

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7385386号  
(P7385386)

(45)発行日 令和5年11月22日(2023.11.22)

(24)登録日 令和5年11月14日(2023.11.14)

(51)国際特許分類	F I
H 0 4 B 10/80 (2013.01)	H 0 4 B 10/80 1 6 0
H 0 4 B 10/60 (2013.01)	H 0 4 B 10/60
H 0 4 J 14/06 (2006.01)	H 0 4 J 14/06
H 0 4 B 10/548 (2013.01)	H 0 4 B 10/548

請求項の数 4 (全14頁)

(21)出願番号 特願2019-134234(P2019-134234)	(73)特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地
(22)出願日 令和1年7月22日(2019.7.22)	(74)代理人 100090033 弁理士 荒船 博司
(65)公開番号 特開2021-19297(P2021-19297A)	(74)代理人 100093045 弁理士 荒船 良男
(43)公開日 令和3年2月15日(2021.2.15)	(72)発明者 玉手 秀一 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
審査請求日 令和4年3月11日(2022.3.11)	審査官 後澤 瑞征

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 受電装置及び光ファイバー給電システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

給電装置と受電装置とを含み、  
前記給電装置は、  
電力を給電光に変換するレーザー発振部と、  
第1変調部と第2変調部とを含み、前記レーザー発振部から出力された前記給電光を伝送情報に基づいて位相変調する変調部と、  
前記第1変調部により位相変調された第1偏波状態の前記給電光と前記第2変調部により位相変調されかつ前記第1偏波状態とは異なる第2偏波状態にされた前記給電光とを合流させる光結合部と、  
を備え、  
前記変調部により位相変調されかつ前記光結合部により合流された前記給電光を前記給電装置の外部へ出力し、  
前記受電装置は、  
前記受電装置の外部から入力された前記給電光を電力に変換する光電変換素子と、  
前記給電光を位相検波し、前記伝送情報を復元する復調部と、  
を備える光ファイバー給電システム。

【請求項 2】

装置外部から入力された給電光を電力に変換する光電変換素子と、  
前記給電光を位相検波し、伝送情報を復元する復調部と、

入力された前記給電光を分岐させる光分岐部と、

入力された前記給電光を第 1 偏波状態の給電光と前記第 1 偏波状態とは異なる第 2 偏波状態の給電光とに分離する偏波分離部と、

前記第 1 偏波状態の前記給電光と前記第 2 偏波状態の前記給電光とを互いの偏波状態を近づけて合成するベクトル合成部と、

を備え、

前記光分岐部により一方に分岐された前記給電光が前記光電変換素子へ送られ、前記光分岐部により他方に分岐されかつ前記ベクトル合成部により合成された前記給電光が前記復調部へ送られ、

前記光分岐部は、前記ベクトル合成部よりも前段で前記給電光を分岐する受電装置。

10

【請求項 3】

給電装置と受電装置とを含み、

前記給電装置は、

電力を給電光に変換するレーザー発振部と、

前記レーザー発振部から出力された前記給電光を伝送情報に基づいて位相変調する変調部と、

を備え、

前記変調部により位相変調された前記給電光を前記給電装置の外部へ出力し、

前記受電装置は、

前記受電装置の外部から入力された前記給電光を電力に変換する光電変換素子と、

前記給電光を位相検波し、前記伝送情報を復元する復調部と、

20

入力された前記給電光を第 1 偏波状態の給電光と前記第 1 偏波状態とは異なる第 2 偏波状態の給電光とに分離する偏波分離部と、

前記第 1 偏波状態の前記給電光と前記第 2 偏波状態の前記給電光とを互いの偏波状態を近づけて合成するベクトル合成部と、

を備え、

前記ベクトル合成部により合成された前記給電光が前記復調部へ送られる、

光ファイバー給電システム。

【請求項 4】

前記復調部は、

前記ベクトル合成部により合成された前記給電光を同相成分と直交位相成分とに分離する光回路と、

30

同相成分の前記給電光と前記直交位相成分の前記給電光とから伝送情報を抽出する抽出部と、

を含む請求項 3 記載の光ファイバー給電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、受電装置及び光ファイバー給電システムに関する。

【背景技術】

40

【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。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】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】

従来の光給電においては、給電光はエネルギーを伝送する媒体に過ぎなかった。

【0005】

本開示は、給電光を用いてエネルギーと情報とを伝送可能であり、かつ、伝送情報が伝送エネルギーの大きさに影響を及ぼすことを抑制できる給電装置、受電装置及び光ファイバー給電システムを提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

