

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5185773号  
(P5185773)

(45) 発行日 平成25年4月17日(2013.4.17)

(24) 登録日 平成25年1月25日(2013.1.25)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO1B</b>	<b>11/24</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO1B</b>	<b>11/24</b>	<b>D</b>
<b>A61B</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>A61B</b>	<b>1/00</b>	<b>320Z</b>
<b>GO1D</b>	<b>5/26</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO1D</b>	<b>5/26</b>	<b>D</b>

請求項の数 3 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-277085 (P2008-277085)  
 (22) 出願日 平成20年10月28日(2008.10.28)  
 (65) 公開番号 特開2010-107239 (P2010-107239A)  
 (43) 公開日 平成22年5月13日(2010.5.13)  
 審査請求日 平成23年3月24日(2011.3.24)

(73) 特許権者 304050923  
 オリンパスメディカルシステムズ株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号  
 (74) 代理人 100076233  
 弁理士 伊藤 進  
 (72) 発明者 平川 克己  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパスメディカルシステムズ株式会社内  
 審査官 森次 顕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

異なる特定の同一波長の光を、それぞれ異なる反射率で反射し、反射光の強度により区別可能な複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が形成された第1の光ファイバセンサと、前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が前記第1の光ファイバセンサと同じ位置に形成された第2の光ファイバセンサと、前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が前記第1の光ファイバセンサと同じ位置に形成された第3の光ファイバセンサと、を有するプローブと、

前記第1の光ファイバセンサ、前記第2の光ファイバセンサおよび前記第3の光ファイバセンサに広帯域光を供給する光源と、

前記第1の光ファイバセンサ、前記第2の光ファイバセンサおよび前記第3の光ファイバセンサからの前記反射光の波長および強度を検出する検出手段と、

前記検出手段が検出した前記反射光の強度から、前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部の位置を算出するとともに、前記検出手段が検出した前記反射光の波長からシフト量を算出し、前記シフト量をもとに前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部の変形量を算出し、前記プローブが配設された挿入体の形状を算出する算出手段と、を有することを特徴とする形状測定装置。

【請求項2】

前記挿入体が、被検体の内部に挿入する医療器具であることを特徴とする請求項1に記載の形状測定装置。

**【請求項 3】**

前記挿入体が、内視鏡の挿入部であることを特徴とする請求項 2 に記載の形状測定装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、光ファイバブラッググレーティングセンサ部が形成された光ファイバセンサを有する形状測定装置に関し、特に 3 本以上の光ファイバセンサを有し、3 次元形状を測定する形状測定装置に関する。

**【背景技術】**

10

**【0002】**

光ファイバブラッググレーティング (Fiber Bragg Grating: 以下、「FBG」という。)センサは、光ファイバのコア部に屈折率が変化するグレーティング部を形成したものであり、入射光に対してグレーティング部で所定波長の光を反射する。この特定の波長を、ブラッグ (Bragg) 波長という。そして、FBG センサは、グレーティング部の長手方向に伸び縮みがあると反射光の波長がブラッグ波長から変化するという特性を有している。このため、FBG センサは、温度計測、または歪計測等に利用されている。

**【0003】**

そして、異なるブラッグ波長を有する複数の FBG センサ部を 1 本の光ファイバに形成した波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 方式の光ファイバセンサでは、広帯域光源から供給され FBG センサ部で反射された光の波長変化量を測定することにより、光ファイバのどの位置に形成された FBG センサ部がどの程度変形したかを検出することができる。このため、WDM 方式の光ファイバセンサは、例えば、細長い被測定体の歪み測定装置として利用されている。

20

**【0004】**

さらに、特表 2003 - 515104 号公報および特開 2004 - 251779 号公報には、3 次元形状を測定するために、3 本以上の光ファイバセンサを用いた形状測定装置が開示されている。すなわち、3 次元形状を測定するためには、それぞれの測定箇所の変形を 3 個の FBG センサ部により測定する必要がある。

**【特許文献 1】** 特表 2003 - 515104 号公報

30

**【特許文献 2】** 特開 2004 - 251779 号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

光ファイバセンサに用いることのできる光の波長の範囲、すなわち、波長帯域は、使用する広帯域光源の仕様により制限がある。例えば、工業的に広く使用されている C バンドと呼ばれるレーザ光源の帯域は例えば 1530 nm から 1565 nm の 35 nm である。一方、FBG センサ部の変位による反射光の波長変化量はブラッグ波長に対して ±2 nm 程度である。(35 nm / 4 nm = 8.75) であるため、計算上は、1 本の光ファイバに 8 個の異なるブラッグ波長を有する FBG センサ部を形成しても、どの FBG センサ部からの反射光かを確認可能である。しかし、実際には、反射光の波長変化量のばらつき等のため、波長帯域 35 nm の光源を用いた場合に、1 本の光ファイバに形成できる FBG センサ部は、4 個または 5 個に限定されている。

40

**【0006】**

このため、波長分割多重方式の光ファイバセンサでは、多くの測定箇所を測定するためには、複数本の光ファイバセンサを用いる必要があった。

**【0007】**

特に、3 次元形状を計測する光ファイバセンサを用いた形状測定装置の場合には、前述したように、それぞれの測定箇所にも最低 3 個の FBG センサ部を形成する必要がある。このため、3 次元形状計測形状測定装置は、特に、多くの光ファイバセンサを用いる必要が

50

あり、センサ全体の径が太くなってしまうことが問題であった。

【0008】

本発明の形状測定装置は、1本の光ファイバセンサで多くの測定箇所を測定することができるため、センサ全体の細径化を実現できる。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成すべく、本発明の形状測定装置は、異なる特定の同一波長の光を、それぞれ異なる反射率で反射し、反射光の強度により区別可能な複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が形成された第1の光ファイバセンサと、前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が前記第1の光ファイバセンサと同じ位置に形成された第2の光ファイバセンサと、前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が前記第1の光ファイバセンサと同じ位置に形成された第3の光ファイバセンサと、を有するプローブと、前記第1の光ファイバセンサ、前記第2の光ファイバセンサおよび前記第3の光ファイバセンサに広帯域光を供給する光源と、前記第1の光ファイバセンサ、前記第2の光ファイバセンサおよび前記第3の光ファイバセンサからの前記反射光の波長および強度を検出する検出手段と、前記検出手段が検出した前記反射光の強度から、前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部の位置を算出するとともに、前記検出手段が検出した前記反射光の波長からシフト量を算出し、前記シフト量をもとに前記複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部の変形量を算出し、前記プローブが配設された挿入体の形状を算出する算出手段と、を有する。

【発明の効果】

【0010】

本発明は、1本の光ファイバで多くの測定箇所を測定することができる光ファイバセンサを有し、センサ全体の細径化を実現した形状測定装置を提供するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

<第1の実施の形態>

以下、図面を参照して本発明の第1の実施の形態の形状測定装置1について説明する。

図1は、本実施の形態の形状測定装置を使用している状態を説明するための説明図であり、図2は、本実施の形態の形状測定装置の説明図であり、図3は本実施の形態の光ファイバセンサの構成を示す構成図であり、図3(B)は図3(A)のI I I B - I I I B線の断面図である。図4は本実施の形態の形状測定装置の構成図であり、図5および図6は本実施の形態の形状測定装置のF B Gセンサ部の構造を説明するための構造図である。

