

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5632989号  
(P5632989)

(45) 発行日 平成26年12月3日(2014.12.3)

(24) 登録日 平成26年10月24日(2014.10.24)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO8C</b>	<b>23/04</b>	<b>(2006.01)</b>	GO8C	23/00	A
<b>HO4B</b>	<b>10/80</b>	<b>(2013.01)</b>	HO4B	9/00	X
<b>HO4B</b>	<b>10/40</b>	<b>(2013.01)</b>	HO4B	9/00	Y
<b>HO4B</b>	<b>10/50</b>	<b>(2013.01)</b>	HO4B	9/00	N
<b>HO4B</b>	<b>10/60</b>	<b>(2013.01)</b>			

請求項の数 6 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2009-244995 (P2009-244995)	(73) 特許権者	504132881 国立大学法人東京農工大学 東京都府中市晴見町3-8-1
(22) 出願日	平成21年10月24日(2009.10.24)	(74) 代理人	100095485 弁理士 久保田 千賀志
(65) 公開番号	特開2011-90591 (P2011-90591A)	(72) 発明者	黒川 隆志 東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学 法人 東京農工大学内
(43) 公開日	平成23年5月6日(2011.5.6)	(72) 発明者	田中 洋介 東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学 法人 東京農工大学内
審査請求日	平成24年10月23日(2012.10.23)	審査官	井上 昌宏

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センシング方法およびセンシングシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

監視装置がレーザ光を光ファイバーを介して複数のセンサノードに送出し、前記各センサノードでは受け取った前記レーザ光の一部を光電変換部により光電変換して電力を生成し、その前記電力を二次電池に充電し、前記電力または前記二次電池に充電した電力により自己回路を駆動して、センサから取得した所定のセンシング情報により前記レーザ光を変調して前記光ファイバーを介して前記監視装置に返送するセンシングシステムであって、

前記各センサノードは、  
制御部と、

前記光電変換部を太陽電池モードで動作させ、前記監視装置が前記レーザ光の送出を停止したことを検出するレーザ光送出停止検知回路と、

前記光電変換部をフォトダイオードモードで動作させ、前記監視装置が前記レーザ光の送出を再開したことを検出するレーザ光送出再開検知回路と、

前記光電変換部を、前記レーザ光送出停止検知回路または前記レーザ光送出再開検知回路に接続するスイッチ回路とを備え、

前記光電変換部が前記レーザ光送出停止検知回路に接続されている場合において、前記レーザ光送出停止検知回路が前記レーザ光の送出停止を検出したときは(前記光電変換部の起電力を監視することで検出される)、前記制御部は前記光電変換部が前記レーザ光送出再開検知回路に接続されるように前記スイッチ回路を制御し、

前記光電変換部が前記レーザ光送出再開検知回路に接続されている場合において、前記レーザ光送出再開検知回路が前記レーザ光の送出再開を検出したときは（逆バイアスされている前記光電変換部の出力電流を監視することで検出される）、前記制御部は前記光電変換部が前記レーザ光送出停止検知回路に接続されるように前記スイッチ回路を制御するとともに、前記監視装置へのデータ伝送のタイミングを、他のセンサノードによる前記監視装置へのデータ伝送へのタイミングと衝突しないように設定する、  
ことを特徴とするセンシングシステム。

**【請求項 2】**

前記センサノードは、前記光ファイバーを介して入射した前記レーザ光を前記光電変換部とMEMS型光変調器とに分岐するとともに、前記MEMS型光変調器からの変調されたレーザ光を前記監視装置に返送する光分岐結合部を備え、

10

前記光分岐結合部は、第1サーキュレータと、カプラーと、第2サーキュレータとからなり、

前記第1サーキュレータは前記監視装置からの前記レーザ光を入射し、前記カプラーに出射し、

前記カプラーは入射した前記レーザ光を、前記光電変換部に送出するとともに前記第2サーキュレータを介して前記MEMS型光変調器に返送し、

前記第2サーキュレータは前記MEMS型光変調器からの前記変調されたレーザ光を入射して前記第1サーキュレータを介して前記監視装置に返送する、

ことを特徴とする請求項1に記載のセンシングシステム。

20

**【請求項 3】**

前記センサノードは、前記光ファイバーを介して入射した前記レーザ光を前記光電変換部とMEMS型光変調器とに分岐するとともに、前記MEMS型光変調器からの変調されたレーザ光を前記監視装置に返送する光分岐結合部を備え、

前記光分岐結合部は、サーキュレータと、カプラーとからなり、

前記サーキュレータは前記監視装置からの前記レーザ光を入射し、前記カプラーに出射するとともに、前記MEMS型光変調器からの前記変調されたレーザ光を入射して前記サーキュレータを介して前記監視装置に返送し、

前記カプラーは入射した前記レーザ光を、前記光電変換部に送出するとともに前記MEMS型光変調器に送出する、

ことを特徴とする請求項1に記載のセンシングシステム。

30

**【請求項 4】**

前記レーザ発生装置は、

所定波長の発電用レーザ光を発生する発電用光発生部と、前記発電用レーザ光の波長とは異なる波長の信号用レーザ光を発生する信号用光発生部と、前記発電用レーザ光と前記信号用レーザ光とを合波して出射するWDMフィルタとを備え、

前記センサノードは、

前記レーザ発生装置からのレーザ光を前記光ファイバーを介して入射し、当該レーザ光から前記発電用レーザ光を取り出して前記光電変換部に送出するとともに前記信号用レーザ光を取り出して前記MEMS型光変調器に送出し、さらに前記MEMS型光変調器において変調されたレーザ光を入射して前記監視装置に返送するWDMフィルタからなる光分岐結合部を備えた、

