

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5116934号
(P5116934)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int. Cl. F I
CO3B 37/12 (2006.01) CO3B 37/12 A
GO2B 6/02 (2006.01) GO2B 6/16

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-277969 (P2003-277969)	(73) 特許権者	302003314
(22) 出願日	平成15年7月23日 (2003.7.23)		フルカワ エレクトリック ノース アメリ リカ インコーポレーテッド
(65) 公開番号	特開2004-51482 (P2004-51482A)		アメリカ合衆国 30071 ジョージア
(43) 公開日	平成16年2月19日 (2004.2.19)		, ノアクロス, ノースイースト エクス レスウェイ 2000
審査請求日	平成15年12月22日 (2003.12.22)	(74) 代理人	100094112
審判番号	不服2009-4464 (P2009-4464/J1)		弁理士 岡部 譲
審判請求日	平成21年3月2日 (2009.3.2)	(74) 代理人	100064447
(31) 優先権主張番号	10/202560		弁理士 岡部 正夫
(32) 優先日	平成14年7月23日 (2002.7.23)	(74) 代理人	100085176
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 加藤 伸晃
		(74) 代理人	100096943
			弁理士 臼井 伸一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバに与えられるスピンおよび光ファイバの機械的ねじれを決定するシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバへ与えられたねじれ要素を決定する方法であって、

a) 加熱されたプリフォームから光ファイバを延伸する工程と、

b) 前記光ファイバの延伸速度を監視する工程と、

c) 第1の時点に対する前記光ファイバの直径の測定値を表す第1の信号を生成する工程と、前記第1の時点に対する前記光ファイバの前記直径の測定値は、前記加熱されたプリフォームのネックダウンに実質的に対応する第1の位置で得られる前記第1の信号により表され、

d) 前記第1の信号から前記直径測定値の周期的変動を検出する工程と、

e) 前記直径測定値の周期的変動と前記延伸速度とを処理して、前記光ファイバに与えられる第1の回転数を決定する工程と、前記第1の回転数は、スピン要素から成り、

f) 対応する第2の時点に対する前記光ファイバの直径の測定値を表す第2の信号を生成する工程と、前記第2の時点に対する前記光ファイバの前記直径の測定値は、前記加熱されたプリフォームのネックダウンから実質的に下流の第2の位置で得られる前記第2の信号により表され、

g) 前記第2の信号から前記直径測定値の周期的変動を検出する工程と、

h) 前記第2の信号からの前記直径測定値の周期的変動と前記延伸速度とを処理して、前記光ファイバの所与の長さに対して前記光ファイバに存在する第2の回転数を決定する工程と、前記第2の回転数は、スピン要素及びねじれ要素を含み、

10

20

i) 前記第1の回転数と前記第2の回転数との差を計算して前記光ファイバに与えられたねじれ要素を決定する工程とを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

第2の位置における前記光ファイバの直径の測定が、前記光ファイバが巻き取りホイールを通過した後に行われることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記第1の回転数は第1の方向で与えられ、前記第2の回転数は逆方向に与えられ、前記逆方向は前記第1の方向に実質的に対向することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記第1及び第2の回転数の少なくとも一つの決定が、時間に対する回転速度を表す時間的に変化する信号を積分することによってなされることを特徴とする請求項3に記載の方法。

10

【請求項5】

前記第1の信号から前記直径測定値の周期的変動を検出する工程は、前記光ファイバの相対的最大直径値及び最小直径値を含む前記直径測定値の周期的変動を検出する工程を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバのスピンおよび機械的ねじれデータを取得するシステムと方法に関するものである。特に、本発明のシステムおよび方法では、プリフォームから引き出されるときに融解ファイバに与えられる回転速度と冷却ファイバに入り込む機械的回転速度を測定する。

20

【0002】

通信システムで一般に使用されているいわゆる「シングル・モード・光ファイバ」はその断面幾何形状が完全には対称的でないことはよく知られている。というよりむしろ、通常の光ファイバの断面はわずかに楕円形状をしているということであり、これは、1つには製造時に生じるさまざまな要因によるものと考えられる。このような欠陥が、特に光ファイバによって高速な伝送速度で伝送される信号の劣化に関わっている。劣化の一種に、偏波モード分散(PMD)と呼ばれるものがある。PMDは、ファイバ内を伝搬する光線の2つの直交モードに関係する。非円形だけでなく、他の欠陥および内部応力のため、これら2つのモードは異なる伝搬定数で伝搬する。この伝搬定数の差を複屈折と呼ぶ。

30

【背景技術】

【0003】

PMDを低減するさまざまな試みがなされてきており、そうした試みで、製造時にファイバに回転を与えることが行われている。PMDを低減する従来技術の方法の1つでは、延伸工程でプリフォームをスピンする。

