

(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2011-90591
(P2011-90591A)

(43) 公開日 平成23年5月6日(2011.5.6)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)	
GO8C	23/04	(2006.01)	GO8C 23/00	A	2F073
HO4B	10/02	(2006.01)	HO4B 9/00	X	5K102
HO4B	10/04	(2006.01)	HO4B 9/00	Y	
HO4B	10/06	(2006.01)	HO4B 9/00	N	
HO4B	10/14	(2006.01)			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-244995 (P2009-244995)
(22) 出願日 平成21年10月24日 (2009.10.24)

(71) 出願人 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
(74) 代理人 100095485
弁理士 久保田 千賀志
(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
(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

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) 【要約】

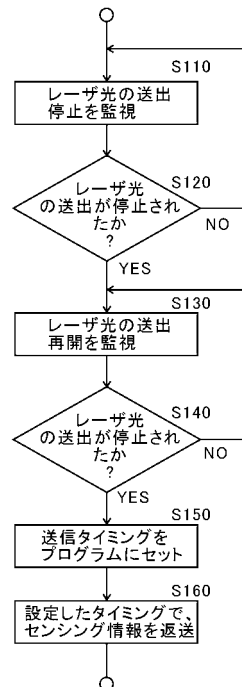
【課題】

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システムを提供する。

【解決手段】

監視装置1がレーザ光LAを光ファイバ2を介して複数のセンサノード3に送出し、各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部32により光電変換して電力を生成し電力を二次電池34に充電し、電力または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37から取得した所定のセンシング情報によりレーザ光を変調して光ファイバ2を介して監視装置1に返送する、各センサノード3は、監視装置1によるレーザ光の送出停止および送出再開を検知し、レーザ光の送出再開を検知したときは、監視装置1へのデータ伝送のタイミングを、他のセンサノードと衝突しないように設定する。

【選択図】 図4



【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。

10

【請求項 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、

20

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。

【請求項 3】

30

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、

40

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

50

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 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、ことを特徴とする請求項2または3に記載のセンシングシステム。

【請求項 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、

ことを特徴とする請求項2または3に記載のセンシングシステム。

【請求項 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、

ことを特徴とする請求項2または3に記載のセンシングシステム。

【請求項 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請求項2から6の何れかに記載のセンシングシステム。

【請求項 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請求項2から7の何れかに記載のセンシングシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

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 】

【 0 0 0 2 】

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）。

10

【 0 0 0 3 】

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 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 2 1 2 9 2 （ 出願人：黒川隆志，発明者：黒川隆志等 ）

20

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

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。

【 0 0 0 6 】

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

【 0 0 0 7 】

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 】

【 0 0 0 8 】

本発明は（ 1 ）から（ 8 ）を要旨とする。

（ 1 ）

40

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、

50

ことを特徴とするセンシング方法。

【0009】

(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、

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。

【0010】

(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、

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。

【0011】

(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

10

20

30

40

50

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。

【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。

【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、

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】

(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】

【0017】

【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

10

20

30

40

50

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。

10

【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。

20

【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】

【0018】

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 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。

【0019】

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。

30

【0020】

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。

40

【0021】

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 LA₁ 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 LA₂ として送出する。

【0022】

光電変換部 32 は受け取ったレーザ光 LA₁ 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。

50

【0023】

M P U 3 0 は、センサ 3 7 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 M E M S 駆動回路 3 6 を制御する。M E M S 駆動回路 3 6 は、上記制御信号に基づき、M E M S 型光変調器 3 5 を駆動する電圧を発生する。M E M S 駆動回路 3 6 では、レーザ光 L A₂ を変調し、この変調したレーザ光 M L A を、光ファイバー 2 を介して監視装置 1 に返送する。

【0024】

図 2 では、M P U 3 0 が、フォトダイオード 3 2 1 の出力を、増幅器 3 8 を介して監視（すなわち、監視装置 1 からのレーザ光 L A 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 3 2 1 および増幅器 3 8 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 T₁, T₂, …, T_M（図 3 でも符号 3 で代表して示す）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、M E M S 駆動回路 3 6 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。

