

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7134438号
(P7134438)

(45)発行日 令和4年9月12日(2022.9.12)

(24)登録日 令和4年9月2日(2022.9.2)

(51)Int. Cl. F I
G 0 1 D 5/353 (2006.01) G 0 1 D 5/353 A

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21)出願番号	特願2019-165072(P2019-165072)	(73)特許権者	598123138
(22)出願日	令和1年9月11日(2019.9.11)		学校法人 創価大学
(65)公開番号	特開2021-43052(P2021-43052A)		東京都八王子市丹木町一丁目236番地
(43)公開日	令和3年3月18日(2021.3.18)	(73)特許権者	515117682
審査請求日	令和3年5月11日(2021.5.11)		株式会社コアシステムジャパン
			東京都八王子市左入町624-12
		(74)代理人	110000800
			特許業務法人創成国際特許事務所
		(72)発明者	山崎 大志
			東京都八王子市丹木町1-236 創価大 学内
		(72)発明者	渡辺 一弘
			東京都八王子市丹木町1-236 創価大 学内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】光ファイバセンサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

伝送する光の一部を漏洩し、ヘテロコア部からなる光透過部を有し、入射端から入射されて前記光透過部を通過した光を出射端から出射する光ファイバと、

弾性体からなる弾性部材と、

前記弾性部材の両側に固定され、前記光透過部を含む部分の最小曲率半径が3mm以上8mm以下となるように円弧状に凸となる曲線部分と、前記曲線部分の両端部にそれぞれ曲率半径が連続して変化するようにして連続する2つの直線状の直線部分とが同一平面上に位置するように前記光ファイバが所定の角度を有して固定端から前記直線部分の一部がそれぞれ前記曲線部分に向かって飛び出すように固定される2つの固定部材とを備え、

前記弾性部材の弾性変形による前記2つの固定部材の間隔の変化に応じて前記最小曲率半径が変化することにより、前記光ファイバを伝送する光に損失に変化が生じるように構成されていることを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項2】

前記光ファイバは、前記固定部材に形成された直線状の溝に固定されていることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバセンサ。

【請求項3】

前記弾性部材は、前記2つの固定部材が離間する方向と直交する方向よりも前記2つの固定部材が離間する方向に変形し易いことを特徴とする請求項1又は2に記載の光ファイバセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバセンサに関する。

【背景技術】

【0002】

異なる径のコア及び該コアの外周に設けられたクラッドで構成され、伝送する光の一部を漏洩するヘテロコア部を有する光ファイバを用いて、歪みなど検出するヘテロコア式光ファイバセンサが知られている。ヘテロコア式光ファイバセンサは、ヘテロコア部の曲率半径の相違に応じて漏洩する光量が変化することに基いて、歪みなどを検出する。

10

【0003】

例えば、特許文献1には、摺動可能なガイド部の2点で光ファイバをヘテロコア部を中央として固定しておき、2点間の変位を検出する技術が開示されている。この技術においては、2点間における光ファイバの変形を所定の薄厚空間内に規制することによって、2点間に所定の変位が生じた場合に、光ファイバが常に同じように変形してヘテロコア部の曲率が一定になることを図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特許第5433883号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献1に開示された光ファイバセンサなどにおいては、光ファイバが2つの固定点から一直線状に他方に向うようにして固定されている。そのため、光ファイバに屈曲が生じる位置が必ずしも一定せず、屈曲した部分の位置に応じて計測結果が変化する。また、光ファイバが破損しないように局所的に曲率半径が小さくならように光ファイバを屈曲させる必要があるため、高精度の計測を行うことができない。

