(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年2月11日(11.02.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/024809 A1

(51) 国際特許分類:
H02J 50/30 (2016.01) *H04B 10/071* (2013.01)
H04B 10/03 (2013.01) *H04B 10/80* (2013.01)
H04B 10/07 (2013.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/028471

(22) 国際出願日： 2020年7月22日(22.07.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-144349 2019年8月6日(06.08.2019) JP
特願 2019-144350 2019年8月6日(06.08.2019) JP

(71) 出願人: 京セラ株式会社 (**KYOCERA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 Kyoto (JP).

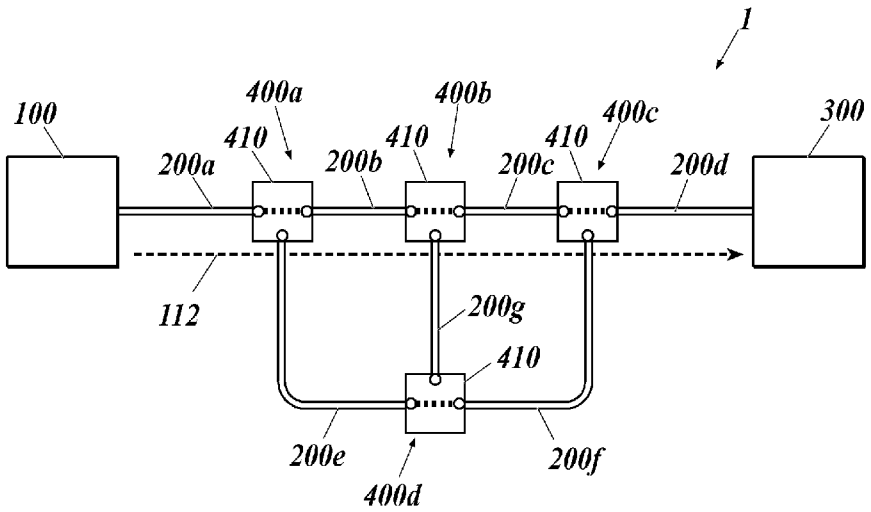
(72) 発明者: 手塚 修啓 (**TETSUKA, Nobuyuki**); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町６番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 荒船 博司, 外 (**ARAFUNE, Hiroshi** et al.); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目１番３号 東京宝塚ビル１７階 光陽国際特許法律事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** OPTICAL FIBER POWER SUPPLY SYSTEM

(54) 発明の名称： 光ファイバー給電システム



(57) **Abstract:** In order to improve optical power supply efficiency, this optical fiber power supply system comprises: a power supply device 110 including a semiconductor laser which performs laser oscillation with electrical power and outputs power supply light; a power receiving device 310 including a photoelectric conversion element 311 which converts the power supply light into electrical power; a plurality of optical fiber cables 200a-200g which transmit the power supply light; and a plurality of optical switches 410 selectively connecting the plurality of optical fiber cables. The plurality of optical fiber cables and the plurality of optical switches can form at least two transmission paths for the power supply light. The optical fiber power supply system further comprises detection units 151, 152 which detect a location of defective

WO 2021/024809 A1

[続葉有]

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告(条約第21条(3))

transmission that has occurred in the transmission paths for the power supply light, and a control device 153 which controls the plurality of optical switches on the basis of the defective transmission location detected by the detection units, to form another transmission path for the power supply light that bypasses the defective transmission location.

(57) 要約:光給電効率の向上を図るために、本発明の光ファイバー給電システムは、電力によりレーザー発振して給電光を出力する半導体レーザーを含む給電装置１１０と、給電光を電力に変換する光電変換素子３１１を含む受電装置３１０と、給電光を伝送する複数の光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇと、複数の光ファイバーケーブルを選択的に接続する複数の光スイッチ４１０とを備え、複数の光ファイバーケーブルと複数の光スイッチとにより、少なくとも二以上の給電光の伝送経路が構成可能であり、給電光の伝送経路に生じた伝送不良箇所を検出する検出部１５１、１５２と、検出部が検出した伝送不良箇所に応じて、当該伝送不良箇所を迂回する他の給電光の伝送経路を構成するように複数の光スイッチを制御する制御装置１５３とを備える構成とした。

明　細　書

発明の名称 ： 光ファイバー給電システム

技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバー給電システムに関する。

背景技術

[0002] 近時、電力を光（給電光と呼ばれる）に変換して伝送し、当該給電光を電気エネルギーに変換して電力として利用する光給電システムが研究されている。

特許文献１には、電気信号で変調された信号光、及び電力を供給するための給電光を発信する光発信機と、上記信号光を伝送するコア、上記コアの周囲に形成され上記コアより屈折率が小さく上記給電光を伝送する第１クラッド、及び上記第１クラッドの周囲に形成され上記第１クラッドより屈折率が小さい第２クラッド、を有する光ファイバーと、上記光ファイバーの第１クラッドで伝送された上記給電光を変換した電力で動作し、上記光ファイバーのコアで伝送された上記信号光を上記電気信号に変換する光受信機と、を備えた光通信装置が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１０－１３５９８９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 光給電においては、より一層の光給電効率の向上が求められている。そのための一つとして、給電側及び受電側における光電変換効率の向上が求められている。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の１つの態様の光ファイバー給電システムは、

電力によりレーザー発振して給電光を出力する半導体レーザーを含む給電

装置と、

前記給電光を電力に変換する光電変換素子を含む受電装置と、

前記給電光を伝送する複数の光ファイバーケーブルと、

複数の前記光ファイバーケーブルを選択的に接続する複数の光スイッチとを備え、

複数の前記光ファイバーケーブルと複数の前記光スイッチとにより、少なくとも二以上の前記給電光の伝送経路が構成可能であり、

前記給電光の伝送経路に生じた伝送不良箇所からの前記給電光の反射光を検出する検出部と、

前記検出部が検出した前記反射光から前記伝送不良箇所までの距離を求め、当該伝送不良箇所を迂回する他の前記給電光の伝送経路を構成するように複数の前記光スイッチを制御する制御装置と、を備えている。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]本開示の第１実施形態に係る光ファイバー給電システムの構成図である。

[図2]本開示の第２実施形態に係る光ファイバー給電システムの構成図である。

[図3]本開示の第２実施形態に係る光ファイバー給電システムの構成図であって、光コネクタ等を図示したものである。

[図4]本開示の他の一実施形態に係る光ファイバー給電システムの構成図である。

[図5]本開示の第２実施形態に係る光ファイバー給電システムにおいて給電光の伝送不良を検出する機能を有する構成例(1)の構成図である。

[図6]図５の構成例(1)における伝送不良発生時の状態の構成図である。

[図7]図５の構成例(1)における第１のデータ通信装置の構成図である。

[図8]図５の構成例(1)における接続装置の構成図である。

[図9]第１のデータ通信装置の制御装置が行う処理のフローチャートである。

[図10]給電光の伝送不良を検出する機能を有する構成例(2)における接続装置

の構成図である。

[図11]接続装置の制御装置が行う給電光の伝送不良の検出時の処理のフローチャートである。

[図12]接続装置の制御装置が実行する給電光の伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成するための処理のフローチャートである。

[図13]構成例(3)における給電装置の構成図である。

発明を実施するための形態

[0007] 以下に本開示の一実施形態につき図面を参照して説明する。

[0008] （１）システム概要

〔第１実施形態〕

図１に示すように本実施形態の光ファイバー給電(PoF:Power over Fiber)システム１Ａは、給電装置（PSE:Power Sourcing Equipment）１１０と、光ファイバーケーブル２００Ａと、受電装置（PD:Powered Device）３１０を備える。

なお、本開示における給電装置は電力を光エネルギーに変換して供給する装置であり、受電装置は光エネルギーの供給を受け当該光エネルギーを電力に変換する装置である。

給電装置１１０は、給電用半導体レーザー１１１を含む。

光ファイバーケーブル２００Ａは、給電光の伝送路を形成する光ファイバー２５０Ａを含む。

受電装置３１０は、光電変換素子３１１を含む。

[0009] 給電装置１１０は電源に接続され、給電用半導体レーザー１１１等が電気駆動される。

給電用半導体レーザー１１１は、上記電源からの電力によりレーザー発振して給電光１１２を出力する。

[0010] 光ファイバーケーブル２００Ａは、一端２０１Ａが給電装置１１０に接続可能とされ、他端２０２Ａが受電装置３１０に接続可能とされ、給電光１１２を伝送する。

給電装置１１０からの給電光１１２が、光ファイバーケーブル２００Ａの一端２０１Ａに入力され、給電光１１２は光ファイバー２５０Ａ中を伝搬し、他端２０２Ａから受電装置３１０に出力される。

[0011] 光電変換素子３１１は、光ファイバーケーブル２００Ａを通して伝送されてきた給電光１１２を電力に変換する。光電変換素子３１１により変換された電力が、受電装置３１０内で必要な駆動電力とされる。さらに受電装置３１０は光電変換素子３１１により変換された電力を外部機器用に出力可能とされる。

[0012] 給電用半導体レーザー１１１及び光電変換素子３１１の光－電気間の変換効果を奏する半導体領域を構成する半導体材料が５００ｎｍ以下の短波長のレーザー波長をもった半導体とされる。

短波長のレーザー波長をもった半導体は、バンドギャップが大きく光電変換効率が高いので、光給電の発電側及び受電側における光電変換効率が向上され、光給電効率が向上する。

そのためには、同半導体材料として、例えば、ダイヤモンド、酸化ガリウム、窒化アルミニウム、ＧａＮ等、レーザー波長（基本波）が２００～５００ｎｍのレーザー媒体の半導体材料を用いてもよい。

また、同半導体材料として、２．４ｅＶ以上のバンドギャップを有した半導体が適用される。

例えば、ダイヤモンド、酸化ガリウム、窒化アルミニウム、ＧａＮ等、バンドギャップ２．４～６．２ｅＶのレーザー媒体の半導体材料を用いてもよい。

なお、レーザー光は長波長ほど伝送効率が良く、短波長ほど光電変換効率が良い傾向にある。したがって、長距離伝送の場合には、レーザー波長（基本波）が５００ｎｍより大きいレーザー媒体の半導体材料を用いてもよい。また、光電変換効率を優先する場合には、レーザー波長（基本波）が２００ｎｍより小さいレーザー媒体の半導体材料を用いてもよい。

これらの半導体材料は、給電用半導体レーザー１１１及び光電変換素子３

１１のいずれか一方に適用してもよい。給電側又は受電側における光電変換効率が向上され、光給電効率が向上する。

[0013] 〔第２実施形態〕

図２に示すように本実施形態の光ファイバー給電(PoF:Power over Fiber)システム１は、光ファイバーを介した光給電システムと光通信システムとを含むものであり、給電装置（PSE:Power Sourcing Equipment）１１０を含む第１のデータ通信装置１００と、光ファイバーケーブル２００と、受電装置（PD:Powered Device）３１０を含む第２のデータ通信装置３００とを備える。

なお、以下の説明では、原則として、既に説明された構成については同一の符号を付して、特に言及がない場合には既に説明された構成と同一の構成とする。

給電装置１１０は、給電用半導体レーザー１１１を含む。第１のデータ通信装置１００は、給電装置１１０のほか、データ通信を行う発信部１２０と、受信部１３０とを含む。第１のデータ通信装置１００は、データ端末装置(DTE(Data Terminal Equipment))、中継器(Repeater)等に相当する。発信部１２０は、信号用半導体レーザー１２１と、モジュレーター１２２とを含む。受信部１３０は、信号用フォトダイオード１３１を含む。

[0014] 光ファイバーケーブル２００は、信号光の伝送路を形成するコア２１０と、コア２１０の外周に配置され、給電光の伝送路を形成するクラッド２２０と有する光ファイバー２５０を含む。

[0015] 受電装置３１０は、光電変換素子３１１を含む。第２のデータ通信装置３００は、受電装置３１０のほか、発信部３２０と、受信部３３０と、データ処理ユニット３４０とを含む。第２のデータ通信装置３００は、パワーエンドステーション(Power End Station)
等に相当する。発信部３２０は、信号用半導体レーザー３２１と、モジュレーター３２２とを含む。受信部３３０は、信号用フォトダイオード３３１を含む。データ処理ユニット３４０は、受信した信号を処理するユニットであ

る。また、第２のデータ通信装置３００は、通信ネットワークにおけるノードである。または第２のデータ通信装置３００は、他のノードと通信するノードでもよい。

[0016] 第１のデータ通信装置１００は電源に接続され、給電用半導体レーザー１１１、信号用半導体レーザー１２１と、モジュレーター１２２、信号用フォトダイオード１３１等が電気駆動される。また、第１のデータ通信装置１００は、通信ネットワークにおけるノードである。または第１のデータ通信装置１００は、他のノードと通信するノードでもよい。

