

(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2005-91663
(P2005-91663A)

(43) 公開日 平成17年4月7日(2005.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

G02F 1/03

F 1

G02F 1/03 502

テーマコード(参考)

2H079

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号

特願2003-324079 (P2003-324079)

(22) 出願日

平成15年9月17日 (2003.9.17)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100083161

弁理士 外川 英明

(72) 発明者 古賀 光

福岡県北九州市小倉北区 下到津1丁目1

O番1号 株式会社東芝北九州工場内

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 BA03 CA04

DA02 EA05 FA01 FA03

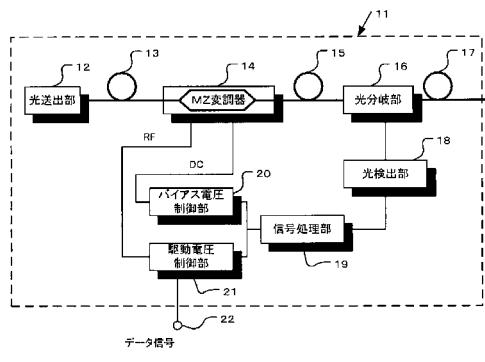
(54) 【発明の名称】マッハツエンダ型光変調器の駆動電圧制御方法、駆動電圧制御プログラム、駆動電圧制御装置および光送信装置

(57) 【要約】

【課題】マッハツエンダ型光変調器の駆動電圧の振幅 V_p をバイアス電圧 V_b によらず自動的に最適値 V に設定することにより、作業時間の短縮と費用を低減し、伝送される光信号の品質を一定に維持する。

【解決手段】出力光の平均パワーを検出する光検出部 18 と、前記光検出部 18 の出力信号に所定の演算処理を施してマッハツエンダ型光変調器 14 のバイアス電圧制御信号と駆動電圧制御信号を出力する信号処理部 19 と、マッハツエンダ型光変調器 14 にバイアス電圧を印加するバイアス電圧制御部 20 と、マッハツエンダ型光変調器 14 に駆動電圧を印加する駆動電圧制御部 21 を具備し、前記バイアス電圧を順次変化させたときの前記平均パワーの変動量が所定値以下になる前記駆動電圧を求める後、前記駆動電圧をデータ信号に従ってマッハツエンダ型光変調器 14 に印加することによりレーザ光を変調し、この変調されたレーザ光を送出する。

【選択図】 図1



11…光送信装置
13, 15, 17…光ファイバ部
22…データ入力端子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の波長のレーザ光を送出する光送出部と、
 前記光送出部に接続され、前記レーザ光を伝送する光ファイバ部と、
 前記光ファイバ部に接続され、データ信号に従って前記レーザ光を変調するマッハツエンダ型光変調器と、
 前記光変調器に接続され、前記変調されたレーザ光を伝送する光ファイバ部と、
 前記光ファイバ部に接続され、前記変調されたレーザ光を分岐する光分岐部と、
 前記分岐された一方のレーザ光を更に伝送する光ファイバ部と、
 前記分岐された他方のレーザ光の平均パワーを検出する光検出部と、
 前記光検出部の出力信号を入力し、前記入力された信号に所定の演算処理を施して前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電圧を制御する信号と駆動電圧を制御する信号を出力する信号処理部と、
 前記バイアス電圧を制御する信号に基づいて前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電極に電圧を印加するバイアス電圧制御部と、
 前記駆動電圧を制御する信号に基づいて前記マッハツエンダ型光変調器の駆動電極に電圧を印加する駆動電圧制御部と、
 を具備し、
 前記バイアス電圧を順次変化させたときの前記平均パワーの変動量が所定値以下になる前記駆動電圧を求めた後、前記駆動電圧をデータ信号に従ってマッハツエンダ型光変調器に印加することにより前記レーザ光を変調し、この変調されたレーザ光を送出するようにしたことを特徴とする光送信装置。

