

(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2006-138757
(P2006-138757A)

(43) 公開日 平成18年6月1日(2006.6.1)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1D 5/353 (2006.01)	GO1D 5/26 D	2F065
GO1B 11/16 (2006.01)	GO1B 11/16 Z	2F103
GO1M 11/00 (2006.01)	GO1M 11/00 U	2G086

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2004-329042 (P2004-329042)
(22) 出願日 平成16年11月12日 (2004.11.12)

(71) 出願人 000002255
昭和電線電纜株式会社
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
(74) 代理人 100077584
弁理士 守谷 一雄
(74) 代理人 100106699
弁理士 渡部 弘道
(72) 発明者 森田 和章
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号
昭和電線電纜株式会社内

最終頁に続く

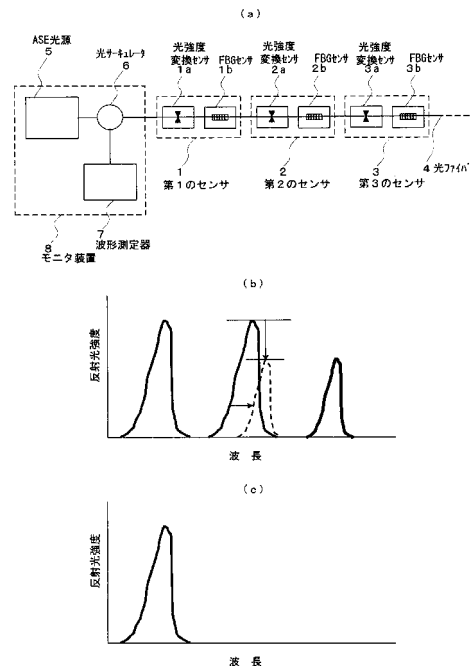
(54) 【発明の名称】 光ファイバ式多元センサシステム

(57) 【要約】

【解決手段】 本発明の光ファイバ式多元センサシステムは、少なくとも一つの光信号強度の変化に変換するセンサと少なくとも一つの信号波長の変化に変換するセンサとを組み合わせた複合センサにより構成している。光信号強度の変化に変換するセンサには光ファイバの曲げや破断を利用して光を減衰させたり遮断できるセンサを用い、信号波長の変化に変換するセンサにはFBGセンサを用いる。光信号強度の変化に変換するセンサはFBGセンサに対して常に光源側に配置する。

【効果】 本発明によれば、光信号強度の変化に変換するセンサと信号波長の変化に変換するセンサとを組み合わせることで、簡易な構成でかつ安価にシステムを構築でき、しかも高精度で異常発生箇所や発生量を計測することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の光ファイバ式センサを組み合わせることで各種物理量の変化を測定する光ファイバ式多元センサシステムにおいて、少なくとも一つの光信号強度の変化に変換するセンサと少なくとも一つの信号波長の変化に変換するセンサとを組み合わせることで複合センサを構成して前記物理量の変化を測定する手段を設けたことを特徴とする光ファイバ式多元センサシステム。

【請求項 2】

前記複合センサを直列に接続して組み合わせることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ式多元センサシステム。

10

【請求項 3】

前記複合センサを並列に接続して組み合わせることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ式多元センサシステム。

【請求項 4】

前記光信号強度の変化に変換するセンサは光信号減衰センサであることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ式多元センサシステム。

【請求項 5】

前記光信号減衰センサは光ファイバに曲げを付与することにより光信号を減衰させるセンサであることを特徴とする請求項 4 記載の光ファイバ式多元センサシステム。

【請求項 6】

前記光信号強度の変化に変換するセンサは光信号遮断センサであることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ式多元センサシステム。

20

【請求項 7】

前記光信号遮断センサは光ファイバに曲げを付与することにより光信号を遮断させるセンサであることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ式多元センサシステム。

【請求項 8】

前記光信号遮断センサは光ファイバを破断させることにより光信号を遮断させるセンサであることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ式多元センサシステム。