【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、M P U 3 0 が全回路の制御を行っている。また、M P U 3 0 には、R O M や R A M 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、M P U 3 0 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 3 1 が受け取ったレーザ光 L A の一部を光電変換部 3 2 にレーザ光 L A₁ 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 M E M S 型光変調器 3 5 ）にレーザ光 L A₂ として送出する。

【0028】

図 3 の光電変換部 3 2 は、図 2 の場合と同様、受け取ったレーザ光 L A₁ 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 M P U 3 0 は、図 2 の場合と同様、センサ 3 7 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、M E M S 駆動回路 3 6 は M E M S 型光変調器 3 5 を駆動する電圧を発生する。

30

図 3 の M E M S 駆動回路 3 6 では、図 2 の場合と同様、レーザ光 L A₂ を変調し、この変調したレーザ光 M L A を光ファイバー 2 を介して監視装置 1 に返送する。

【0029】

図 3 では、M P U 3 0 が、スイッチ回路 3 9（トランジスタ等からなる）を駆動して、レーザ光 L A 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 L A 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 3 2 は発電部として機能している。この場合には、光電変換部 3 2 がレーザ光送出停止検知回路としても機能している。M P U 3 0 が、光電変換部 3 2 が発電していないこと（監視装置 1 がレーザ光 L A の送出を停止したこと）を検知したときは、スイッチ回路 3 9 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 3 2 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 3 2 と増幅器 3 8 がレーザ光送出再開検知回路として機能しており、M P U 3 0 が、光電変換部 3 2 が光を受光したとき（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、スイッチ回路 3 9 を駆動して第 2 モードから第 1 モードに切り換える。

【0032】

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

50

伝送へのタイミングと衝突しないように設定する。

【0033】

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、MPU30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(S110)、レーザ光LAの送出停止がないときは(S120の「NO」)監視を続行するが、レーザ光LAの送出停止があったときは(S120の「YES」)、レーザ光LAの送出再開を監視する(S130)。

【0034】

MPU30はレーザ光LAの送出再開を検知しないとき(S140の「NO」)は監視を続行するが、送出再開を検知したときは(S140の「YES」)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(S150)、センシング情報(データ)によりレーザ光LA₂を変調して監視装置1に異なるタイミングで返送する(S160)。

10

【0035】

図5に、監視装置1からのレーザ光LAの送信状態と、センサノードT₁、T₂、・・・、T_M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_{RST}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。

以上のように、本発明では、センサノードT₁、T₂、・・・、T_M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。

20

【0036】

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、MPU30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、センサ37と、増幅器38と、スイッチ回路39とを備えている。

【0037】

MEMS型光変調器35は、図7(A)、(B)に示すように、可動ミラー351を2つのポジションの何れかに固定する静電気電極352とを備えている。図7(A)、(B)においてMEMS型光変調器35は、可動ミラー351と、可動ミラー351を2つのポジションの何れかに固定する静電気電極352とを備えている。静電気電極352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351のポジションを変更することができる。

30

【0038】

入射したレーザ光LA₂を可動ミラー351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F1、F2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により構成(反射型構成)されている。静電気電極352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351のポジションを変更することができる。

40

【0039】

図6において、スイッチ回路39は、光電変換部32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。

【0040】

本実施形態ではMPU30が直流昇圧回路33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32と直流昇圧回路33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LAを出力しているときには、直流昇圧回路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。

50

【 0 0 4 1 】

一方、監視装置 1 がレーザ光 L A を出力していないときには、直流昇圧回路 3 3 の出力端子間には電圧が表れないので、監視装置 1 がレーザ光 L A を出力しなくなったときには、M P U 3 0 はスイッチ回路 3 9 のスイッチ端子（c 端子）をレーザ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 3 2 が逆バイアスされているので速い応答速度でレーザ光送出の再開が検知できる。具体的には、光電変換部 3 2 からの光電流は増幅器 3 8 によって増幅され、M P U 3 0 に伝えられる。よって、逆バイアスされた光電変換部 3 2 と増幅器 3 8 とが、本発明のレーザ光送出再開検知回路を構成している。

