

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02017/191685

発行日 平成31年2月28日 (2019. 2. 28)

(43) 国際公開日 平成29年11月9日 (2017. 11. 9)

(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 5 5 2	2 F 0 6 5
A 6 1 B 1/018 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 7 1 3	2 H 0 4 0
G 0 1 B 11/24 (2006.01)	A 6 1 B 1/018 5 1 5	4 C 1 6 1
G 0 2 B 23/24 (2006.01)	G 0 1 B 11/24 B	
	G 0 2 B 23/24 A	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 34 頁)

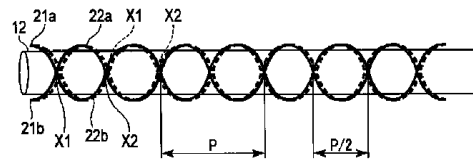
出願番号 特願2018-515386 (P2018-515386)	(71) 出願人 000000376
(21) 国際出願番号 PCT/JP2016/063666	オリンパス株式会社
(22) 国際出願日 平成28年5月6日 (2016. 5. 6)	東京都八王子市石川町2951番地
(81) 指定国 AP (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, 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 弁理士 蔵田 昌俊
	(74) 代理人 100103034 弁理士 野河 信久
	(74) 代理人 100153051 弁理士 河野 直樹
	(74) 代理人 100179062 弁理士 井上 正
	(74) 代理人 100199565 弁理士 飯野 茂
	(74) 代理人 100162570 弁理士 金子 早苗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 形状センサシステム

(57) 【要約】

形状センサシステムは、被検出部を有する2本以上の光ファイバを含む細径湾曲部材が芯材を軸に互いに反対方向で螺旋状に巻かれて編み込まれた編み込み構造又は、光ファイバ、ダミーの光ファイバ又は金属細線を含む3本以上の細径湾曲部材が編み込まれた編み込み構造を有し、複数の被検出部が芯材の軸回り方向に分配され、各々の湾曲方向を合成してプローブ部の湾曲形状を検出し、編み込み構造より編み込み周期内でのファイバ長さの調整機能が働き、位置ずれが生じない。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体の湾曲状態又は、湾曲形状を検出するための形状センサであって、
前記形状センサは、
前記被検体の対象部位の形状に倣って湾曲可能な細長い形状を有するプローブ部と、
前記プローブ部の形状を検出するためのセンサ駆動回路と、
前記被検体の形状に伴う信号を検出するための信号検出回路と、
検出された信号から前記被検体の形状を推定するための信号処理部と、を備え、
前記プローブ部は、該プローブ部の形状を検出するための情報を検出する被検出部が一箇所以上設けられた 1 本以上の細径湾曲プローブ要素が含まれる、複数の細径湾曲部材が、
2 つ以上の束が二分され、一方の束が前記プローブ部の長手方向に時計回りの螺旋状に巻回され、他方の束が前記長手方向に左回りの螺旋状に巻回されて、前記束同士が複数の位置で交差されて、記被検出部が長手方向周りに回転しないように保持される編み込み構造を有する、形状センサシステム。

10

【請求項 2】

前記編み込み構造は、前記プローブ部の長手方向にほぼ一定の周期を有する、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 3】

前記編み込み構造で編み込まれた複数の細径湾曲部材が、鏡像配置の場合を含め、全て共通の編み込みパターンを有する、請求項 2 に記載の形状センサシステム。

20

【請求項 4】

前記複数の細径湾曲部材は、1 つの剛性の高い芯材を含み、
前記芯材が前記プローブ部にほぼ平行な状態で配置され、前記芯材の周囲に前記複数の細径湾曲部材が編み込まれて、前記編み込み構造を形成する請求項 1 乃至請求項 3 に記載の形状センサシステム。

【請求項 5】

細径湾曲部材の 1 本上からなる束の 2 束からなる組が 1 組以上あり、それぞれの束が前記芯材を右回り、または、左回りに巻きつき、半周するごとに交差するよう編み込まれている、請求項 4 に記載の形状センサシステム。

【請求項 6】

前記形状センサは、前記被検出部が形成された複数の光ファイバを前記複数の細径湾曲部材として用いたファイバセンサであって、
前記被検出部が形成された光ファイバが、少なくとも全ての被検出部近傍において、前記芯材に対して固定されている、請求項 4 に記載の形状センサシステム。

30

【請求項 7】

前記形状センサは、前記被検出部が形成された複数の光ファイバを前記複数の細径湾曲部材として用いたファイバセンサであって、
前記被検出部が形成された複数の光ファイバが、所定ピッチで前記芯材に対して固定されている、請求項 4 に記載の形状センサシステム。

【請求項 8】

全ての前記被検出部が前記プローブ部の長手方向にほぼ所定ピッチ上に配置され、
前記被検出部が形成された全ての光ファイバが、全ての被検出部近傍を含む前記所定ピッチの間隔を置いた位置において、前記芯材に対して固定されている、請求項 7 に記載の形状センサシステム。

40

【請求項 9】

前記被検出部が形成された全ての光ファイバが、被検出部近傍で前記芯材にほぼ平行に、固定されている、請求項 6、又は請求項 8 に記載の形状センサシステム。

【請求項 10】

前記複数の細径湾曲部材には、前記形状センサの検出用の細径湾曲部材に類似した、ダミーの細径湾曲部材が含まれる、請求項 2 に記載の形状センサシステム。

50

【請求項 1 1】

前記プローブ部は、複数の細径湾曲部材を内包するように外側に配置された外装部材を更に有する、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 1 2】

前記プローブ部には、最大曲率又は、最小曲げ半径の何れかが定められており、最大曲率での湾曲時に、前記外装部材の内面の断面形状が、束ねられた複数の細径湾曲部材の断面形状を内包する、請求項 1 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 1 2 に記載の形状センサシステムを有する内視鏡システムであって、
前記プローブ部が前記内視鏡システムの挿入部に組み込まれていることを特徴とする内視鏡システム。

10

【請求項 1 4】

長尺であり、湾曲可能な、細径部材を通すチャンネルを備えた挿入部を有する内視鏡システムの前記挿入部に、前記プローブ部が着脱可能に装着できることを特徴とする、請求項 1 ないし請求項 1 2 に記載の形状センサシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、形状が変化する被検体に装着し、被検体の形態を検出する形状センサシステムに関する。

20

【背景技術】

【0002】

内視鏡等で知られている可撓性を有する挿入部を備えた管状挿入システムに対して、変化する挿入部の形状を検出するために、挿入部内に組み込まれる形状センサがある。この形状センサの一例として、例えば、特許文献 1 には、被検出部となる光変調部が設けられた光ファイバを用いた形状検出プローブが開示されている。この形状検出プローブには、内視鏡の挿入部と一体的に曲がるように、光ファイバが組み付けられている。この光ファイバは、互いに異なる波長成分を有する光束を伝達し、光変調部は、伝達する光束の波長成分の強度等を変調する。この形状検出プローブは、光変調部により検出された変調の前後の波長成分の強度等に基づいて、光変調部の配置箇所における光ファイバの形状、延いては光ファイバと一体的に曲がった内視鏡の形状を検出する。

30

【0003】

また、特許文献 2 には、一方の回転方向に螺旋状に巻かれた第 1 のファイバの組けと、反対の回転方向に螺旋状に巻かれた第 2 のファイバの組とを互いに織り合わせて編んだ構造例が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 143600 号公報

40

【特許文献 2】特表 2004 - 517331 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

前述したファイバセンサの様な細径湾曲形状を成す形状センサを用いて、被検体の形状を検出する際に、形状センサが被検体の形状に追従した湾曲形状となるため、主として以下の 2 つの課題が生じる。

第 1 の課題は、ファイバ等からなる形状センサや形状センサの構成要素にねじれが生じることである。内視鏡等の挿入部内に組み込まれると、湾曲時に形状センサが挿入部を構成する部位と干渉し合ったり、形状センサ自体を構成する部位、例えばファイバや保護用

50

の外装部材等が互いに干渉し合ったりして、ファイバにねじれが発生することが想定される。形状センサ自体を構成要素にねじれが発生した場合、形状センサに設けられている被検出部に位置ずれや向きのずれが生じて、挿入部の湾曲方向を誤って認識することとなる。

【 0 0 0 6 】

第2の課題は、形状センサのセンサプローブが湾曲する時のファイバ等の形状センサ自体を構成要素の長手軸方向への移動が生じることである。被検体の湾曲形状が変化する際に、内視鏡等の被検体における長軸中心から形状センサのセンサプローブが偏心していると、長軸中心とセンサプローブの長さにはずれが生じる。また、被検体に長軸中心が存在しない配置、例えば、人体の表面にセンサプローブを貼り付けた配置であれば、表面形状が変化することによって、貼り付けた表面とセンサプローブの長さにはずれが生じる。

10

【 0 0 0 7 】

さらに、センサプローブ自体が一定の太さを有し、光ファイバ等のセンサ構成要素がセンサプローブの長手方向の中心から一定の方向に偏心して配置されていると、センサプローブを湾曲させたときに、センサプローブの長手方向の中心軸と光ファイバ等のセンサ構成要素の長さにはずれが生じる。

【 0 0 0 8 】

こうした被検体とセンサプローブの長さの差やセンサプローブの長手方向の中心軸とファイバの長さの差が生じると、光ファイバにねじれや検出位置のずれによる検出誤差が生じたり、たわみ及び、このたわみによる座屈が生じたり、引っ張りや圧縮の力が作用して、ファイバが破損する可能性がある。

20

特に、ガラスを素材に用いた光ファイバを用いたファイバセンサは、長手軸方向の伸縮性が低く且つ脆いため、大きな形状変化や力の印加は、破損につながりやすい。

【 0 0 0 9 】

本出願の発明は、形状センサや光ファイバ等のセンサ構成要素に生じるねじれや長手軸方向の移動による被検体の形状検出の誤差やセンサプローブ、特に、ファイバセンサにおける光ファイバに加わる力による破損を防止する形状センサシステムを提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明に従う実施形態に係る形状センサシステムは、被検体の湾曲状態又は、湾曲形状を検出するための形状センサであって、前記形状センサは、前記被検体の対象部位の形状に倣って湾曲可能な細長い形状を有するプローブ部と、前記プローブ部の形状を検出するためのセンサ駆動回路と、前記被検体の形状に伴う信号を検出するための信号検出回路と、検出された信号から前記被検体の形状を推定するための信号処理部と、を備え、前記プローブ部は、該プローブ部の形状を検出するための情報を検出する被検出部が一箇所以上設けられた1本以上の細径湾曲プローブ要素が含まれる、複数の細径湾曲部材が、2つ以上の束が二分され、一方の束が前記プローブ部の長手方向に時計回りの螺旋状に巻回され、他方の束が前記長手方向に左回りの螺旋状に巻回されて、前記束同士が複数の位置で交差させて、記被検出部が前記長手方向周りに回転しないように保持される編み込み構造を有する。

30

40

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本出願の発明は、形状センサや光ファイバ等のセンサ構成要素に生じるねじれや長手軸方向の移動による被検体の形状検出の誤差やセンサプローブ、特に、ファイバセンサにおける光ファイバに加わる力による破損を防止する形状センサシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1A】図1Aは、第1の実施形態に係る形状センサシステム全体の概念的な構成を示し、直接、被検体に装着した例を示す図である。

50

【図 1 B】図 1 B は、第 1 の実施形態に係るプローブ部を挿入装置に組み付けて被検体に挿入する形状センサシステムの全体の概念的な構成例を示す図である。

【図 1 C】図 1 C は、図 1 A に対して、光ファイバに形状センサを設けたシステムの概念的な構成を示す図である。

【図 1 D】図 1 D は、図 1 B に対して、光ファイバに形状センサを設けた概念的な構成を示す図である。

【図 2】図 2 は、内視鏡システム（管状挿入システム）の概念的な外観構成を示す図である。

【図 3 A】図 3 A は、内視鏡の挿入部・把持部・ユニバーサルコードが一体となった構成例を示す図である。

【図 3 B】図 3 B は、鉗子チャンネルから着脱可能なプローブ部を挿入して内視鏡に装着する構成例を示す図である。

【図 4】図 4 は、プローブ部を挿入部内に組み込む構成の縦断面を拡大して示す図である。

【図 5】図 5 は、プローブ部を鉗子チャンネルから着脱可能に装着する構成の縦断面を拡大して示す図である。

【図 6】図 6 は、プローブ部を鉗子チャンネルから着脱可能に装着する構成の横断面を拡大して示す図である。

【図 7】図 7 は、プローブ部の構成を示す図である。

【図 8】図 8 は、先端部と芯材や外装部材の配置関係の一例を示す図である。

【図 9】図 9 は、先端部と芯材や外装部材の配置関係の他の例を示す図である。

【図 10】図 10 は、複数の光ファイバを有する形状センサシステムの構成例を示す図である。

【図 11 A】図 11 A は、形状センサシステムの基本構成を示す図である。

【図 11 B】図 11 B は、上方に湾曲する光ファイバにおける湾曲検出部への光束の入射について説明するための図である。

【図 11 C】図 11 C は、真っ直ぐな光ファイバにおける湾曲検出部への光束の入射について説明するための図である。

【図 11 D】図 11 D は、下方に湾曲する光ファイバにおける湾曲検出部への光束の入射について説明するための図である。

【図 12】図 12 は、外装部材の外観形状を示す図である。

【図 13 A】図 13 A は、直線状態の時のプローブ部の断面構造を示す図である。

【図 13 B】図 13 B は、湾曲時のプローブ部の断面構造を示す図である。

【図 14 A】図 14 A は、第 1 の芯材有りの編み込み構造例を示す図である。

【図 14 B】図 14 B は、第 2 の芯材有りの編み込み構造例を示す図である。

【図 14 C】図 14 C は、第 3 の芯材有りの編み込み構造例を示す図である。

【図 15】図 15 は、本実施形態の形状センサシステムによる被検体の湾曲形状の生成及び出力を行う手順について説明するためのフローチャートである。

【図 16 A】図 16 A は、光ファイバを保持する第 1 の保持構成例を示す図である。

【図 16 B】図 16 B は、光ファイバ 13 を保持する第 2 の保持構成例を示す図である。

【図 17 A】図 17 A は、ピッチ p よりも長い周期状態における 2 束毎に芯材に接着する保持部を設けた構成例を示す図である。

【図 17 B】図 17 B は、ピッチ p と同じ又はよりも長い周期状態における 4 束毎にまとめて芯材に接着する保持部を設けた構成例を示す図である。している。