【0004】

【非特許文献1】Barlow, et al. 「Applied Optics」20: 2962 - 2968、1981年

40

【非特許文献2】Payne, et al. 「IEEE Journal of Quantum Electronics」QE-18: 477 - 487、1982年

【非特許文献3】Rashleigh 「Fabrication of Circularly Birefringent Single Mode Fibers」Navy Technical Disclosure Bulletin 5: 7 - 12、1980年

【特許文献1】PCT特許出願番号WO 83/00232

【0005】

スピンにより、ファイバの内部幾何形状および/または応力の非対称性がファイバの軸を中心に回転する。延伸工程でスピンを実行することにより、つまりプリフォームの根元

50

が十分に溶融すると、延伸後ファイバのねじりで生じるような非対称性の回転と回転応力が組み合わさるのではなく、本質的に純粋な回転がファイバ非対称性に加えられる。PMDを低減するためねじりを利用することに関する議論については、以下文献を参照されたい。

【非特許文献4】Schuh et al. 「Electronics Letters」(31:1172-1173、1995年)

【非特許文献5】Ulrich, et al. 「Applied Optics」(18:2241-2251、1979年)

【0006】

ただし、溶融プリフォームのスピンは動作上の難点がある。目的の延伸速度を与えた場合、半固体/半溶融プリフォームを高速回転でスピンしなければならない(数千r.p.m)。延伸の際にファイバを操作し、プリフォームを静止状態に保つことに依拠する代替が開発されている。ファイバをプリフォームから引く巻き上げローラーの角度を変更してファイバに回転を与えることができる。例えば、以下文献を参照をされたい。

【特許文献2】米国特許第5298047号

【0007】

使用する方法に関わらず、光ファイバにスピンを与え、与えられるスピンの量によりPMDが低減される程度が決まる。スピニングがファイバに「印加」されると、高温ゾーン内のファイバ材料はねじれ変形し、溶融状態から冷却されると変形がファイバ内に「凍結」される。いったん冷却されたファイバは、永久的「スピン」、つまり永久的ねじれ変形を示す。溶融ファイバに実際に加えられるスピンの量は、必ずしも、加えようとする量と同じではない。ファイバに与えられる回転移動に影響を及ぼす要因はさまざまである。例えば、ファイバはねじれを与えるローラー上で「スリップ」することがあり、溶融ファイバとスピン装置との間のファイバ・スパンの長さが冷却の程度、したがって実際に与えられるスピンの量を左右する。そこで、加えようとするスピンと比較した実際に加えられたスピンは100%未満であり、必ずしも所定の時刻において予測できるわけではない。

【0008】

したがって、生産中の任意の時点に与えられるスピンの実際の量を測定するメカニズムがあれば、適切なレベルのスピニングがファイバに加えられていることを確認できて都合がよい。与えられるスピニングが存在することは、例えば、ファイバ内の気泡を顕微鏡で調べ芯の回転楕円率または偏心率を測定するか、または以下文献で使用されているような進行波型磁気光学変調装置を使用して容易に確認できる。

【非特許文献6】M. J. Marrone et al. 「Optics Letters」(Vol. 12(1), 60頁)

【0009】

ただし、ファイバ内の気泡を顕微鏡で調べるなどの手法では、ファイバを破壊しなければならず、望ましくない。このような分析だと、スピン形成をリアルタイムで監視し、現場で影響を及ぼす機会はほとんどない。さらに、顕微鏡による調査は、破壊的であるだけでなく、時間と労力も大いに必要である。さらに、このような調査ではサンプル点でのスピニングを測定することしかできない、つまりファイバ・ケーブル全長に対するスピニングの測定は、この方法では非実用的であり、光ファイバを破壊することになる。

【0010】

リアルタイムでスピニングを監視するこのようなメカニズムの1つが以下文献で提案されている。

【非特許文献7】F. Cocchini, A. Mazzotti, A. Ricco, およびA. Rossi 「On-Line Fiber Spinning Monitoring for Low PMD Optical Fibers」(Proceedings of the 49th International Wire and Cable Symposium, Atlantic City, N.J., 2000年11月13日~16日)

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

この方式では、プリフォームから延伸してもなく光ファイバの横断オンライン測定を行うことで得られるファイバ直径データに対してリアルタイム・フーリエ変換を実行する。このシステムは、パワー・スペクトル分析を使用して、信号とスピン・レートとの相関を求めている。高出力周波数が存在することと高スピン・レートには相関関係がある。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

ただし、フーリエ変換分析の使用は煩雑であり、かなり計算処理能力を必要とし、また結果とスピン・レートとの相関関係を求める分析がさらに必要になる。リアルタイムで出力されるデータの量は膨大なもので、このような結果をリアルタイムで分析するのに必要とされる処理能力は重要である。したがって、従来技術でスピン・レートを測定できるが、製造工程中にスピン装置に影響を及ぼす制御システムにフィードバックを送るためにリアルタイムで測定を実行するのは実用的であるとは思われない。したがって、処理能力が少なくても済み、スピンをリアルタイムで測定できるリアルタイム・スピン・レートを測定するそれよりも単純なメカニズムが必要である。