(1)

本開示の一つの態様の光ファイバー給電システムは、  
給電装置と受電装置とを含み、  
前記給電装置は、  
電力を給電光に変換するレーザー発振部と、  
第1変調部と第2変調部とを含み、前記レーザー発振部から出力された前記給電光を伝送情報に基づいて位相変調する変調部と、

20

前記第1変調部により位相変調された第1偏波状態の前記給電光と前記第2変調部により位相変調されかつ前記第1偏波状態とは異なる第2偏波状態にされた前記給電光とを合流させる光結合部と、

を備え、

前記変調部により位相変調されかつ前記光結合部により合流された前記給電光を前記給電装置の外部へ出力し、

前記受電装置は、

前記受電装置の外部から入力された前記給電光を電力に変換する光電変換素子と、

前記給電光を位相検波し、前記伝送情報を復元する復調部と、

30

を備える。

(2)

本開示のもう一つの態様の光ファイバー給電システムは、

給電装置と受電装置とを含み、

前記給電装置は、

電力を給電光に変換するレーザー発振部と、

前記レーザー発振部から出力された前記給電光を伝送情報に基づいて位相変調する変調部と、

を備え、

前記変調部により位相変調された前記給電光を前記給電装置の外部へ出力し、

40

前記受電装置は、

前記受電装置の外部から入力された前記給電光を電力に変換する光電変換素子と、

前記給電光を位相検波し、前記伝送情報を復元する復調部と、

入力された前記給電光を第1偏波状態の給電光と前記第1偏波状態とは異なる第2偏波状態の給電光とに分離する偏波分離部と、

前記第1偏波状態の前記給電光と前記第2偏波状態の前記給電光とを互いの偏波状態を近づけて合成するベクトル合成部と、

を備え、

前記ベクトル合成部により合成された前記給電光が前記復調部へ送られる。

【0007】

50

本開示の受電装置は、  
 装置外部から入力された給電光を電力に変換する光電変換素子と、  
 前記給電光を位相検波し、伝送情報を復元する復調部と、  
入力された前記給電光を分岐させる光分岐部と、  
入力された前記給電光を第1偏波状態の給電光と前記第1偏波状態とは異なる第2偏波  
状態の給電光とに分離する偏波分離部と、  
前記第1偏波状態の前記給電光と前記第2偏波状態の前記給電光とを互いの偏波状態を  
近づけて合成するベクトル合成部と、  
 を備え、  
前記光分岐部により一方に分岐された前記給電光が前記光電変換素子へ送られ、前記光  
分岐部により他方に分岐されかつ前記ベクトル合成部により合成された前記給電光が前記  
復調部へ送られ、  
前記光分岐部は、前記ベクトル合成部よりも前段で前記給電光を分岐する。

10

【発明の効果】

【0009】

本開示によれば、給電光を用いてエネルギーと情報とを伝送可能であり、かつ、伝送情報が伝送エネルギーの大きさに影響を及ぼすことを抑制できる給電装置、受電装置及び光ファイバー給電システムを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

20

【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】給電光を用いた情報伝達手段を適用した第4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6】給電光を用いた情報伝達手段を適用した第5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。

【発明を実施するための形態】

30

【0011】

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。

【0012】

(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。

40

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。

【0013】

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。

【0014】

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、

50

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

【0015】

光電変換素子 311 は、光ファイバケーブル 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。

【0016】

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 311 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。

【0017】

〔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給電（PoF：Power over Fiber）システム 1 は、光ファイバを介した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。

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 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。

【0018】

光ファイバケーブル 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 250 を含む。

【0019】

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

10

20

30

40

50

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。

#### 【0020】

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

10

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。

#### 【0021】

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。

#### 【0022】

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。

20

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。

30

#### 【0023】

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。

#### 【0024】

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。

40

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1

50

00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。

#### 【0025】

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、高い光給電効率を実現される。

#### 【0026】

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。

10

#### 【0027】

##### (2) 給電光を用いた情報伝達手段

次に、給電光を用いた情報伝達手段を適用した光ファイバー給電システムについて説明する。

##### 〔第3実施形態〕

図5は、給電光を用いた情報伝達手段を適用した第3実施形態の光ファイバー給電システムを示す構成図である。図5中、上述したものと同一の構成要素については同一符号を付して詳細な説明を省略する。第3実施形態の光ファイバー給電システム1Cは、給電装置110Cと受電装置310Cと光ファイバー250Aとを備える。