【図 18】図 18 は、芯材有りの編み込み構造における被検出部の配置例を示す図である。

【図 19】図 19 は、ダミーの細径湾曲部材を含む芯材有りの編み込み構造例を示す図である。

【図 20 A】図 20 A は、プローブ部が真っ直ぐな状態における芯材有りの編み込み構造例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 20B】図 20B は、プローブ部が湾曲した状態における芯材有りの編み込み構造例を示す図である。

【図 20C】図 20C は、2つの光ファイバを互いに異なるピッチで交互に編み込んだ構成例を示す図である。

【図 20D】図 20D は、2つの光ファイバを左側から右側に編み込んだ場合に、右側に進むにつれて、ピッチが徐々に大きくなるように編み込む構成例を示す図である。

【図 21A】図 21A は、第 2 の実施形態に係る形状センサシステムにおける三つ編みの編み込み構造例を示す図である。

【図 21B】図 21B は、紐による三つ編みを概念的に示す図である。

【図 22】図 22 は、第 1 の変形例の細径湾曲部材にダミーの光ファイバを含む三つ編みの構造例を示す図である。

【図 23】図 23 は、第 2 の変形例の細径湾曲部材のうちの 1 本に金属線の縫い線を用いた三つ編みの構造例を示す図である。

【図 24】図 24 は、第 2 の変形例において被検出部近傍を接着で固定した状態を示す図である。

【図 25】図 25 は、2本の細径湾曲部材を平結びで芯材に結びつけた、平結びの三つ編みの構造例を示す図である。

【図 26A】図 26A は、四つ編みの構造例を示す図である。

【図 26B】図 26B は、六つ編みの構造例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。

長尺の形状を検出する形状センサには、ファイバセンサや歪センサ等がある。この形状センサの中で、ファイバセンサは、細径で、多点（複数点）での湾曲検出が可能であり、光の供給以外に給電等が不要で、電磁ノイズの影響を受けにくいことから、細長い形状を有する被検体の形状を検出するには有効である。

【0014】

以下においては、形状センサとして、主にファイバセンサを例にとって説明するが、ファイバセンサ以外のセンサであっても、被検体の形状を検出可能な細長いプローブ部からなる形状センサであれば、どのようなものでもよい。

【0015】

形状センサシステム 1 は、長尺で可撓性を有する被検体の長手方向に沿って取り付けられ、管状部材の変化する形状を検出する。この被検体としては、医療内視鏡（上部消化管・大腸・超音波等）、工業用内視鏡、一部湾曲機構を有する硬性鏡、カテーテルに代表される、管空内に挿入して観察及び修理・治療・採取等の処置を行うための挿入装置（又は、管状挿入システム）があり、他には、関節を有するマニピュレータ（例：ロボットアーム）、関節を有する人体・動物などの一部といったものでも、被検体として適用することができる。

【0016】

以下の実施形態では、ファイバセンサを有するプローブ部を装着する被検体として挿入装置を例とし、具体的には、内視鏡の挿入部を一例として説明する。また、後述するプローブ部の長手方向と芯材の長手方向は一致するものとする。

図 2 に示すように、内視鏡システム（管状挿入システム）200 は、観察対象物を挿入部先端に設けた撮像部にて撮像する内視鏡 201 と、撮像結果を画像処理する画像処理装置 202（ビデオプロセッサ）と、画像処理装置 202 と接続し、撮像され、画像処理された観察画像を表示する表示部であるモニタ 203 とを有している。

【0017】

内視鏡システム 200 は、内視鏡 201 にむけて照明光を出射する光源装置 204 と、照明光とは異なる、後述する形状センサの検出用の光を出射し、この光を検出する光出射検出装置 205 と、内視鏡システム 200 を制御する制御装置 206 とを有している。こ

10

20

30

40

50

の観察対象物とは、被検体（例えば体腔（管腔））内における患部や病変部等である。

【0018】

内視鏡201には、細長い挿入部210と、挿入部210の基端部と連結した操作部211とが配設される。内視鏡201は、管状の挿入部210を体腔内に挿入する管状挿入装置である。挿入部210は、挿入部210の先端部側から基端部側に向かって、先端硬質部212と、湾曲する湾曲部213と、可撓管部214とを有している。先端硬質部212の基端部は湾曲部213の先端部と連結し、湾曲部213の基端部は可撓管部214の基端部と連結している。

【0019】

先端硬質部212は、挿入部210の先端部及び内視鏡201の先端部であり、硬く、ここに撮像部が配置される。湾曲部213は、2つのノブからなる湾曲操作部218を操作し、所望の方向に湾曲する。湾曲部213を湾曲させ、先端硬質部212の位置と向きを変え、観察対象物を観察視野内に捉えて、照明光を観察対象物に照明する。湾曲部213は、図示しない節輪が挿入部210の長手軸方向に沿って連結され、構成される。

【0020】

可撓管部214は、所望な可撓性を有しており、外力によって曲がる。可撓管部214は、操作部211の本体部215から延出されている管状部材である。可撓性があることによって、湾曲部213を湾曲操作したり、ねじったりしながら、被検体である患者の消化器や気管支や泌尿器等の管空へ挿入していくことが可能となる。

操作部211は、可撓管部214が延出している本体部215と、本体部215の基端部と連結し、内視鏡201を操作するオペレータ（医師らの作業員）によって把持される把持部216と、把持部216と接続しているユニバーサルコード217を有している。

【0021】

図3Aは、内視鏡の挿入部、把持部及びユニバーサルコードが一体となった構成である。形状センサであるプローブ部5の具体的な配置としては、図3Aに示すように、可撓管部214内に組み込んだ内蔵タイプとしてもよいし、図3Bに示すように、鉗子チャンネル等に着脱可能なプローブ部5を必要に応じて内視鏡201に装着するようにしてもよい。図示しないセンサ駆動回路や被検体形状に伴う信号を検出するための信号検出回路は、上記部材に配置してもよいし、内視鏡本体側に配置してもよい。

【0022】

図4及び図5は、着脱可能なプローブ部5を被検体6又は挿入部6となる湾曲部213内に組み込む構成の断面を拡大して示している。図6は、湾曲部213の先端硬質部212を正面から見た構成を示す図である。プローブ部5が着脱可能な構成であれば、必要に応じて、固定具や固定機構を適宜用いる。

【0023】

図4及び図5には、湾曲部213内に装着された際に、プローブ部5を湾曲部213内に固定する固定候補位置5a, 5b, 5cを示している。それぞれの固定箇所固定するか否かについては、プローブ部5の機械的特性や形状検出性能などに応じて、最適な結果を示すよう、決定するものとする。例えば、プローブ部5を湾曲部213内の先端側の固定候補位置5aと後端側の固定候補位置5bに固定する構成は、図4に示す組み込みタイプにおいて、安定性の確保と製造の容易さから有効である。

また、図5に示すような着脱可能なタイプのプローブ部5においては、湾曲部213内の先端側にプローブ部5の先端を固定する構成が有効である。

【0024】

これらの以外の固定は、安定性向上が必要な場合に適宜追加することにするも製造上、有効な方法である。固定については、組み込みタイプにおいては、接着・締め付け・ねじ止めのような恒久的な安定な手法が望ましい。一方、着脱可能なタイプのプローブ部5においては、鉗子チャンネル等のガイド穴にスペーサをはさんだり、ガイド穴内でバルーンを膨らませてプローブ部5が動かないようにしたりするといった構成例が挙げられる。

【0025】

10

20

30

40

50

まず、形状センサシステムの基本構成について説明する。

図 1 1 A に示す形状センサシステム 1 0 0 は、光ファイバを含むプローブ部 1 0 1 と、光接続部 1 0 2 と、光源 1 0 3 と、光検出部 1 0 4 と、信号処理回路 1 0 5 とで構成される。

【 0 0 2 6 】

プローブ部 1 0 1 は、少なくとも挿入部 2 1 0 と同じ長さを有する光ファイバ 1 1 1 の周面に、湾曲状態を検出するための被検出部（湾曲検出部）1 1 2 が設けられ、先端には反射部材 1 1 4 が配置されて構成されている。光源 1 0 3 は、例えば、所望の波長特性を有する検出光となる光束を出射する LED 光源やレーザ光源である。また、光検出部 1 0 4 は、フォトダイオード等の受光素子を用いることができ、受光した検出光を光電変換し光量として示す電気信号を出力する。

10

【 0 0 2 7 】

光接続部 1 0 2 は、出射路側がコリメータレンズ 1 1 5 と、偏光フィルタ又は $\lambda/4$ 波長板 1 1 6 と、偏光ビームスプリッタ 1 1 7 と、対物レンズ 1 1 8 とで構成され、入射路側が、出射路側と共用される対物レンズ 1 1 8 及び偏光ビームスプリッタ 1 1 7 と、集光レンズ 1 1 9 とで構成される。信号処理回路 1 0 5 は、反射部材 1 1 4 の反射により戻る光束から湾曲検出部 1 1 2 における光量の損失の変動によって湾曲量を検出する。

【 0 0 2 8 】

図 1 1 B、図 1 1 C 及び図 1 1 D に示すように、1つの被検出部 1 1 2 が光ファイバ 1 1 1 に設けられていた場合に、湾曲する方向によって被検出部 1 1 2 が通過する光束（レーザ光）の光量を損失させる。

20

【 0 0 2 9 】

被検出部 1 1 2 は、光ファイバ 1 1 1 の周面から被覆及びクラッドの一部が除去されて、コアが露出されるように光開口部が形成され、この光開口部に光特性変換部材を充填して形成されている。この光特性変換部材は、光ファイバ 1 1 1 に導光された光束の光量や特性を変換させる導光損失部材（光吸収体）や波長変換部材（蛍光体）等である。以下の実施形態では、光特性変換部材として導光損失部材を用いる例で述べている。

【 0 0 3 0 】

形状センサシステム 1 0 0 において、光源 1 0 3 から出射された光束 1 1 3 は、光接続部 1 0 2 を介して光ファイバ 1 1 1 に導光され、途中の被検出部 1 1 2 の光特性変換部材に光束 1 1 3 の一部が吸収されて、光量の損失が発生する。この導光損失量は、光ファイバ 1 1 1 の湾曲量や湾曲方向によって変化する。

30

【 0 0 3 1 】

例えば、図 1 1 C に示すように、光ファイバ 1 1 1 が直線状態であっても、導光される光束 1 1 3 の一部が被検出部 1 1 2 に入射して、ある程度の光量が損失する。この光量の損失量を基準として、光ファイバ 1 1 1 が直線状態であると判断する。

【 0 0 3 2 】

図 1 1 B に示すように、光ファイバ 1 1 1 が、内周面上（内側）に被検出部 1 1 2 が配置される湾曲状態であれば、特性変換部材に入射する光束が少なくなり、基準とした導光損失量よりも少ない導光損失量が生じる。反対に、図 1 1 D に示すように、光ファイバ 1 1 1 が、外周面上（外側）に被検出部 1 1 2 が配置される湾曲状態であれば、特性変換部材に入射する光束が多くなり、基準とした導光損失量よりも多い導光損失量が生じる。

40

【 0 0 3 3 】

これらの導光損失量の変化は、光検出部 1 0 4 で受光される検出光量、即ち出力信号に反映される。従って、信号処理回路 1 0 5 により、光検出部 1 0 4 の出力信号に基づき、被検出部 1 1 2 が配置された箇所の湾曲形状（湾曲方向及び湾曲角度）を想定することができる。

【 0 0 3 4 】

以上のように、形状センサシステム 1 0 0 は、光ファイバ 1 1 1 の被検出部 1 1 2 による光量変調を光検出部 1 0 4 で検出し、その検出された信号値から湾曲量（曲がり具合）

