡挿入部19に挿通する光ファイバは、断面上で互いに直交する直径方向に配置された4本(二対)の構成に限らず、更に多数対の光ファイバを配置してもよく、その場合には内視鏡挿入部19の形状検出精度を一層向上できる。

【0056】

また、光ファイバ内のFBGの配置位置は、内視鏡挿入部19の領域において均等な間隔で配置する以外にも、内視鏡先端部ほど密に配置してもよい。内視鏡先端部のFBGの配置間隔が狭くなることで、変形の検出精度が高くなり、特に形状検出に重要となる内視

50

鏡先端部の状態を正確に把握することができる。

【0057】

なお、FBGからの反射回折光により歪を検出する際は、内視鏡挿入部19が体腔内に挿入されて体腔内の粘膜を介して体温付近の温度に保たれ、環境温度の変化の影響を受けにくくなり、歪検出値の温度誤差を小さく抑えられる。

【0058】

このように、本発明は上記の実施形態に限定されるものではなく、明細書の記載、並びに周知の技術に基づいて、当業者が変更、応用することも本発明の予定するところであり、保護を求める範囲に含まれる。

【0059】

以上の通り、本明細書には次の事項が開示されている。

(1) 互いに回折格子周期の異なる複数のファイバブラッググレーティングを形成した光ファイバと、

前記光ファイバの一端側から、前記ファイバブラッググレーティングそれぞれの回折格子周期に対応した波長の入射光を導入する光源部と、

前記光ファイバに導入した入射光が前記ファイバブラッググレーティングで回折して戻り来る反射回折光を前記入射光の光路から取り出す光路分離部と、

前記光路分離部から取り出された前記反射回折光を検出する光検出部と、

前記光路分離部と前記光検出部との間の光路途中に配置された光シャッタと、

前記回折反射光が前記光検出部に到達するタイミングに同期して前記光シャッタを開閉駆動し、特定の前記ファイバブラッググレーティングからの回折反射光を前記光検出部により選択的に検出させ、該検出された反射回折光の前記入射光に対する波長遷移量に基づいて前記ファイバブラッググレーティングの歪量を求める制御部と、

を備え、

前記光ファイバが、被検体内に挿入され可撓性を有する内視鏡挿入部に少なくとも一対挿通され、前記制御部が前記検出された歪量に基づいて前記内視鏡挿入部の形状を検出する内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、複数種の波長の入射光を光ファイバに順次導入して、ファイバブラッググレーティングから戻り来る反射回折光を光シャッタを介して所定のタイミングで検出することで、検出タイミングの違いから、複数のファイバブラッググレーティングそれぞれを識別しつつ、個別に歪量を検出できる。つまり、光ファイバに生じる歪を、分光器による分光分析を行うことなく安価でしかも小型化に適した構成で検出して、各光ファイバのファイバブラッググレーティングの配置位置における歪量を確実に求め、内視鏡挿入部の形状を簡単な手順で正確に検出できる。

【0060】

(2) (1)の内視鏡形状検出装置であって、

前記制御部が、前記ファイバブラッググレーティングの無歪状態における基準回折格子周期に対応した回折光を発生する中心狭帯域波長と、該中心狭帯域波長の前後の他の近接狭帯域波長との複数種の狭帯域波長のパルス光を、前記光源部から異なるタイミングで前記光ファイバに順次導入させ、

前記光ファイバへの前記パルス光の導入タイミングに応じたタイミングで前記光シャッタを開閉駆動することにより、前記反射回折光を前記光検出部により選択的に検出し、

該検出された反射回折光に対応するパルス光の狭帯域波長と、前記中心狭帯域波長との差分を前記波長遷移量として求める内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、中心狭帯域波長と他の近接狭帯域波長との複数種のパルス光を光ファイバに順次導入して、それぞれ戻り来る反射回折光に同期して光シャッタを開き反射回折光を検出するので、複数回の検出のうちいずれかの回で反射回折光が検出でき、その回に相当する狭帯域波長の中心狭帯域波長との差分を求めることで、反射回折光の入射光に対する波長遷移量を求めることができる。

【0061】

10

20

30

40

50

(3) (1)又は(2)の内視鏡形状検出装置であって、

前記制御部が、前記光源部から光出射させる光源制御信号を出力した後の、歪量の被検出対象となる前記ファイバブラッググレーティングの前記光ファイバ内の配置位置に応じた遅延時間後に、前記光シャッタを開状態にするシャッタ制御信号を出力する内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、制御部が光源制御信号出力後の所定の遅延時間後にシャッタ制御信号を出力することで、それぞれ異なる位置に配置されたファイバブラッググレーティングからの反射回折光を選択的に取り出すことができる。