【 0 0 4 2 】

監視装置 1 は、レーザ光 L A 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、レーザ光 L A の送出を再開する。M P U 3 0 は、増幅器 3 8 の出力電圧を監視、すなわち、光電変換部 3 2 で生じ光電流を増幅器 3 8 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 3 2 が直流昇圧回路 3 3 に接続されるようにスイッチ回路 3 9 の c 端子を a 端子側に作動させる。

【 0 0 4 3 】

これと同時に、M P U 3 0 は、R O M 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、他のセンサノ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。

【 0 0 4 4 】

図 8 に光分岐結合部 3 1 の第 1 構成例を示す。図 8 では光分岐結合部を符号 3 1 A で示す。光分岐結合部 3 1 A は、第 1 サーキュレータ 3 1 1 と、カプラー 3 1 2（たとえば、分岐比 1 0 : 1）と、第 2 サーキュレータ 3 1 3 とからなる。

【 0 0 4 5 】

第 1 サーキュレータ 3 1 1 は監視装置 1 からのレーザ光 L A を入射し、カプラー 3 1 2 に出射する。カプラー 3 1 2 は入射したレーザ光 L A を、光電変換部 3 2 に L A₁として送出するとともに第 2 サーキュレータ 3 1 3 を介して M E M S 型光変調器 3 5 に L A₂として送出する。

【 0 0 4 6 】

第 2 サーキュレータ 3 1 3 は M E M S 型光変調器 3 5 から返される変調されたレーザ光 M L A を入射して第 1 サーキュレータ 3 1 1 を介して監視装置 1 に返送する。

【 0 0 4 7 】

図 9 に光分岐結合部 3 1 の第 2 構成例を示す。図 9 では光分岐結合部を符号 3 1 B で示す。光分岐結合部 3 1 B は、サーキュレータ 3 1 1 と、カプラー 3 1 2（たとえば、分岐比 1 0 : 1）とからなる。

サーキュレータ 3 1 1 は監視装置 1 からのレーザ光 L A を入射し、カプラー 3 1 2 に出射する。

【 0 0 4 8 】

カプラー 3 1 2 は入射したレーザ光 L A を、光電変換部 3 2 にレーザ光 L A₁として送出するとともに透過型構成（図 1 1（A））の M E M S 型光変調器 3 5 にレーザ光 L A₂として送出する。M E M S 型光変調器 3 5 からの変調されたレーザ光 L A は第 1 サーキュレータ 3 1 1 を介して監視装置 1 に返送する。

【 0 0 4 9 】

図 1 0 に光分岐結合部 3 1 の第 3 構成例を示す。図 1 0 では光分岐結合部を符号 3 1 C で示す。光分岐結合部 3 1 C は、W D M フィルタ 3 1 4 からなる。一方、監視装置 1 のレーザ発生装置 1 1 は、波長 λ_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 1 1 1 と、波長 λ_2 （たとえば、 $\lambda_2 = 1.3 \mu\text{m}$ ）の信号用光を発生する信号用光発生部 1 1 2 と、W D M フィルタ（Wave-length Division Multiplexing Filter）1 1 3 とからなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

WDMフィルタ 1 1 3 により、波長 λ_1 の発電用光と波長 λ_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 1 3 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。

【 0 0 5 1 】

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 3 1 4 は、入射したレーザ光 LA に含まれる波長 λ_1 の発電用光を光電変換部 3 2 にレーザ光 LA₁ として送出する。これとともに、WDMフィルタ 3 1 4 は、波長 λ_2 の信号用光を MEMS 型光変調器 3 5 にレーザ光 LA₂ として送出し、MEMS 型光変調器 3 5 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。