50

が検出できる。また、複数の被検出部 1 1 2 を光ファイバ 1 1 1 の軸回り方向に分配し、それぞれの湾曲方向を合成することにより、プローブ部 1 0 1 の湾曲形状を検出し、延いては被検体の湾曲形状を認識することができる。この形状センサシステム 1 0 0 を内視鏡の挿入部に備え付けることにより、挿入部の現在の湾曲形状等の物理的状态を認識できるため、人体に挿入して観察、診断及び処置などを行うことができる。

【 0 0 3 5 】

[第 1 の実施形態]

次に、図 1 A 乃至図 1 D、及び図 7 を参照して、第 1 の実施形態に係る形状センサシステムについて説明する。

図 1 A は、形状センサシステム全体の概念的な構成を示し、直接、被検体に装着した例を示している。図 1 B は、形状センサシステムの全体の概念的な構成を示し、プローブ部を挿入装置（又は、挿入部）に組み付けて、被検体に挿入する例を示している。図 1 C は、図 1 A に対して、光ファイバに形状センサを設けたシステムの概念的な構成を示し、図 1 D は、図 1 B に対して、光ファイバに形状センサを設けた概念的な構成を示している。図 7 は、プローブ部の構成を示す図である。

10

【 0 0 3 6 】

本実施形態の形状センサシステム 1 は、図 1 A に示すように、センサ駆動回路 3 2、信号検出回路 3 3 及び信号処理 3 4 とを備える形状センサ制御部 3 1 と、形状センサ 3 0 が設けられ、後述する芯材有りの編み込まれた細径湾曲部材からなるプローブ部 5 と、により構成される。この構成において、センサ駆動回路 3 2、信号検出回路 3 3 及び信号処理部 3 4 は、図 1 1 A における前述した光源 1 0 3、光検出部 1 0 4 及び信号処理回路 1 0 5 と同等である。

20

【 0 0 3 7 】

センサ駆動回路 3 2 は、プローブ部 5 に設けた被検出部である形状センサ 3 0 の形状信号を取得するために必要なセンサ駆動、例えば、電源供給や電源の供給波形・供給タイミングや供給対象の制御など、を行う。信号検出回路 3 3 は、プローブ部 5 に設けた形状センサ 3 0 の信号を個別に検出、または、複数分をまとめて検出する。信号処理部 3 4 では、検出信号から、必要に応じて、個々の形状センサ 3 0 の信号を分離し、その上で、個々の形状センサ 3 0 の湾曲量を算出し、さらには、プローブ部 5 の形状を算出する。尚、図 1 A に示す構成と図 1 B に示す構成の違いは、使用する形態が異なり、プローブ部 5 を直接的に被検体 6 に装着するか、プローブ部 5 を挿入装置である内視鏡の挿入部 9 に組み付けて、被検体 6 に挿入するかの違いであり、プローブ部 5 は同じ構成である。センサ駆動回路、信号検出回路及び信号処理部は、図 2 に示す、内視鏡システムの操作部 2 1 1、または、本体側の一方に搭載、または、双方に分けて搭載するものとする。

30

【 0 0 3 8 】

本実施形態の、ファイバセンサを形状センサとして用いた形状センサシステム 1 は、光源 2 と、光カプラ 4 を搭載する光接続部 3 と、後述する芯材有りの編み込まれた光ファイバ 1 3 を含むプローブ部 5 と、光検出器 7 と、信号処理回路 8 で構成される。この構成で、光源 2、光検出器 7 及び信号処理回路 8 は、前述した光源 1 0 3、光検出部 1 0 4 及び信号処理回路 1 0 5 と同等であり、ここでの詳細な説明は省略する。尚、図 1 C に示す構成と図 1 D に示す構成の違いは、図 1 A と図 1 B の違いと同様であって、使用する形態が異なり、プローブ部 5 を直接的に被検体 6 に装着するか、プローブ部 5 を挿入装置である内視鏡の挿入部 9 に組み付けて、被検体 6 に挿入するかの違いであり、プローブ部 5 は同じ構成である。

40

【 0 0 3 9 】

光接続部 3 は、公知な構造の光カプラ 4 を搭載しており、光源 2 から出射された光束をプローブ部 5 へ光学的に伝達し、またプローブ部 5 の先端で反射された光束を光検出器 7 へ伝達するように、導光、分岐及び合波を行っている。尚、本実施形態では、光カプラ 4 を用いた構成であるが、前述した偏光ビームスプリッタ 1 1 7 を用いた構成であってもよい。また、形状センサであるファイバセンサの光源 2、光接続部 3、光検出器、信号処理

50

回路 8 は、図 2 に示す、内視鏡システムの操作部 2 1 1、または、本体側の一方に搭載、または、双方に分けて搭載するものとする。

【 0 0 4 0 】

図 7 に示すように、プローブ部 5 は、芯材 1 2 と、芯材 1 2 に 2 束以上の細径湾曲部材（例えば、光ファイバ）1 3 を後述するように螺旋状に巻き付け又は、芯材有りの編み込まれた細径湾曲部材（光ファイバ）編み込み部 1 4 と、外装部材 1 5 とによって形成される。細径湾曲部材の例としては、光ファイバの他に、歪センサなどの、形状センサや形状センサの配線材などが挙げられる。

【 0 0 4 1 】

芯材 1 2 は、細径の曲げ易い部材が用いられ、捻れや伸縮に対する剛性が高い部材が好適する。即ち、芯材 1 2 は、捻れ及び伸縮に対する剛性を有し、可撓可能である。例えば、金属材料であれば、ステンレス合金や Ni Ti 等の線材やこれらを撚った撚り線を用いることができ、樹脂材料であれば、カーボン等の強化繊維に繊維強化樹脂を含浸した樹脂部材であってもよい。また、芯材 1 2 は、中実構造だけではなく、例えば、ステンレス合金からなる管にスエージング加工を用いて細長い管形状に伸長加工した中空構造の部材であってもよい。また、この中空構造の中に別の部材を差し入れ、又は充填して一体化させた層構造であってもよい。

10

【 0 0 4 2 】

本実施形態の光ファイバ編み込み部 1 4 は、芯材 1 2 の長手方向に沿って列状に配置され、芯材 1 2 に固定された複数の被検出部 1 6 が設けられている。通常、湾曲方向も検出するには、2 つ以上の被検出部 1 6 が必要であり、検出範囲も数 1 0 0 mm 以上となると長手方向にも複数の被検出部 1 6 が必要となる。通常、被検出部 1 6 は、被検体 6 が取り得る形状や検出精度によって予め決められており、概ね数 1 0 mm から数 1 0 0 mm の範囲内の間隔で配置されている。

20

【 0 0 4 3 】

図 7 に示す例では、プローブ部 5 の先端近傍は、上述の範囲内のうちの狭い間隔で被検出部 1 6 が配置され、それ以外の基端側は、これよりも広い間隔で配置されている。これは、プローブ部 5 が組み付けられる挿入部先端には湾曲機構が設けられており、湾曲機構が特に湾曲する、即ち、曲率半径が小さくなるためである。従って、プローブ部 5 の先端近傍とは、操作者が操作する上で、湾曲形状を認識しなければならない先端からの検出範囲であり、少なくとも挿入部先端に設けられている湾曲機構の箇所を含む範囲となる。これらの被検出部 1 6 は、湾曲状態検出のための前述した導光損失部材又は波長変換部材等を用いた構成である。

30

【 0 0 4 4 】

このような被検出部 1 6 は、1 本の光ファイバ 1 3 上に配置してもよいし、複数の光ファイバ 1 3 上に配置してもよい。1 本の光ファイバ 1 3 上に全ての被検出部 1 6 を配置すれば、プローブ部 5 の細径化や検出系の単純化等により構成の小型化を実現する。その反面、数多くの被検出部 1 6 からそれぞれに取得された湾曲情報を分離抽出することが難しくなり、高精度な光検出器 7 や信号処理回路 8 を用いることでシステムの高コスト化を招く。他方、複数の光ファイバ 1 3 上に分配すれば、光ファイバ 1 3 の個数が増加することによって、プローブ部 5 の径が増大したり、複数の光接続部 3 や光検出器 7 が必要となったりするが、1 本当たり設けられる被検出部 1 6 の個数が減ることで、被検出部 1 6 から取得された湾曲情報を分離し抽出することが容易となる。

40

【 0 0 4 5 】

図 1 0 は、上述したように、複数の光ファイバ 1 3 上に被検出部 1 6 を配置した場合に、複数の光接続部 3 や複数の光検出器 7 を備える形状センサシステム 1 の構成例を示している。

被検出部 1 6 が設けられた光ファイバ 1 3 による光源から光検出器までの光束の導光経路は、同一経路反射型、同一経路透過型又は、別経路反射型等が知られている。本実施形態に適用できる被検出部 1 6 が設けられた光ファイバ 1 3 の本数や光束の導光経路のタイ

50

ブは、特に限定されるものではない。尚、図7においては一列に並ぶ被検出部16が示されているが、実際には、プローブ部5の左右上下方向の湾曲状態を検出するために、周方向に任意角度、例えば90°を空けた位置に図示しない列状に並ぶ被検出部16が存在する。勿論、2列に限定されるものではなく、さらに、光ファイバ編み込み部14の長手軸方向に沿って3列以上の被検出部16が配置された構成であってもよい。

【0046】

また、光ファイバ編み込み部14の先端14aは、先端部18を用いて、芯材12の先端側に固定される。この先端部18は、光ファイバ編み込み部14の先端を封止したり、被検体6へプローブ部5を固定したりするために利用される。挿入部9や被検体6へプローブ部5を固定する場合、芯材12も先端部18と共に固定されるため、湾曲による位置移動が生じ難くなり、安定した固定状態が得られる。尚、芯材12の先端側の反対側となる基端側において、光ファイバ編み込み部14の基端側が固定される場合もある。

10

【0047】

図12、図13A及び図13Bを参照して、プローブ部5の外装部材15について説明する。

図12は、外装部材15の外観形状を示し、図13Aは、直線状態の時のプローブ部5の断面構造を示し、図13Bは、湾曲時のプローブ部5の断面構造を示している。

外装部材15は、光ファイバ編み込み部14の外周面上に複数の光ファイバ13を内包するようにチューブ状に覆形成される。外装部材15は、光ファイバ編み込み部14の曲がりを阻害しない弾性部材が好適する。

20

【0048】

外装部材15は、円筒形状を成して、内部に収容して光ファイバ編み込み部14を保護すると共に、外部からの影響で、プローブ部5の長手方向の軸周りに、光ファイバ編み込み部14が回転したり長手方向に移動したり、又は光ファイバ13が長手軸方向に移動しないように設けられている。

【0049】

さらに、プローブ部5の先端に先端部18を設けて、外装部材15と芯材12を、必要に応じて適宜、固定している。また、先端部18は、光ファイバ編み込み部14を封止し、図1Bに示す構成であれば、挿入部9にプローブ部5を組み付ける機能を含んでいる。挿入部9へプローブ部5を組み付ける場合、芯材12も先端部18に固定されることで、光ファイバ編み込み部14の先端においては、挿入部9に対して安定的に固定される。

30

【0050】

図8は、先端部18と芯材12や外装部材15における第1の配置例を示している。

この配置例において、芯材12と先端部18を、芯材・先端部間の固定可能箇所Aに固定し、さらに、その先端部18を(図示しない)被検体へ固定する構成であれば、被検体に対して芯材を固定することと同じになる。この形態であれば、被検体に対する芯材12の配置の安定性が向上する。

【0051】

この様に、外装部材15を先端部18に固定すれば、外装部材15も被検体に対して安定性が向上する。一方で、外装部材15が外部から大きな外力やモーメントを受けやすい場合、外装部材15を先端部18に固定しないようにすることで、外部からの大きな外力やモーメントの影響が芯材12や芯材12に編み込んだ光ファイバ編み込み部14にも伝わり難くなり、被検体に対する芯材12の配置の安定性の向上が図れる。

40

【0052】

また、芯材12と先端部18を、芯材・先端部間の固定可能箇所Aで固定しない場合、芯材12は、先端において先端部18や外装部材15から影響を受けにくくなり、芯材自身がねじれにくければ、芯材12の配置の安定性の向上が図れる。この場合、外装部材・先端部間の固定可能箇所Bのように外装部材15と先端部18を接着固定して、隙間を無くすことで、形状センサのプローブ部5として封止性が向上する。

【0053】

50

さらに、図 9 は、後端部（基端側）と芯材 1 2 や外装部材 1 5 における第 2 の配置例を示している。

芯材 1 2 と後端部 1 9 を、図中の芯材・後端部間の固定可能箇所 C で固定し、さらに、後端部 1 9 を（図示しない）被検体 6 に挿入する挿入部 9 へ固定する。この場合、芯材 1 2 は、挿入部 9 に対してを固定したことと同じになる。この形態は、内視鏡などの挿入部に対して、形状センサの芯材の配置の安定性が向上する。

【 0 0 5 4 】

また、外装部材 1 5 と後端部 1 9 とを外装部材・後端部間の固定可能箇所 D で固定すれば、外装部材 1 5 も挿入部に対して安定性が向上する。一方で、外装部材 1 5 が外部から大きな外力やモーメントを受けやすい場合、外装部材 1 5 を後端部 1 9 に固定しないようにすることで、外部からの大きな外力やモーメントの影響が芯材 1 2 や芯材 1 2 に編み込んだ光ファイバ編み込み部 1 4 にも伝わりにくくなり、挿入部に対する芯材 1 2 の配置の安定性の向上が図れる。