【0006】

本発明はかかる背景に鑑みてなされたものであり、計測精度向上を図ることが可能な光ファイバセンサを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の光ファイバセンサは、伝送する光の一部を漏洩し、ヘテロコア部からなる光透過部を有し、入射端から入射されて前記光透過部を通過した光を出射端から出射する光ファイバと、弾性体からなる弾性部材と、前記弾性部材の両側に固定され、前記光透過部を含む部分の最小曲率半径が3mm以上8mm以下となるように円弧状に凸となる曲線部分と、前記曲線部分の両端部にそれぞれ曲率半径が連続して変化するようにして連続する2つの直線状の直線部分とが同一平面上に位置するように前記光ファイバが所定の角度を有して固定端から前記直線部分の一部がそれぞれ前記曲線部分に向かって飛び出すように固定される2つの固定部材とを備え、前記弾性部材の弾性変形による前記2つの固定部材の間隔の変化に応じて前記最小曲率半径が変化することにより、前記光ファイバを伝送する光に損失に変化が生じるように構成されていることを特徴とする。

40

【0008】

本発明の光ファイバセンサによれば、円弧状に凸となる曲線部分と2つの直線状の直線部分とが連続して同一平面上に位置するように光ファイバが固定されている。これにより、光透過部が曲線部分の同じ部分に常に位置することになるので、2つの固定部材の間隔と曲線部分の曲率半径との間、光ファイバの光透過部から漏洩する光の損失量との間には、再現性の良好な相関関係が存在する。さらに、光透過部を含む部分の最小曲率半径が3mm以上8mm以下と小さいので、高精度な計測を行うことが可能となる。

50

【0009】

本発明の光ファイバセンサにおいて、前記光ファイバは、前記固定部材に形成された直線状の溝に固定されていることが好ましい。

【0010】

この場合、光ファイバの2つの直線部分の始点及び角度を一定のものとするが容易となる。

【0011】

また、本発明の光ファイバセンサにおいて、前記弾性部材は、前記2つの固定部材が離間する方向と直交する方向よりも前記2つの固定部材が離間する方向に変形し易いことが好ましい。

10

【0012】

この場合、弾性部材は、2つの固定部材の間隔に変化に容易に追従することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態に係る光ファイバセンサを示す図であり、図1Aは模式上面図、図1Bは模式側面図。

【図2】ヘテロコア部を有する光ファイバを示す図であり、図2Aは説明図、図2Bは模式断面斜視図。

【図3】光ファイバセンサを用いたシステムを示す説明図。

20

【図4】光ファイバセンサの変形例に係る模式上面図。

【図5】光ファイバセンサの別の変形例に係る模式上面図。

【図6】 $0\ \mu\text{m} \sim 600\ \mu\text{m}$ の範囲で伸縮させた場合における光損失の変化を示すグラフ。

【図7】 $295\ \mu\text{m} \sim 325\ \mu\text{m}$ の範囲で伸縮させた場合における光損失の変化を示すグラフ。

【図8】 $0 \sim 60$ の範囲で加熱、冷却させた場合における光損失の変化を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の実施形態に係る光ファイバセンサ100について図面を参照して説明する。なお、図面は、光ファイバセンサ100及びその構成要素などを明確化するためにデフォルメされており、実際の比率を表すものではない。また、上下などの方向は光ファイバセンサ100単体における方向であり、光ファイバセンサ100の取付方向などに応じて変化し得る。

30

【0015】

光ファイバセンサ100は、図1A及び図1Bを参照して、ヘテロコア部HPを有する光ファイバ10と、光ファイバ10を所定の形態にて固定することが可能に構成された基板20とから構成されているヘテロコア式光ファイバセンサである。

【0016】

光ファイバセンサ100は、計測対象物Pの歪みや変位を計測するセンサである。計測対象物Pは、例えば、機械、機器、部品等の構造体、人体、コンクリート造の建築物などである。また、光ファイバセンサ100は、歪みや変位を計測するセンサを利用したセンサ、例えば、圧力センサ、傾斜センサなどとして用いてもよい。