【請求項 9】

前記信号波長の変化に変換するセンサはファイバ・ブラッグ・グレーティングセンサであることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ式多元センサシステム。

30

【請求項 10】

前記複合センサにおいて、光信号強度の変化に変換するセンサは前記信号波長の変化に変換するセンサに対して光の入力側に配置することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ式多元センサシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、歪み、変位、圧力、加速度、温度、湿度等の各種物理量の変化を測定する光ファイバ式多元センサシステムに係り、簡易な構成で安価なセンサシステムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

近年、光ファイバを用いたセンシング技術が多数用いられるようになってきている。この中で代表的なものとしてファイバ・ブラッグ・グレーティング (FBG) 方式がある。FBG はシングルモードファイバ (SMF) のコアの屈折率を軸方向に周期的に変化させた屈折率格子であり、格子間隔を Λ 、基本モードの実効屈折率を n_{eff} とすると、以下の式の条件に合致する波長成分 λ_B (Bragg 波長) のみを選択的に反射する性質を有している。

【0003】

50

$$\lambda_B = 2 n_{\text{eff}} \cdot d$$

ここで、例えば F B G の軸方向に伸び（圧縮）歪みが与えられた場合、主に格子間隔が変化するために、上記の式より B r a g g 波長も変化することになる。B r a g g 波長は概ね歪み量に比例して変化するので、B r a g g 波長の変化から F B G の歪み量を算出することができる。通常 F B G を用いたセンシングには、F B G センサに測定光を送る広帯域光源と F B G からの反射信号を受光し F B G センサの特性パラメータ（反射中心波長、反射強度）に変換する波形測定器からなるモニタ装置が用いられる。

【 0 0 0 4 】

このような F B G を用いたセンシング技術は、局所点の歪み量を高精度・高分解能でかつ定量的に計測でき、また波長多重（W D M）により複数のセンサの信号光を 1 本の光ファイバに重畳して伝送できるという利便性により変位計や歪み計などの様々な計測に応用されている。特に F B G センサを直列接続して多点計測を行うことも提案されている（例えば、非特許文献 1 参照）。

10

【 0 0 0 5 】

従来 F B G 方式を用いたセンサシステムとしては図 4 のようにして用いられていた。即ち、図 4（a）において、F B G センサ 4 1（F B G 4 1 a、F B G 4 1 b、F B G 4 1 c、F B G 4 1 d、・・・）を光ファイバ 4 2 により直列に接続し、この F B G センサ 4 1 に A S E 光源 4 3 からの光を光サーキュレータ 4 4 により入力する。多点計測の場合は光スイッチ等の切り替え装置 4 5 により適宜光信号の入出力を切り替える。そして、歪みが発生した箇所に対応する F B G センサ 4 1 の何れかの F B G センサの光の反射波長が図 3（b）において波線で示したようにシフトするので（例えば F B G 4 1 b の箇所に歪み

20

【 0 0 0 6 】

また、他の定量的な計測の方法としては、一定量以上の変位が発生したときに光ファイバに曲げが加わるようにして伝送損失を発生させることで光信号を減衰させ、その光信号

30

【 0 0 0 7 】

一方、センシング技術には必ずしも常に定量的な計測を必要とする場合だけではなく、例えば一定量以上の変位の有無だけを検知する、いわゆるリミット検知（定性測定）だけで足りる場合もある。このようなリミット検知の方法としては光ファイバを破断させて光信号を遮断して変位の発生の有無を検知するリミットセンサを用いた技術がある。

【 0 0 0 8 】

従来リミットセンサ方式を用いたセンサシステムとしては、例えば図 5 のような方式が挙げられる。即ち、図 5（a）において、リミットセンサ 5 1（リミットセンサ 5 1 a、リミットセンサ 5 1 b、リミットセンサ 5 1 c、リミットセンサ 5 1 d、・・・）を光ファイバ 5 2 により直列に接続し、O T D R 5 3 により光信号を入力する。リミットセンサ 5 1 は、例えば既定量以上の歪みが発生した箇所（リミットセンサ 5 1 b の箇所）で光ファイバを破断させる機能を有しており、光ファイバが破断して光信号の伝送ができなくなると図 5（b）のように O T D R に表示される光信号の反射散乱光強度が低下し、その低下した箇所で歪みの発生が生じたことがわかるようになっている。