10

【 0 0 5 5 】

また、芯材 1 2 と後端部 1 9 を芯材・後端部間の固定可能箇所 C で固定しなかった場合、後端での後端部 1 9 や外装部材 1 5 から影響を受けにくくなり、芯材 1 2 は自身がねじれにくければ、芯材の配置の安定性の向上が図れる。

尚、芯材 1 2 は後端部 1 9 の途中までの配置となっているが、後端部 1 9 をつきぬけてもよい。また、光ファイバ編み込み部 1 4 は、後端部 1 9 より先端側までの配置となっているが、後端部 1 9 の内径を適宜調整した上で、後端部 1 9 の途中、または、後端部 1 9 より手前側まで配置してもよい。

20

【 0 0 5 6 】

これらのように、芯材 1 2 の捻り剛性が高く、外部からの大きな外力やモーメントの影響が比較的小さい場合には、芯材 1 2 と外装部材 1 5 を先端部 1 8 及び後端部 1 9 の両方で固定することで、プローブ部 5（モジュール）としてのねじり剛性が向上し、封止性も向上する。

【 0 0 5 7 】

次に、図 1 3 A に示す直線状態のプローブ部 5 の断面構造は、外装部材 1 5 が円形形状である。しかし、プローブ部 5 が湾曲した時には、外装部材 1 5 が扁平形状となって、内部に設けられた光ファイバ編み込み部 1 4 の厚みよりも薄くなる部分が発生する。この薄くなった変形部分は、光ファイバ編み込み部 1 4 に外力を直接的に加えてしまい、光ファイバ編み込み部 1 4 を変形させたり、破損させたりする虞が生じる。また、プローブ部 5 の長手方向の軸周りへの回転や移動、又は光ファイバ 1 3 の長手軸方向への移動も生じやすくなる。

30

【 0 0 5 8 】

そのため、プローブ部 5 に最大曲率（または、最小曲げ半径）が定められている場合には、最大曲率とする湾曲時に、外装部材内面が、束ねられた複数のファイバ 1 3 を押さないように、湾曲における最小曲げ半径を下回らないように隙間の間隔を考慮して形成することで、図 1 3 B に示す様に、扁平となっても隙間が生じている状態を保持するため、扁平による問題を回避することができる。この隙間は、空間として扱っているが、プローブ部 5 の光ファイバ編み込み部 1 4 を覆い、柔らかく伸縮の大きい弾性部材や衝撃吸収部材が充填された状態であってもよい。

40

【 0 0 5 9 】

（第 1 の芯材有りの編み込み構造例）

図 1 4 A を参照して、第 1 の芯材有りの編み込み構造例について説明する。本実施形態を含む以下の実施形態で説明する芯材有りの編み込み構造及び、芯材無しの編み込み構造においては、芯材の周囲に細径湾曲部材を巻き付けた芯材有りの編み込み構造と称し、芯材無しで細径湾曲部材同士で三つ編み等に編み込んだ構造を単に編み込み構造と称している。

【 0 0 6 0 】

50

また、細径湾曲部材である光ファイバ13は、1本又は1本以上を束ねて束の単位として扱い、この束を2束以上を組として扱っている。ここでは、1本の細径湾曲部材であっても1束として扱っている。よって、例えば、2本の細径湾曲部材を1束として、2束を1組とする。これで2組の細径湾曲部材による編み込み構造を形成した場合には、4本の細径湾曲部材を用いた構成となる。また、細径湾曲部材に光ファイバ13を用いた場合において、編み込みに必要となる本数(組数)に、光ファイバ13の数が満たなかった場合には、不足する数の数合わせに、別途異なる細径湾曲部材を代用するように補われる。代用する細径湾曲部材としては、例えば、同径の光ファイバの素線を後述するようにダミーとして用いる場合がある。このダミーの光ファイバは、実際には、光束が導光されない光ファイバであるため、被検出部16を設ける必要は無い。尚、本実施形態の編み込み構造では、複数の細径湾曲部材を1束として扱い、複数束で組を構成した場合に、束間及び組間における細径湾曲部材の本数をそれぞれ等しくすることで、編み込んだ際に、プローブ部5の径の変化が均一的であり、プローブ部5に均等に負荷が掛かるようにすることが好ましい。但し、芯材12に巻き付ける際に周期(巻き間隔)を工夫することで、異なる本数の束を用いて編み込むことも可能である。特に、編み込む光ファイバやダミーの光ファイバが複数の種類・断面構造からなる場合には、適宜、編み込み強度や曲げの柔軟性・信頼性などの機械的側面や編み込み作業の時間低減などの目的に合わせて、編み込む本数の組合せを調整したり、強度補強・湾曲性向上・細径化などの目的に合わせた適切なダミーファイバと用いる本数を選択して編み込んだりすることが可能である。

10

20

【0061】

図14Aに示す第1の編み込み構造例では、2束1組とする2組(第1組と第2組)の被検出部16が設けられた光ファイバ21a, 21b, 22a, 22bによる編み込み構造について説明する。

まず、芯材12の周囲に長手方向に沿って、第1組の光ファイバ21aを螺旋状に時計回り(CW)で巻き付けると共に、光ファイバ21bを螺旋状に反時計回り(CCW)に同等に巻き付けて、半周する毎に交差する、即ち、 180° 毎に交差する複数の交差箇所 $\times 1$ で交差する周期(=ピッチ)pで編み込まれている。

【0062】

次に、第2組の光ファイバ22aを螺旋状に時計回り(CW)で巻き付けると共に、光ファイバ22bを螺旋状に反時計回り(CCW)に同等に巻き付けて、光ファイバ同士が半周するごとに交差する、即ち、 $p/2$ ピッチである 180° ずれた位置で交差する複数の交差箇所 $\times 2$ で交差するように編み込む。この時、第1組の光ファイバ21a, 21bの交差箇所 $\times 1$ と、第2組の光ファイバ22a, 22bの交差箇所 $\times 2$ の関係は、同一周上で芯材12の中心を挟んで対向する位置に配置されている。即ち、図14Aに示す芯材12の正面側に交差箇所 $\times 1$ が存在した場合には、交差箇所 $\times 2$ は、芯材12の裏面側に存在する。これは、長い編み込み構造を形成する場合には、周期的な構造を取ることにより、形状検出の演算処理に有利に働く。尚、光ファイバ21a, 21b, 22a, 22bにおける芯材12への巻き付けの順序は、上述した順序に限定されたものではなく、適宜、変更してもよい。

30

40

【0063】

(第2の編み込み構造例)

図14Bを参照して、第2の編み込み構造例について説明する。本例は、前述した第1の編み込み構造例と同様な2束1組とする2組(第1組と第2組)の光ファイバ21a, 21b, 22a, 22bによる編み込み構造である。

第2の編み込み構造例は、芯材12の周囲に長手方向に沿って、第1組、第2組の光ファイバ21aと光ファイバ22aが $p/4$ ピッチを空けて螺旋状で時計回り(CW)に巻き付けられ、第1組、第2組の光ファイバ21bと光ファイバ22bが $p/4$ ピッチを空けて螺旋状で反時計回り(CCW)に編み込まれて、それぞれの組の光ファイバが半周する毎に交差するように構成される。

【0064】

50

この時、第1組の光ファイバ2 1 a, 2 1 bの交差箇所x 1と、第2組の光ファイバ2 2 a, 2 2 bの交差箇所x 2の関係は、p / 4ピッチの位置ずれで配置されている。この巻き付けにおける位置ずれ量は、製造の容易さ、形状、サイズ及び機能等の違いによって、適宜変更してもよい。

【0065】

(第3の編み込み構造例)

図1 4 Cを参照して、第3の編み込み構造例について説明する。本例は、2本の光ファイバを1束として、2束1組とする光ファイバ2 5 a, 2 5 bと光ファイバ2 5 c, 2 5 dによる編み込み構造である。ここでは、4本全てが被検出部1 6が設けられた光ファイバを用いて形状検出に使用することを想定しているが、束と組の本数が同じであれば特に限定されるものではなく、この例においては、3本が被検出部を有する光ファイバであり、1本が被検出部が設けられていない、後述する同径のダミーの光ファイバを用いた組み合わせであってもよい。

10

【0066】

この第3の編み込み構造例においては、光ファイバ2 5 a, 2 5 bを合わせて、芯材1 2の周囲に長手方向に沿って、螺旋状に時計回り(CW)に巻き付けられ、第1組、第2組の光ファイバ2 5 cと光ファイバ2 5 dが螺旋状で、反時計回り(CCW)に同等に巻き付けられて構成され、半周するごとに交差するように同じ周期(=ピッチ)pで編み込まれている。この時、光ファイバ2 5 a, 2 5 bの束による交差箇所x 1と、光ファイバ2 5 c, 2 5 dの束による交差箇所x 2は、一致している。光ファイバ2 5 a, 2 5 bと光ファイバ2 5 c, 2 5 dの束は、それぞれに縊ってもよい。

20

【0067】

図1 4 A、図1 4 B及び図1 4 Cの編み込み構造は、芯材1 2に編み込まれた複数の細径湾曲部材が、逆巻きである鏡像配置であることを除き、全て共通の編み込みパターン(構造)を有している。

【0068】

さらに、図1 4 A、図1 4 B及び図1 4 Cの編み込み構造例において、細径湾曲部材の1組当たり束の"2"は、交差を有する編み込み構造を実現する最小の数である。つまり、1組に含まれる束の数をm(2)、同じ位置で一度に交差する束の数をn(2)とすると、1周期p当たりの交差の数は、m C nとなる。

30

ここで、交差する位置の間隔が一定でLだとすると、 $p = m C n \cdot L$ となる。編み込み構造に寄らずLの最小値は、ほぼ一定と考えられるので、m C nの値が小さい程、1周期pの長さが小さくなる。m C nを最小にするmとnの組合せは、 $m = n = 2$ であり、 $m C n = 1$ となる。この時、 $p = m C n \cdot L = L$ となる。

以上のことから、芯材を用いた編み込み構造において、2束による編み込み構造は、周期(=ピッチ)pを最小にすることができる。

【0069】

次に、図1 A、図7及び図1 5に示すフローチャートを参照して、前述した、ファイバセンサを形状センサとして用いた本実施形態の形状センサシステム1による被検体の湾曲形状の生成及び出力(表示)を行う手順について説明する。

40

まず、光源2を駆動し、所望の波長特性を有する検出光となる光束を出射する(ステップS 1)。光源2からの光束を導光路によって光接続部3の光カプラ4へ導光する(ステップS 2)。さらに、光カプラ4から光束を導光路によって、プローブ部5の光ファイバ1 3へ導光する(ステップS 3)。光ファイバ1 3に設けられた被検出部1 6によって光束を変調(波長変動・光量変動等)する(ステップS 4)。

【0070】

次に、プローブ部5からの戻り光束を導光路によって光カプラ4へ戻すように導光する(ステップS 5)。光カプラ4から導光路によって戻り光束を光検出器7へ導光する(ステップS 6)。光検出器7によって、各被検出部1 6によって変調されたそれぞれの戻り光束を検出する(ステップS 7)。

50

【 0 0 7 1 】

その検出された各被検出部 1 6 による戻り光束の変調度合いを求め、各被検出部 1 6 近傍における湾曲方向・湾曲量を推定する（ステップ S 8）。これらの推定された各被検出部 1 6 近傍における湾曲方向・湾曲量から、被検体 6 又は挿入部 9 の湾曲形状を求める。求められた被検体 6 又は挿入部 9 の湾曲形状を出力 / 表示する（ステップ S 1 0）。そして、さらに形状の検出を継続するか否かを判断して（ステップ S 1 1）、継続するのであれば（YES）、ステップ S 1 に戻り、形状の検出を継続しないのであれば（NO）、一連の形状検出を終了する。

【 0 0 7 2 】

次に、図 1 6 A、図 1 6 B を参照して、前述した編み込み構造の細径湾曲部材、被検出部及びその近傍に形成される複数の保持部の構成例について説明する。

本実施形態のプローブ部 5 は、プローブ部 5 の湾曲に伴い、細径湾曲部材である光ファイバ 1 3 に対して、ねじれの力が働いた時に、被検出部 1 6 に移動やねじれが生じないように保持及び固定する必要がある。光ファイバ 1 3 を保持させる対象部位としては、光ファイバ 1 3 同士の間、被検出部 1 6 同士の間、光ファイバ 1 3 と芯材 1 2 との間、光ファイバ 1 3 と外装部材 1 5 との間、等が考えられる。

【 0 0 7 3 】

図 1 6 A は、光ファイバ 1 3 を保持する第 1 の保持構成例を示している。第 1 の保持構成例は、接着剤を用いて、被検出部 1 6 の中央部分を個別に芯材 1 2 へ接着する保持部 4 1 と、及び被検出部 1 6 の近傍の光ファイバ 1 3 を芯材 1 2 に接着する保持部 4 2 とがある。