40

【0017】

光ファイバ10は、入射端側の光ファイバ11と、出射端側の光ファイバ12と、光ファイバ11、12b間に挿入されたヘテロコア部HPとから構成されている。

【0018】

図2A及び図2Bも参照して、ヘテロコア部HPは、光ファイバ11と光ファイバ12との間に設けられ、伝送される光の一部を漏洩（リーク）する。ヘテロコア部HPは、本発明の光透過部に相当する。

50

【0019】

ヘテロコア部HPは、ここでは、コア13と、その外周部に設けられたクラッド14とを有する短いシングルモード光ファイバである。例えば、コア13の径は5 μm であり、クラッド14の径は125 μm であり、長さは2.0mmである。一方、光ファイバ11, 12はともに、コア15と、その外周部に設けられたクラッド16とを有する長いシングルモード光ファイバである。例えば、コア15の径は9 μm であり、クラッド16の径は125 μm である。このように、ヘテロコア部HPのコア径は、光ファイバ11, 12のコア径よりも小さくなるように構成されている。

【0020】

なお、ヘテロコア部HP、光ファイバ11, 12の双方、あるいは一方が、マルチモード光ファイバであってもよい。ただし、ヘテロコア部HP及び光ファイバ11, 12がシングルモード光ファイバであれば、外部からの影響がより受け難いので好ましい。また、ヘテロコア部HPのコア径が、光ファイバ11, 12のコア径よりも大きくなるように構成されていてもよい。また、ヘテロコア部HPが、光ファイバ11, 12のコア15の屈折率あるいはクラッド16の屈折率と同等の屈折率を有する素材からなるものであってもよい。この場合も、コア15の径が、0あるいはクラッド16の径と同じである一種のヘテロコア構造であると考えることが可能である。

【0021】

ヘテロコア部HPと光ファイバ11, 12とは、長手方向に直交する界面17でコア13, 15が接合するように、略同軸に、放電による融着などによって接合されている。なお、コア13に予めスリットを形成しておき、熔融延伸することによって、ヘテロコア部HPを形成してもよい。また、コア13, 15の径が漸次変化するものであってもよい。

【0022】

このように、光ファイバ11, 12の中途部にヘテロコア部HPが存在しているので、界面17におけるコア径の相違によって、光の一部がヘテロコア部HPのクラッド14に漏洩し、伝送される光が損失される。ヘテロコア部HP及びその近傍の光ファイバ11, 12の曲率半径Rが小さいほど、光の損失量(リーク量)が大きくなる。

【0023】

図3を参照して、光ファイバ10の入射端である光ファイバ11の入射端には、半導体発光ダイオード(LED)や半導体レーザなどの発光素子を有する光源30が接続されている。光ファイバ10の出射端である光ファイバ12の端部には、フォトダイオード(PD)や電荷結合素子(CCD)などの受光素子を有する光パワーメータなどの受光部40が接続されている。さらに、受光部40には、CPUやメモリ等を備えた検出部50が接続されている。なお、受光部40から検出部50に無線で受光信号を送信してもよい。

【0024】

図1A及び図1Bを参照して、基板20は、光ファイバ11, 12が固定される第1及び第2の固定部材21, 22と、第1の固定部材21と第2の固定部材22の間を接続するように配置された弾性部材23とを備えている。第1及び第2の固定部材21, 22の間において、光ファイバ10は弾性部材23との間に実質的に隙間が設けられており、弾性部材23の変形とは無関係に自由に変形が可能となっている。

【0025】

第1及び第2の固定部材21, 22には、それぞれ光ファイバ11, 12の所定の長さ部分が接着剤などによって固定されている。光ファイバ11は、第1の固定部材21の第2の固定部材22側の端部(第1の固定端)Aから第2の固定部材22側に向かって所定の角度 θ_1 を有して飛び出すように固定されている。そして、光ファイバ12は、第2の固定部材22の第1の固定部材21側の端部(第2の固定端)Bから第1の固定部材21側に向かって所定の角度 θ_2 を有して飛び出すように固定されている。