40

【 0 0 0 9 】

なお、上記した従来例に示したような定量測定型のセンサ（F B G センサあるいは光信号減衰センサ等）と定性測定型のリミットセンサの作用について横軸を物理量の変化、縦軸を光信号強度として模式的に図 6 のように表すことができる。即ち、F B G センサある

50

いは光信号減衰センサのような定量測定型センサは物理量の変化に対して連続的に光信号強度が変化するが、リミットセンサのような定性測定型センサの場合は物理量の変化におけるある境界値を境にステップ状（階段状）に変化するものである。

【0010】

【非特許文献1】「非破壊検査」第50巻、9号、2001年、P591～594

【非特許文献2】「非破壊検査」第50巻、9号、2001年、P587～590

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

ところで、上記のような従来技術には、次のような解決すべき課題があった。

10

【0012】

即ち、FBG方式により波長多重化して多点計測を行う場合には、広帯域光源の帯域や設定される分解能、あるいはダイナミックレンジ設定により波長多重度が制限を受けることになる。従って、1台の計測装置に接続して同時にモニタできる計測点数には限界があり、例えばC-Bandで有効帯域が約30nmのASE光源を用い、1計測点あたりにFBGの中心波長シフト量にして5nmのダイナミックレンジを割り振ると、光信号の多重度は6～7が限界となる。

【0013】

このように計測点の多い大規模計測を行う場合には、計測装置を多数用意するか光スイッチを用いて多数の光ファイバシステムを切り替えながら計測を行う必要があった。従って、計測装置の増大は当然に膨大なコスト増を招き、また光スイッチは切り替え速度の制約により計測間隔が長くなりリアルタイムのモニタリングが困難になるという問題がある上に長期間の頻繁なスイッチング操作に対する耐久性にも問題があった。

20

【0014】

また、通常1観測点あたりの計測は1軸だけではなく、2軸ないしは3軸のモニタリングを必要とすることが多いため、それだけ多くのセンサが必要となる。そのため、大規模な計測システムを構築する場合には電気式に対して給電が不要、遠隔モニタが可能、電場・磁場に対する無誘導特性、絶対値校正の容易さなどの多くの技術的な優位性があるにもかかわらず、FBGセンサ方式は高コスト性から採用されにくい状況にあった。

【0015】

また、光ファイバに曲げを付与して光信号を減衰させて歪み等を定量的に計測する方法においても、多点計測を行う場合にはセンサを直列に接続してOTDRを用いて行う必要があるが、OTDRは微弱なレイリー散乱光を検出するために膨大な積算計測を行う必要があり計測時間が長くなるという問題があった。

30

【0016】

一方、リミットセンサ方式の場合には、歪みの発生の有無だけを検知するので定量的な計測はできないもののFBGセンサ方式に比べて簡易な構造であるという利点はある。しかし、リミットセンサを用いて多点計測を行う場合には、異常発生箇所（歪み発生箇所）を特定するために1センサ毎に配線系統を分ける並列配線方式か、あるいは背景技術で説明したようにセンサを直列に多段接続してOTDRを用いて損失発生点までの距離情報を計測する必要があった。

40

【0017】

このような従来リミットセンサ方式を用いた場合、並列配線は多条の光ファイバを使用するために極めて煩雑な敷設、配線作業を強いられ、かつ多数の計測器や光スイッチを必要とするため機能に比較して施工、維持コストが高くなる。一方、直列接続を行う場合、やはりOTDRは微弱なレイリー散乱光を検出するために膨大な積算計測を行う必要があり計測時間が長くなるという問題があった。また、位置情報の分解能や精度が低いためにセンサを近接して配置すると異常検出箇所が特定できないなどの問題もあった。