【請求項 2】

マッハツエンダ型光変調器の駆動電圧を制御する装置であって、
 前記マッハツエンダ型光変調器の駆動電極に印加する電圧を設定する電圧発生部と、
 前記に設定された電圧を前記駆動電極に印加する駆動電圧制御部と、
 前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電極に印加する電圧の振幅を設定する電圧発生部と、
 前記設定された電圧を前記バイアス電極に印加するバイアス電圧制御部と、
 前記マッハツエンダ型光変調器の出力光の平均パワーを検出する光検出部と、
 前記検出した平均パワーに基づいて所定の演算処理をおこなう演算部と、
 を具備し、
 前記バイアス電極に印加する電圧を順次変化させたときの前記平均パワーの変動量が所定値以下になる前記駆動電極に印加する電圧を求めた後、この電圧を前記データ信号に従って前記駆動電極に印加するようにしたことを特徴とするマッハツエンダ型光変調器の駆動電圧制御装置。

【請求項 3】

前記平均パワーを入力する A / D 変換器と、
 前記電圧を設定する処理および前記所定の演算処理をおこなうマイクロプロセッサと、
 前記バイアス電極に印加する電圧を制御する信号を出力する D / A 変換器と、
 前記駆動電極に印加する電圧を制御する信号を出力する D / A 変換器と、
 を有することを特徴とする請求項 2 記載のマッハツエンダ型光変調器の駆動電圧制御装置。
 。

【請求項 4】

前記駆動電圧制御部が前記電圧発生部の制御信号によりゲインが可変できる可変利得アンプと、
 前記可変利得アンプの出力と前記駆動電極との間に接続され、前記駆動電圧の高い周波数の振幅のみを通過させるフィルタと、
 を有することを特徴とする請求項 2 記載のマッハツエンダ型光変調器の駆動電圧制御装置。
 。

【請求項 5】

マッハツエンダ型光変調器の駆動電圧を制御する方法であって、
 前記マッハツエンダ型光変調器の駆動電極に印加する電圧を設定する工程と、
 前記設定された電圧を前記駆動電極に印加する工程と、
 前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電極に印加する電圧を設定する工程と、
 前記設定された電圧を前記バイアス電極に印加する工程と、
 前記バイアス電極に印加する電圧を順次変化させながら前記マッハツエンダ型光変調器の
 出力光の平均パワーを読み取る工程と、
 前記読み取った平均パワーの変動量を求める工程と、
 前記駆動電極に印加する電圧を順次変化させながら前記変動量が所定値以下に達したか否
 かを判定する工程と、
 前記変動量が所定値以下に達した場合に、前記駆動電極に印加されている電圧を前記マッ
 ハツエンダ型光変調器の駆動電圧とする工程と、
 を有することを特徴とするマッハツエンダ型光変調器の駆動電圧制御方法。

【請求項 6】

マッハツエンダ型光変調器の駆動電圧を制御するプログラムであって、
 前記マッハツエンダ型光変調器の駆動電極に印加する電圧を設定する機能と、
 前記設定された電圧を前記駆動電極に印加する制御信号を出力する機能と、
 前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電極に印加する電圧を設定する機能と、
 前記設定された電圧を前記バイアス電極に印加する制御信号を出力する機能と、
 前記マッハツエンダ型光変調器の出力光の平均パワーを入力する機能と、
 前記バイアス電極に印加する電圧を順次変化させながら前記出力光の平均パワーを読み取
 り、前記読み取った平均パワーの変動量を求める機能と、
 前記駆動電極に印加する電圧を順次変化させながら前記変動量が所定値以下に達したか否
 かを判定する機能と、
 前記変動量が所定値以下に達した場合に、前記駆動電極に印加されている電圧を前記マッ
 ハツエンダ型光変調器の駆動電圧とする機能と、
 を有することを特徴とするコンピュータで利用されるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光送信装置に係わり、特に外部光変調器を用いた光送信装置であって、マッ
 ハツエンダ型光変調器の駆動電圧を最適値に設定するのに好適な駆動電圧制御方法、駆動
 電圧制御プログラム、駆動電圧制御装置および光送信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の光通信システムに用いられる光送信装置では、入力信号で半導体レーザの駆動電
 流を変調することにより入力信号を光信号に変換する直接変調方式が用いられていた。し
 かし、この変調方式では半導体レーザに注入される電流を変化させるため半導体レーザの
 チャープ特性により、その発振波長が変化する現象が生じる。このような半導体レーザか
 ら出力される光信号を長距離伝送すると光ファイバーの波長分散の影響により光信号の波
 形劣化が生じ、信号特性が劣化する問題がある。

【0003】

そこで、長距離伝送をおこなう場合に、原理的にチャープ特性による波長変動を起こさ
 ないマッハツエンダ型の外部光変調器（以下、MZ型光変調器という）が使用されるよう
 になってきている。