【0026】

そして、ここでは、これら飛び出し角度 θ_1 , θ_2 は同じであり、第1及び第2の固定端点A, Bの中間点を対称として、光ファイバ10がヘテロコア部HPを含む部分の最小

10

20

30

40

50

曲率半径 R_{\min} が 3 mm 以上 8 mm 以下となるように円弧状に凸となる曲線部分 P 1 と、曲線部分 P 1 の両端部にそれぞれ連続する 2 つの直線状の直線部分 P 2 とが同一平面上に位置している。

【 0 0 2 7 】

曲線部分 P 1 は、曲率半径 R が連続して変化する略円弧状の部分であり、この円弧状の円弧のなす角度は 180 度以下、好ましくは 150 度以下、さらに好ましくは 120 度以下となっている。そして、ヘテロコア部 H P が、曲線部分 P 1 の中間又は少なくともその近傍に位置している。

【 0 0 2 8 】

第 1 及び第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 は、弾性部材 2 3 を形成する素材と比較して変形し難い素材から形成されている。第 1 及び第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 は、例えば、ABS 樹脂などの硬質樹脂、ステンレス鋼などの金属、セラミックスなどから形成されている。第 1 の第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 は、厚さが同じ板状であり、ここでは、矩形板状であるが、円板状などの他の形状であってもよい。

10

【 0 0 2 9 】

光ファイバ 1 1 , 1 2 は、それぞれ第 1 及び第 2 の固定端 A , B を固定端として、第 1 及び第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 の上面に所定の長さだけ固定されている。ここでは、光ファイバ 1 1 , 1 2 は、第 1 及び第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 の上面に形成された溝 2 1 a , 2 2 a に収容されて固定されている。

【 0 0 3 0 】

具体的には、光ファイバ 1 1 は、第 1 の固定部材 2 1 の上面に形成された第 1 の溝 2 1 a に収容されて固定されることにより、第 1 の溝 2 1 a の第 2 の固定部材 2 2 側の端部である第 1 の固定端 A を固定端として固定される。また、光ファイバ 1 2 は、第 2 の固定部材 2 2 の上面に形成された第 2 の溝 2 2 a に収容されて固定されることにより、第 2 の溝 2 2 a の第 1 の固定部材 2 1 側の端部である第 2 の固定端 B を固定端として固定される。固定端 A , B 間の間隔 D は、数 cm 程度であり、その変動は最大数 mm 程度である。

20

【 0 0 3 1 】

このようにして、光ファイバ 1 1 , 1 2 を溝 2 1 a , 2 2 a に収容して固定することにより、光ファイバ 1 1 , 1 2 を所定の飛び出し角度 θ_1 , θ_2 を有して所定位置の第 1 及び第 2 の固定端 A , B に固定することが容易となる。ただし、光ファイバ 1 1 , 1 2 は第 1 及び第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 の上面などに接着剤などによって固定されるものであってもよい。なお、固定端 A , B 間の光ファイバ 1 0 には、少なくとも初期状態において、圧縮力や張力が付与されていないことが好ましい。

30

【 0 0 3 2 】

弾性部材 2 3 は、少なくとも第 1 及び第 2 の固定部材 2 1 , 2 2 の間を接続している。弾性部材 2 3 は、薄厚の伸縮性に優れた素材から形成されており、計測対象物 P の変形に良好に追従する。弾性部材 2 3 は、固定部材 2 1 , 2 2 と比較して変形し易い素材、例えば、軟質樹脂、布、ステンレス鋼薄板等の金属薄板、シリコンゴム等のゴムなどから形成されている。

【 0 0 3 3 】

弾性部材 2 3 は、ここでは、矩形状であり、固定端 A , B が離間する方向（図 1 A における横方向）とこれと直交する方向（図 1 A における縦方向）とで、同じ程度に変形し易い。