【0018】

本発明は上記のような課題を解決して簡易な構成で異常箇所（歪み発生箇所）の検出が

50

高精度でかつ安価に実現できる光ファイバ式多元センサシステムを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本発明は以上の点を解決するため次のような構成からなるものである。

【0020】

即ち、本発明はまず第1の態様として、複数の光ファイバ式センサを組み合わせることで各種物理量の変化を測定する光ファイバ式多元センサシステムにおいて、少なくとも一つの光信号強度の変化に変換するセンサと少なくとも一つの信号波長の変化に変換するセンサとを組み合わせることで複合センサを構成して前記物理量の変化を測定する手段を設けたことを特徴とする。

10

【0021】

また、第2の態様として、前記第1の態様において、前記複合センサを直列に接続して組み合わせることを特徴とする。

【0022】

さらに、さらに第3の態様として、前記第1の態様において、前記複合センサを並列に接続して組み合わせることを特徴とする

また、第4の態様として、前記第1の態様から第3の態様のいずれかの態様において、前記光信号強度の変化に変換するセンサは光信号減衰センサであることを特徴とする。

【0023】

さらに、第5の態様として、前記第4の態様において、前記光信号減衰センサは光ファイバに曲げを付与することにより光信号を減衰させるセンサであることを特徴とする。

20

【0024】

また、第6の態様として、前記第1の態様から第3の態様のいずれかの態様において、前記光信号強度の変化に変換するセンサは光信号遮断センサであることを特徴とする。

【0025】

さらに、第7の態様として、前記第6の態様において、前記光信号遮断センサは光ファイバに曲げを付与することにより光信号を遮断させるセンサであることを特徴とする

また、第8の態様として、前記第1の態様から前記第6の態様におけるいずれかの態様において、前記光信号遮断センサは光ファイバを破断させることにより光信号を遮断させるセンサであることを特徴とする。

30

【0026】

さらに、第9の態様として、前記第1の態様から前記第3の態様におけるいずれかの態様において、前記信号波長の変化に変換するセンサはファイバ・ブラッグ・グレーティングセンサであることを特徴とする。

【0027】

また、第10の態様として、前記第1の態様から前記第9の態様におけるいずれかの態様において、前記複合センサにおいて、光信号強度の変化に変換するセンサは前記信号波長の変化に変換するセンサに対して光の入力側に配置することを特徴とする。

【発明の効果】

【0028】

本発明の光ファイバ式多元センサシステムによれば、歪みの発生などの異常の検出を光信号強度の変化に変換するセンサと信号波長の変化に変換するセンサとを組み合わせることで複合センサを用いて行うようにしたので、簡易な構成でかつ安価にシステムを構築でき、しかも高精度で異常発生箇所や発生量を計測することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、本発明の実施の形態について具体例を用いて説明する。

図1は本発明の光ファイバ式多元センサシステムの一実施の形態を表した図である。図1(a)はその基本構成、図1(b)及び図1(c)は信号光(反射光)の波長スペクトルを模式的に表した図である。図1(a)において、光信号強度の変化に変換するセンサ(

50

以下、光強度変換センサ) 1 a、2 a、3 a、・・・と信号波長の変化に変換するセンサ(以下、波長変換センサ)である F B G センサ 1 b、2 b、3 b、・・・とは、第 1 のセンサ 1 (光強度変換センサ 1 a と F B G センサ 1 b の組み合わせ)、第 2 のセンサ 2 (光強度変換センサ 2 a と F B G センサ 2 b の組み合わせ)、第 3 のセンサ 3 (光強度変換センサ 3 a と F B G センサ 3 b の組み合わせ)、・・・というように常に光強度変換センサと F B G センサが組み合わせられた複合センサとして構成されている。