20

#### 【0028】

給電装置110Cは、レーザー発振部としての給電用半導体レーザー111と、伝送情報118から変調信号(搬送波を変調する信号)119を生成する信号処理部113と、変調信号に応じて給電光112を位相変調する変調部114と、を備える。変調部114としては、給電光112が伝搬する伝送路の誘電率を電気信号で変化させる電気光学変調器、空間光変調器、又は、相互位相変調作用を利用した変調器など、様々な位相変調器が適用されてもよい。給電装置110Cは、位相変調により伝送情報118が重畳されかつ振幅が一定の給電光112を、光ファイバー250Aの一端に出力する。なお、給電装置110Cが出力する給電光112の振幅は、情報伝達とは別の要求に基づいて変動してもよい。

30

#### 【0029】

受電装置310Cは、光ファイバー250Aを介して入力された給電光112の一部を分岐させる光分岐部313と、分岐された一方の給電光112を電力に変換する光電変換素子311と、分岐された他方の給電光112aに対して位相検波を行って伝送情報を復元する復調部315とを備える。光分岐部313は、一方と他方とに異なる分岐比率で給電光112を分岐させ、小さい分岐比率で分岐された給電光112aを復調部315へ送る。光分岐部313としては、例えばファイバー型光カプラ、導波路型スプリッタ等の種々の光分岐器を適用できる。復調部315としては、例えば、給電光112aを更に2分岐させ、一方を遅延させて他方と干渉させて位相検波を行う遅延検波器、あるいは、受電装置310Cで生成した基準のレーザー光と給電光112aとを干渉させて位相検波を行う同期検波器などが適用されてもよい。

40

#### 【0030】

第3実施形態の光ファイバー給電システム1Cによれば、給電光112を用いて給電装置110Cから受電装置310Cへ伝送情報118を送ることができる。さらに、給電装置110Cは位相変調により給電光112に伝送情報118を乗せ、受電装置310Cは給電光112の位相検波により伝送情報118を抽出する。このため、情報伝達のために給電光112の振幅が制限されず、伝送情報118が伝送エネルギーの大きさに影響を及ぼすことを抑制できる。したがって、例えば、給電光112の振幅を、高いエネルギー伝送効率が見られる値、あるいは、要求される電力に対応した値など、所望の値に設定することができる。

50

## 【 0 0 3 1 】

さらに、第3実施形態の光ファイバー給電システム1Cによれば、受電装置310Cの光分岐部が、入力された給電光112の一部を分岐させ、分岐した一部の給電光112aが復調部315へ送られる。したがって、復調部315で生じるエネルギー損失が給電光112の全体に及ぶことがなく、光給電のエネルギー伝送効率を向上できる。さらに、復調部315に入力される給電光112aの強度を低くできるので、復調部315の入力定格を下げて部品コストの低減を図れる。

## 【 0 0 3 2 】

第3実施形態の給電光112を用いた情報伝達手段は、図1、図2、図4のシステム構成に適用されてもよい。具体的には、図1、図2、図4の給電装置110を第3実施形態の給電装置110Cに置き換え、受電装置310を第3実施形態の受電装置310Cに置き換えることで上記の適用を実現できる。図2のシステム構成に適用した場合、伝送情報118を乗せた給電光112は光ファイバー250を介して伝送され、図4のシステム構成に適用した場合、伝送情報118を乗せた給電光112は光ファイバー270を介して伝送される。図2又は図4のシステム構成に適用した場合、信号光125、325を用いた情報伝達手段と、給電光112を用いた情報伝達手段との、2系統の情報伝達手段が得られる。

10

## 【 0 0 3 3 】

## 〔 第4実施形態 〕

図6は、給電光を用いた情報伝達手段を適用した第4実施形態の光ファイバー給電システムを示す構成図である。図6中、上述したものと同一の構成要素については同一符号を付して詳細な説明を省略する。第4実施形態の光ファイバー給電システム1Dは、給電装置110Dと受電装置310Dと光ファイバー250Aとを備える。