【0062】

(4) (1)～(3)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記光シャッタが、電気光学効果を有する光学機能材料を含んで構成された電気光学シャッタである内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、nsecオーダの高速駆動可能な電気光学シャッタを用いることで、光ファイバ内の各ファイバブラッググレーティングを高い分解能で検出でき、歪分布の検出精度を向上できる。

【0063】

(5) (1)～(4)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

複数の前記光ファイバが、それぞれ同一構成の光ファイバである内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、歪検出のための光学系を同じ仕様にでき、装置の簡略化が図れる。また、同じ位置に同じ回折格子周期のファイバブラッググレーティングが設けられるので、内視鏡挿入部の軸方向同一位置における歪を検出でき、一对の光ファイバからの内視鏡挿入部の形状検出を正確に行える。

【0064】

(6) (1)～(5)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記光路分岐部、前記光シャッタ、及び前記光検出部が、複数の前記光ファイバに対してそれぞれ個別に設けられた内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、各光ファイバにそれぞれ測定光学系が設けられることで、各光ファイバの歪検出をそれぞれ同時に行うことができ、形状検出のための測定時間を短縮できる。

【0065】

(7) (1)～(6)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記光ファイバが、前記内視鏡挿入部の直径方向外周側にそれぞれ配置された内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、内視鏡挿入部の変形による歪が大きく発生する外周位置で検出するため、高精度で形状の検出が行える。

【0066】

(8) (1)～(6)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記内視鏡挿入部が、該内視鏡挿入部の長手方向に沿って連通する鉗子孔が内设されるとともに、前記鉗子孔に挿通された長尺状の処置具を備え、

前記光ファイバが、前記処置具の直径方向外周側にそれぞれ配置された内視鏡形状検出装置。

この内視鏡形状検出装置によれば、処置具に光ファイバを設けることで、内視鏡の構成を変更することなく内視鏡挿入部の形状を検出できる。

【0067】

(9) 内視鏡挿入部の先端側に設けた撮像手段から被検体の撮像画像情報を取得する内視鏡システムであって、

(1)～(8)のいずれかの内視鏡形状検出装置と、

前記内視鏡挿入部の形状の検出情報及び前記撮像画像情報を表示する表示部と、を備えた内視鏡システム。

この内視鏡システムによれば、内視鏡挿入部の形状を検出した結果と、被検体の撮像画

10

20

30

40

50

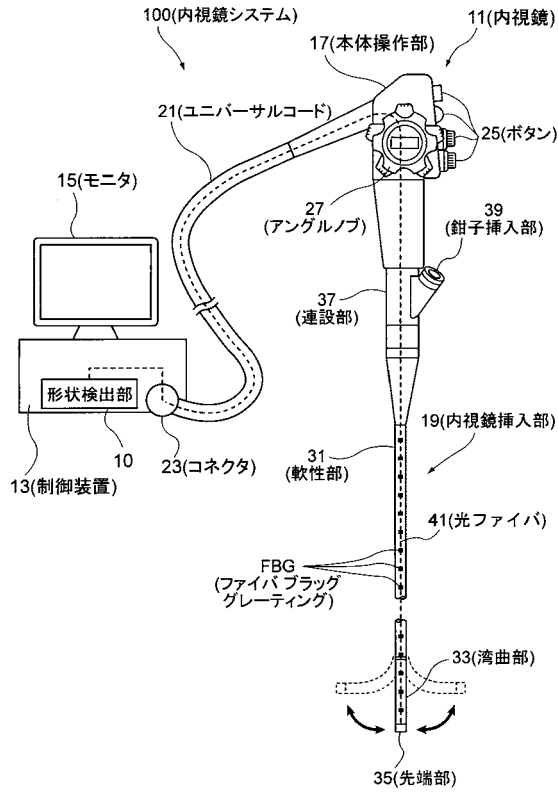
像とを表示部に表示することで、体腔内に挿入された操作中の内視鏡挿入部の形状を把握でき、検査対象部位の特定や、内視鏡挿入部の進退操作を円滑に行うことができる。