【0004】

図7はMZ型光変調器の構成を示す図、図8はMZ型光変調器の入出力特性を示す図、
 図9はMZ型光変調器の駆動電圧の振幅と光出力波形の関係を示す図である。

【0005】

10

20

30

40

50

図7に示すように、MZ型光変調器101は干渉型光変調器の一種で、例えば電気光学効果を有する基板102と、基板102上に設けられた入力光を2つのパスに均等に分岐した後2つのパスを通過した光を合成する光導波路103と、光導波路103中の屈折率を一定量変化させるためのバイアス電圧を印加するバイアス電極104と、同じく光導波路103中の屈折率を入力信号に従って変化させるための駆動電圧を印加する駆動電極105と、接地電極106と、バイアス電圧入力端子107と、駆動電圧入力端子108とで構成されている。

【0006】

即ち、印加された電圧の大きさに応じて2つのパスの光路差を変化させることにより、2つのパスを通過した光を合成して入力信号を光信号に変換するものである。従って、光路差がゼロの時に光出力“1”が得られ、光路差が1/2波長の時に光出力“0”が得られる。

【0007】

図8に示すように、MZ型光変調器に印加される電圧と光出力との関係は正弦波aの特性を示すので、その動作点を決めるバイアス電圧Vbは特性が最もリニアになる点に設定し、駆動信号bは入力信号の各論理値に対応して光出力の最小値が得られる電圧V0および最大値が得られる電圧V1に設定することにより、消光比（光出力の最大値と最小値の比）の高い光信号cを送信することができる。この電圧V0と電圧V1の差を半波長電圧Vと呼ぶ。

【0008】

従って、図9に示すように、駆動電圧の振幅Vppが半波長電圧Vとずれている場合、例えば駆動電圧の振幅Vppが半波長電圧Vより小さい場合は消光比が低下し、駆動電圧の振幅Vppが半波長電圧Vより大きい場合は消光比が低下するだけでなく出力光の波形も劣化する。

【0009】

従来、駆動電圧の振幅Vppを最適値である半波長電圧Vに合わせるにはオシロスコープなどを用いてMZ型光変調器から出力される光信号の波形をモニタしながら手作業でMZ型光変調器の駆動回路を調整していた。

【0010】

しかしながら、光信号の波形は駆動電圧の振幅Vppとバイアス電圧Vbの両方に依存するのに加えて半波長電圧Vは入力信号の周波数や温度にも依存するため、光信号の波形を見ただけでは常に最適値Vに設定するのが難しい。また、一旦装置に組み込んだ後から再調整することも困難である。

【0011】

そのため、駆動電圧の振幅Vppを最適値Vに設定する作業に多大の労力と時間を要するだけでなく、MZ型光変調器や駆動回路の経時変化に起因する駆動電圧の振幅Vppのシフトなどにより伝送される光信号の品質を一定に維持するのが難しいという問題がある。

【0012】

これに対して、複数のアナログ信号が多重された1つのRF信号を分岐して得られる第1および第2のRF信号で外部変調される光送信装置において、バイアス電圧VbのDCドリフトによる光信号の平均パワーの変動と歪量の変動を抑制する方法が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

【0013】

この特許文献1に開示された光送信装置について図を用いて説明する。図10はこの光送信装置の構成を示すブロック図である。

【0014】

図10に示すように、光送信装置はレーザ光を出力する光源111と、第1RF信号および第2RF信号が印加されるMZ型光変調器112と、MZ型光変調器112に第1バイアス電圧および第2バイアス電圧を印加するバイアス電圧印加器113と、MZ型光変

10

20

30

40

50

調器 112 を通過した光を 2 つに分岐する光分岐器 114 と、分岐された一方の光を受光する光電気変換器 115 と、光電気変換器 115 の出力より RF 信号レベルを検出する RF 信号レベル検出器 116 と、光パワーを検出する光パワー検出器 117 と、第 1 バイアス電圧および第 2 バイアス電圧を制御するバイアス電圧制御回路 118 とで構成されている。

【 0015 】

即ち、バイアス電圧制御回路 118 は MZ 型光変調器 112 から出力される光信号の平均パワーが基準パワーと一致するように第 1 バイアス電圧をフィードバック制御し、且つ、光信号に含まれる RF 信号のレベルが基準レベルと一致するように第 2 バイアス電圧をフィードバック制御している。