20

## 【 0 0 3 4 】

給電装置110Dは、レーザー発振部としての給電用半導体レーザー111と、伝送情報118から変調信号（搬送波を変調する信号）119Da、119Dbを生成する信号処理部113Dと、給電光112を変調信号を用いて位相変調する2つの変調部114Da、114Dbと、位相変調された2つの給電光112を合流させる光結合部115とを備える。給電装置110Dは、光結合部115で合流された給電光112を、光ファイバー250Aの一端に出力する。給電用半導体レーザー111から出力された給電光112の振幅が一定のとき、合流された給電光112の振幅を一定にできる。

30

## 【 0 0 3 5 】

給電用半導体レーザー111は、2つの経路を介して2つの変調部114Da、114Dbへ給電光112を出力する。2経路の給電光112は、1つの給電用半導体レーザー111の出力を二分岐させて生成してもよいし、同期して動作する2つの給電用半導体レーザー111の2つの出力としてもよい。

## 【 0 0 3 6 】

信号処理部113Dは、位相変調された2つの給電光112をベクトル合成したときに直交変調された被変調波が得られるように2つの変調信号（搬送波を変調する信号）119Da、119Dbを生成する。直交変調とは、90度異なる位相の搬送波を重ね合わせた信号が被変調波となる変調方式を意味する。直交変調としては、例えばQAM（Quadrature Amplitude Modulation）、多値QAM、PSK（Phase Shift Keying）、多値PSK、OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）等々を適用できる。2つの変調部114Da、114Dbはそれぞれ変調信号119Da、119Dbに応じて給電光112を位相変調する。変調部114Da、114Dbとしては、上述した変調部114と同様の構成を適用できる。光結合部115としては、光ファイバー融着形の光カプラ、導波路形の光カプラなど、種々の光結合器を適用できる。

40

## 【 0 0 3 7 】

給電用半導体レーザー111と光結合部115との間で2つの経路を伝播する給電光112は、偏波状態が制御され、光結合部115において互いに異なる第1偏波状態と第2

50

偏波状態となって合流される。第1偏波状態及び第2偏波状態としては、例えばX軸方向に偏波面を有するX偏波と、X軸方向と直交するY軸方向に偏波面を有するY偏波とが採用されてもよい。さらに、第1偏波状態及び第2偏波状態としては、互いの偏波面が90°以外の角度で交差する直線偏波が採用されてもよいし、互いに回転方向、位相又はこれら両方が異なる円偏波又は楕円偏波が採用されてもよい。第1偏波状態と第2偏波状態としては、合流しても干渉が少なくかつ分離可能な複数の偏波状態が採用されてよい。偏波状態は、給電用半導体レーザー111、変調部114Da、114Db及び光結合部115の間に光ファイバーが介在すれば、光ファイバーとして偏波保持ファイバーを利用し、各部と偏波保持ファイバーとの接続角度(光軸を中心とする回転方向の角度)を調整することで制御できる。

10

## 【0038】

受電装置310Dは、光ファイバー250Aを介して入力した給電光112を第1偏波状態(例えばX偏波)の給電光112と第2偏波状態(例えばY偏波)の給電光112とに分離する偏波分離部312と、分離された第1偏波状態の給電光112と第2偏波状態の給電光112とからそれぞれ一部を分岐させる光分岐部313Da、313Dbとを備える。偏波分離部312としては、例えば偏波分離カプラ、導波路型偏波分離器、偏光フィルタを用いた偏波分離器など、様々な偏波分離器が採用されてもよい。光分岐部313Da、313Dbは、異なる分岐比率で給電光112を分岐させ、小さい分岐比率で分岐された給電光112Da、112Dbを、ベクトル合成部314へ送る。給電装置110Dから供給された給電光112の振幅が一定のとき、分岐された一部の給電光112Da、112Dbの各振幅は一定となる。

20

## 【0039】

なお、給電光112の分岐と偏波分離とは前後逆にしてもよい。すなわち、光分岐部で給電光112の一部を分岐した後、分岐された一部の給電光112を偏波分離部で第1偏波状態の給電光112Daと第2偏波状態の給電光112Dbとに分離させてもよい。

## 【0040】

受電装置310Dは、さらに、光分岐部313Daにより分岐された一方の給電光112並びに光分岐部313Dbにより分岐された一方の給電光112を電力に変換する光電変換素子311を備える。受電装置310Dは、光分岐部313Da、313Dbそれぞれに対応して2つの光電変換素子311を有していてもよいし、光分岐部313Da、313Dbで分岐された2つの給電光112を合わせて電力に変換する1つの光電変換素子311を有していてもよい。