【符号の説明】

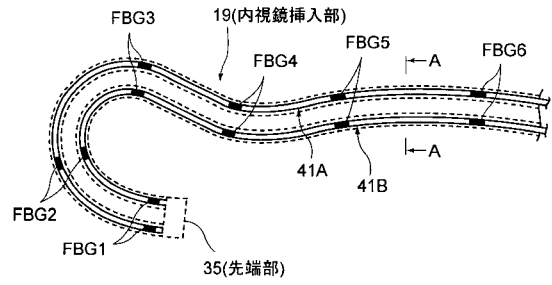
【0068】

- 10, 10A 形状検出部
- 11 内視鏡
- 13 制御装置
- 19 内視鏡挿入部
- 31 軟性部
- 33 湾曲部 10
- 35 内視鏡先端部
- 39 鉗子挿入部
- 41, 41A, 41B, 41C, 41D 光ファイバ
- 47A, 47B, 47C, 47D 光学ユニット
- 49 光源部
- 51 制御部
- 53 光導入端
- 55 ビームスプリッタ(光路分離部)
- 57 光シャッタ
- 59 光検出部 20
- 61 光学機能材料
- 63 駆動回路
- 65, 67 偏光板
- 75 ハーフミラー
- 77 鉗子孔
- 79 処置具
- F B G ファイバブラッググレーティング
- 100 内視鏡システム

