

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-233364

(P2004-233364A)

(43) 公開日 平成16年8月19日(2004.8.19)

(51) Int.Cl.⁷
G01M 11/00F I
G O 1 M 11/00テーマコード (参考)
2 G O 8 6

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2004-22953 (P2004-22953)
 (22) 出願日 平成16年1月30日 (2004.1.30)
 (31) 優先権主張番号 10/354277
 (32) 優先日 平成15年1月30日 (2003.1.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 302003314
 フルカワ エレクトリック ノース アメ
 リカ インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国 30071 ジョージア
 , ノアクロス, ノースイースト エクス
 プレスウェイ 2000
 (74) 代理人 100064447
 弁理士 岡部 正夫
 (74) 代理人 100085176
 弁理士 加藤 伸晃
 (74) 代理人 100106703
 弁理士 産形 和央
 (74) 代理人 100096943
 弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

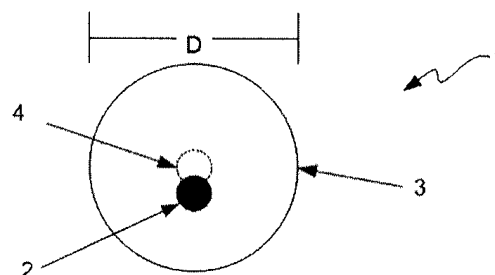
(54) 【発明の名称】 光ファイバの偏心測定システム

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ中の捻転を正確に測定する方法と装置が必要とされている。

【解決手段】 光ファイバの捻転の測定値を得て、光ファイバ(1)に与えられた捻転を確認出来る方法と装置。

本発明の方法と装置(20)は、この測定法を、線引きされたときに光ファイバ(1)に与えられた捻転量を決定するために利用することで、偏心の測定を可能にする。しかし、偏心率測定はファイバ(1)の捻転量を決定することよりも他の目的に使われる。本発明によって、ファイバ(1)をその長さ方向に沿った複数の位置から見ることにより、ファイバの偏心率をファイバの長さ方向の位置の関数として決定することが出来る。ファイバ(1)の捻転量は偏心率の測定から決められる。ファイバの捻転に関する詳細な変化量情報はたくさんの、好ましくは(必ずしも必要ではないが)互いに直交し、かつファイバ(1)の長さ方向に対して横断的な視点からの投影図を得て、それを処理することにより決定出来る。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光ファイバ(1)の長さ方向に対して十分に横断的な少なくとも一箇所からの光ファイバ(1)の投影図を得る装置(5)と、該ファイバに長さ方向に沿ったファイバの横断面偏心率に対応する図と、前記の横断面偏心率を決定するために投影図を処理するべく構成された処理ロジック(30)から成ることを特徴とする、光ファイバ(1)の偏心率を測定する装置(5)。

【請求項 2】

処理ロジック(30)が定められた横断面偏心率からファイバ(1)に与えられた捻転量を決定するべく構成されたロジックを含むことを特徴とする、請求範囲 1 項に記載の光ファイバ(1)の偏心率を測定する装置(5)。 10

【請求項 3】

ファイバを製造するとき、線引き処理の間にファイバ(1)に捻転が与えられることを特徴とする、請求範囲 2 項に記載の光ファイバ(1)の偏心率を測定する装置(5)。

【請求項 4】

一定の長さの光ファイバ(1)の上に投影される光を発生する光源(23)と、光ファイバを通過する光源(23)によって投影される光を受ける光学センサ(25)と、ファイバ(1)の長さ方向に対して十分に横断的な位置のファイバの前記投影図を構成する投影された光と、投影図に対応する電気信号を発生する光学センサ(25)と、処理ロジック(30)が前記の捻転量を決定するために処理する信号に対応する電気信号とをさらに含むことを特徴とする、請求範囲 2 項に記載の光ファイバ(1)の偏心率を測定する装置(5)。 20

【請求項 5】

第一の処理ロジック(30)が前記の所定の長さに沿った光ファイバの横断面偏心率のレコードを生成するアルゴリズムを実行するべくプログラムされたプロセッサから成り、そのレコードが複数の項目からなり、各々の項目は横断面偏心率の値、および横断面偏心率の値が対応する前記長さに沿った位置を包含することを特徴とする、請求範囲 4 項に記載の光ファイバ(1)の偏心率を測定する装置(5)。

【請求項 6】

光ファイバ(1)の長さ方向に対して十分に横断的な位置から該光ファイバ(1)の投影図を得るステップと、前記の捻転量を決定するために投影図に対応した信号を処理するステップとを含むことを特徴とする、線引きされるときに該光ファイバ(1)に与えられた捻転量を決定する方法。 30