10

【 0 0 5 2 】

図 1 1 (A) は、図 1 0 の WDM フィルタ 1 1 3 の構成を示している。図 1 1 (A) において WDM フィルタ 1 1 3 は、レンズ L₁ とフィルタ膜 FLT とレンズ L₂ とからなり、光ファイバー F₁ からのレーザ光に含まれる波長 λ_1 成分はレンズ L₁ とフィルタ膜 FLT とレンズ L₂ を介して光ファイバー F₃ に入射され、光ファイバー F₂ からのレーザ光に含まれる波長 λ_2 成分はレンズ L₂ を通過した後フィルタ膜 FLT に反射されて再びレンズ L₂ を通過し光ファイバー F₃ に入射される。

【 0 0 5 3 】

図 1 1 (B) は、図 1 0 の WDM フィルタ 3 1 4 の構成を示している。図 1 1 (B) において WDM フィルタ 3 1 4 は、レンズ L₁ とフィルタ膜 FLT とレンズ L₂ とからなり、光ファイバー F₁ からのレーザ光に含まれる波長 λ_1 成分はレンズ L₁ とフィルタ膜 FLT とレンズ L₂ を介して光ファイバー F₃ に入射され、光ファイバー F₂ からのレーザ光に含まれる波長 λ_2 成分はレンズ L₁ を通過した後フィルタ膜 FLT に反射されて再びレンズ L₁ を通過し光ファイバー F₂ に入射される。図 1 1 (C) にフィルタ膜 FLT の反射率の特性例を示す。

20

【 0 0 5 4 】

図 2 において、MPU 3 0 は、二次電池 3 4 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 3 0 は低電力消費モードで動作し、光電変換部 3 2 からの電力のほとんどは二次電池 3 4 の充電に費やされる。

30

【 0 0 5 5 】

図 1 2 にリセット IC を導入した充電回路の例を示す。図 1 2 において、光電変換部 3 2 に直流昇圧回路 3 3 が接続され、直流昇圧回路 3 3 には逆流防止用ダイオード D を介して二次電池 3 4 が接続されている。二次電池 3 4 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 3 0 に与えられる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 6 】

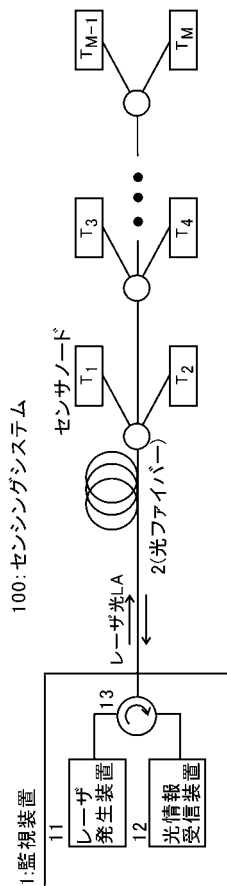
- 1 監視装置
- 2 光ファイバー
- 3 センサノード
- 1 1 レーザ発生装置
- 1 2 光情報受信装置
- 1 3 サーキュレータ
- 3 0 マイクロプロセッサユニット (MP)
- 3 1 光分岐結合部
- 3 2 光電変換部
- 3 3 直流昇圧回路

40

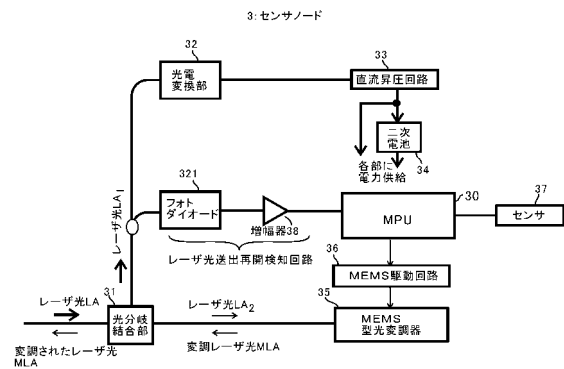
50

- 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 サークュレータ
- 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, LA₁, LA₂ レーザ光
- MLA 変調されたレーザー光
- T₁, T₂, ..., T_M センサノード