【 0 0 7 4 】

図 1 6 B は、光ファイバ 1 3 を保持する第 2 の保持構成例を示している。第 2 の保持構成例は、編み込み構造を補強するために、接着剤を用いて、被検出部 1 6 の交差箇所を芯材 1 2 に接着する保持部 4 3 と、及び被検出部 1 6 の交差箇所における芯材 1 2 に接着する保持部 4 4 とがある。

【 0 0 7 5 】

これらの保持部 4 1 乃至保持部 4 4 を設けることにより、プローブ部 5 が湾曲されたとしても、細径湾曲部材である光ファイバ 1 3、及び被検出部 1 6 が芯材 1 2 に対して保持されているため、プローブ部 5 に対する移動やねじれは発生しない。また、前述したプローブ部 5 の先端部 1 8 を挿入部 9 や被検体 6 へプローブ部 5 を固定することもできるため、挿入部 9 や被検体 6 に対しても、被検出部 1 6 の位置ずれや移動が発生せず、正確な位置検出が可能である。

【 0 0 7 6 】

次に、図 1 7 A、1 7 B を参照して、図 1 6 A、図 1 6 B に示した保持部に対して光ファイバ 1 3 の編み込みの周期（ピッチ） p が短いピッチの時の保持部の形成について説明する。

【 0 0 7 7 】

図 1 7 A に示すように、ピッチ p よりも長い周期（間隔）の一定の間隔（ピッチ） p_c を空けた状態で、2 束毎に芯材 1 2 に接着する複数の保持部を設けた構成である。ここでは、隣接する組の光ファイバ 1 3 の交差箇所 x_1 （ x_2 ）、被検出部 1 6 の交差箇所 y_1 及び、被検出部 1 6 の近傍で光ファイバ 1 3 の交差箇所 y_2 を個々に芯材 1 2 に接着して保持部 4 3、4 4、4 5 を設けている。

【 0 0 7 8 】

図 1 7 B に示すように、ピッチ p と同じ又はよりも長い周期（間隔）の一定の間隔（ピッチ） p_c を空けた状態で、4 束毎にまとめて芯材 1 2 に接着する複数の保持部を有する構成である。ここでは、光ファイバ 1 3 の交差箇所 x_1 、 x_2 をそれぞれ芯材 1 2 へ接着する保持部 4 7 を設けている。

【 0 0 7 9 】

光ファイバ 1 3 の交差箇所 x_1 と被検出部 1 6 の交差箇所 y_1 をそれぞれ芯材 1 2 へ接

10

20

30

40

50

着する保持部 48 を設けている。さらに、光ファイバ 13 の交差箇所 $\times 2$ と被検出部 16 の近傍で光ファイバ 13 の交差箇所 $y 2$ をそれぞれ芯材 12 へ接着する保持部 49 を設けている。これらの保持部においては、光ファイバ 13 の編み込みの周期 p と光ファイバ 13 の保持ピッチ $p c$ の関係は、 $p c = p$ としている。

【0080】

図 18 を用いて、被検出部 16 の配置例について説明する。

前述した被検出部 16 の配置例（例えば、図 16 A）では、光ファイバ 13 を芯材に螺旋状に編み込んでいるため、被検出部 16 は、芯材 12 の長手方向に対して斜めに配置されている。図 18 に示す配置例では、被検出部 16 がプローブ部 5 の長手方向と平行になるように保持部 50 により固定されている。この様に配置することで、被検出部 16 が検出している湾曲方向とプローブ部 5 の湾曲形状が一致ようになる。よって、斜めに配置した被検出部 16 が検出した方向は補正する必要があるが、長手方向と平行に被検出部 16 を配置することにより、補正無しで正確な湾曲状態を容易に検出することができる。

10

【0081】

このような配置は、被検出部 16 近傍のみプローブ長手方向に対して平行に配置してもよいし、編み込みの周期を被検出部 16 近傍で長くすることで、平行配置と同等、または、平行配置に近い形状センサの特性を得ることができる。

被検出部 16 における芯材 12 の中心に対する装着の向きについて説明する。

被検出部 16 は、元々、特定の方向への湾曲を検出する。被検出部 16 は、光ファイバ 13 と共に芯材 12 周りに編み込まれており、各々の被検出部 16 は、芯材 12 に対して、螺旋状の配置となる。そのため、芯材 12 中心に対する被検出部 16 の向きが変わると、プローブ部 5 が真っ直ぐな状態において基準として検出されている被検出部近傍における湾曲量と湾曲方向が変化する。

20

【0082】

こうしたことから、被検出部 16 の、芯材 12 中心に対する向きを揃えることができれば、各被検出部 16 の検出特性のばらつきを抑え、同様の傾向を持つ特性を得ることができる。

さらに、ファイバセンサの湾曲特性に応じて、芯材中心に対する向きを指定することで、湾曲特性のダイナミックレンジや線形性、検出精度などを向上させることができる。

30

【0083】

（ダミーの光ファイバ）

次に、図 19 を参照して、細径湾曲部材の代用として用いるダミーの細径湾曲部材又は光ファイバについて説明する。

通常、図 16 A に示したような被検出部 16 が設けられた検出用の光ファイバの本数は、湾曲量を測定したい箇所に設けられる被検出部 16 の個数と、検出系部位における物理的な制約（検出器の個数や配置されるスペース等）によって決まる。一方、編み込みに用いる細径湾曲部材の数は、編み込み構造に応じて、例えば、2 の倍数や 3 の倍数といった特定の数になる。そのとき、以下の（1）式が成り立つ必要がある。

検出用の光ファイバの本数 編み込みに用いる細径湾曲部材の数 ... (1)

前述したように、編み込みに必要な細径湾曲部材の本数が、検出に使用する検出用光ファイバ 13 の本数よりも多い場合の対応として、その不足する差分をダミーの細径湾曲部材、ここでは、ダミーの光ファイバを加えて補うことができる。

40

【0084】

また、細径湾曲部材に光ファイバ 13 を用いた場合において、編み込みに必要となる本数（組数）に、光ファイバ 13 の数が満たなかった場合には、不足する数の数合わせに、別途異なる細径湾曲部材を代用するように補われる。代用する細径湾曲部材としては、例えば、同径で被検出部 16 が設けられていない光ファイバをダミーとして用いる場合がある。

【0085】

例えば、図 19 に示す編み込み構造においては、光ファイバの 2 束 1 組とする 2 組（第

50

1組と第2組)の図14Aに示した螺旋状に巻き付けた構成と同等であり、被検出部16が設けられた光ファイバ21a, 21bを第1組とし、光ファイバ22a及びダミーの光ファイバ23を第2組としている。

【0086】

ダミーの光ファイバ23は、検出用の光ファイバ21a, 21b, 22aと同等、又はより耐久性の高い材料を用いて、他の光ファイバの被検出部16に影響を与えないように形成される。このダミーの光ファイバ23は、同材質で同径の光ファイバの素線であり、検出のための光束が導光されない光ファイバであるため、被検出部16を設ける必要はない。

【0087】

次に、図20A、図20Bを参照して、編み込み構造のプローブ部5が真っ直ぐな状態と湾曲した状態における光ファイバの長さについて説明する。

図20Aは、プローブ部5が真っ直ぐな状態における編み込み構造を示し、図20Bは、プローブ部5が湾曲した状態における編み込み構造を示している。

【0088】

編み込まれた細径湾曲部材である光ファイバ13が芯材中心から半径rだけ離れた位置で芯材の周りに巻き付いているとする。交差している部分の影響を無視すると、1周期p当たりの光ファイバの長さlは、

$$l = \sqrt{p^2 + (2r)^2}$$

となる。

【0089】

図20Bにおいて、光ファイバ編み込み部14を湾曲させた時の光ファイバ13の湾曲の外側の部分をa、内側の部分をbとする。湾曲前は、部分aも部分bも、l/2の長さとなる。プローブ部5が湾曲すると、部分aは、外側に配置されるため長くなり、部分bは内側に配置されるため、短くなる。しかしながら、部分aの伸び量と部分bの縮み量がほぼ等しくなることによって、1周期pあたりの光ファイバ13の長さはほぼ変化せず、lのままとなる。このように、1周期pあたりの光ファイバ13の長さが変化しないことは、どちらの向きに曲げても、複数の箇所でも曲げても成り立つということである。

【0090】

従って、曲げの有無にかかわらず、1周期pあたりの光ファイバ13の長さが変化しないことによって、光ファイバ13を周期的な間隔(長さ)を空けた位置で固定することができるため、複数箇所でも保持(固定)することが可能となる。このとき、保持(固定)間隔は、1周期p以上であればよく、反対に、1周期p未満の間隔であると、1周期pあたりの光ファイバ13の長さの調整機能が働かなくなる可能性が生じる。

【0091】

また、編み込みの周期(ピッチ)pの値は、プローブ部5が最大どれ位湾曲してもプローブ部5が安定した形状を保てるかに影響する。即ち、湾曲量が大きい場合には編み込みピッチpを小さくする必要があり、湾曲量が小さい場合には、編み込みピッチを大きくしてもよい。

【0092】

一方で、編み込みピッチが小さく、被検出部近傍が大きく挟れた状態となると、検出信号の変化量が減少し、検出感度が低下する可能性がある。また、編み込みピッチを大きくすれば、細径湾曲部材が真っ直ぐの状態に近くなり、編み込まない状態での検出に近い検出結果が得られる。

【0093】

これらのことから、編み込みの周期(ピッチ)pの値は、最大湾曲量に応じて、適切な値を選ぶ必要がある。プローブ全体での最大湾曲量から編み込みの周期(ピッチ)pの値を決定すれば、一定の編み込みピッチで編み込むことが出来、製造が容易となる。一方で、プローブ部の特定の部位の湾曲量が大きい場合や先端に近づくほど湾曲量が大きくなる場合には、図20C、図20Dに示すように、複数の編み込み周期(ピッチ)pを用いたり、

10

20

30

40

50

段階的に変化させたりすることも有効である。ここで、図20Cは、2つの光ファイバ13を互いに異なるピッチ p_1 、ピッチ p_2 ($p_1 < p_2$)で交互に編み込んだ構成例である。また、図20Dは、2つの光ファイバ13を左側から右側に編み込んだ場合に、右側に進むにつれて、ピッチが徐々に大きくなるように編み込む構成例である。

【0094】

以上、説明した第1の実施形態の形状センサシステム1は、以下の作用効果を要している。

プローブ部5は、被検出部16が設けられた1本以上の光ファイバ13を含む細径湾曲部材からなる束の複数の束を1組として、芯材12に交差を有するように螺旋状に巻き付けた編み込み構造を設けている。この編み込み構造を有するプローブ部5は、曲げられた時に、プローブ部5の径やプローブ内での光ファイバ13の配置に関わらず、光ファイバ13に長手方向への移動やプローブ周りの回転が生じにくい。そのため、検出用の光ファイバ13の本数が多くなってとしても、高精度で、高い信頼性を持つ形状センサを提供できる。また、編み込み構造を採用することで、編み込み周期内でのファイバ長さの調整機能が働くようになり、プローブ部5の中心軸から外れた位置に配置した光ファイバ13を複数箇所保持/固定することも可能となる。

【0095】

この編み込み構造は、2束以上の細径湾曲部材がプローブ部5の芯材12の長手方向に、ほぼ一定の周期で螺旋状に巻き付けられるため、編み込みによる被検出部の位置の特定や編み込み構造に必要な光ファイバの長さの特定が容易となり、製造が容易になる。

【0096】

また、編み込み構造で編みこまれた複数の細径湾曲部材が、(周期ずれ、)鏡像配置の場合を含めると、全て共通の編み込みパターン(構造)を有する単純な構造を取ることによって、製造が容易になる。また、編み込みによる被検出部16の位置の特定や編み込み構造に必要な光ファイバ13の長さの特定も同様に容易となる。

【0097】

プローブ部5にほぼ平行に配置される、剛性(ねじれ・伸縮)の高い芯材12を用いているため、プローブ部5の剛性が向上し、プローブ部5の周方向回りの回転や伸縮に対して強くなる。そのため、湾曲方向の検出誤差が生じにくく、また、引っ張りによる光ファイバ13の破断や圧縮による座屈が生じ難くなり、光ファイバのみからなるプローブ部に比べて、より高精度・高信頼性が得られる。

【0098】

本実施形態の芯材を用いた編み込み構造によれば、細径湾曲部材の束が2束1組からなる構成は、編み込みピッチを最小にすることができる。そのため、局所的な湾曲に対する光ファイバ13の長さの調整機能が向上し、同じ素材を用いた構成の場合、最も大きな曲率、即ち、最も小さな曲率半径の湾曲に対応することができる。また、編み込みピッチが最も小さいことで、編み込みピッチ以上の大きさでなければならぬ光ファイバ13の固定間隔も最も小さくすることができる。

【0099】

光ファイバ13は、被検出部16の近傍で芯材12に対して固定されているため、被検出部16の向きや位置が芯材からずれにくくなる。ねじれや伸縮に関わる剛性が高い芯材12を用いることで、プローブ部5の形状検出に関わる部分のねじれが発生し難くなり、検出精度が向上する。また、被検出部16近傍の固定は、被検出部16の向きや位置が芯材からずれ難くするための必要最小限で最も効果的な位置の固定となる。そのため、設計・製造上、最も効率がよい。