40

【 0 0 3 4 】

ただし、弾性部材 2 3 は、このような性状に限定されず、例えば図 4 に示すように、開口 2 3 a や切り欠き 2 3 b を形成することによって、固定端 A , B が離間する方向と直交する方向よりも固定端 A , B が離間する方向に変形し易くするものであってもよい。これにより、弾性部材 2 3 は、固定端 A , B の間隔 D の変化にさらに容易に追従することが可能となる。

【 0 0 3 5 】

50

さらに、弾性部材 23 は、例えば図 5 に示すように、固定端 A, B が離間する方向に延在する延在部 23c を有することによって、固定端 A, B が離間する方向と直交する方向に変形し難いものとしてもよい。これにより、弾性部材 23 によって、固定端 A, B の間の変形を間隔 D の変化のみに変換させることが可能となる。

【0036】

そして、弾性部材 23 のうち第 1 及び第 2 の固定部材 21, 22 に固定された部分のそれぞれの下面に第 1 及び第 2 の取付部材 24, 25 が固定されている。取付部材 24, 25 は、厚さが同じ板状であり、ここでは、矩形板状であるが、円板状などの他の形態であってもよい。

【0037】

取付部材 24, 25 は、固定部材 21, 22 と同様に、少なくとも弾性部材 23 と比較して変形し難い素材、例えば、ABS 樹脂などの硬質樹脂、ステンレス鋼等の金属、セラミックスなどから形成されている。取付部材 24, 25 の下面が計測対象物 P に接触して取り付けられる。取付部材 24, 25 は、その下面が計測対象物 P の被計測部分の上面にそれぞれ接着剤等によって固定される。

【0038】

なお、取付部材 24, 25 は、固定部材 21, 22 が固定されている面（上面）の反対側の面（下面）に固定されていることが好ましい。取付部材 24, 25 は、少なくとも固定部材 21, 22 が固定された部分の対向する側の端部より外側に取り付けられている。

【0039】

ただし、取付部材 24, 25 は存在しなくともよい。この場合、固定部材 21, 22 が固定されている部分の下面（裏面）に計測対象物 P が接着剤などによって直接的に固定させればよい。

【0040】

以上のように構成された基板 20 に上記の形態にて固定されることによって、光ファイバ 10 は計測対象物 P の被計測部分の表面に沿って固定部材 21, 22 の間に配置される。そして、光ファイバ 10 は、計測対象物 P の変形によって固定端 A, B 間の間隔 D が変化することによって、曲線部分 P1 の曲率半径 R が変化する。ここで、弾性部材 23 の固定部材 21, 22 が固定されている部分は固定部材 21, 22 によって変形が抑制されるので、固定端 A, B 間の間隔 D の変化に応じて、光ファイバ 10 の曲率半径 R が変化することになる。そして、この曲率半径 R の変化に応じて、光の損失量が増減する。

【0041】

次に、以上のように構成された光ファイバセンサ 100 を用いた計測対象物 P の歪みや変位を計測する方法について説明する。

【0042】

まず、計測対象物 P の被計測部に取付部材 24, 25 を固定するなどして光ファイバセンサ 100 を取り付ける。なお、計測対象物 P の被計測部は、平らな平面であるものに限定されない。固定端 A, B の間に位置する円弧状の曲線部分 P1 と 2 つの直線部分 P2 とが連続して同一面上に位置するので、この面が平面であるか否かに関わらず、間隔 D の変化に応じて光の損失量が増減する。

【0043】

計測対象物 P の変形などによって取付部材 24, 25 が取り付けられている部分の間隔が変化すると、固定端 A, B の間隔 D が変化し、曲線部分 P1 の曲率半径 R が変化する。具体的には、取付部材 24, 25 の取り付け部分の間隔が伸長すると、間隔 D が大きくなって、曲線部分 P1 の曲率半径 R が減少し、光の損失量が大きくなる。一方、取付部材 24, 25 の取り付け部分の間隔が収縮すると、間隔 D が小さくなって、曲線部分 P1 の曲率半径 R が増大し、光の損失量が小さくなる。