図1に示した第1の実施の形態の形状測定装置1は、内視鏡システム10の挿入部12の形状を測定するためのものである。内視鏡システム10は、被検体である被検者11の内部に挿入し観察または処置を行う医療器具である細長い挿入体である内視鏡の挿入部12と、挿入部12を操作するための操作部13と、内視鏡システム10の制御および画像処理等を行う本体部15と、内視鏡画像を表示するモニタ14とを有している。形状測定装置1の光ファイバセンサ2は、挿入部12の内部を挿通するチャンネルの操作部13側の開口である処置具孔から、チャンネル内に挿通され、挿入部12と同じ形状に変形するように配設されている。形状測定装置1の表示手段は内視鏡システム10のモニタ14が兼用しており、内視鏡画像と同じ画面上に、挿入部12の形状を表示できる。

【0012】

そして、図2に示すように、形状測定装置1は、光ファイバセンサ2と、本体部15内に配設された光源6と、検出部8と、形状算出処理を行う算出手段である算出部9Aと、形状測定装置1の全体の制御を行う制御部9Bを有している。図3に示すように、光ファイバセンサ2は、3本の光ファイバセンサ2A、2B、2Cが、金属ワイヤ2Mの周囲に樹脂2Pを介して束ねられたファイバアレイからなるプローブであり可撓性を有している。そして、図2に示すように、それぞれの光ファイバセンサ2A、2B、2Cには、長手

方向の同じ位置にそれぞれ F B G センサ部 3 が形成されている。すなわち、光ファイバセンサ 2 では、3 個の F B G センサ部 3 が同じ位置にあるため、その 3 個の F B G センサ部 3 の配設されている挿入部 1 2 の部分の 3 軸方向の変位を計測することができる。

#### 【 0 0 1 3 】

次に図 4 は、本実施の形態の形状測定装置 1 の動作を説明するために、1 本の光ファイバセンサ 2 A についてのみ F B G センサ部 3 を示している。すなわち、光ファイバセンサ 2 A は、10 箇所 F B G センサ部 3 A 1 から 3 B 5、が 1 本の光ファイバ 4 に配設されている波長分割多重方式用の光ファイバセンサである。そして、形状測定装置 1 は、3 本の光ファイバセンサ 2 A から 2 C と、光ファイバセンサ 2 A から 2 C に広帯域レーザ光を供給する光源 6 と、サーキュレータ 7 と、光ファイバセンサ 2 A から 2 C からの反射光の波長および強度を検出する検出手段であるスペクトルアナライザ等の検出部 8 と、検出手段の検出結果である反射光の波長および強度から光ファイバブラッググレーティングセンサ部 3 の変形量および光ファイバセンサ 2 の形状を算出する算出手段である算出部 9 A と、制御部 9 B とを有している。制御部 9 B は形状測定装置 1 全体の制御を行う。光ファイバセンサ 2 A の末端部には終端部 4 B を配設し、光の反射および外部に光が漏れることを防止している。

10

#### 【 0 0 1 4 】

そして、光ファイバセンサ 2 A の F B G センサ部 3 A 1 から 3 A 4 の反射率は 70% であり、F B G センサ部 3 B 1 から 3 B 5 の反射率は 99% である。以下、F B G センサ部 3 A 1 から 3 A 5 の、それぞれを F B G センサ部 3 A といい、F B G センサ部 3 B 1 から 3 B 5 の、それぞれを F B G センサ部 3 B といい、F B G センサ部 3 A 1 から 3 B 5 の、それぞれを F B G センサ部 3 という。F B G センサ部 3 の反射率は、グレーティングの本数により調整可能であり、グレーティングの本数が多いほど高反射率となる。

20

#### 【 0 0 1 5 】

光ファイバセンサ 2 A には特定の同一波長であるブラッグ波長 B の光を、それぞれ異なる反射率で反射する複数の F B G センサ部が形成されている。ブラッグ波長 B については後に詳述する。F B G センサ部 3 A 1 と F B G センサ部 3 B 1、F B G センサ部 3 A 2 と F B G センサ部 3 B 2、F B G センサ部 3 A 3 と F B G センサ部 3 B 3、F B G センサ部 3 A 4 と F B G センサ部 3 B 4、および F B G センサ部 3 A 5 と F B G センサ部 3 B 5 の、F B G センサ部 3 A と 3 B のそれぞれのペアは、ペアのそれぞれが特定の同一波長の光を、それぞれ異なる反射率で反射する。そして、F B G センサ部 3 A 1 と F B G センサ部 3 B 1、F B G センサ部 3 A 2 と F B G センサ部 3 B 2、F B G センサ部 3 A 3 と F B G センサ部 3 B 3、F B G センサ部 3 A 4 と F B G センサ部 3 B 4、および F B G センサ部 3 A 5 と F B G センサ部 3 B 5 のそれぞれのペアは、互いに他のペアとは異なる特定の同一波長の光を反射する F B G センサ部ペアである。

30

#### 【 0 0 1 6 】

光源 6 は、光ファイバセンサ 2 を構成する光ファイバセンサ 2 A から 2 C に、図示しない光スイッチとサーキュレータ 7 により、順に、所定の帯域を有するレーザ光を供給する。光ファイバセンサ 2 に供給された光のうち、F B G センサ部 3 で反射された光は、サーキュレータ 7 を介して、反射光の波長および光強度を検出する検出部である検出部 8 に供給され、ブラッグ波長 B からのシフト量および光強度の測定が行われる。そして、算出部 9 は反射光の波長シフト量および強度から F B G センサ部 3 の変形量を算出し、光ファイバセンサ 2 の形状、すなわち、光ファイバセンサ 2 が配設された挿入部 1 2 の 3 次元形状を算出し、モニタ 1 4 に表示する。なお、光ファイバセンサ 2 の挿入部 1 2 への配設は、挿入部 1 2 の形状と光ファイバセンサ 2 の形状とが実用上問題のない程度に一致すれば、ゆるやかな固定であっても差し支えない。

40

#### 【 0 0 1 7 】

ここで、図 5 を用いて F B G センサの動作原理について説明する。図 5 に示すように、F B G センサ部 3 は、光ファイバ 4 の所定の長さ（例えば 5 mm）にわたってコア部 4 A の屈折率が周期的に変化している回折格子（グレーティング）である。ゲルマニウムをド

50

ープしたコア部 4 A にマスクを介して紫外線を照射することでフォトリソグラフィ効果によりわずかに屈折率が増加する。これを利用して軸方向に周期的に屈折率の高い部分（格子）を形成させたものが F B G センサ部 3 である。なお、図 5 等における、グレーティングの本数およびコア部軸方向に対するグレーティング幅は、構造を理解しやすいように簡略化して図示している。

【 0 0 1 8 】

そして、図 6 に示すように、F B G センサ部 3 は、回折格子の間隔  $d$ 、言い換えれば、周期に応じて、入射光のうち、以下の（式 1）で示す所定波長であるブラッグ波長  $B$  の光のみを反射する。

$$B = 2 \times n \times d \quad (\text{式 1})$$

ここで、 $n$  はコア部 4 A の実効屈折率である。例えば、コア部 4 A の実効屈折率  $n$  が 1.45、ブラッグ波長  $B$  が 1550 nm の場合には、回折格子の間隔  $d$  は 0.53  $\mu\text{m}$  程度になる。