【請求項 7】

十分に横断的な図がファイバ(1)の所定長さの横断面偏心率に対応し、処理ステップが対応する横断面偏心率を決定するために処理ロジック(30)によって投影図に対応する信号を処理し、決定された横断面偏心率から前記の捻転量を決定することを含む、請求範囲 6 項に記載の線引きされたときに該光ファイバ(1)に与えられた捻転量を決定する方法。

【請求項 8】

処理ロジック(30)が第一の処理ロジックと、第二の処理ロジックを含み、第一の処理ロジックが電気信号を受けて処理し、前記の横断面偏心率を決定するべく構成され、第二の処理ロジックが決定された横断面偏心率を処理して光ファイバ(1)の所定長さに沿って光ファイバ(1)に与えられた捻転量を得るべく構成されていることを特徴とする、請求範囲 7 項に記載の線引きされるときに該光ファイバ(1)に与えられた捻転量を決定する方法。 40

【請求項 9】

光ファイバ(1)の所定長さ方向に十分に横断的な第一の位置からのファイバの第一の投影図を得るステップと、該光ファイバ(1)の長さ方向に十分に横断的かつ第一の位置に直交する第二の位置からのファイバの第二の投影図を得るステップと、投影図に対応 50

する信号を処理して捻転の詳細な変化量を決定するステップとを含むことを特徴とする、線引きされるときに該光ファイバ(1)に与えられた捻転の変化量を決定する方法。

【請求項10】

一定の長さの光ファイバ(1)の上に投影される光を発生する光源(23)と、該光ファイバ(1)を通過する光源(23)によって投影される光を受ける第一の光学センサ(25)と、該光ファイバ(1)の第一の投影図に対応する第一の光学センサ(25)により受けられた投影光と、第一の投影図に対応する電気信号を生成する第一の光学センサ(25)と、該光ファイバ(1)を通過する光源(23)によって投影される光を受ける第二の光学センサ(25)と、該光ファイバ(1)の第二の投影図に対応する第二の光学センサ(25)により受けられた投影光と、第二の投影図に対応する電気信号を生成する第二の光学センサ(25)と、捻転の詳細な変化量を決定するために処理ロジック(30)が処理する信号に対応する第一、および第二の光学センサ(25)により生成された電気信号とから成ることを特徴とする、光ファイバ(1)の偏心を測定するシステム(20)。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ファイバに関連し、より詳しくは光ファイバの偏心の測定に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、通信システムに使用される光ファイバはガラス・クラッドに囲まれたガラス・コアからなる。ガラス・クラッドとガラス・コアは異なる光学特性を有する。一般に、一つ以上の保護コーティング層がコアとクラッドをとり囲んでいる。そのようなファイバは、クラッドが所定の組成のコアをとり囲むように所定の組成を有するガラス・プリフォームを加熱し、部分的に融解した状態から細い素線を引き出すことにより作られる。軟らかく融解したガラス素線がプリフォームから引かれると、コア・ガラスとクラッド・ガラスは共に伸びる。この過程でコアはファイバの中央に残り、クラッドが外側に残って、コアとクラッドの複合構造を形成することによりファイバとなる。ファイバはプリフォームから引き出されるにつれて冷えて固化し、コーティングが施される。通常、ファイバを高速で引き出すために、これらの工程は高速で実行される。

20

30

【0003】

光ファイバ通信システムにおいて、ファイバの一端に入射された光は、伝送される情報に応じたパルスであるか、あるいは連続的に強度変化させられる。ファイバに沿って光が伝播する速度はコアとクラッドを構成する材料の光学特性や、コアの直径など多くの要因に依存する。通常、ファイバを通過する光は異なる偏波、つまり光を構成する電磁波の方向が異なる複数の光成分を含んでいる。もし、ファイバのコアが完全に円筒ではなく、長い直径と短い直径を持っているとすると、ある偏波光はコアの長径に沿った電磁波であり、他の偏波光はコアの短径に沿った電磁波となる。この場合には、ファイバ・コアの有効径は偏波光によって異なる。異なる偏波光はそれぞれ異なる速度で進行する。この幾何学的な効果に加えて、コアとクラッドの間の熱膨張の違いによる応力が複屈折を生じさせ、それがまた異なる偏波光の伝播速度の違いを増大させる。

40

別の言い方をすると、ファイバは長さ方向に直交するある方向に「遅い」軸を有し、長さ方向に直交する別の方向に「速い」軸を有していることになる。

【0004】

速い軸に沿った偏波方向の光は、遅い軸に沿った偏波方向の光よりも早く伝わる。結果として、二つの偏波モードは異なる伝播定数で伝播する。伝播定数の違いは複屈折と呼ばれ、複屈折の大きさは二つの直交するモードの伝播定数の違いによって与えられる。複屈折はファイバ中を伝播する光の偏波状態をファイバの長さ方向に沿って周期的に大きくする。通常、偏波が元の状態に戻るために必要な距離はファイバ・ビート長と呼ばれ、ファイバの複屈折に反比例する。