【0044】

そこで、予め、光源 30 から一定強度の光を出射し、間隔 D の変化に応じた受光部 40

10

20

30

40

50

での受光量とを予め計測しておき、検出部 50 にデータとして格納しておく。そして、受光部 40 での受光量から間隔 D、ひいては計測対象物 P を検出部 50 によって検出することが可能となる。

【0045】

このように、間隔 D の変化と、曲線部分 P1 の曲率半径 R との間、ひいては光の損失量との間には、再現性の良好な相関関係が存在する。これは、固定端 A, B における光ファイバ 11, 12 の飛び出す角度 θ_1, θ_2 が一定であり、円弧状の曲線部分 P1 と 2 つの直線部分 P2 とが連続して同一面上に位置するので、ヘテロコア部 HP が曲線部分 P1 の同じ部分に常に位置していることに基づく。さらに、この部分の曲率半径 R が 3 mm 以上 8 mm 以下と小さいので、高精度な計測を行うことが可能となる。

10

【0046】

例えば、図 4 に示す形状の弾性部材 23 を有し、固定端 A, B の間隔 D が 8 mm である光ファイバセンサ 100 を用いて、0 ~ 600 μm の範囲で取付部材 24, 25 間の計測対象物 P を伸縮させたところ、図 6 に示すグラフのように、光損失の応答特性は良好であった。

【0047】

さらに、同じ光ファイバセンサ 100 を用いて、295 ~ 325 μm の範囲で取付部材 24, 25 間の計測対象物 P を伸縮させたところ、図 7 に示すグラフのように、光損失の応答特性は非常に良好であった。

【0048】

さらに、基板 20 を構成する固定部材 21, 22、弾性部材 23 及び取付部材 24, 25 が全て ABS 樹脂からなり、図 4 に示す形状の弾性部材 23 を有し、固定端 A, B の間隔 D が 13 mm である光ファイバセンサ 100 を用意した。そして、この光ファイバセンサ 100 を恒温槽に入れ、恒温槽内を 0 ~ 60 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で加熱、冷却した。なお、恒温槽内の温度は恒温槽内に入れた熱電対を用いて測定した。

20

【0049】

このとき、加熱、冷却に応じた間隔 D の収縮と、熱電対で測定した温度との関係は、図 8 に示すグラフのようになった。なお、加熱時と冷却時とで同じ温度でも光損失が相違するのは、恒温槽内の温度が光ファイバセンサ 100 に伝達されるまでに時間を用いたためであると考えられる。30 $^{\circ}\text{C}$ 付近の微分温度感度は図 8 に点線で示すように -0.015 dB / $^{\circ}\text{C}$ であり、光ファイバセンサ 100 を温度センサとして使用させることが可能であることが分かった。

30

【0050】

なお、本発明は実施形態に限定されるものではない。例えば、光ファイバ 11 の中途部に光カプラを設け、光カプラで別の光ファイバを分岐させるとともに、光ファイバ 12 の端部に銀蒸着などによって鏡を形成した反射部を設けてもよい。この場合、前記分岐された光ファイバの端部が出射端となり、この出射端に受光部 30 を接続すればよい。

【0051】

また、光ファイバ 11 の端部に OTDR (Optical time domain reflectometer) 装置を接続して、OTDR 装置から入射されたセンサ光の後方へのレイリー散乱光を OTDR 装置自身が計測するものであってもよい。この場合、1 本の光ファイバセンサに複数のヘテロコア部 HP を設けて、各ヘテロコア部 HP 及びその近傍の光ファイバ 3 の曲率変化を検出することも可能となる。ただし、OTDR 装置を用いた場合には、リアルタイム計測することができない。