ことを特徴とする請求項1に記載のセンシングシステム。

40

**【請求項 5】**

前記光電変換部の出力側と、前記二次電池との間に直流昇圧回路を備えたことを特徴とする請求項1から4の何れかに記載のセンシングシステム。

**【請求項 6】**

前記センサノードは、前記二次電池の充電電圧検出機能を有し、当該充電電圧が所定値よりも低下したときに、センシング動作を行わないことを特徴とする請求項1から5の何れかに記載のセンシングシステム。

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光ファイバーを用いてレーザ光を複数のセンサノードに送出し、前記各センサノードでは受け取ったレーザ光の一部を電力に変換して二次電池を充電するとともに当該電力によりセンサから取得した所定のセンシング情報（データ）により前記レーザ光を変調して監視装置に返送するセンシング技術に関し、特に各センサノードからのデータ伝送が相互に衝突することなく、監視装置がデータを確実に受け取ることができるセンシング方法およびセンシングシステムに関する。

## 【背景技術】

10

## 【0002】

複数のセンサノードを用いて温度等を監視するセンシングシステムが、本願発明者により既に提案されている（特許文献1）。

## 【0003】

この技術は、監視装置側から電力用に利用できるレーザ光を光ファイバーを介してセンサノードに送出するもので、センサノードでは受け取ったレーザ光の一部を光電変換して電子回路駆動に使用するとともに、他の一部に変調を加えて光信号として監視装置に送り返す。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

20

## 【0004】

【特許文献1】特開2008-21292（出願人：黒川隆志，発明者：黒川隆志等）

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところが、監視装置では、各センサノードからのセンシングデータを同時に受け取った場合、当該データの分別・識別ができず、結果としてこれらのデータをセンシング情報として認識できない。

## 【0006】

このような場合には、当該センシングデータを無視する（廃棄する）することで、センシングを続行できるが、測定効率が低下する（場合によっては著しく低下する）ことは否めない。

30

## 【0007】

本発明の目的は、光ファイバーを介して受信したレーザ光の一部を電力に変換して回路を駆動し、センシング情報（データ）により前記レーザ光を変調して監視装置に返送するセンシング技術に関し、特に各センサノードからのセンシング情報の送信の衝突を生じることなくセンシング情報（データ）を監視装置に確実に返送することができるセンシング方法およびセンシングシステムを提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0008】

40

本発明は（1）から（8）を要旨とする。

## （1）

監視装置がレーザ光を光ファイバーを介して複数のセンサノードに送出し、前記各センサノードでは受け取った前記レーザ光の一部を電力用光電変換部により光電変換して電力を生成し前記電力を二次電池に充電し、前記電力または前記二次電池に充電した電力により自己回路を駆動して、センサから取得した所定のセンシング情報により前記レーザ光を変調して前記光ファイバーを介して前記監視装置に返送するセンシング方法であって、

前記監視装置は、レーザ光の送出を停止した後、当該レーザ光の送出を再開する一方、

前記各センサノードは、前記監視装置によるレーザ光の送出停止および前記レーザ光の送出再開を検知し、その後前記レーザ光の送出再開を検知したときは、前記監視装置へ

50

のデータ伝送のタイミングを、他のセンサノードによる前記監視装置へのデータ伝送へのタイミングと衝突しないように設定する、  
ことを特徴とするセンシング方法。

【 0 0 0 9 】

( 2 )

監視装置がレーザ光を光ファイバーを介して複数のセンサノードに送出し、前記各センサノードでは受け取った前記レーザ光の一部を電力用光電変換部により光電変換して電力を生成し、その前記電力を二次電池に充電し、前記電力または前記二次電池に充電した電力により自己回路を駆動して、センサから取得した所定のセンシング情報により前記レーザ光を変調して前記光ファイバーを介して前記監視装置に所定タイミングで返送するセンシングシステムであって、

10

各センサノードは、前記監視装置が前記レーザ光の送出を停止した状態から前記レーザ光の送出を再開したことをフォトダイオードにより検知するレーザ光送出停止 / 再開検知回路を備え、

前記各センサノードの制御部は、前記二次電池が充電されている状態において、前記レーザ光送出停止 / 再開検知回路が、前記レーザ光の送出の再開を検知したときは、前記監視装置へのデータ伝送のタイミングを、他のセンサノードによる前記監視装置へのデータ伝送へのタイミングと衝突しないように設定する、

ことを特徴とするセンシングシステム。

【 0 0 1 0 】

20

( 3 )

監視装置がレーザ光を光ファイバーを介して複数のセンサノードに送出し、前記各センサノードでは受け取った前記レーザ光の一部を光電変換部により光電変換して電力を生成し、その前記電力を二次電池に充電し、前記電力または前記二次電池に充電した電力により自己回路を駆動して、センサから取得した所定のセンシング情報により前記レーザ光を変調して前記光ファイバーを介して前記監視装置に返送するセンシングシステムであって、

前記各センサノードは、

制御部と、

前記光電変換部を太陽電池モードで動作させ、前記監視装置が前記レーザ光の送出を停止したことを検出するレーザ光送出停止検知回路と、

30

前記光電変換部をフォトダイオードモードで動作させ、前記監視装置が前記レーザ光の送出を再開したことを検出するレーザ光送出再開検知回路と、

前記光電変換部を、前記レーザ光送出停止検知回路または前記レーザ光送出再開検知回路に接続するスイッチ回路とを備え、

前記光電変換部が前記レーザ光送出停止検知回路に接続されている場合において、前記レーザ光送出停止検知回路が前記レーザ光の送出停止を検出したときは（前記光電変換部の起電力を監視することで検出される）、前記制御部は前記光電変換部が前記レーザ光送出再開検知回路に接続されるように前記スイッチ回路を制御し、