【 0 0 1 9 】

図 6 (A) は、入射光の波長に対する光の強度を示した図であり、入射光は所定の波長の幅、すなわち、帯域を有する。そして、図 6 (B) は F B G センサ部 3 により反射された反射光の波長に対する光の強度を示した図であり、反射光はブラッグ波長  $B$  の光である。図 6 (C) は F B G センサ部 3 を通過した入射光の波長に対する光の強度を示した図であり、透過光には F B G センサ部 3 で反射したブラッグ波長  $B$  成分が含まれていない。

【 0 0 2 0 】

そして、上記の（式 2）から明らかなように、F B G センサ部 3 が伸びると、回折格子の間隔  $d$  も大きくなるため、ブラッグ波長  $B$  は長波長側に移動する。逆に、F B G センサ部 3 が縮むと、回折格子の間隔  $d$  も小さくなるため、ブラッグ波長  $B$  は短波長側に移動する。このため、F B G センサ部 3 は、温度、または外力を検出するセンサとして用いることができ、本実施の形態では、光ファイバセンサ 2 のたわみ量、すなわち、軸方向への曲がり変形量を検出する。

【 0 0 2 1 】

ここで、図 7 は本実施の形態の形状測定装置 1 の光ファイバセンサ 2 の F B G センサ部における光の反射を説明するための図である。図 7 に示すように、形状測定装置 1 の光ファイバセンサ 2 は同一のブラッグ波長  $B$  の光を反射し反射率が異なる複数の F B G センサ部 3 A と 3 B とを有する。また、本実施の形態の形状測定装置 1 は、反射光のシフト量だけでなく、反射光の光強度も検出する検出手段である検出部 8 を有している。

【 0 0 2 2 】

図 7 (A) に示すように、光源 6 は F B G センサ部 3 A と 3 B のブラッグ波長  $B$  を含む光を供給する。そして、図 7 (B) に示すように、F B G センサ部 3 A は、ブラッグ波長  $B$  の光のうちの 70% である反射光 P A を反射する、反射率 70% の F B G センサ部である。すなわち、図 7 (C) に示すように、F B G センサ部 3 A を通過した光は、ブラッグ波長  $B$  の光のうち、70% が失われている。そして、図 7 (D) に示すように、F B G センサ部 3 B は、ブラッグ波長  $B$  の光の 99% を反射する反射率 99% の F B G センサ部である。しかし、F B G センサ部 3 A において 70% の光は既に反射されているので、F B G センサ部 3 B では残った 30% の光の 99%、すなわち約 30% の光を反射光 P B として反射する。図 7 (E) は F B G センサ部 3 A および 3 B を通過した光を示しているが、ブラッグ波長  $B$  の成分が含まれていない。そして、図 7 (F) は F B G センサ部 3 A および 3 B により反射された光を示しており、F B G センサ部 3 A での反射光 P A と F B G センサ部 3 B での反射光 P B とが重畳された、ブラッグ波長  $B$  の光の強度 100% の反射光である。

【 0 0 2 3 】

F B G センサ部 3 A と F B G センサ部 3 B とは、光ファイバセンサ 2 の異なる位置に形成されているため、光ファイバセンサ 2 が配設された挿入部 1 2 の変形により、異なる変

10

20

30

40

50

形を受けることがある。すなわち、それぞれの F B G センサ部 3 A と F B G センサ部 3 B とには独立して、伸縮変形が発生する。このため、反射光の波長に対する強度変化は大きく分けて 9 通りある。

【 0 0 2 4 】

図 8 は、同一のブラッグ波長 B を有し反射率が異なる F B G センサ部 3 A および 3 B による反射光のスペクトルを示した図である。すなわち、図 8 ( A ) に示すように、いずれの F B G センサ部にも変形が生じていない場合には、図 7 で説明したようにブラッグ波長 B に強度 1 0 0 % の反射光のピークが生じる。

【 0 0 2 5 】

これに対して、図 8 ( B ) は F B G センサ部 3 A が無変形、F B G センサ部 3 B が収縮した場合、図 8 ( C ) は F B G センサ部 3 A が無変形、F B G センサ部 3 B が伸張した場合を示している。いずれの場合もブラッグ波長 B に F B G センサ部 3 A による強度 7 0 % の反射光 P A のピークがあり、ブラッグ波長 B の長波長側または短波長側に F B G センサ部 3 B による強度 3 0 % の反射光 P B のピークがある。

10

【 0 0 2 6 】

また、図 8 ( D ) は F B G センサ部 3 A が伸張、F B G センサ部 3 B が無変形の場合、図 8 ( G ) は F B G センサ部 3 A が収縮、F B G センサ部 3 B が無変形の場合を示している。いずれの場合もブラッグ波長 B に F B G センサ部 3 B による強度 3 0 % の反射光 P B のピークがあり、ブラッグ波長 B の長波長側または短波長側に F B G センサ部 3 A による強度 7 0 % の反射光 P A のピークがある。

20

【 0 0 2 7 】

そして、図 8 ( E ) は F B G センサ部 3 A、および、F B G センサ部 3 B が共に伸張の場合、図 8 ( I ) は共に収縮の場合を示している。いずれの場合もブラッグ波長 B の長波長側または短波長側に F B G センサ部 3 A による強度 7 0 % の反射光 P A のピークおよび F B G センサ部 3 B による強度 3 0 % の反射光 P B のピークがある。

【 0 0 2 8 】

さらに、図 8 ( F ) は F B G センサ部 3 A が伸張し、F B G センサ部 3 B が収縮の場合、図 8 ( H ) は反対に F B G センサ部 3 A が収縮し、F B G センサ部 3 B が伸張の場合を示している。いずれの場合もブラッグ波長 B の長波長側と短波長側に分かれて、F B G センサ部 3 A による強度 7 0 % の反射光 P A のピークと、F B G センサ部 3 B による強度 3 0 % の反射光 P B のピークとがある。

30

【 0 0 2 9 】

本実施の形態の形状測定装置 1 は、波長分割多重方式の光ファイバセンサでありながら、反射光のブラッグ波長 B からのシフト量だけでなく、反射光の強度も検出する検出手段である検出部 8 を有しているため、図 8 に示した 9 種類の区別および、それぞれの F B G センサ部 3 の変形量を測定することができる。すなわち、同一のブラッグ波長 B を有する F B G センサ部 3 であっても、独立して変形量を測定することができる。

【 0 0 3 0 】

なお、図 8 ( I ) に示すように、反射光 P A と反射光 P B との中央波長が近接している場合には、ピークが重なってしなうこともある。しかし、検出部 8 は公知の波形分離法により 2 つのピークを分離する。

40

【 0 0 3 1 】

次に図 9 および図 1 0 を用いて、本実施の形態の形状測定装置 1 における F B G センサ部 3 A、および F B G センサ部 3 B の変形形態の検出方法について説明する。図 9 および図 1 0 は、本実施の形態の形状測定装置における同一のブラッグ波長 B を有し異なる反射率を有する 2 つの F B G センサ部の変形形態の検出方法の処理の流れを示したフローチャートである。なお、図 9 および図 1 0 における図中の ( A ) から ( I ) の表示は、図 8 と対応している。

【 0 0 3 2 】

以下、図 9 および図 1 0 のフローチャートに従って説明する。

50

## &lt;ステップS 1 1 &gt;

最初に、反射光のブラッグ波長 B にピークがあるか否かが検出される。ピークがあった場合 ( Y e s ) には、F B G センサ部 3 A または F B G センサ部 3 B の少なくともいずれかが変形している。ピークがなかった場合 ( N o ) には、F B G センサ部 3 A および F B G センサ部 3 B が共に変形しているため、図 1 0 の処理が行われる。

