

(19) 日本国特許庁(JP)

## 再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02017/085879

発行日 平成30年10月18日(2018.10.18)

(43) 国際公開日 平成29年5月26日(2017.5.26)

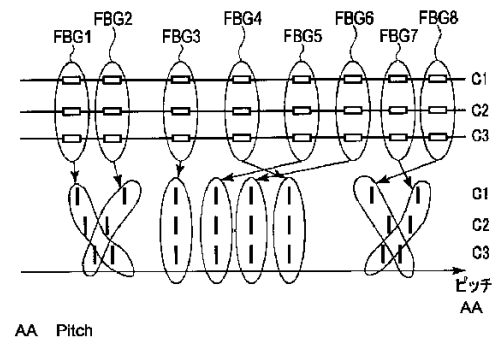
| (51) Int.Cl.                  | F I                | テーマコード (参考) |
|-------------------------------|--------------------|-------------|
| <b>GO 1 B 11/24 (2006.01)</b> | GO 1 B 11/24 M     | 2 F 0 6 5   |
| <b>A 6 1 B 1/00 (2006.01)</b> | A 6 1 B 1/00 5 5 2 | 2 H 1 5 0   |
| <b>GO 2 B 6/02 (2006.01)</b>  | A 6 1 B 1/00 7 1 3 | 4 C 1 6 1   |
|                               | GO 2 B 6/02 4 6 1  |             |
|                               | GO 2 B 6/02 4 1 6  |             |
| 審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)    |                    |             |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|
| 出願番号        | 特願2017-551503 (P2017-551503)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (71) 出願人 | 000000376              |
| (21) 国際出願番号 | PCT/JP2015/082753                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          | オリンパス株式会社              |
| (22) 国際出願日  | 平成27年11月20日(2015.11.20)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          | 東京都八王子市石川町2951番地       |
| (81) 指定国    | AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US | (74) 代理人 | 100108855<br>弁理士 蔵田 昌俊 |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (74) 代理人 | 100103034<br>弁理士 野河 信久 |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (74) 代理人 | 100153051<br>弁理士 河野 直樹 |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (74) 代理人 | 100179062<br>弁理士 井上 正  |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (74) 代理人 | 100189913<br>弁理士 鵜飼 健  |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | (74) 代理人 | 100199565<br>弁理士 飯野 茂  |
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 最終頁に続く   |                        |

(54) 【発明の名称】 曲率センサ

## (57) 【要約】

曲率センサは、複数のコア（C1，C2，C3）を含む細長く可撓性の導光体と、前記複数のコアによって導光される光を発する光源部と、各コアによって導光された光を検出する検出部と、検出された光スペクトルの情報に基づいて前記導光体の曲がりを求める処理部を有している。前記導光体は、前記導光体の長さに沿って設けられた複数のFBGセンサ組（FBG1，FBG2，…，FBG8）を有している。各FBGセンサ組は、各コアに1個ずつ設けられた複数のFBGセンサを有している。各FBGセンサ組のFBGセンサは、各コアの軸に沿った長さの少なくとも一部が互いに重なっている。前記複数のFBGセンサ組のうちのいくつかのFBGセンサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらのFBGセンサ組の各々に含まれるFBGセンサは全てピッチが一致している。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数のコアを含む細長く可撓性の導光体を備えており、前記導光体は、前記導光体の長さに沿って設けられた複数の F B G センサ組を有し、各 F B G センサ組は、各コアに設けられた複数の F B G センサを有し、各 F B G センサ組の F B G センサは、各コアの軸に沿った長さの少なくとも一部が重なっており、さらに、

前記複数のコアによって導光される光を発する光源部と、

各コアによって導光された光を検出する検出部と、

検出された光スペクトルの情報に基づいて前記導光体の曲がりを求める処理部を備えており、

10

前記複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサは全てピッチが一致している、曲率センサ。

**【請求項 2】**

前記光源部からの光を前記複数のコアに分配する光分岐部をさらに備えており、

前記検出部は、各コアによって導光された光を検出する複数の検出器を含んでいる、請求項 1 に記載の曲率センサ。

**【請求項 3】**

前記複数の F B G センサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサは全てピッチが一致している、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

20

**【請求項 4】**

前記複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組は波長空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサはブラッグ波長が一致している、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

**【請求項 5】**

前記複数の F B G センサ組は波長空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサはブラッグ波長が一致している、請求項 4 に記載の曲率センサ。

**【請求項 6】**

30

前記導光体は、屈曲可能な長尺物体の長さに沿って設けられる、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

**【請求項 7】**

前記複数のコアは、相対間隔を維持して前記導光体の長さに沿って延びており、前記長尺物体に対する前記導光体の回転を防止する回転防止機構を有している、請求項 6 に記載の曲率センサ。

**【請求項 8】**

前記導光体は、内視鏡システムのスコープ部の挿入部の長さに沿って設けられる、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

**【請求項 9】**

40

請求項 1 または 2 に記載の曲率センサを含む内視鏡システムであって、前記光源部と前記検出部のいずれかが、内視鏡システムに含まれるスコープ部の内部に配置されている、内視鏡システム。

**【請求項 10】**

請求項 1 または 2 に記載の曲率センサを含む内視鏡システムであって、前記光源部と前記検出部が、内視鏡システムに含まれるスコープ部の内部に配置されている、内視鏡システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

50

本発明は、測定対象の曲がりを求める曲率センサに関する。

【背景技術】

【0002】

米国特許第6256090号は、複数のファイバーブラッググレーティング（FBG）センサが設けられた4本または5本のファイバを用いて長尺な可撓体の形状を測定する技術を開示している。4本または5本のファイバは可撓体の周囲に配置されている。3本のファイバが、可撓体の形状の変化に対する各FBGセンサのレスポンスの違いに基づく可撓体の形状の測定に使用される。1本のファイバが、温度変化の補正のために使われる。1本のファイバが、ねじれの補正のために使われる。

【0003】

米国特許第7781724号は、複数のFBGセンサが設けられた3本（2本以上）のコアを用いて可撓体の形状を測定する技術を開示している。3本のコアは、一例では、マルチコアファイバのコアであり、別の例では、ファイバ束のシングルコアファイバのコアである。3つ組のFBGセンサの各々からの光信号は、周波数領域反射計によって分離分光される。3つ組のFBGセンサの各々のひずみからファイバまたはファイバ束の各部の曲がり量を求め、各部の曲がり量を積分することによって、ファイバまたはファイバ束の形状を決定する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第6256090号明細書

【特許文献2】米国特許第7781724号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

米国特許第6256090号に開示された装置は、複数のFBGセンサの曲がりに対するレスポンスの違いを利用して、周囲にFBGセンサが設置された可撓体の曲がり測定する装置である。

【0006】

米国特許第7781724号に開示された装置は、特定の測定対象を設けずに、FBGをもつ2本以上のコア（ファイバ束またはマルチコアファイバ）の組み合わせにより、形状を精密に測定する装置であり、光送受信系に非常に高価で高精度な周波数領域反射計を利用している。

【0007】

これらの装置はいずれも高価なものである。米国特許第6256090号と米国特許第7781724号のいずれも、測定を行うための安価な装置構成については触れていない。

【0008】

本発明の目的は、曲がり測定を行う安価な装置構成の曲率センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

曲率センサは、複数のコアを含む細長く可撓性の導光体と、前記複数のコアによって導光される光を発する光源部と、各コアによって導光された光を検出する検出部と、検出された光スペクトルの情報に基づいて前記導光体の曲がりを求める処理部を有している。前記導光体は、前記導光体の長さに沿って設けられた複数のFBGセンサ組を有している。各FBGセンサ組は、各コアに1個ずつ設けられた複数のFBGセンサを有している。各FBGセンサ組のFBGセンサは、各コアの軸に沿った長さの少なくとも一部が互いに重なっている。前記複数のFBGセンサ組のうちのいくつかのFBGセンサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらのFBGセンサ組の各々に含まれるFBGセンサ

10

20

30

40

50

は全てピッチが一致している。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、曲がり測定を行う安価な装置構成の曲率センサが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】図1は、一実施形態による曲率センサを示している。

