

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4101060号
(P4101060)

(45) 発行日 平成20年6月11日(2008.6.11)

(24) 登録日 平成20年3月28日(2008.3.28)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 L	5/04	(2006.01)	GO 1 L	5/04	Z
GO 1 H	13/00	(2006.01)	GO 1 H	13/00	
GO 2 B	6/00	(2006.01)	GO 2 B	6/00	3 5 6 A

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-567794 (P2002-567794)	(73) 特許権者	000005290
(86) (22) 出願日	平成14年2月28日(2002.2.28)		古河電気工業株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2002/001855		東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
(87) 国際公開番号	W02002/068924	(74) 代理人	100076439
(87) 国際公開日	平成14年9月6日(2002.9.6)		弁理士 飯田 敏三
審査請求日	平成16年11月1日(2004.11.1)	(72) 発明者	仲 恭宏
(31) 優先権主張番号	特願2001-55932 (P2001-55932)		東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
(32) 優先日	平成13年2月28日(2001.2.28)	(72) 発明者	小林 宏之
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2002-17989 (P2002-17989)		
(32) 優先日	平成14年1月28日(2002.1.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

審査官 松川 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバの線引張力測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ファイバの線引時に該光ファイバの振動を測定し、該振動波形を振動数解析してスペクトル成分を求め、該スペクトル成分に含まれるピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定し、該基本振動数を前記光ファイバの線引中の張力に換算する光ファイバの線引張力測定方法において、

前記光ファイバの基本振動数の決定は、前記スペクトル成分に含まれている複数のピーク振動数から、振動数0と一番目のピーク振動数との間隔、一番目のピーク振動数と二番目のピーク振動数との間隔、・・・、n-1番目のピーク振動数とn番目のピーク振動数(nは自然数)との間隔が等しくなる少なくとも2個のピーク振動数を含むピーク振動数の群を調和振動列群として特定する工程と、

特定された該調和振動列群に含まれる各ピーク振動数に基づいて前記光ファイバの基本振動数を決定する工程

とを含んだ工程により行われ、前記調和振動列群を特定する際に、前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調することを特徴とする光ファイバの線引張力測定方法。

【請求項2】

前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調する際に、自己相関計算後のデータを平滑化することを特徴とする請求項1記載の光ファイバの線引張力測定方法。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ファイバの製造方法に関するものであって、具体的には光ファイバの線引中の張力を正確かつ安定に測定するための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、光ファイバを製造する際、光ファイバ母材を下端部から加熱溶融してその溶融変形部を線状に延伸する。また加熱延伸直後に得られる光ファイバの表面を熱硬化型樹脂または紫外線硬化型樹脂などで被覆する。こうした加熱延伸手段で光ファイバを製造することを一般に「線引き」と称している。

10

【0003】

光ファイバ母材を線引して光ファイバを得る場合、線引時の張力が管理されないと光ファイバの伝送特性、特に伝送損失に長手方向の変化が現れるので、線引時の張力は所要の値となるように管理する必要がある。具体的には光ファイバの線引時の張力を測定し、制御する必要がある。

【0004】

また、光ファイバの張力を測定する場合、接触式の測定器を用いると光ファイバに傷が付くので、一般に非接触式の測定器を用いて光ファイバの張力が測定される。

【0005】

20

ここで、光ファイバの線引張力測定方法について説明する。光ファイバの線引張力の測定は、線引き時における光ファイバの振動を利用する方法が一般的である。

【0006】

この方法は、測定された振動波形のスペクトルのピークから基本振動数 f を求めた後、その基本振動数 f を下記の数式(1)に代入して目的の張力 T を求めるというものである。

【0007】

【数1】

数式(1)

$$T = (2 \cdot L \cdot f)^2 \cdot \rho \cdot \alpha$$

30

【0008】

上記数式(1)中、 L は光ファイバ母材と光ファイバに第1被覆層を形成するときのコーティング用ダイス(第1コーティング用ダイス)との間の距離である。また、 ρ は線密度、 α は補正係数である。

