

(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2011-200341

(P2011-200341A)

(43) 公開日 平成23年10月13日(2011.10.13)

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

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2010-68966 (P2010-68966)	(71) 出願人	306037311
(22) 出願日	平成22年3月24日 (2010. 3. 24)		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	飯田 倫之
			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 BA21 BA23 CA04 DA17 DA51
			GA02
			4C061 AA03 FF21
			4C161 AA03 FF21

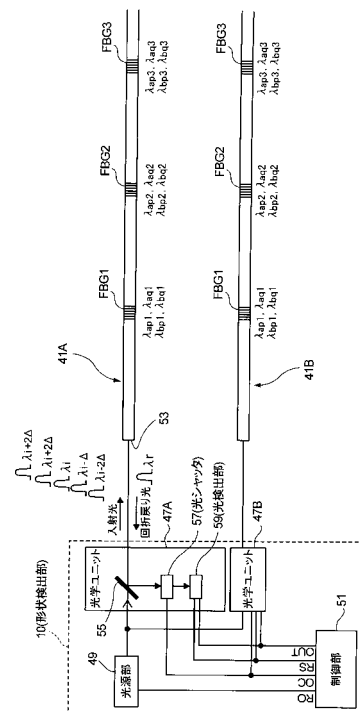
(54) 【発明の名称】 内視鏡形状検出装置及び内視鏡システム

(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, 41Bと、光ファイバ41A, 41Bに入射光を導入する光源部49と、入射光が各FBGで回折して戻り来る回折戻り光を取り出す光路分離部55と、取り出された回折戻り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、回折戻り光が光検出部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からの回折戻り光を選択的に検出し、該検出された回折戻り光の基準入射光に対する波長遷移量に基づいて各FBGの歪量を求めて、この歪量に基づいて内視鏡挿入部19の形状を検出する制御部51を備えた。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回折格子を有する少なくとも 2 本の光ファイバをそれぞれ内視鏡挿入部の長手方向に沿った異なる位置に配設し、前記内視鏡挿入部の変形により前記各光ファイバに生じる歪みを前記回折格子の回折光から求めることで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であって、

前記各光ファイバが、互いに回折格子周期の異なる第 1 ファイバブラッググレーティング及び第 2 ファイバブラッググレーティングが相互に重なり合って形成された回折格子対を、ファイバ軸に沿った複数位置にそれぞれ離散配置し、前記ファイバ軸方向に垂直な面内における直交二軸方向で複屈折率差を有するものであり、

前記回折格子対の各回折格子周期に対応した波長を含む入射光を前記光ファイバにそれぞれ導入する光源部と、

前記各光ファイバに導入した入射光が前記回折格子対で回折して戻り来る回折戻り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各光ファイバの回折戻り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部と、

前記光シャッタを開閉駆動して、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戻り光を前記光検出部により選択的に検出させる光シャッタ駆動部と、

前記入射光が前記第 1 ファイバブラッググレーティングにより前記複屈折率差に応じた互いに異なる波長で回折する第 1 の回折戻り光及び第 2 の回折戻り光、前記入射光が前記第 2 ファイバブラッググレーティングにより前記複屈折率差に応じた互いに異なる波長で回折する第 3 の回折戻り光及び第 4 の回折戻り光、を含む各波長情報に基づいて、前記各回折格子対に作用する前記直交二軸方向及びファイバ軸方向の歪量を前記各光ファイバそれぞれに対して求め、前記各光ファイバの前記回折格子対の位置と前記各方向の歪量との関係から前記内視鏡挿入部の形状を検出する演算処理部と、
を備えた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、

前記光源部が、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中心回折波長と、該中心回折波長前後の他の波長との複数種の狭帯域波長のパルス光を、それぞれ異なるタイミングで前記光ファイバに順次導入し、

前記光シャッタ駆動部が、前記光源部により前記光ファイバへ前記パルス光を導入するタイミングに合わせて前記光シャッタ部を開状態とする開閉駆動を行い、

前記光検出部が、前記光シャッタ駆動部の光シャッタ駆動タイミングに同期して前記回折戻り光を選択的に検出し、

前記演算処理部が、前記検出された回折戻り光に対応する前記パルス光の波長と、前記中心回折波長との差分から前記回折格子対に作用する歪量を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、

前記シャッタ駆動部が、前記光源部から光出射させてから、該出射された光が歪量の検出対象となる前記いずれかのファイバブラッググレーティングに到達して、該ファイバブラッググレーティングからの回折戻り光が前記光シャッタに到達するまでの経過時間に応じて前記光シャッタを開状態から開状態に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、

前記第 1 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を a_x 、

前記第 2 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を a_y 、

前記第 3 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を b_x 、

前記第 4 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を b_y 、

10

20

30

40

50

環境温度の変化分を T 、
 前記直交二軸方向である x 方向、 y 方向及び前記ファイバ軸方向である z 方向の歪変化量を ε_x 、 ε_y 、 ε_z 、
 マトリクス係数を K_{ij} とするとき、
 前記演算処理部が前記歪量を次式から求める内視鏡形状検出装置。
 【数 1】

$$\begin{aligned}\Delta\lambda_{ax} &= K_{11}\Delta\varepsilon_x + K_{21}\Delta\varepsilon_y + K_{31}\Delta\varepsilon_z + K_{41}\Delta T \\ \Delta\lambda_{ay} &= K_{12}\Delta\varepsilon_x + K_{22}\Delta\varepsilon_y + K_{32}\Delta\varepsilon_z + K_{42}\Delta T \\ \Delta\lambda_{bx} &= K_{13}\Delta\varepsilon_x + K_{23}\Delta\varepsilon_y + K_{33}\Delta\varepsilon_z + K_{43}\Delta T \\ \Delta\lambda_{by} &= K_{14}\Delta\varepsilon_x + K_{24}\Delta\varepsilon_y + K_{34}\Delta\varepsilon_z + K_{44}\Delta T\end{aligned}\quad 10$$

【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、
 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 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、前記各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 5 のいずれか 1 項記載の内視鏡形状検出装置であって、
 前記各光ファイバから分岐される前記光路分岐部が合流された先に、前記光シャッタと前記光検出部が共通に設けられた内視鏡形状検出装置。

【請求項 8】

請求項 1 ～ 請求項 7 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互いに直交する直径方向のそれぞれ外周側に配置された内視鏡形状検出装置。

【請求項 9】

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であって、
 前記回折格子対の配置密度が、前記内視鏡挿入部の全長に亘って均等にされた内視鏡形状検出装置。

【請求項 10】

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であって、
 前記回折格子対の配置密度が、前記内視鏡挿入部の体腔内への挿入側ほど高くされた内視鏡形状検出装置。

【請求項 11】

請求項 1 ～ 請求項 10 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の異なる位置にそれぞれ配置された内視鏡形状検出装置。

【請求項 12】

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 11 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、

10

20

30

40

50

を備えた内視鏡システム。

【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】

一般的な内視鏡は、体腔内の管腔に長尺状の内視鏡挿入部を挿入し、病変部等の被観察部位の診断や処置が行なえるようになっている。ところが、体腔内に挿入した内視鏡の形状は外部からは容易に判断できず、観察している部位が体腔内のどの位置であるかを正確に把握することができない。特に小腸のような三次元的に複雑に曲がりくねった管路の中では、内視鏡がどの位置まで挿入されたかを見極めることは難しかった。そこで、内視鏡挿入部の形状を検出して、体腔内に挿入された状態を内視鏡挿入部の形状から把握する装置が種々提案されている。