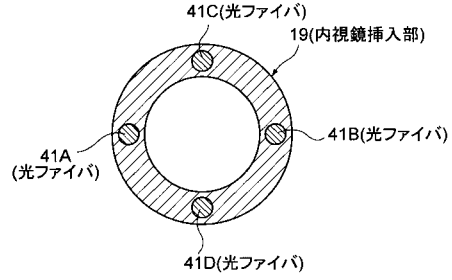
【 図 1 】



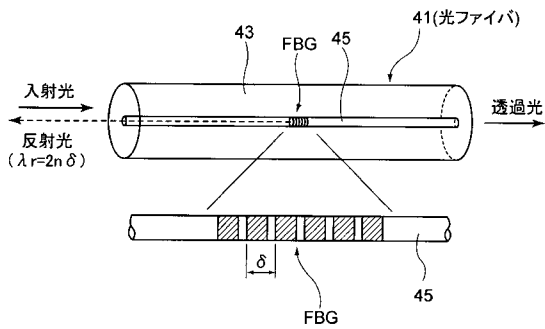
【 図 2 】



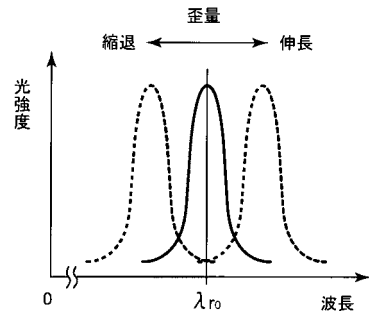
【 図 3 】



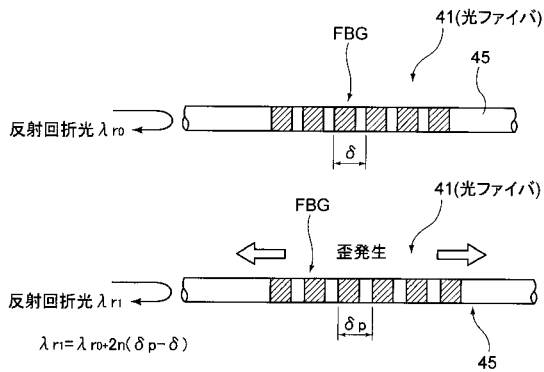
【 図 4 】



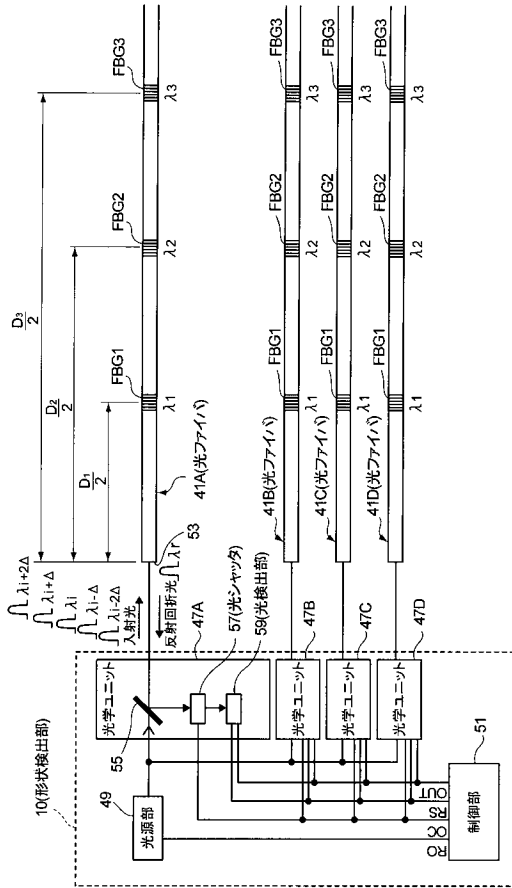
【 図 6 】



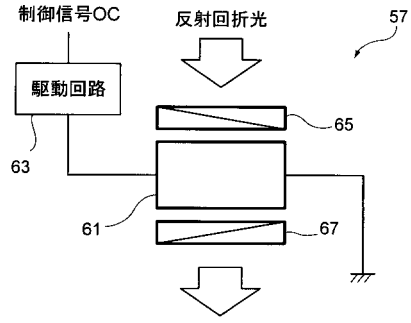
【 図 5 】



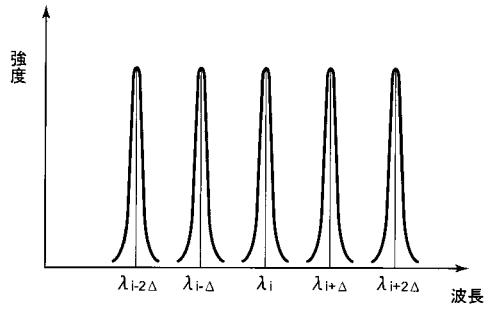
【 図 7 】



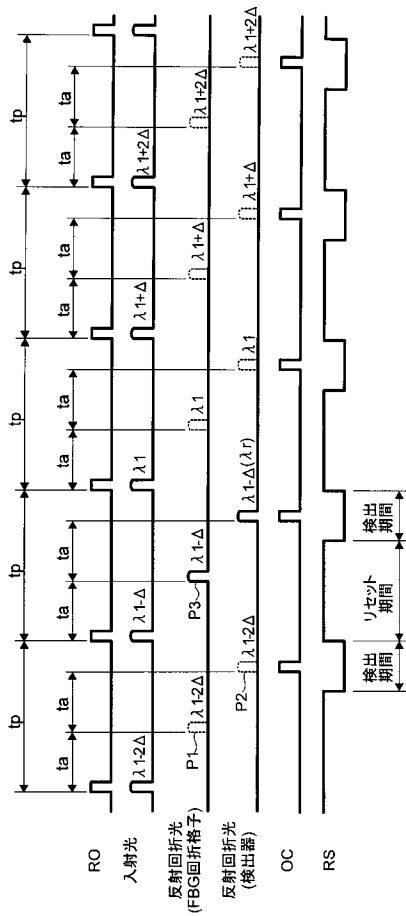
【 図 8 】



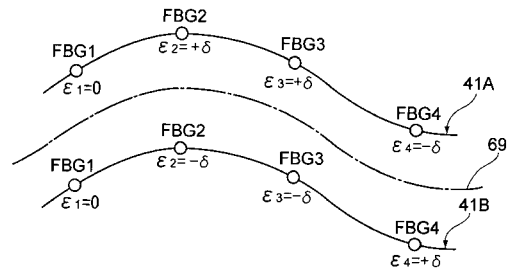
【 図 9 】



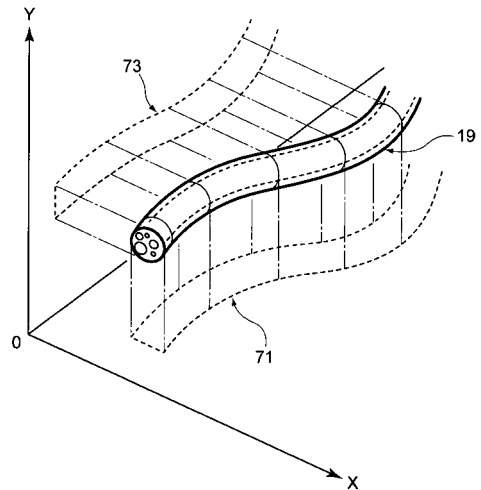
【 図 10 】



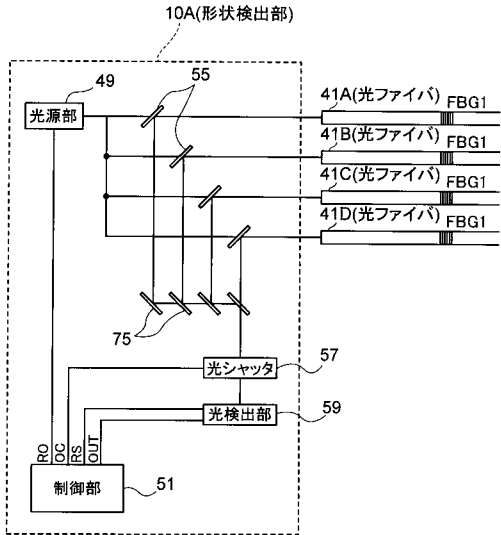
【 図 11 】



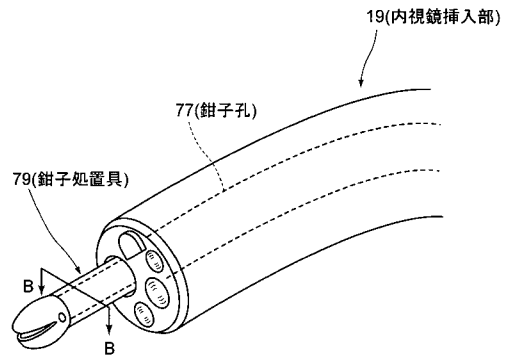
【 図 12 】



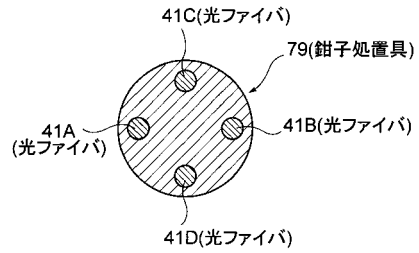
【 図 1 3 】



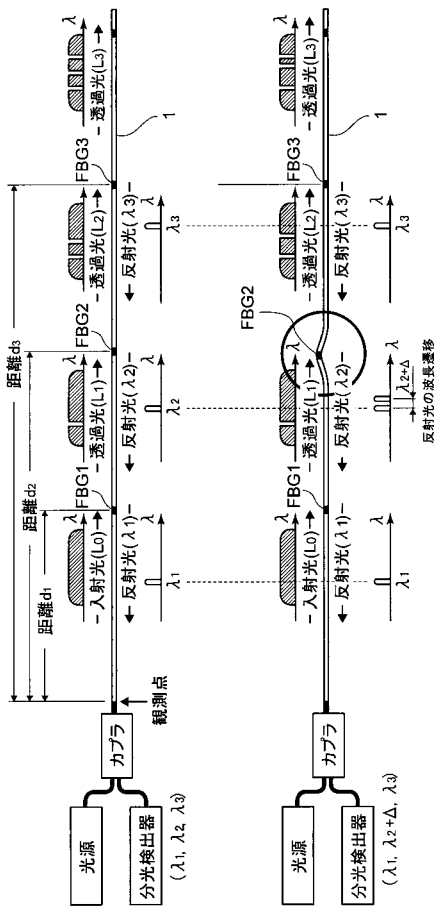
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 芦田 毅

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内

Fターム(参考) 2H040 BA23 DA15 DA17 DA51 DA56 GA02

4C061 CC06 DD03 FF21 FF46 HH51 JJ17 LL02

专利名称(译)	内窥镜形状检测装置和内窥镜系统		