【図2】図2は、図1に示された一つのF B Gセンサ組を概略的に示している。

【図3】図3は、図1に示された導光体の曲がりを求める原理を説明するための図であり、導光体に対する座標系の設定を示している。

10

【図4】図4は、図1に示された導光体の曲がりを求める原理を説明するための図であり、導光体の曲がり方向と3本のコアの相対位置関係を示している。

【図5】図5は、図1に示された導光体の曲がりを求める原理を説明するための図であり、曲げられた導光体を示している。

【図6】図6は、図1に示された導光体の曲がりを求める原理を説明するための図であり、3本のコアの曲がりを模式的に示している。

【図7】図7は、図1に示された導光体の曲がりを求める原理を説明するための図であり、3本のコアの相対位置関係と曲がりの曲率半径を示している。

【図8】図8は、コアを伝搬する光のクラッドへのしみだしを示している。

【図9】図9は、図1に示された曲率センサの光学系を示している。

20

【図10】図10は、曲率センサの透過型の光学系の例を示している。

【図11】図11は、曲げられた2本のコアと、コア上に設けられたF B Gセンサを示している。

【図12】図12は、コアの曲がりに伴うピッチのシフトを示している。

【図13】図13は、図11に示されたF B Gセンサの間隔に基づいた各位置におけるコアの曲率を示している。

【図14】図14は、コアの長さに沿ったF B Gセンサ組の位置関係と、各F B Gセンサ組内のF B Gセンサのピッチ空間上におけるピッチの相対関係の一例を示している。

【図15】図15は、コアの長さに沿ったF B Gセンサ組の位置関係と、各F B Gセンサ組内のF B Gセンサのピッチ空間上におけるピッチの相対関係の別の例を示している。

30

【図16】図16は、図1に示された曲率センサが組み込まれた内視鏡システムを示している。

【図17】図17は、回転防止機構の一例を示している。

【図18】図18は、回転防止機構の別の例を示している。

【図19】図19は、図18のF 19 - F 19線に沿った断面を示している。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、一実施形態による曲率センサを示している。曲率センサは、複数たとえば3本のコアを含む細長く可撓性の導光体30と、導光体30によって導光される光を発する光源部12と、光源部12からの光を分光する分光部14と、分光部14からの光を導光体30のコアに分配する光分岐部16を備えている。導光体30の個々のコアに対してそれぞれ光源が設けられてもよく、その場合、光分岐部16中の左端の素子は不要である。

40

【0013】

光源部12は、広帯域なスペクトルをもつ光を発する連続光源たとえばスーパーLEDで構成されてよい。

【0014】

分光部14は、波長選択可能な光学系たとえばチューナブルフィルタで構成されてよい。分光部14は、光源部12からの広帯域なスペクトルをもつ光から、狭帯域なスペクトルをもつ光を作り出す機能を有している。分光部14はまた、波長掃引する機能を有している。

50

## 【 0 0 1 5 】

導光体 3 0 は、複数のファイバブラッググレーティングセンサ組 F B G 1 , F B G 2 , F B G 3 , ... , F B G n を有している。以下では、ファイバブラッググレーティングセンサ組 F B G 1 , F B G 2 , F B G 3 , ... , F B G n を単に F B G センサ組と略記する。

## 【 0 0 1 6 】

図 2 は、一つの F B G センサ組を概略的に示している。導光体 3 0 のコア C 1 , C 2 , C 3 は、相対間隔を維持して導光体 3 0 の長さに沿って延びている。つまり、導光体 3 0 の軸に垂直な平面上におけるコア C 1 , C 2 , C 3 の相対位置は不変に保たれている。図 2 には、コア C 1 , C 2 , C 3 は、互いに平行にまっすぐに延びているように描かれているが、これに限らず、たとえば、トロイダル状にねじれながら延びていてもよい。

10

## 【 0 0 1 7 】

各 F B G センサ組は、導光体 3 0 の各コア C 1 , C 2 , C 3 に設けられた複数のファイバブラッググレーティングセンサ F B G を有している。以下では、ファイバブラッググレーティングセンサ F B G を F B G センサと略記する。例えば、各 F B G センサ組内の F B G センサは、各コア C 1 , C 2 , C 3 に 1 個ずつ設けられている。すなわち、各 F B G センサ組は、コア C 1 , C 2 , C 3 の本数と同数すなわち 3 個の F B G センサを有している。各 F B G センサ内の 3 個の F B G センサは、各コア C 1 , C 2 , C 3 の軸に沿った長さの少なくとも一部が互いに重なるように形成されている。

## 【 0 0 1 8 】

各 F B G センサは、コア C 1 , C 2 , C 3 の長手方向に屈折率が周期的に変化しているグレーティングで構成されている。F B G センサに光が入射すると、特定の波長  $\lambda_B = 2n\Lambda$  の成分だけが互いに強め合うように干渉する。ここで、 $\lambda_B$  はブラッグ波長であり、 $n$  はコアの屈折率、 $\Lambda$  はグレーティングのピッチ（周期）である。これによって、F B G センサは、光の特定の波長の成分だけを反射し、それ以外の波長の成分を透過する。

20

## 【 0 0 1 9 】

各コア C 1 , C 2 , C 3 にその軸に沿って形成されている複数の F B G センサは、互いに異なるピッチを有している。このため、各コア C 1 , C 2 , C 3 に形成されている複数の F B G センサによってそれぞれ反射される光の波長は互いに相違している。

## 【 0 0 2 0 】

図 2 には、導光体 3 0 は、マルチコアファイバとして描かれているが、これに限らず、F B G センサが設けられた複数のファイバで構成されてもよい。その場合、少なくとも F B G センサの部分は、相互の間隔が変化しないように接着固定されている必要がある。

30

## 【 0 0 2 1 】

図 1 に示されるように、導光体 3 0 の末端には、反射防止部材 3 6 が設けられるとよい。光分岐部 1 6 は、F B G センサから戻って来た光を分岐させて取り出して出力する。曲率センサはまた、光分岐部 1 6 から出力される戻り光を検出する複数の検出器 3 8 a を含む検出部 3 8 と、検出された F B G センサからの戻り光のスペクトルの情報に基づいて導光体 3 0 の曲がりを求める処理部 4 4 を備えている。処理部 4 4 はまた、光源部 1 2 を駆動する S L D ドライバ 4 2 と、分光部 1 4 を制御する機能も有している。

40

## 【 0 0 2 2 】

（曲率半径と方向の計算方法）

F B G センサ組が位置する導光体 3 0 の部分が曲げられると、F B G センサ組内の複数の F B G センサは、導光体 3 0 の曲がりに対して異なる伸び方をする。その結果、F B G センサ組内の複数の F B G センサは、異なるレスポンスを示す。すなわち、導光体 3 0 の中心軸よりも外側に位置するコアは伸びるので、そのコアに形成された F B G センサも同じように伸びるため、F B G センサのピッチが大きくなる。その結果、ブラッグ波長は長くなる。つまり、その F B G センサによって反射される光の波長が長くなる。反対に、導光体 3 0 の中心軸よりも内側に位置するコアは縮むので、そのコアに形成された F B G も縮むため、F B G センサのピッチが小さくなる。その結果、ブラッグ波長は短くなる。つ

50

まり、その F B G センサによって反射される光成分の波長が短くなる。F B G センサ組内の複数の F B G センサのブラッグ波長の変化を測定することによって、その F B G センサ組が位置する導光体 30 の部分がどの方向にどの程度曲げられているかを求めることができる。

【 0 0 2 3 】

以下、導光体 30 の曲がりを求める原理について図 3 ないし図 7 を参照しながら説明する。図 3 に示されるように、コア C 1 , C 2 , C 3 が延びている方向を z 軸とし、F B G センサ組の中心を原点として原点からコア C 1 に向かう方向を y 軸とする。図 4 と図 5 に示されるように、x 軸から角度  $\alpha$  の方向に曲率半径  $r$  で導光体 30 が曲げられているとする。それぞれのコア C 1 , C 2 , C 3 の角度  $\theta$  に対する伸びは、原点の伸びを  $s$  として、  
図 6 に示されるように、 $s + ds_1$  ,  $s + ds_2$  ,  $s + ds_3$  と表すことができる。これらの間の関係は、図 7 に示される各コアの曲率半径  $r_1$  ,  $r_2$  ,  $r_3$  を利用して、次式 (1) で書き表される。

10

【 0 0 2 4 】

【数 1】

$$\theta = \frac{s + ds_1}{r_1} = \frac{s + ds_2}{r_2} = \frac{s + ds_3}{r_3} \quad \dots(1)$$