30

## 【0041】

受電装置310Dは、さらに、分岐された一部の給電光112Da、112Dbをベクトル合成するベクトル合成部314を有する。ベクトル合成部314は、第1偏波状態(例えばX偏波)の給電光112Daと、第2偏波状態(例えばY偏波)の給電光112Dbとを、互いの偏波状態を近づけて合成する。例えば、直線偏波であれば、両方の偏波面を同一にするか近づけて合成する。合成により、給電光112Da、112Dbの位相が近ければ振幅が大きく、給電光112Da、112Dbの位相が180°に近ければ振幅が小さい合成された給電光112Dc、すなわち、振幅と位相とが変動した給電光112Dcが得られる。合成された給電光112Dcは、互いの位相角が直交する2つの搬送波を合成した波形を有する。給電装置110Dの信号処理部113Dは、合成された給電光112Dcが、直交変調(多値QAM、多値PSK、OFDM等)された被変調波となるように、変調信号119Da、119Dbを生成しており、その結果、ベクトル合成部314からは直交変調された給電光112Dcが得られる。

40

## 【0042】

受電装置310Dは、さらに、復調部315Dを備える。復調部315Dは、振幅と位相が変動した給電光112Dcを同相成分112Diと直交位相成分112Dqとに分離する90度ハイブリッド316と、90度ハイブリッド316の各出力の振幅を検出して伝送情報を抽出する抽出部317とを含む。同相成分112Diと直交位相成分112D

50

q との分離は、同相成分の位相検波と直交位相成分の位相検波と言い換えてもよい。90度ハイブリッド316は、光回路に相当する。90度ハイブリッド316としては、受電装置310Dで給電光112と同一周波数の無変調光を生成し、生成された無変調光を給電光112Dcと干渉させることで、無変調光の同相成分と直交位相成分とを抽出する構成等を採用できる。抽出部317は、給電光112Dcの同相成分112Diと直交位相成分112Dqとの各振幅(パワー)を電気信号に変換し、これらをQ軸I軸平面上でベクトル合成することで、伝送情報を得る。

#### 【0043】

なお、振幅と位相とが変動する給電光112Dcから伝送情報を得る構成としては、給電光112Dcを光電変換した後、光電変換された電気信号を同相成分と直交位相成分とに分離し、その後、分離された信号から伝送情報を抽出する構成が採用されてもよい。あるいは、振幅と位相とが変動する給電光112Dcの波形をデジタルデータに変換し、デジタルデータを変換処理して伝送情報を抽出する構成が採用されてもよい。デジタルデータの変換処理の中には、給電光112Dcの同相成分の位相検波並びに直交位相成分の位相検波と等価な計算処理が含まれる。

#### 【0044】

第4実施形態の光ファイバー給電システム1Dによれば、給電光112を用いて伝送情報118を給電装置110Dから受電装置310Dへ送ることができる。さらに、給電装置110Dは、位相変調され振幅変調を伴わない第1偏波状態の給電光112及び第2偏波状態の給電光112を合流させて受電装置310Dへ送る。このため、情報伝達のために給電光112の振幅が制限されず、伝送情報118が伝送エネルギーの大きさに影響を及ぼすことを抑制できる。したがって、例えば、給電光112の振幅を、高いエネルギー伝送効率を得られる値、あるいは、要求される電力に対応した値など、所望の値に設定することができる。

#### 【0045】

さらに、第4実施形態の光ファイバー給電システム1Dによれば、給電装置110Dは、異なる変調信号119Da、119Dbを用いて位相変調された第1偏波状態の給電光112と第2偏波状態の給電光112とを受電装置310Dへ送る。さらに、受電装置310Dでは、第1偏波状態の給電光112と第2偏波状態の給電光112とがベクトル合成されて、振幅と位相とが変動し直交変調された給電光112Dcが生成される。そして、振幅と位相とが変動した給電光112Dcに対して復調処理がなされる。したがって、直交変調と同等の情報伝達が可能となり、伝送可能なデータ容量の増大を図れる。

#### 【0046】

さらに、第4実施形態の光ファイバー給電システム1Dによれば、ベクトル合成された給電光112Dcを、光のまま、同相成分112Diと直交位相成分112Dqとに分離する。したがって、周波数の高い給電光112を搬送波としたときでも、精度の高い情報伝達が可能となる。