## 【 0 0 3 3 】

## &lt;ステップS 1 2、S 1 3 &gt;

ブラッグ波長 B のピーク強度が 1 0 0 % の場合 ( Y e s ) には、ステップ S 1 3 において、F B G センサ部 3 A および F B G センサ部 3 B が共に無変形と判断される。

## 【 0 0 3 4 】

## &lt;ステップS 1 4 &gt;

ブラッグ波長 B のピーク強度が 7 0 % の場合 ( Y e s ) には、F B G センサ部 3 A が無変形と判断され、7 0 % でない場合 ( N o ) には、F B G センサ部 3 B が無変形と判断される。

## 【 0 0 3 5 】

## &lt;ステップS 1 5 ~ S 1 7 &gt;

ピーク強度が 3 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側でない ( N o ) 、すなわち、長波長側にあった場合には、ステップ S 1 6 において F B G センサ部 3 B が収縮と判断される。これに対して、ピーク強度が 3 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側にあった ( Y e s ) 場合には、ステップ S 1 7 において F B G センサ部 3 B が伸張と判断される。

## 【 0 0 3 6 】

## &lt;ステップS 1 8 ~ S 1 9 &gt;

ピーク強度が 7 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側でない ( N o ) 、すなわち、長波長側にあった場合には、ステップ S 1 9 において F B G センサ部 3 A が収縮と判断される。これに対して、ピーク強度が 7 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側にあった ( Y e s ) 場合には、ステップ S 2 0 において F B G センサ部 3 A が伸張と判断される。

## 【 0 0 3 7 】

## &lt;ステップS 2 1 &gt;

ピーク強度が 7 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側にあった場合 ( Y e s ) には、F B G センサ部 3 A が収縮と判断され、短波長側でない ( N o ) 、すなわち、長波長側にあった場合には、F B G センサ部 3 A が伸張と判断される。

## 【 0 0 3 8 】

## &lt;ステップS 2 2 ~ S 2 4 &gt;

ピーク強度が 3 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側でない ( N o ) 、すなわち、長波長側にあった場合には、ステップ S 2 3 において F B G センサ部 3 B が収縮と判断される。これに対して、ピーク強度が 3 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側にあった ( Y e s ) 場合には、ステップ S 2 4 において F B G センサ部 3 B が伸張と判断される。

## 【 0 0 3 9 】

## &lt;ステップS 2 5 ~ S 2 7 &gt;

ピーク強度が 3 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側でない ( N o ) 、すなわち、長波長側にあった場合には、ステップ S 2 6 において F B G センサ部 3 B が収縮と判断される。これに対して、ピーク強度が 3 0 % のピークがブラッグ波長 B の短波長側にあった ( Y e s ) 場合には、ステップ S 2 7 において F B G センサ部 3 B が伸張と判断される。

## 【 0 0 4 0 】

以上の説明は説明を簡単にするために、特定の同一波長の光を、それぞれ異なる反射率で反射する 1 組の F B G センサ部 3 A および 3 B を例に説明した。図 4 に示したように、

10

20

30

40

50

光ファイバセンサ 2 A は、異なる特定の同一波長の光を反射する 5 組の F B G センサ部ペアから構成されている。すなわち、F B G センサ部 3 A 1 と F B G センサ部 3 B 1 のブラッグ波長は B 1 であり、F B G センサ部 3 A 2 と F B G センサ部 3 B 2 のブラッグ波長は B 2 であり、F B G センサ部 3 A 3 と F B G センサ部 3 B 3 のブラッグ波長は B 3 であり、F B G センサ部 3 A 4 と F B G センサ部 3 B 4 のブラッグ波長は B 4 であり、F B G センサ部 3 A 5 と F B G センサ部 3 B 5 のブラッグ波長は B 5 である。

【 0 0 4 1 】

図 1 1 は、光ファイバセンサ 2 A の入射光と反射光を示し、横軸は光の波長を縦軸は強度を示している。図 1 1 ( A ) は波長 B 1 から B 5 の範囲を含む広帯域レーザ光源である光源 6 からの入射光を示している。そして、図 1 1 ( B ) は反射光を示しており、それぞれのブラッグ波長の位置に強度 1 0 0 % のピークがあることから、1 0 個の F B G センサ部 3 A 1 から 3 B 5 の全てが無変形と判断される。これに対して、図 1 1 ( C ) では反射光は複雑化している。しかし、既に説明した方法により、1 0 個の F B G センサ部 3 A 1 から 3 B 5 の全ての変形状態を測定することができる。例えば、波長 B 1 の短波長側に P A 1 が、長波長側に P A 2 があることから、F B G センサ部 3 A 1 は収縮状態、F B G センサ部 3 B 1 は伸張状態と判断できる。同様に、F B G センサ部 3 A 2 は伸張、F B G センサ部 3 B 2 は伸張、F B G センサ部 3 A 3 は無変形、F B G センサ部 3 B 3 は収縮、F B G センサ部 3 A 4 と F B G センサ部 3 B 4 は無変形、F B G センサ部 3 A 5 は伸張、F B G センサ部 3 B 5 は収縮と判断できる。

【 0 0 4 2 】

このように、本実施の形態の形状測定装置 1 の波長分割多重方式の光ファイバセンサ 2 では、1 本の光ファイバに、従来の 2 倍の数の F B G センサ部 3 を形成しても、検出部 8 が反射光のシフト量と強度とを検出し、算出部 9 A が反射光のシフト量と強度とを基に F B G センサ部 3 の変形を算出するため、それぞれの F B G センサ部 3 の変形を独立して測定することができる。

【 0 0 4 3 】

そして、本実施の形態の形状測定装置 1 の光ファイバセンサ 2 は 3 本の光ファイバセンサ 2 A から 2 C を有し、それぞれの光ファイバセンサ 2 A から 2 C が同じ位置に F B G センサ部 3 を形成してあるため、それぞれの部分の 3 次元変形を積算することで 3 本の光ファイバセンサ 2 A から 2 C が配設された挿入部 1 2 の 3 次元形状を測定することができる。

【 0 0 4 4 】

以下、図 1 2、図 1 3 および図 1 4 を用いて、算出部 9 A が行う処理について説明する。図 1 2 は、本実施の形態の形状測定装置の光ファイバセンサにおける座標系を説明するための説明図であり、図 1 3 は本実施の形態の形状測定装置の算出部の処理を説明するための説明図であり、図 1 4 は本実施の形態の形状測定装置により算出される挿入部の 3 次元形状を説明するための説明図である。

【 0 0 4 5 】

図 1 2 に示すように、本実施の形態の形状測定装置 1 の 3 本の第 1 の光ファイバセンサ 2 A ~ 2 C に形成された F B G センサ部 3 は、軸方向に対して等間隔、例えば、2 c m 間隔、に形成され、3 本の第 1 の光ファイバセンサ 2 A ~ 2 C の、3 つの F B G センサ部 3 が軸方向に対して同位置に存在する状態で前記挿入体に配設されている。なお、図 1 2 に示すように、単に「F B G センサ部 3 の位置」というときは、軸方向に対して同位置に配置された 3 個の F B G センサ部 3 の中心位置を意味する。