給電用半導体レーザー１１１は、上記電源からの電力によりレーザー発振して給電光１１２を出力する。

[0017] 光電変換素子３１１は、光ファイバーケーブル２００を通して伝送されてきた給電光１１２を電力に変換する。光電変換素子３１１により変換された電力は、発信部３２０、受信部３３０及びデータ処理ユニット３４０の駆動電力、その他の第２のデータ通信装置３００内で必要となる駆動電力とされる。さらに第２のデータ通信装置３００は、光電変換素子３１１により変換された電力を外部機器用に出力可能とされていてもよい。

[0018] 一方、発信部１２０のモジュレーター１２２は、信号用半導体レーザー１２１からのレーザー光１２３を送信データ１２４に基づき変調して信号光１２５として出力する。

受信部３３０の信号用フォトダイオード３３１は、光ファイバーケーブル２００を通して伝送されてきた信号光１２５を電気信号に復調し、データ処理ユニット３４０に出力する。データ処理ユニット３４０は、当該電気信号によるデータをノードに送信し、その一方で当該ノードからデータを受信し、送信データ３２４としてモジュレーター３２２に出力する。

発信部３２０のモジュレーター３２２は、信号用半導体レーザー３２１からのレーザー光３２３を送信データ３２４に基づき変調して信号光３２５として出力する。

受信部１３０の信号用フォトダイオード１３１は、光ファイバーケーブル

２００を通して伝送されてきた信号光３２５を電気信号に復調し出力する。当該電気信号によるデータがノードに送信され、その一方で当該ノードからのデータが送信データ１２４とされる。

[0019] 第１のデータ通信装置１００からの給電光１１２及び信号光１２５が、光ファイバーケーブル２００の一端２０１に入力され、給電光１１２はクラッド２２０を伝搬し、信号光１２５はコア２１０を伝搬し、他端２０２から第２のデータ通信装置３００に出力される。

第２のデータ通信装置３００からの信号光３２５が、光ファイバーケーブル２００の他端２０２に入力され、コア２１０を伝搬し、一端２０１から第１のデータ通信装置１００に出力される。

[0020] なお、図３に示すように第１のデータ通信装置１００に光入出力部１４０とこれに付設された光コネクタ１４１が設けられる。また、第２のデータ通信装置３００に光入出力部３５０とこれに付設された光コネクタ３５１が設けられる。光ファイバーケーブル２００の一端２０１に設けられた光コネクタ２３０が光コネクタ１４１に接続する。光ファイバーケーブル２００の他端２０２に設けられた光コネクタ２４０が光コネクタ３５１に接続する。光入出力部１４０は、給電光１１２をクラッド２２０に導光し、信号光１２５をコア２１０に導光し、信号光３２５を受信部１３０に導光する。光入出力部３５０は、給電光１１２を受電装置３１０に導光し、信号光１２５を受信部３３０に導光し、信号光３２５をコア２１０に導光する。

以上のように、光ファイバーケーブル２００は、一端２０１が第１のデータ通信装置１００に接続可能とされ、他端２０２が第２のデータ通信装置３００に接続可能とされ、給電光１１２を伝送する。さらに本実施形態では、光ファイバーケーブル２００は、信号光１２５，３２５を双方向伝送する。

[0021] 給電用半導体レーザー１１１及び光電変換素子３１１の光－電気間の変換効果を奏する半導体領域を構成する半導体材料としては上記第１実施形態と同様のものが適用され、高い光給電効率が実現される。

[0022] なお、図４に示す光ファイバー給電システム１Ｂの光ファイバーケーブル

２００Ｂのように、信号光を伝送する光ファイバー２６０と、給電光を伝送する光ファイバー２７０とを別々に設けてもよい。光ファイバーケーブル２００Ｂも複数本で構成してもよい。

[0023] （２）伝送不良を検出する構成について

［伝送不良検出機能を有する構成例(1)］

次に、給電光の伝送不良を検出する構成について図面を参照して説明する。

図５は前述した光ファイバー給電システム１において、給電光の伝送不良を検出する機能を有する構成例(1)を示し、図６は当該構成例(1)における伝送不良発生時の状態を示している。

なお、以下の説明では、原則として、既に説明された構成については同一の符号を付して、特に言及がない場合には既に説明された構成と同一の構成とする。

[0024] この伝送不良検出機能を有する構成例(1)における光ファイバー給電システム１では、給電光１１２の伝送経路を複数本の光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇで構成し、各光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇを、給電用の光スイッチ４１０を含む複数の接続装置４００ａ～４００ｄにより選択可能に接続している。

[0025] 上記光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇは、その配置以外については同一の構成なので、これらを区別して説明する必要がない場合には、「光ファイバーケーブル２００」と略記する（図８参照）。

また、同様に、上記接続装置４００ａ～４００ｄも配置以外は同一の構成なので、これらを区別して説明する必要がない場合には、「接続装置４００」と略記する（図８参照）。

なお、この伝送不良検出機能を有する構成例(1)では、第１のデータ通信装置１００と第２のデータ通信装置３００との間を少なくとも二以上の伝送経路で接続できれば良い。従って、この構成例(1)では、七本の光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇを四基の接続装置４００ａ～４００ｄで接続する

構成を例示しているが、光ファイバーケーブル２００及び接続装置４００の個数は増減可能である。

[0026] 第１のデータ通信装置１００と第２のデータ通信装置３００との間には、四本の光ファイバーケーブル２００ａ，２００ｂ，２００ｃ，２００ｄが三つの接続装置４００ａ，４００ｂ，４００ｃを介して直列接続状態で配置されている。

全ての光スイッチ４１０は、光ファイバーケーブル２００のクラッド２２０の端部を接続するポートを三つ備えており、三つのポートの内の二つのポートを選択的に光の伝送が可能となるように接続することができる。

[0027] 各接続装置４００ａ，４００ｂ，４００ｃの光スイッチ４１０は、それぞれ二つのポートを使用して四本の光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｄの直列接続を行っている。さらに、各接続装置４００ａ，４００ｂ，４００ｃの光スイッチ４１０の残りの一つのポートには、それぞれ他の光ファイバーケーブル２００ｅ～２００ｇの一端部が接続されており、これら三本の光ファイバーケーブル２００ｅ～２００ｇの他端部は、接続装置４００ｄの光スイッチ４１０の三つのポートに個別に接続されている。

[0028] 第１のデータ通信装置１００と第２のデータ通信装置３００の間にこのような接続構成を構築したことにより、例えば、第１のデータ通信装置１００から第２のデータ通信装置３００への給電光１１２の伝送は、光ファイバーケーブル２００ａ，２００ｂ，２００ｃ，２００ｄからなる第一の伝送経路と、光ファイバーケーブル２００ａ，２００ｅ，２００ｇ，２００ｃ，２００ｄからなる第二の伝送経路と、光ファイバーケーブル２００ａ，２００ｂ，２００ｇ，２００ｆ，２００ｄからなる第三の伝送経路と、光ファイバーケーブル２００ａ，２００ｅ，２００ｆ，２００ｄからなる第四の伝送経路のいずれかを選択的に構成することができる。

[0029] 従って、伝送不良検出機能を有する構成例(1)における光ファイバー給電システム１では、図６に示すように、例えば、いずれかの光ファイバーケーブル２００で伝送不良が生じた場合に（図６では光ファイバーケーブル２００

ｃを例示）、伝送不良を迂回した別の伝送経路を利用して給電光１１２の伝送を行うことができる（図６では第四の伝送経路を例示）。

[0030] 上記伝送不良検出機能を有する構成例(1)における光ファイバー給電システム１の第１のデータ通信装置１００は、図７に示すように、給電光１１２の反射光１１２Ｒを検出し、伝送不良箇所を迂回する伝送経路が構成されるように各光スイッチ４１０に指令を出力するための構成が付加されている。

即ち、第１のデータ通信装置１００は、給電用半導体レーザー１１１からの給電光１１２が入射する光ファイバーケーブル２００ａのクラッド２２０の一端部から伝送不良箇所で反射した給電光１１２の反射光１１２Ｒを取り出すビームスプリッター１５１と、ビームスプリッター１５１によって取り出された反射光１１２Ｒを受光する光電変換素子１５２と、光電変換素子１５２の検出に基づいて各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０のポート接続状態（三つのポートのいずれといずれを接続するか）を切り替える指令を出力する制御装置１５３とを備えている。

[0031] ビームスプリッター１５１は、給電用半導体レーザー１１１と光ファイバーケーブル２００ａの間に配置され、給電用半導体レーザー１１１から光ファイバーケーブル２００ａに向かう給電光１１２を透過し、光ファイバーケーブル２００ａから給電用半導体レーザー１１１に向かう伝送不良箇所からの反射光１１２Ｒを光電変換素子１５２側に反射する。

光電変換素子１５２は、ビームスプリッター１５１が反射光１１２Ｒを反射する方向に対向するように配置されており、入射した反射光１１２Ｒの光強度を検出する。

ビームスプリッター１５１と光電変換素子１５２は、給電光１１２の伝送経路に生じた伝送不良箇所からの給電光１１２の反射光１１２Ｒを検出する検出部を構成している。

[0032] 制御装置１５３は、光電変換素子１５２の検出信号により伝送不良の発生及び伝送不良箇所までの距離を検出する処理と、検出した伝送不良箇所までの距離により伝送不良箇所を迂回する伝送経路を特定し、特定した伝送経路

により給電光１１２が伝送されるように各光スイッチ４１０の接続を切り替える指令を出力する処理とを実施する。

制御装置１５３は、マイクロコンピュータから構成されてもよいし、アナログ回路又はデジタル回路を利用したシーケンサから構成されてもよい。

[0033] 給電光１１２が適正に第２のデータ通信装置３００の光電変換素子３１１に受光されている場合の反射光１１２Ｒの光強度は低くなる。これに対して、伝送経路の途中で伝送不良が生じた場合には、伝送不良箇所での給電光１１２の反射が生じるので、その反射光１１２Ｒの光強度は高くなる。

従って、制御装置１５３は、光電変換素子１５２の検出光強度の閾値を記憶する図示しないメモリを備え、検出光強度が記憶された閾値を超えるか否かによって伝送不良の発生を検知する。

[0034] さらに、制御装置１５３は、光電変換素子１５２の出力により、給電光１１２の出射から反射光１１２Ｒの入射までの経過時間から、第１のデータ通信装置１００から伝送不良箇所までの距離を算出することができる。或いは、制御装置１５３は、光電変換素子１５２の出力により、給電光１１２と反射光１１２Ｒとの位相差から、第１のデータ通信装置１００から伝送不良箇所までの距離を算出する構成としても良い。

[0035] 前述したように、伝送不良検出機能を有する構成例(1)における光ファイバー給電システム１では、第一～第四の伝送経路を選択的に構成することができ、制御装置１５３は、第一～第四の伝送経路を構成するために各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０に対して所定のポート接続状態を指令出力する。

また、制御装置１５３は、より短い伝送経路を選択する。例えば、伝送不良が発生していない時には、単純に最も伝送距離が短くなる伝送経路（例えば、第一の伝送経路）を構成するようにポート接続状態を指令出力する。また、伝送不良が発生した時には、伝送不良箇所を迂回する伝送経路の中で最も伝送距離が短くなる伝送経路（例えば、第四の伝送経路）を構成するようにポート接続状態を指令出力する。このため、制御装置１５３は、第一～第

四の伝送経路のそれぞれの伝送距離を記憶している。また、第一～第四の伝送経路の優先順位を予め決めておいてもよい。

また、制御装置１５３は、現在、第一～第四の伝送経路のいずれが構成されているかを常に記憶しているので、第１のデータ通信装置１００から伝送不良箇所までの距離が求まると、いずれの伝送経路のどの位置で伝送不良が発生しているかを判断することができる。これにより、いずれの光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇで伝送不良が発生しているかを特定することができる。

[0036] さらに、制御装置１５３は、第一～第四の伝送経路の中から伝送不良が発生している光ファイバーケーブル２００を含まない伝送経路を選択する。そして、制御装置１５３は、選択した伝送経路が構成されるように、各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０に対して適正なポート接続状態を個別に指令する。

各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０に対するポート接続状態の指令は、電気信号を送信可能な通信ケーブルを各光スイッチ４１０に接続して送信しても良い。

但し、ここでは、各光スイッチ４１０に対するポート接続状態の指令を、発信部１２０から出力される信号光１２５に含ませて、各光ファイバーケーブル２００のコア２１０を通じて各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０に伝搬させる構成を例示する。

[0037] 制御装置１５３は、発信部１２０のモジュレーター１２２を制御して、信号用半導体レーザー１２１からのレーザー光１２３を各光スイッチ４１０に対するポート接続状態の指令に基づき変調して信号光１２５として出力する。