【0009】

一方、上記数式(1)で張力 T を測定するためには、基本振動数 f を求める必要がある。従来方法として、特開昭62-137531号に示されるように、振動波形をフーリエ変換してその振動数成分から基本振動数を決定する方法が知られている。

【0010】

40

しかし、特開昭62-137531号公報に示された方法では、基本振動数以外のスペクトルピークが現れた場合には基本振動数の認定が困難となる。現実には基本振動数の整数倍振動のピークや、基本振動数の整数倍に該当しないピークが現れるため、それらの影響を除去しなければならない。

【0011】

そこで、米国特許5,079,433号公報に示されるように、スペクトルピークから基本振動と2倍振動との関係に近いものを見つける方法がある。

【0012】

また、特開平10-316446号公報に示されるように、初回のピーク振動数検索を行う際に、例えば目標値近傍などのようにピーク振動数を含むことが予測される振動数範

50

圏内で行い、前回検出のピーク振動数にピーク振動数検索の中心値を移動させた状態で次回以降のピーク振動数検索を行う方法などがある。

【 0 0 1 3 】

しかし、米国特許 5,079,433 号公報や特開平 10-316446 号公報に記載された技術は、ノイズが光ファイバの基本振動数またはその整数倍振動に近い振動数である場合や、ピーク検索範囲内にノイズピークがある場合には、基本振動数の誤測定を行うおそれがある。

【 0 0 1 4 】

そのため、従来法においては、ノイズの発生状況にかかわらず光ファイバの基本振動数を正確に認識することにより、正確に光ファイバの線引張力を測定する手段が求められていた。

【 発明の開示 】

【 0 0 1 5 】

本発明は、光ファイバの線引時に該光ファイバの振動を測定し、該振動波形を振動数解析してスペクトル成分を求め、該スペクトル成分に含まれるピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定し、該基本振動数を前記光ファイバの線引中の張力に換算する光ファイバの線引張力測定方法において、

前記光ファイバの基本振動数の決定は、前記スペクトル成分に含まれている複数のピーク振動数から、振動数 0 と一番目のピーク振動数との間隔、一番目のピーク振動数と二番目のピーク振動数との間隔、・・・、 $n - 1$ 番目のピーク振動数と n 番目のピーク振動数（ n は自然数）との間隔が等しくなる少なくとも 2 個のピーク振動数を含むピーク振動数の群を調和振動列群として特定する工程と、

特定された該調和振動列群に含まれる各ピーク振動数に基づいて前記光ファイバの基本振動数を決定する工程

とを含んだ工程により行われ、前記調和振動列群を特定する際に、前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調することを特徴とする光ファイバの線引張力測定方法である。

【 0 0 1 6 】

本発明の上記及び他の特徴及び利点は、添付の図面とともに考慮することにより、下記の記載からより明らかになるであろう。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、下記の手段が提供される：

(1) 光ファイバの線引時に該光ファイバの振動を測定し、該振動波形を振動数解析してスペクトル成分を求め、該スペクトル成分に含まれるピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定し、該基本振動数を前記光ファイバの線引中の張力に換算する光ファイバの線引張力測定方法において、

前記光ファイバの基本振動数の決定は、前記スペクトル成分に含まれている複数のピーク振動数から、振動数 0 と一番目のピーク振動数との間隔、一番目のピーク振動数と二番目のピーク振動数との間隔、・・・、 $n - 1$ 番目のピーク振動数と n 番目のピーク振動数（ n は自然数）との間隔が等しくなる少なくとも 2 個のピーク振動数を含むピーク振動数の群を調和振動列群として特定する工程と、

特定された該調和振動列群に含まれる各ピーク振動数に基づいて前記光ファイバの基本振動数を決定する工程

とを含んだ工程により行われ、前記調和振動列群を特定する際に、前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調することを特徴とする光ファイバの線引張力測定方法、および