【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: F B G) 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、F B G から生じる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 F B G 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、F B G 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。

【0004】

しかし、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 による回折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。更に、特許文献1の方式では光ファイバを合計4本敷設する必要があるため、内視鏡挿入部の細径化に不利な構成となった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-251779号公報

【特許文献2】特開2008-173395号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

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求め、これにより、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】

【0007】

本発明は、下記構成からなる。

(1) 回折格子を有する少なくとも2本の光ファイバをそれぞれ内視鏡挿入部の長手方向に沿った異なる位置に配設し、前記内視鏡挿入部の変形により前記各光ファイバに生じる歪みを前記回折格子の回折光から求めることで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であって、

前記各光ファイバが、互いに回折格子周期の異なる第1ファイバブラッググレーティン

グ及び第２ファイバブラッググレーティングが相互に重なり合って形成された回折格子対を、ファイバ軸に沿った複数位置にそれぞれ離散配置し、前記ファイバ軸方向に垂直な面内における直交二軸方向で複屈折率差を有するものであり、

前記回折格子対の各回折格子周期に対応した波長を含む入射光を前記光ファイバにそれぞれ導入する光源部と、

前記各光ファイバに導入した入射光が前記回折格子対で回折して戻り来る回折戻り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各光ファイバの回折戻り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部と、

前記光シャッタを開閉駆動して、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戻り光を前記光検出部により選択的に検出させる光シャッタ駆動部と、

前記入射光が前記第１ファイバブラッググレーティングにより前記複屈折率差に応じた互いに異なる波長で回折する第１の回折戻り光及び第２の回折戻り光、前記入射光が前記第２ファイバブラッググレーティングにより前記複屈折率差に応じた互いに異なる波長で回折する第３の回折戻り光及び第４の回折戻り光、を含む各波長情報に基づいて、前記各回折格子対に作用する前記直交二軸方向及びファイバ軸方向の歪量を前記各光ファイバそれぞれに対して求め、前記各光ファイバの前記回折格子対の位置と前記各方向の歪量との関係から前記内視鏡挿入部の形状を検出する演算処理部と、
を備えた内視鏡形状検出装置。

【０００８】

(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、

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】

【０００９】

本発明に係る内視鏡形状検出装置及び内視鏡システムによれば、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、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】

【００１０】

【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】(Ａ)は光ファイバの断面図、(Ｂ)は２つのファイバブラッググレーティングが相互に重なり合って形成された回折格子対の模式図である。

【図５】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６】２つのファイバブラッググレーティングによって回折する第１～第４の回折戻り光の分光強度を示すグラフである。

【図７】(Ａ)，(Ｂ)，(Ｃ)は光ファイバの軸方向に対して直交方向の歪によりファイバブラッググレーティングからの回折戻り光の波長幅が変化する状態を示すグラフである。

【図８】(Ａ)，(Ｂ)，(Ｃ)は光ファイバの軸方向歪によりファイバブラッググレーティングからの回折戻り光の波長が遷移する状態を示すグラフである。

【図９】各回折格子対に所定の波長の光を照射して内視鏡挿入部の形状を推定するフロー

10

20

30

40

50

チャートである。

【図 1 0】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 1 1】光シャッタの構成図である。

【図 1 2】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 1 3】制御部による制御タイムチャート図である。

【図 1 4】内視鏡挿入部の曲げ方向を説明するための断面図である。

【図 1 5】検出された歪と内視鏡挿入部の曲げ方向との関係を示す表である。

【図 1 6】内視鏡挿入部の湾曲状態の一例を示す説明図である。

【図 1 7】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 1 8】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。

10

【図 1 9】図 1 8 の B - B 断面図である。

【図 2 0】歪測定可能な他の光ファイバの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

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。

【0012】

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。

20

【0013】

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。

30

【0014】

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。

【0015】

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、CCD (Charge Coupled Device) イメージセンサや CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサが用いられる。

40

【0016】

また、内視鏡 11 の本体操作部 17 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 25 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對のアングルノブ 27 が設けてある。

【0017】

内視鏡挿入部 19 は、本体操作部 17 側から順に軟性部 31、湾曲部 33、先端部 (内視鏡先端部) 35 で構成される。軟性部 31 は可撓性を有して湾曲部 33 の基端側に連設され、湾曲部 33 は、本体操作部 17 のアングルノブ 27 を回動操作することで内視鏡挿

50

入部 19 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 35 を所望の方向に向けることができる。

【0018】

本体操作部 17 と内視鏡挿入部 19 との間の連設部 37 には、鉗子等の処置具が挿入される鉗子挿入部 39 が設けられ、鉗子挿入部 39 から挿入された処置具は、内視鏡先端部 35 の不図示の鉗子口から導出される。

【0019】

本内視鏡システム 100 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 35 から内視鏡挿入部 19、本体操作部 17、ユニバーサルコード 21 を通じたコネクタ 23 までの間に、内視鏡挿入部 19 の区間における歪を検出する光ファイバ 41 が挿通されている。この光ファイバ 41 は以下に示す構成となっている。

【0020】

図 2 に内視鏡挿入部 19 の先端部 35 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 19 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 41 A , 41 B 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 19 の区間内で、各光ファイバ 41 A , 41 B 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。つまり、光ファイバ 41 A の F B G 1 の位置と、光ファイバ 42 A の F B G 1 の位置は長手方向の同じ位置に配置されて同じ位置の歪を検出する。

【0021】

これらの光ファイバ 41 A , 41 B は、内視鏡挿入部 19 の中心に対して互いに直交する外周側に配置され、検出される歪量の情報に基づいて、内視鏡挿入部 19 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。

【0022】

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 (A) は光ファイバの断面図、図 4 (B) は 2 つのファイバブラッググレーティングが相互に重なり合って形成された回折格子対の模式図、図 5 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。

【0023】

光ファイバ 41 A , 41 B は、クラッド 43、楕円形のコア 45、及び図示しない外皮により形成され、内視鏡挿入部 19 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対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 45 内に形成されている。

【0024】

各 F B G 1 , F B G 2 , . . . は、互いに回折格子周期の異なる第 1 ファイバブラッググレーティング F B G a 及び第 2 ファイバブラッググレーティング F B G b が相互に重なり合って形成された回折格子対を有し、F B G 1 a , F B G 1 b , F B G 2 a , F B G 2 b , . . . で構成されている。また、コア 45 が楕円形であることからファイバ軸方向に垂直な面内における直交二軸方向（X Y 方向）で複屈折率差を有する。

【0025】

F B G は、例えば特開 2000 - 258190 号公報にその製法が示されるように、光ファイバ 41 のコア 45 内に、屈折率が特定の周期 で変化した屈折率変調構造を有する。光ファイバ 41 に光が入射すると、この特定の周期 とコア 45 の平均屈折率 n とによって規定されるブラッグ波長（ $\lambda = 2 n$ ）の光が回折戻り光となって入射側に戻されることになる。また、F B G は、直径 0 . 1 mm 程度のクラッド 43 に対して、コア 45 の軸方向に 5 ~ 20 mm、好ましくは 10 mm 程度の大きさに形成され、コア 45 の軸方向に所定の一定間隔で配置されている。