このとき、いずれの接続装置４００ａ～４００ｄに対する指令であるかを示す送信先情報とポート接続状態を示す制御情報とが含まれるように変調して信号光１２５を出力させる。これにより、第２のデータ通信装置３００及び各接続装置４００は、第２のデータ通信装置３００又は他のノードに対す

る送信情報と各光スイッチ４１０に対する指令とを識別することができ、第２のデータ通信装置３００と各接続装置４００に対して適正な通信を行うことができる。

[0038] 図８は各接続装置４００の構成を示すブロック図である。

各接続装置４００は、給電光１１２の光経路を切り替える前述した給電用の光スイッチ４１０と、信号光１２５，３２５の光経路を切り替える信号用の光スイッチ４２０と、光ファイバーケーブル２００の端部から信号光１２５の一部を取り出すビームスプリッター４３１と、ビームスプリッター４３１によって取り出された一部の信号光１２５を受光する信号用フォトダイオード４３２と、信号用フォトダイオード４３２の検出に基づいて光スイッチ４１０，４２０のポート接続状態（三つのポートのいずれといずれを接続するか）を切り替える制御を行う制御装置４３３とを備えている。

[0039] ビームスプリッター４３１は、光ファイバーケーブル２００のコアを伝搬される信号光１２５，３２５が透過するように配置されている。そして、ビームスプリッター４３１から光ファイバーケーブル２００に向かう信号光３２５を透過し、光ファイバーケーブル２００からビームスプリッター４３１に向かう信号光１２５の一部を信号用フォトダイオード側に反射し、残る一部を透過する。ビームスプリッター４３１の反射率は、反射した信号光１２５に含まれる情報を信号用フォトダイオード４３２で読み取ることが可能な最小限の範囲以上であれば良い。

[0040] 信号用フォトダイオード４３２は、ビームスプリッター４３１が信号光１２５を反射する方向に対向するように配置されており、入射した信号光１２５を電気信号に復調し出力する。

[0041] 制御装置４３３は、信号用フォトダイオード４３２から出力された電気信号が前述した送信先情報と制御情報とを含んでいる場合にこれらを読み取る。そして、送信先情報が示す送信先が自身の接続装置４００であるか他の接続装置４００であるかを判定し、自身である場合には、制御情報に含まれるポート接続状態となるように、給電用の光スイッチ４１０及び信号用の光ス

イッチ４２０の切り替えを行う。

また、制御装置４３３は、信号用フォトダイオード４３２から出力された電気信号が送信先情報と制御情報とを含んでいない場合又は送信先情報が示す送信先が他の接続装置４００である場合には、現在のポート接続状態を維持する。

制御装置４３３は、マイクロコンピュータから構成されてもよいし、アナログ回路又はデジタル回路を利用したシーケンサから構成されてもよい。

[0042] 信号用の光スイッチ４２０は、給電用の光スイッチ４１０と同様に、光ファイバーケーブル２００のコア２１０の端部を接続するポートを三つ備えており、三つのポートの内の二つのポートを選択的に光の伝送が可能となるように接続することができる。

なお、給電用の光スイッチ４１０と信号用の光スイッチ４２０とは、いずれも同じ光ファイバーケーブル２００同士を接続するように制御装置４３３に制御される。

また、接続装置４００には、給電光１１２の一部を受光する光電変換素子を設けて、当該接続装置４００の各構成に電源供給を行う構成を付加しても良い。これにより、各接続装置４００には電源を不要とすることができる。

[0043] 図９は第１のデータ通信装置１００の制御装置１５３が実行する給電光１１２の伝送不良の検出時の処理を示すフローチャートである。

図示のように、制御装置１５３は、給電時において、光電変換素子１５２が受光する給電光１１２の反射光１１２Ｒの検出光強度を予め記憶された閾値と比較する（ステップＳ１）。そして、反射光１１２Ｒの検出光強度が閾値を超えていない場合には、閾値との比較を繰り返し実行する。

一方、反射光１１２Ｒの検出光強度が閾値を超えた場合には、制御装置１５３は、伝送不良が発生したものと判断して、光電変換素子１５２の出力から、第１のデータ通信装置１００から伝送不良箇所までの距離を算出する（ステップＳ２）。

[0044] そして、制御装置１５３は、各接続装置４００の光スイッチ４１０に対し

て最後に出力したポート接続状態を切り替える指令を記憶しており、現在の伝送経路が第一～第四の伝送経路のいずれを構成しているかを特定することができる。さらに、ステップＳ２で算出された第１のデータ通信装置１００から伝送不良箇所までの距離により、現在の伝送経路上のいずれの位置（いずれの光ファイバーケーブル２００）で伝送不良が生じているかを特定する（ステップＳ３）。

[0045] 制御装置１５３は、第一～第四の伝送経路の中から、特定された伝送不良箇所の位置を迂回することが可能な伝送経路を選択して決定する（ステップＳ４）。

そして、選択された伝送経路が構成されるように、各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０に対して、送信先情報と制御情報を含むポート接続状態の指令を発信部１２０の信号光１２５に含ませて送信して（ステップＳ５）、処理を終了する。

なお、上記ステップＳ１～Ｓ５の処理は、短周期的に繰り返し実行する。

[0046] これにより、各接続装置４００ａ～４００ｄは、信号用フォトダイオード４３２にて信号光１２５を受光し、電気信号に復調して、送信先情報及び制御情報を読み取る。

そして、各接続装置４００ａ～４００ｄは、各々の光スイッチ４１０のポート接続状態を適宜切り替える制御を行い、伝送不良箇所の位置を迂回することが可能な伝送経路を構成する。

[0047] このように、伝送不良検出機能を有する構成例(1)の光ファイバー給電システム１では、給電光１１２の反射光１１２Ｒから伝送不良箇所までの距離を求め、当該伝送不良箇所を迂回する他の給電光１１２の伝送経路を構成するように複数の接続装置４００の光スイッチ４１０を制御している。

このため、ある給電光の伝送経路で伝送不良が発生した場合でも迂回して新たな伝送経路で給電光１１２を伝送することができる。

これにより、伝送不良箇所によって給電光１１２が伝送できない状態が生じても、速やかに回復することができ、より高い効率で電力を供給すること

が可能となる。

[0048] また、上記光ファイバー給電システム１では、光ファイバーケーブル２００を通じて信号光１２５により複数の接続装置４００の光スイッチ４１０を制御する構成とすることにより、光ファイバー給電システム１が備える通信機能を利用して、各光スイッチ４１０を制御することが可能となる。従って、システムの複雑化を回避し、少ない資源でシステムを構築することが可能となる。

[0049] また、上記光ファイバー給電システム１では、制御装置１５３が、給電光の伝送経路について、より伝送距離が短いものを優先的に構成するように複数の光スイッチ４１０を制御するので、給電光１１２の伝送損失を最小限に押さえることが可能となる。

[0050] ［伝送不良検出機能を有する構成例(2)］

次に、給電光の伝送不良を検出する構成例(2)について図面を参照して説明する。

この構成例(2)は、前述した構成例(1)と同様に、第１のデータ通信装置１００と第２のデータ通信装置３００との間で、七本の光ファイバーケーブル２００ａ～２００ｇを四基の接続装置４００ａ～４００ｄで接続する構成を例示するが（図５及び図６参照）、光ファイバーケーブル２００及び接続装置４００の個数は増減可能である。

なお、構成例(2)では前述した接続装置４００に替えて接続装置４００Ａにより給電光の接続不良を検出する。

また、第１のデータ通信装置１００と第２のデータ通信装置３００の構成は、図２に示す構成と同一である。

[0051] 図１０は各接続装置４００Ａの構成を示すブロック図である。

各接続装置４００Ａは、給電光１１２の光経路を切り替える前述した給電用の光スイッチ４１０と、信号光１２５，３２５及び後述する他の信号光の光経路を切り替える信号用の光スイッチ４２０と、光スイッチ４１０，４２０の切り替え制御を行う制御装置４３３Ａと、光ファイバーケーブル２００

の端部から信号光１２５，３２５及び他の信号光（以下、信号光等という）の一部を取り出すビームスプリッター４５１Ａと、ビームスプリッター４５１Ａによって取り出された一部の信号光等を受光する信号用フォトダイオード４５２Ａとを備えている。

さらに、各接続装置４００Ａは、光ファイバーケーブル２００の端部から給電光１１２の一部を取り出すビームスプリッター４３１Ａと、ビームスプリッター４３１Ａによって取り出された一部の給電光１１２を受光する光電変換素子４３２Ａと、信号用半導体レーザー４４３Ａと、制御装置４３３Ａの制御によりレーザー光を変調するモジュレーター４４２Ａと、変調された他の信号光を信号光１２５，３２５と同じ伝送経路上に出力するビームスプリッター４４１Ａとを備えている。

なお、上記ビームスプリッター４３１Ａ及び光電変換素子４３２Ａは、給電光１１２の伝送不良状態を検出する検出部を構成する。

[0052] 上記ビームスプリッター４３１Ａは、伝送経路の途中で給電光１１２の一部を取り出し、光電変換素子４３２Ａに入力する。光電変換素子４３２Ａは、入力された一部の給電光１１２の光強度を検出して制御装置４３３Ａに入力する。

また、光電変換素子４３２Ａは、給電光１１２の入射により接続装置４００Ａの各構成に電源供給を行う構成を付加しても良い。これにより、各接続装置４００Ａには電源を不要とすることができる。

[0053] ビームスプリッター４５１Ａは、第１のデータ通信装置１００側に向かう信号光等の一部と第２のデータ通信装置３００側に向かう信号光等の一部とを取り出し、信号用フォトダイオード４５２Ａに入力する。信号用フォトダイオード４５２Ａは、ビームスプリッター４５１Ａから入力された信号光等を電気信号に復調して制御装置４３３Ａに入力する。

[0054] 信号用半導体レーザー４４３Ａはレーザー光を出力し、制御装置４３３Ａによって制御されたモジュレーター４４２Ａにより変調されて他の信号光となってビームスプリッター４４１Ａに入力される。

ビームスプリッター４４１Ａは、信号光１２５，３２５と同じ伝送経路上で他の信号光を第１のデータ通信装置１００側と第２のデータ通信装置３００側とに送出する。

なお、信号用半導体レーザー４４３Ａ、モジュレーター４４２Ａ及びビームスプリッター４４１Ａは、検出部の検出結果を外部に出力する出力部を構成する。

[0055] 制御装置４３３Ａは、給電光１１２の光強度から給電光１１２の伝送不良状態の有無を判定して判定結果を外部に出力する第一の処理と、各接続装置４００Ａからの伝送不良状態の有無の判定結果から伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成するための各接続装置４００Ａの光スイッチ４１０に対するポート接続状態の指令を外部に出力する第二の処理と、当該ポート接続状態の指令に従って、光スイッチ４１０及び４２０のポート接続を切り替える制御を行う第三の処理とを実行する。

制御装置４３３Ａは、マイクロコンピュータから構成されてもよいし、アナログ回路又はデジタル回路を利用したシーケンサから構成されてもよい。

[0056] 制御装置４３３Ａは、第一の処理のために、光電変換素子４３２Ａによって検出される給電光１１２の光強度から当該接続装置４００Ａの上流側（第１のデータ通信装置１００側）の給電光１１２の伝送不良状態の有無を判定する。即ち、接続装置４００Ａの上流側で伝送不良状態が発生すると、給電光１１２の検出光強度は低下を生じる。従って、制御装置４３３Ａに、予め定めた閾値の記憶部を設け、当該閾値と給電光１１２の検出光強度を比較することで伝送不良状態の有無を判定することができる。

[0057] さらに、制御装置４３３Ａは、信号用半導体レーザー４４３Ａ及びモジュレーター４４２Ａを通じて他の信号光を形成し、判定結果を外部（他の接続装置４００Ａ，第１及び第２のデータ通信装置１００，３００）に出力する。

このとき、制御装置４３３Ａは、他の信号光に、判定を行ったのがいずれの接続装置４００Ａであるかを示す送信元情報と判定結果情報とを含ませて

外部に出力する。これにより、他の信号光を受信した他の接続装置４００Ａ，第１及び第２のデータ通信装置１００，３００は、特定の接続装置４００Ａよりも上流側となる範囲が正常状態又は伝送不良状態であるかを認識することができる。

[0058] さらに、制御装置４３３Ａは、第二の処理のために、自機以外の接続装置４００Ａにおける判定結果情報を他機の接続装置４００Ａからの他の信号光から取得する。

即ち、制御装置４３３Ａは、現在、選択されている第一～第四のいずれかの伝送経路を構成する他の全ての接続装置４００Ａから判定結果情報を、信号用フォトダイオード４５２Ａを通じて受信し、自機を含めた全ての判定結果情報を収集する。