【 0 0 2 5 】

これを変形して各コアのひずみを  $\varepsilon_i = ds_i / s$  とおくと、上式 (1) は次式 (2) となる。

20

【 0 0 2 6 】

【数 2】

$$\frac{1 + \varepsilon_1}{r_1} = \frac{1 + \varepsilon_2}{r_2} = \frac{1 + \varepsilon_3}{r_3} \quad \dots(2)$$

【 0 0 2 7 】

図 7 から各コアの曲率半径  $r_1$  ,  $r_2$  ,  $r_3$  は、次式 (3) で書き表される。

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$\begin{aligned} r_1 &= r + \alpha \sin \alpha \\ r_2 &= r + \alpha \sin(\alpha - \varphi_{12}) \\ r_3 &= r + \alpha \sin(\alpha - \varphi_{13}) \end{aligned} \quad \dots(3)$$

30

【 0 0 2 9 】

したがって、次式 (4) の関係が導かれる。

【 0 0 3 0 】

【数 4】

$$\begin{aligned} (1 + \varepsilon_1)(r + \alpha \sin(\alpha - \varphi_{12})) &= (1 + \varepsilon_2)(r + \alpha \sin(\alpha)) \\ (1 + \varepsilon_1)(r + \alpha \sin(\alpha - \varphi_{13})) &= (1 + \varepsilon_3)(r + \alpha \sin(\alpha)) \\ (1 + \varepsilon_2)(r + \alpha \sin(\alpha - \varphi_{13})) &= (1 + \varepsilon_3)(r + \alpha \sin(\alpha - \varphi_{12})) \end{aligned} \quad \dots(4)$$

40

【 0 0 3 1 】

ここで、次式 (5) に示されるようにパラメータを置き換える。

【 0 0 3 2 】

【数 5】

$$\begin{aligned} \varepsilon_{12} &= \varepsilon_2 - \varepsilon_1 & \varepsilon_{13} &= \varepsilon_3 - \varepsilon_1 & \varepsilon_{23} &= \varepsilon_3 - \varepsilon_2 \\ \sigma_1 &= 1 + \varepsilon_1 & \sigma_2 &= 1 + \varepsilon_2 & \sigma_3 &= 1 + \varepsilon_3 \end{aligned} \quad \dots(5)$$

50

【 0 0 3 3 】

すると、 $\alpha$  は、次式 ( 6 ) で書き表される、また、 $r$  は、次式 ( 7 ) で書き表される。

【 0 0 3 4 】

【 数 6 】

$$\tan \alpha = \frac{\varepsilon_{13} \sin \varphi_{12} + \varepsilon_{12} \sin \varphi_{13}}{\varepsilon_{23} - \varepsilon_{13} \cos \varphi_{12} - \varepsilon_{12} \cos \varphi_{13}} \quad \cdots (6)$$

【 0 0 3 5 】

【 数 7 】

$$r = \begin{cases} \frac{a}{\varepsilon_{12}} (\sigma_1 \sin(\alpha + \varphi_{12}) - \sigma_2 \sin(\alpha)) \\ \frac{a}{\varepsilon_{13}} (\sigma_1 \sin(\alpha - \varphi_{13}) - \sigma_3 \sin(\alpha)) \\ \frac{a}{\varepsilon_{23}} (\sigma_2 \sin(\alpha - \varphi_{13}) - \sigma_3 \sin(\alpha + \varphi_{12})) \end{cases} \quad \cdots (7)$$

10

【 0 0 3 6 】

従って、3 個の F B G センサのひずみの差  $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_3$  から、 $r$  ,  $\alpha$  を求めることができることがわかる。

【 0 0 3 7 】

20

もちろん同様な導出により、2 個の F B G センサに基づいて  $r$  ,  $\alpha$  を求めることもできる。しかし、3 個の F B G センサに基づく場合には、曲がり以外の理由たとえば温度、引っ張り等により全ての F B G センサが均一に伸びた場合にも、その効果をキャンセルすることが可能であるので、ここでは3 個の F B G センサに基づく導出例を示した。

【 0 0 3 8 】

曲がり が 2 次元の面内に限定される場合は、上記考察と同様に 2 本のコアを利用することによって、2 個の F B G センサのひずみの差から曲がりの曲率半径を求めることができる。

【 0 0 3 9 】

30

上記注釈と同様に、1 個の F B G センサに基づいて曲率半径を求めることもできるが、F B G センサが均一に伸びる場合をキャンセルする効果を考えると、2 個の F B G センサに基づいて曲率半径を求めることが望ましい。

【 0 0 4 0 】

このような曲がり検出をいくつもの位置で行うことにより、各位置での曲がり量を積分することで形状を計算することができる。たとえば大腸内視鏡が体内でどのような形状になっているかについての情報を得ることができる。

【 0 0 4 1 】

( ピッチとブラッグ波長の関係 )

コアを通る光のモードは、シングルモードファイバでは 1 個である。このとき形成する F B G センサのピッチ  $\Lambda$  に対するブラッグ反射波長  $\lambda_B$  は前述のように  $\lambda_B = 2 n \Lambda$  (  $n$  は屈折率 ) で決まる。屈折率  $n$  はコアの屈折率に近いが、コアを伝搬する光は図 8 のようにクラッドへのしみだしを伴うので、クラッドの影響も受けた実効屈折率になる。クラッドの影響の度合いは、コア径のサイズによるクラッドへのしみだしの量によってかわる。またマルチコアファイバのおおのこのコアの屈折率もたとえば Ge のドーブ量等のコア毎の特性により変化するので、ピッチが同じであるからといって、必ずしもブラッグ反射波長が同じであるとは限らない。ただし、同じ径で同じ特性のコアであれば、マルチコアに同じピッチの F B G センサを形成したときに、同じブラッグ反射波長を持つことになる。

40

【 0 0 4 2 】

( 光学系 )

図 1 において、光源部 1 2 から発せられる広帯域のスペクトルをもつ光は、分光部 1 4

50

によって分光されて狭帯域のスペクトルをもつ光に変えられるとともに波長掃引される。分光部 14 からの光は、光分岐部 16 によって分岐された後、導光体 30 の 3 本のコア C1, C2, C3 に導入される。導光体 30 によって導光された光は、反射部材 36 によって反射された後、光分岐部 16 にまで戻り、それぞれのコア C1, C2, C3 からの戻り光が光分岐部 16 から出力され、検出部 38 によって検出される。これにより、光スペクトル（波長に対する光強度のグラフ）が得られる。

#### 【0043】

連続光源である光源部 12 の代わりに、チューナブルレーザのような波長可変光源で光源部 12 が構成され、波長選択可能な光学系である分光部 14 が省略されてもよい。また、導光体 30 に入射する光が分光される代わりに、戻り光が、波長選択可能な光学系たとえばチューナブルフィルタによって分光されてもよい。戻り光が分光される場合には、分光部 14 が省略され、光源部 12 から発せられる広帯域のスペクトルをもつ光がそのまま導光体 30 の 3 本のコア C1, C2, C3 に導入される。

#### 【0044】

図 9 は、図 1 に示された曲率センサの光学系を示している。図 9 では、分光部の図示は省略されている。導光体 30 に入射する光は、波長掃引された光であり、図 9 の左上に示されるように、広帯域の光スペクトルを有している。導光体 30 のコアのひとつからの戻り光の光スペクトルは、図 9 の左下に示されるように、互いに離散した複数のピークを有している。ひとつのピークが、ひとつの F B G センサに対応している。

#### 【0045】

図 1 に示された曲率センサの光学系は、反射型の光学系で構成されているが、これに代えて、透過型の光学系で構成されてもよい。図 10 は、曲率センサの透過型の光学系の例を示している。この図においても、分光部の図示は省略されている。分光部は、光源部 12 の後段または光検出部 38 の前段に設けられてよい。また、光源部 12 がチューナブルレーザ等で構成される場合には省略されてよい。導光体 30 に入射する光は、波長掃引された光であり、図 10 の左側に示されるように、広帯域の光スペクトルを有している。導光体 30 のコアのひとつを通り抜けた透過光の光スペクトルは、図 10 の右側に示されるように、互いに離散した複数のディップを有している。ひとつのディップが、ひとつの F B G センサに対応している。

#### 【0046】

光検出部 38 において得られる光スペクトルは、すでに述べたように、コアが導光体 30 の中心からずれていれば、曲がり量に応じて、ピークまたはディップの波長シフトが生じる。複数のコアからの光の光スペクトルの波長シフトから、各 F B G センサの部分における導光体 30 の曲がり量を計算することができる。各 F B G センサの部分における曲がり量を積分することによって、導光体 30 の全体の曲がり言い換えれば形状を計算することができる。