【0026】

10

20

30

40

50

図 6 は 2 つのファイバブラッググレーティング F B G a 及び F B G b によって回折する第 1 ~ 第 4 の回折戻り光の分光強度を示すグラフである。図 5 及び図 6 に示すように、本構成例の各 F B G は、互いに異なる周期 a , b で変化する第 1 及び第 2 ファイバブラッググレーティング F B G a, F B G b の回折格子対からなる屈折率変調構造であり、かつファイバ軸方向に垂直な面内における直交二軸方向 (X Y 方向) で複屈折率差を有する。従って、光ファイバ 4 1 の一端側から光を導入すると、F B G 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、第 1 及び第 2 ファイバブラッググレーティング F B G a, F B G b の周期 a , b と、コア 4 5 の二軸方向 (X Y 方向) における平均屈折率 n_1 , n_2 とによって規定されるブラッグ波長 ($a_p = 2 n_1 a$, $a_q = 2 n_2 a$, $b_p = 2 n_1 b$, $b_q = 2 n_2 b$) の光が回折格子対によって選択的に回折光が発生し、回折戻り光となって光ファイバ 4 1 の光導入側に戻される。そして、光ファイバ 4 1 内の F B G a, F B G b に歪が生じると、F B G a, F B G b の回折格子周期 a , b が変化するので、これにより回折戻り光の波長が遷移する。

【 0 0 2 7 】

図 7 (A), (B), (C) は光ファイバの軸方向に対して直交方向の歪によりファイバブラッググレーティングからの回折戻り光の波長幅が変化する状態を示すグラフ、図 8 (A), (B), (C) は光ファイバの軸方向歪によりファイバブラッググレーティングからの回折戻り光の波長が遷移する状態を示すグラフである。なお、ここでは理解を容易にするため、回折格子対 (F B G a, F B G b) の一方の回折格子 F B G a について説明するが、他方の回折格子 F B G b についても同様である。

【 0 0 2 8 】

F B G a に軸方向に対して直交方向の歪が生じると、図 7 (A), (B), (C) に示すように、F B G a からの回折戻り光のピーク波長は、F B G a に生じた歪の大きさに応じて遷移する。例えば、Y 方向に圧縮が起こると Y 方向屈折率が増加すると共に、X 方向に膨張して X 方向屈折率が減少し、結果として各ピーク波長が互いに逆向きに遷移する。即ち、無歪状態下の回折戻り光のピーク波長幅 W 1 から増減する。このときの回折戻り光のピーク波長幅 W 1 からの波長幅遷移量が、この F B G a の配置位置における光ファイバ 4 1 に発生した軸方向に対して直交方向の歪量に相当する。

【 0 0 2 9 】

また、F B G a に軸方向の歪が生じると、図 8 (A), (B), (C) に示すように、F B G a からの回折戻り光のピーク波長は、F B G a に生じた軸方向の歪に応じて遷移し、無歪状態下の回折戻り光のピーク波長の間隔を保ったまま平行に遷移する。このときの回折戻り光のピーク波長からの波長遷移量が、この F B G a の配置位置における光ファイバ 4 1 に発生した軸方向の歪量に相当する。

【 0 0 3 0 】

また、光ファイバ 4 1 には回折戻り光のピーク波長が異なる複数の F B G (F B G 1, F B G 2, ...) がそれぞれ異なる位置に配置されるが、各 F B G からの回折戻り光は、光ファイバ 4 1 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 F B G の各位置で生じた歪を個別に検出できる。

【 0 0 3 1 】

このように、光ファイバ 4 1 の各 F B G からの回折戻り光をそれぞれ個別に検出し、各回折戻り光のピーク波長幅遷移量、及び波長遷移量を求めることで、光ファイバ 4 1 上の各 F B G の配置位置における歪 (軸方向に対して直交方向の歪、及び軸方向歪) がそれぞれ検出される。各 F B G は、軸方向、及び軸方向に対して直交する 2 軸方向の歪を検出可能であるので、F B G の配置位置における内視鏡挿入部 1 9 の形状、即ち、湾曲状態を検出できる。

【 0 0 3 2 】

なお、光源部 4 9 からの出射光の波長は 4 0 0 n m ~ 2 2 0 0 n m が好適に使用できる。

【 0 0 3 3 】

次に、内視鏡挿入部 19 の形状を検出するための手順の概略について説明する。

図 9 は各回折格子対に所定の波長の光を照射して内視鏡挿入部の形状を推定するフローチャートであり、ステップ S 1 で F B G_{i a} (i = 1 , 2 , 3 , . . .) の X 方向歪、及び Y 方向歪に対応する波長 $a_{p i}$, $a_{q i}$ を設定し、ステップ S 2 で $a_{p i}$ の掃引波形のパルスを順次光ファイバ 4 1 に導入し、回折戻り光波長を測定する。同様に、ステップ S 3 で $a_{q i}$ の掃引波形のパルスを順次光ファイバ 4 1 に導入し、回折戻り光波長を測定する。

【 0 0 3 4 】

同様に、ステップ S 4 で F B G_{i b} (i = 1 , 2 , 3 , . . .) の X 方向歪、及び Y 方向歪に対応する波長 $b_{p i}$, $b_{q i}$ を設定し、ステップ S 5 で $b_{p i}$ の掃引波形のパルスを順次光ファイバ 4 1 に導入し、回折戻り光波長を測定し、ステップ S 6 で $b_{q i}$ の掃引波形のパルスを順次光ファイバ 4 1 に導入し、回折戻り光波長を測定する。

【 0 0 3 5 】

次いで、上記の各ステップで測定された波長 $a_{p i}$, $a_{q i}$, $b_{p i}$, $b_{q i}$ の波長遷移量に基づいて、ステップ S 7 で演算処理部が F B G_i 位置の歪成分 x , y , z を算出する。

【 0 0 3 6 】

歪成分 x , y , z の算出は、

第 1 の回折戻り光の波長 $a_{p i}$ の無歪み状態からの変化分を a_x 、第 2 の回折戻り光の波長 $a_{q i}$ の無歪み状態からの変化分を a_y 、第 3 の回折戻り光の波長 $b_{p i}$ の無歪み状態からの変化分を b_x 、第 4 の回折戻り光の波長 $b_{q i}$ の無歪み状態からの変化分を b_y 、環境温度の変化分を T 、x 方向、y 方向及び z 方向の歪変化量を x 、 y 、 z 、マトリクス係数を $K_{i j}$ とするとき、米国特許第 5 5 9 1 9 6 5 号明細書に記載される次式から求められる。

【 0 0 3 7 】

【 数 1 】

$$\begin{aligned}\Delta\lambda_{ax} &= K_{11}\Delta\varepsilon_x + K_{21}\Delta\varepsilon_y + K_{31}\Delta\varepsilon_z + K_{41}\Delta T \\ \Delta\lambda_{ay} &= K_{12}\Delta\varepsilon_x + K_{22}\Delta\varepsilon_y + K_{32}\Delta\varepsilon_z + K_{42}\Delta T \\ \Delta\lambda_{bx} &= K_{13}\Delta\varepsilon_x + K_{23}\Delta\varepsilon_y + K_{33}\Delta\varepsilon_z + K_{43}\Delta T \\ \Delta\lambda_{by} &= K_{14}\Delta\varepsilon_x + K_{24}\Delta\varepsilon_y + K_{34}\Delta\varepsilon_z + K_{44}\Delta T\end{aligned}$$

【 0 0 3 8 】

なお、上式によると、 x 、 y 、 z 以外に、環境温度の変化分 T も同時に求められるが、体腔内に挿入された内視鏡挿入部 19 の温度は体温で略一定となるので、本構成例においては特に重要な項目ではない。