そして、制御装置４３３は、現在の伝送経路を構成する全ての接続装置４００Ａの内で、判定結果が伝送不良状態である最も上流側の接続装置４００Ａの上流側に接続された光ファイバーケーブル２００が伝送不良箇所であると特定することができる。

さらに、伝送不良が生じている光ファイバーケーブル２００が特定されると、制御装置４３３Ａは、当該光ファイバーケーブル２００を含まない伝送経路を第一～第四の伝送経路の中から選択する。なお、制御装置４３３Ａは、伝送経路の選択において、伝送不良の発生の有無にかかわらず、常に、伝送経路の経路長がより短いものを優先的に選択するように構成することが好ましい。また、第一～第四の伝送経路の優先順位を予め決めておいてもよい。

[0059] なお、伝送不良の程度によっては、給電光１１２や信号光等が完全に途絶えてしまう場合がある。その場合には、他の接続装置４００Ａから判定結果情報を収集する際に、現在の伝送経路に含まれた接続装置４００Ａであって、判定結果情報を含む他の信号光を得ることができなかった接続装置４００Ａについては、伝送不良状態にあるものと見なす処理を行う。これにより、伝送不良箇所である光ファイバーケーブル２００を特定することができる。

[0060] そして、制御装置４３３Ａは、選択した伝送経路を構成するために各接続装置４００ａ～４００ｄ（図５参照、ここでは各接続装置４００ａ～４００ｄは、接続装置４００Ａと同一の構成）の光スイッチ４１０のポート接続状態（三つのポートのいずれといずれを接続するか）を切り替える指令を出力する。

即ち、制御装置４３３Ａは、信号用半導体レーザー４４３Ａ及びモジュレーター４４２Ａを通じて他の信号光を形成し、上記ポート接続状態の指令を外部（他の接続装置４００Ａ，第１及び第２のデータ通信装置１００，３００）に出力する。

[0061] また、制御装置４３３Ａは、第三の処理のために、伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成するためのポート接続状態の指令を自己で生成した場合、又は、他の接続装置４００Ａから信号用フォトダイオード４５２Ａを通じて伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成するためのポート接続状態の指令を受信した場合に、当該指令に従って、光スイッチ４１０及び４２０のポート接続を切り替える制御を実行する。

同様にして、他の接続装置４００Ａでも、制御装置４３３Ａが、伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成するためのポート接続状態の指令に従って、光スイッチ４１０及び４２０のポート接続を切り替える制御を実行することにより、伝送不良箇所を迂回する伝送経路が構成される。

[0062] なお、この給電光の伝送不良を検出する機能を有する構成例(2)における光ファイバー給電システム１では、全ての接続装置４００Ａが、上記第一～第三の処理を実行可能な制御装置４３３Ａを備えるので、システム１内で複数の接続装置４００Ａの制御装置４３３Ａが並行して、伝送不良が生じている光ファイバーケーブル２００を特定し、伝送不良箇所を迂回する伝送経路を選択し、当該伝送経路を構成するためのポート接続状態の指令を外部に送信することになる。

しかしながら、各接続装置４００Ａが受信する判定結果情報を含む他の信号光は、いずれも同一となるので、各接続装置４００Ａが出力する伝送不良

箇所を迂回する伝送経路を構成するためのポート接続状態の指令も同じ内容となるので、適正に伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成することが可能である。

[0063] 図１１は各接続装置４００Ａの制御装置４３３Ａが実行する給電光１１２の伝送不良の検出時の処理（第一の処理）を示すフローチャートである。この処理は、短周期的に常に繰り返し実行される。

図示のように、制御装置４３３Ａは、給電時において、光電変換素子４３２Ａが受光する一部の給電光１１２の光強度を検出し（ステップＳ１１）、その検出光強度を予め記憶された閾値と比較する（ステップＳ１３）。

[0064] そして、一部の給電光１１２の検出光強度が閾値以上である場合には、制御装置４３３Ａは、信号用半導体レーザー４４３Ａ及びモジュレーター４４２Ａを通じて他の信号光を形成し、自機を示す送信元情報と給電光１１２の伝送が正常であることを示す判定結果情報とを含ませて外部に出力する（ステップＳ１５）。

また、一部の給電光１１２の検出光強度が閾値に満たない場合には、制御装置４３３Ａは、信号光に送信元情報と給電光１１２の伝送不良状態であることを示す判定結果情報とを含ませて外部に出力する（ステップＳ１７）。

[0065] 図１２は各接続装置４００Ａの制御装置４３３が実行する給電光１１２の伝送不良箇所を迂回する伝送経路を構成するための処理（第二の処理）を示すフローチャートである。

各接続装置４００Ａの制御装置４３３Ａは、信号用フォトダイオード４５２Ａを通じて他の接続装置４００Ａから出力された送信元情報と判定結果情報を取得する。

そして、現在の伝送経路に含まれる全ての接続装置４００Ａの判定結果情報を参照し、伝送不良が存在するか否かを判定する（ステップＳ２１）。このとき、送信元情報及び判定結果情報が得られない接続装置４００Ａについては、伝送不良と見なす。

[0066] 伝送不良の接続装置４００Ａが存在しない場合には、ステップＳ２１の処

理を繰り返し実行し、伝送不良の接続装置４００Ａが存在する場合には、その中で最上流側（第１のデータ通信装置側）となる接続装置４００Ａを特定する（ステップＳ２３）。

そして、最上流側の接続装置４００Ａのさらに上流側に接続された光ファイバーケーブル２００を伝送不良箇所と特定する（ステップＳ２５）。

[0067] 次いで、制御装置４３３Ａは、伝送不良箇所となる光ファイバーケーブル２００を通らない伝送経路を四つの伝送経路の中から選択し、必要な場合には伝送距離や優先順位等を考慮して、迂回可能な一つの伝送経路を決定する（ステップＳ２７）。

そして、決定した伝送経路を構成するために各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０のポート接続状態を切り替える指令を信号用半導体レーザー４４３Ａ及びモジュレーター４４２Ａを通じて外部に出力する（ステップＳ２９）。

[0068] これにより、各接続装置４００Ａでは、信号用フォトダイオード４５２Ａを通じて複数の他の接続装置４００Ａからのポート接続状態を切り替える指令を受信するが、各接続装置４００Ａの制御装置４３３Ａは、いずれも共通するアルゴリズムで伝送経路を決定するので、同一内容の指令を受信する。このため、いずれかの指令に従う。

例えば、制御装置４３３Ａが、信号光に判定結果情報を含ませて発信させる際に判定時刻の情報も含ませることとし、複数の他の接続装置４００Ａからのポート接続状態を切り替える指令を受信した場合に、制御装置４３３Ａは、自機の指令も含めて、最も新しい判定結果情報に従う構成としてもよい。

[0069] なお、各接続装置４００Ａからポート接続状態を切り替える指令を受信するので、制御装置４３３Ａは、これらの指令が同一であるか否かを判定する確認処理を行っても良い。その場合、同一であれば次の処理を進め、同一ではない場合には、何らかの異常が発生したものとして、各接続装置４００Ａにエラーを報知する処理を行っても良い。

[0070] そして、制御装置４３３Ａは、ポート接続状態を切り替える指令の中から自機の接続装置４００Ａの光スイッチ４１０，４２０に対する指令を抽出し、当該指令に従って、光スイッチ４１０，４２０のポート接続が行われるように制御する。

そして、各接続装置４００ａ～４００ｄは、各々の光スイッチ４１０のポート接続状態を適宜切り替える制御を行い、伝送不良箇所の位置を迂回することが可能な伝送経路を構成する。

[0071] このように、伝送不良検出機能を有する構成例(2)の光ファイバー給電システム１では、接続装置４００Ａが、給電光１１２の伝送不良状態を検出する検出部と検出結果を外部に出力する出力部としての構成を備え、制御装置４３３Ａが、複数の接続装置４００Ａの伝送不良状態の検出結果に応じて伝送不良箇所を特定し、当該伝送不良箇所を迂回する他の給電光の伝送経路を構成するように、ポート接続状態を切り替える指令を出力して複数の接続装置４００Ａの光スイッチを制御している。

このため、ある給電光の伝送経路で伝送不良が発生した場合でも迂回して新たな伝送経路で給電光１１２を伝送することができる。

これにより、伝送不良箇所によって給電光１１２が伝送できない状態が生じても、速やかに回復することができ、より高い効率で電力を供給することが可能となる。

[0072] また、上記光ファイバー給電システム１では、各接続装置４００Ａは、給電光１１２の光強度から伝送不良状態を検出しているので、容易な構成により安定的に伝送不良を検出することが可能となる。

[0073] また、上記光ファイバー給電システム１では、接続装置４００Ａが、光ファイバーケーブル２００を通じて伝送不良の検出結果を外部に出力しているので、光ファイバー給電システム１が備える通信機能を利用して、各光スイッチ４１０を制御することが可能となる。従って、システムの複雑化を回避し、少ない資源でシステムを構築すること可能となる。

[0074] また、上記光ファイバー給電システム１では、伝送不良箇所を迂回する他

の給電光の伝送経路を構成するように複数の接続装置４００Ａの光スイッチ４１０を制御する制御装置４３３Ａを、光スイッチ４１０を備える接続装置４００Ａに設けたので、伝送不良が生じて、通信の困難が生じた場合であっても、接続装置４００Ａは自律的に判断し、少なくとも自機の光スイッチ４１０だけは適正に作動させることが可能となる。

さらに、上記光ファイバー給電システム１において、全ての接続装置４００Ａが上記制御装置４３３Ａを備える構成とした場合には、全ての接続装置４００Ａが自律的に光スイッチ４１０を切り替えることができるので、伝送不良で相互の通信も困難な状況に陥っても、迂回する伝送経路を構成することができ、復旧をより適正に行うことができ、システムの信頼性を向上させることが可能となる。

[0075] ［伝送不良検出機能を有する構成例(3)］

前述した光ファイバー給電システム１の伝送不良検出機能を有する構成例(2)では、各接続装置４００Ａの制御装置４３３が、伝送不良状態の有無の判定結果を外部に出力する第一の処理と、伝送不良箇所を迂回する伝送経路を決定してそのポート接続状態の指令を外部に出力する第二の処理と、光スイッチ４１０及び４２０のポート接続を切り替える制御を行う第三の処理とを実行する例を示したが、第二の処理については、第１のデータ通信装置１００が行う構成としても良い。

[0076] このように、第１のデータ通信装置１００が第二の処理を行う制御装置１５３Ａを備える伝送不良検出機能を有する構成例(3)について、図１３のブロック図に基づいて説明する。

なお、この構成例(3)では、第１のデータ通信装置１００Ａが制御装置１５３Ａを備える点と各接続装置４００Ａの制御装置４３３が第二の処理を行わない構成とする点以外は、前述した光ファイバー給電システム１の伝送不良検出機能を有する構成例(2)と同一の構成である。また、第１のデータ通信装置１００Ａは、制御装置１５３Ａを備える点以外は、構成例(2)の第１のデータ通信装置１００と同一である。

[0077] 第１のデータ通信装置１００Ａの制御装置１５３Ａは、受信部１３０の信号用フォトダイオード１３１から他の信号光に含まれる各接続装置４００Ａの送信元情報及び伝送不良の有無を示した判定結果情報を取得することができる。

そして、制御装置１５３Ａは、第二の処理として、現在、選択されている第一～第四のいずれかの伝送経路を構成する全ての接続装置４００Ａから判定結果情報を、信号用フォトダイオード１３１を通じて収集する。

さらに、制御装置１５３Ａは、現在の伝送経路を構成する全ての接続装置４００Ａの内で、判定結果が伝送不良状態である最も上流側の接続装置４００Ａの上流側に接続された光ファイバーケーブル２００が伝送不良箇所であると特定し、経路長の短さや各電層経路の優先順位を考慮して、伝送不良が生じている光ファイバーケーブル２００を含まない伝送経路を選択する。

そして、制御装置１５３Ａは、発信部１２０のモジュレーター１２２を制御して、選択した伝送経路を構成するために各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０のポート接続状態を切り替える指令を他の通信光として出力し、各接続装置４００Ａに送信する。このように、制御装置１５３Ａは、選択した伝送経路を構成する各接続装置４００ａ～４００ｄに光スイッチ４１０のポート接続状態を切り替える指令を送信することにより、間接的に各光スイッチ４１０を制御しているといえる。

なお、制御装置１５３Ａは、マイクロコンピュータから構成されてもよいし、アナログ回路又はデジタル回路を利用したシーケンサから構成されてもよい。

[0078] このように、第１のデータ通信装置１００Ａに第二の処理を行う制御装置１５３Ａを設けた場合には、各接続装置４００Ａで第二の処理を行う必要がなくなるので、システム構成を簡略化することが可能となる。