【 0 0 1 3 】

「スピン」に加えて、製造時に測定する光ファイバに関する測定単位に「ねじれ」がある。スピンおよびねじれの測定単位は関係しており、このような用語を入れ替えて使用する場合もある。しかし、本明細書で使用しているように、スピンは、熔融光ファイバに加えられる回転を指すが、「ねじれ」は冷却光ファイバに加えられる回転を指す。スピンは熔融ファイバに与えられ、ファイバが冷却したときには永久的に固定される。ねじれは、冷却した後光ファイバに加えられる機械的回転力を指す。ねじれにより、ファイバに対するねじり応力が加わり、量が極端だと微視的なひび割れが発生し、最終的に、ファイバが物理的に破壊する可能性がある。ファイバに加えられるねじれは、低減するか、なくするのが望ましい。光ファイバのねじれを減らす方法の1つに、ファイバの巻き戻し、巻き取りでファイバの「リスプール」を行う方法があるが、これもまた、時間がかかり、多大な労力を要する。製造時に加わるねじれを回避するか、または許容可能なレベルにまで下げることが好ましい。いずれにせよ、製造時に光ファイバ内のねじれのレベルを測定する方法が必要である。したがって、光ファイバに加わるねじれを測定するシステムと方法が必要

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

本発明の一実施形態では、熔融プリフォームから延伸するときに光ファイバの直径を測定し、周期的最小直径および最大直径を検出し、直径測定と延伸速度を処理することにより光ファイバ内で与えられるスピンを決定して、光ファイバに与えられるスピンを測定する方法を開示する。

【 0 0 1 5 】

本発明の他の実施形態では、光ファイバに与えられるスピンを測定し、熔融プリフォームからファイバを延伸する装置、延伸時にファイバの直径を測定する測定デバイス、ファイバ延伸速度と直径測定に関する入力を受け取り、光ファイバ内のスピン・レートを決定するプロセッサを備えるシステムを開示する。

【 0 0 1 6 】

本発明の他の実施形態では、光ファイバを延伸し、前記光ファイバの延伸速度を監視し、延伸時に第1の点で光ファイバの第1の直径を測定して周期的直径測定を検出し、前記周期的直径測定を処理して光ファイバのねじれを決定するという、光ファイバのねじれを決定する方法を開示する。

【 0 0 1 7 】

本発明の他の実施形態では、知られている延伸速度で光ファイバがファイバ直径測定デバイスのそばを通り過ぎ、光ファイバの直径の測定にはファイバ直径測定デバイスを使用

10

20

30

40

50

し、光ファイバの直径の周期的変化を決定し、測定の周期的変化を前記知られている延伸速度で処理して光ファイバの主軸の周りの回転を測定する、光ファイバの主軸の周りの回転を測定する方法を開示する。

本発明では一般的な用語で説明し、必ずしも付属の図面を参照してはいないし、また一定比例で作図されていない。

【発明の効果】

【0018】

本発明により、光ファイバ延伸工程でスピンをリアルタイムで測定するとともに機械的ねじれを測定するシステムおよび方法が得られる。

【実施例】

【0019】

以下では、本発明については、付属の図面を参照しながらより詳しく説明するが、発明のすべての実施形態ではなく一部を示す。実際、これらの発明は、さまざまな形態で実現することができ、本明細書で述べている実施形態に限られるものと解釈すべきではなく、むしろ、これらの実施形態は、本開示が該当する法的必要条件を満たすように提示される。類似の番号は、全体を通して類似の要素を指している。

【0020】

光ファイバを使って情報を伝達するのに用いる伝送速度が速ければ速いほど、光ファイバの品質がますます重要なものとなる。さまざまな欠陥は、伝送速度が低い間には取るに足らない要因であっても、伝送速度が上がるにつれ大きな要因となるか可能性がある。光ファイバに関連するこのような欠陥の1つに、偏波モード分散(PMD)と呼ばれる一種の歪みがある。シングル・モード・ファイバは実際には、基本モードの2つの偏光状態を持つことがよく知られている。これらの状態は、互いに直交し、異なる速度で移動することができる。理想的には、各モードは同一速度で移動するが、光ファイバ内に欠陥があると、複屈折が生じる、つまり、2つの偏光状態の間に相対的伝搬遅延が生じることがある。