【0100】

螺旋状に芯材12に検出用の光ファイバ13の被検出部16近傍が所定ピッチで固定されているため、被検出部16の向きや位置が芯材からずれにくくなる。ねじれや伸縮に関わる剛性が高い芯材を用いることで、プローブ部5の形状検出に関わる部分のねじれが発生しにくくなる。その結果、検出精度が向上したり、プローブ部に対する芯材の固定をプロ

10

20

30

40

50

ープ部の両端、または、一端のみに限定することが可能となったりする。また、所定ピッチで光ファイバ13の固定は、被検出部16の位置や位置ずれに配慮する必要がなく、設計・製造が容易となる。このような光ファイバ13の固定は、一定の範囲に限定してもよく、芯材12への被検出部16を固定する構成と被検出部16の位置に関係無く所定ピッチで芯材12へ固定する構成とをプローブ全長において範囲を分けて配置してもよいし、両方の構成を重複させた構成とすることで、両方の構成の長所を活かすことができる。また、被検出部16が所定ピッチ上に配置されていることで、保持/固定のピッチとして共通に使うこと出来る。そのため、保持/固定の設計・製造が簡便になる。

【0101】

被検出部16をプローブ部5にほぼ平行に配置することで、プローブ部5と検出用の光ファイバ13の湾曲形状が被検出部近傍でほぼ一致する。そのため、被検出部16での光ファイバ13の湾曲形状の検出値をそのまま用いてプローブ部5の検出値とすることができる。また、プローブ部5が真っ直ぐな状態で湾曲していないため、測定の誤差もプローブ部5に対して斜めに配置された被検出部16よりも検出誤差を少なくすることが出来る。

10

【0102】

複数の細径湾曲部材の中に、ダミーの細径湾曲部材（被検出部の無い光ファイバ）を含む構造であるため、必要な検出用の光ファイバ13の本数と編み込み構造に必要な細径湾曲部材の本数の差が生じたときに、ダミーの細径湾曲部材を加えることで、所望する形状センサを提供することができる。また、被検出部16の無い光ファイバ23をダミーとすることで、編み込みに用いる細径湾曲部材間の機械的な特性の差がほぼ無くすることができ、バランスのとれた編み込み構造を実現できる。

20

【0103】

プローブ部5は、複数の細径湾曲部材を内包するように外側に外装部材15を設けているため、光ファイバ編み込み部を保護すると共に、外部からの影響で光ファイバ13が長手方向周りに回転したり、長手方向に移動したりせず、確実に保持させることができる。また、プローブ部5は、最大曲率（または、最小曲げ半径）を定め、湾曲時に外装部材の断面形状が、束ねられた複数の細径湾曲部材の断面形状を内包する構造を有しており、光ファイバ編み込み部の変形や破損を防止できる。

【0104】

30

[第2の実施形態]

次に、図21A及び図21Bを参照して、第2の実施形態に係る形状センサシステムについて説明する。図21Aは、細径湾曲部材の光ファイバを三つ編みに編み込んだ編み込み構造例を示す図である。図21Bは、紐による三つ編みの構造を概念的に示す図である。尚、本実施形態の形状センサシステムは、前述した第1の実施形態のシステム構成と同等であり、同じ参照符号を用いて、ここでの構成部位の説明は省略し、特徴部分のみについて説明する。

【0105】

本実施形態の形状センサシステム1は、前述した芯材12を用いずに、3本の細径湾曲部材、ここでは、光ファイバ13を用いた編み込み構造を有するプローブ部5を備えている。図21Aに示す三つ編みの構造は、前述した図14A、14B及び14Cと同様であり、編み込まれた複数の細径湾曲部材が全て共通の編み込みパターン（構造）を有している。この三つ編み構造は、細径湾曲部材の数は、芯材無しで交差を有する編み込み構造を取れる最小の数である。

40

【0106】

本実施形態は、芯材を用いていないため、芯材を有するプローブ部に比べて、細径化を実現することができる。同じピッチで編み込まれているため、被検出部の位置の特定や編み込み構造に必要な光ファイバ13の長さの特定が容易となり、製造が容易になる。

【0107】

次に、図22は、第1の変形例として、細径湾曲部材にダミーの光ファイバを含む三つ

50

編みの編み込み構造例を示す図である。この変形例は、1本の光ファイバ13と2本のダミーの光ファイバ23とを三つ編みした三つ編み構造である。ダミーの光ファイバ23は、前述したと同様に、同径で被検出部16が設けられていない光ファイバの素線を用いることができる。

【0108】

この第1の変形例は、第2の実施形態と同等の作用効果を有しており、光ファイバの素線を使用するため、第2の実施形態による三つ編み構造よりは低コストで実現することができる。

【0109】

次に、図23は、第2の変形例として、細径湾曲部材のうちの1本に金属線の縫り線を用いた三つ編みの構造を示す図である。図24は、第2の変形例において、被検出部近傍を接着で固定した状態を示す図である

この変形例は、2本の光ファイバとダミーの細径湾曲部材となる1本の細い金属線の縫り線とを組み合わせ、三つ編み構造に編み込まれている。

【0110】

この第1の変形例は、細径湾曲部材が芯材の代替えとして機能して、金属線24を撚った形状であるため、光ファイバ13が絡みやすくなり、被検出部16の向きや位置ずれが発生し難くなる。また、細径湾曲部材に剛性が高い細い金属線24を用いることで、プローブ部の形状検出に関わる部分のねじれに対して強度を有し、検出精度を低下させない。また、図24にしめすように、被検出部の近傍で2本の光ファイバ23が交差する箇所を金属線24に接着剤で接着する保持部52により固定される。

【0111】

次に、図25を参照して、第3の変形例について説明する。図25は、2本の細径湾曲部材を平結びで芯材に結びつけた、平結びの編み込み構造（芯材を含めて三つ編の構造）を示している。

本変形例は、図25に示すように、前述した図14Aに示した編み込み構造と同様に、光ファイバ21aと光ファイバ21bが芯材12を半周する毎に交差する、即ち、180°毎に交差する複数の交差箇所x1で交差する周期（=ピッチ）pで編み込まれている。

【0112】

また、さらに三つ編み構造の他にも図26Aに示すように、四つ編み構造や図26Bに示す六つ編み構造がある。

これらの四つ編み構造26及び六つ編み構造27においても、編み込みに必要とする本数の細径湾曲部材が不足していた場合でも、ダミーの細径湾曲部材（被検出部の無い光ファイバの素線や細径の金属線等）を加えることで、所望する編み込み構造が実現できる。

【0113】

さらに、所定の長さの編み込みができるため、検出用光ファイバの被検出部も所定ピッチで配置されることとなり、被検出部もプローブ部の所望する位置に配置することができる。また、編み込み構造であるため、被検出部の位置ずれに配慮する必要がなく、検出精度が向上し、且つ設計・製造が容易となる。

【0114】

以上説明した本発明の形状センサシステムは、以下の作用効果を含んでいる。

第1に、形状センサのプローブ部を曲げた時に、プローブ部の太さやプローブ内での光ファイバの配置に関わらず、光ファイバに長手方向への移動やプローブ周りの回転が生じにくい。そのため、検出用ファイバの本数が増えても、高精度で、高い信頼性を持つ形状センサを提供できる。また、芯材有りの編み込み構造又は芯材無しの編み込み構造を取ることで、編み込み周期内のファイバ長さの調整機能が働くようになり、プローブ部の中心軸から外れた位置に配置した光ファイバを複数箇所で保持/固定することも可能となる。

【0115】

第2に、編み込み構造部が少なくとも所定の範囲で一定の周期を持つことによって、製

10

20

30

40

50

造工程が容易になる。また、編み込みによる被検出部の位置の特定や編み込み構造に必要な光ファイバの長さの特定が容易となる。また、共通の編み込みパターンを用いた単純な構造を取ることによって、請求項2の構成においても特に、製造が容易になる。さらに、編み込みによる被検出部の位置の特定や編み込み構造に必要な光ファイバの長さの特定も同様に容易となる。

【0116】

第3に、プローブ部にほぼ平行に配置された剛性の高い芯材を設けることで、プローブ部の剛性が向上し、プローブ部の周方向回りの回転や伸縮に対して強くなる。そのため、湾曲方向の検出誤差が生じ難くなる。また、引っ張りによる光ファイバの破断や圧縮による座屈がしよじにくくなる。従って、光ファイバのみからなるプローブ部に比べて、より高精度・高信頼性なプローブ部となる。

10

【0117】

第4に、芯材有りの編み込み構造において、細径湾曲部材の束2束1組からなる構成は、編み込みピッチを最小にすることができる。そのため、局所的な湾曲に対する光ファイバの長さの調整機能が向上し、同じ素材を用いた構成の場合、最も大きな曲率、即ち、最も小さな曲率半径の湾曲に対応することができる。また、編み込みピッチが最も小さいことで、編み込みピッチ以上の大きさでなければならぬ光ファイバの固定間隔も最も小さくすることが出来る。

【0118】

第5に、検出用光ファイバの被検出部近傍で光ファイバを芯材に固定することで、被検出部の向きや位置が芯材からずれにくくなる。ねじれや伸縮に関わる剛性が高い芯材を用いることで、プローブ部の形状検出に関わる部分のねじれが発生しにくくなり、検出精度が向上する。また、被検出部近傍の固定は、被検出部の向きや位置が芯材からずれにくくするための必要最小限で最も効果的な位置の固定となる。そのため、設計・製造上、最も効率が良い。

20

【0119】

第6に、編み込みピッチ以上の所定ピッチで光ファイバを芯材に固定することで、被検出部の向きや位置が芯材からずれにくくなる。ねじれや伸縮に関わる剛性が高い芯材を用いることで、プローブ部の形状検出に関わる部分のねじれが発生しにくくなり、検出精度が向上する。また、所定ピッチで光ファイバの固定は、被検出部の位置や位置ずれに配慮する必要がなく、設計・製造が容易となる。このような光ファイバの固定は、一定の範囲に限定してもよく、芯材への被検出部固定の構成と範囲を分けて設けてもよいし、両方を重複した構成を設けることで、両方の長所を活かすことができる。

30

第7に、被検出部が所定ピッチ上に配置されていることで、保持/固定のピッチとして共通に使うこと出来る。そのため、保持/固定の設計・製造が簡便になる。

【0120】

第8は、被検出部をプローブ部にほぼ平行に配置することで、プローブ部と検出用の光ファイバの湾曲形状が被検出部近傍でほぼ一致する。そのため、被検出部での光ファイバの湾曲形状の検出値をそのまま用いてプローブ部の検出値とすることができる。また、プローブ部が真っ直ぐな状態で湾曲していないため、測定の誤差もプローブ部に対して斜めに配置された被検出部よりも検出誤差を少なくすることができる。

40

【0121】

第8に、必要な検出用ファイバの本数と編み込み構造に必要な細径湾曲部材の本数の差が生じたときに、ダミーの細径湾曲部材を加えることで、狙いのファイバセンサを提供することができる。また、被検出部の無い光ファイバをダミーとすることで、編み込みに用いる細径湾曲部材間の機械的な特性の差がほぼ無くすることができ、バランスのとれた編み込み構造を実現できる。

【0122】

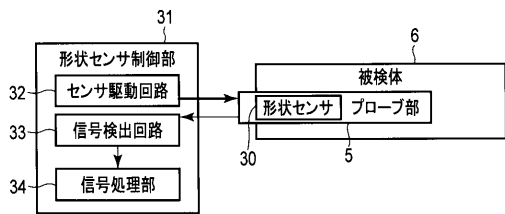
第9に、外装部材を設けることで、光ファイバ編み込み部を外部から保護と共に、外部からの影響で、光ファイバプローブ部長手方向周りに光ファイバ編み込み部が回転したり

50

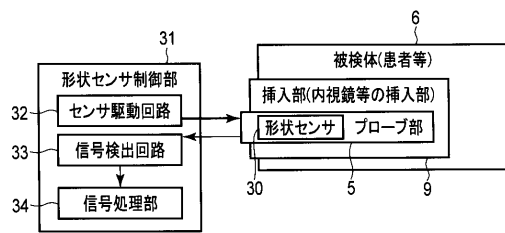
、長手方向に移動したりしない、又は、回転や移動をしがたくしたりすることができる。
【 0 1 2 3 】

第 1 0 に、プローブ部に最大曲率（または、最小曲げ半径）が定められている場合には、最大曲率での湾曲時に、外装部材内面の断面形状が、束ねられた複数の細径湾曲部材の断面形状を内包する（=どの方向にも大きい）ような外装部材とすることで、湾曲時に、光ファイバ編み込み部に力が加わることで、変形したり、破損したりすることを回避できる。その結果、光ファイバプローブ部長手方向周りの回転や長手方向の移動も生じにくくすることができる。