また，各接続装置４００Ａからではなく、第１のデータ通信装置１００Ａからのみ、ポート接続状態を切り替える指令が出力されるので、通信時の渋滞を低減し、良好な通信を維持することが可能となる。

[0079] ［伝送不良検出機能を有する構成例(4)］

前述した光ファイバー給電システム１の伝送不良検出機能を有する構成例(2)の制御装置４３３Ａが行う第二の処理は、第２のデータ通信装置３００が有する制御装置としてのデータ処理ユニット３４０が行う構成としても良い。

この場合、各接続装置４００Ａの制御装置４３３Ａが第二の処理を行わない構成とする点以外は、光ファイバー給電システム１は構成例(2)と同じである。

また、第２のデータ通信装置３００の構成は、データ処理ユニット３４０が行う処理以外については図２の構成と同一である。

[0080] 第２のデータ通信装置３００のデータ処理ユニット３４０は、受信部３３０の信号用フォトダイオード３３１から他の信号光に含まれる各接続装置４００Ａの送信元情報及び伝送不良の有無を示した判定結果情報を取得し、伝送不良状態である光ファイバーケーブル２００を特定し、これを迂回するための伝送経路を選択する。

そして、データ処理ユニット３４０は、発信部３２０のモジュレーター３２２を制御して、選択した伝送経路を構成するために各接続装置４００ａ～４００ｄの光スイッチ４１０のポート接続状態を切り替える指令を他の通信光として出力し、各接続装置４００Ａに送信する。この場合も、データ処理ユニット３４０は、選択した伝送経路を構成する各接続装置４００ａ～４００ｄに光スイッチ４１０のポート接続状態を切り替える指令を送信することにより、間接的に各光スイッチ４１０を制御しているといえる。

[0081] このように、第２のデータ通信装置３００のデータ処理ユニット３４０が第二の処理を行う構成とした場合も、システム構成を簡略化し、通信時の渋滞を低減し、良好な通信を維持することが可能となる。

[0082] ［その他］

以上、本開示の実施形態を説明したが、この実施形態は、例として示したものであり、この他の様々な形態で実施が可能であり、発明の要旨を逸脱し

ない範囲で、構成要素の省略、置き換え、変更を行うことができる。

[0083] 例えば、伝送不良検出機能を有する構成例(1)～(4)では、伝送不良検出機能を有する構成を光ファイバー給電システム１に適用した例を示しているが、これらと同じように、伝送不良検出機能を有する構成を光ファイバー給電システム１Ｂにも適用することが可能である。

[0084] また、伝送不良検出機能を有する構成例(2)では、全ての接続装置４００の制御装置４３３が第二の処理を実行する例を示したが、一部の接続装置４００の制御装置４３３のみが第二の処理を実行する構成としても良い。

この場合、給電光１１２の第一～第四の伝送経路の全てに含まれる接続装置４００ａ又は４００ｃの制御装置４３３が第二の処理を実行する構成とすることが好ましい。また、より上流側に位置する接続装置４００ａの制御装置４３３が第二の処理を実行する構成とすることがより好ましい。

[0085] また、伝送不良検出機能を有する構成例(1)～(4)では、伝送不良検出機能を有する構成を、一つの第１のデータ通信装置１００から一つの第２のデータ通信装置３００に給電を行う光ファイバー給電システム１に適用した例を示しているが、これに限られない。

例えば、一つの第１のデータ通信装置１００から複数の第２のデータ通信装置３００に給電を行う光ファイバー給電システムに適用しても良い。その場合、第１のデータ通信装置１００から複数の第２のデータ通信装置３００に対して分岐して給電光１１２の伝送経路が構成されるので、一つの第２のデータ通信装置３００に対する給電光１１２の伝送経路に伝送不良箇所が発生した場合でも、他の第２のデータ通信装置３００に対する給電光１１２の伝送経路を迂回させることができ、迂回させるための専用の伝送経路を用意する必要がなくなり、構成の簡易化、省資源化を図ることが可能である。

産業上の利用可能性

[0086] 本発明に係る光給電システムは、安定的に給電を行う光給電システムについて産業上の利用可能性がある。

符号の説明

[0087] １，１Ａ，１Ｂ　光ファイバー給電システム

１００，１００Ａ　第１のデータ通信装置

１１０　給電装置

１１１　給電用半導体レーザー

１１２　給電光

１１２Ｒ　反射光

１２０　発信部

１２１　信号用半導体レーザー

１２２　モジュレーター

１２３　レーザー光

１２４　送信データ

１２５　信号光

１３０　受信部

１３１　信号用フォトダイオード

１４０　光入出力部

１４１　光コネクタ

１５１　ビームスプリッター（検出部）

１５１Ａ　制御装置

１５２　光電変換素子（検出部）

１５３　制御装置

２００，２００Ａ，２００Ｂ，２００ａ～２００ｇ　光ファイバーケーブル

２１０　コア

２２０　クラッド

２３０，２４０　光コネクタ

２５０，２５０Ａ，２６０，２７０　光ファイバー

３００　第２のデータ通信装置

３１０　受電装置

３１１　光電変換素子

３２０　発信部

３２１　信号用半導体レーザー

３２２　モジュレーター

３２３　レーザー光

３２４　送信データ

３２５　信号光

３３０　受信部

３３１　信号用フォトダイオード

３４０　データ処理ユニット

３５０　光入出力部

３５１　光コネクタ

４００，４００ａ～４００ｄ，４００Ａ　接続装置

４１０，４２０　光スイッチ

４３１　ビームスプリッター

４３２　信号用フォトダイオード

４３３　制御装置

４３１Ａ　ビームスプリッター（検出部）

４３２Ａ　光電変換素子（検出部）

４３３Ａ　制御装置

４４１Ａ　ビームスプリッター（出力部）

４４２Ａ　モジュレーター（出力部）

４４３Ａ　信号用半導体レーザー（出力部）

請求の範囲

[請求項1] 電力によりレーザー発振して給電光を出力する半導体レーザーを含む給電装置と、

前記給電光を電力に変換する光電変換素子を含む受電装置と、

前記給電光を伝送する複数の光ファイバーケーブルと、

複数の前記光ファイバーケーブルを選択的に接続する複数の光スイッチとを備え、

複数の前記光ファイバーケーブルと複数の前記光スイッチとにより、少なくとも二以上の前記給電光の伝送経路が構成可能であり、

前記給電光の伝送経路に生じた伝送不良箇所を検出する検出部と、

前記検出部が検出した前記伝送不良箇所に応じて、当該伝送不良箇所を迂回する他の前記給電光の伝送経路を構成するように複数の前記光スイッチを制御する制御装置とを備える光ファイバー給電システム。

[請求項2] 前記検出部は、前記給電光の伝送経路に生じた伝送不良箇所からの前記給電光の反射光を検出し、

前記制御装置は、前記検出部が検出した前記反射光から前記伝送不良箇所までの距離を求め、当該伝送不良箇所を迂回する他の前記給電光の伝送経路を構成するように複数の前記光スイッチを制御する請求項１記載の光ファイバー給電システム。

[請求項3] 前記光ファイバーケーブルを通じて複数の前記光スイッチを制御する請求項２に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項4] 前記制御装置は、前記給電光の伝送経路について、より伝送距離が短いものを優先的に構成するように複数の前記光スイッチを制御する請求項２又は３に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項5] 前記検出部と、前記光スイッチと、前記検出部の検出結果を外部に出力する出力部とを有する複数の接続装置を備え、

前記制御装置は、複数の前記接続装置の前記検出部の検出結果に応

じて伝送不良箇所を特定し、当該伝送不良箇所を迂回する他の前記給電光の伝送経路を構成するように複数の前記接続装置の前記光スイッチを制御する請求項１に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項6] 前記検出部は、前記給電光の光強度から伝送不良状態を検出する請求項５に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項7] 複数の前記接続装置の前記出力部は、前記光ファイバーケーブルを通じて、前記検出部の検出結果を外部に出力する請求項５又は６に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項8] 前記制御装置は、前記給電装置に設けられている請求項５から７のいずれか一項に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項9] 前記制御装置は、前記受電装置に設けられている請求項５から７のいずれか一項に記載の光ファイバー給電システム。

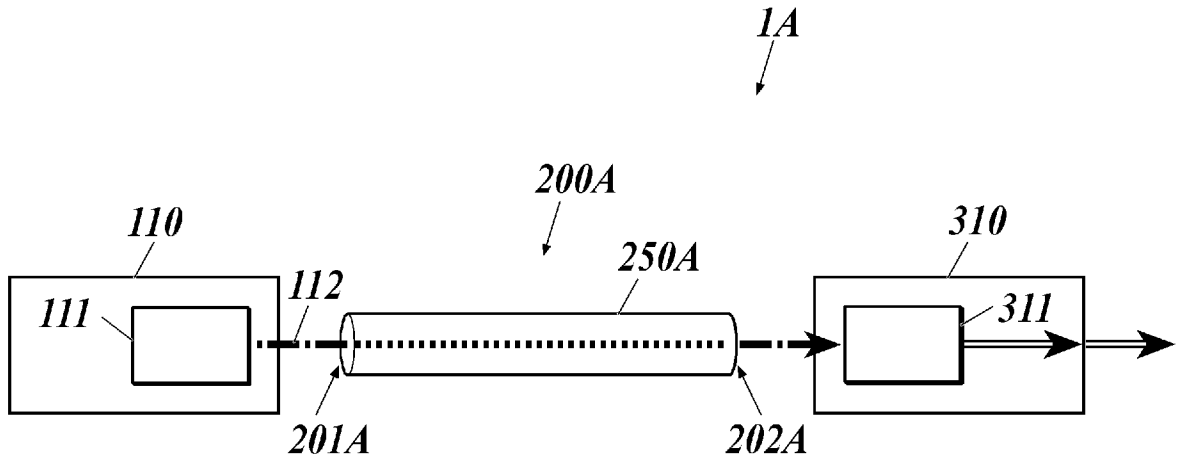
[請求項10] 前記制御装置は、いずれかの前記接続装置に設けられている請求項５から７のいずれか一項に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項11] 前記制御装置は、全ての前記接続装置に設けられている請求項１０に記載の光ファイバー給電システム。

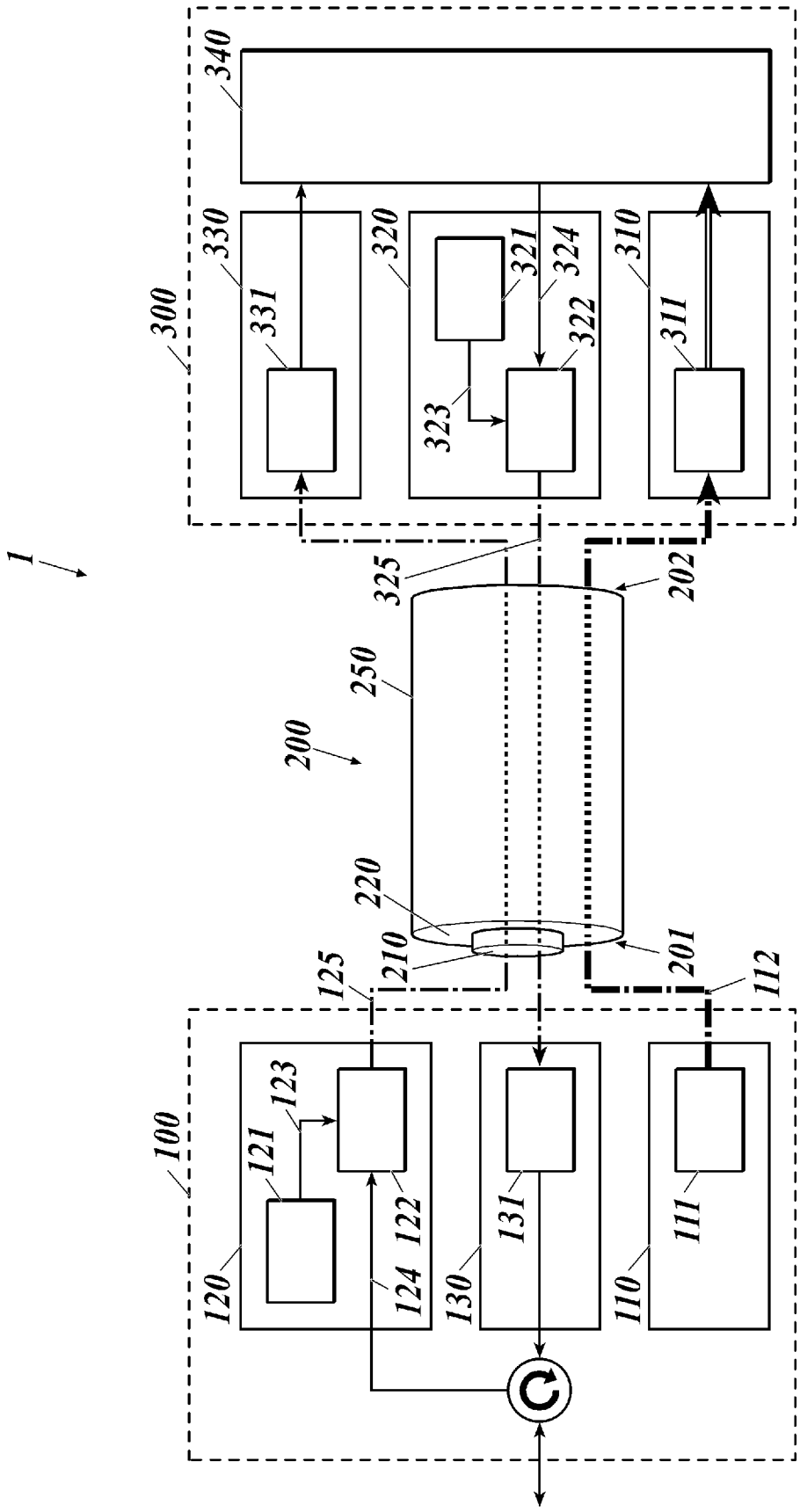
[請求項12] 前記半導体レーザーの光－電気間の変換効果を奏する半導体領域を構成する半導体材料が、レーザー波長５００ｎｍ以下のレーザー媒体とされた請求項１から１１のいずれか一項に記載の光ファイバー給電システム。