50

【 0 0 0 5 】

したがって、複屈折が多いファイバはより短いビート長を有し、その逆もまた同様である。複屈折の存在はファイバ中を伝播する光の偏波状態の周期的な変化をもたらすことに加えて、二つの偏波モードが複屈折の増大とともに差が大きくなる異なる群速度で伝播することを意味する。二つの偏波モードの時間差遅れは偏波分散、あるいはPMDと呼ばれる。コア形状以外にファイバ中の欠陥もまたPMDの一因となる。PMDはファイバ中を伝わる光のパルスを、あるいは波を歪めることにより、信号の質を低下させ、ファイバ中を伝わる情報の割合を制限する。PMDは高ビット率のシステムや、アナログ通信システムの信号品質に対して非常に有害である。

【 0 0 0 6 】

PMDの影響を軽減するひとつの方法は、絶えずファイバの速い軸と遅い軸の方向を揃えてやることである。これは、ファイバの遅い軸と速い軸がファイバの長さ方向に沿って繰り返し入れ替わるよう線引き中にファイバを捻転させることによって達成出来る。こうすることにより、ファイバの長さ方向に沿ったある一点で、遅い軸はファイバの長さ方向に垂直な第一の方向を指し、速い軸はファイバの長さ方向および第一の方向に垂直な第二の方向を指す。ファイバの長さ方向に沿った他の点では、速い軸は第一の方向を指し、遅い軸は第二の方向を指す。ファイバを捻転させることにより達成出来るPMD低減の詳細は、ファイバの長さ方向に沿った速い軸と遅い軸の向きの細かな違いに依存する。したがって、しばしばファイバの長さ方向に沿って付加される捻転の詳細なパターンを得ることが要求される。

【 0 0 0 7 】

したがって、線引き工程においてファイバが捻転させられる様子は監視されなければならない。なぜならば、いろいろな理由でファイバを捻転させる装置がしばしば故障し、適切に機能しないからである。捻転装置は線引き塔に置かれ、そのうちのいくつかの装置は可変になっていて、捻転量の設定が不適切な場合には正しい捻転になるように装置の調整が可能である。一般に、ファイバの捻転を測定するための周知技術は、捻転を測定するために、ある長さの試験されるファイバの偏波特性を利用する。周知の方法は、偏波光を短いファイバ（例えば2メートル）に導き入れ、ファイバの一端に偏光子を、他端には偏波調整器を整列配置する。ファイバがある長さ（例えば1センチ）に切断され、偏光子と偏波アナライザが再配置されて、偏波アナライザの角度が記録される。偏波アナライザの角

【特許文献1】米国特許第5,943,466号明細書

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、この工程は非常に遅く、自動化は現実的でないように見える。

したがって、光ファイバ中の捻転を正確に測定する方法と装置が必要とされている。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

本発明は光ファイバに与えられた捻転を確認するための偏心率測定方法、および装置を提供する。本発明の方法、および装置は、光ファイバを線引きするときにファイバに与えられる捻転量を測定することで偏心率を測定する。ただし、ファイバの捻転量の決定に偏心率の測定は必要ない。測定された偏心率は他の目的に利用されることもある。

【 0 0 1 0 】

光ファイバの製造において、製造上の諸々の影響によりファイバのコアはクラッドの中心から僅かにずれる。このコアのずれは通常「コア・クラッド同心エラー」、あるいはもっとおおまかに「偏心」として知られている。最近のファイバの偏心は一般に0.05~0.5マイクロメートル(μm)のオーダーである。本発明によれば、捻転させたファイバをファイバの長さ方向を横切る位置から見ると、コアは線引き中にファイバに加えられた捻転を直接に記録している螺旋状の経路に沿っていることが観察されている。本発明によ

10

20

30

40

50

れば、一般にファイバを長さ方向を横切る位置から（つまり横断的に）見ることにより、投影されたファイバ・コアの偏心の大きさ（以後、横断面偏心率と呼ぶ）をファイバの長さ方向の位置の関数として $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上の精度で決定出来る。長さ方向の横断面偏心率の変化を解析することにより、ファイバの捻転量を決定出来る。例えば、一平面内で横断面偏心率を観察することにより、横断面偏心率の負方向、および正方向の偏位からファイバのある長さにわたってファイバに加えられた捻転数を決定することが出来る。本質的に、負方向の偏位の数は捻転数に一致し、正方向の変位についても同様である。

【0011】

あるいは、横断面偏心率を好ましくは（必ずしも必要ではないが）互いに約 90° 離れ、ファイバの長さ方向を横断する二つの異なる方向から観察することにより、ファイバの長さ方向の捻転の詳細な変化量を明らかにすることが出来る。また、ファイバの長さ方向の捻転の詳細な変化量はファイバ、あるいはセンサを回転させて、ファイバに沿った位置の関数として最大横断面偏心の角度を見出し、記録することにより直接的に決定することも出来る。ここで使われている「詳細な変化量」という語句は、捻転速度、つまり捻転の速さとファイバの長さ方向に沿った捻転の方向を意味している。また、この詳細な変化量情報は、直交していない図を使い、図の間の周知の関係を適切に処理することによっても得ることが出来る点に留意する必要がある。