【 0 0 3 9 】

そして、ステップ S 8 で光ファイバ 4 1 の軸方向に沿って配設された F B G 1 , F B G 2 , . . . の最終の F B G の歪変化量 x 、 y 、 z の演算が終了したか否かが判別され、最終 F B G でなければステップ S 9 でインクリメントしてステップ S 1 に戻り、測定を続行する。

【 0 0 4 0 】

最終の F B G に対する演算が終了したと判別された場合、ステップ S 10 ですべての光ファイバ（本構成例においては 2 本の光ファイバ 4 1 A , 4 1 B）の検出が終了したか否かが判別され、未検出の光ファイバがある場合には、ステップ S 1 に戻り、未検出の光ファイバの測定を続行する。そして、求められた各光ファイバの全 F B G の歪変化量 x

、 y 、 z から、ステップ S 1 1 で内視鏡挿入部 1 9 の形状を推定する。形状の推定手順については、後に詳述する。

【0041】

次に、内視鏡挿入部 1 9 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 1 0 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 1 9 (図 1 参照) に挿通される光ファイバ 4 1 A は、制御装置 1 3 (図 1 参照) 内の形状検出部 1 0 の光学ユニット 4 7 A に接続される。光学ユニット 4 7 A は、光源部 4 9 からの出射光を光ファイバ 4 1 A に導入し、各 F B G 1 , F B G 2 , . . . からの回折戻り光を検出して、回折戻り光の検出信号 O U T を制御部 5 1 に出力する。また、光ファイバ 4 1 B についても同様に、形状検出部 1 0 の光学ユニット 4 7 B にそれぞれ接続され、回折戻り光の検出信号 O U T がそれぞれ制御部 5 1 に入力される。

10

【0042】

光ファイバ 4 1 A , 4 1 B と、光学ユニット 4 7 A , 4 7 B 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 4 1 A 、光学ユニット 4 7 A を例に説明する。光ファイバ 4 1 A には、光ファイバ 4 1 A の光導入端 5 3 から異なる所定の距離の位置に F B G 1 , F B G 2 , F B G 3 , . . . がそれぞれ配置されている。各 F B G 1 , F B G 2 , F B G 3 , . . . は、それぞれ互いに異なる回折格子周期を有し、発生する回折戻り光の波長はそれぞれ異なる波長 λ_1 , λ_2 , λ_3 , . . . とされている。

【0043】

より詳細には、各 F B G 1 , F B G 2 , F B G 3 , . . . は、それぞれ 2 つの F B G (F B G a 及び F B G b) からなり、かつ X Y 方向の屈折率が異なるので、例えば、F B G 1 の F B G a (以後 F B G 1 a と称する) からの回折戻り光の波長は、 $\lambda_{a p 1}$, $\lambda_{a q 1}$ となり、F B G 1 の F B G b (以後 F B G 1 b と称する) からの回折戻り光の波長は、 $\lambda_{b p 1}$, $\lambda_{b q 1}$ となる。同様に、F B G 2 からの回折戻り光の波長は、 $\lambda_{a p 2}$, $\lambda_{a q 2}$, $\lambda_{b p 2}$, $\lambda_{b q 2}$ となる。

20

【0044】

一方、光ファイバ 4 1 A が接続される形状検出部 1 0 の光学ユニット 4 7 A は、光源部 4 9 と光ファイバ 4 1 A 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 5 5 が配設され、ビームスプリッタ 5 5 により分離された光路途中には光シャッタ 5 7 が配置され、光シャッタ 5 7 の光路前方に光検出部 5 9 が配置されている。

30

【0045】

また、光源部 4 9 は、制御部 5 1 からの光源制御信号 R O を受けて、光学ユニット 4 7 A を介して光ファイバ 4 1 A に F B G 1 (F B G 1 a , F B G 1 b) , F B G 2 (F B G 2 a , F B G 2 b) , F B G 3 (F B G 3 a , F B G 3 b) , . . . 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 4 9 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。

【0046】

光学ユニット 4 7 A の光シャッタ 5 7 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、P L Z T (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 K D P (2 水素リン酸カリウム) 結晶等が利用可能である。図 1 1 に光シャッタ 5 7 の構成例を示した。電気光学効果を有する光学機能材料 6 1 は、駆動回路 6 3 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 6 5 , 6 7 と組み合わせることで、透過 / 遮光を n s e c オーダで高速に制御できる。

40

【0047】

この光シャッタ 5 7 を透過した光は、フォトダイオードやフォトリスタ、或いは光電管等の光電効果を利用した図 1 0 に示す光検出部 5 9 により、制御部 5 1 の制御信号を受けたタイミングで検出される。

【0048】

50

つまり、FBG1a, FBG1b, FBG2a, FBG2b, FBG3a, FBG3b, ... から戻り来る回折戻り光は、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。

【0049】

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。

【0050】

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12に一例を示すように、特定のFBG(例えば、FBG1a)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) λ_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) $\lambda_i - 2\Delta\lambda$ 、 $\lambda_i - \Delta\lambda$ 、 $\lambda_i + \Delta\lambda$ 、 $\lambda_i + 2\Delta\lambda$ 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7及び図8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が回折戻り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。

【0051】

FBG1(例えば、FBG1a)に対しては、中心狭帯域波長を λ_1 とし、その波長の前後に波長 $\lambda_1 - 2\Delta\lambda$ 、 $\lambda_1 - \Delta\lambda$ 、 $\lambda_1 + \Delta\lambda$ 、 $\lambda_1 + 2\Delta\lambda$ 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。

【0052】

ここで、図13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 $\lambda_1 - 2\Delta\lambda$ 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 $\lambda_1 - 2\Delta\lambda$ のパルス光が、FBG1aに t_a の時間で到達し、ここで発生した回折戻り光P1が、同じ時間 t_a で光ファイバ41Aの入射端に戻る。戻された回折戻り光P2は、図10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。

【0053】

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(FBG1a)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、回折戻り光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に回折戻り光P2が照射される。

【0054】

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期間に照射された光の回折光P2の信号電荷を選択的に検出する。

【0055】

上記の波長 $\lambda_1 - 2\Delta\lambda$ のパルス光に対する検出を終了すると、続いて、波長 $\lambda_1 - \Delta\lambda$ のパルス光に対する検出を行う。波長 $\lambda_1 - \Delta\lambda$ 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 t_p の間隔で順次光ファイバ41Aに導入されて、光検出部59による回折戻り光の検出が繰り返し行われる。

【0056】

図13に示す例では、波長 $\lambda_1 - 2\Delta\lambda$ 、 $\lambda_1 - \Delta\lambda$ 、 λ_1 、 $\lambda_1 + \Delta\lambda$ 、 $\lambda_1 + 2\Delta\lambda$ の各パ

10

20

30

40

50

ルス光を光ファイバ 4 1 A に周期 t_p で順次導入して、各周期 t_p 毎に光検出部 5 9 で検出する際、2 回目の波長 λ_1 のパルス光のみ F B G 1 (F B G 1 a) から回折戻り光 P 3 が発生した様子を示している。光ファイバ 4 1 A 内の F B G 1 の位置は変化しないため、それぞれのパルス光に対する回折戻り光が光シャッタ 5 7、光検出部 5 9 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 λ_1 以外では、パルス光が F B G 1 で回折することなく F B G 1 を通過するため、回折戻り光がビームスプリッタ 5 5 に戻ることはない。パルス光の波長が λ_1 の場合のみ、出射から $2 t_a$ の時間後に回折戻り光の信号電荷が検出される。上記の場合では、F B G 1 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 $1 / (-)$ だけずれる歪が生じていたことがわかる。