#### 【0047】

（波長空間上における隣接する F B G センサの波長間隔の一般的な選び方）

1 本のコアに形成された複数の F B G センサは、コアの軸に沿って互いに異なる場所に位置しており、互いに異なるピッチを有している。つまり、1 本のコア上の複数の F B G センサがそれぞれ反射する光の波長すなわちブラッグ波長は互いに異なる。以下では、F B G センサが反射する光の波長のことを、F B G センサがブラッグ波長を有しているわけではないが、便宜的に F B G センサのブラッグ波長と呼ぶことにする。これにより、光検出部 38 において検出される光スペクトルのピークまたはディップの波長から、言い換えれば F B G センサのブラッグ波長から、導光体 30 の長さに沿った位置の同定ができる。また、光検出部 38 において検出される光スペクトルのピークまたはディップの波長シフトの量から、言い換えれば F B G センサのブラッグ波長の波長シフトの量から、その部分における導光体 30 の曲がり量を計算することができる。このとき、前提として、波長の順番からコアに沿った F B G センサの位置が特定できる、すなわち、導光体 30 が大きく曲がったときでも、F B G センサのブラッグ波長の長さが逆転しないことが必要である。

## 【 0 0 4 8 】

このときに問題になるのが、波長軸に沿って隣接する F B G センサの曲がり互いに逆方向で大きい場合に、F B G センサのブラッグ波長の順番が逆転してしまう可能性があることである。通常、F B G センサを利用して局所的なひずみを検出するひずみセンサの用途では、このような逆転が起こらないために、想定されるひずみに対応するブラッグ波長の変化の 2 倍以上、波長間隔をあけるように設計される。この方針に従えば、曲がりを検出する測定対象の最小曲率半径に対応する F B G センサのブラッグ波長変化の 2 倍以上離す必要がある。ピッチでいえば、ブラッグ波長の変化に対応するピッチの変化の 2 倍以上離す必要がある。

## 【 0 0 4 9 】

しかし、通常の連続光源、チューナブルフィルタ、波長可変レーザは、波長帯域幅または波長掃引幅が限られているので、上記の波長間隔の選び方によって波長間隔をあけると、導光体 30 の長さに沿って十分な個数の F B G センサを設けることができないおそれがある。そうした場合、より広帯域な高価な光源を必要としたり、さらに高いまたは低い帯域の光源を追加したりすることが必要になり、測定コストの上昇につながる。

## 【 0 0 5 0 】

( 各 F B G センサ組内の F B G センサは共通の波長 / ピッチをもつ )

そこで本発明者らは、内視鏡の可撓性の挿入部のような太さのある測定対象の曲がり測定することを想定して次のような構成を案出した。導光体 30 は、内視鏡の挿入部に沿って自由に変形可能なように、内視鏡の挿入部中または側面のチューブ等のガイドに設置される。ガイドは内視鏡の挿入部の軸上にあるのが望ましいが、軸上でなくても構わない。ガイドは内視鏡の挿入部の曲がりにしたがって曲がるが、導光体 30 の軸方向、ねじれ方向の動きを妨げない、余裕のある構造になっている。太さのある測定対象では、側方の多くの場所から押されない限り、曲がり急激には変化しない。

## 【 0 0 5 1 】

導光体の長さに沿って設けられた複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサは全てピッチが一致している。別の言い方をすれば、ピッチ空間上において、ある特定領域に含まれる F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサのピッチは全て同じである。このようにすると、隣接している 2 個の F B G センサ組内の同一コア上の複数対たとえば 3 対の F B G センサは同じピッチの差をもつので、導光体の長さに沿った F B G センサ組の位置に応じた最も適当なピッチの差を、それらに共通に持たせることができる。

## 【 0 0 5 2 】

この工夫は、特定の複数の F B G センサ組に対して行うだけでも効果的であり、測定対象の最小曲率半径が最も小さくなる場所に対応する複数の F B G センサ組に対して行うと特に効果的である。さらに全ての F B G センサ組に対して行うとさらに効果的に、必要なピッチ帯域を狭めることができる。ピッチ空間上での間隔は、好ましくは、測定対象の最大曲率半径、測定対象の変形の仕方、測定対象に対する F B G センサ組の相対位置と間隔等を考慮して、できる限り狭く、かつ波長の逆転が起こらないように選択されるとよい。これにより、F B G センサのピッチ間隔を狭くすることができる。したがって、波長帯域幅または波長掃引幅が限られた比較的安価な光源部 12 ( および分光部 14 ) を使用しつつも、ピッチ空間上の所定の範囲内に多くの F B G センサを設定することができる。これにより、多数点による曲がり測定を行う安価な装置構成の曲率センサが提供される。以下では、ピッチ空間上の所定の範囲内に設定できる F B G センサの個数のことを、便宜上、ピッチ空間の利用効率と呼ぶことにする。

## 【 0 0 5 3 】

図 11 に示されるようにコア C1, C2 の軸に沿って隣接して並んでいる F B G センサを、図 12 に示されるように、ピッチ空間上においても隣接して並ぶように設定する。なお、図 11 において、参照符号  $\Lambda_{n1}$ ,  $\Lambda_{n2}$  ( n は自然数 ) は、それぞれ、コア C1,

10

20

30

40

50

C 2 上に位置する F B G センサを指し示しているとともに、その F B G センサのピッチを表している。また  $d_n$  ( $n$  は自然数) は、F B G センサ組の間隔を表している。また図 1 2 において、コア C 1, C 2 がまっすぐな状態における各 F B G センサのピッチが一点鎖線で示され、コア C 1, C 2 が図 1 1 に示されるように曲がったことによるシフト後のピッチが実線で示されている。図 1 3 は、図 1 1 に示された F B G センサの間隔  $d_n$  に基づいた各位置におけるコア C 1, C 2 の曲率を示している。曲率は、曲率半径の逆数である。図 1 3 に示されるように、隣接する F B G センサの間ではコア C 1, C 2 の曲がりは大きく変化しないため、コア C 1, C 2 の軸に沿った距離があまり離れていなければ、測定対象の最小曲率半径の 2 倍に対応するピッチ幅よりも短い間隔に設定することができる。

【 0 0 5 4 】

10

これにより、たとえば C - b a n d ( 1 5 3 0 n m ~ 1 5 6 5 n m ) という小さい波長幅をもつ連続光源である S L D の中に数十点の F B G センサを配置することが可能である。大腸内視鏡の最小曲率半径 3 0 m m は、約 2 . 5 n m のブラッグ波長の変化 ( コアがファイバの中心軸に対して 5 0  $\mu$  m オフセットしていると仮定 ) に対応するので、通常の基準では 7 点程度しか配置することができず、曲がりの測定から十分な精度で形状を計算することができない。しかし、上記の工夫により、1 5 点以上の点数を確保することができ、約 1 m 5 0 c m 程度の大腸内視鏡に対して十分な点数の測定ができる。

【 0 0 5 5 】

図 1 4 と図 1 5 は、上記の工夫に従った F B G センサ組の例を示している。図 1 4 と図 1 5 において、導光体 3 0 のコア C 1, C 2, C 3 の長さに沿った F B G センサ組の位置関係が上段に示され、各 F B G センサ組内のピッチ空間上における F B G センサのピッチの相対関係が下段に示されている。ここでは、便宜上、導光体 3 0 に設けられた F B G センサ組の個数が 8 であるとして説明する。8 個の F B G センサ組は、導光体 3 0 の長さに沿って隣接している。

20

【 0 0 5 6 】

図 1 4 に示された例では、8 個の F B G センサ組 ( F B G 1 ~ F B G 8 ) 内のいくつか例えば 4 個の F B G センサ組 ( F B G 3 ~ F B G 6 ) がピッチ空間上において隣接して並んでいる。これに加えて、これら 4 個の F B G センサ組 ( F B G 3 ~ F B G 6 ) の各々に含まれる F B G センサは、ピッチ空間上におけるピッチが一致している。言い換えれば、ピッチ空間上のある特定領域に含まれる 4 個の F B G センサ組 ( F B G 3 ~ F B G 6 ) の各々内の全ての F B G センサ組の各々に含まれる全ての F B G センサのピッチは同じである。従って、隣接している 2 個の F B G センサ組内の同一コア上の複数対たとえば 3 対の F B G センサは同じピッチの差をもつ。これにより、導光体の長さに沿った F B G センサ組の位置に応じた最も適当なピッチの差を、それらに共通に持たせることができる。これによって、ピッチ空間の利用効率を最大にすることができる。逆に、ピッチの差が同じでない場合には、最小のピッチ差でも逆転が起こらないように余裕をもって設定する必要があるので、ピッチ空間の利用効率を最大にすることができない。