【0030】

このような組み合わせにおいて、例えば光強度変換センサを X 軸方向の変位、F B G センサを Y 軸方向の変位を測定するように設定しておけば、歪みが発生した箇所の変位がどの方向に生じたかがわかる。そして、それぞれの複合センサである第 1 のセンサ 1、第 2 のセンサ 2、第 3 のセンサ 3、・・・は光ファイバ 4 により直列に接続されており、また光強度変換センサと F B G センサの組み合わせにおいて光強度変換センサは常に F B G センサに対して A S E 光源 5 側、即ち光の入力側に配置されている。

10

【0031】

A S E 光源 5 からの波長の異なる複数の多重化された光が光サーキュレータ 6 により各センサに入力される。そして、各センサのうちの F B G センサから反射された複数の反射光が再び光サーキュレータ 6 を介して波形測定器 7 に送られ、この波形測定器 7 上にそれぞれの反射光の波形が表示されるようになっている。なお、A S E 光源 5、光サーキュレータ 6、波形測定器 7 を一括してモニタ装置 8 と称する。

【0032】

ここで、各複合センサ(第 1 のセンサ 1、第 2 のセンサ 2、第 3 のセンサ 3、・・・)が設置された箇所で特に何の歪みも発生していない場合には、図 1 (b) の実線で示したように各 F B G センサからの反射光の強度、反射光の波形の位置には変化がない。しかし、例えば第 2 のセンサ 2 が設置された箇所に歪みが発生した場合には、この第 2 のセンサ 2 のうちの光強度変換センサ 2 a において光ファイバに曲げが加わるようにしてあるので反射光が減衰するため図 1 (b) の波線で示したように反射光強度が低下し、かつ波形の位置が変位する。従って、波形測定器 7 に表示されている波形をモニタすることで波形の反射光強度の低下量及び波形の位置の変位量から歪みの発生方向と発生量を知ることができる。なおこの場合には、第 3 のセンサからの反射光強度も図 1 (b) に示したように第 2 のセンサからの反射光強度と同程度に低下する。

20

30

【0033】

このような構成を採用することによって、従来用いられてきた方式に比べて F B G センサの数、即ち必要なモニタ装置の数を大幅に削減することができ、また F B G センサの波形情報との組み合わせで異常検出したリミットセンサの箇所を O T D R を用いることなく正確に特定することができる。

【0034】

なお、上記実施の形態では歪みが発生した箇所で光強度変換センサとして光ファイバに曲げを加えて反射光を減衰させるようにしたが、光ファイバの光信号(反射光)を遮断させるようにしてもよい。光信号を遮断させる方法としては、歪みが発生した箇所で光ファイバに極小の曲げを付与し、実質的に光信号が透過できなくなるようにしたり、あるいは光ファイバを破断させるようにするとよい。

40

【0035】

この場合には光強度変換センサがリミットセンサとして用いられることになり、このリミットセンサが F B G センサに対して光源側に配置されているので F B G センサからの反射光による波形情報が遮断され、図 1 (c) に示すように、例えば歪みが発生した第 2 のセンサの反射光の波形が波形測定器 6 上に表示されなくなる。そして歪みが発生した箇所以降の反射光の波形も表示されなくなる。従って、最初に波形が表示されなくなったセンサの位置が歪み発生箇所であることがわかるので、O T D R を用いることなく正確に歪みの発生箇所を特定できる利点がある。

【0036】

50

また、上記実施の形態では複合センサとして光強度変換センサ及びF B Gセンサをそれぞれ一つずつ組み合わせた例を示したが、複数の光強度変換センサやF B Gセンサを用いても差し支えない。即ち、計測すべき歪みの数により最適なセンサの数、種類を適宜選択すればよい。

【実施例】

【0037】

高速道路や鉄道などの高架橋では、橋脚部で橋桁を接合させる構造が一般的に見られる。この接合部で桁ズレを起こすと走行車両が脱線、落下、衝突などの大きな事故を起こす原因となるため、接合部における橋桁の相対的変位（歪み）を監視することは道路や線路の安全管理上極めて重要である。