前記光電変換部が前記レーザ光送出再開検知回路に接続されている場合において、前記レーザ光送出再開検知回路が前記レーザ光の送出再開を検出したときは（逆バイアスされている前記光電変換部の出力電流を監視することで検出される）、前記制御部は前記光電変換部が前記レーザ光送出停止検知回路に接続されるように前記スイッチ回路を制御するとともに、前記監視装置へのデータ伝送のタイミングを、他のセンサノードによる前記監視装置へのデータ伝送へのタイミングと衝突しないように設定する、

40

ことを特徴とするセンシングシステム。

【 0 0 1 1 】

( 4 )

前記センサノードは、前記光ファイバーを介して入射した前記レーザ光を前記光電変換部とMEMS型光変調器とに分岐するとともに、前記MEMS型光変調器からの変調され

50

たレーザ光を前記監視装置に返送する光分岐結合部を備え、

前記光分岐結合部は、第1サーキュレータと、カプラーと、第2サーキュレータとからなり、

前記第1サーキュレータは前記監視装置からの前記レーザ光を入射し、前記カプラーに出射し、

前記カプラーは入射した前記レーザ光を、前記光電変換部に送出するとともに前記第2サーキュレータを介して前記MEMS型光変調器に返送し、

前記第2サーキュレータは前記MEMS型光変調器からの前記変調されたレーザ光を入射して前記第1サーキュレータを介して前記監視装置に返送する、  
ことを特徴とする(2)または(3)に記載のセンシングシステム。

10

【0012】

(5)

前記センサノードは、前記光ファイバーを介して入射した前記レーザ光を前記光電変換部とMEMS型光変調器とに分岐するとともに、前記MEMS型光変調器からの変調されたレーザ光を前記監視装置に返送する光分岐結合部を備え、

前記光分岐結合部は、サーキュレータと、カプラーとからなり、

前記サーキュレータは前記監視装置からの前記レーザ光を入射し、前記カプラーに出射するとともに、前記MEMS型光変調器からの前記変調されたレーザ光を入射して前記サーキュレータを介して前記監視装置に返送し、

前記カプラーは入射した前記レーザ光を、前記光電変換部に送出するとともに前記MEMS型光変調器に送出する、  
ことを特徴とする(2)または(3)に記載のセンシングシステム。

20

【0013】

(6)

前記レーザ発生装置は、

所定波長の発電用レーザ光を発生する発電用光発生部と、前記発電用レーザ光の波長とは異なる波長の信号用レーザ光を発生する信号用光発生部と、前記発電用レーザ光と前記信号用レーザ光とを合波して出射するWDMフィルタとを備え、

前記センサノードは、

前記レーザ発生装置からのレーザ光を前記光ファイバーを介して入射し、当該レーザ光から前記発電用レーザ光を取り出して前記光電変換部に送出するとともに前記信号用レーザ光を取り出して前記MEMS型光変調器に送出し、さらに前記MEMS型光変調器において変調されたレーザ光を入射して前記監視装置に返送するWDMフィルタからなる光分岐結合部を備えた、

30

ことを特徴とする(2)または(3)に記載のセンシングシステム。

【0014】

(7)

前記光電変換部の出力側と、前記二次電池との間に直流昇圧回路を備えたことを特徴とする(2)から(6)の何れかに記載のセンシングシステム。

【0015】

40

(8)

前記センサノードは、前記二次電池の充電電圧検出機能を有し、当該充電電圧が所定値よりも低下したときに、センシング動作を行わないことを特徴とする(2)から(7)の何れかに記載のセンシングシステム。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、センサノードからセンシング情報(データ)を監視装置に返送する場合に、データ送信の衝突を生じることがないので(すなわち、監視装置では受信エラーが発生しないので)、センシング効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 1 7 】

【図 1】本発明の一実施形態を示す説明図であり、センシングシステムの基本構成図である。

【図 2】本発明におけるセンサノードの構成例を示す図である。

【図 3】本発明におけるセンサノードの他の構成例を示す図である。

【図 4】図 2 および図 3 におけるセンサノードの作用を示すフローチャートである。

【図 5】本発明を構成する監視装置からのレーザ光の送信状態と、センサノードのセンシング情報の各返送タイミングを示す図である。

【図 6】本発明のセンシングシステムを示す説明図であり、図 3 に示したセンサノードをより具体的に示す図である。

【図 7】(A) は MEMS 型光変調器の具体構成を示す説明図、(B) は MEMS 型光変調器の他の具体構成を示す説明図である。

【図 8】光分岐結合部の第 1 構成例を示す説明図であり、2 つのサーキュレータと 1 つのカプラーを用いた例を示す図である。

【図 9】光分岐結合部の第 2 構成例を示す説明図であり、1 つのサーキュレータと 1 つのカプラーを用いた例を示す図である。

【図 10】光分岐結合部の第 3 構成例を示す説明図であり、WDM フィルタを用いた例を示す図である。

【図 11】図 10 の光分岐結合部の説明図であり、(A) は監視装置のレーザ発生装置に設けられた WDM フィルタの構成を、(B) はセンサノードの光分岐結合部に設けられた WDM フィルタの構成を、(C) は WDM に用いられるフィルタ膜の特性を示す図である。

【図 12】MPU が二次電池の充電電圧検出機能を有するセンサノードを示す説明図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 8 】

以下、図面により本発明の実施形態を図面により説明する。

図 1 は本発明のセンシングシステムの基本構成図である。図 1 のシステム 100 において、監視装置 1 が光ファイバー 2 を介してレーザ光 LA を複数のセンサノード  $T_1, T_2, \dots, T_M$  に送出する。

