

(51)Int.Cl.⁷

G 0 1 R 33/032

F I

G 0 1 R 33/032

テーマコード(参考)

2 G 0 1 7

審査請求 有 請求項の数11 O L (全11頁)

(21)出願番号 特願2004-166630(P2004-166630)
(22)出願日 平成16年6月4日(2004.6.4)

(71)出願人 390014306
防衛庁技術研究本部長
東京都新宿区市谷本村町5番1号
(71)出願人 000000295
沖電気工業株式会社
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号
(74)代理人 100089635
弁理士 清水 守
(74)代理人 100096426
弁理士 川合 誠
(72)発明者 廣田 恵
東京都文京区向丘1-3-15
(72)発明者 佐藤 陵沢
東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電
気工業株式会社内
Fターム(参考) 2G017 AD11 BA03

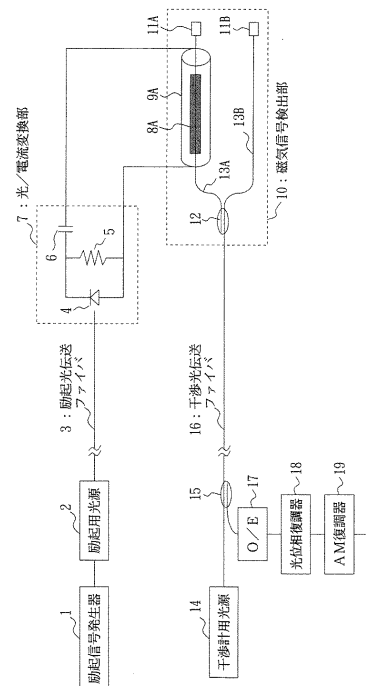
(54)【発明の名称】光ファイバセンサ

(57)【要約】

【課題】 信頼性の高い光ファイバセンサを提供する。

【解決手段】 交流で励起するとともに、他の物理量を検出する光ファイバセンサにおいて、励起周波数の交流で強度変調した励起光を励起光伝送ファイバ3で伝送し、前記励起光を光/電気変換素子4で電力に変換して磁気信号検出部10に送り、この磁気信号検出部10の励起コイル9Aで励起する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

交流で励起するとともに、物理量を検出する光ファイバセンサにおいて、励起周波数の交流で強度変調した励起光を励起光伝送ファイバで伝送し、前記励起光を光 / 電気変換素子で電力に変換して磁気信号検出部に送り、該磁気信号検出部の励起コイルで励起することを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、前記励起光伝送ファイバの伝送損失が小さい赤外光で励起パワーを伝送することを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 3】

請求項 2 記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子に InGaAs、InGaAsP、Ge などの長波長用フォトダイオードを用いることを特徴とする光ファイバセンサ。

10

【請求項 4】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子に接続される磁気信号検出部の回路の負荷を前記光 / 電気変換素子の最適負荷とほぼ一致させることを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 5】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子にコイルとコンデンサで構成される回路を接続して所要の交流成分だけで前記励起光を励起するように構成することを特徴とする光ファイバセンサ。

20

【請求項 6】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子から出力されるバイアス成分を並列抵抗で逃がすことを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 7】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子から出力されるバイアス成分を並列コイルで逃がすことを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 8】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子の出力にトランスを接続することを特徴とする光ファイバセンサ。

30

【請求項 9】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、プッシュ - ブルで動作する干渉計の 2 つのアームが逆向きに励起されるように構成することを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 10】

請求項 8 記載の光ファイバセンサにおいて、合成された励起信号を光伝送し、トランスの複数の 2 次コイルと該 2 次コイルに接続する回路で周波数分離して磁気信号検出部の複数の磁歪材を異なる周波数で励起することを特徴とする光ファイバセンサ。

【請求項 11】

請求項 1 記載の光ファイバセンサにおいて、複数の磁気信号検出部を用いる場合に、励起光を分岐して複数の光 / 電流変換部に入力することを特徴とする光ファイバセンサ。

40

【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ものである。

【背景技術】

【0002】

従来、このような分野の技術としては、下記特許文献 1 に開示されるものがあった。

【0003】

それによれば、レーザー光源から光ファイバ内を伝搬してきたレーザー光が光カプラで分岐し、2 つの干渉計のアームを通過した後、光カプラで干渉するマッハ・ツェンダ干渉

50

計を構成する。干渉計のアームには磁気信号検出部が構成されており、干渉計のアームとなる光ファイバに磁歪材を接着し、正弦波状の励起磁界を発生する励起コイルの中に配置した構造とする。さらに、干渉計の出力を O / E 変換器で電気信号に変換し、パッシブホモダインなどの位相復調器で干渉光の位相を復調し、交流磁界の周波数で AM 復調するように構成する。