#### 【0047】

第4実施形態で示した給電光112を用いた情報伝達手段は、図1、図2、図4のシステム構成に適用されてもよい。具体的には、図1、図2、図4の給電装置110を第4実施形態の給電装置110Dに置き換え、受電装置310を第4実施形態の受電装置310Dに置き換えることで上記の適用を実現できる。図2のシステム構成に適用した場合、伝送情報を乗せた給電光112は光ファイバー250を介して伝送され、図4のシステム構成に適用した場合、伝送情報を乗せた給電光112は光ファイバー270を介して伝送される。図2又は図4のシステム構成に適用した場合、信号光125、325を用いた情報伝達手段と、給電光112を用いた情報伝達手段との、2系統の情報伝達手段が得られる。

#### 【0048】

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。

10

20

30

40

50

## 【符号の説明】

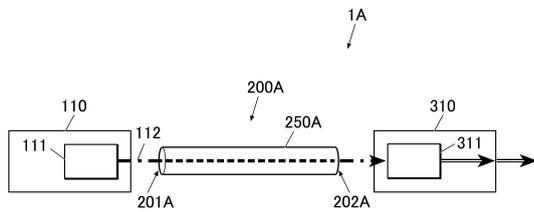
## 【0049】

1 A	光ファイバー給電システム	
1	光ファイバー給電システム	
1 B	光ファイバー給電システム	
1 C	光ファイバー給電システム	
1 D	光ファイバー給電システム	
1 0 0	第1のデータ通信装置	
1 1 0	給電装置	
1 1 0 C	給電装置	10
1 1 0 D	給電装置	
1 1 1	給電用半導体レーザー（レーザー発振部）	
1 1 2	給電光	
1 1 2 D c	給電光	
1 1 2 D i	同相成分	
1 1 2 D q	直交位相成分	
1 1 3	信号処理部	
1 1 3 D	信号処理部	
1 1 4	変調部	
1 1 4 D a	変調部（第1変調部）	20
1 1 4 D b	変調部（第2変調部）	
1 1 5	光結合部	
1 1 8	伝送情報	
1 1 9	変調信号	
1 1 9 D a	変調信号	
1 1 9 D b	変調信号	
1 2 0	発信部	
1 2 5	信号光	
1 3 0	受信部	
1 4 0	光入出力部	30
1 4 1	光コネクタ	
2 0 0 A	光ファイバーケーブル	
2 0 0	光ファイバーケーブル	
2 0 0 B	光ファイバーケーブル	
2 1 0	コア	
2 2 0	クラッド	
2 5 0 A	光ファイバー	
2 5 0	光ファイバー	
2 6 0	光ファイバー	
2 7 0	光ファイバー	40
3 0 0	第2のデータ通信装置	
3 1 0	受電装置	
3 1 0 C	受電装置	
3 1 0 D	受電装置	
3 1 1	光電変換素子	
3 1 3	光分岐部	
3 1 3 D a	光分岐部	
3 1 3 D b	光分岐部	
3 1 4	ベクトル合成部	
3 1 5	復調部	50

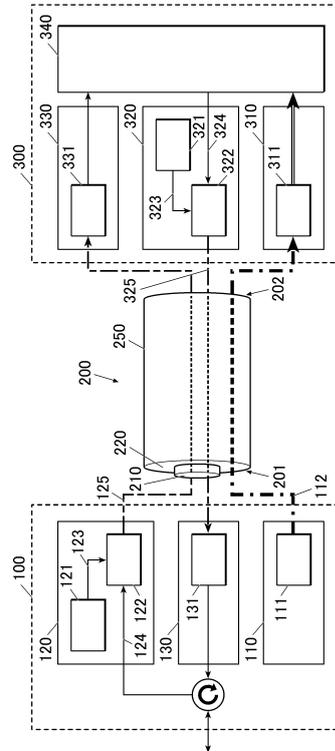
- 3 1 5 D 復調部
- 3 1 6 90度ハイブリッド(光回路)
- 3 1 7 抽出部
- 3 2 0 発信部
- 3 2 5 信号光
- 3 3 0 受信部
- 3 5 0 光入出力部
- 3 5 1 光コネクタ