## 【 0 0 1 9 】

図 2 は、図 1 に示したセンサノードの構成例を示す図であり、センサノード  $T_1, T_2, \dots, T_M$  (図 2 では符号 3 で代表して示す) は、マイクロプロセッサユニット (MPU) 30 と、光分岐結合部 31 と、光電変換部 32 と、直流昇圧回路 33 と、二次電池 34 と、MEMS 型光変調器 35 と、MEMS 駆動回路 36 と、センサ 37 と、フォトダイオード 321 と、増幅器 38 とを備えている。

## 【 0 0 2 0 】

MPU 30 は、センサノード 3 の全回路の制御を行っている。図示はしないが、MPU 30 には、メモリが内蔵されている。このメモリは、制御プログラム等の各種プログラムや測定開始時刻等の設定値が記憶された ROM、および MPU 30 の作業に使用される RAM からなる。このメモリの一部または全部は、MPU 30 とは別に設けることができる。

## 【 0 0 2 1 】

図 2 のセンサノード 3 では、光分岐結合部 31 が受け取ったレーザ光 LA の一部を光電変換部 32 およびフォトダイオード 321 にレーザ光 LA<sub>1</sub> として送るとともに、他の一部を光変調器 (本実施形態では MEMS 型光変調器 35) にレーザ光 LA<sub>2</sub> として送出する。

## 【 0 0 2 2 】

光電変換部 32 は受け取ったレーザ光 LA<sub>1</sub> を光電変換して電力を生成し、この電力を直流昇圧回路 33 によって昇圧した後、二次電池 34 の充電に供する。光電変換部 32 が

10

20

30

40

50

生成する電力または二次電池 34 の充電電力により、センサノード 3 の回路 (MPU 30, MEMS 駆動回路 36 等の自己回路) が駆動される。

【0023】

MPU 30 は、センサ 37 から取得した所定のセンシング情報 (データ) に基づき制御信号を生成し、この制御信号により MEMS 駆動回路 36 を制御する。MEMS 駆動回路 36 は、上記制御信号に基づき、MEMS 型光変調器 35 を駆動する電圧を発生する。MEMS 駆動回路 36 では、レーザ光 LA<sub>2</sub> を変調し、この変調したレーザ光 MLA を、光ファイバ 2 を介して監視装置 1 に返送する。

【0024】

図 2 では、MPU 30 が、フォトダイオード 321 の出力を、増幅器 38 を介して監視 (すなわち、監視装置 1 からのレーザ光 LA の送出停止および送出再開を監視) している。図 2 に示したフォトダイオード 321 および増幅器 38 が、本発明におけるレーザ光送出停止 / 再開検知回路を構成している。

10

【0025】

図 3 はセンサノードの他の構成例を示す図であり、センサノード T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, ..., T<sub>M</sub> (図 3 でも符号 3 で代表して示す) は、MPU 30 と、光分岐結合部 31 と、光電変換部 32 と、直流昇圧回路 33 と、二次電池 34 と、MEMS 型光変調器 35 と、MEMS 駆動回路 36 と、センサ 37 と、増幅器 38 と、スイッチ回路 39 とを備えている。

【0026】

図 3 においても、図 2 の場合と同様、センサノード 3 では、MPU 30 が全回路の制御を行っている。また、MPU 30 には、ROM や RAM として機能するメモリが内蔵されているが、メモリの一部または全部を、MPU 30 の外部に設けることができる。

20

【0027】

図 3 のセンサノード 3 では、光分岐結合部 31 が受け取ったレーザ光 LA の一部を光電変換部 32 にレーザ光 LA<sub>1</sub> として送るとともに、他の一部を光変調器 (本実施形態では MEMS 型光変調器 35) にレーザ光 LA<sub>2</sub> として送出する。

【0028】

図 3 の光電変換部 32 は、図 2 の場合と同様、受け取ったレーザ光 LA<sub>1</sub> を光電変換して電力を生成し、この電力によりセンサノード 3 の自己回路が駆動される。また、図 3 の MPU 30 は、図 2 の場合と同様、センサ 37 から取得した所定のセンシング情報 (データ) に基づき制御信号を生成し、この制御信号に基づき、MEMS 駆動回路 36 は MEMS 型光変調器 35 を駆動する電圧を発生する。

30

図 3 の MEMS 駆動回路 36 では、図 2 の場合と同様、レーザ光 LA<sub>2</sub> を変調し、この変調したレーザ光 MLA を光ファイバ 2 を介して監視装置 1 に返送する。

【0029】

図 3 では、MPU 30 が、スイッチ回路 39 (トランジスタ等からなる) を駆動して、レーザ光 LA の送出停止を監視する第 1 モードと、当該送出停止後にレーザ光 LA の送出再開を監視する第 2 モードとに切り替えることができる。

【0030】

第 1 モードでは、光電変換部 32 は発電部として機能している。この場合には、光電変換部 32 がレーザ光送出停止検知回路としても機能している。MPU 30 が、光電変換部 32 が発電していないこと (監視装置 1 がレーザ光 LA の送出を停止したこと) を検知したときは、スイッチ回路 39 を駆動して第 1 モードから第 2 モードに切り換える。

40

【0031】

第 2 モードでは、光電変換部 32 はフォトセンサとして機能している。この場合には、光電変換部 32 と増幅器 38 がレーザ光送出再開検知回路として機能しており、MPU 30 が、光電変換部 32 が光を受光したとき (監視装置 1 がレーザ光 LA の送出を再開したこと) を検知したときは、スイッチ回路 39 を駆動して第 2 モードから第 1 モードに切り換える。