【 0 0 4 6 】

最初に算出部 9 A は、F B G センサ部 3 の検出結果を基に、いずれかの F B G センサ部 3 の位置 S、より正確には光ファイバセンサ 2 の軸方向に対して同位置に配置された 3 個の F B G センサ部 3 の中心位置、を原点とする第 1 の 3 次元座標系にて、それぞれの F B G センサ部 3 の第 1 の 3 次元座標を算出する。

【 0 0 4 7 】

算出部 9 A は、例えば、光ファイバセンサ 2 の最も基端部 P E 側の位置に形成された 3 つの F B G センサ部 3 A 1<sub>1</sub>、3 A 2<sub>1</sub>、3 A 3<sub>1</sub> の中心位置 S 1 を原点とした第 1 の 3 次元座標系である X Y Z<sub>1</sub> 座標系を設定し、F B G センサ部 3 A 1<sub>1</sub>、3 A 2<sub>1</sub>、3 A 3<sub>1</sub> の変形量から隣の 3 つの F B G センサ部 3 A 1<sub>2</sub>、3 A 2<sub>2</sub>、3 A 3<sub>2</sub> の中心位置 S 2 ( x<sub>1</sub>、y<sub>1</sub>、z<sub>1</sub> ) と向き ( v x<sub>1</sub>、v y<sub>1</sub>、v z<sub>1</sub> ) とを算出する。

【 0 0 4 8 】

算出部 9 A は、さらに、算出した F B G センサ部 3 A 1<sub>2</sub>、3 A 2<sub>2</sub>、3 A 3<sub>2</sub> の中心位置 S 2 ( x<sub>1</sub>、y<sub>1</sub>、z<sub>1</sub> ) と向き ( v x<sub>1</sub>、v y<sub>1</sub>、v z<sub>1</sub> ) とから、F B G センサ部 3 A 1<sub>2</sub>、3 A 2<sub>2</sub>、3 A 3<sub>2</sub> の中心位置 S 2 を基準の原点とした座標系 X Y Z<sub>2</sub> への変換マトリックス T<sub>1</sub><sup>2</sup> を、以下の ( 式 2 ) を用いて算出する。

【 0 0 4 9 】

( 式 2 )

$$T_1^2 = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ただし、r<sub>i j</sub> ( i = 1、2、3 : j = 1、2、3 ) は座標系 X Y Z<sub>1</sub> から座標系 X Y Z<sub>2</sub> への回転 ( 座標系 X Y Z<sub>2</sub> の Z 軸と向き ( v x<sub>2</sub>、v y<sub>2</sub>、v z<sub>2</sub> ) から回転行列を算出 )、t x、t y、t z は平行移動 ( 位置 ( x<sub>2</sub>、y<sub>2</sub>、z<sub>2</sub> ) と同じ ) を表す。

【 0 0 5 0 】

同様に、設定された座標系 X Y Z<sub>2</sub> の隣に存在する 3 つの F B G センサ部 3 A 1<sub>3</sub>、3 A 2<sub>3</sub>、3 A 3<sub>3</sub> の中心位置 S 3 ( x<sub>2</sub>、y<sub>2</sub>、z<sub>2</sub> ) と向き ( v x<sub>2</sub>、v y<sub>2</sub>、v z<sub>2</sub> ) とを座標算出部 9 C が算出し、変換マトリックス T を算出する。算出部 9 A は同様の処理を繰り返し、最終的には、先端部 D E に最も近接した 3 つの F B G センサ部 3 A 1<sub>n</sub>、3 A 2<sub>n</sub>、3 A 3<sub>n</sub> の中心位置 S n ( x<sub>n-1</sub>、y<sub>n-1</sub>、z<sub>n-1</sub> ) と向き ( v x<sub>n-1</sub>、v y<sub>n-1</sub>、v z<sub>n-1</sub> ) と変換マトリックス T<sub>n-1</sub><sup>n</sup> を求める。

【 0 0 5 1 】

さらに、算出部 9 A は変換マトリックスを用いて、各 3 つの F B G センサ部 3 の中心位置 S を、座標系 X Y Z<sub>1</sub> に変換する。例えば、3 つの F B G センサ部 3 A 1<sub>i</sub>、3 A 2<sub>i</sub>、3 A 3<sub>i</sub> の中心位置 S i を基準とした座標系で 3 つの F B G センサ部 3 A 1<sub>i+1</sub>、3 A 2<sub>i+1</sub>、3 A 3<sub>i+1</sub> の中心位置 S i+1 ( x<sub>i</sub>、y<sub>i</sub>、z<sub>i</sub> ) と向き ( v x<sub>i</sub>、v y<sub>i</sub>、v z<sub>i</sub> ) が算出された場合、X Y Z<sub>1</sub> 座標系での ( x<sup>w</sup><sub>i+1</sub>、y<sup>w</sup><sub>i+1</sub>、z<sup>w</sup><sub>i+1</sub> ) 位置は以下の ( 式 3 ) により算出される。

【 0 0 5 2 】

( 式 3 )

10

20

30

40

$$\begin{pmatrix} x_{i+1}^w \\ y_{i+1}^w \\ z_{i+1}^w \\ 1 \end{pmatrix} = T_1^2 T_2^3 \cdots T_{i-1}^i \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{pmatrix}$$

10

図14に示すように、算出部9Aは同様に全ての位置の3つのFBGセンサ部3の中心位置SをXYZ1座標系に変換し、形状算出部9Fは変換された座標を接続し補間処理等を行うことにより光ファイバセンサ2の3次元形状、すなわち、光ファイバセンサ2が配設された挿入部12の3次元形状を算出する。

【0053】

そして、本実施の形態の形状測定装置1の光ファイバセンサ2は公知の光ファイバセンサ2の2倍のFBGセンサ部3を形成可能であるため、多くのFBGセンサ部3を必要とする3次元形状測定においても、挿入部12に配設する光ファイバセンサの本数を減ずることができ、プローブ、言い換えれば、ファイバアレイセンサ全体の細径化を図ることができる。このため、特にファイバアレイセンサ全体の細径化が要求される、被検体の内部

20

【0054】

3本の光ファイバセンサを挿入部12に配設するには、前述のようにチャンネルに挿通することで緩やかに挿入部12と固定しても良いし、挿入部12に予め組み込んでおいても良い。

【0055】

なお、本実施の形態の形状測定装置1では、挿入部12の3次元形状を測定するために、3本の光ファイバセンサを用いているが、光ファイバセンサは3本以上であればよい。例えば、測定精度向上のため形状測定装置に4本の光ファイバセンサを用いてもよい。さらに、より長い範囲を測定するために、形状測定装置に例えば、3の倍数の本数の光ファイバセンサを用いてもよい。すなわち、3本1組の光ファイバセンサを複数組用いFBGセンサ部3が形成されている領域をずらして挿入部12長手方向に配設してもよい。

30

【0056】

形状測定装置として、内視鏡の挿入部12の形状を測定する形状測定装置を例に説明したが、被検体の内部に挿入可能な挿入体であれば、カテーテルまたはステント等の形状を測定する形状測定装置であってもよい。

【0057】

また、形状測定装置1では、反射率70%のFBGセンサ部3Aと反射率99%のFBGセンサ部3Bとを形成した光ファイバセンサ2について説明したが、FBGセンサ部3の反射率は反射光の強度によりFBGセンサ部3Aと3Bとが区別可能であればよく、反射率70%と反射率99%の組み合わせに限られるものではない。また、3種類以上の異なる反射率を示すFBGセンサ部3を光ファイバセンサに形成してもよい。例えば、反射率60%、75%、99%のFBGセンサ部3を形成した光ファイバセンサでは、それぞれのFBGセンサ部3からの反射光の強度は60%、30%、10%となり、たとえ反射光のピークが重なったとしてもそれぞれのFBGセンサ部3を区別可能である。