【0021】

PMDを低減するよく知られている方法では、光ファイバ形成時に光ファイバを回転させる。図1は、従来技術により光ファイバ装置を製造するための装置例を示している。純粹ガラスのプリフォーム10は、光ファイバの材料としてすでに形成されている。このプリフォームを、従来の手段により熱源15で加熱する。プリフォームを融点まで加熱し、ファイバを引き出すと、ネックダウン20と呼ばれる角度領域が形成される。単一の光ファイバ25が、半熔融状態のプリフォームから出現し、直径測定デバイス30内を通過する。光ファイバは、下方へ続けて引かれ、光ファイバを保護するコーティングを塗布するコーティング塗布装置40内を通過する。ファイバは、光コーティングを硬化させるユニット43とコーティングが塗布された後直径全体を監視するユニット45を通過する。次いで光ファイバは、スピンをファイバに与えるスピン装置60に遭遇する。このようなメカニズムについては、前の特許で説明されており、ローラーまたは巻き取りホイール191を組み込むことができる(例えば、米国特許第5298047号を参照)。次に、光ファイバは個々のローラー192、193からなる一連のガイド・ローラー65に遭遇し、最終的にファイバを引くキャプスタン70に出会う。その後、ファイバをスプールの周りに巻き付ける(図には示されていない)。

【0022】

スピン装置60は、角移動 θ_1 55をファイバに与える。しかし、スピン装置60はネックダウン領域20から一定距離のところにあるため、ファイバは、コーティングが塗布されるまでに幾分冷却し、スピン装置と接触するとさらに冷却する。そこで、スピン装置が角移動 θ_1 55を低い点で与えながら、別の角移動 θ_2 28が値 $\theta_1 > \theta_2$ でネックダウン領域20付近に与えられる。これは、一部、以下による。

1. ネックダウン領域とスピン装置との間のファイバの長いスパン、
2. コーティングの粘性抵抗特性、
3. ネックダウン自体の粘性抵抗特性、

10

20

30

40

50

- 4 . スピン装置内のファイバの滑り、
- 5 . その長さに沿ったファイバの温度差。

したがって、回転をスピン装置から溶融ファイバに与える効率は100%未満である。溶融ファイバに与えられる回転の量は与えようとしている量と同じでないため、回転 2 28をリアルタイムで測定するのが望ましい。角 2 28がさまざまな時点に知られており、延伸速度が知られている場合、測定と測定間のファイバの距離を計算し、1メートル当たりの回転速度を導くことができる。

【0023】

回転の測定は、光ファイバが完全には円形でないという事実に基づく。図2に示されているように、実際にはわずかに楕円形である。図2は、互いに直交するX軸120とY軸110に関して楕円150であることを示している。楕円150は、互いに直交する長軸a 130と短軸b 140を持つものとして記述できる。この楕円は、所定の時刻に、長軸a 130とX軸120との間で測定された回転角度 160を持つものとして記述できる。側面直径D 170は、 の関数であり、図の実施形態では、 が0または180度に等しいときに側面直径は最大になる。逆に、 が90または270度に等しいときに側面直径は最小になる。側面直径を計算する数学的方法はいろいろある。そのような式の1つを以下に示す。

【0024】

【数1】

$$D_{\text{measurement}} = d_0 + \sum_{i=2} d_i \sin(i\theta + \phi_i)$$

ただし、 d_0 は平均直径、 d_i は調和振幅、 θ は相対的方位位置、 ϕ_i は相対的位相（回転）である。楕円形の光ファイバでは、第2高調波（ $i = 2$ ）が支配的である。そこで、直径測定から正弦波特性が明らかになる。

【0025】

光ファイバの直径を測定するには、本発明の一実施形態による直径モニタ・デバイス（直径測定デバイスともいう）30を使用する。ファイバの直径を測定するのにさまざまな方法を使用することができ、本発明は、さまざまな直径測定デバイスを使用して説明できる。このような例の1つが図3に示されている。本発明の本実施形態における直径測定デバイスは、光ファイバ内を伝搬する光線のフリッジ・パターンを監視するが、このフリッジ・パターンは光ファイバの断面の影響を受ける。特に、この実施形態では、直径測定デバイスは、光ファイバ320の断面にレーザ光線310を通す。光ファイバはよく知られている物理特性に従って光線を曲げ、光線がファイバ内を通過した後フリッジ・パターンを形成する。その後、光線330はライン・スキャン・ダイオード340に当たり、ファイバの厚さによって異なる、形成されたフリッジ・パターン350に相関する電気信号を発生する。光ファイバの断面の位置を表す角度 360に基づき、ライン・スキャン・ダイオードからの信号が変調される。直径モニタは、角度 360に基づいて直径の変化を感知する。表1は、 に応じて変化する直径をまとめたものである。

【0026】

【表1】

θ の角度	光ファイバの直径測定
0	最大。直径の値は減少する
90	最小。直径の値は増加する
180	最大。直径の値は減少する
270	最小。直径の値は増加する

10

20

30

40

50

【0027】

直径測定では、ファイバが回転すると周期的増減を繰り返す正弦波特性を示すと理想的である。現実には、測定されたファイバの直径は、熱源の温度、プリフォーム間の潜在的な温度変動、ファイバ延伸の速度、微視的気泡の存在、および光ファイバ内の横方向機械振動など、スピン・レート以外のさまざまな要因の影響を受ける。