【0032】

50

M P U 3 0 は、監視装置 1 がレーザ光 L A の送出を再開したことを検知したときは、監視装置 1 へのデータ伝送のタイミングを、他のセンサノードによる監視装置 1 へのデータ伝送へのタイミングと衝突しないように設定する。

【 0 0 3 3 】

上記図 2 および図 3 におけるセンサノード 3 の作用を図 4 のフローチャートにより説明する。

センサノード 3 では、M P U 3 0 が監視装置 1 によるレーザ光の送出停止を監視しており ( S 1 1 0 )、レーザ光 L A の送出停止がないときは ( S 1 2 0 の「 N O 」) 監視を続行するが、レーザ光 L A の送出停止があったときは ( S 1 2 0 の「 Y E S 」)、レーザ光 L A の送出再開を監視する ( S 1 3 0 )。

10

【 0 0 3 4 】

M P U 3 0 はレーザ光 L A の送出再開を検知しないとき ( S 1 4 0 の「 N O 」) は監視を続行するが、送出再開を検知したときは ( S 1 4 0 の「 Y E S 」) 他のセンサノード 3 とは互いに異なるデータ送信タイミングをプログラムにセットし ( S 1 5 0 )、センシング情報 ( データ ) によりレーザ光 L A<sub>2</sub> を変調して監視装置 1 に異なるタイミングで返送する ( S 1 6 0 )。

【 0 0 3 5 】

図 5 に、監視装置 1 からのレーザ光 L A の送信状態と、センサノード T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, …, T<sub>M</sub> のセンシング情報の各返送タイミングを示す。図 5 において、T<sub>RST</sub> は、レーザ光の送出再開時刻 ( リスタートタイム ) を示している。

20

以上のように、本発明では、センサノード T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, …, T<sub>M</sub> によるセンシング情報の各データ伝送タイミングを一定時間ずらしているため、センサノードからのデータは相互に衝突が生じることがなく、センシング効率が向上する。

【 0 0 3 6 】

図 6 は、本発明のセンシングシステムを示す説明図であり、図 3 に示したセンサノードをより具体的に示す図である。

図 6 において、センサノード 3 は、M P U 3 0 と、光分岐結合部 3 1 と、光電変換部 3 2 と、直流昇圧回路 3 3 と、二次電池 3 4 と、M E M S 型光変調器 3 5 と、センサ 3 7 と、増幅器 3 8 と、スイッチ回路 3 9 とを備えている。

【 0 0 3 7 】

M E M S 型光変調器 3 5 は、図 7 ( A ) , ( B ) に示すように、可動ミラー 3 5 1 を 2 つのポジションの何れかに固定する静電気電極 3 5 2 とを備えている。図 7 ( A ) , ( B ) において M E M S 型光変調器 3 5 は、可動ミラー 3 5 1 と、可動ミラー 3 5 1 を 2 つのポジションの何れかに固定する静電気電極 3 5 2 とを備えている。静電気電極 3 5 2 は、加えられる電圧に応じた静電気引力または静電気斥力により、可動ミラー 3 5 1 のポジションを変更することができる。

30

【 0 0 3 8 】

入射したレーザ光 L A<sub>2</sub> を可動ミラー 3 5 1 に照射するための光学系は、図 7 ( A ) では 2 つの光ファイバー F 1 , F 2 と、レンズ L とにより構成 ( 透過型構成 ) され、図 7 ( B ) では、光ファイバー F とレンズ L とにより構成 ( 反射型構成 ) されている。静電気電極 3 5 2 は、加えられる電圧に応じた静電気引力または静電気斥力により、可動ミラー 3 5 1 のポジションを変更することができる。

40

【 0 0 3 9 】

図 6 において、スイッチ回路 3 9 は、光電変換部 3 2 が太陽電池モードで動作する接続 ( すなわち、レーザ光送出停止検知回路への接続 )、フォトダイオードで動作する接続 ( すなわち、レーザ光送出再開検知回路への接続 ) の何れかを選択できる。

【 0 0 4 0 】

本実施形態では M P U 3 0 が直流昇圧回路 3 3 の出力端子間電圧を検出している。よって、本実施形態では、光電変換部 3 2 と直流昇圧回路 3 3 とが、本発明のレーザ光送出停止検知回路を構成している。監視装置 1 がレーザ光 L A を出力しているときには、直流昇

50



圧回路 33 の出力端子間には電圧が表れるので、MPU30 はスイッチ回路 39 のスイッチ端子 (c 端子) を直流昇圧回路 33 側 (図 6 では端子 a 側) に作動させる。

【0041】

一方、監視装置 1 がレーザー光 LA を出力していないときには、直流昇圧回路 33 の出力端子間には電圧が表れないので、監視装置 1 がレーザー光 LA を出力しなくなったときには、MPU30 はスイッチ回路 39 のスイッチ端子 (c 端子) をレーザー光送出再開検知回路側 (図 6 では端子 b 側) に作動させる。

フォトダイオードモードでは、光電変換部 32 が逆バイアスされているので速い応答速度でレーザー光送出の再開が検知できる。具体的には、光電変換部 32 からの光電流は増幅器 38 によって増幅され、MPU30 に伝えられる。よって、逆バイアスされた光電変換部 32 と増幅器 38 とが、本発明のレーザー光送出再開検知回路を構成している。

10

【0042】

監視装置 1 は、レーザー光 LA の送出を停止すると、ただちに、あるいは所定時間を置いて、レーザー光 LA の送出を再開する。MPU30 は、増幅器 38 の出力電圧を監視、すなわち、光電変換部 32 で生じ光電流を増幅器 38 で増幅して検出しており、当該出力を検出したときは、光電変換部 32 が直流昇圧回路 33 に接続されるようにスイッチ回路 39 の c 端子を a 端子側に作動させる。