10

【 0 0 5 7 】

次に、上記の F B G 1 a の歪状態の検出と同様に、F B G 1 b に対しても F B G 1 b の回折格子周期に対応する異なる波長のパルス光を光ファイバ 4 1 A に順次導入し、回折戻り光をそれぞれ検出して、F B G 1 b の歪状態を検出する。これにより、F B G 1 の歪状態が検出される。

【 0 0 5 8 】

更に、上記の F B G 1 の歪状態の検出と同様に、F B G 2 (F B G 2 a , F B G 2 b)、F B G 3 (F B G 3 a , F B G 3 b)、・・・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 4 1 A に順次導入し、回折戻り光をそれぞれ検出する。この手順により、光ファイバ 4 1 A の F B G 1 , F B G 2 , F B G 3 , ・・・からそれぞれの歪状態が検出でき、光ファイバ 4 1 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 F B G 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。

20

【 0 0 5 9 】

また、同様にして光ファイバ 4 1 B に対しても、光学ユニット 4 7 B により回折戻り光を検出することで、各光ファイバ 4 1 B の歪分布を求めることができる。

【 0 0 6 0 】

以上のようにして求められた光ファイバ 4 1 A , 4 1 B の各部の x 方向、y 方向、及び z 方向の歪変化量 Δx 、 Δy 、 Δz から、内視鏡挿入部 1 9 の形状が推定可能となる。図 1 4 は内視鏡挿入部の曲げ方向を説明するための断面図、図 1 5 は検出された歪と内視鏡挿入部の曲げ方向との関係を示す表である。

30

【 0 0 6 1 】

例えば、ある F B G の配置位置において、光ファイバ 4 1 A の y 方向の歪変化量 Δy_a が光ファイバ 4 1 B の y 方向の歪変化量 Δy_b より小さく、かつ光ファイバ 4 1 A の z 方向の歪変化量 Δz_a が光ファイバ 4 1 B の z 方向の歪変化量 Δz_b より小さい場合、内視鏡挿入部 1 9 は、この F B G 位置において、上方 (U) に曲がっていることが分かる。即ち、内視鏡挿入部 1 9 が上方 (U) に曲がる場合、y 方向の歪 (圧縮) は光ファイバ 4 1 A の方が光ファイバ 4 1 B より大きく、z 方向の歪 (伸び) は光ファイバ 4 1 B の方が光ファイバ 4 1 A より大きくなる。この歪値は、大きい程、湾曲の曲率が大きくなる。

40

【 0 0 6 2 】

他の曲げ方向 (D , L , R) についても同様に推定可能となる。なお、内視鏡挿入部 1 9 の直径方向外周側に光ファイバ 4 1 A , 4 1 B をそれぞれ配置することで、内視鏡挿入部 1 9 の変形による光ファイバ 4 1 A , 4 1 B の歪みが大きくなり、歪の検出精度が向上する。

【 0 0 6 3 】

本構成例では、内視鏡挿入部 1 9 の中心に対して互いに直交する外周側の 2 箇所に、それぞれ x 方向、y 方向及び z 方向の歪変化量 Δx 、 Δy 、 Δz を検出可能な光ファイバ 4 1 A , 4 1 B が配置されているので、図 1 6 に内視鏡挿入部の湾曲状態の一例を示すように、光ファイバ 4 1 A , 4 1 B の対により内視鏡挿入部 1 9 の変形形状がトレース

50

できる。

【0064】

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。

【0065】

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17に示すように、2本の光ファイバ41、41Bからの回折戻り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。この場合には、光ファイバ41、41Bの回折戻り光を判別可能とするため、2本の光ファイバ41、41BのFBGの回折格子周期を異なる周期に設定する必要がある。

【0066】

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を内視鏡挿入部19内に設けていたが、ここでは、図18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。

【0067】

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19に示すように、前述と同様の光ファイバ41A、41Bが、処置具79の外周側で互いに直交する方向に配置されている。

【0068】

各光ファイバ41A、41Bは、前述の図10、図17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。

【0069】

また、図20に示すように、光ファイバ41A、41Bとしては、コアを楕円形状としてファイバ軸方向に垂直な面内における直交二軸方向(XY方向)で複屈折率差を付与するようにした光ファイバ(図4参照)以外にも、所謂、パンダファイバも使用することが可能である。パンダファイバ41C、41Dは、コア85の両側のクラッド83に応力付与部87を配置したものであり、応力付与部87に発生する応力によってコア85にX方向引張り応力及びY方向圧縮応力を作用させ、光弾性効果によりXY方向の複屈折率差を誘起させている。

【0070】

このようなパンダファイバ41C、41Dは、超音波ドリルでクラッド83に明けた孔に、クラッド83より熱膨張係数が大きなガラスを挿入して線引き母材とし、線引き後のファイバの冷却過程において、クラッド83と比較して大きな熱膨張係数を有する応力付与部87に引張り歪が生じることでコア85に応力を印加する。

【0071】

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から戻り来た回折戻り光を検出する際に、FGBからの回折戻り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

10

20

30

40

50

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 F B G からの回折戻り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。更に、光ファイバ内の各 F B G 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。

【 0 0 7 2 】

また、内視鏡挿入部 19 に挿通する光ファイバは、断面上で中心に対して互いに直交する方向に配置された 2 本の構成に限らず、更に多数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。

【 0 0 7 3 】

また、光ファイバ内の F B G 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 F B G 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鏡先端部 35 の状態を正確に把握することができる。

【 0 0 7 4 】

なお、F B G からの回折戻り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。

【 0 0 7 5 】

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。

【 0 0 7 6 】

以上の通り、本明細書には次の事項が開示されている。

(1) 回折格子を有する少なくとも 2 本の光ファイバをそれぞれ内視鏡挿入部の長手方向に沿った異なる位置に配設し、前記内視鏡挿入部の変形により前記各光ファイバに生じる歪みを前記回折格子の回折光から求めることで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であって、

前記各光ファイバが、互いに回折格子周期の異なる第 1 ファイバブラッググレーティング及び第 2 ファイバブラッググレーティングが相互に重なり合って形成された回折格子対を、ファイバ軸に沿った複数位置にそれぞれ離散配置し、前記ファイバ軸方向に垂直な面内における直交二軸方向で複屈折率差を有するものであり、

前記回折格子対の各回折格子周期に対応した波長を含む入射光を前記光ファイバにそれぞれ導入する光源部と、

前記各光ファイバに導入した入射光が前記回折格子対で回折して戻り来る回折戻り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各光ファイバの回折戻り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部と、

前記光シャッタを開閉駆動して、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戻り光を前記光検出部により選択的に検出させる光シャッタ駆動部と、

前記入射光が前記第 1 ファイバブラッググレーティングにより前記複屈折率差に応じた互いに異なる波長で回折する第 1 の回折戻り光及び第 2 の回折戻り光、前記入射光が前記第 2 ファイバブラッググレーティングにより前記複屈折率差に応じた互いに異なる波長で回折する第 3 の回折戻り光及び第 4 の回折戻り光、を含む各波長情報に基づいて、前記各回折格子対に作用する前記直交二軸方向及びファイバ軸方向の歪量を前記各光ファイバそれぞれに対して求め、前記各光ファイバの前記回折格子対の位置と前記各方向の歪量との関係から前記内視鏡挿入部の形状を検出する演算処理部と、
を備え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、複数種の波長の入射光を光ファイバに順次導入して