【 0 0 0 4 】

ここで、磁気信号検出部に磁界が加わると磁歪材が歪むため干渉計のアームが伸び縮みする。このとき干渉計のアームを伝わった光の位相が変化する。この位相変化が位相復調器の出力に現れる。また、磁気信号検出部に正弦波状の励起磁界を加えた状態で磁気信号が加わると O / E 変換器出力の励起磁界成分が磁気信号で AM 変調される。この励起磁界成分から磁気信号を復調して磁気信号検出部に入力した磁気信号を検出する。

10

【特許文献 1】特開平 1 0 - 3 3 9 7 7 0 号公報

【 発明の開示 】**【 発明が解決しようとする課題 】****【 0 0 0 5 】**

しかしながら、上記した従来技術では、励起パワー（励起磁界を発生させる電力）を電線で伝送するため、光ファイバ以外に電線も必要となり、つまり、太く頑丈なケーブルが必要となり、コストが高み、しかも電線が受ける電磁干渉等で雑音が発生する。また、使用環境によっては避雷対策が必要となる等の問題があった。更に、信号検出部に長期間の信頼性が求められる用途の場合、多数の電子部品を用いた電子回路が必要なため寿命が短い等の問題もあった。

20

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記問題点を除去し、信頼性の高い光ファイバセンサを提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】**【 0 0 0 7 】**

本発明は、上記目的を達成するために、

〔 1 〕 交流で励起するとともに、物理量を検出する光ファイバセンサにおいて、励起周波数の交流で強度変調した励起光を励起光伝送ファイバで伝送し、前記励起光を光 / 電気変換素子で電力に変換して磁気信号検出部に送り、この磁気信号検出部の励起コイルで励起することを特徴とする。

30

【 0 0 0 8 】

〔 2 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記励起光伝送ファイバの伝送損失が小さい赤外光で励起パワーを伝送することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

〔 3 〕 上記〔 2 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子に InGaAs、InGaAsP、Ge などの長波長用フォトダイオードを用いることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

〔 4 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子に接続される磁気信号検出部の回路の負荷を前記光 / 電気変換素子の最適負荷とほぼ一致させることを特徴とする。

40

【 0 0 1 1 】

〔 5 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子にコイルとコンデンサで構成される回路を接続して所要の交流成分だけで前記励起光を励起するように構成することを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

〔 6 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子から出力されるバイアス成分を並列抵抗で逃がすことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

50

〔 7 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子から出力されるバイアス成分を並列コイルで逃がすことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

〔 8 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、前記光 / 電気変換素子の出力にトランスを接続することを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

〔 9 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、プッシュ - プルで動作する干渉計の 2 つのアームが逆向きに励起されるように構成することを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

〔 1 0 〕 上記〔 8 〕記載の光ファイバセンサにおいて、合成された励起信号を光伝送し、トランスの複数の 2 次コイルと該 2 次コイルに接続する回路で周波数分離して磁気信号検出部の複数の磁歪材を異なる周波数で励起することを特徴とする。 10

【 0 0 1 7 】

〔 1 1 〕 上記〔 1 〕記載の光ファイバセンサにおいて、複数の磁気信号検出部を用いる場合に、励起光を分岐して複数の光 / 電流変換部に入力することを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、信頼性の高い光ファイバセンサを提供することができる。

【 0 0 1 9 】

より具体的には、以下のような効果を奏することができる。 20

【 0 0 2 0 】

〔 1 〕 第 1 実施例では励起パワーを光ファイバで伝送するため、伝送ケーブルの電線が不要となる。従って、ケーブルの軽量化、低コスト化、電磁干渉の影響を受けない、避雷対策が不要となる。また、光 / 電流変換部と磁気信号検出部に必要な電子部品は光 / 電気変換素子 1 個であり高い信頼性が得られる。

【 0 0 2 1 】

〔 2 〕 第 2 実施例では第 1 実施例と同じ効果がある。更に、第 1 実施例には抵抗にも交流成分が流れて効率が低下する欠点があるが、本実施例では 1 0 0 % に近い効率が得られる。

【 0 0 2 2 】 30

〔 3 〕 第 3 実施例では第 2 実施例の効果に加え、光 / 電気変換素子から出力される励起磁界の周波数帯以外の雑音を抑制する効果を有する。従って、より小さい信号磁界を検出する用途に適している。

【 0 0 2 3 】

〔 4 〕 第 4 実施例では第 1 実施例の効果に加え、励起コイルで発生する雑音磁界をキャンセルする効果がある。より小さい信号磁界を検出する用途に適している。

【 0 0 2 4 】

〔 5 〕 第 5 実施例では第 3 実施例の効果に加え、励起パワーを周波数多重伝送するため、1 本の励起光伝送ファイバと 1 個の光 / 電気変換素子で複数の信号磁界を検出することができる。 40