【0028】

図3Aは、図3に示されている直径測定システムを採用する本発明による本発明のシステムの機能を示している。特に、直径測定デバイス386は、ライン・スキャン・ダイオードから入力信号385を受信する。直径測定デバイス386は、時間の関数として変化する直径測定信号を表す出力387を出力する。これらの信号は、時間の関数として変化する濾波された直径測定値389を出力するハイ・パス・フィルタ/ロー・パス・フィルタ388によって濾波される。これらの信号は、プロセッサ390に受信され、そこで、本発明の原理にしたがってデータが処理され、スピンおよびねじれデータ392を処理する。

10

【0029】

直径測定デバイス386の結果から得られる時間の関数として変化する測定信号を表すデータ387が図4に示されている。延伸速度は一定と仮定されているため、時間関数はファイバの長さに比例する。延伸時にさまざまな条件がファイバに影響するので、光ファイバは、スピンがない場合であっても、その長さに沿って平均直径が大きい領域400も小さい領域410もある。これは、延伸時の長手方向軸に沿ったファイバ直径の変動によるものであり、また一部は、微視的気泡、プリフォーム内の局在する熱変動、振動などによるものである。図4は、ファイバ長に沿った平均ファイバ直径の固有変動を示しており、周波数が非常に低い信号が存在することを表している。直径測定に影響を及ぼすすでに明示されている要因に加えて、電気回路内に元々存在するさまざまな電氣的雑音もまた信号に影響を及ぼす。

20

【0030】

図5は、ファイバ直径測定を示しているが、時間尺度が拡大されている。ファイバの延伸が行われ、同時にスピンが行われるときに、測定された直径のプロファイルは周期的に最大値および最小値を示す。図5からわかるように、ファイバの長軸130に沿う直径(図2に示されているような)はおよそ124.82~124.87 μm の周期的ピーク500を示す。さらに、図5からわかるように、短軸140に沿う直径は、周期的谷510に基づき約124.64~124.67 μm である。平均直径は、約124.75 μm と推定できる520。

30

【0031】

図5は、「ギザギザ」の波形を発生する高い周波数の信号が存在することを示している。上記の要因により、直径読み取り値が変化し、スピン・レートの決定に悪影響を及ぼすことがある。したがって、図3Aの直径測定信号387を標準的なフィルタ処理手法で濾波して、スプリアス雑音信号を除去する必要がある。信号にハイ・パス・フィルタ388を実行して、スプリアス雑音信号となる高周波成分を除去する。さらに、信号にロー・パス・フィルタ388を実行して、ファイバの長さに沿う光ファイバの平均直径の固有変動に対応する低周波信号をいくつか除去する。ロー・パス・フィルタを使用すると、平均直径信号が一定になるが、スピンによって加えられる直径変動に対応する信号の周波数成分を除去することはできない。スピンによる直径変動と関連する信号の周波数は、平均直径の変化と関連する直径変動よりも高い周波数である。フィルタ処理後、得られる信号389が図6に示されている。図6は、正規化振幅も示しており(つまり、直流成分が除去されている)、平均直径はゼロである。

40

【0032】

所定期間にわたるスピンの数については、さまざまな方法で計算により求めることができるが、共通原理に基づいている。つまり、楕円型ファイバを1回だけ回転するのに、の360度の回転を必要とする。これを決定するには、最大直径を出発点として検出し、

50

次の最大直径（180度の回転に対応する）を検出し、そして第2の次の最大直径（360度回転に対応する）を検出する。これとは別に、最小直径を検出するか、または直径の平均値を監視することもでき、平均直径表示は4番目毎に単一回転を示す。

【0033】

図6を参照すると、正の値600は長軸面に沿う、または一部沿う測定を示す上記の平均直径を示しているが、負の値610は短軸面に沿う、または一部沿う測定を示す。値の相対的増減は、長軸と短軸に関する相対的回転を示す。上で開示したようにさまざまな方法で、ただし正規化された値を使用して所定の期間の回転数を計算できる。図の実施形態では、所定の期間のゼロ交差回数を数えて、4で割ることにより回転数を求めている。

【0034】

【数2】

回転 = $\frac{\text{時間間隔当たりのゼロ交差数}}{4}$

4

回転数が求められたら、測定が行われたファイバの長さを計算することによりスピン・レート（長さ当たりの回転数）を容易に求めることができる。延伸速度は知られているので、スピン・レートは以下の式で求められる。

スピン/メートル = 回転数 / (延伸速度 * 時間間隔)