10

20

30

40

50

、ファイバブラッググレーティングから戻り来る回折戻り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。

【 0 0 7 7 】

(2) (1) の内視鏡形状検出装置であって、

前記光源部が、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中心回折波長と、該中心回折波長前後の他の波長との複数種の狭帯域波長のパルス光を、それぞれ異なるタイミングで前記光ファイバに順次導入し、

前記光シャッタ駆動部が、前記光源部により前記光ファイバへ前記パルス光を導入するタイミングに合わせて前記光シャッタ部を開状態とする開閉駆動を行い、

前記光検出部が、前記光シャッタ駆動部の光シャッタ駆動タイミングに同期して前記回折戻り光を選択的に検出し、

前記演算処理部が、前記検出された回折戻り光に対応する前記パルス光の波長と、前記中心回折波長との差分から前記回折格子対に作用する歪量を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、それぞれ戻り来る回折戻り光に同期して光シャッタを開き回折戻り光を検出するので、複数回の検出のうちいずれかの回で回折戻り光が検出でき、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から回折格子対に作用する歪量を求めることができる。

【 0 0 7 8 】

(3) (1) 又は (2) の内視鏡形状検出装置であって、

前記シャッタ駆動部が、前記光源部から光出射させてから、該出射された光が歪量の検出対象となる前記いずれかのファイバブラッググレーティングに到達して、該ファイバブラッググレーティングからの回折戻り光が前記光シャッタに到達するまでの経過時間に応じて前記光シャッタを開状態から閉状態に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、ファイバブラッググレーティングからの回折戻り光の戻りタイミングに合わせて光シャッタを開くことで、それぞれ異なる位置に配置された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、回折戻り光を選択的に取り出すことができる。

【 0 0 7 9 】

(4) (1) ~ (3) のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記第 1 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を a_x 、

前記第 2 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を a_y 、

前記第 3 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を b_x 、

前記第 4 の回折戻り光の波長の無歪み状態からの変化分を b_y 、

環境温度の変化分を T 、

前記直交二軸方向である x 方向、 y 方向及び前記ファイバ軸方向である z 方向の歪変化量を x 、 y 、 z 、

マトリクス係数を K_{ij} とするとき、

前記演算処理部が前記歪量を次式から求める内視鏡形状検出装置。

【 0 0 8 0 】

【数 2】

$$\Delta\lambda_{ax} = K_{11}\Delta\varepsilon_x + K_{21}\Delta\varepsilon_y + K_{31}\Delta\varepsilon_z + K_{41}\Delta T$$

$$\Delta\lambda_{ay} = K_{12}\Delta\varepsilon_x + K_{22}\Delta\varepsilon_y + K_{32}\Delta\varepsilon_z + K_{42}\Delta T$$

$$\Delta\lambda_{bx} = K_{13}\Delta\varepsilon_x + K_{23}\Delta\varepsilon_y + K_{33}\Delta\varepsilon_z + K_{43}\Delta T$$

$$\Delta\lambda_{by} = K_{14}\Delta\varepsilon_x + K_{24}\Delta\varepsilon_y + K_{34}\Delta\varepsilon_z + K_{44}\Delta T$$

【0081】

10

この内視鏡形状検出装置によれば、同一位置に配設した2つのファイバブラッググレーティングのそれぞれからそれぞれ戻り来る各2つ、合計4つの回折戻り光の波長の変化分から、ファイバブラッググレーティングが配置された位置の歪量を求めることができる。

【0082】

(5) (1)～(4)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。

20

【0083】

(6) (1)～(4)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、前記各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。

【0084】

(7) (1)～(5)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記各光ファイバから分岐される前記光路分岐部が合流された先に、前記光シャッタと前記光検出部が共通に設けられた内視鏡形状検出装置。

30

この内視鏡形状検出装置によれば、光シャッタと光検出部が1系統のみ配置するだけで済み、構成が簡略化でき、制御も簡単となる。

【0085】

(8) (1)～(7)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互いに直交する直径方向のそれぞれ外周側に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。

【0086】

40

(9) (1)～(8)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記回折格子対の配置密度が、前記内視鏡挿入部の全長に亘って均等に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、歪量を内視鏡挿入部の全長に亘って均等に検出できる。

【0087】

(10) (1)～(8)のいずれかの内視鏡形状検出装置であって、

前記回折格子対の配置密度が、前記内視鏡挿入部の体腔内への挿入側ほど高く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、内視鏡挿入部の体腔内への挿入側の歪量を精度よく

50

検出することができる。

【 0 0 8 8 】

(1 1) (1) ~ (1 0) 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設されるときともに、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の異なる位置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。

【 0 0 8 9 】

(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、

(1) ~ (1 1) 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 】

【 0 0 9 0 】

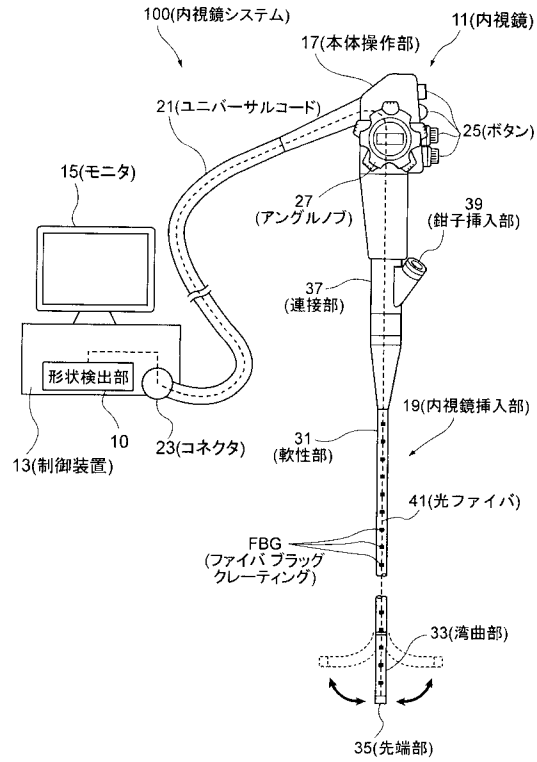
- 1 0 形状検出部 (内視鏡形状検出装置)
- 1 1 内視鏡
- 1 3 制御装置
- 1 5 表示部
- 1 9 内視鏡挿入部
- 3 5 内視鏡先端部
- 4 1 , 4 1 A , 4 1 B 光ファイバ
- 4 9 光源部
- 5 1 制御部 (演算処理部)
- 5 5 ビームスプリッタ (光路分離部)
- 5 7 光シャッタ (光シャッタ部、電気光学シャッタ)
- 5 9 光検出部
- 6 3 駆動回路 (光シャッタ駆動部)
- 7 7 鉗子孔
- 7 9 処置具
- 1 0 0 内視鏡システム
- F B G ファイバブラッググレーティング
- a , b 回折格子周期