【 0 0 2 5 】

〔 6 〕 第 6 実施例では第 1 ~ 第 5 実施例の効果に加え、複数の磁気信号検出部からの伝送で励起光伝送ファイバ、干渉光伝送ファイバ共に共有することができるので、ケーブルを軽量化することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 6 】

交流で励起するとともに、他の物理量を検出する光ファイバセンサにおいて、励起周波数の交流で強度変調した励起光を励起光伝送ファイバで伝送し、前記励起光を光 / 電気変換素子で電力に変換して磁気信号検出部に送り、この磁気信号検出部の励起コイルで励起する。 50

【 0 0 2 7 】

以下、本発明の実施の形態について図を参照しながら詳細に説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 8 】

図 1 は本発明の第 1 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。

【 0 0 2 9 】

この図に示すように、励起信号発生器 1 からの励起磁界周波数の正弦波で強度が変化する励起用光源 2 の出力が、励起光伝送ファイバ 3 を介して光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 に入力するように構成する。光 / 電気変換素子 4 には光起電力型素子または太陽電池と称される素子で励起用光源 2 の波長で高い感度を持つものを用いる。励起光伝送ファイバ 3 が長い場合、光ファイバの伝送損失が小さい赤外 (1 . 3、1 . 5 5 帯) の光源と、InGaAs、InGaAsP、Ge などの赤外用フォトダイオードを用いる構成が適している。

10

【 0 0 3 0 】

光 / 電流変換部 7 は並列抵抗 5 と直列コンデンサ 6 を組み合わせてバイアス電流 (直流成分) を逃がし、交流電流だけが磁気信号検出部 1 0 の励起コイル 9 A に流れるように構成する。ここで、励起コイル 9 A と直列コンデンサ 6 のインピーダンスが励起磁界周波数で最小となるように設定して励起コイル 9 A に流れる正弦波状の交流電流が最大になるようにすることが望ましい。

【 0 0 3 1 】

光 / 電気変換素子 4 には最適負荷と呼ばれる出力電力が最大になる固有の負荷がある。光 / 電気変換素子 4 の負荷となる励起コイル 9 A、直列コンデンサ 6、並列抵抗 5 の合成のインピーダンスが最適負荷とほぼ一致するように各回路定数を設定することが望ましい。

20

【 0 0 3 2 】

磁気信号検出部 1 0 は光ファイバ 1 3 A と磁歪材 8 A を接着等の手段で一体にし、その光ファイバ 1 3 A がアームとなる光ファイバ干渉計を構成し、磁歪材 8 A を励起コイル 9 A の中に配置した構造とする。干渉計用光源 1 4 の出力が光カプラ 1 5 を通過し、干渉光伝送ファイバ 1 6 と磁気信号検出部 1 0 の干渉計を往復するように干渉計用光源 1 4、光カプラ 1 5、干渉光伝送ファイバ 1 6、磁気信号検出部 1 0 の干渉計を構成し、光カプラ 1 5 に戻った光を電気信号に変換する O / E 変換器 1 7、干渉波形の位相を検出する光位相復調器 1 8、磁気信号を復調する AM 復調器 1 9 を順に接続した構成である。なお、1 1 A、1 1 B はミラー、1 2 は光カプラ、1 3 B はもう一方の光ファイバである。

30

【 0 0 3 3 】

以下、この光ファイバセンサの動作について説明する。

【 0 0 3 4 】

励起磁界周波数の正弦波で強度が変化する励起用光源 2 の出力が、励起光伝送ファイバ 3 を介して光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 に入力することにより、励起磁界周波数の交流電流とバイアス電流が出力される。直列コンデンサ 6 でバイアス電流が遮断されるために励起コイル 9 A には励起磁界周波数の交流電流だけが流れる。励起コイル 9 A と並列に接続された並列抵抗 5 にはバイアス電流に対する負荷が大きいときに光 / 電気変換素子 4 の出力電流が飽和する現象を防ぐ働きがある。

40

【 0 0 3 5 】

励起コイル 9 A で発生する励起磁界と信号磁界で磁歪材 8 A が歪み、干渉計のアームとなる光ファイバ 1 3 A が伸び縮みするため干渉計出力光の位相が変化する。干渉計出力光は干渉光伝送ファイバ 1 6 を伝播し、O / E 変換器 1 7 で電気信号に変換され、光位相復調器 1 8 で位相復調され、励起磁界周波数で AM 復調器 1 9 により AM 復調されることにより磁気信号が検出される。