10

【 0016 】

しかしながら、特許文献 1 に開示された光送信装置では駆動電圧の振幅 V_{pp} が半波長電圧 V に設定されていることを前提としてバイアス電圧 V_b の DC ドリフトを修正するものであり、駆動電圧の振幅 V_{pp} を制御することは困難である。

【特許文献 1】特開 2002-221698 号公報（8 頁、図 1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0017 】

上述した MZ 型光変調器の駆動電圧の振幅 V_{pp} を手作業により調整する方法では作業に多大な時間と費用を要するだけでなく、伝送される光信号の品質を一定に維持するのが難しいという問題がある。

20

【 0018 】

また、特許文献 1 に開示された方法はバイアス電圧 V_b の DC ドリフトを制御するものであり、駆動電圧の振幅 V_{pp} を制御するのは困難である。

【 0019 】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、駆動電圧の振幅 V_{pp} を自動的に最適値 V に設定することにより、作業時間の短縮と費用を低減し、伝送される光信号の品質を一定に維持することのできる駆動電圧制御方法、駆動電圧制御プログラム、駆動電圧制御装置および光送信装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0020 】

上記目的を達成するために、本発明の一態様の光送信装置では、所定の波長のレーザ光を送出する光送出部と、前記光送出部に接続され、前記レーザ光を伝送する光ファイバ部と、前記光ファイバ部に接続され、データ信号に従って前記レーザ光を変調するマッハツエンダ型光変調器と、前記光変調器に接続され、前記変調されたレーザ光を伝送する光ファイバ部と、前記光ファイバ部に接続され、前記変調されたレーザ光を分岐する光分岐部と、前記分岐された一方のレーザ光を更に伝送する光ファイバ部と、前記分岐された他方のレーザ光の平均パワーを検出する光検出部と、前記光検出部の出力信号を入力し、前記入力した信号に所定の演算処理を施して前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電圧を制御する信号と駆動電圧を制御する信号を出力する信号処理部と、前記バイアス電圧を制御する信号に基づいて前記マッハツエンダ型光変調器のバイアス電極に電圧を印加するバイアス電圧制御部と、前記駆動電圧を制御する信号に基づいて前記マッハツエンダ型光変調器の駆動電極に電圧を印加する駆動電圧制御部とを具備し、前記バイアス電圧を順次変化させたときの前記平均パワーの変動量が所定値以下になる前記駆動電圧を求めた後、前記駆動電圧をデータ信号に従ってマッハツエンダ型光変調器に印加することにより前記レーザ光を変調し、この変調されたレーザ光を送出するようにしたことを特徴としている。

40

【発明の効果】

【 0021 】

本発明によれば、MZ 型光変調器の駆動電圧の振幅 V_{pp} をバイアス電圧 V_b によらず自動的に最適値 V に設定できるので作業時間の短縮と費用の低減を図ることができる。

50

また、MZ型光変調器を装置に組み込んだ後に何度でも再調整することができる。

【0022】

従って、伝送される光信号の品質を一定に維持することができ、安定して長距離伝送がおこなえる光通信システムを実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【実施例1】

【0024】

図1は本発明の実施例1に係わる光送信装置を示すブロック図である。図1に示すように、本実施例の光送信装置11は所定の波長のレーザ光を送出する光送出部12と、光送出部12に接続され、レーザ光を伝送する光ファイバ部13と、光ファイバ部13に接続され、データ信号に従ってレーザ光を変調するマッハツエンダ型光変調器14と、光変調器に接続され、変調されたレーザ光を伝送する光ファイバ部15と、光ファイバ部15に接続され、変調されたレーザ光を分岐する光分岐部16と、分岐された一方のレーザ光を更に伝送する光ファイバ部17とで構成されている。

【0025】

更に、分岐された他方のレーザ光の平均パワーを検出する光検出部18と、光検出部18の出力信号を入力し、前記入力された信号に所定の演算処理を施してマッハツエンダ型光変調器14のバイアス電圧 V_b を制御する信号と駆動電圧の振幅 V_{pp} を制御する信号を出力する信号処理部19と、バイアス電圧 V_b を制御する信号に基づいてマッハツエンダ型光変調器のバイアス電極に電圧を印加するバイアス電圧制御部20と、駆動電圧の振幅 V_{pp} を制御する信号に基づいてマッハツエンダ型光変調器14の駆動電極に電圧を印加する駆動電圧制御部21とで構成されている。