40

【符号の説明】

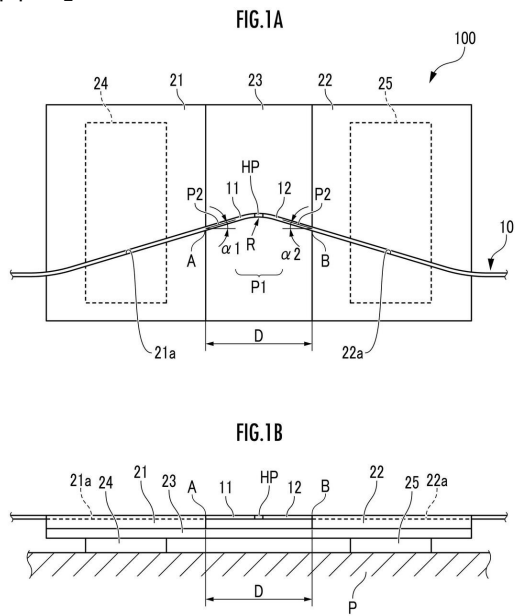
【0052】

10 光ファイバ、11 入射端側の光ファイバ、12 出射端側の光ファイバ、13, 15 コア、14, 16 クラッド、17 界面、21 第 1 の固定体部材、21a 第 1 の溝、22 第 2 の固定体部材、22a 第 2 の溝、23 弾性部材、24 第 1 の取付部材、25 第 2 の取付部材、30 光源、40 受

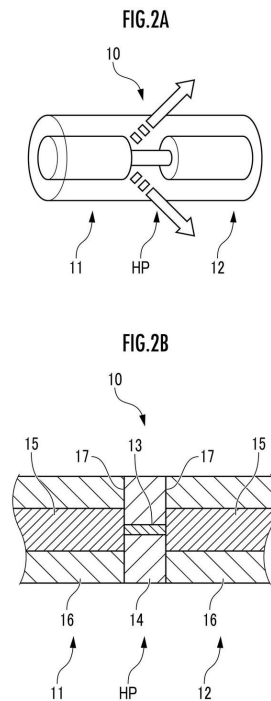
50

光部、 50 検出部、 100 光ファイバセンサ、 A 第1の固定端、 B 第2の固定端、 HP ヘテロコア部（光透過部）、 P 計測対象物、 P1 曲線部分、 P2 直線部分。