【 実施例 2 】

【 0 0 3 6 】

50

図 2 は本発明の第 2 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。なお、第 1 実施例と同じ構成部分については同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 3 7 】

この実施例では、第 1 実施例の並列抵抗 5 を並列コイル 2 0 に換えた構成である。ここで、励起周波数の交流電流のほとんどが励起コイル 9 A 側に、バイアスで電流は並列コイル 2 0 だけに流れるよう並列コイル 2 0 のインダクタンスを設定する。

【 0 0 3 8 】

以下、この光ファイバセンサの動作について説明する。

【 0 0 3 9 】

光 / 電流変換部 7 以外は第 1 実施例と同様に動作する。光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 から出力される励起磁界周波数の交流電流が並列コイル 2 0 に流れ、励起磁界が発生する。並列コイル 2 0 にはバイアス電流を逃がし、光 / 電気変換素子 4 の出力電流の飽和を防ぐ働きがある。

【 実施例 3 】

【 0 0 4 0 】

図 3 は本発明の第 3 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。なお、第 1 実施例と同じ構成部分については同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 4 1 】

この実施例では、光 / 電流変換部 7 以外は第 1 実施例と同様に構成する。

【 0 0 4 2 】

光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 の出力をトランス 2 1 の 1 次側に接続する。トランス 2 1 の 2 次側には直列コンデンサ 6 と励起コイル 9 A を接続する。ここで、直列コンデンサ 6 のキャパシタンスと励起コイル 9 A のインダクタンスで決まる共振周波数が励起磁界周波数とほぼ一致し、トランス 2 1 の 1 次側から見た励起磁界周波数でのトランス 2 1 、直列コンデンサ 6 、励起コイル 9 A のインピーダンスが光 / 電気変換素子 4 の最適負荷とほぼ一致するように、トランス 2 1 の巻線比、直列コンデンサ 6 のキャパシタンス、励起コイル 9 A のインダクタンスを設定することが望ましい。

【 0 0 4 3 】

以下、この光ファイバセンサの動作について説明する。

【 0 0 4 4 】

光 / 電流変換部 7 以外は第 1 実施例と同様に動作する。光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 から出力される励起磁界周波数の交流電流とバイアス電流がトランス 2 1 の 1 次側に流れる。トランス 2 1 には直流電流を遮断する特性があるため、トランス 2 1 の 2 次側には励起磁界周波数の交流電流だけが流れ励起コイル 9 A から励起磁界が発生する。2 次側から見たトランス 2 1 と光 / 電気変換素子 4 の合成のインピーダンスが低いため、トランス 2 1 の 2 次側巻線、直列コンデンサ 6 、励起コイル 9 A が形成する回路は帯域通過フィルタの特性を持っている。従って光 / 電気変換素子 4 に含まれる励起磁界の周波数帯以外の雑音が抑制される。

【 実施例 4 】

【 0 0 4 5 】

図 4 は本発明の第 4 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。なお、第 1 実施例と同じ構成部分については同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 4 6 】

磁気信号検出部 1 0 の干渉計のアームとなる 2 本の光ファイバ 1 3 A , 1 3 B それぞれに磁歪材 8 A , 8 B を接着し、2 つの磁歪材 8 A , 8 B を個々に励起コイル 9 A , 9 B に入れ平行に配置する。2 つの励起コイル 9 A , 9 B から逆向きの磁界が発生するように、光 / 電流変換部 7 の出力を励起コイル 9 A , 9 B に接続する。磁気信号検出部 1 0 以外は第 1 実施例と同様に構成する。

【 0 0 4 7 】

以下、この光ファイバセンサの動作について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

励起用光源 2、励起光伝送ファイバ 3 と光 / 電流変換部 7 が第 1 実施例と同様に動作して励起コイル 9 A、9 B から励起磁界が発生する。本実施例では干渉計のアームとなる 2 本の光ファイバ 1 3 A、1 3 B に接着した 2 つの磁歪材 8 A、8 B に逆向きの励起磁界が加わり、プッシュ - プル (p u s h - p u l l) 動作することにより、後述の原理で、光 / 電流変換器 7 の出力の雑音成分などを含まない干渉計出力光が得られる。干渉計出力光は干渉光伝送ファイバ 1 6 を伝播し、O / E 変換器 1 7 で電気信号に変換され、光位相復調器 1 8 で位相復調され、励起磁界周波数で、A M 復調器 1 9 により A M 復調されることにより磁気信号が検出される。