[請求項13] 前記光電変換素子の光－電気間の変換効果を奏する半導体領域を構成する半導体材料が、レーザー波長５００ｎｍ以下のレーザー媒体とされた請求項１から１２のいずれか一項に記載の光ファイバー給電システム。

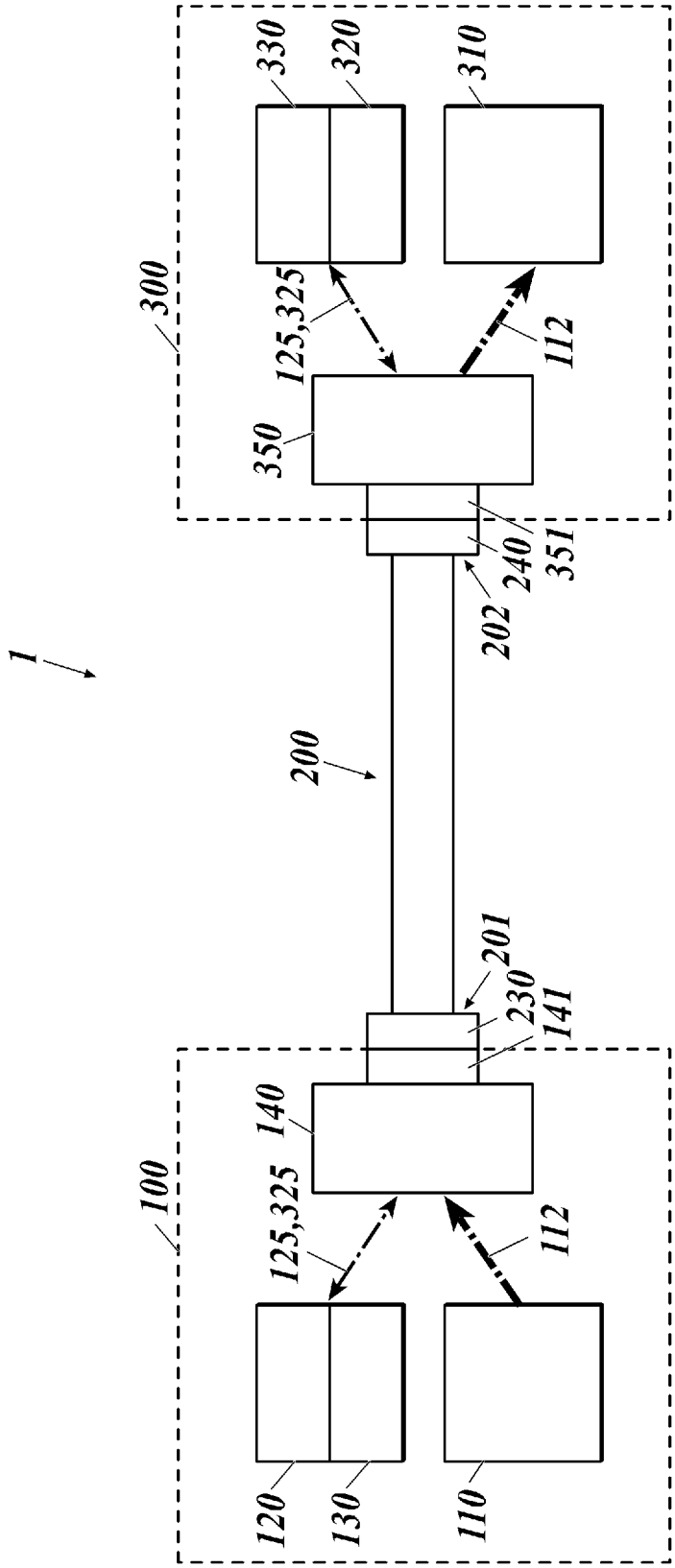
[図1]



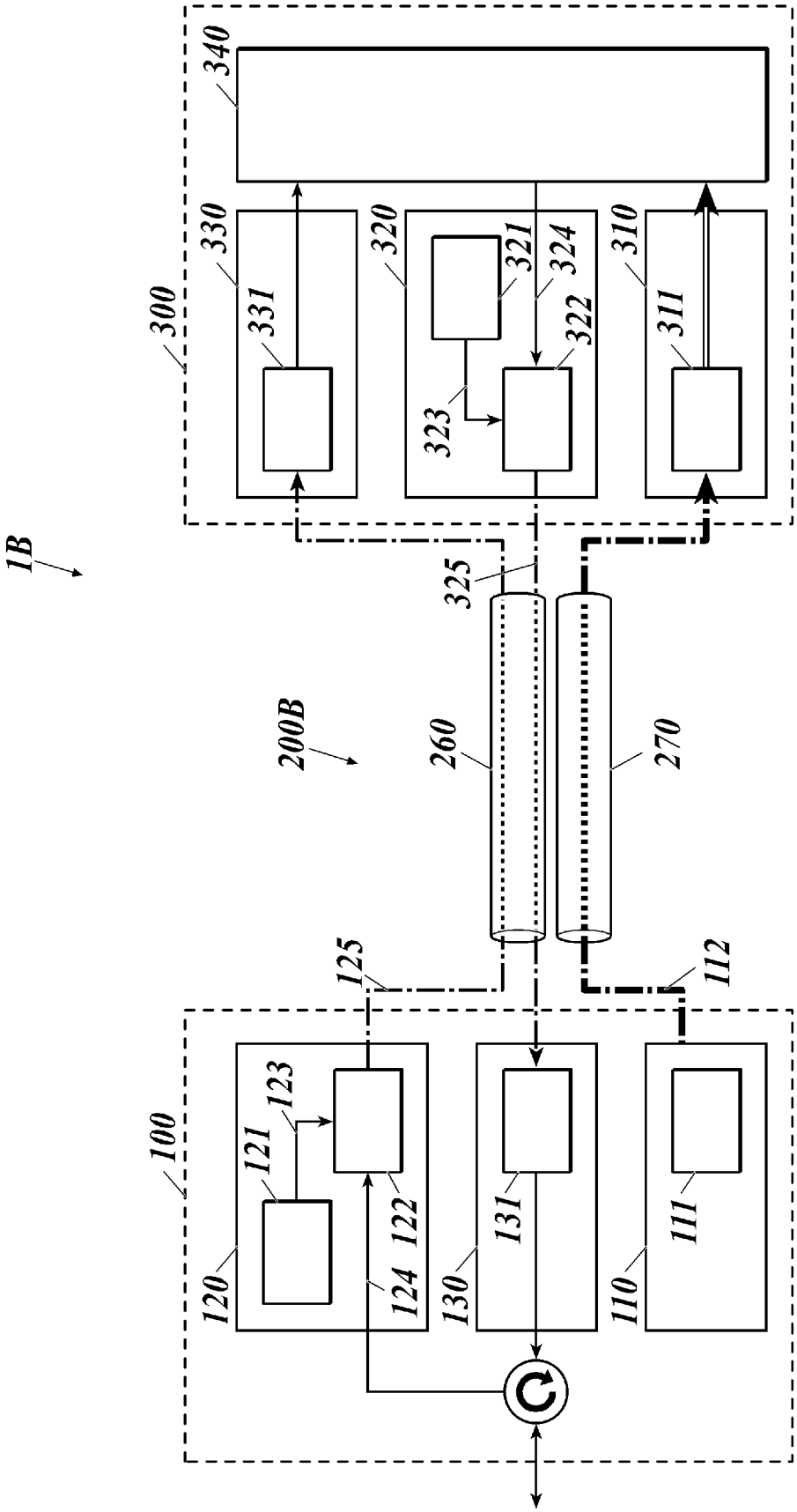
[図2]


1
100
110
111
112
120
121
122
123
124
125
130
131
200
201
202
210
220
250
300
310
311
320
321
322
323
324
325
330
331
340

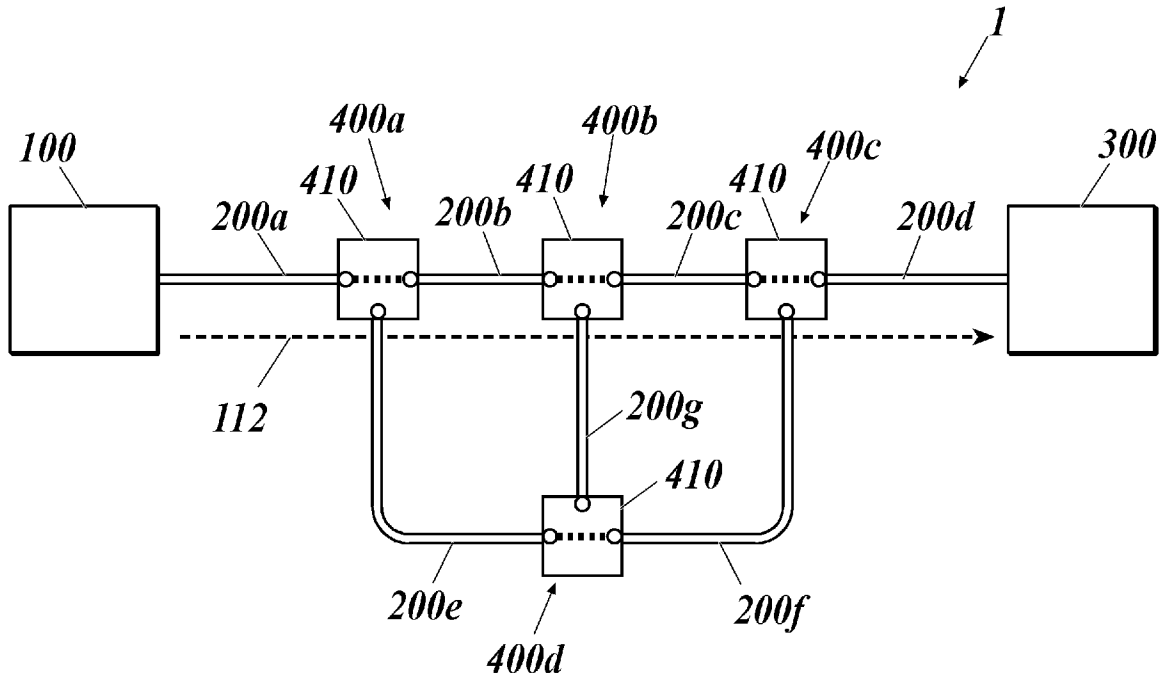
[図3]


1
100
110
112
120
125,325
130
140
141
200
201
202
230
240
300
310
320
330
350
351
112
125,325