公开(公告)号	<a href="#">JP2011030735A</a>	公开(公告)日	2011-02-17
申请号	JP2009179334	申请日	2009-07-31
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	高橋 保文 倉西 英明 芦田 毅		
发明人	高橋 保文 倉西 英明 芦田 毅		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24		
FI分类号	A61B1/00.320.Z G02B23/24.B G02B23/24.A A61B1/00.552 A61B1/01 A61B1/05		
F-TERM分类号	2H040/BA23 2H040/DA15 2H040/DA17 2H040/DA51 2H040/DA56 2H040/GA02 4C061/CC06 4C061/DD03 4C061/FF21 4C061/FF46 4C061/HH51 4C061/JJ17 4C061/LL02 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF21 4C161/FF46 4C161/HH51 4C161/HH55 4C161/JJ17 4C161/LL02		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

插入光纤插入部的内窥镜失真，以适合于廉价且紧凑的结构可靠地检测而不需要由光谱仪，的内窥镜插入部的形状进行光谱分析在一个简单的程序。多个FBG1的，光纤41A形成...，和...，并且光源单元49用于将入射光引入到光纤中，反射衍射光的入射光自带回来FBG1衍射和光路分离部55被取出，光检测器59，用于检测取出的反射衍射光，设置在所述光路分离部55和光检测器59之间的光学快门57，衍射反射光的光检测单元与定时同步打开光学快门57达到59，并选择性地检测衍射光从特定的FBG，应变FBG1反映基于波长过量发出的反射衍射光的入射光该检并且控制单元51用于基于失真量检测内窥镜插入部分的形状。点域7