【 0 0 4 9 】

従来技術または本発明で磁歪材に加わる磁界 H 及び干渉光の位相 は次式で表される。

【 0 0 5 0 】

$$H = H_s + H_d + H_N \quad \dots (1)$$

$$= k \cdot H^2 = k \cdot (2 \cdot H_s \cdot H_d + 2 \cdot H_d \cdot H_N + 2 H_N \cdot H_s + H_s^2 + H_d^2 + H_N^2) \quad k \cdot (2 \cdot H_s \cdot H_d + 2 \cdot H_d \cdot H_N + H_s^2 + H_d^2) \quad H_d \quad H_N \quad \dots (2)$$

ここで、 H_s 、 H_d 、 H_N は信号磁界、励起磁界、及び励起コイルに流れる雑音成分による雑音磁界、 k は感度を表す定数である。光位相復調器 1 8 の出力で干渉光の位相 は復調され、A M 復調器 1 9 において、上記 (2) 式第 1 項の信号磁界成分 H_s が検出されるが、同時に第 2 項の雑音磁界成分 H_N も現れるため信号磁界の最小検出限界を制限する

。第 4 実施例では 2 つの磁歪材に加わる磁界 H_A 、 H_B 及び干渉光の位相 が

$$H_A = H_s + H_d + H_N \quad \dots (3 A)$$

$$H_B = H_s - H_d - H_N \quad \dots (3 B)$$

$$= k (H_A^2 - H_B^2) \quad 4 H_s \cdot H_d \quad H_d \quad H_N \quad \dots (4)$$

と表され、(2) 式の第 2 項に相当する雑音成分は現れない。

【 実施例 5 】

【 0 0 5 1 】

図 5 は本発明の第 5 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。なお、第 1 実施例と同じ構成部分については同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

【 0 0 5 2 】

この実施例では、3 周波の励起磁界周波数 f_x 、 f_y 、 f_z の正弦波を加算した波形で強度が変化する励起用光源 2 の出力が励起光伝送ファイバ 3 を介して光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 に入力するように構成する。光 / 電気変換素子 4 の出力をトランス 3 1 の 1 次側に接続する。トランス 3 1 の 2 次側には 3 つの巻線 3 2、3 3、3 4 を取り付け、それぞれに励起コイル 4 0、3 9、3 8 とコンデンサ 3 5、3 6、3 7 を接続する。ここで、励起コイル 3 8、3 9、4 0 のインダクタンスとコンデンサ 3 5、3 6、3 7 のキャパシタンスで決まる共振周波数が 3 周波の励起磁界周波数 f_x 、 f_y 、 f_z に対応するようにそれぞれの回路定数を設定する。

【 0 0 5 3 】

磁気信号検出部 1 0 は 3 つの励起コイル 3 8、3 9、4 0 の中にそれぞれ磁歪材 4 1、4 2、4 3 を入れ、直交する 3 方向に向けて配置する。光ファイバ 1 3 A と 3 つの磁歪材 4 1、4 2、4 3 を接着等の手段で一体にし、その光ファイバ 1 3 A がアームとなる光ファイバ干渉計を構成する。干渉計用光源 1 4、光カプラ 1 5、干渉計、O / E 変換器 1 7、光位相復調器 1 8 を第 1 実施例と同様に構成する。

【 0 0 5 4 】

光位相復調器 1 8 の出力に 3 つの A M 復調器 1 9 A、1 9 B、1 9 C を接続し励起磁界周波数 f_x 、 f_y 、 f_z に含まれる直交する 3 方向の磁気信号を個々に検出するように構成する。

【 0 0 5 5 】

以下、この光ファイバセンサの動作について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

3周波の励起磁界周波数 f_x , f_y , f_z の正弦波を加算した波形で強度が変化する励起用光源 2 の出力が励起光伝送ファイバ 3 を介して光 / 電流変換部 7 の光 / 電気変換素子 4 に入力することにより 3 周波の励起磁界周波数 f_x , f_y , f_z の正弦波を加算した波形の交流電流とバイアス電流が出力され、トランス 3 1 の 1 次側巻線に注入される。トランス 3 1 の 2 次側に接続された 3 組の励起コイル 3 8 , 3 9 , 4 0 とコンデンサ 3 5 , 3 6 , 3 7 にはそれぞれの共振周波数に対応した 1 周波の交流電流だけが流れる。従って、3 つの励起コイル 3 8 , 3 9 , 4 0 で発生する励起磁界はそれぞれ周波数が異なる正弦波となる。励起コイル 3 8 , 3 9 , 4 0 で発生する励起磁界と、この励起磁界と同一方向の信号磁界で磁歪材 4 1 , 4 2 , 4 3 が歪み、干渉計のアームとなる光ファイバ 1 3 A が伸び縮みするため干渉計出力光の位相が変化する。ここで、干渉計出力光の位相は、直交する 3 方向の信号磁界がそれぞれに対応する励起磁界周波数 f_x , f_y , f_z で周波数多重された AM 変調波を有する。干渉計出力光は干渉光伝送ファイバ 1 6 を伝播し、O / E 変換器 1 7 で電気信号に変換され、光位相復調器 1 8 で位相復調され、3 周波の励起磁界周波数 f_x , f_y , f_z で、AM 復調器 1 9 により個々に AM 復調されることにより直交する 3 方向の磁気信号が検出される。