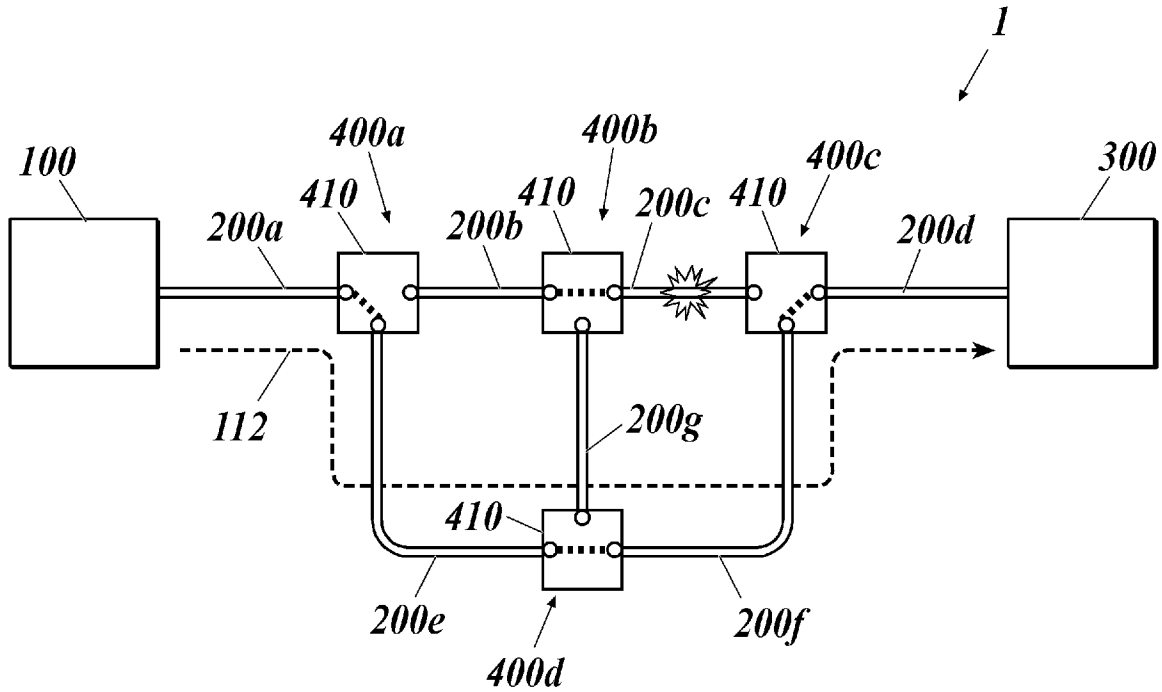
[図4]


1B
200B
100
110
111
120
121
122
123
124
125
130
131
112
260
270
300
310
311
320
321
322
323
324
325
330
331
340

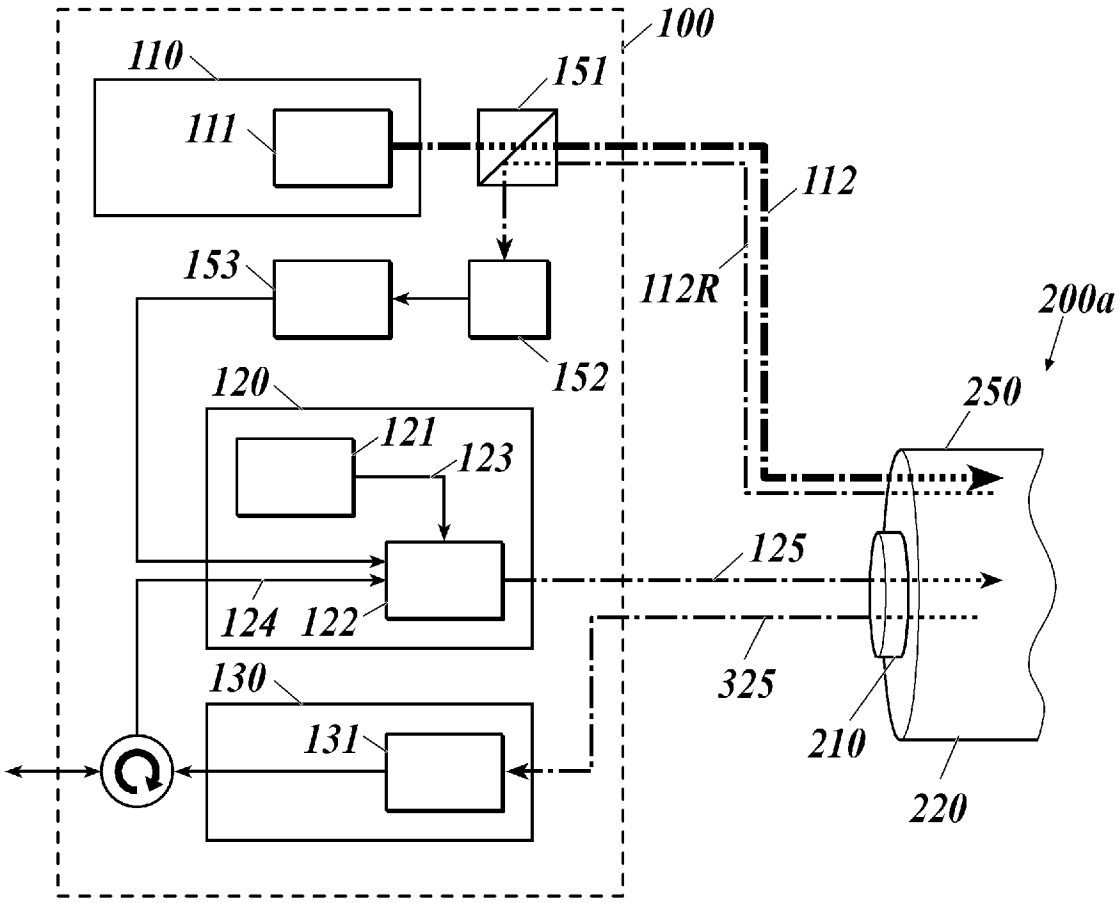
[図5]


1
100
400a
400b
400c
300
410
410
410
200a
200b
200c
200d
112
200g
410
200e
400d
200f

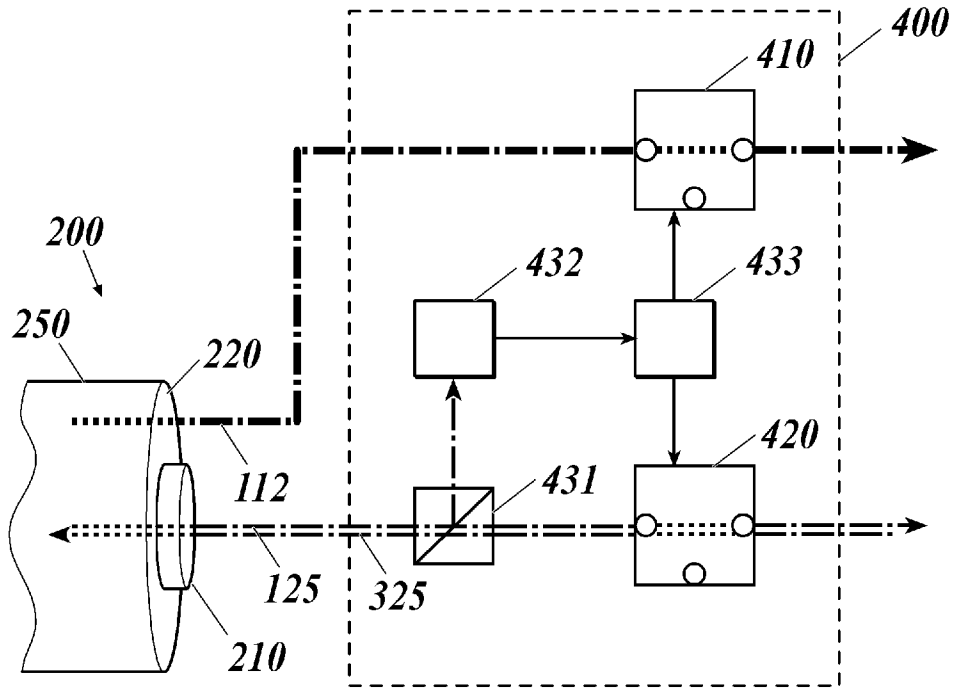
[図6]


1
100
400a
400b
400c
300
410
410
410
200a
200b
200c
200d
112
200g
410
200e
400d
200f

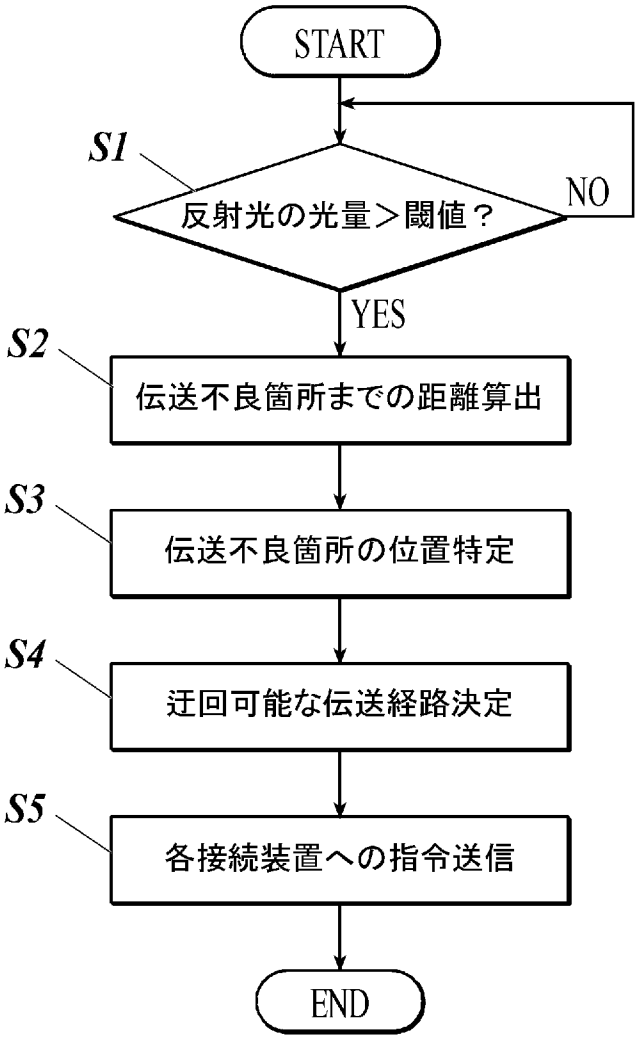
[図7]


100
110
111
151
112
112R
153
152
200a
120
121
123
250
125
124
122
325
130
131
210
220

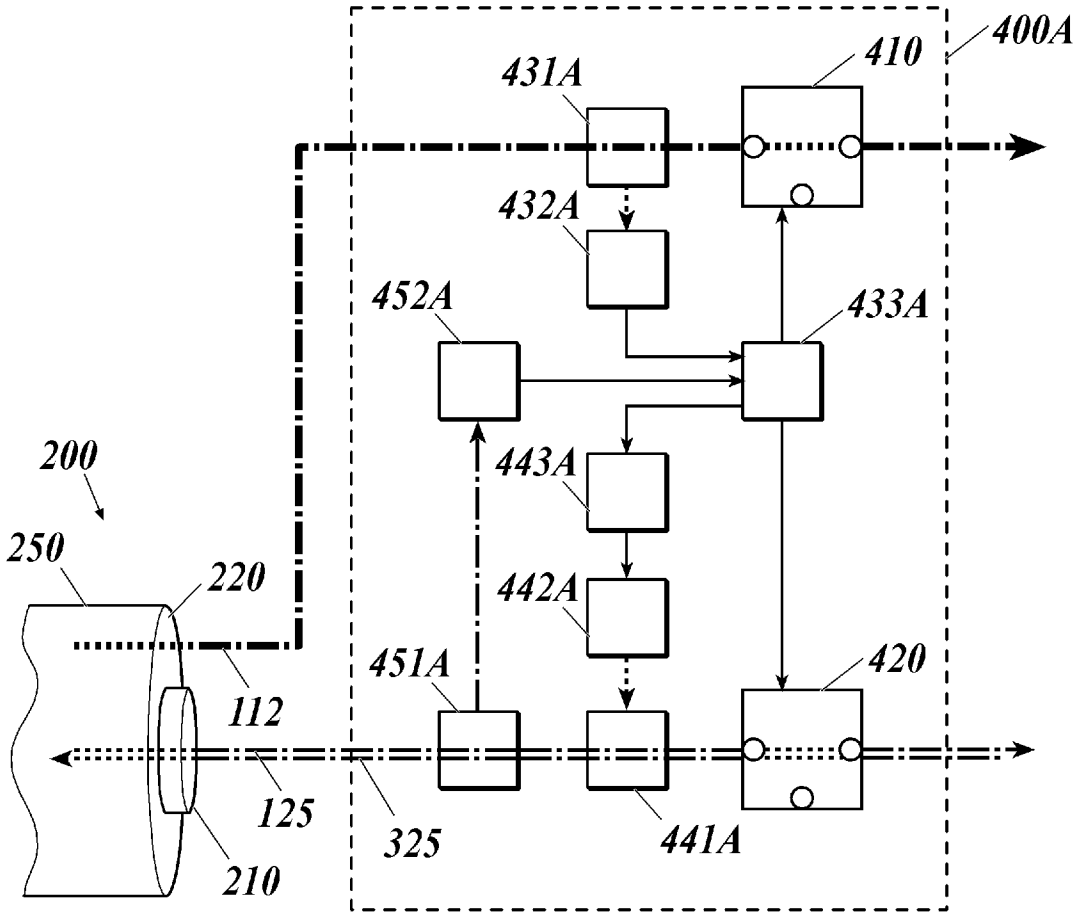
[図8]