30

【 0 0 5 7 】

図 1 5 に示された例では、8 個の全ての F B G センサ組 ( F B G 1 ~ F B G 8 ) が、ピッチ空間上において隣接して並んでいる。これに加えて、8 個の全ての F B G センサ組 ( F B G 1 ~ F B G 8 ) の各々に含まれる F B G センサは、ピッチ空間上におけるピッチが一致している。つまり、8 個の全ての F B G センサ組 ( F B G 1 ~ F B G 8 ) の各々内の全ての F B G センサのピッチは同じである。従って、隣接している 2 個の F B G センサ組内の同一コア上の複数対たとえば 3 対の F B G センサは同じピッチの差をもつ。これにより、導光体の長さに沿った F B G センサ組の位置に応じた最も適当なピッチの差を、それらに共通に持たせることができる。これによって、ピッチ空間の利用効率を最大にすることができる。

40

【 0 0 5 8 】

図 1 4 と図 1 5 に示された例は、8 個の F B G センサ組を有している構成であるが、F B G センサ組の個数にとらわれず、一般化して次のように言うてよい。

50

## 【 0 0 5 9 】

導光体の長さに沿って設けられた複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサは全てピッチが一致している。

## 【 0 0 6 0 】

導光体の長さに沿って設けられた全ての F B G センサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサは全てピッチが一致している。

## 【 0 0 6 1 】

上記では、導光体 3 0 の長さに沿って隣接している F B G センサ組内の F B G センサのピッチ空間上における位置関係について説明した。ピッチは、前述したように、 $\lambda_B = 2n\Lambda$  によってブラッグ波長と関係している。したがって、全てのコアの実効的な屈折率  $n$  が同じであれば、ピッチは、ブラッグ波長と読み替えることができる。すなわち、導光体 3 0 の長さに沿って隣接している F B G センサ組は、波長空間上においても隣接している。つまり、隣接している 2 個の F B G センサ組内の、それぞれのコアにある並んだ 2 個の F B G センサは、波長空間上において隣接しており、その間のブラッグ波長をもつ他の F B G センサが存在しない。

## 【 0 0 6 2 】

前述の一般化したピッチの説明は、ピッチをブラッグ波長に読み替えて、次のように言ってもよい。

## 【 0 0 6 3 】

導光体の長さに沿って設けられた複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組は波長空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサはブラッグ波長が一致している。

## 【 0 0 6 4 】

導光体の長さに沿って設けられた全ての F B G センサ組は波長空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサはブラッグ波長が一致している。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 6 は、本実施形態の曲率センサが組み込まれた内視鏡システムを示している。内視鏡システムは、スコープ部 6 0 と本体部 7 0 とに分けられる。スコープ部 6 0 は、先端部に撮像デバイスが組み込まれた屈曲可能な挿入部 6 4 と、挿入部 6 4 の屈曲を操作する操作部 6 2 を有している。本体部 7 0 は、電源、スコープ部用の照明光源 7 2、撮像デバイスの制御や画像処理等の演算を行う制御・演算部 7 4 を含むコントローラ 7 6 と、撮像画像や種々の情報を表示するモニタ 7 8 を有している。

## 【 0 0 6 6 】

スコープ部 6 0 は、本体部 7 0 に着脱可能であり、用途に応じて異なる機能（検査用や外科用等）のものに交換されて使用される。そのため、電源、照明光源 7 2、制御・演算部 7 4 等の共通要素は本体部 7 0 に設置されている。

## 【 0 0 6 7 】

曲率センサの導光体 3 0 は、内視鏡システムのスコープ部 6 0 の挿入部 6 4 の長さに沿って配置されている。また、光源部 1 2 と光分岐部 1 6 と光検出部 3 8 はスコープ部 6 0 の操作部 6 2 の内部に配置されている。図 1 6 の例では、光源部 1 2 と光検出部 3 8 は共に操作部 6 2 の内部に配置されているが、光源部 1 2 と光検出部 3 8 のいずれか一方は、本体部 7 0 のコントローラ 7 6 の内部に設置されてもよい。

## 【 0 0 6 8 】

F B G センサを有効に利用するためには、導光体 3 0 はシングルモードファイバであることが好ましい。シングルモードファイバの結合は、非常に精密な位置決め、結合部にはほりを入れない等の特別な配慮が必要である。このため、曲率センサの光学系は、日常的に切り離される本体部 7 0 の側には設置されず、その全てがスコープ部 6 0 の側に設置さ

10

20

30

40

50

れることにより安定した性能が得られる。従って、電源、コントローラ 76 等の電気系は本体部 70 の側にあり、光源部 12、光検出部 38 等の光学系はスコープ部 60 の側にあるとよい。そうすると、スコープ部 60 と本体部 70 の間の曲率センサに関する結合（コネクタ）は電気信号の結合のみで構成される。

【0069】

また、逆に光源部 12 または光検出部 38 の光学系のいずれか一方または両方が本体部 70 の側にある構成も利点がある。本体部 70 とスコープ部 60 の間にシングルモードファイバのカプラが必要になる反面、スコープ部 60 が、異なる機能（検査用や外科用等）のものに交換されて使用される際に、光源部 12 または光検出部 38 等の光学系（SLD、チューナブルフィルタ、検出器、ファンアウト部品等）のいずれかまたは全てを共用することができるので形状測定のコストを抑えることができる。

10

【0070】

（回転防止機構）

また、曲率センサにおいて、導光体 30 が測定対象に対して相対的にねじれると、測定対象の曲がりを正しく測定することができず、測定対象の形状の計算の誤差につながる。ガイドはできるだけ導光体 30 のねじれ方向の動きを損なわないように工夫されているが、曲がり大きいときなどは導光体 30 とガイドとの間の摩擦により、導光体 30 にねじれが生じるおそれがある。測定対象に対する導光体 30 の回転を防止する回転防止機構が設けられるとよい。

【0071】

20

回転防止機構は、ある例では、図 17 に示されるように、導光体 30 の長さに沿って延びている細長いスリット 84 を有し、導光体 30 の周囲を覆っているチューブ状のガイド 82 と、導光体 30 からスリット 84 を貫通して延びているピン 86 とから構成されてよい。

【0072】

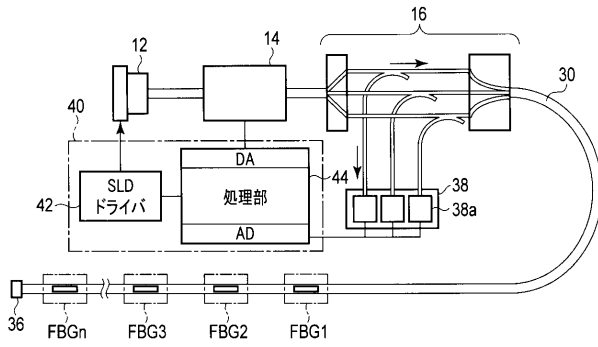
回転防止機構は、別の例では、図 18 と図 19 に示されるように、導光体 30 の一部に形成された平面部 30a と、平面部 30a に対向する平面 96 を有する回転止め 94 を有し、導光体 30 の周囲を覆っているチューブ状のガイド 92 とから構成されてよい。

【0073】

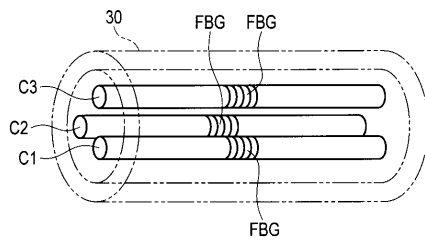
ここでは、測定対象は、スコープ部の挿入部である例を示したが、測定対象は、そのほかに、各種プローブ、カテーテル、オーバーシース（挿入部やカテーテル等を挿入する際の補助に使う管）であってもよい。