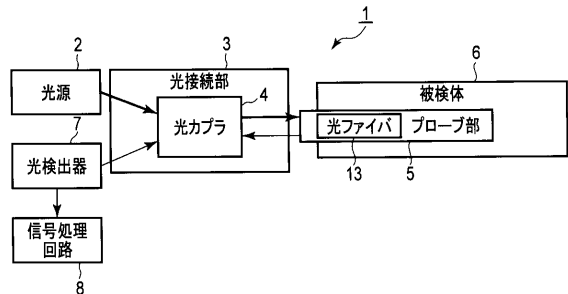
【 図 1 A 】



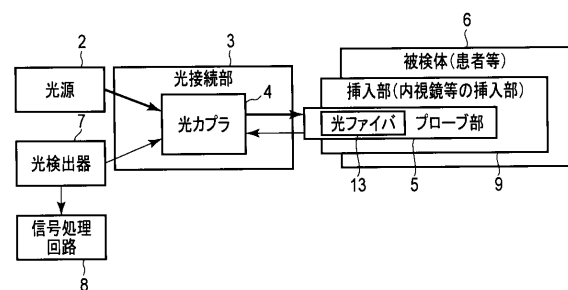
【 図 1 B 】



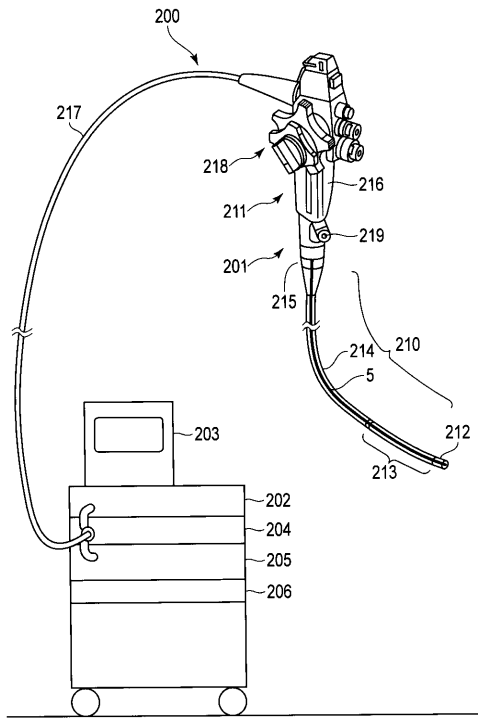
【 図 1 C 】



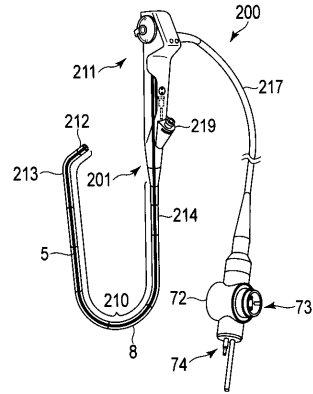
【 図 1 D 】



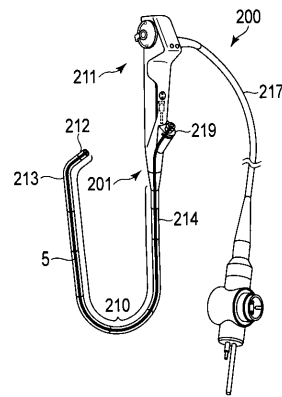
【 図 2 】



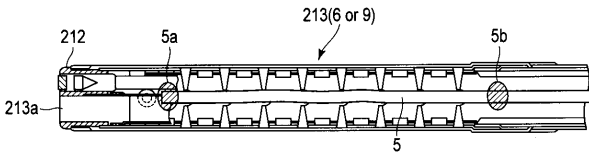
【 図 3 A 】



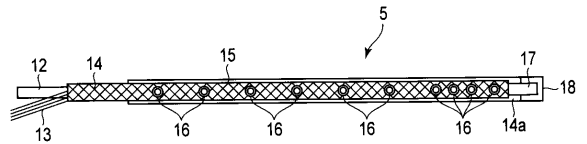
【 図 3 B 】



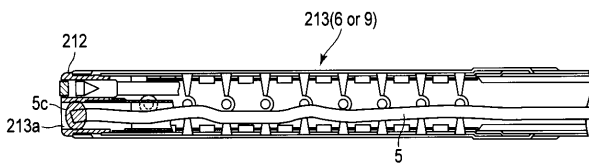
【 図 4 】



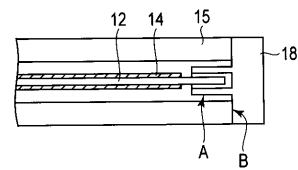
【 図 7 】



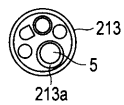
【 図 5 】



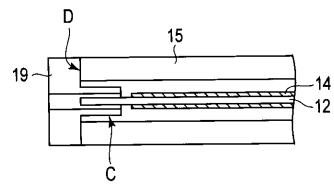
【 図 8 】



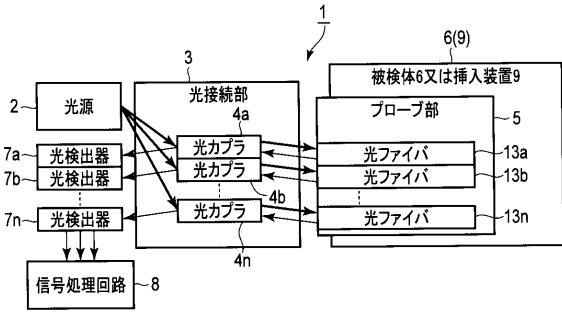
【 図 6 】



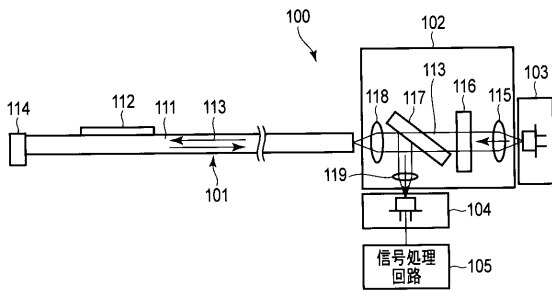
【 図 9 】



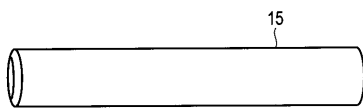
【図10】



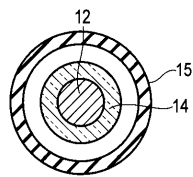
【図11A】



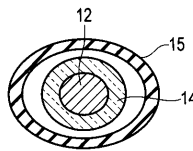
【図12】



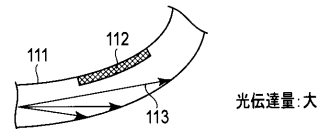
【図13A】



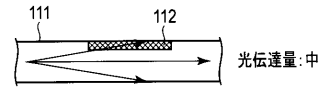
【図13B】



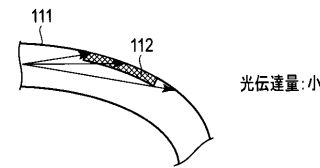
【図11B】



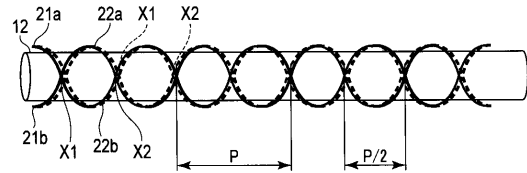
【図11C】



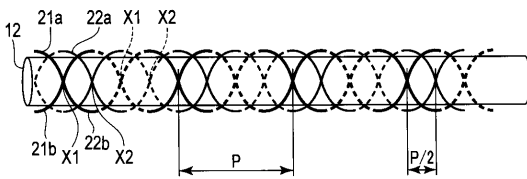
【図11D】



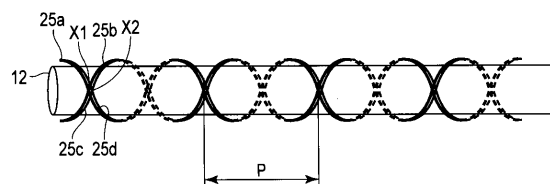
【図14A】



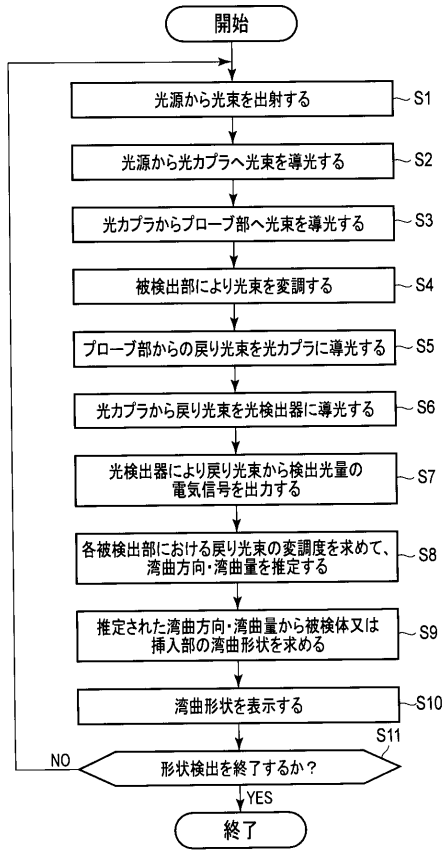
【図14B】



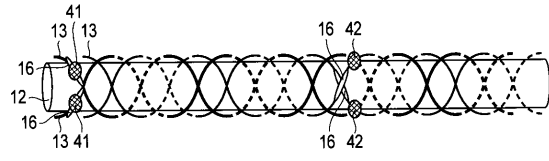
【図14C】



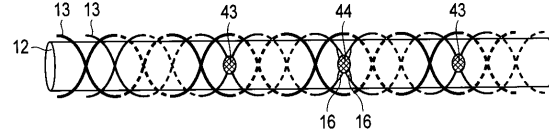
【 図 1 5 】



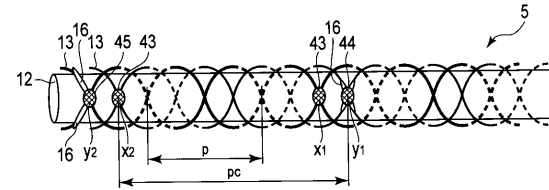
【 図 1 6 A 】



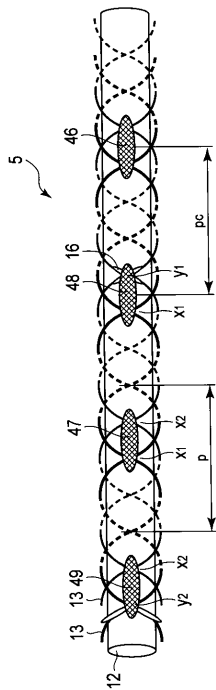
【 図 1 6 B 】



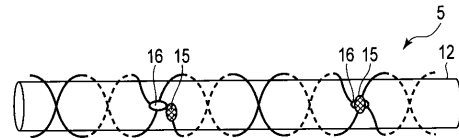
【 図 1 7 A 】



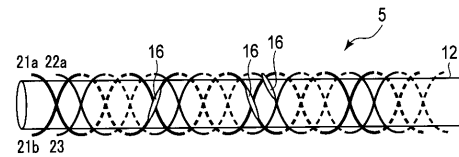
【 図 1 7 B 】



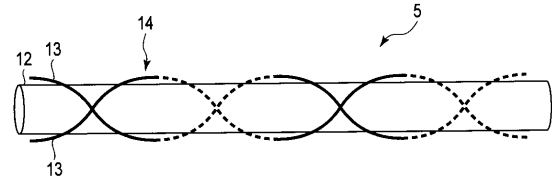
【 図 1 8 】



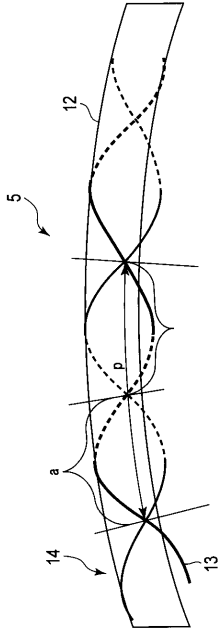
【 図 1 9 】



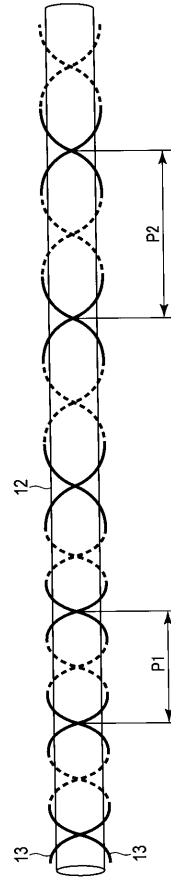
【 図 2 0 A 】



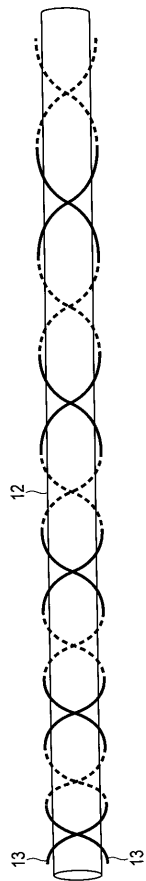
【 図 2 0 B 】



【 図 2 0 C 】



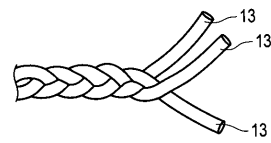
【 図 2 0 D 】



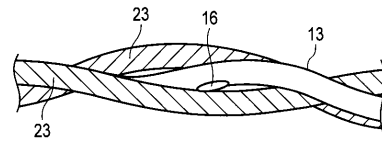
【 図 2 1 A 】



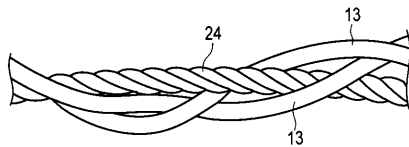
【 図 2 1 B 】



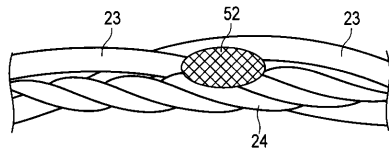
【 図 2 2 】



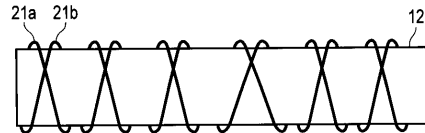
【図 2 3】



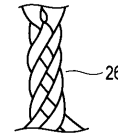
【図 2 4】



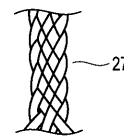
【図 2 5】



【図 2 6 A】



【図 2 6 B】



【手続補正書】

【提出日】平成30年10月19日(2018.10.19)