10

【 実施例 6 】

【 0 0 5 7 】

図 6 は本発明の第 6 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。なお、第 1 実施例と同じ構成部分については同じ符号を付してそれらの説明は省略する。

20

【 0 0 5 8 】

この実施例では、励起信号発生器 1、励起用光源 2 と励起光伝送ファイバ 3 を第 1 ~ 第 5 実施例の何れかと同様に構成する。励起光伝送ファイバ 3 の出力を光カプラ 5 1 , 5 2 , ... で分割し、複数の光 / 電流変換部 6 1 , 6 2 , ... に接続する。光 / 電流変換部 6 1 , 6 2 , ... の出力を複数の磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... に接続する。ここで、1 つの光 / 電流変換部に接続する磁気信号検出部はその間をつなぐ電線で電磁干渉等の影響を受けない範囲とする。光 / 電流変換部 6 1 , 6 2 , ... と磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... の内部構成は第 1 ~ 第 5 実施例の何れかと同様に構成する。

【 0 0 5 9 】

パルス光を繰り返し発生する干渉計用光源 1 4 の出力が干渉光伝送ファイバ 1 6 を介し、光カプラ 8 1 - 1 , 8 1 - 2 , ... , 8 2 - 1 , ... で分岐して複数の磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... に到達し、パルス列となって O / E 変換器 1 7 に返送されるように構成する。ここで、返送されるパルスが重ならないように各磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... の間のファイバ長とパルス光のパルス幅を設定する。O / E 変換器 1 7 に各磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... から返送されたパルス列を分離するデマルチプレキサ (D M U X) 8 3、干渉波形の位相を検出する光位相復調器 8 4 - 1 , 8 4 - 2 , ...、磁気信号を復調する AM 復調器 8 5 - 1 , 8 5 - 2 , ... を順に接続した構成である。

30

【 0 0 6 0 】

以下、この光ファイバセンサの動作について説明する。

【 0 0 6 1 】

励起用光源 2 の出力が光カプラ 5 1 , 5 2 , ... で分岐され、複数の光 / 電流変換部 6 1 , 6 2 , ... で交流電流に変換され、複数の磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... の励起コイルで励起磁界に変換される。干渉計用光源 1 4 から出力される光パルスが干渉光伝送ファイバ 1 6 を伝わり、光カプラ 8 1 - 1 , 8 1 - 2 , ... , 8 2 - 1 , ... で分岐して各磁気信号検出部 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... に送られる。第 1 ~ 第 5 実施例と同様に磁気信号検出部の干渉計を通過する光が磁気信号で位相変調される。各磁気信号検出部から返送される光パルスがパルス列となり、時分割多重で伝送され、O / E 変換器 1 7 で電気信号に変換される。O / E 変換器 1 7 の出力が D M U X 8 3 でチャ

40

50

ンネル分離され、各チャンネルごとに光位相復調器 8 4 - 1 , 8 4 - 2 , ... と A M 復調器 8 5 - 1 , 8 5 - 2 , ... で磁気信号が復調される。

【 0 0 6 2 】

更に、本発明は以下のような利用形態を有する。

【 0 0 6 3 】

第 4 実施例では第 1 実施例と同じ光 / 電流変換部を用いる例を示したが、第 2 または第 3 実施例と同じように光 / 電流変換部を用いてもよい。

【 0 0 6 4 】

第 5 実施例では第 1 ~ 3 の磁気信号検出部と実施例と同様に 1 方向の信号磁界を 1 つの磁歪材と励起コイルで検出する例を示したが、第 4 実施例と同様に 2 つの磁歪材を平行に配置して逆向きの励起磁界を加える構造にしてもよい。 10

【 0 0 6 5 】

第 5 実施例では直交する 3 方向の信号磁界を検出する例で示したが、磁歪材、トランスの 2 次巻線から励起コイルまでと A M 復調器の数を変えて 2 方向または 4 方向以上を任意の角度で検出することもできる。

【 0 0 6 6 】

全ての実施例で磁気信号を検出する例を示したが、磁歪材を電歪材に換え、励起コイルを電極に換えることにより電界を検出することもできる。

【 0 0 6 7 】

第 6 実施例では複数の光 / 電流変換器それぞれに複数の励起コイルを接続する例を示したが、1 個の光 / 電流変換器に全ての励起コイルを接続する、または複数の光 / 電流変換器に各 1 個の励起コイルを接続する構成としてもよい。 20