【0012】

好ましい実施例において、本システムは光源、少なくとも一つの光学センサ、第一の処理ロジック、および第二の処理ロジックから成る。光学センサはセンサに取り付けられた光ファイバを通して光源から投射された光を受ける。光学センサに入射する光は、ファイバの長さ方向を横断する方向からのファイバ投影図を構成する。光学センサは入射する光に応じた電気信号を発生する。第一の処理ロジックは電気信号を受け、電気信号を処理して試験対象のファイバの長さ方向に沿った横断面偏心率を決定するべく構成されている。第二処理ロジックは決定された横断面偏心率を処理して光ファイバに与えられた捻転量を決定するべく構成されている。

【発明の効果】

【0013】

本発明によって捻転が容易に、かつ迅速に決定出来るので、本発明は特に自動化に適している。これら、および他の本発明の特徴と効果は以下の説明、図面、および請求の範囲から明らかになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明によれば、ファイバの捻転はファイバの偏心率によって決定出来る。本発明は、光ファイバに加えられた偏心率を測定するシステムを提供する。好ましくは、光ファイバの線引き中に光ファイバに与えられる捻転量を決定するための偏心率測定にも使われるべく構成されている。本発明によれば、ファイバを側面から（つまり横断的に）見ることによって、ファイバの偏心率をファイバの長さ方向の位置の関数すなわち横断面偏心率として決定出来る。そうするとファイバの捻転量は横断面偏心率から決定出来る。

【0015】

図1はコア2と、コア2をとり囲むクラッド3を有する光ファイバ1の端面図である。ファイバの直径はDで、一般的には約 $125\text{ }\mu\text{m}$ である。クラッド3の直径に対するファイバ1の中心を点線の円4で表す。捻転したファイバの内部でコア2はファイバの長さ方向に沿って螺旋状の経路を描く。偏心の大きさは捻転したファイバの長さ方向に沿って変わることはないが、その方向が変わる。この様子は図2によってわかる。これは捻転したファイバ1を長さ方向に沿って模式化した透視図である。この場合、ファイバは時計方向に完全に2回転、反時計方向に2回転それぞれ捻転させられている。コア2の負方向、および正方向の偏位からファイバ1の長さ、L、に沿ったコア2の経路が螺旋状であることが明らかである。それは捻転したファイバ1を側面から（つまり、ファイバの長さ方向に対して横断的な位置から）見ることによってわかる。ある長さLの間におけ

10

20

30

40

50

る捻転したファイバ 1 の正方向、および負方向の偏位の数 は長さ L の間の螺旋の曲がりの数とまったく一致している。捻転したファイバのある長さ L の間の曲がりの数によってファイバ 1 が捻転される頻度が確認出来る。

【0016】

本出願は線引き工程中でファイバに与えられる捻転の変化量を決定することについて議論しているが、また他の手段によってファイバに与えられる偏心の変化量も本発明の利用によって測定されることに留意するべきである。したがって、ここにおける議論は偏心率測定によって線引き工程中にファイバに与えられる捻転を決定する方向に向けられているが、これは単にこの議論の目的であって、本発明はこの実施例に限定されるものではないことが理解されねばならない。

10

【0017】

図 3 A は、図 2 に示すコア 2 を横方向から見た横断面偏心率のグラフである。

図 3 B は、図 2 に示すコア 2 を縦方向（図 3 A の横方向から 90 度離れている）から見たときの横断面偏心率のグラフである。コア 2 の横断面偏心率は、横断面偏心の正方向偏位の数、あるいは負方向偏位の数を決し、そのいずれかを見ることにより得られる。また、本発明によれば横方向、および縦方向からのデータを組み合わせることにより線引き工程中にファイバに加えられた捻転の詳細な変化量を決定出来る。

【0018】

図 4 は、横断面偏心率を捻転したファイバ 1 の長さ L に沿った位置の関数としてプロットしたグラフ 10 である。図 4 は、以下の図 5 に示す本発明のシステムを使って行われた実際の試験例と一致している。この例において、使用したファイバの長さ L は 4 m であり、400 点のデータが得られた。これはデータ点の間隔が 1 cm であったことを意味する。投影図における正方向のピーク 11 の数、あるいは負方向のピーク 12 の数のいずれかを数えることにより製造中にファイバに加えられた捻転の数決定された。