40

【0058】

<第1の実施の形態の変形例>

以下、図面を参照して本発明の第1の実施の形態の変形例の形状測定装置1Bについて説明する。形状測定装置1Bの構成および動作は、第1の実施の形態の形状測定装置1と類似しているため、同じ構成要素には同じ符号を付し説明は省略する。

50

## 【0059】

図15は、本変形例の形状測定装置1Bの構成を示す構成図である。第1の実施の形態の形状測定装置1の光ファイバセンサ2では、同一のブラッグ波長Bを有し、異なる反射率を有するFBGセンサ部3をペアとして、光ファイバ4に近接して形成していた。これに対して、本変形例の形状測定装置1Bの光ファイバセンサ2では、同一のブラッグ波長Bを有し、異なる反射率を有するFBGセンサ部3のペアを、光ファイバ4の離れた位置に形成、言い換えれば、同一のブラッグ波長Bを有し、異なる反射率を有するFBGセンサ部3のペアの間に、異なるブラッグ波長Bを有するFBGセンサ部3を形成している。

## 【0060】

図8(E)および図8(I)より明らかなように、同一のブラッグ波長Bを有し、異なる反射率を有するFBGセンサ部3のペアが同じ変形状態の場合には、反射光のピーク同士が重なり合う。これに対して、本変形例の形状測定装置1Bでは、同一のブラッグ波長Bを有し、異なる反射率を有するFBGセンサ部3のペアが、光ファイバセンサ2の離れた位置に形成されるため、同じ状態の変形になることが少ない。

## 【0061】

形状測定装置1Bは、形状測定装置1と同様の作用効果を奏することに加えて、FBGセンサ部3の状態を判断するのが、より容易となる。このため、形状測定装置1Bは、形状測定装置1よりも高速処理が可能となる。

## 【0062】

なお、以上の説明のように、本発明の波長分割多重方式の光ファイバセンサは、特定の同一波長の光を、それぞれ異なる反射率で反射する複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が形成されている。さらに、本発明の波長分割多重方式の光ファイバセンサは、特定の同一波長の光を、それぞれ異なる反射率で反射する複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が形成されており、さらに、異なる特定の同一波長の光を反射する複数の光ファイバブラッググレーティングセンサ部が形成されている。

## 【0063】

本発明は、上述した実施の形態および変形例に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等が可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0064】

【図1】第1の実施の形態の形状測定装置を使用している状態を説明するための説明図である。

【図2】第1の実施の形態の形状測定装置の説明図である。

【図3】第1の実施の形態の形状測定装置の光ファイバセンサの構成を示す構成図である。

【図4】第1の実施の形態の形状測定装置の構成図である。

【図5】第1の実施の形態の形状測定装置のFBGセンサ部の構造を説明するための構造図である。

【図6】第1の実施の形態の形状測定装置のFBGセンサ部の構造を説明するための構造図である。

【図7】第1の実施の形態の形状測定装置のFBGセンサ部における光の反射を説明するための図である。

【図8】第1の実施の形態の形状測定装置における、同一のブラッグ波長Bを有し反射率が異なるFBGセンサ部による反射光のスペクトルを示した図である

【図9】第1の実施の形態の形状測定装置における2つのFBGセンサ部の変形形態の検出方法の処理の流れを示したフローチャートである。

【図10】第1の実施の形態の形状測定装置における2つのFBGセンサ部の変形形態の検出方法の処理の流れを示したフローチャートである。

【図11】第1の実施の形態の形状測定装置における光ファイバセンサの入射光と反射光

10

20

30

40

50

を示した説明図である。

【図 1 2】第 1 の実施の形態の形状測定装置の光ファイバセンサにおける座標系を説明するための説明図である。

【図 1 3】第 1 の実施の形態の形状測定装置の算出部の処理を説明するための説明図である。

【図 1 4】第 1 の実施の形態の形状測定装置により算出される挿入部の 3 次元形状を説明するための説明図である。

【図 1 5】第 2 の実施の形態の形状測定装置の構成図である。

【符号の説明】

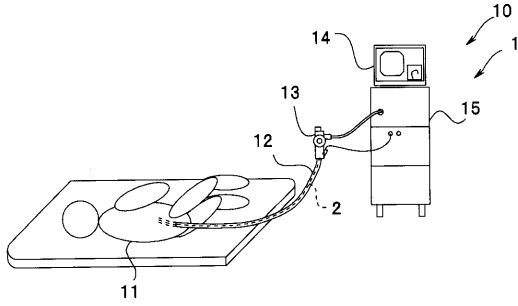
【 0 0 6 5 】

- 1、1 B ... 形状測定装置
- 2、2 A ... 光ファイバセンサ
- 2 M ... 金属ワイヤ
- 2 P ... 樹脂
- 3 ... F B G センサ部
- 4 ... 光ファイバ
- 4 A ... コア部
- 4 B ... 終端部
- 6 ... 光源
- 7 ... サーキュレータ
- 8 ... 検出部
- 9 A ... 算出部
- 9 B ... 制御部
- 1 0 ... 内視鏡システム
- 1 1 ... 被検者
- 1 2 ... 挿入部
- 1 3 ... 操作部
- 1 4 ... モニタ
- 1 5 ... 本体部