【 0 0 6 8 】

全ての実施例で励起光伝送ファイバと干渉光伝送ファイバを各 1 本用いる例を示したが 2 本以上用いても良い。また、波長多重伝送を用い 1 本の伝送ファイバに励起光と干渉光の両方を伝送することもできる。

【 0 0 6 9 】

全ての実施例でマイケルソン干渉計を用いる例を示したが、マッハ・ツェンダ干渉計など他の干渉計を用いることもできる。

【 0 0 7 0 】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。 30

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 1 】

本発明は、信頼性の高い光ファイバセンサに適している。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 2 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。

【 図 2 】 本発明の第 2 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。

【 図 3 】 本発明の第 3 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。 40

【 図 4 】 本発明の第 4 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。

【 図 5 】 本発明の第 5 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。

【 図 6 】 本発明の第 6 実施例を示す光ファイバセンサの構成図である。

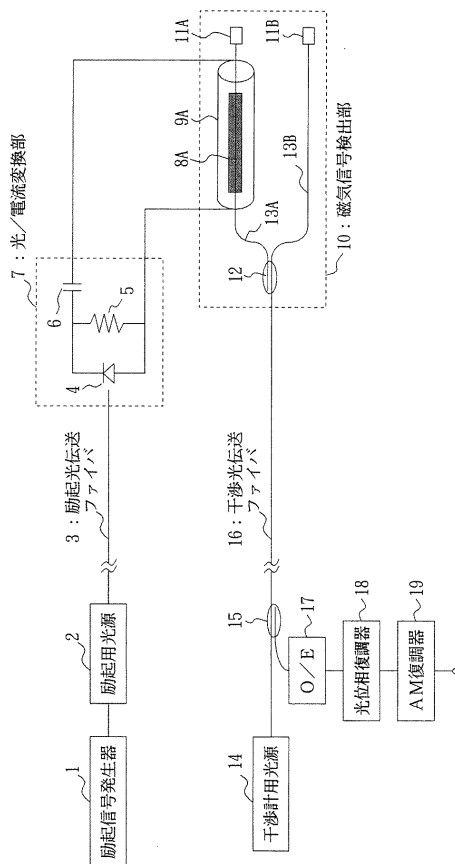
【 符号の説明 】

【 0 0 7 3 】

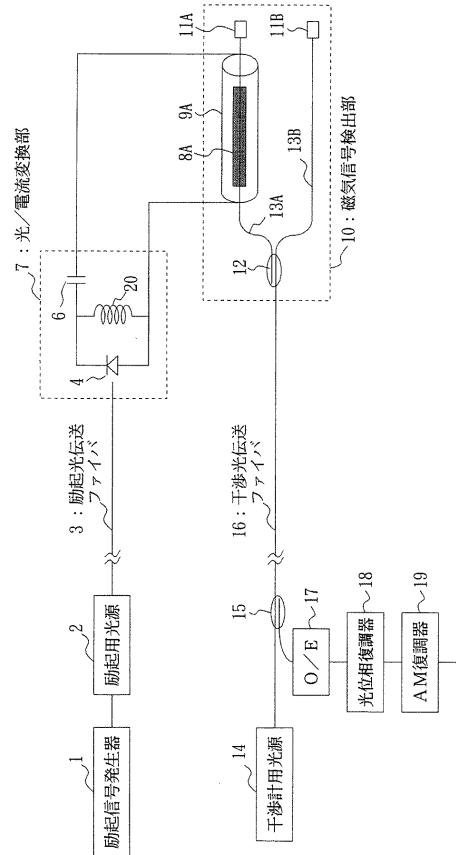
- 1 励起信号発生器
- 2 励起用光源
- 3 励起光伝送ファイバ
- 4 光 / 電気変換素子
- 5 抵抗

- 6 , 3 5 , 3 6 , 3 7 コンデンサ
- 7 , 6 1 , 6 2 , ... 光 / 電流変換部
- 8 A , 8 B , 4 1 , 4 2 , 4 3 磁歪材
- 9 A , 9 B , 3 8 , 3 9 , 4 0 励起コイル
- 1 0 , 7 1 - 1 , 7 1 - 2 , ... , 7 2 - 1 , ... 磁気信号検出部
- 1 1 A , 1 1 B ミラー
- 1 2 , 1 5 , 5 1 , 5 2 , ... , 8 1 - 1 , 8 1 - 2 , ... , 8 2 - 1 , ... 光カプラ
- 1 3 A , 1 3 B 光ファイバ
- 1 4 干渉計用光源
- 1 6 干渉光伝送ファイバ
- 1 7 O / E 変換器
- 1 8 , 8 4 - 1 , 8 4 - 2 , ... 光位相復調器
- 1 9 , 1 9 A , 1 9 B , 1 9 C , 8 5 - 1 , 8 5 - 2 , ... A M 復調器
- 2 0 並列コイル
- 2 1 , 3 1 トランス
- 3 2 , 3 3 , 3 4 巻線
- 8 3 デマルチプレキサ (D M U X)