20

【0019】

一般に正方向のピークは、長さの増加とともに値が大きくなるデータ点のパターンと、その後続いて長さの増加とともに値が小さくなるデータ点のパターンを決めるために、隣接するデータ点の値を解析することにより決定される。このデータパターンにおけるデータの最大値は、正方向のピークに対応して決定される。負方向のピークも同様の方法によって決定される。一般に負方向のピークは、長さの増加とともに値が小さくなるデータ点のパターンと、その後続いて長さの増加とともに値が大きくなるデータ点のパターンを決めるために、隣接するデータ点の値を解析することにより決定される。このデータパターンにおけるデータの最小値は、負方向のピークに対応して決定される。データ点を得るために使用する画像システムの精度によっては、間違った最大値、あるいは最小値を検出することも有り得るため、それはおそらく間違った捻転数を与える結果となる。

30

【0020】

計算の正確さを期すためにデータの値はエラーを除去、あるいは低減する補間、および / あるいは評価法により処理することが出来る。この目的のためには、最小二乗法、最近隣法、および / あるいは種々の曲線適合法などのよく知られた手法が適している。捻転したファイバ 1 を観察するために多くの間隔を取り得るが、一般的には 0.5 cm、1.0 cm などである。もちろん、本発明はある特定の間隔、あるいは方法を選択するべく限定されているものではない。

40

【0021】

一般的には、長さ L 上で得るデータ点の数が増えるとともに計算の精度は向上する。本発明はある特定の長さに限定されるものではないが、一般的には観察するファイバ 1 の長さ L は、例えば、2 - 12 m である。繰り返すが、種々の長さを取り得る。これらの選択は、自動化システムにおいて、早く、効率よく捻転を正確に決定出来るよう適切に行われる。

【0022】

データ測定がいつも同じ角度で確実に行われるように、データ測定の時にファイバ 1 の

50

全長 L にわたってファイバ1が回転しないようにすることが好ましい。さもないと、捻転したファイバの長さ L に沿ったコアの螺旋の投影が歪むことがあり、測定、および計算が間違った結果となる。種々の機構によってファイバの回転を防止することが可能である。例えば、捻転したファイバ1を多くの自由に吊り下げた環状、あるいは懸垂状（図示しない）に配置してもよい。この場合、捻転したファイバ1は、そっと布を掛けたように保持具の上に掛けられた形になる。環になっていることで、操作者はファイバ1の捩れを視覚的に見つけ、取り除くことが出来る。ファイバの回転を防止する他の手段は、必要な計算をするときに、捩れを捕らえるための処理を実行中のファイバにおける機械的な捩れに関する情報を利用することである。

【0023】

本発明の実施例の上記の記述は、ファイバは測定の間、画像装置に対し一定の角度方向で移動すると仮定している。図5の記述から明らかな理由により、ファイバ1を固定位置に保持して画像装置を動かすことは本発明の自動化の妨げとなり得るので、測定中はファイバを動かすことが好ましい。しかしながら、当業者には理解されるであろうように、本明細書により提供される記述からみて、必要なことの全ては画像装置とファイバの間の相対的な動きと方向は、それがどのようにして達成されるかに関わらず、公知であるということである。図5は、実施例に基づく本発明のシステム20のブロック・ダイアグラムである。ファイバ1は、例えばステップ・モータと1つ以上の滑車（図示せず）から成るシステム20においてファイバ1をつかみ、引張るファイバ送り制御装置21によってX方向に動かされる。プロセッサ30はファイバ送り制御装置21に信号を送り、予め設定した間隔でファイバ1の位置をX方向に増していくようにプログラムされている。ファイバ1が位置を変えていくにしたがい、ファイバの一部が屈折率マッチング材からなる装置22を通過していく。光源23が、装置22および画像表示されるファイバ1の一部を通して光を投影する位置に配置される。屈折率マッチング装置22は、光の不要な反射、および/あるいは屈折を妨げるように、ファイバ1の外側の屈折率が適当な値を持つようにする。この目的のために屈折率マッチングオイルを使ってもよい。

【0024】

光が画像表示されるファイバ部分を通過すると、複数のレンズ、および/あるいは他の光学要素から成る光学要素24により光学センサ25、例えば電荷結合素子（CCD）上に焦点を結ぶ。光学センサ25はそこに入射する光に応じて電気信号を発生し、その信号をプロセッサ30に出力する。プロセッサ30は、先に述べた方法により画像表示されるファイバ1の位置に横断面偏心の投影像を作るように電気信号を処理する。プロセッサ30はファイバ1の長さ全体にわたる横断面偏心率のデータ・レコードを生成し、そのレコードを処理してファイバ1に与えられた捻転の数を決定する。上に述べたように、これはファイバ1の長さ方向に沿ったデータによって示される正方向の偏位の数、あるいは負方向の偏位の数を決定することによって達成出来る。この数のいずれもが、使用した長さ L のファイバ上の捻転の数と一致する。