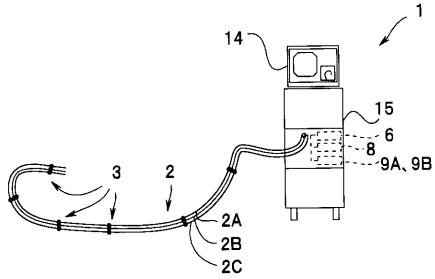
10

20

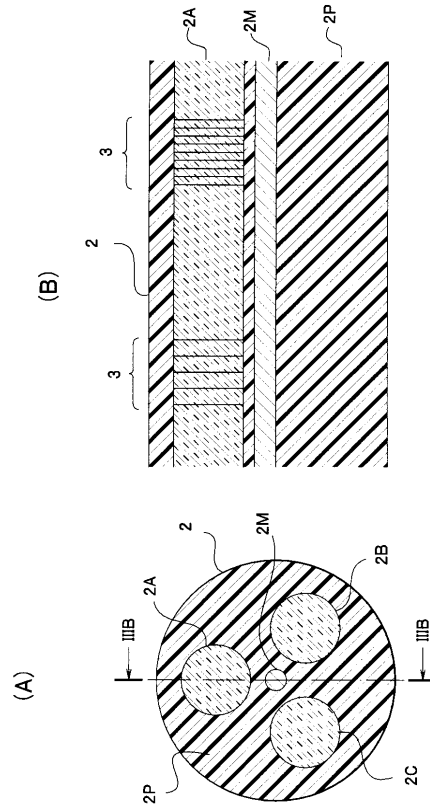
【図1】



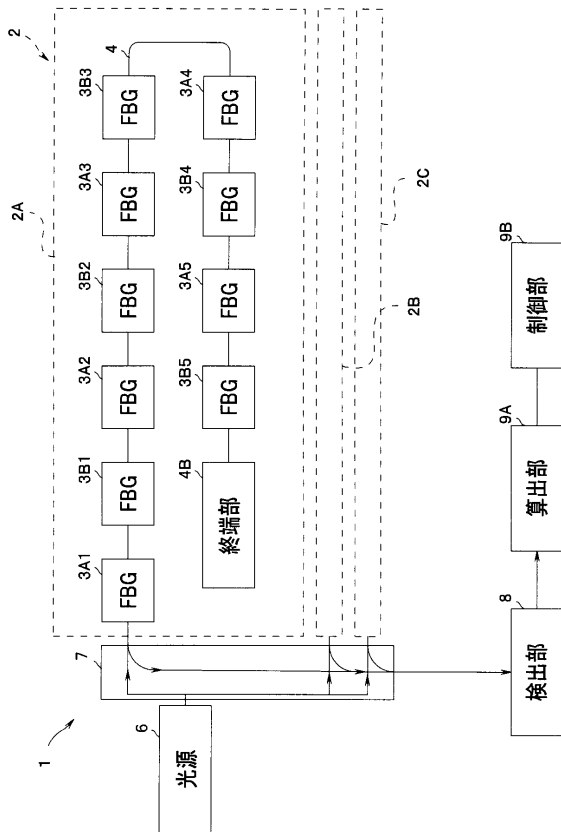
【図2】



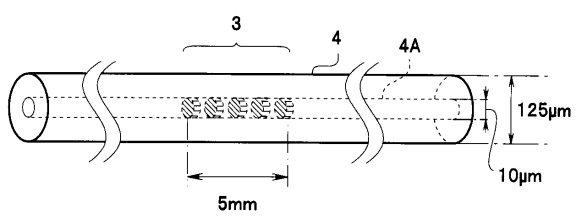
【図3】



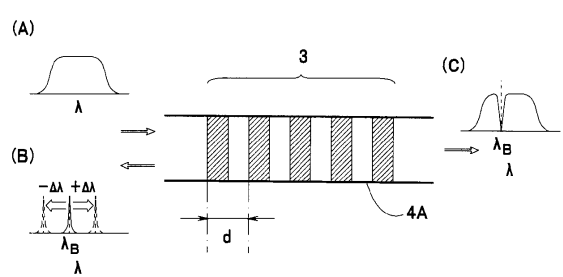
【図4】



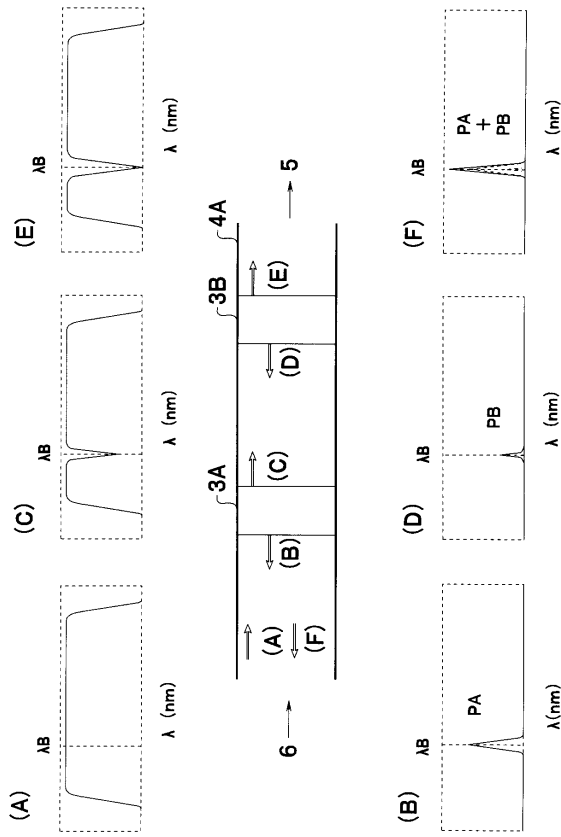
【図5】



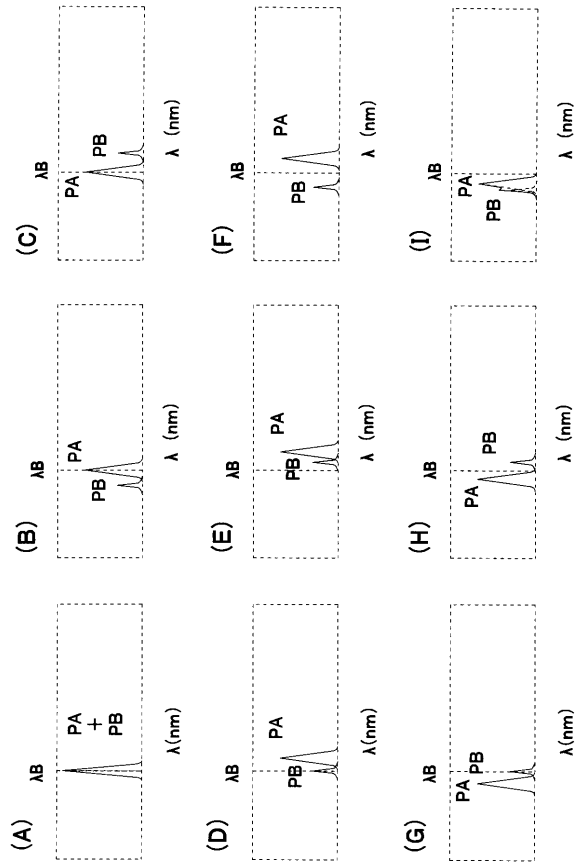
【図6】



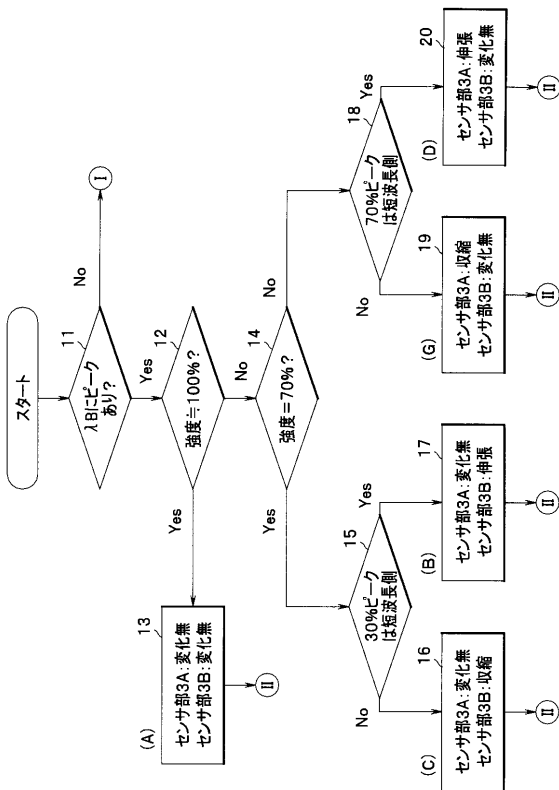
【図7】



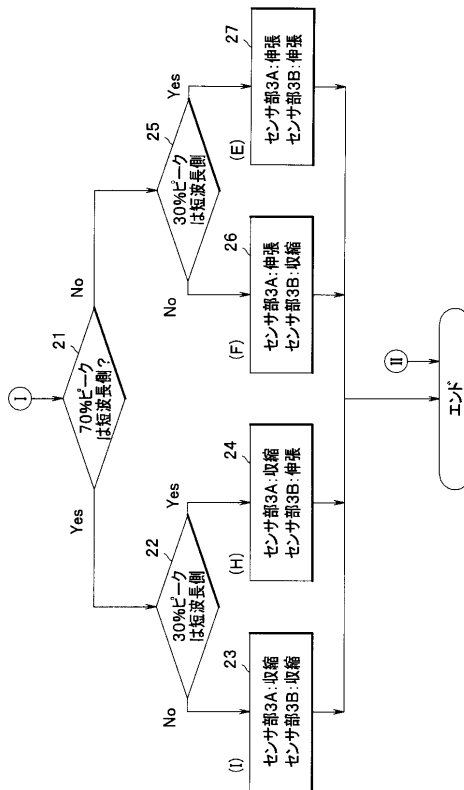
【図8】



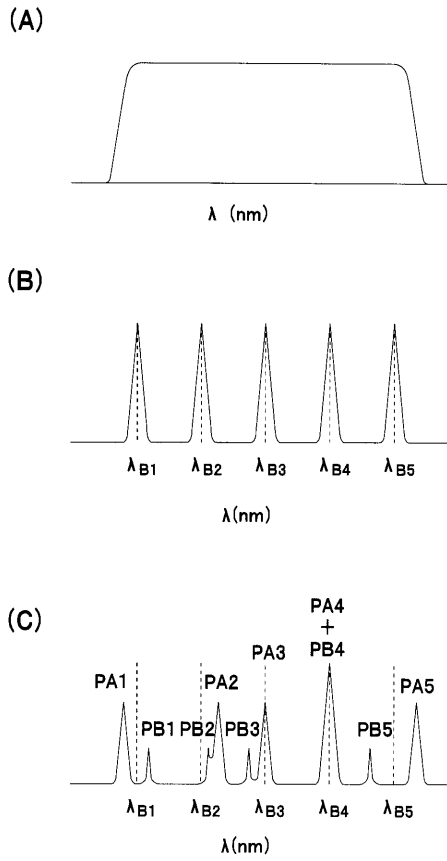
【図9】



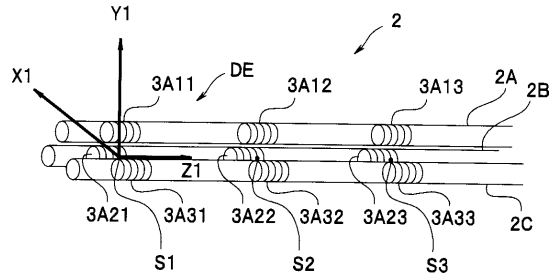
【図10】



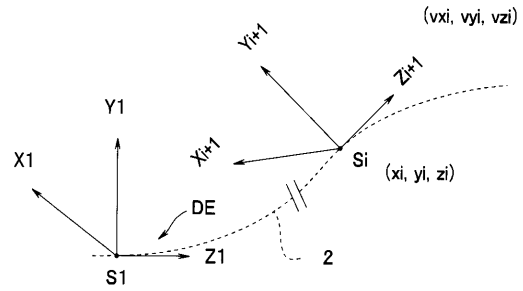
【図11】



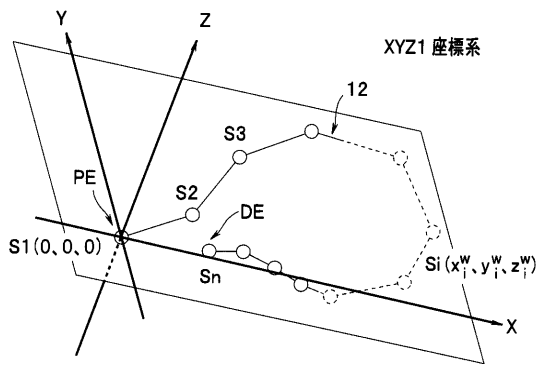
【図12】



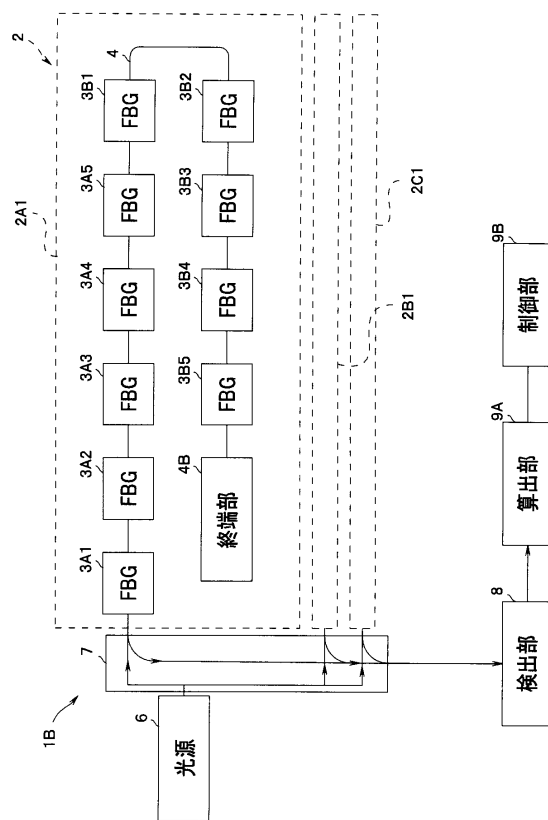
【図13】



【図14】



【図15】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-251779(JP,A)  
特表2000-503114(JP,A)  
特開2000-258190(JP,A)  
特開平08-145736(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B	11/00	-	11/30
G01D	5/26	-	5/38
G02B	6/00	-	6/02
G02B	6/10		
G02B	6/16	-	6/22
G02B	6/26		