図7は、時間の関数としてスピン・レート（回転数/メートル）をマッピングする光ファイバの代表的スピン・パターンを示している。

【0035】

上の説明でわかるように、スピン・レートの計算では、汎用マイクロプロセッサを使用して比較的高速に実行できる基本的な算術演算を使用しており、プロセッサを酷使する複雑な高速フーリエ変換計算は必要ない。スピンを計算するのに必要な計算処理能力は比較的控えめなので、スピン・レートの計算はリアルタイムで実行することができ、したがって、スピン装置50のリアルタイム調整および監視により目的のスピン・レートを得られる。さらに、巻き取りキャップスタン60の回転速度で決定される巻き取り速度を監視することにより、直線的延伸速度がわかる。このため、リアルタイムのスピン・レートを光ファイバの長さにならって容易に計算することができる。

【0036】

さらに上記システムは、光ファイバに与えられるねじれを求めるのにも使用できる。光ファイバへのねじれはいろいろな形で加えられる。図1を参照すると、ネックダウン領域20とスピン・デバイス60の間でファイバ25に回転が加えられると、スピン・デバイス60と巻き取りローラー192との間に回転が加わる。このため、ファイバがキャップスタン70を通った後も残るねじれがファイバに加えられる可能性がある。しかし、従来技術では、スピン・デバイス60によって加えられる回転は方向を交互に変えと教示されている（例えば、Hartによる米国特許第5298047号を参照）。そこで、最初、回転は時計回りで、その後、2回目には反時計回りになることがある。ある期間に加えられた回転の数が反対方向の回転の数で相殺される場合、加えられる正味の回転数は0であり、巻き取りで生じるねじれが最小になる。

【0037】

図7のスピン・レートは、時間に対するスピン・レート関数を示している。谷700は、ファイバ回転方向が変化する場合を表す。理論上、回転方向の反転は回転が0のファイバのある点に対応する。回転変化が生じる速度と図の実施形態の分解能に対する制限が指定されると、図7のデータは0に近い回転に対応する周期的谷700を示す。例えば、 T_1 期間はピークは一方の方向の回転を示し、 T_2 期間は反対方向の回転を示す。それとは別に、このデータと回転方向との相関関係を求めることができ、スピン・レートは回転方向を反映し、正の値が一方の回転方向を反映し、負の値がその反対の回転方向を反映するグラフが得られる。

10

20

30

40

50

【0038】

図7に戻ると、 T_1 710は、回転が一方の方向である期間を示し、 T_2 720は回転がその反対の方向である期間を示している。 T_1 と T_2 を隔てている谷700は全く0であるというわけではないが、理論的にはこの点は回転方向の変化に対応しており、その結果値は0である。曲線の「下の」領域（つまり、曲線とX軸に挟まれた領域）は波形の積分を表す。例えば、曲線のArea₁ 730は T_1 710における波形の積分を表す。この領域は以下を表す。

【0039】

【数3】

面積 = $\frac{\text{スピン}}{\text{メートル}} * (\text{時間})$.

メートル

【0040】

延伸速度は T_1 および T_2 に関して一定であると仮定できるため、 T_1 および T_2 期間に延伸されるファイバの対応する長さは同じである。したがって、図7のグラフは、スピン/メートル対ファイバ長（メートル単位）で描画し直すこともできる。これは、本質的に同じグラフであるが、X軸がファイバ距離を表している。 T_1 （または T_2 ）期間のこのような曲線の下の領域は以下を表す。

面積 = (スピン数 / メートル) * メートル

面積 = スピン数

【0041】

T_1 期間のスピン数が T_2 期間のスピン数と同じであっても、方向が異なれば、その期間のスピンの正味の数は0である。このため、その期間（所定のファイバ長に対応する期間）にはファイバの正味のねじれは0となる。同様に、スピンの正味の数がほとんど0であれば、正味のねじれは、目的とするある最大のレベル以下に維持できる。

【0042】

システムは、スピンとねじれをリアルタイムで測定できるため、データに対して実行された計算の結果を使用して、スピン・レート、延伸速度、またはファイバ内のスピンまたはねじれに影響を及ぼす他の変数を変えることができる。リアルタイムの測定を行わなければ、製造のリアルタイム制御を実行できない。このシステムでは、さまざまなパラメータをリアルタイムで制御することにより、ファイバのねじれを最小限に抑えることができる。

【0043】

もちろん、当業者であれば、延伸工程の2点でスピン・レートを測定するのに2つのシステムを採用するなど、別の手段を講じることもできる。第1のシステムで、溶融プリフォームのネックダウン付近でスピン・レートを測定し、第2のシステムで、例えば、巻き取りホイールの後の第2の点でスピン・レートを測定することもできる。対応する点（つまり、わずかに異なる時点）でスピン・レートを比較し、スピン・レートの正味の差を検出すると、この差は製造工程で入り込むねじれのせいである。