10

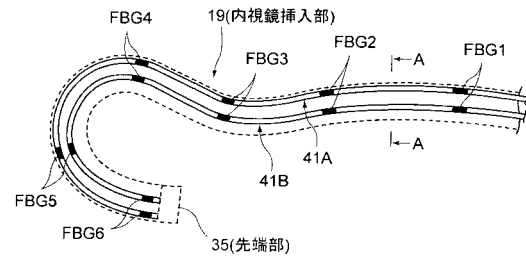
20

30

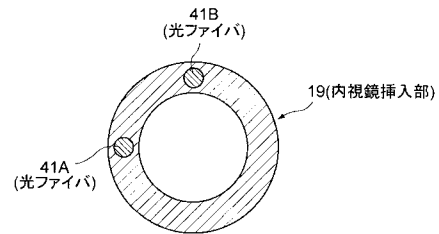
【図 1】



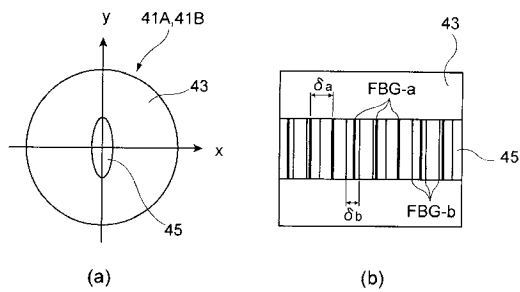
【図 2】



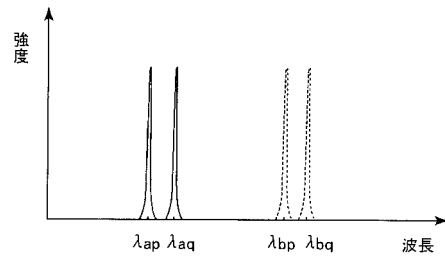
【図 3】



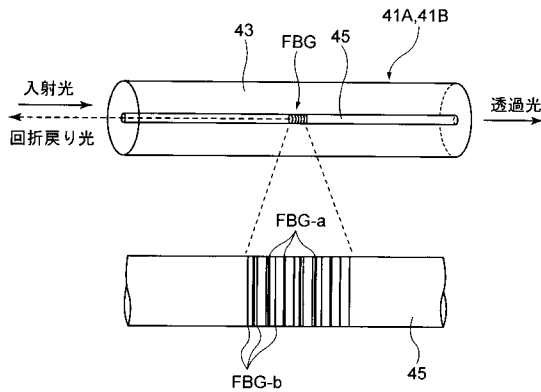
【図 4】



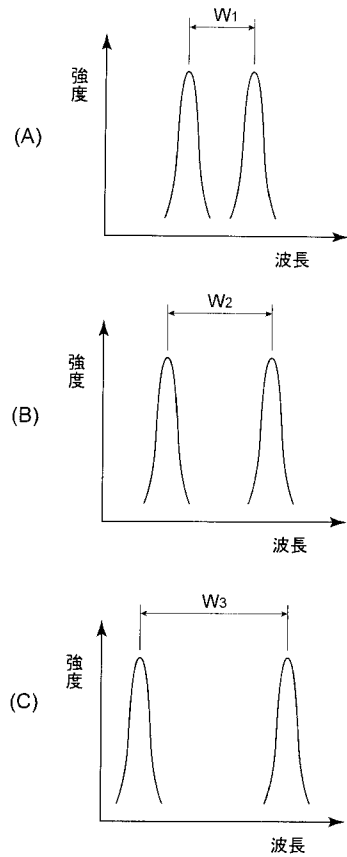
【図 6】



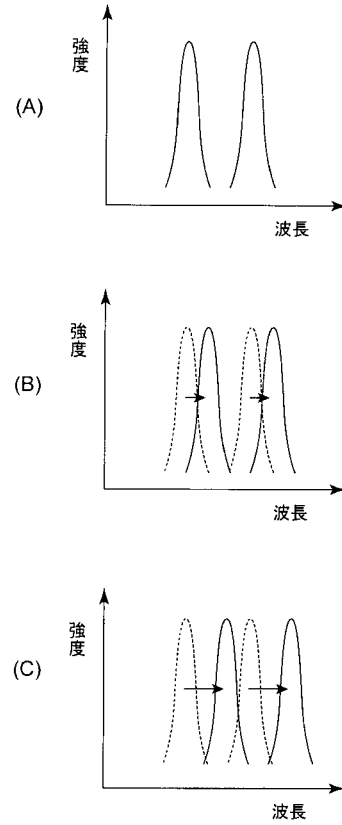
【図 5】



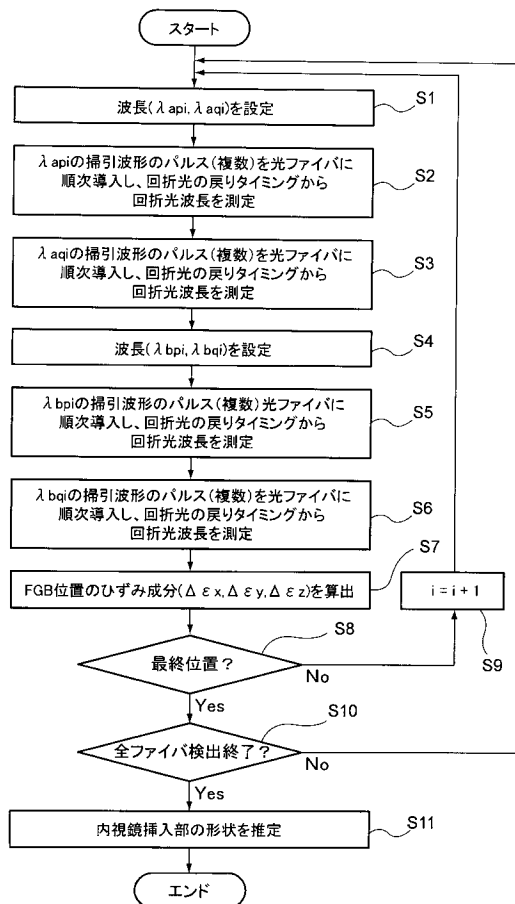
【図 7】



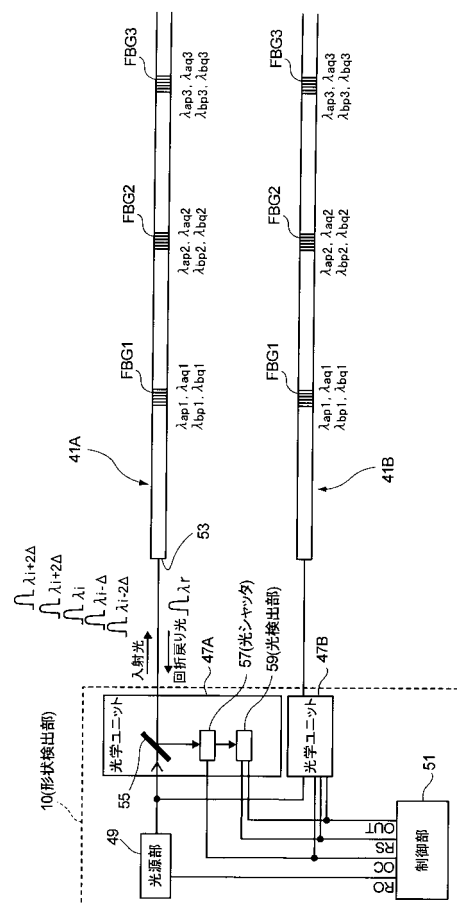
【図 8】



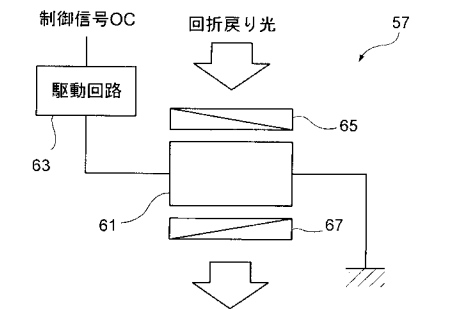
【図 9】



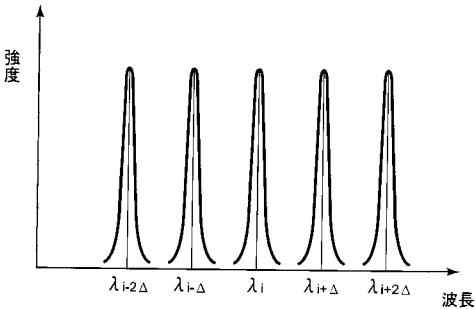
【図 10】



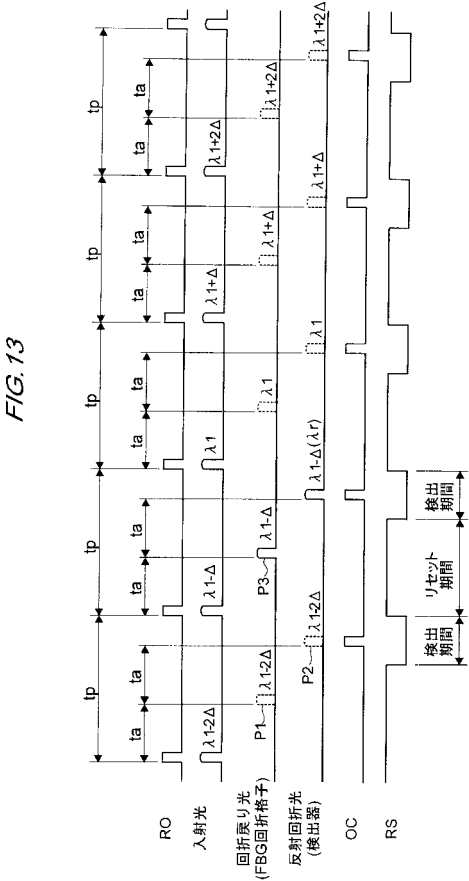
【 図 1 1 】



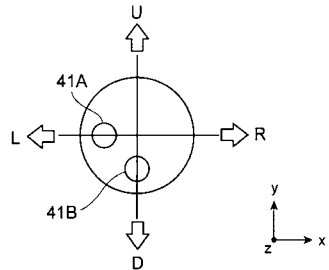
【 図 1 2 】



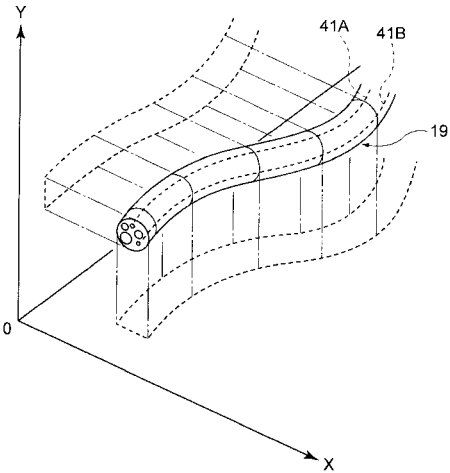
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



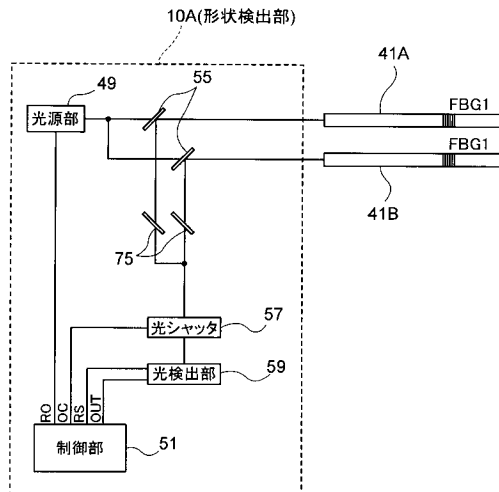
【 図 1 6 】



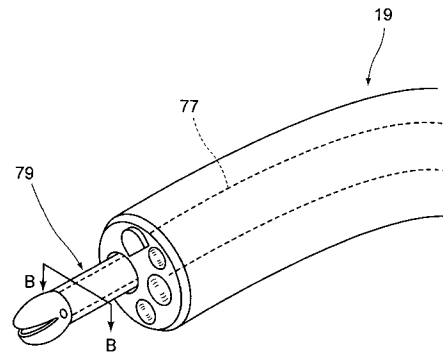
【 図 1 5 】

曲げ方向	U	D	L	R
歪の状態	$\Delta E_{ya} < \Delta E_{yb}$ (+)	$\Delta E_{ya} > \Delta E_{yb}$ (-)	$\Delta E_{ya} < \Delta E_{yb}$ (-)	$\Delta E_{ya} > \Delta E_{yb}$ (+)