G02B	6/30	-	6/34
G02B	6/42	-	6/44
H04B	9/00		

专利名称(译)	形状测定装置		
公开(公告)号	<a href="#">JP5185773B2</a>	公开(公告)日	2013-04-17
申请号	JP2008277085	申请日	2008-10-28
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社		
[标]发明人	平川克己		
发明人	平川 克己		
IPC分类号	G01B11/24 A61B1/00 G01D5/26		
FI分类号	G01B11/24.D A61B1/00.320.Z G01D5/26.D A61B1/00.552 A61B1/01 G01D5/353.C		
F-TERM分类号	2F065/AA04 2F065/AA53 2F065/AA65 2F065/CC16 2F065/DD02 2F065/FF41 2F065/FF48 2F065/GG24 2F065/LL02 2F065/LL42 2F065/SS02 2F065/SS13 2F103/BA41 2F103/CA04 2F103/EB02 2F103/EB05 2F103/EB16 2F103/EC09 2F103/FA16 4C061/GG22 4C061/HH51 4C161/GG22 4C161/HH51 4C161/HH55		
代理人(译)	伊藤 进		
其他公开文献	JP2010107239A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种具有光纤传感器的形状测量设备，该光纤传感器能够利用一根光纤测量大量测量点并实现整个传感器的直径的减小。具有多个光纤布拉格光栅传感器单元3的光纤传感器2，用于反射具有不同反射率的特定相同波长的光，用于向光纤传感器2提供宽带光的光源6检测单元8用于检测来自光纤传感器2的反射光的波长和强度，基于检测单元8的检测结果计算光纤布拉格光栅传感器单元3的变形量，并且计算单元9A计算其中布置有传感器2的插入单元12的形状。点域4

$$T_1^2 = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$