【0044】

もちろん、本発明の原理を説明するために他のバリエーションを採用することも可能である。例えば、システムで、ゼロ交差点を検出するのではなく、所定の期間にわたる最大直径および最小直径を検出することも可能である。それとは別に、スピン・パターンの微分を計算することで、長軸（最大直径）または短軸（最小直径）が直径測定デバイスを通じた回転したときにそのことを決定することができる。同様に、ある期間に長軸（または短軸）の数を求めて4で割ることにより、期間当たりの回転数を得る。したがって、本発明は開示されている特定の形態に限られるわけではなく、また修正およびその他の実施形態および回転を決定するアルゴリズムは付属の請求項の範囲内に収まることは理解されるであろう。本明細書では特定の用語を用いているが、一般的な意味で、また説明する目的でのみ使用しており、制限するものではない。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】従来技術の光ファイバ延伸装置の実施例の図である。

【図2】楕円型光ファイバ例の断面図である。

【図3】本発明の一実施形態によるファイバ直径測定メカニズム例の図である。

【図3A】本発明の一実施形態によるシステムの機能を示す図である。

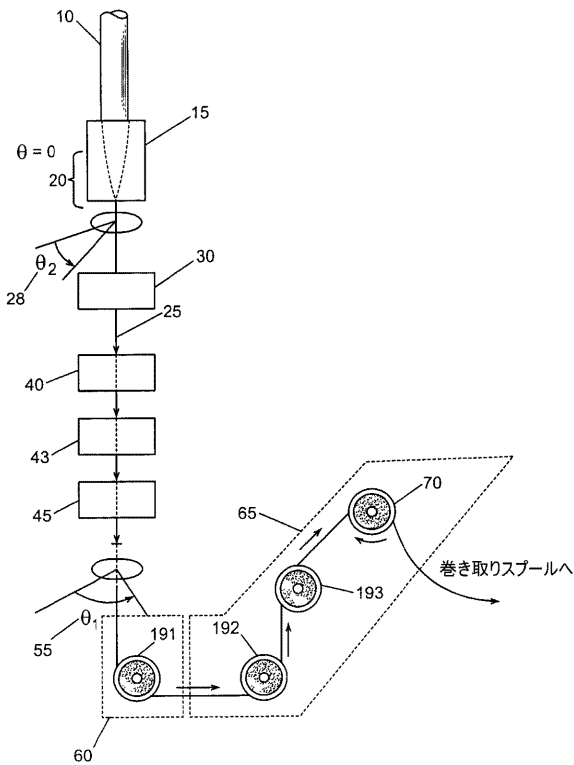
【図4】本発明の一実施形態によるファイバ直径監視メカニズムで発生する信号の例を示す図である。