(2) 前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調する際に、自己相関計算後のデータを平滑化することを特徴とする (1) 項記載の光ファイバの線引張力測定方法。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

本発明者らは、上記の点に鑑み鋭意検討を行った結果、以下の知見を得た。すなわち、光ファイバの振動波形のスペクトル成分に含まれるピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定する際に、先ず前記スペクトル成分に含まれている複数のピーク振動数から、振動数0と一番目のピーク振動数との間隔、一番目のピーク振動数と二番目のピーク振動数との間隔、・・・、 $n - 1$ 番目のピーク振動数と n 番目のピーク振動数（ n は自然数）との間隔が等しくなる少なくとも2個のピーク振動数を含むピーク振動数の群を調和振動列群として特定することで、該調和振動列群に該当しない非周期的なピーク振動数をノイズであると判定して、前記ピーク振動数群から除去し、次に該調和振動列群に含まれる各ピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定することにより、正確に光ファイバの基本振動数を求めることが可能となる。

10

【 0 0 1 9 】

また、前記調和振動列群を抽出する際に、スペクトル成分の自己相関を計算して、等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調することにより、簡単かつ確実に前記調和振動列群を特定することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

さらに、前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調する際に、自己相関計算後のデータを平滑化することにより、より簡単かつ確実に調和振動列群を特定することが可能となる。

【 0 0 2 1 】

以下に本発明の実施態様を、図面に基づき説明する。

20

図1は本発明に係る光ファイバの線引張力測定方法に用いられる光ファイバの線引装置の一例を示す説明図である。図1に例示された線引装置は、加熱炉1内に挿入された光ファイバ母材2をヒータ3により下端部から加熱溶融し、その溶融部を延伸し、光ファイバ母材2 光ファイバ4 a 1次被覆光ファイバ4 b 2次被覆光ファイバ4 cというように、2次被覆光ファイバ4 cを連続的に製造するものである。

【 0 0 2 2 】

図1において、加熱炉1は円筒形のカーボン製ヒータ3を内蔵している。リング形をした外径測定器5は、加熱炉1外に出た線引き直後の光ファイバ4 aの外径を測定するためのものである。細長い円筒形をした冷却器6は、外径測定器5を通過した後の光ファイバ4 aを冷却するためのものである。非接触式振動検出センサ7は、冷却器6を通過した後にその内部を通る光ファイバ4 aの振動を検出するためのものであり、例えばレーザ式変位計からなる。第1のコーティング用ダイス9は、その内部を通る光ファイバ4 aの外周面に熱硬化性樹脂または紫外線硬化性樹脂を塗布して1次被覆層を形成するためのものである。第1の被覆硬化装置10は、その内部を通る1次被覆光ファイバ4 bに塗布された被覆樹脂を硬化させるためのものである。この第1の被覆硬化装置10については、例えば被覆樹脂が熱硬化性樹脂のときには加熱式のものが用いられ、被覆樹脂が紫外線硬化性樹脂のときには紫外線照射式のものが用いられる。第2のコーティング用ダイス11や第2の被覆硬化装置12は、既述の第1のコーティング用ダイス9や第1の被覆硬化装置10とそれぞれ実質的に同じかこれらに準ずるものである。ターンシープ13は、第2の被覆硬化装置12を通過した後の2次被覆光ファイバ4 cを図示しない巻取機へ誘導するために進行方向を変えるものである。

30

40

【 0 0 2 3 】

図1の光ファイバ線引装置における張力測定系は、非接触式振動検出センサ7および非接触式振動検出センサ7から入力された信号に基づき光ファイバ4 aの張力 T を算出する張力測定器8などで構成される。これらの機器は、例えば非接触式振動検出センサ7 第1張力測定器8のように電氣的に接続されている。

【 0 0 2 4 】

図1に例示された装置において、張力測定器8はパーソナルコンピュータ、プログラマブルコンピュータなどからなる。

50

【 0 0 2 5 】

図1の光ファイバ線引装置を用いて、光ファイバ母材2から光ファイバ4 a、1次被覆光ファイバ4 b、2次被覆光ファイバ4 cなどが以下のように段階的かつ連続的に製造される。