【0043】

これと同時に、MPU30 は、ROM に格納されているデータ伝送タイミングを予め定められている時間にセットする。この予め定められている時間、すなわちタイミングは、他のセンサードとは互いに異なるデータ伝送タイミングであり、これが送信プログラムにセットされる。

20

【0044】

図 8 に光分岐結合部 31 の第 1 構成例を示す。図 8 では光分岐結合部を符号 31A で示す。光分岐結合部 31A は、第 1 サーキュレータ 311 と、カプラー 312 (たとえば、分岐比 10 : 1) と、第 2 サーキュレータ 313 とからなる。

【0045】

第 1 サーキュレータ 311 は監視装置 1 からのレーザー光 LA を入射し、カプラー 312 に出射する。カプラー 312 は入射したレーザー光 LA を、光電変換部 32 に LA<sub>1</sub> として送出するとともに第 2 サーキュレータ 313 を介して MEMS 型光変調器 35 に LA<sub>2</sub> として送出する。

30

【0046】

第 2 サーキュレータ 313 は MEMS 型光変調器 35 から返される変調されたレーザー光 MLA を入射して第 1 サーキュレータ 311 を介して監視装置 1 に返送する。

【0047】

図 9 に光分岐結合部 31 の第 2 構成例を示す。図 9 では光分岐結合部を符号 31B で示す。光分岐結合部 31B は、サーキュレータ 311 と、カプラー 312 (たとえば、分岐比 10 : 1) とからなる。

サーキュレータ 311 は監視装置 1 からのレーザー光 LA を入射し、カプラー 312 に出射する。

40

【0048】

カプラー 312 は入射したレーザー光 LA を、光電変換部 32 にレーザー光 LA<sub>1</sub> として送出するとともに透過型構成 (図 11 (A)) の MEMS 型光変調器 35 にレーザー光 LA<sub>2</sub> として送出する。MEMS 型光変調器 35 からの変調されたレーザー光 LA は第 1 サーキュレータ 311 を介して監視装置 1 に返送する。

【0049】

図 10 に光分岐結合部 31 の第 3 構成例を示す。図 10 では光分岐結合部を符号 31C で示す。光分岐結合部 31C は、WDM フィルタ 314 からなる。一方、監視装置 1 のレーザー発生装置 11 は、波長  $\lambda_1$  (たとえば、 $\lambda_1 = 1.5 \mu\text{m}$ ) の発電用光を発生する発電用光発生部 111 と、波長  $\lambda_2$  (たとえば、 $\lambda_2 = 1.3 \mu\text{m}$ ) の信号用光を発生する信号

50

用光発生部 112 と、WDMフィルタ (Wave-length Division Multiplexing Filter) 113 とからなる。

【0050】

WDMフィルタ 113 により、波長  $\lambda_1$  の発電用光と波長  $\lambda_2$  の信号用光とは 1 本のファイバーに結合され、レーザ光 LA としてサーキュレータ 13 を介してセンサノード 3 に送出する。なお、上記例では、 $\lambda_1 > \lambda_2$  としてあるが、 $\lambda_1 < \lambda_2$  とすることもできる。

【0051】

センサノード 3 では、監視装置 1 からのレーザ光 LA を入射し、WDMフィルタ 314 は、入射したレーザ光 LA に含まれる波長  $\lambda_1$  の発電用光を光電変換部 32 にレーザ光 LA<sub>1</sub> として送出する。これとともに、WDMフィルタ 314 は、波長  $\lambda_2$  の信号用光を MEMS 型光変調器 35 にレーザ光 LA<sub>2</sub> として送出し、MEMS 型光変調器 35 から返される変調されたレーザ光 MLA を入射して監視装置 1 に返送する。

【0052】

図 11 (A) は、図 10 の WDMフィルタ 113 の構成を示している。図 11 (A) において WDMフィルタ 113 は、レンズ L<sub>1</sub> とフィルタ膜 FLT とレンズ L<sub>2</sub> とからなり、光ファイバー F<sub>1</sub> からのレーザ光に含まれる波長  $\lambda_1$  成分はレンズ L<sub>1</sub> とフィルタ膜 FLT とレンズ L<sub>2</sub> を介して光ファイバー F<sub>3</sub> に入射され、光ファイバー F<sub>2</sub> からのレーザ光に含まれる波長  $\lambda_2$  成分はレンズ L<sub>2</sub> を通過した後フィルタ膜 FLT に反射されて再びレンズ L<sub>2</sub> を通過し光ファイバー F<sub>3</sub> に入射される。

【0053】

図 11 (B) は、図 10 の WDMフィルタ 314 の構成を示している。図 11 (B) において WDMフィルタ 314 は、レンズ L<sub>1</sub> とフィルタ膜 FLT とレンズ L<sub>2</sub> とからなり、光ファイバー F<sub>1</sub> からのレーザ光に含まれる波長  $\lambda_1$  成分はレンズ L<sub>1</sub> とフィルタ膜 FLT とレンズ L<sub>2</sub> を介して光ファイバー F<sub>3</sub> に入射され、光ファイバー F<sub>2</sub> からのレーザ光に含まれる波長  $\lambda_2$  成分はレンズ L<sub>1</sub> を通過した後フィルタ膜 FLT に反射されて再びレンズ L<sub>1</sub> を通過し光ファイバー F<sub>2</sub> に入射される。図 11 (C) にフィルタ膜 FLT の反射率の特性例を示す。