10

【0038】

橋桁接合部の構造は3方向、即ち路面の延長方向、路面に垂直な方向、前2者に垂直な方向で相互に異なるため、各方向で許容される桁ズレ量も異なった値となる。また、実際に発生する桁ズレ量も3方向で異なる大きさになる。従って、3方向でそれぞれ独立に桁ズレに伴う変位量（歪み量）の監視を行う必要がある。

【0039】

しかし、必ずしも全方向についてリアルタイムに定量的に数値計測を行う必要はなく、地震や大雨など橋梁崩壊が発生しやすい状況の時に許容値以上の桁ズレが発生していないかを知るだけでよい場合もある。けれども、1方向だけでも変位量を計測できる定量測定用センサを設置すれば、通常の交通量に関する情報取得（車両が通過する度に小さな変位が発生する等）や橋梁の健全性に関する定期診断が可能となり、システムの付加価値が格段に向上する。

20

【0040】

そこで、変位に対して1方向がF B Gセンサを用いた波長の変化に変換するセンサ、他の2方向が光信号強度の変化に変換するセンサからなる複合センサを用いた光ファイバ式3次元センサシステムを橋梁に適用した。ここで、路面に垂直な方向の桁ズレは、少ない変位量でも通行車両に非常に危険を及ぼす虞もあることや通常の車両走行により最も影響を受けやすく、交通量監視には極めて重要な方向と言えるので、路面に垂直な方向の変位量を計測するためにはF B Gセンサを、他の2方向については光信号強度の変化に変換するセンサのうち変位が生じた場合に光信号を遮断するリミットセンサを配置した。

30

【0041】

図2はその構成を示したものである。なお、図1と同一の箇所には同一の番号を付すこととし、以後も同様とする。図2において、A S E光源5からの光は光サーキュレータ6により第1の橋脚21に設置された2つのリミットセンサL1a、L1bと一つのF B GセンサF1からなる複合センサに入力される。同様にして複数の橋脚に複合センサを設置する場合は、第2の橋脚22に2つのリミットセンサL2a、L2bと一つのF B GセンサF2からなる複合センサが第1の橋脚21に設置された複合センサと直列に接続されて設置され、光が入力される。さらに他の橋脚の変位量を測定する場合には順次同様に各複合センサが設置され、光が入力される。そして、複数の橋脚のうちのどれかに桁ズレが生じた場合には、その桁ズレがどの橋脚で生じたかを2つのリミットセンサと一つのF B Gセンサの変化から計測するようになっている。即ち、波長が消失した（反射光強度が消失した）B r a g g波長または波長が変化したB r a g g波長から桁ズレ箇所を特定することができる。

40

【0042】

ここで、本実施例では複数の橋脚に設置されたF B GセンサF1、F B GセンサF2、・・・をそれぞれ異なるB r a g g波長を有するセンサとし、1本の光ファイバにより波長多重伝送を行った。従って、極めて簡易な構成で桁ズレの変位の箇所や程度をリアルタイムに正確に監視することができた。