【 0 0 2 6 】

加熱炉1内にはほぼ定速で挿入されていく光ファイバ母材2は、炉内のヒータ3で下端部から加熱溶融されその溶融部をたとえば1分あたり100m~1500mの速度で引き取られることで例えば直径が125 μ mの極細の光ファイバ4 aになる。加熱炉1外へ出た直後の光ファイバ4 aは外径測定器5で外径を測定され、冷却器6内で冷却される。

【 0 0 2 7 】

冷却器6内を通過した光ファイバ4 aは非接触式振動検出センサ7によって振動を検出された後、第1のコーティング用ダイス9により樹脂を塗布されて1次被覆光ファイバ4 bになり、その1次被覆層が第1の被覆硬化装置10で硬化される。

10

【 0 0 2 8 】

被覆硬化装置10内を通過した1次被覆光ファイバ4 bは第2のコーティング用ダイス11による樹脂コーティングを受けて2次被覆光ファイバ4 cになり、その2次被覆層が第2の被覆硬化装置12で硬化される。

【 0 0 2 9 】

さらに第2の被覆硬化装置12内を通過した2次被覆光ファイバ4 cは、ターンシープ13を経由して図示しない巻取機に巻き取られる。

20

【 0 0 3 0 】

図1を参照して述べた上記の例では、所定位置に配置された非接触式振動検出センサ7が光ファイバ4 aの振動を検出し、非接触式振動検出センサ7から振動検出信号を入力された張力測定器8が光ファイバ4 aの張力Tを算出する。

【 0 0 3 1 】

本発明において、光ファイバの振動を非接触式振動検出センサで検出し、その検出データに基づき光ファイバ張力を張力測定器で求める場合は、具体的一例として図2に示す下記ステップS1~ステップS5が採用される。

【 0 0 3 2 】

ステップS1：スペクトル解析振動数範囲の設定
スペクトル解析振動数範囲を設定する。具体的には張力測定器8の初期値として設定する。

30

【 0 0 3 3 】

ステップS2：データ取り込み
張力測定器8において、たとえばサンプリング間隔を数ミリ秒~数十ミリ秒にして非接触式振動検出センサ7から線位置データを数十秒間取り込み、その数十秒間で取り込んだ線位置データをメモリする。

【 0 0 3 4 】

ステップS3：FFT演算
線位置データをFFT(高速フーリエ変換: fast Fourier transform)で演算して離散データのフーリエ成分を求める。

40

【 0 0 3 5 】

ステップS4：自己相関の計算
ステップS3で求められたFFT演算結果のスペクトル成分に含まれている複数のピーク振動数から、振動数0と一番目のピーク振動数との間隔、一番目のピーク振動数と二番目のピーク振動数との間隔、・・・、n-1番目のピーク振動数とn番目のピーク振動数(nは自然数)との間隔が等しくなる少なくとも2個のピーク振動数を含むピーク振動数の群を調和振動列群として特定する。

【 0 0 3 6 】

調和振動列群を特定する際には、確実に調和振動列群を特定することができるように、

50

スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調する。ここで、「強調」とは、該調和振動列群に該当しない非周期的なピーク振動数をノイズであると判定して、前記ピーク振動数群から除去し、等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数のみを残すことをいう。

【0037】

ステップS4における自己相関の計算の際には、下記の数式(2)を用いる。

【0038】

【数2】

数式(2)

$$\rho(k) = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} x(i+k) \cdot x(i) - \bar{x}_0(k) \cdot \bar{x}_k(k)}{\sqrt{\left\{ \sum_{i=1}^{n-k} x^2(i) - \bar{x}_0^2(k) \right\} \left\{ \sum_{i=1}^{n-k} x^2(i+k) - \bar{x}_k^2(k) \right\}}}$$