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

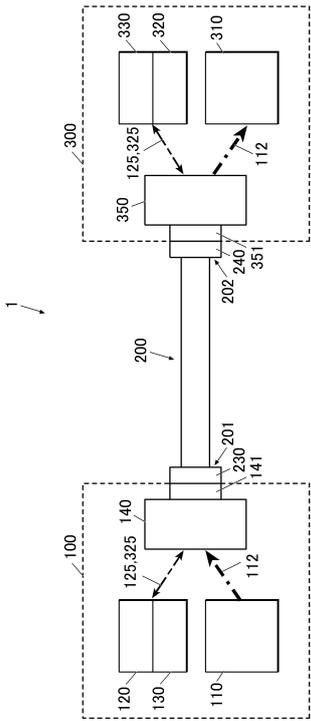
20

30

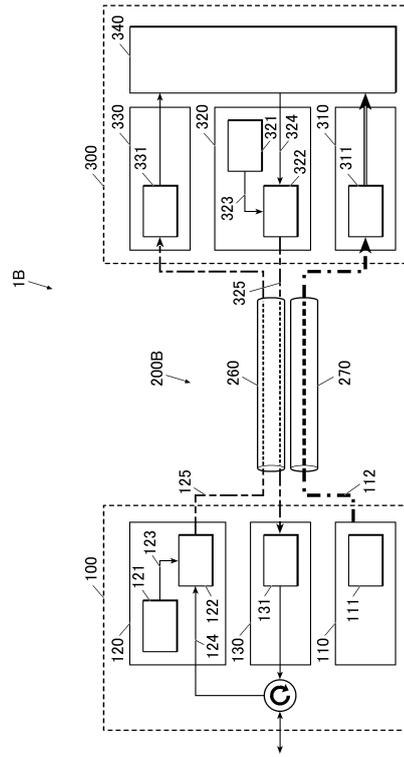
40

50

【図 3】



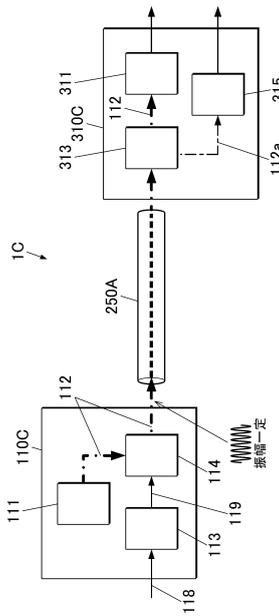
【図 4】



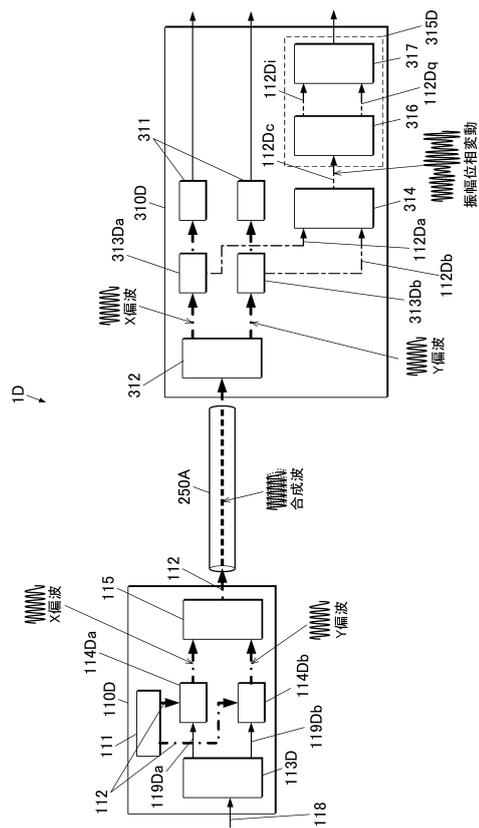
10

20

【図 5】



【図 6】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 1 7 8 6 4 ( U S , A 1 )  
特開平 0 8 - 3 2 1 8 1 0 ( J P , A )  
特表 2 0 1 3 - 5 3 2 4 0 8 ( J P , A )  
特開 2 0 1 1 - 0 2 8 0 8 7 ( J P , A )  
KAMIO, Yukiyoshi et al. , 80-Gb/s 256-QAM Signals using Phase Noise and DGD-Tolerant P  
ilot-Carrier-Aided Homodyne Detection , 33rd European Conference and Exhibition on Opti  
cal Communication (ECOC 2007) , 2007年
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
H 0 4 B 1 0 / 8 0  
H 0 4 B 1 0 / 5 4 8  
H 0 4 B 1 0 / 6 0  
H 0 4 J 1 4 / 0 6