【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】

被検体の湾曲状態又は、湾曲形状を検出するための形状センサであって、前記形状センサは、前記被検体の対象部位の形状に倣って湾曲可能な細長い形状を有するプローブ部と、前記プローブ部の形状を検出するためのセンサ駆動回路と、前記被検体の形状に伴う信号を検出するための信号検出回路と、検出された信号から前記被検体の形状を推定するための信号処理部と、を備え、前記プローブ部は、該プローブ部の長手方向に沿って設けられた1つの剛性の高い芯材と、該芯材の周囲に編みこまれ、前記プローブ部の形状を検出するための情報を検出する被検出部が一箇所以上設けられた1本以上の細径湾曲プローブ要素が含まれる複数の細径湾曲部材とを有し、前記複数の細径湾曲部材は、2つ以上の束が二分され、一方の束が前記芯材の長手方向に時計回りの螺旋状に巻回され、他方の束が前記長手方向に左回りの螺旋状に巻回されて、前記束同士が複数の位置で交差されて、前記被検出部が長手方向周りに回転しないように保持される編み込み構造を形成する、形状センサシステム。

【請求項 2】

前記編み込み構造は、前記プローブ部の長手方向にほぼ一定の周期を有する、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 3】

前記編み込み構造で編み込まれた複数の細径湾曲部材が、鏡像配置の場合を含め、全て共通の編み込みパターンを有する、請求項 2 に記載の形状センサシステム。

【請求項 4】

細径湾曲部材の 1 本上からなる束の 2 束からなる組が 1 組以上あり、それぞれの束が前記芯材を右回り、または、左回りに巻きつき、半周するごとに交差するように編み込まれている、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 5】

前記形状センサは、前記被検出部が形成された複数の光ファイバを前記複数の細径湾曲部材として用いたファイバセンサであって、

前記被検出部が形成された光ファイバが、少なくとも全ての被検出部近傍において、前記芯材に対して固定されている、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 6】

前記形状センサは、前記被検出部が形成された複数の光ファイバを前記複数の細径湾曲部材として用いたファイバセンサであって、

前記被検出部が形成された複数の光ファイバが、所定ピッチで前記芯材に対して固定されている、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 7】

全ての前記被検出部が前記プローブ部の長手方向にほぼ所定ピッチ上に配置され、

前記被検出部が形成された全ての光ファイバが、全ての被検出部近傍を含む前記所定ピッチの間隔を置いた位置において、前記芯材に対して固定されている、請求項 6 に記載の形状センサシステム。

【請求項 8】

前記被検出部が形成された全ての光ファイバが、被検出部近傍で前記芯材にほぼ平行に、固定されている、請求項 5、又は請求項 7 に記載の形状センサシステム。

【請求項 9】

前記複数の細径湾曲部材には、前記形状センサの検出用の細径湾曲部材に類似した、ダミーの細径湾曲部材が含まれる、請求項 2 に記載の形状センサシステム。

【請求項 10】

前記プローブ部は、複数の細径湾曲部材を内包するように外側に配置された外装部材を更に有する、請求項 1 に記載の形状センサシステム。

【請求項 11】

前記プローブ部には、最大曲率又は、最小曲げ半径の何れかが定められており、

最大曲率での湾曲時に、前記外装部材の内面の断面形状が、束ねられた複数の細径湾曲部材の断面形状を内包する、請求項 10 に記載の形状センサシステム。

【請求項 12】

請求項 1 乃至請求項 11 に記載の形状センサシステムを有する内視鏡システムであって、
前記プローブ部が前記内視鏡システムの挿入部に組み込まれていることを特徴とする内視鏡システム。

【請求項 13】

長尺であり、湾曲可能な、細径部材を通すチャンネルを備えた挿入部を有する内視鏡システムの前記挿入部に、前記プローブ部が着脱可能に装着できることを特徴とする、請求項 1 乃至請求項 11 に記載の形状センサシステム。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

本発明に従う実施形態に係る形状センサシステムは、被検体の湾曲状態又は、湾曲形状を検出するための形状センサであって、前記形状センサは、前記被検体の対象部位の形状に倣って湾曲可能な細長い形状を有するプローブ部と、前記プローブ部の形状を検出するためのセンサ駆動回路と、前記被検体の形状に伴う信号を検出するための信号検出回路と、検出された信号から前記被検体の形状を推定するための信号処理部と、を備え、前記プローブ部は、該プローブ部の長手方向に沿って設けられた1つの剛性の高い芯材と、該芯材の周囲に編みこまれ、前記プローブ部の形状を検出するための情報を検出する被検出部が一箇所以上設けられた1本以上の細径湾曲プローブ要素が含まれる複数の細径湾曲部材とを有し、前記複数の細径湾曲部材は、2つ以上の束が二分され、一方の束が前記芯材の長手方向に時計回りの螺旋状に巻回され、他方の束が前記長手方向に左回りの螺旋状に巻回されて、前記束同士が複数の位置で交差されて、前記被検出部が長手方向周りに回転しないように保持される編み込み構造を形成する。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/063666
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B1/00(2006.01)i, G01B11/16(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G01B11/255 (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) A61B1/00-1/32, G01B11/16, G01B11/24, G01B11/255 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 A	JP 2004-517331 A (Canadian Space Agency), 10 June 2004 (10.06.2004), paragraphs [0078], [0143] to [0145]; fig. 35 to 42 & US 2002/0088931 A1 paragraphs [0145], [0212] to [0214]; fig. 35 to 42 & WO 2002/055958 A1 & EP 1350075 A1 & CN 1484750 A	1-3,10-14 4-9
X A	JP 2001-169998 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 26 June 2001 (26.06.2001), paragraphs [0065] to [0067]; fig. 13 (Family: none)	1-3,10-14 4-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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 22 July 2016 (22.07.16)		Date of mailing of the international search report 02 August 2016 (02.08.16)
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/JP2016/063666

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/0205526 A1 (BROWN, A. et al.), 25 August 2011 (25.08.2011), paragraph [0039]; fig. 4(E) & WO 2010/037229 A1 & EP 2364428 A1	1-14
A	JP 11-514940 A (Reflex Instrument AB), 21 December 1999 (21.12.1999), page 14, lines 21 to 27; fig. 6 & US 6023325 A column 8, lines 14 to 23; fig. 6 & WO 1997/016282 A1 & EP 958104 A1 & SE 9503873 A	1-14
A	JP 2013-178210 A (Olympus Corp.), 09 September 2013 (09.09.2013), paragraphs [0010] to [0037]; fig. 1A, 1B (Family: none)	1-14
A	JP 2007-44412 A (Pentax Corp.), 22 February 2007 (22.02.2007), paragraphs [0013] to [0041]; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-14
A	JP 2007-143600 A (Pentax Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraphs [0016] to [0065]; fig. 1 to 17 & US 2007/0116415 A1 paragraphs [0044] to [0086]; fig. 1 to 17 & DE 102006055588 A	1-14

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 6 3 6 6 6									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B1/00(2006.01)i, G01B11/16(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G01B11/255(2006.01)i											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B1/00-1/32, G01B11/16, G01B11/24, G01B11/255											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2016年	日本国実用新案登録公報	1996-2016年	日本国登録実用新案公報	1994-2016年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2016年										
日本国実用新案登録公報	1996-2016年										
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)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の 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 請求項の番号									
X A	JP 2004-517331 A (カナディアン・スペース・エージェンシー) 2004.06.10, 段落[0078], [0143]-[0145], 第35-42図 & US 2002/0088931 A1, 段落[0145], [0212]-[0214], 第35-42図 & WO 2002/055958 A1 & EP 1350075 A1 & CN 1484750 A	1-3, 10-14 4-9									
X A	JP 2001-169998 A (オリンパス光学工業株式会社) 2001.06.26, 段落[0065]-[0067], 第13図 (ファミリーなし)	1-3, 10-14 4-9									
<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		の日の後に公表された文献									
「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		「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									
「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		「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									
「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)		「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									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 22.07.2016		国際調査報告の発送日 02.08.2016									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) ▲高▼ 芳徳	2Q 9813								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 6 3 6 6 6
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の 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 請求項の番号
A	US 2011/0205526 A1 (BROWN, A. et al.) 2011.08.25, 段落[0039], 第4(E)図 & WO 2010/037229 A1 & EP 2364428 A1	1-14
A	JP 11-514940 A (レフレクス インストゥルメント アクティエボラージュ) 1999.12.21, 第14頁第21-27行, 第6図 & US 6023325 A, 第8欄第14-23行, 第6図 & WO 1997/016282 A1 & EP 958104 A1 & SE 9503873 A	1-14
A	JP 2013-178210 A (オリンパス株式会社) 2013.09.09, 段落[0010]-[0037], 第1A, 1B図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2007-44412 A (ペンタックス株式会社) 2007.02.22, 段落[0013]-[0041], 第1-10図 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2007-143600 A (ペンタックス株式会社) 2007.06.14, 段落[0016]-[0065], 第1-17図 & US 2007/0116415 A1, 段落[0044]-[0086], 第1-17図 & DE 102006055588 A	1-14

フロントページの続き

(72)発明者 羽根 潤

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 AA46 AA53 AA60 AA65 BB08 BB30 CC16 DD02 DD04 DD16
FF01 FF04 FF46 FF58 GG04 GG07 HH03 JJ05 JJ18 JJ23
LL02 LL03 LL33 LL36 LL37 PP22 PP24 PP25 PP26 QQ25
RR06 RR09 SS02 SS13 TT07 UU03 UU04
2H040 BA23 CA04 DA03 DA12 DA14 DA15 DA17 DA21
4C161 CC06 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)	形状传感器系统		
公开(公告)号	JPWO2017191685A1	公开(公告)日	2019-02-28
申请号	JP2018515386	申请日	2016-05-06
[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	羽根潤		
发明人	羽根 潤		
IPC分类号	A61B1/00 A61B1/018 G01B11/24 G02B23/24		
CPC分类号	A61B1/00006 A61B1/0055 G01B11/18 A61B1/00002 A61B1/005 G01B11/16 G01B11/255 G01D5/268 G02B6/06		
FI分类号	A61B1/00.552 A61B1/00.713 A61B1/018.515 G01B11/24.B G02B23/24.A		
F-TERM分类号	2F065/AA46 2F065/AA53 2F065/AA60 2F065/AA65 2F065/BB08 2F065/BB30 2F065/CC16 2F065/DD02 2F065/DD04 2F065/DD16 2F065/FF01 2F065/FF04 2F065/FF46 2F065/FF58 2F065/GG04 2F065/GG07 2F065/HH03 2F065/JJ05 2F065/JJ18 2F065/JJ23 2F065/LL02 2F065/LL03 2F065/LL33 2F065/LL36 2F065/LL37 2F065/PP22 2F065/PP24 2F065/PP25 2F065/PP26 2F065/QQ25 2F065/RR06 2F065/RR09 2F065/SS02 2F065/SS13 2F065/TT07 2F065/UU03 2F065/UU04 2H040/BA23 2H040/CA04 2H040/DA03 2H040/DA12 2H040/DA14 2H040/DA15 2H040/DA17 2H040/DA21 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF21 4C161/FF46 4C161/HH55		
代理人(译)	河野直树 井上 正 饭野滋 金子早苗		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

形状传感器系统具有编织结构，在该编织结构中，将具有被检测部的两根以上的光纤的小径弯曲构件以芯材，或光纤或假人为中心沿彼此相反的方向螺旋状地卷绕。其具有编织结构，其中编织了三个或更多个包括光纤或金属细线的小直径弯曲构件，并且多个检测部分沿芯材的轴向分布，并且通过组合各个弯曲方向来构造探针。检测该部分的弯曲形状，并且通过编织结构激活在编织周期内调节纤维长度的功能，并且不发生位置偏差。