10

ただし

$$\bar{x}_0(k) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=k+1}^n x(i)$$

20

$$\bar{x}_k(k) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} x(i)$$

【0039】

ここで、光ファイバの振動波形の一例を図3に、図3の振動波形をFFT演算して得られたスペクトル成分を図4に示す。

【0040】

具体的には、上記数式(2)を用いるため、図4のスペクトル波形図で示されるスペクトルデータを振動数軸について離散されたデータとしてn個読み取る。次に、図4の振動数軸上に配置されるk番目(kは1からnまでの整数)のデータx(k)についての自己相関(k)を上記数式(2)により求める。なお、データ数nは、検出すべき個数のピーク振動数を超える振動数に相当する数であればよい。

【0041】

上記ステップS4による図4のスペクトル成分の自己相関計算結果を図5に示す。なお、自己相関の計算の後、データの平滑化を行うことが好ましく、図5は平滑化後のものである。ここで、「平滑化」とは振幅の小さいノイズ成分の影響を除去することをいい、平滑化は常法により行うことができる。図5を図4と比較すると、図4における調和振動列群に該当しない非周期的なピーク振動数はノイズであると判定され、前記スペクトル成分中から除去されて、図5では調和振動列群に相当する振動数のみにピークが存在している。

30

40

【0042】

ステップS5：張力の計算

ステップS4で特定された調和振動列群の基本振動数(最も低い振動数のピーク)を光ファイバの基本振動数fと決定し、その値を前記数式(1)に代入して光ファイバの張力

50

Tを求める。

【0043】

図2に示されるステップを実行した結果、光ファイバの線引中の張力は、ノイズの発生状況にかかわらずほぼ正確に測定された。

【0044】

なお、本発明の実施態様は、図2の各ステップに具体例を示したものに限られず、特許請求の範囲に記載された範囲において自由に変更可能である。たとえばステップS4で特定される調和振動列群のピーク振動数の個数は2個以上であれば何個でもよく、ステップS5においては、ステップS4で特定された調和振動列群のピーク振動数間隔の平均値を光ファイバの基本振動数 f と決定するなどの変更を行ってもよいことはいうまでもない。

10

【0045】

本発明によれば、光ファイバの振動波形のスペクトル成分に含まれるピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定する際に、まず前記スペクトル成分に含まれている等間隔の調和振動列関係にある少なくとも2個のピーク振動数の群を調和振動列群として特定することで、該調和振動列群に該当しない非周期的なピーク振動数をノイズであると判定して、前記ピーク振動数の群から除去し、次に該調和振動列群に含まれる各ピーク振動数から前記光ファイバの基本振動数を決定することにより、正確に光ファイバの基本振動数を求めることが可能となる。

【0046】

また、本発明によれば、調和振動列群を抽出する際に、前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調することにより、簡単かつ確実に調和振動列群を特定することが可能となり、その結果、線引中の光ファイバの張力をより正確に測定することが可能となる。

20

【0047】

さらに、本発明によれば、前記スペクトル成分の自己相関を計算して等間隔の調和振動列関係にあるピーク振動数を強調する際に、自己相関計算後のデータを平滑化することにより、より簡単かつ確実に調和振動列群を特定することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0048】

本発明の方法は、光ファイバの振動波形を利用することにより、線引中の光ファイバの張力をより正確、容易かつ安定に測定することができるので、線引時の張力を管理して、長手方向での伝送特性の変化を小さくして安定に光ファイバを製造する方法として好適である。

30

【0049】

本発明をその実施態様とともに説明したが、我々は特に指定しない限り我々の発明を説明のどの細部においても限定しようとするものではなく、添付の請求の範囲に示した発明の精神と範囲に反することなく幅広く解釈されるべきであると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】図1は、本発明の一実施態様である光ファイバの線引張力測定方法が適用される光ファイバ線引装置の一例を示す概略説明図である。