【0025】

プロセッサ30は、以後の処理のためにデータ・レコードを格納する記憶素子40と通信することもある。また、記憶素子40は前述の機能を実行するため、プロセッサ30が使うプログラムを格納することもある。この場合、プロセッサ30と記憶素子40とは上記のタスクを実行するためのロジックと考えるてもよい。特に、プロセッサ30と記憶素子40とは、記憶素子40に格納された第一のアルゴリズムを実行する第一のロジックと考えられる。それは、プロセッサ30によって実行されるとき、試験されたファイバの長さ方向に沿った位置の関数として横断面偏心率を生成するアルゴリズムである。同様に、プロセッサ30と記憶素子40とは、記憶素子40に格納された第二のアルゴリズムを実行する第二のロジックと考えられる。それは、プロセッサ30によって実行されるとき、試験されたファイバの長さ方向に沿って与えられた捻転を決定するために、記憶素子40に格納された横断面偏心率データ・レコードを解析するアルゴリズムである。

【0026】

これらのアルゴリズムは一つのプログラムの中の別々のルーティンであってもよいし、あるいは別々のプログラムであってもよい点に留意する必要がある。上に示したように、もしファイバに適当な捻転が与えられて線引きされれば、速い軸と遅い軸は実質的に除去され、全ての光は実質的に同じ速度で進行する。言い換えると、これはPMDを低減、あるいは除去することである。ファイバに与えられる捻転量を決定することにより、製造設備、例えば線引き塔の適切な運転が約束される。同様に、捻転量の頻繁な試験は設備の不具合を最も早い段階で発見でき、それによって線引き時に不適切な捻転をさせることによるファイバの無駄を防止することが出来る。

【0027】

光ファイバを通り、光学センサの上に焦点を結んだ光が光学センサ上に光ファイバの理想的な横断面偏心像を作ることは必ずしも必要ではないということに留意するべきである。当業者は本開示に照らして、光源と光学センサの位置が変わって光学センサが受けた像がファイバ1の長さ方向に対して正確に横断的でなくてもよいことを理解するであろう。そのような場合には、光学センサによって生成された電気信号は横断像を再構成するよう処理されてから捻転量を得るために使用される。したがって、図5には光源と光学センサとが光ファイバの長さ方向を横断するように示されているが、この位置構成は必ずしも必要ない。また、光学装置は実質的にはファイバを通過する光の方向を任意の方向に向けて設計することが出来る。同様に、光学装置は所望の方法でファイバ1に光を投射するように光源と結んで使用してもよい。

【0028】

図6は、実施例による本発明の方法を示すフロー・チャートである。ブロック41に示すように、光ファイバを通して投影された光は、光学センサの上に光ファイバの一部の偏心の側面、あるいは横断面投影像を形成する。光学センサは光信号を電気信号に変換し、ブロック42に示すようにプロセッサに送る。次いでプロセッサは、ブロック43に示すように、横断面偏心率とファイバの長さ方向に沿った位置とを記録する。次にブロック44に示すように、全ての標本が得られたかどうか判定される。もし得られていない場合には、ブロック45に示すように、ファイバが逐次移動し、ファイバの長さ方向に沿った次の位置が画像表示される。そして処理がブロック41に示されるステップに戻る。選択したファイバ長に対して位置の関数で表される横断面偏心率のレコードが得られるまで、ブロック41 - 45で示される処理が繰り返される。レコードが生成されると、プロセッサはレコード中のデータ値を解析し、試験されたファイバの所定長さに対する捻転の数を決定する。このステップはブロック46に示される。

【0029】

また、ブロック46は必ずしもプロセッサ、あるいは他のコンピュータ装置によって実行されることは必要ないことに留意しなければならない。試験されたファイバの長さ方向に沿った螺旋経路は、操作者が顕微鏡を使って見ることも可能である。したがって、ファイバの捻転量は、操作者が正方向、あるいは負方向の横断面偏心の偏位を数えることによっても決定出来る。また、図4に示すようなグラフを生成、表示、そして/あるいは印刷することも出来るので、操作者はグラフからファイバの捻転の数を決定することも出来る。したがって、ブロック46は好ましくはコンピュータ装置によって実行され、それが決定する捻転量に応じたフィードバック信号を生成して自動化を容易にし、ヒューマン・エラーの可能性を低減するが、これは本発明にとって必ずしも必要ではない。

【0030】

上記の実施例においては、横断面偏心率はただ一つの横断面方向についてのみ、かつファイバの所定長さに沿って発生する捻転の数を決める目的のためだけに測定された。他の多くの選択肢がこの発明の範囲に含まれ、一般には求める情報の性質による。例えば、ファイバの長さ方向に沿った捻転率の変化量についての情報を得るために、連続する横断面偏心率のゼロ交点の間の距離の変化量を見ることにより、ある横断面方向からのデータが解析される。加えて、上に述べたように、二つの方向からの横断面偏心率のデータを組み合わせることにより、ファイバの長さ方向に沿った捻転の詳細な変化量が得られる。偏心