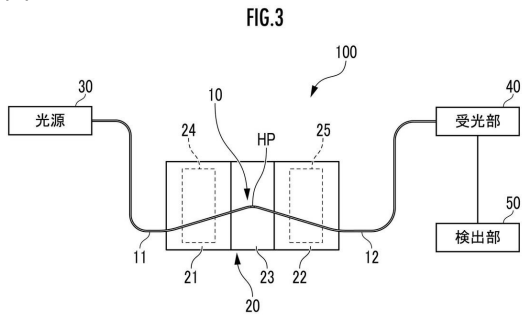
【 図 1 】



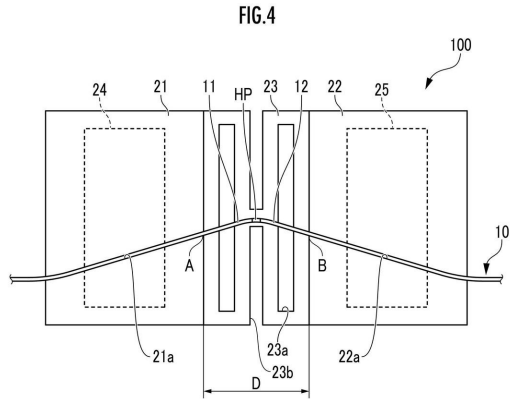
【 図 2 】



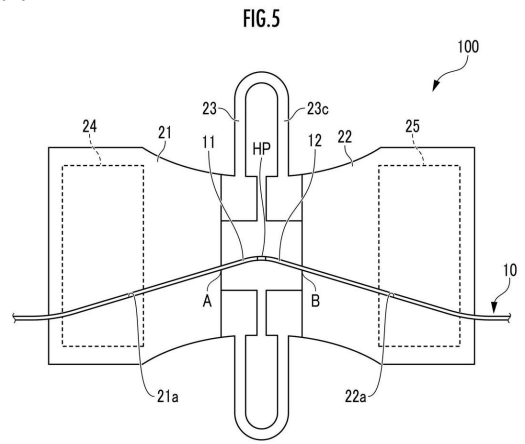
【 図 3 】



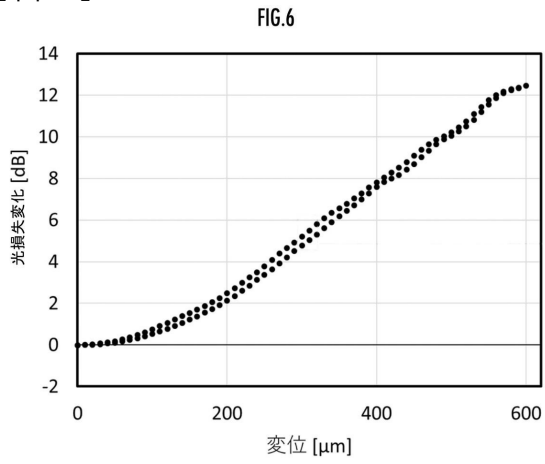
【 図 4 】



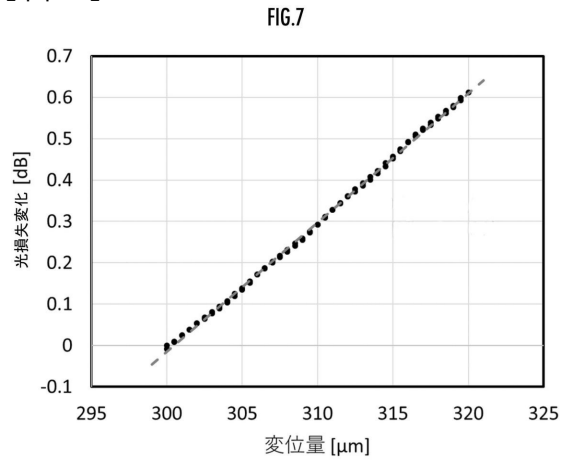
【 図 5 】



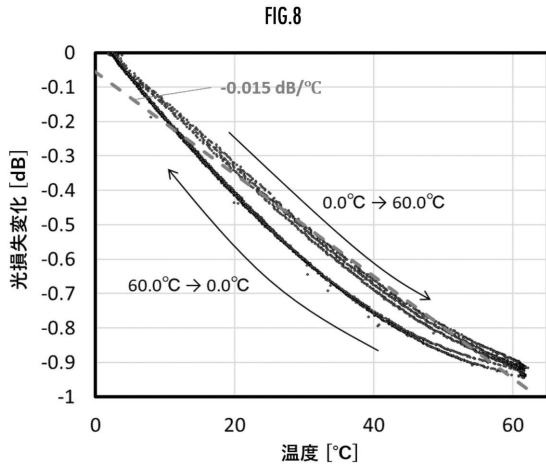
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 博幸

東京都八王子市左入町624-12 株式会社コアシステムジャパン内

審査官 細見 斉子

(56)参考文献 特開2001-201411(JP, A)

特開2000-111426(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0061678(US, A1)

特開平11-287626(JP, A)

国際公開第2010/007767(WO, A1)

米国特許第05134281(US, A)

阿部伸俊、他、通信と計測を融合する光ファイバセンサネットワークにおけるセンサ多重度の向上に関する考察、電子情報通信学会論文誌B、日本、電子情報通信学会通信ソサイエティ、2010年、J93 B, No. 2, 第177-190頁、CSNG201000220005

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/353

G01L 1/24

G01B 11/00-11/30