30

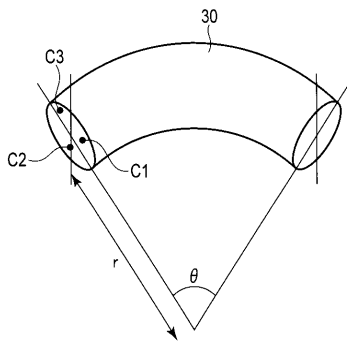
【図 1】



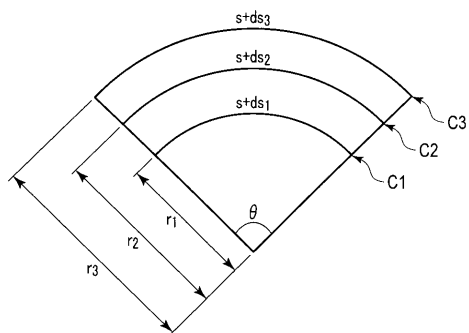
【図 2】



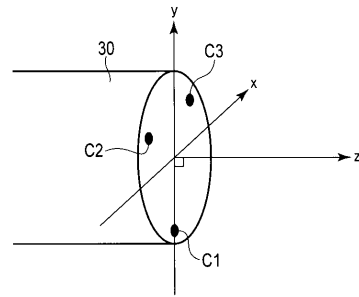
【図 5】



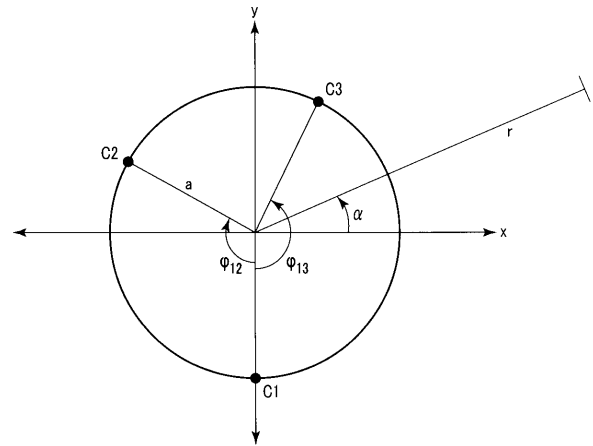
【図 6】



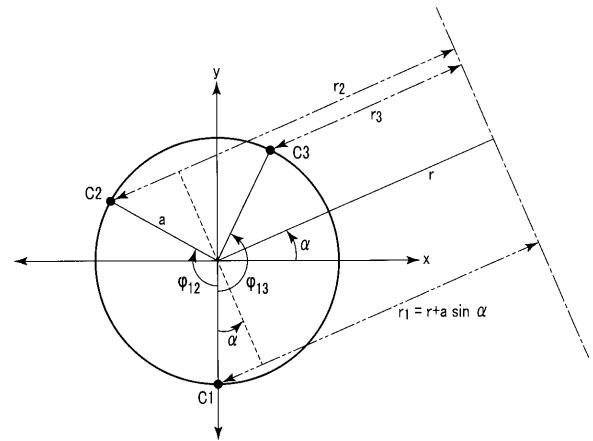
【図 3】



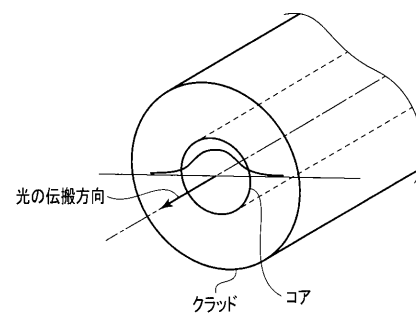
【図 4】



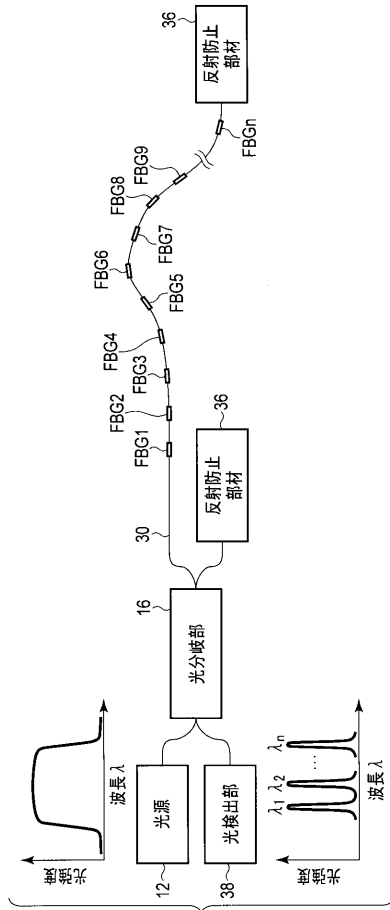
【図 7】



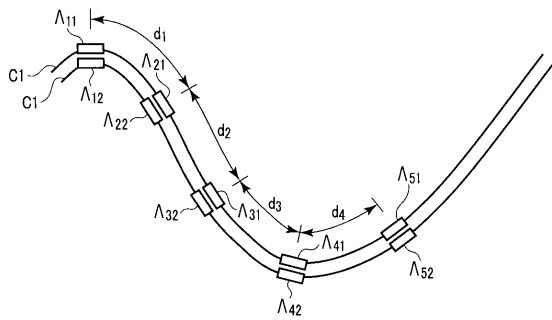
【図 8】



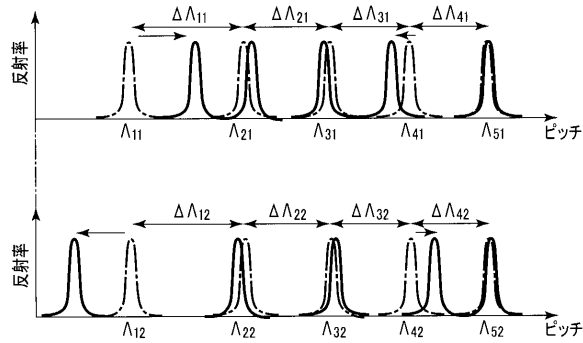
【図 9】



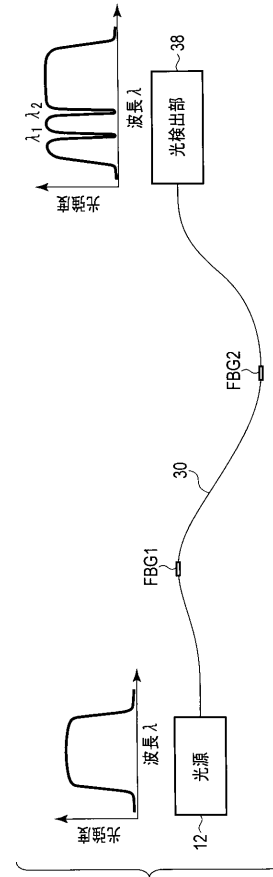
【図 1 1】



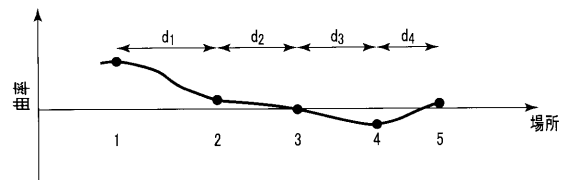
【図 1 2】



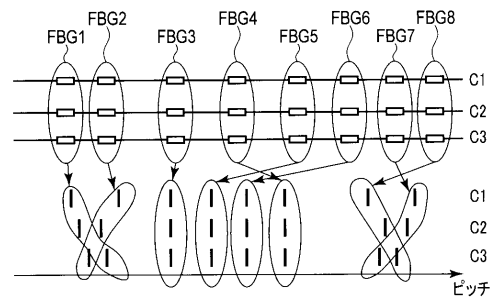
【図 1 0】



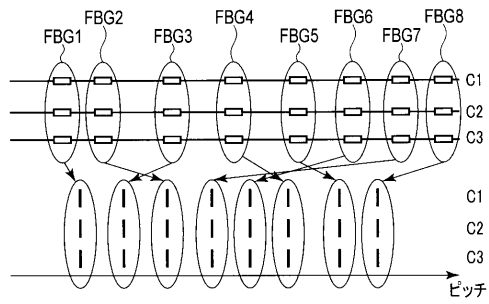
【図 1 3】



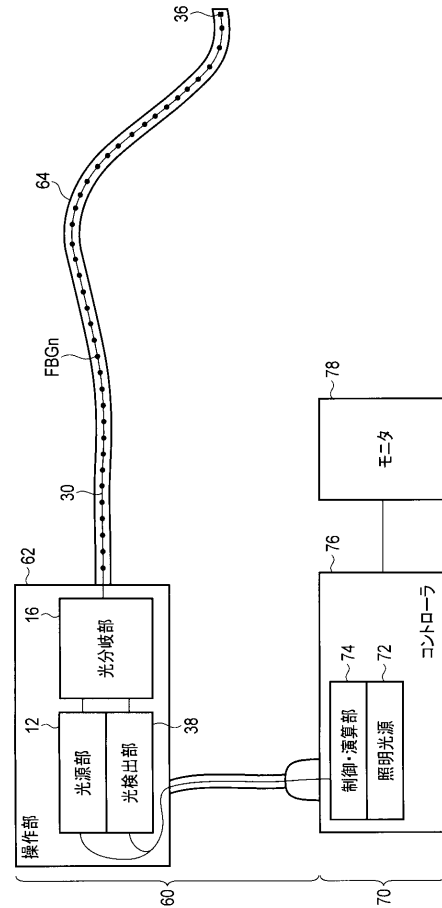
【図 1 4】



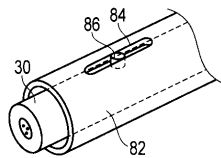
【図 15】



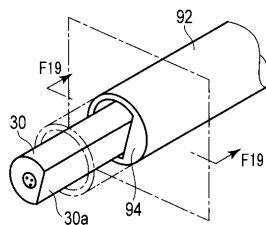
【図 16】



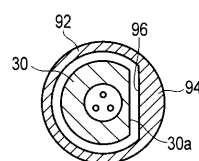
【図 17】



【図 18】



【図 19】



## 【手続補正書】

【提出日】平成30年5月18日(2018.5.18)

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を発する光源部と、

前記光源部から発せられた光を導光する相対間隔を維持して配置された複数のコアを有する可撓性の導光体と、

前記複数のコアに設けられ、前記導光体の長手軸に沿った複数の所定の位置に複数の F B G センサ組をそれぞれ構成し、各々が、所定のピッチのグレーティングを有し、各コアによって導光される光のうちの前記ピッチに応じた特定波長の光を反射する複数の F B G センサと、

前記複数の F B G センサによって反射された光または前記複数の F B G センサを通過した光の光スペクトルの情報を検出する検出部と、

前記光スペクトルの情報に基づいて前記導光体の曲がりの位置と曲がり量とを求める処理部を備えており、

前記複数の所定の位置に位置する前記複数の F B G センサ組のうち、第 1 の F B G センサ組に含まれる全ての F B G センサは所定の第 1 のピッチのグレーティングを有し、前記導光体の長手方向に沿って前記第 1 の F B G センサ組の隣に設けられた第 2 の F B G センサ組に含まれる全ての F B G センサは所定の第 2 のピッチのグレーティングを有し、前記第 1 のピッチは前記第 2 のピッチよりも短く、かつ、前記第 1 のピッチは、前記第 2 のピッチよりも短いピッチのグレーティングを持つ F B G センサを有する全ての F B G センサ組の F B G センサのグレーティングのピッチよりも前記第 2 のピッチに近い、曲率センサ

。

【請求項 2】

前記光源部からの光を前記複数のコアに分配する光分岐部をさらに備えており、

前記検出部は、各コアによって導光された光を検出する複数の検出器を含んでいる、請求項 1 に記載の曲率センサ。

【請求項 3】

前記複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組は波長空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサはブラッグ波長が一致している、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

【請求項 4】

前記複数の F B G センサ組は波長空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサはブラッグ波長が一致している、請求項 3 に記載の曲率センサ。

【請求項 5】

前記導光体は、屈曲可能な長尺物体の長さに沿って設けられる、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

【請求項 6】

前記複数のコアは、相対間隔を維持して前記導光体の長さに沿って延びており、前記長尺物体に対する前記導光体の回転を防止する回転防止機構を有している、請求項 5 に記載の曲率センサ。

【請求項 7】

前記導光体は、内視鏡システムのスコープ部の挿入部の長さに沿って設けられる、請求項 1 または 2 に記載の曲率センサ。

## 【請求項 8】

請求項 1 または 2 に記載の曲率センサを含む内視鏡システムであって、前記光源部と前記検出部のいずれかが、内視鏡システムに含まれるスコープ部の内部に配置されている、内視鏡システム。