【0043】

ところで、上記実施の形態あるいは実施例では光強度変換センサとF B Gセンサからな

50

る複合センサを直列に接続した例で説明したが、特に直列接続に限るものではなく、例えば図3のように光強度変換センサとF B Gセンサの組み合わせからなる複合センサをそれぞれ並列に接続したシステムとすることも差し支えない。図3は図2において説明した橋梁における桁ズレを計測するシステムにおいて、リミットセンサ（光強度変換センサ）とF B Gセンサ（波長変換センサ）の組み合わせからなる複合センサをそれぞれ並列に接続した例である。図3において、光サーキュレータ6からの光はスプリッタ（多分岐光カプラ）9により所定数分岐され、第1の橋脚31に設置された2つのリミットセンサL1a、L1bと一つのF B GセンサF1からなる複合センサに入力される。同様にして複数の橋脚にセンサを設置する場合は、第2の橋脚32に2つのリミットセンサL2a、L2bと一つのF B GセンサF2からなる複合センサが第1の橋脚31に設置された複合センサと並列に接続されて設置され、さらに第3の橋脚33に2つのリミットセンサL3a、L3bと一つのF B GセンサF3からなる複合センサが第1の橋脚31及び第2の橋脚32に設置された各複合センサと並列に接続されて設置され、以下同様に第nの橋脚3nにリミットセンサLn a、Ln bと一つのF B GセンサFnからなる複合センサが各複合センサと並列に接続されて設置され、光が入力される。このように目的とする用途に応じて最適なシステムを設計すればよい。

10

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明は、土石流などによる斜面崩落の監視や構造物の健全性評価等にも適用することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の一実施の形態を表す図である。

【図2】本発明の実施例を説明する図である。

【図3】本発明の他の実施例を説明する図である。

【図4】本発明の従来例を説明する図である。

【図5】本発明の他の従来例を説明する図である。

【図6】定性測定型センサと定量測定型センサの作用を説明する図である。

【符号の説明】

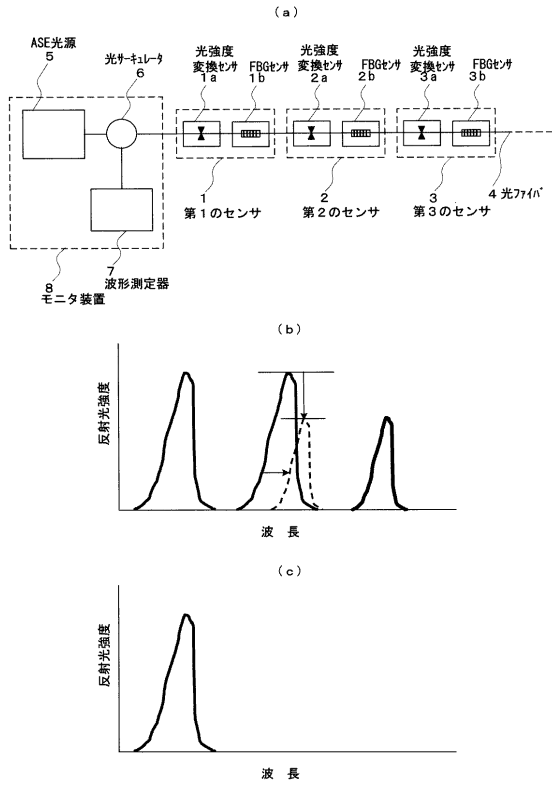
【0046】

30

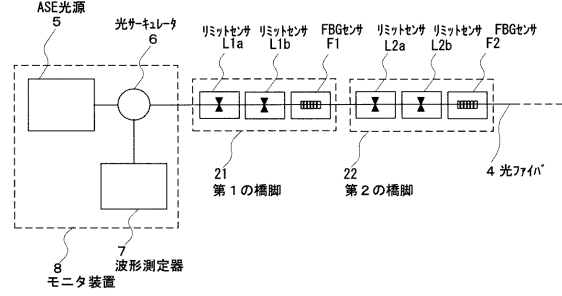
- 1 第1のセンサ
- 2 第2のセンサ
- 3 第3のセンサ
- 4 光ファイバ
- 5 A S E光源
- 6 光サーキュレータ
- 7 波形測定器
- 8 モニタ装置
- 9 スプリッタ
- 21 第1の橋脚
- 22 第2の橋脚
- 31 第1の橋脚
- 32 第2の橋脚
- 33 第3の橋脚
- 3n 第nの橋脚