400
410
200
432
433
250
220
420
112
431
125
325
210

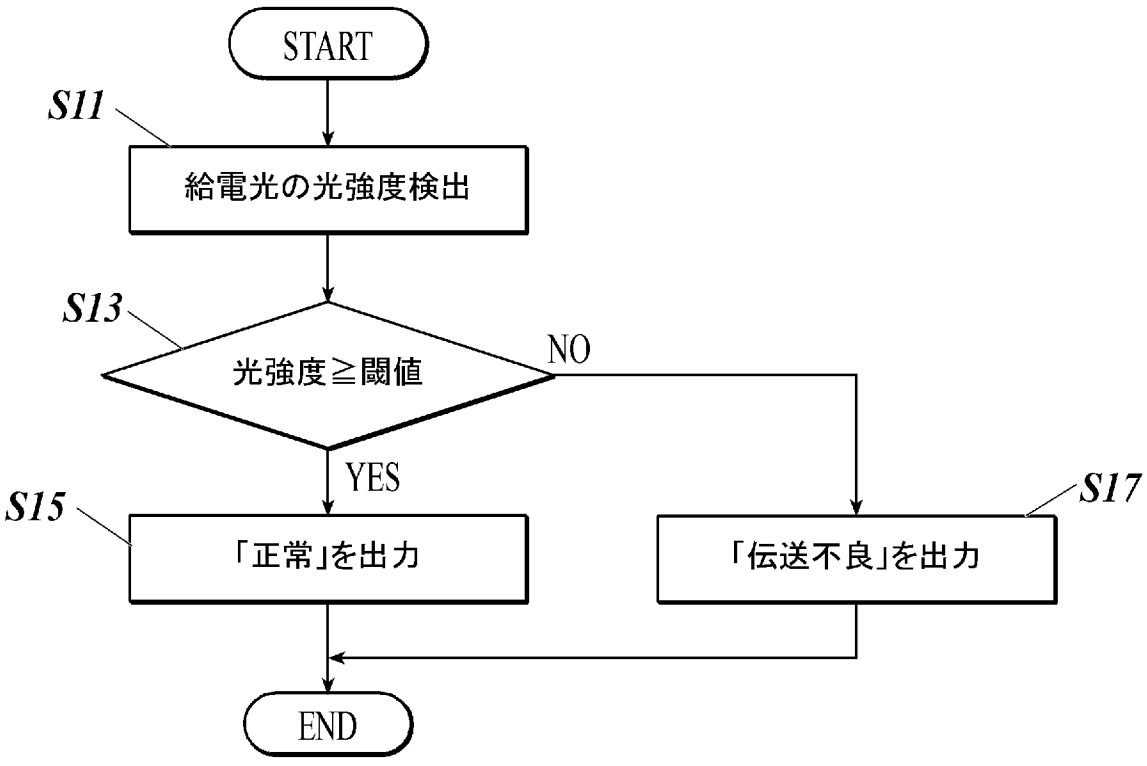
[図9]


START
S1
反射光の光量＞閾値？
NO
YES
S2
伝送不良箇所までの距離算出
S3
伝送不良箇所の位置特定
S4
迂回可能な伝送経路決定
S5
各接続装置への指令送信
END

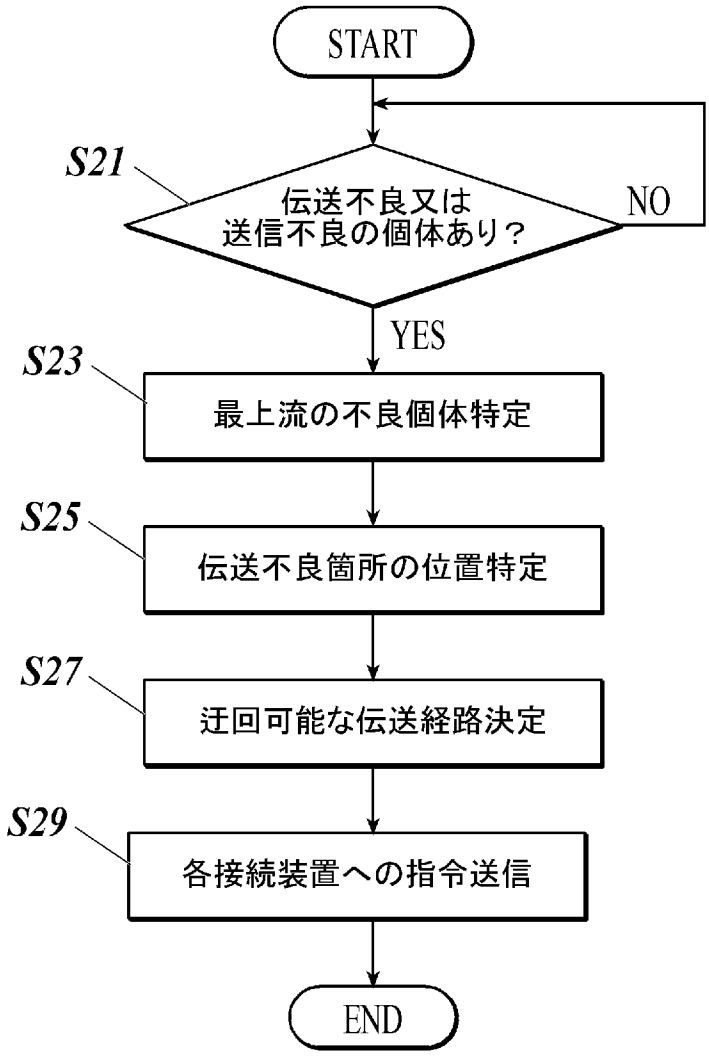
[図10]


400A
410
431A
432A
452A
433A
443A
442A
451A
420
441A
200
250
220
112
125
325
210

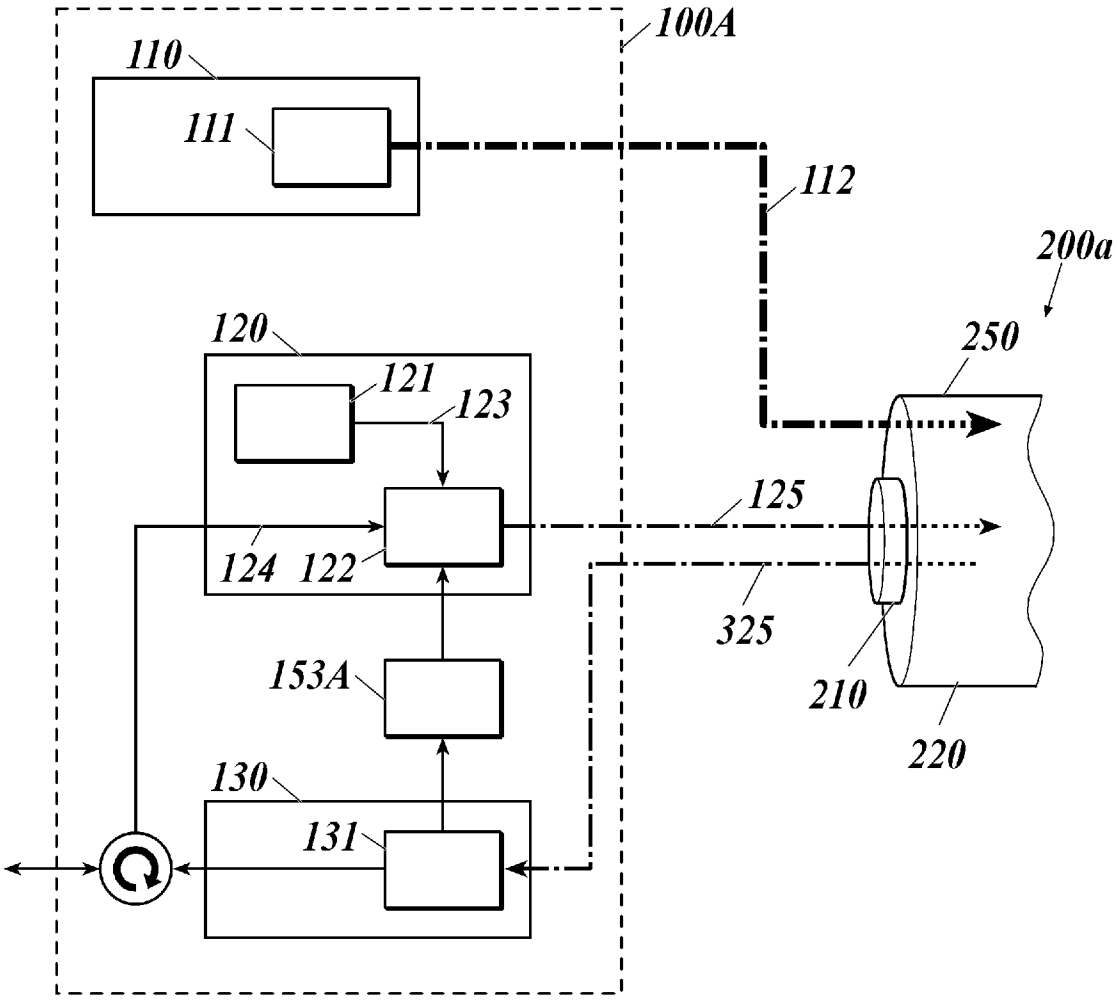
[図11]


START
S11
給電光の光強度検出
S13
光強度≧閾値
NO
YES
S15
「正常」を出力
S17
「伝送不良」を出力
END

[図12]


START
S21
伝送不良又は
送信不良の個体あり？
NO
YES
S23
最上流の不良個体特定
S25
伝送不良箇所の位置特定
S27
迂回可能な伝送経路決定
S29
各接続装置への指令送信
END

[図13]


100A
110
111
112
200a
250
120
121
123
125
124
122
325
153A
210
220
130
131

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/028471

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02J 50/30(2016.01)i; H04B 10/03(2013.01)i; H04B 10/07(2013.01)i; H04B 10/071(2013.01)i; H04B 10/80(2013.01)i
FI: H02J50/30; H04B10/80 160; H04B10/03; H04B10/071; H04B10/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02J50/30; H04B10/03; H04B10/07; H04B10/071; H04B10/80

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-136464 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 30.08.2018 (2018-08-30) paragraphs [0024]-[0078]	1-13
Y	JP 2017-85355 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 18.05.2017 (2017-05-18) paragraphs [0008]-[0009]	1-13
Y	JP 2001-16240 A (FUJITSU LTD.) 19.01.2001 (2001-01-19) paragraphs [0034]-[0041]	1-13
Y	JP 2011-142495 A (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 21.07.2011 (2011-07-21) paragraph [0011]	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 October 2020 (01.10.2020)	13 October 2020 (13.10.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/028471

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-136464 A	30 Aug. 2018	(Family: none)	
JP 2017-85355 A	18 May 2017	(Family: none)	
JP 2001-16240 A	19 Jan. 2001	CN 1279543 A page 10, line 11 to page 12, line 3	
JP 2011-142495 A	21 Jul. 2011	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/028471

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02J 50/30(2016.01)i; H04B 10/03(2013.01)i; H04B 10/07(2013.01)i; H04B 10/071(2013.01)i; H04B 10/80(2013.01)i
FI: H02J50/30; H04B10/80 160; H04B10/03; H04B10/071; H04B10/07

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

H02J50/30; H04B10/03; H04B10/07; H04B10/071; H04B10/80

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2018-136464 A (日本電信電話株式会社) 30.08.2018 (2018-08-30) 段落[0024]-[0078]	1-13
Y	JP 2017-85355 A (日本電信電話株式会社) 18.05.2017 (2017-05-18) 段落[0008]-[0009]	1-13
Y	JP 2001-16240 A (富士通株式会社) 19.01.2001 (2001-01-19) 段落[0034]-[0041]	1-13
A	JP 2011-142495 A (中国電力株式会社) 21.07.2011 (2011-07-21) 段落[0011]	1-13

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
"X" 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
"Y" 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
"&" 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
01.10.2020	13.10.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
前田　典之 5K 9073
電話番号 03-3581-1101 内線 3556

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/028471

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-136464 A	30.08.2018	（ファミリーなし）	
JP 2017-85355 A	18.05.2017	（ファミリーなし）	
JP 2001-16240 A	19.01.2001	CN 1279543 A 第10頁第11行-第12頁第3行	
JP 2011-142495 A	21.07.2011	（ファミリーなし）	