## 【請求項 9】

請求項 1 または 2 に記載の曲率センサを含む内視鏡システムであって、前記光源部と前記検出部が、内視鏡システムに含まれるスコープ部の内部に配置されている、内視鏡システム。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

曲率センサは、光を発する光源部と、前記光源部から発せられた光を導光する相対間隔を維持して配置された複数のコアを有する可撓性の導光体と、前記複数のコアに設けられ、前記導光体の長手軸に沿った複数の所定の位置に複数の F B G センサ組をそれぞれ構成し、各々が、所定のピッチのグレーティングを有し、各コアによって導光される光のうちの前記ピッチに応じた特定波長の光を反射する複数の F B G センサと、前記複数の F B G センサによって反射された光または前記複数の F B G センサを通過した光の光スペクトルの情報を検出する検出部と、前記光スペクトルの情報に基づいて前記導光体の曲がりの位置と曲がり量とを求める処理部を有している。前記複数の F B G センサ組のうちのいくつかの F B G センサ組はピッチ空間上において隣接して並んでおり、それらの F B G センサ組の各々に含まれる F B G センサは全てピッチが一致している。前記複数の所定の位置に位置する前記複数の F B G センサ組のうち、第 1 の F B G センサ組に含まれる全ての F B G センサは所定の第 1 のピッチのグレーティングを有し、前記導光体の長手方向に沿って前記第 1 の F B G センサ組の隣に設けられた第 2 の F B G センサ組に含まれる全ての F B G センサは所定の第 2 のピッチのグレーティングを有する。前記第 1 のピッチは前記第 2 のピッチよりも短く、かつ、前記第 1 のピッチは、前記第 2 のピッチよりも短いピッチのグレーティングを持つ F B G センサを有する全ての F B G センサ組の F B G センサのグレーティングのピッチよりも前記第 2 のピッチに近い。

## 【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

図 1 に示されるように、導光体 30 の末端には、反射防止部材 36 が設けられるとよい。光分岐部 16 は、F B G センサから戻って来た光を分岐させて取り出して出力する。曲率センサはまた、光分岐部 16 から出力される戻り光を検出する複数の光検出器 38 a を含む光検出部 38 と、検出された F B G センサからの戻り光のスペクトルの情報に基づいて導光体 30 の曲がりを求める処理部 44 を備えている。処理部 44 はまた、光源部 12 を駆動する S L D ドライバ 42 と、分光部 14 を制御する機能も有している。

## 【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

( 曲率半径と方向の計算方法 )

F B G センサ組が位置する導光体 3 0 の部分が曲げられると、F B G センサ組内の複数の F B G センサは、導光体 3 0 の曲がりに対して異なる伸び方をする。その結果、F B G センサ組内の複数の F B G センサは、異なるレスポンスを示す。すなわち、導光体 3 0 の中心軸よりも外側に位置するコアは伸びるので、そのコアに形成された F B G センサも同じように伸びるため、F B G センサのピッチが大きくなる。その結果、ブラッグ波長は長くなる。つまり、その F B G センサによって反射される光の波長が長くなる。反対に、導光体 3 0 の中心軸よりも内側に位置するコアは縮むので、そのコアに形成された F B G も縮むため、F B G センサのピッチが小さくなる。その結果、ブラッグ波長は短くなる。つまり、その F B G センサによって反射される光の波長が短くなる。F B G センサ組内の複数の F B G センサのブラッグ波長の変化を測定することによって、その F B G センサ組が位置する導光体 3 0 の部分がどの方向にどの程度曲げられているかを求めることができる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 8】

【数 3】

$$\begin{aligned} r_1 &= r + a \sin \alpha \\ r_2 &= r + a \sin(\alpha - \varphi_{12}) \\ r_3 &= r + a \sin(\alpha - \varphi_{13}) \end{aligned} \quad \cdots(3)$$

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 0】

【数 4】

$$\begin{aligned} (1 + \varepsilon_1)(r + a \sin(\alpha - \varphi_{12})) &= (1 + \varepsilon_2)(r + a \sin(\alpha)) \\ (1 + \varepsilon_1)(r + a \sin(\alpha - \varphi_{13})) &= (1 + \varepsilon_3)(r + a \sin(\alpha)) \\ (1 + \varepsilon_2)(r + a \sin(\alpha - \varphi_{13})) &= (1 + \varepsilon_3)(r + a \sin(\alpha - \varphi_{12})) \end{aligned} \quad \cdots(4)$$