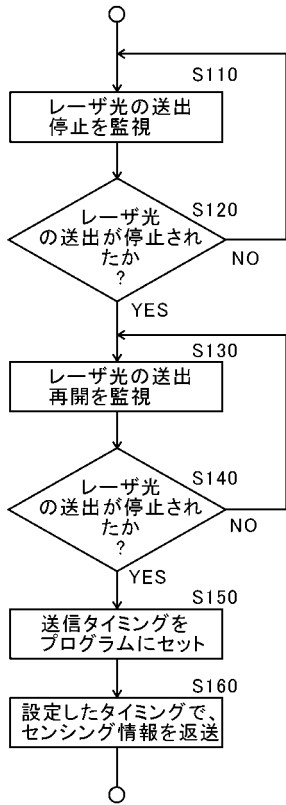
【 図 1 】



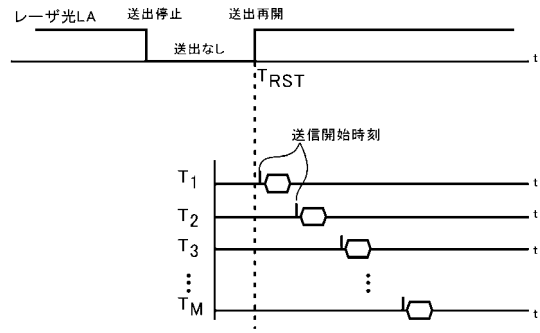
【 図 2 】



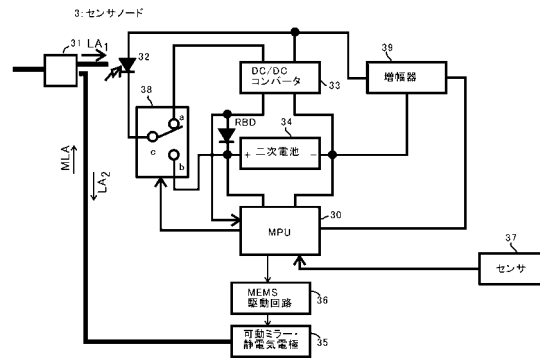
【 図 4 】



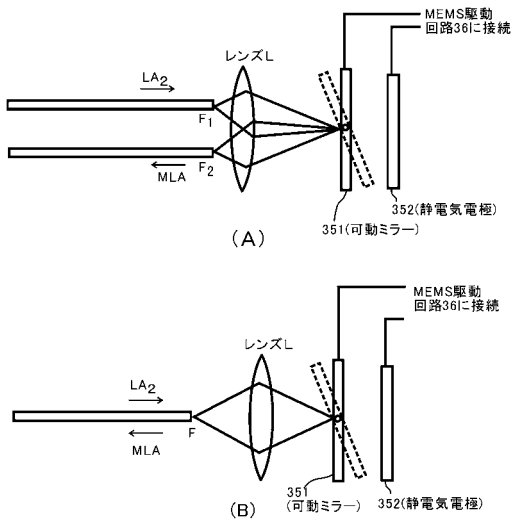
【 図 5 】



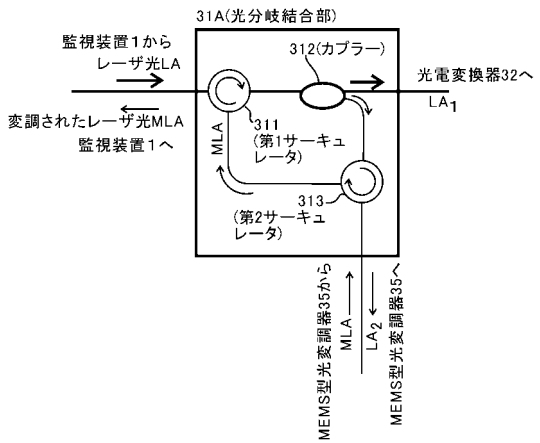
【 図 6 】



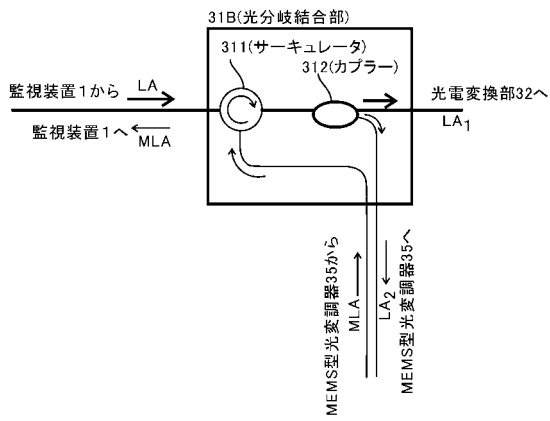
【 図 7 】



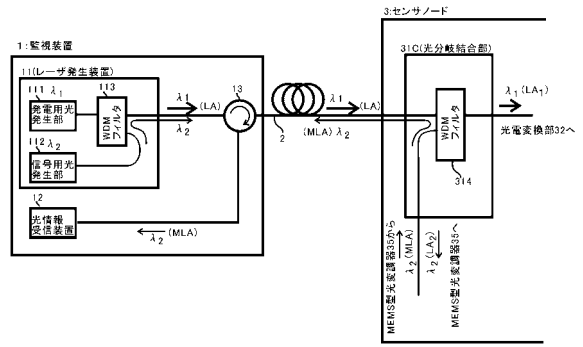
【 図 8 】