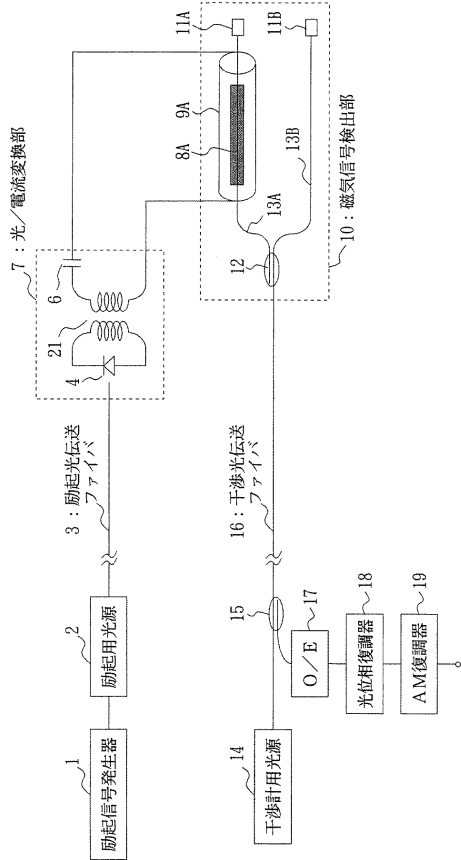
【 図 1 】



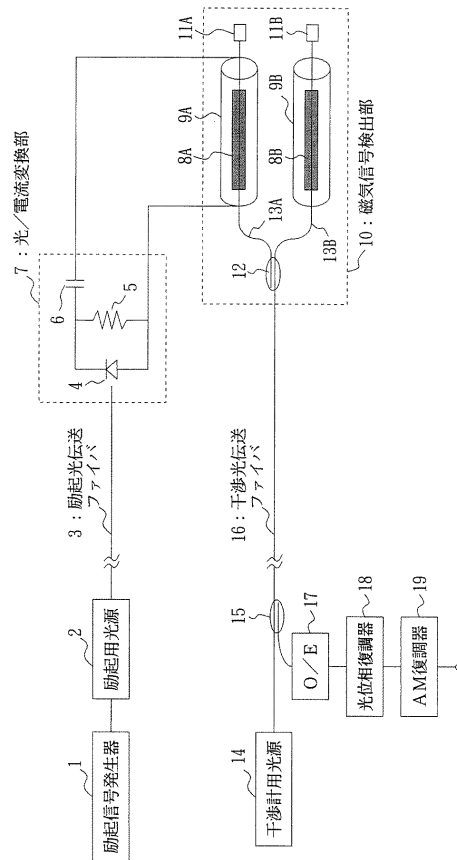
【 図 2 】



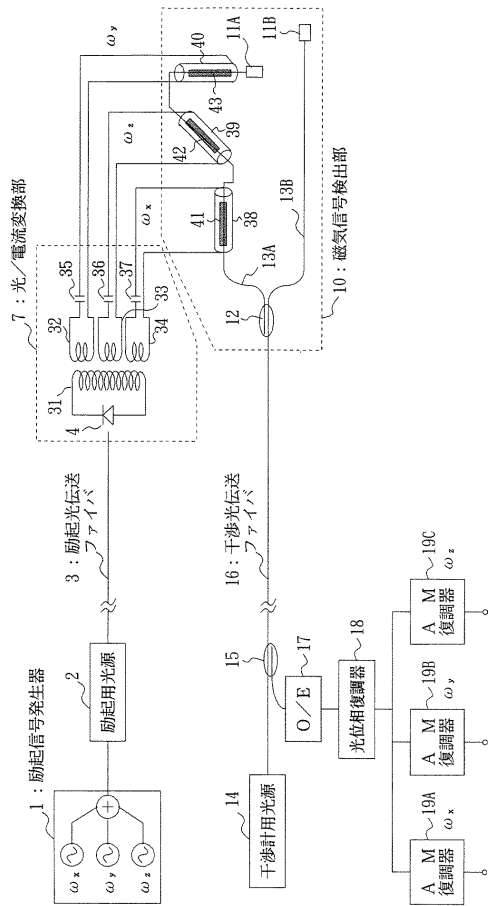
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