【0054】

図 2 において、MPU 30 は、二次電池 34 の充電電圧を検出することができ、充電電圧が所定値よりも低下したときに、センシング動作を行わないようにできる。この場合には、MPU 30 は低電力消費モードで動作し、光電変換部 32 からの電力のほとんどは二次電池 34 の充電に費やされる。

【0055】

図 12 にリセット IC を導入した充電回路の例を示す。図 12 において、光電変換部 32 に直流昇圧回路 33 が接続され、直流昇圧回路 33 には逆流防止用ダイオード D を介して二次電池 34 が接続されている。二次電池 34 に並列接続された分圧用抵抗  $r_1$ ,  $r_2$  の中点電圧と、アノード接地のツェナーダイオード ZD のカソード電圧とが比較器 CMP により比較されている。充電電圧が低下し、分圧用抵抗  $r_1$ ,  $r_2$  の中点電圧がツェナーダイオード ZD の逆阻止電圧 (例えば 1.8 [V]) を下回るとトランジスタスイッチ回路 SW からリセット信号が MPU 30 に与えられる。

【符号の説明】

【0056】

- 1 監視装置
- 2 光ファイバー
- 3 センサノード
- 11 レーザ発生装置
- 12 光情報受信装置
- 13 サーキュレータ
- 30 マイクロプロセッサユニット (MP)
- 31 光分岐結合部

10

20

30

40

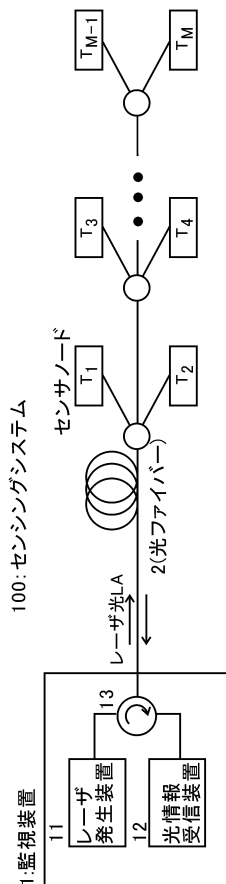
50

- 3 2 光電変換部
- 3 3 直流昇圧回路
- 3 4 二次電池
- 3 5 MEMS型光変調器
- 3 6 センサ
- 3 7 センサ
- 3 8 増幅器
- 3 9 スイッチ回路
- 1 0 0 センシングシステム
- 1 1 1 レーザ光源
- 1 1 2 変調器
- 3 1 1, 3 1 3 サーキュレータ
- 3 1 2 カプラー
- 3 1 4 WDMフィルタ
- 3 5 1 可動ミラー
- 3 5 2 静電気電極
- 3 5 3 MEMS駆動回路
- LA, LA<sub>1</sub>, LA<sub>2</sub> レーザ光
- MLA 変調されたレーザー光
- T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, ..., T<sub>M</sub> センサノード