伸び (+) 縮み (-)	$\Delta E_{za} < \Delta E_{zb}$ (+)	$\Delta E_{za} > \Delta E_{zb}$ (-)	$\Delta E_{za} < \Delta E_{zb}$ (-)	$\Delta E_{za} > \Delta E_{zb}$ (+)

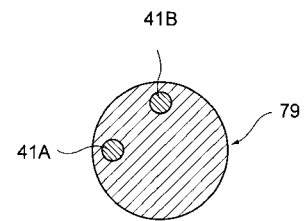
【図 17】



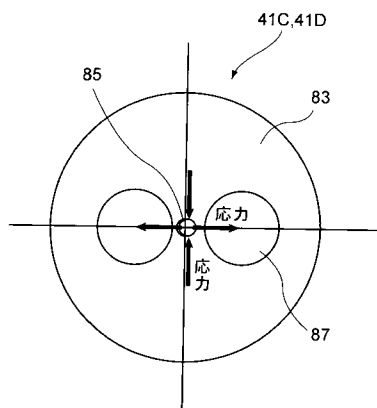
【図 18】



【図 19】



【図 20】



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	JP2011200341A	公开(公告)日	2011-10-13
申请号	JP2010068966	申请日	2010-03-24
[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	飯田 倫之		
发明人	飯田 倫之		
IPC分类号	A61B1/00 G02B23/24		
FI分类号	A61B1/00.320.Z G02B23/24.A G02B23/24.B A61B1/00.552 A61B1/01 A61B1/045.610 A61B1/06.611		
F-TERM分类号	2H040/BA21 2H040/BA23 2H040/CA04 2H040/DA17 2H040/DA51 2H040/GA02 4C061/AA03 4C061/FF21 4C161/AA03 4C161/FF21 4C161/HH55		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供内窥镜形状检测器，确保检测通过内窥镜插入部分插入的光纤中产生的应变，而不用光谱仪进行光谱测定，其成本适合于小型化和精确检测内窥镜插入部分的形状。简单的程序。解决方案：内窥镜形状检测器包括：光纤41A，41B，形成多个FBG1；光源部分49将入射光引入光纤41A，41B；光路分离部分55取出衍射返回光，该衍射返回光是由各个FBG衍射并返回的入射光；光检测部分59检测取出的衍射返回光；光闸57设置在光路分离部分55和光检测部分59之间；控制部分51与衍射返回光到达光检测部分59的定时同步打开光闸57，选择性地检测来自指定FBG的衍射返回光，根据波长筛选获得各个FBG的应变量相对于检测到的返回光的基准入射光的量，并基于应变量检测内窥镜插入部分19的形状。