40

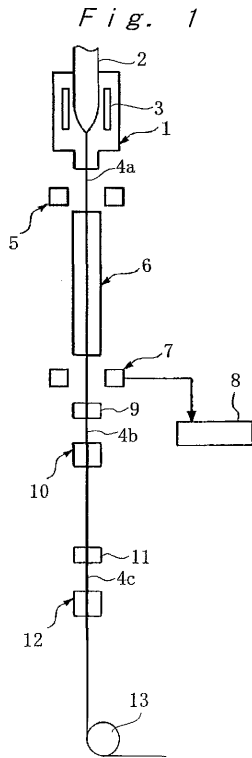
【図2】図2は、本発明の一実施態様における、光ファイバの線引張力を求めるときの各ステップを例示した流れ図である。

【図3】図3は、光ファイバの振動波形の一例を示す波形図である。

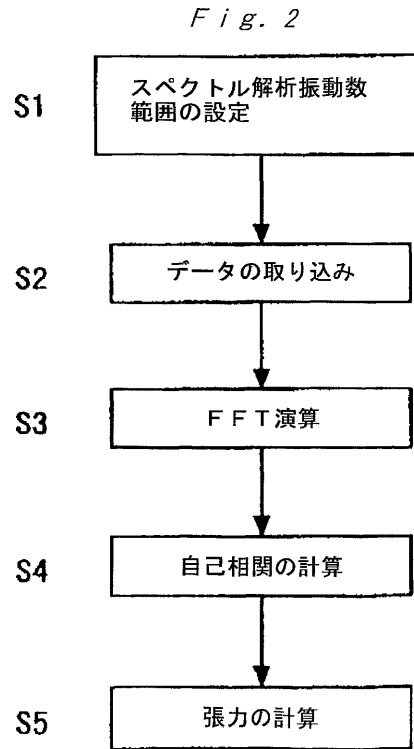
【図4】図4は、図3の波形図をスペクトル解析した結果を示す波形図である。

【図5】図5は、図4の波形図に示されたスペクトル成分の自己相関を計算した後、平滑化した結果を示す波形図である。

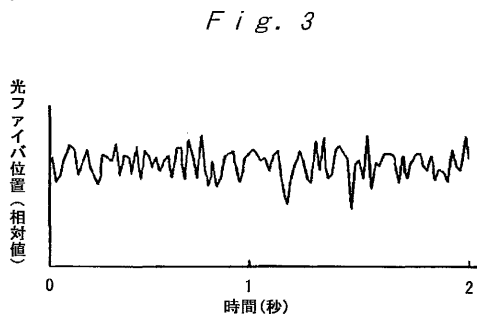
【図1】



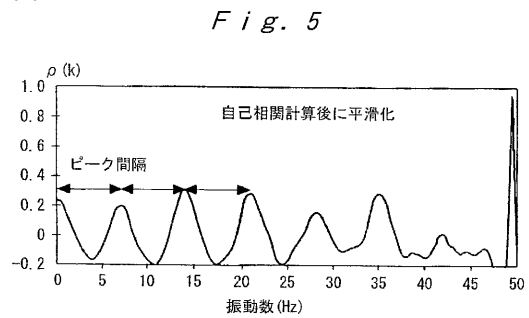
【図2】



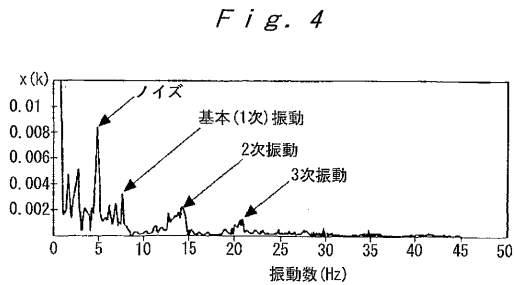
【図3】



【図5】



【図4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-153739(JP,A)
特開平04-283637(JP,A)
特開昭63-191036(JP,A)
特開平06-331430(JP,A)
特開昭62-005137(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01L 5/04
G01H 13/00
G02B 6/00