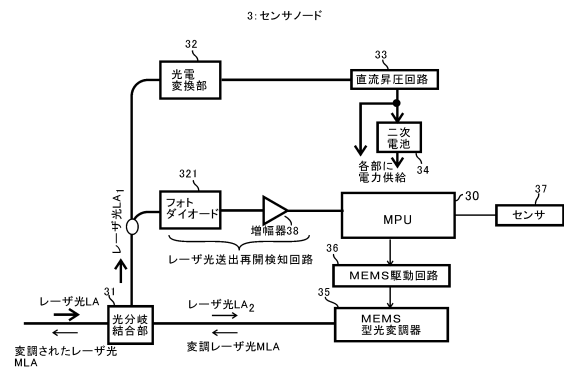
10

20

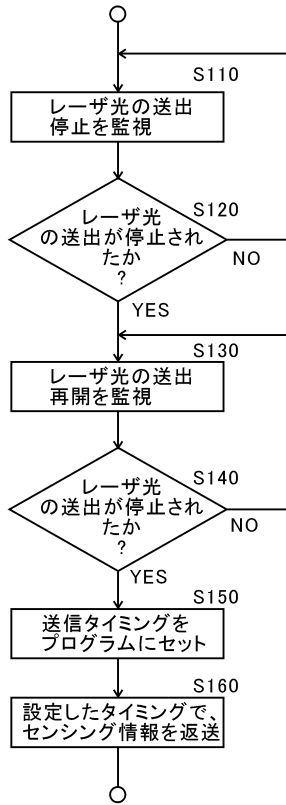
【図1】



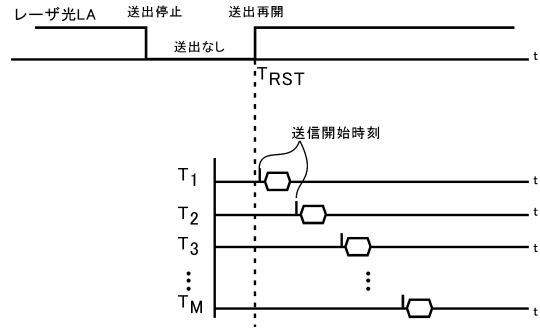
【図2】



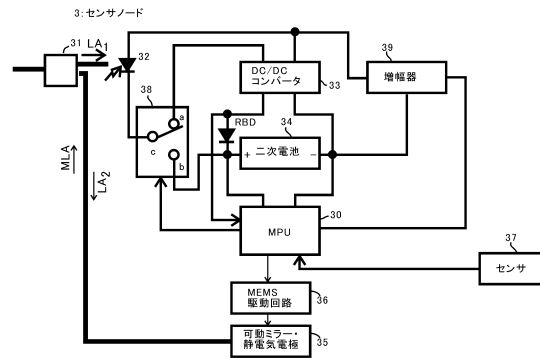
【図4】



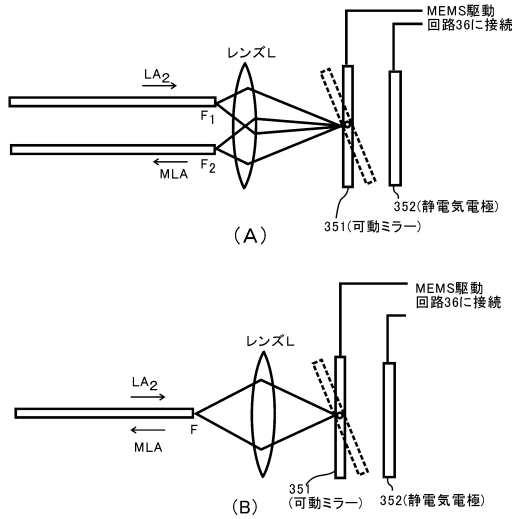
【図5】



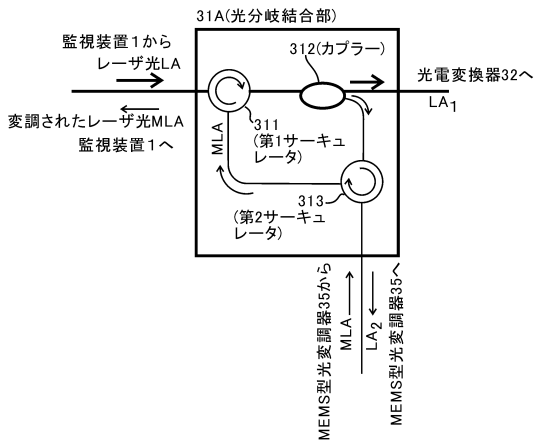
【図6】



【図7】

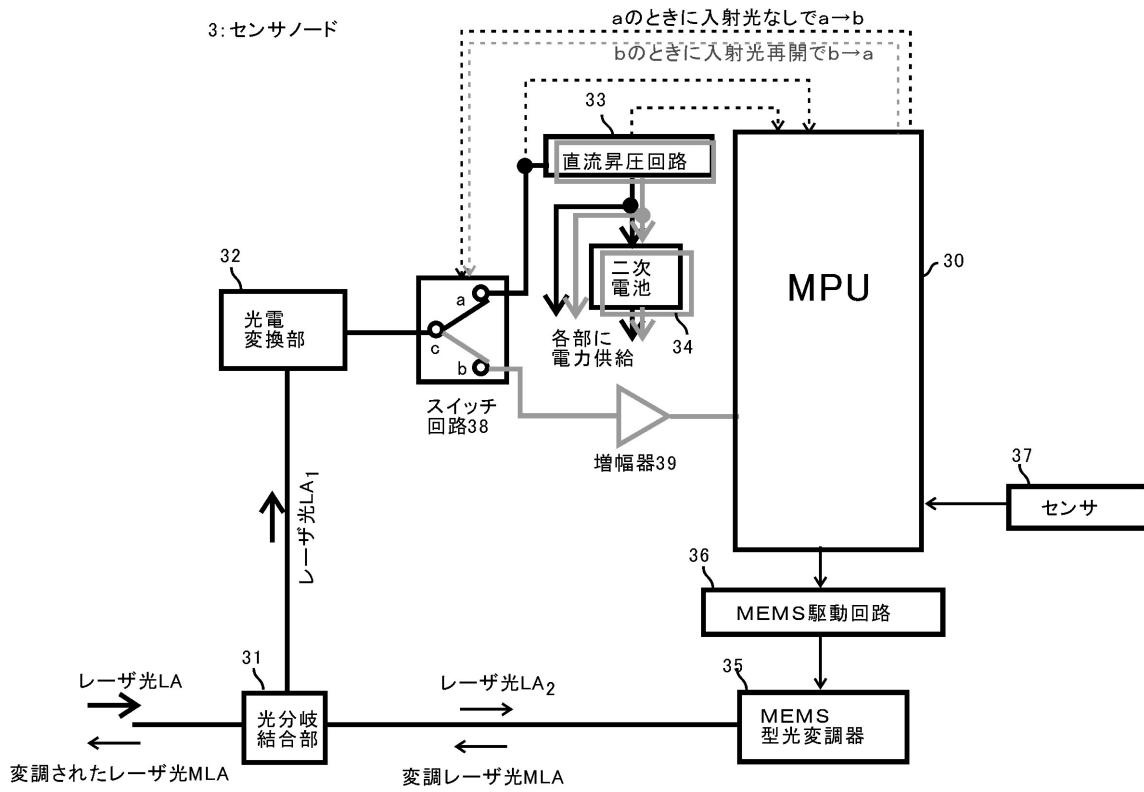


【図8】





【図3】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

**H 0 4 B 10/27 (2013.01)**

(56)参考文献 特開2008-021292(JP,A)  
特開2003-296864(JP,A)  
特開2008-014731(JP,A)  
特開2006-165651(JP,A)  
特開2006-154963(JP,A)  
特開2007-184754(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 8 C 1 3 / 0 0 ~ 2 5 / 0 4  
G 0 1 B 1 1 / 0 0 ~ 1 1 / 3 0  
G 0 1 D 5 / 2 6 ~ 5 / 3 8  
G 0 1 N 2 1 / 8 4 ~ 2 1 / 9 5 8  
H 0 4 B 9 / 0 0  
H 0 1 H 3 5 / 0 0  
H 0 4 N 5 / 3 0 ~ 5 / 3 3 5