率のデータを得る方向あるいは視点は、互いに直交することが好ましいが、必ずしも必須ではない。上記のように、データを直交しない視点から得る時は、偏心率測定が直交しない位置決め方法によっても確かなものとするために、二つの直交しない視点位置に関する知見が使われる。

【 0 0 3 1 】

上に述べた本発明の実施例は実施例の見本であって、本発明はこれら特定の実施例に限定されないことに留意する必要がある。多くの変形、および修正が上記の実施例になされ得る。全てのそのような修正、変形は本発明の範囲内である。例えば、プロセッサ 30 が示され、偏心率の表示、および捻転計算をおこなうプログラムを実行すると説明されているが、このような計算は単にハードウェアでも、ハードウェアとソフトウェアの組み合わせでも、ファームウェアでも、あるいは現場で書き換え可能な大規模 IC (F P G A) などによっても実行可能である。図 5 に示されるシステム 20 は種々の構成要素を使い、種々の方法で実施することが出来る。また、本発明のシステムはコートされた、あるいはコートされていないファイバに与えられた捻転量を決めるために使えることが強調されねばならない。また、屈折率マッチング装置 22 を使うことが望ましいが、必ずしも必要ではない。当業者は、本発明の範囲内でありながらも上記の実施例に対する別の変形がなされる方法について理解するであろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

【 図 1 】 コア - クラッドの間で偏心のある捻転したファイバの端面図である。

【 図 2 】 線引き中に時計回りに 2 回転、反時計回りに 2 回転交互に捻転したファイバのコアの経路の透視図である。

【 図 3 A 】 横方向から見た図 2 に示すコアの横断面偏心のグラフである。

【 図 3 B 】 図 3 A に対応する横方向から約 90 度離れた縦方向から見た図 2 に示すコアの横断面偏心のグラフである。

【 図 4 】 ファイバの長さ方向に沿った位置の関数として横断面偏心率を表すデータ点のグラフである。

【 図 5 】 実施例にいう本発明のシステムのブロック・ダイアグラムである。

【 図 6 】 実施例にいう本発明の方法を示すフロー・チャートである。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 3 】

1 光ファイバ

2 コア

3 クラッド

4 円

10 グラフ

11 正方向のピーク

12 負方向のピーク

20 システム

21 制御装置

22 装置

23 光源

24 光学要素

25 光学センサ

30 プロセッサ (処理ロジック)