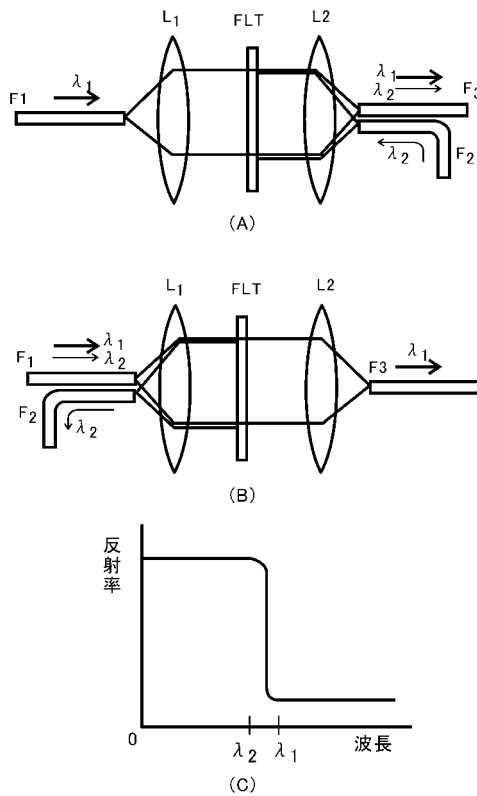
【 図 9 】



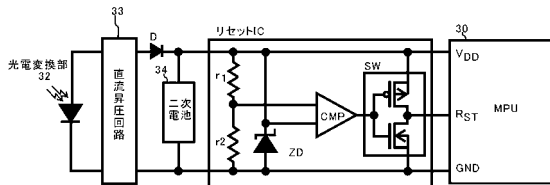
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)

H 0 4 B 10/26 (2006.01)
H 0 4 B 10/28 (2006.01)
H 0 4 B 10/20 (2006.01)

Fターム(参考) 2F073 AA02 AA21 AB01 BB06 BC04 CC03 CC12 CD17 DE06 EE12
EE13 FG01 FG02 FG04 FG14 FH01 FH07 FH11 FH13 FH18
GG01 GG04 GG07 GG08
5K102 AA65 AL07 AL16 AM02 AM06 AN03 LA11 RB02