【図5】本発明の一実施形態による直径監視メカニズムの実行に要する時間の関数としての直径測定例を示す図である。

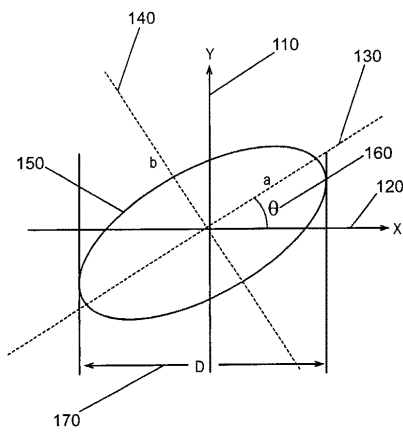
【図6】本発明の一実施形態による関数としての正規化直径測定例の図である。

【図7】本発明の一実施形態による時間の関数としてのスピン・パターン測定例の図である。

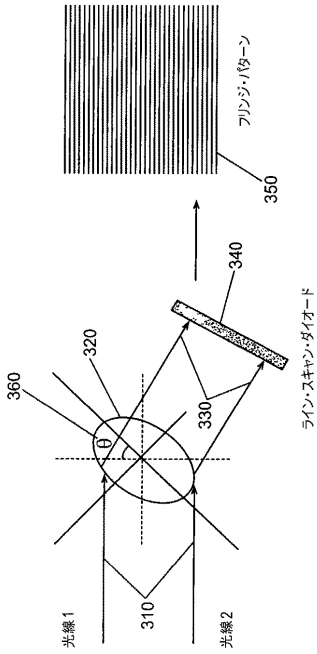
【図1】



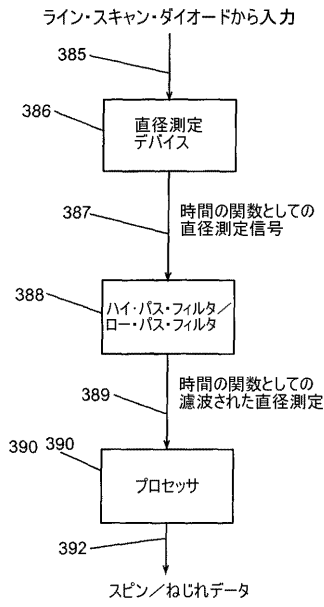
【図2】



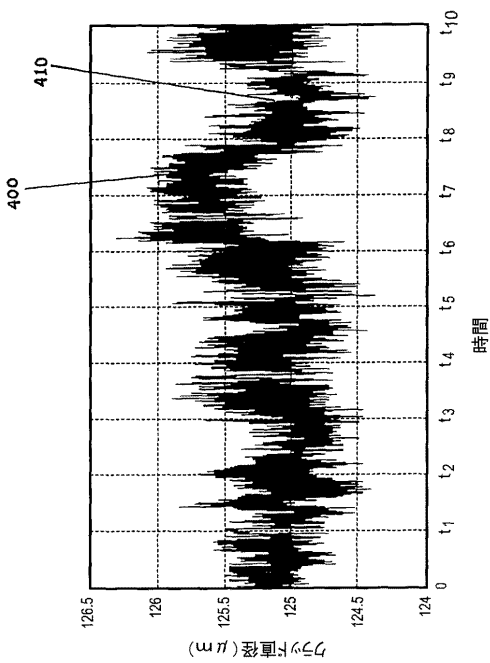
【図3】



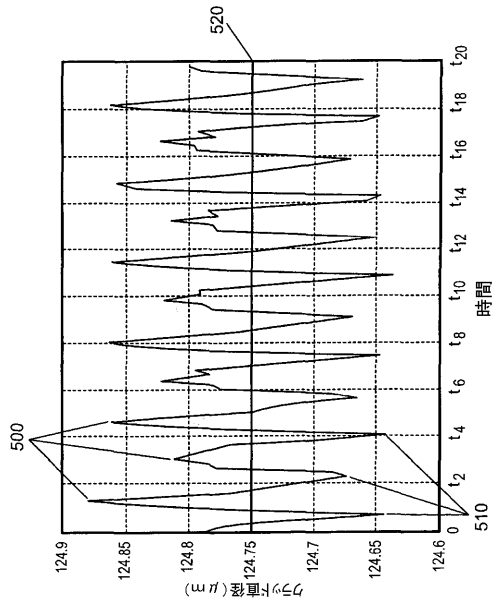
【図3A】



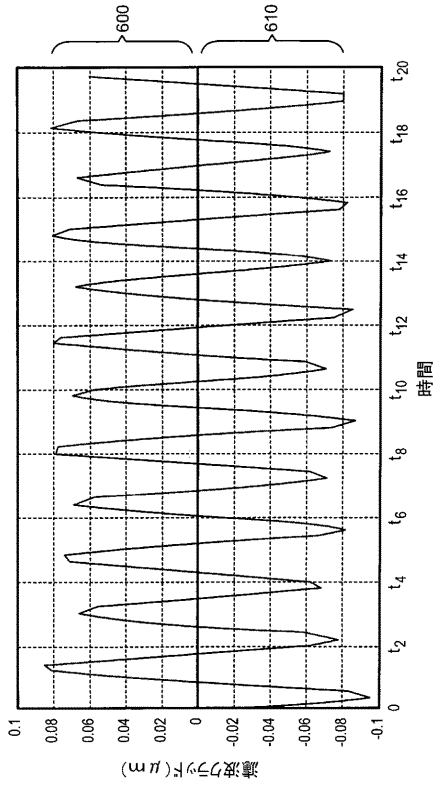
【図4】



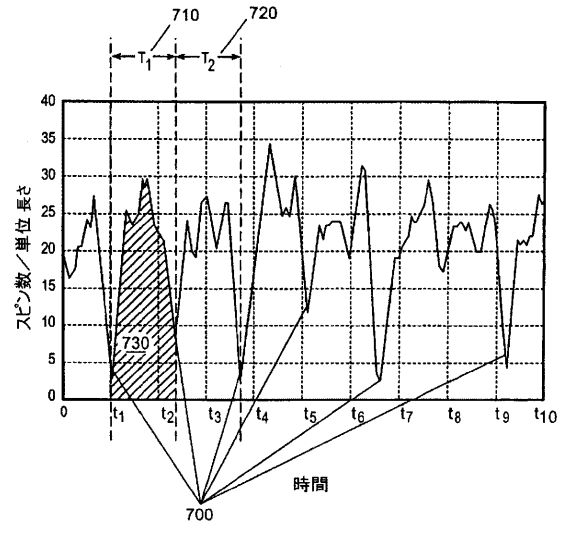
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
- (74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
- (72)発明者 ハイイン ファン
アメリカ合衆国 3 0 3 0 8 ジョージア, アトランタ, ナンバー 6, ジュラント プレイス 8
1 9
- (72)発明者 ズィー ゴー
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 ウエイ 2
6 9
- (72)発明者 ハリー ダグラス 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

合議体

審判長 木村 孔一
審判官 中澤 登
審判官 目代 博茂

- (56)参考文献 特開2001-31440(JP, A)
特開平8-277139(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C03B37/00-37/16