40 記憶素子

41 ブロック

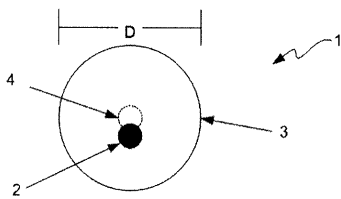
42 ブロック

43 ブロック

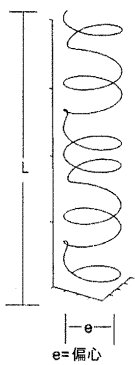
44 ブロック

4 5 ブロック
4 6 ブロック

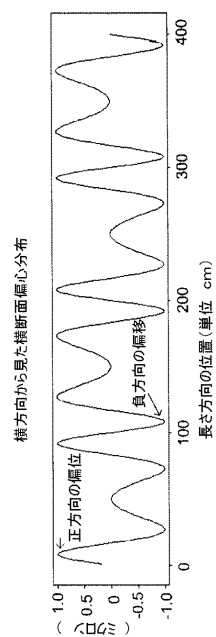
【図 1】



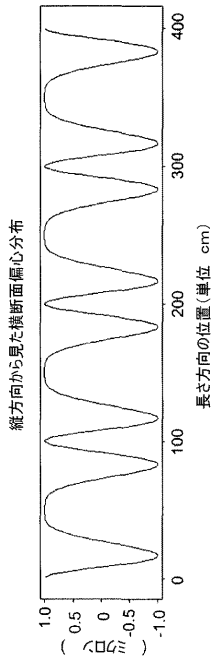
【図 2】



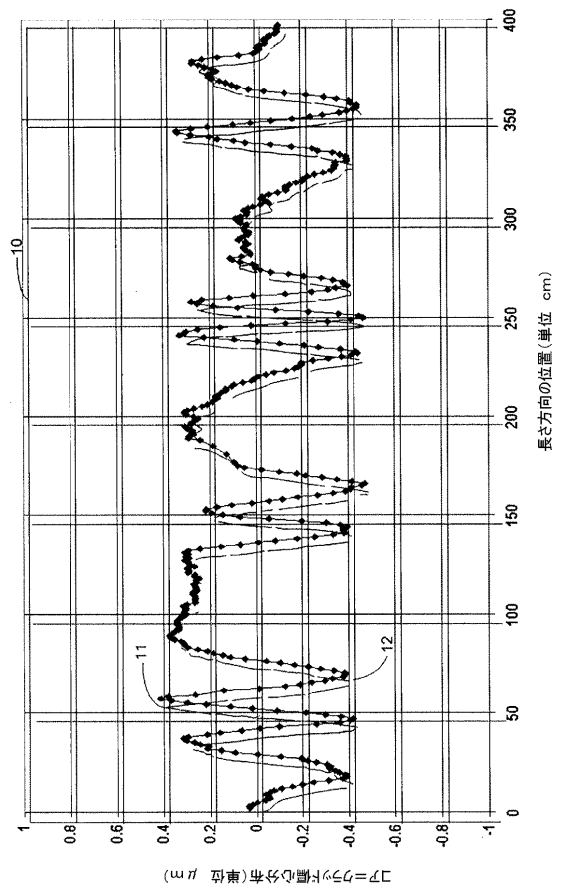
【図 3 A】



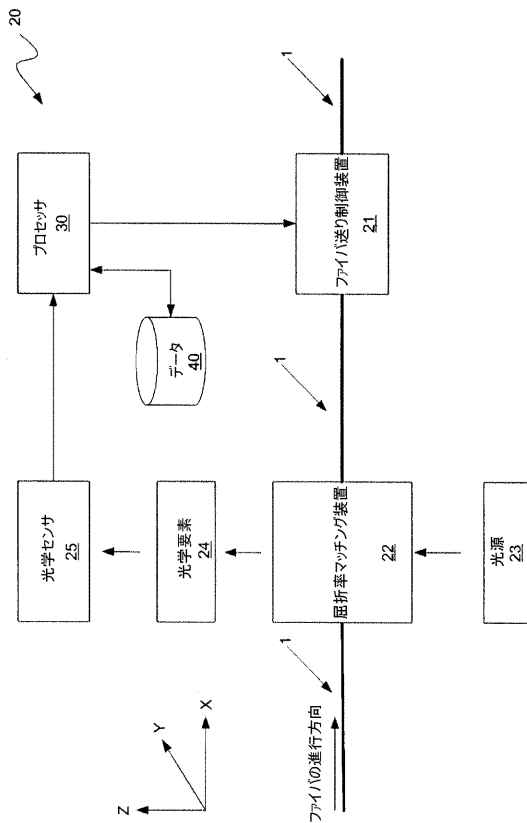
【図 3 B】



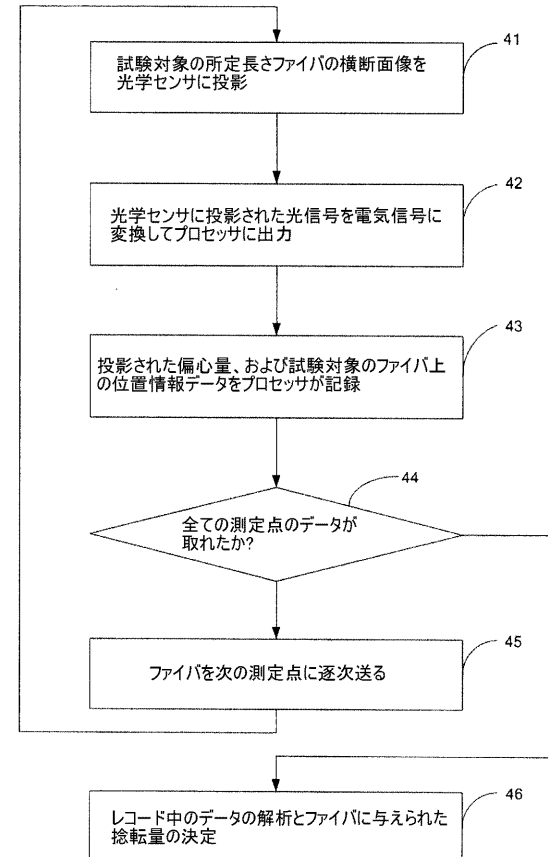
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
- (74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
- (74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
- (72)発明者 ハリー デー . ガーナー
アメリカ合衆国 3 0 0 4 5 ジョージア, ローレンスヴィル, ジェームス リッジ コート 4
1 2
- (72)発明者 アンドリュー イングルズ, ジュニヤ
アメリカ合衆国 3 0 0 2 2 ジョージア, アルファレッタ, カンダクレイグ 4 8 5 5
- (72)発明者 アルバート リットガー
アメリカ合衆国 3 0 0 4 4 ジョージア, ローレンスヴィル, ロビン ウェイ 3 6 2 7
- (72)発明者 ズィー ゾウ
アメリカ合衆国 3 0 0 4 3 ジョージア, ローレンスヴィル, ハーディン ホーム ウェイ 2
6 9

F ターム(参考) 2G086 AA02

【要約の続き】

【選択図】 図 1