40

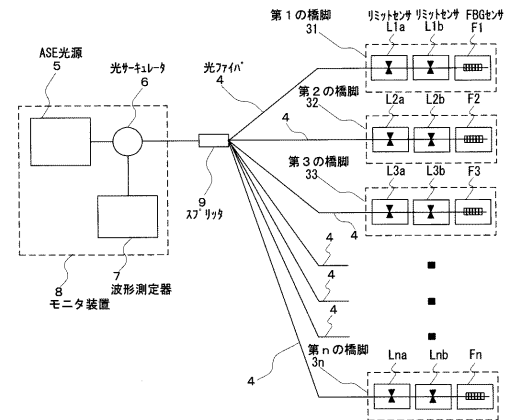
【図1】



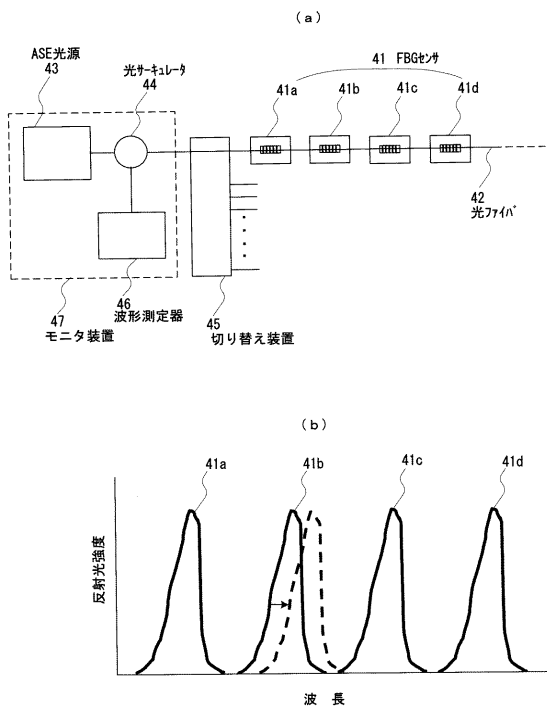
【図2】



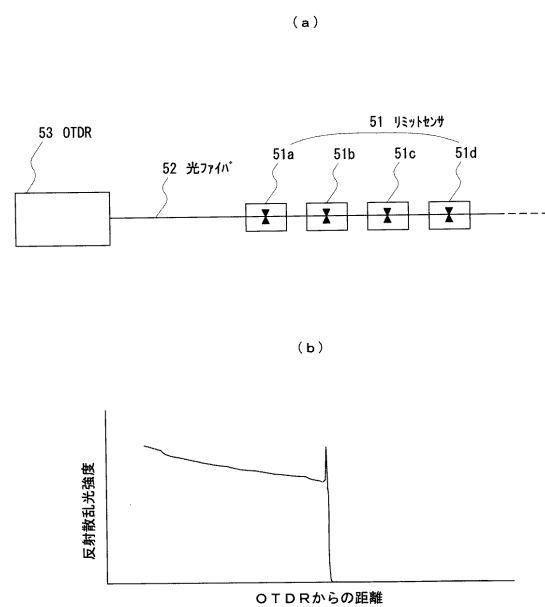
【図3】



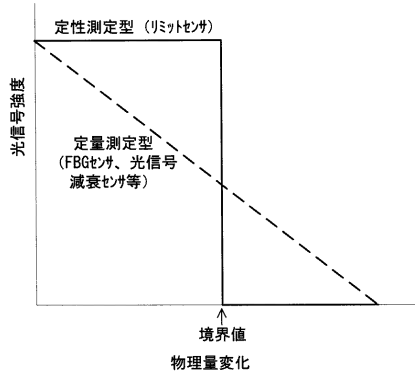
【図4】



【図5】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 中村 雅弘
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内
- (72)発明者 香月 史朗
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内
- (72)発明者 桑本 和博
神奈川県川崎市川崎区小田栄2丁目1番1号 昭和電線電纜株式会社内
- Fターム(参考) 2F065 AA18 AA65 CC23 FF31 HH01 LL02 QQ29
2F103 BA37 BA47 CA06 EB01 EC08 EC09 EC10
2G086 DD05