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 6】

従って、3 個の F B G センサのひずみの差  $\varepsilon_{12}, \varepsilon_{13}, \varepsilon_{23}$  から、 $r, \alpha$  を求めることができることがわかる。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 2】

(光学系)

図 1 において、光源部 12 から発せられる広帯域のスペクトルをもつ光は、分光部 14 によって分光されて狭帯域のスペクトルをもつ光に変えられるとともに波長掃引される。分光部 14 からの光は、光分岐部 16 によって分岐された後、導光体 30 の 3 本のコア C1, C2, C3 に導入される。導光体 30 によって導光された光は、F B G センサ組によって反射された後、光分岐部 16 にまで戻り、それぞれのコア C1, C2, C3 からの戻り光が光分岐部 16 から出力され、光検出部 38 によって検出される。これにより、光スペクトル（波長に対する光強度のグラフ）が得られる。

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/082753

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/24(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B11/24, G01N21/27

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                        | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X<br>Y    | JP 2010-104427 A (Olympus Medical Systems Corp.),<br>13 May 2010 (13.05.2010),<br>paragraphs [0010] to [0018], [0038] to [0042];<br>fig. 1 to 7, 12, 13<br>(Family: none) | 1, 3-6, 8-10<br>2, 7  |
| Y         | JP 2006-284494 A (Mitsubishi Electric Corp.),<br>19 October 2006 (19.10.2006),<br>paragraphs [0016], [0019]; fig. 5, 7<br>(Family: none)                                  | 2                     |
| Y         | JP 2014-226319 A (Olympus Corp., Olympus Medical Systems Corp.),<br>08 December 2014 (08.12.2014),<br>paragraphs [0033], [0035]; fig. 5 to 7<br>& WO 2014/188885 A1       | 7                     |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
05 January 2016 (05.01.16)Date of mailing of the international search report  
12 January 2016 (12.01.16)Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2015/082753

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2006-172339 A (Kabushiki Kaisha Komusekku, Sanki Engineering Co., Ltd., Hitachi Cable Ltd.),<br>29 June 2006 (29.06.2006),<br>entire text; all drawings<br>(Family: none)                                                                        | 1-10                  |
| A         | JP 2001-516011 A (The University of Maryland, Shiping CHEN, Yiqun HU),<br>25 September 2001 (25.09.2001),<br>entire text; all drawings<br>& US 6492636 B1 & WO 1999/009370 A1<br>& EP 1005625 A1 & DE 69813246 T2<br>& AU 8913898 A & CA 2301069 A1 | 1-10                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                 |                                                       |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--|
| 国際調査報告                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                 | 国際出願番号 PCT/J P 2015/082753                            |  |
| <b>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</b><br>Int.Cl. G01B11/24(2006.01)i, G01N21/27(2006.01)i                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                 |                                                       |  |
| <b>B. 調査を行った分野</b><br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>Int.Cl. G01B11/24, G01N21/27                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                 |                                                       |  |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2016年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2016年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2016年                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                 |                                                       |  |
| 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                 |                                                       |  |
| <b>C. 関連すると認められる文献</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                 |                                                       |  |
| 引用文献の<br>カテゴリー*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                               | 関連する<br>請求項の番号                                        |  |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2010-104427 A（オリンパスメディカルシステムズ株式会社）<br>2010.05.13, 段落【0010】-【0018】，【0038】-【0042】，第1-7図，<br>第12図，第13図（ファミリーなし） | 1, 3-6,<br>8-10<br>2, 7                               |  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | JP 2006-284494 A（三菱電機株式会社）2006.10.19, 段落【0016】，<br>【0019】，第5図，第7図（ファミリーなし）                                      | 2                                                     |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                 |                                                       |  |
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）<br>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献<br>「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」同一パテントファミリー文献 |                                                                                                                 |                                                       |  |
| 国際調査を完了した日<br>05.01.2016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                 | 国際調査報告の発送日<br>12.01.2016                              |  |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁（ISA/J P）<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                 | 特許庁審査官（権限のある職員）<br>梶田 真也<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3258 |  |

| 国際調査報告                |                                                                                                                                                                                    | 国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 5 / 0 8 2 7 5 3 |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                                                                                                    |                                      |
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                                  | 関連する<br>請求項の番号                       |
| Y                     | JP 2014-226319 A (オリンパス株式会社, オリンパスメディカルシステムズ株式会社) 2014. 12. 08, 段落【0033】, 【0035】, 第5-7図 & WO 2014/188885 A1                                                                        | 7                                    |
| A                     | JP 2006-172339 A (株式会社コムセック, 三機工業株式会社, 日立電線株式会社) 2006. 06. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし)                                                                                                    | 1-10                                 |
| A                     | JP 2001-516011 A (ユニバーシティ オブ メリーランド, チェン, シッピング, フ, イークン) 2001. 09. 25, 全文, 全図 & US 6492636 B1 & WO 1999/009370 A1 & EP 1005625 A1 & DE 69813246 T2 & AU 8913898 A & CA 2301069 A1 | 1-10                                 |

---

フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 靖夫

東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内

(72)発明者 山本 英二

東京都八王子市石川町 2 9 5 1 番地 オリンパス株式会社内

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA28 AA46 AA53 BB12 BB27 CC16 CC23 DD02 FF41  
FF59 GG04 GG07 GG12 GG24 GG25 JJ01 JJ18 LL03 LL67  
MM06 PP04 QQ03 QQ13 QQ21 QQ25 QQ28 QQ29 UU07  
2H150 AC57 AG02 AG18 AG27  
4C161 AA04 DD03 FF21 FF46 HH55

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |            |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|
| 专利名称(译)        | 曲率传感器                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
| 公开(公告)号        | <a href="#">JPWO2017085879A1</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 公开(公告)日 | 2018-10-18 |
| 申请号            | JP2017551503                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 申请日     | 2015-11-20 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 奥林巴斯株式会社                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |         |            |
| 申请(专利权)人(译)    | 奥林巴斯公司                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |         |            |
| [标]发明人         | 佐々木靖夫<br>山本英二                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |            |
| 发明人            | 佐々木 靖夫<br>山本 英二                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |            |
| IPC分类号         | G01B11/24 A61B1/00 G02B6/02                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |            |
| CPC分类号         | A61B1/00165 G01B11/18 G01B11/24 G02B6/02042 G02B6/02076 G02B6/022 G01B11/255 G02B6/34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |            |
| FI分类号          | G01B11/24.M A61B1/00.552 A61B1/00.713 G02B6/02.461 G02B6/02.416                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         |            |
| F-TERM分类号      | 2F065/AA04 2F065/AA28 2F065/AA46 2F065/AA53 2F065/BB12 2F065/BB27 2F065/CC16 2F065/CC23 2F065/DD02 2F065/FF41 2F065/FF59 2F065/GG04 2F065/GG07 2F065/GG12 2F065/GG24 2F065/GG25 2F065/JJ01 2F065/JJ18 2F065/LL03 2F065/LL67 2F065/MM06 2F065/PP04 2F065/QQ03 2F065/QQ13 2F065/QQ21 2F065/QQ25 2F065/QQ28 2F065/QQ29 2F065/UU07 2H150/AC57 2H150/AG02 2H150/AG18 2H150/AG27 4C161/AA04 4C161/DD03 4C161/FF21 4C161/FF46 4C161/HH55 |         |            |
| 代理人(译)         | 河野直树<br>井上 正<br>肯·鵜飼<br>饭野滋                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |            |
| 外部链接           | <a href="#">Espacenet</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |         |            |

#### 摘要(译)

曲率传感器是细长且柔性的光导，其包括多个芯（C1，C2，C3），发射由多个芯引导的光的光源单元以及由每个芯引导的光。处理单元，用于基于检测到的光谱信息来确定导光体的弯曲。导光体具有沿着导光体的长度方向设置的多个FBG传感器组（FBG1，FBG2，...，FBG8）。每个FBG传感器组都有多个FBG传感器，每个核心一个。每个FBG传感器组中的FBG传感器沿每个铁心的轴的至少有一部分相互重叠。多个FBG传感器组中的一些FBG传感器组在间距空间中彼此相邻地布置，并且每个FBG传感器组中包括的所有FBG传感器具有相同的间距。