【0026】

信号処理部19は駆動電圧の振幅 V_{pp} を制御する信号を駆動電圧制御部21に送出し、次に、バイアス電圧 V_b を順次変化する制御信号をバイアス電圧制御部20に送出しながら光検出部18から出力光の平均パワーを読み取り、読み取った平均パワーの変動量を算出する。

【0027】

次に、駆動電圧の振幅 V_{pp} を順次変化させながら平均パワーの変動量が所定値以下になるまで上述した処理を繰り返し、平均パワーの変動量が所定値以下になる駆動電圧の振幅 V_{pp} を求めている。

【0028】

これにより、自動的に駆動電圧の振幅 V_{pp} とマッハツエンダ型光変調器14の半波長電圧 V との差が光検出部18の検出限界および信号処理部19の処理精度の範囲内に収められ、駆動電圧の振幅 V_{pp} を最適値 V に設定することができる。

【0029】

その後、データ信号入力端子22から入力されるデータ信号に従って設定された振幅 V_{pp} を有する駆動電圧を駆動電極に印加することによりレーザ光が変調され、変調された光信号を光ファイバ部17より光通信システム(図示せず)に送出することができる。

【0030】

以上説明したように、本実施例の光送信装置11によれば、MZ型光変調器14の駆動電圧の振幅 V_{pp} をバイアス電圧 V_b によらず自動的に最適値 V に設定できるので、作業時間の短縮と費用の低減を図ることができる。また、何度でも再調整することができる。

【0031】

従って、伝送される光信号の品質を一定に維持することができ、安定して長距離伝送がおこなえる光通信システムを実現することができる。

【実施例2】

10

20

30

40

50

【0032】

次に、マッハツエンダ型光変調器14の駆動電圧を最適値 V に制御する駆動電圧制御装置について説明する。本実施例は、実施例1で示した光送信装置を実現するためのものである。

【0033】

図2は本発明のマッハツエンダ型光変調器の駆動電圧制御装置を示すブロック図である。図2に示すように、駆動電圧制御装置31において、光検出部18は光分岐部16により分岐された一方の光を受光し、その平均パワーに比例する受光電流を出力する受光素子32と、受光素子32の受光電流を受光電圧に変換するI/V変換器33とで構成されている。

10

【0034】

信号処理部19は受光電圧をデジタル信号に変換するA/D変換器34と、所定の演算処理をおこなうマイクロプロセッサ35と、バイアス電極に印加する電圧を制御する信号をアナログ信号に変換するD/A変換器36と、駆動電極に印加する電圧を制御する信号をアナログ信号に変換するD/A変換器37と、制御プログラムなどを格納する記憶装置38とで構成されている。

【0035】

記憶装置38はマイクロプロセッサ35に接続された半導体メモリ、磁気ディスク、磁気テープ、光ディスクなどのいずれでも構わない。

【0036】

バイアス電圧制御部20はD/A変換器36の出力がバイアス電極に印加する電圧になるように増幅するアンプ39と、アンプ39の出力とMZ型光変調器14のバイアス電圧印加端子40との間に接続され、コイル41とコンデンサ42と終端抵抗43を有するローパスフィルタ44とで構成されている。

20

【0037】

ローパスフィルタ44によりノイズが除去され、バイアス電圧 V_b に重畠されたノイズの影響を低減することができる。

【0038】

駆動電圧制御部21はD/A変換器37の出力信号によりデータ入力端子22から入力されるデータ信号が駆動電極に印加する電圧の振幅になるように利得が変えられる可変利得アンプ45と、可変利得アンプ45の出力とMZ型光変調器14の駆動電圧入力端子46との間に接続された、コンデンサ47とコイル48と終端抵抗49を有するハイパスフィルタ50とで構成されている。

30

【0039】

可変利得アンプ45は、利得としてデータ入力端子22から入力されるデータ信号の振幅をMZ型光変調器14の半波長電圧 V の2倍程度まで増幅できるものが望ましく、例えば、データ信号の振幅が1V程度、半波長電圧 V が5V程度の場合には最大利得として10倍程度あることが望ましい。また、応答速度としてデータ信号伝送速度以上、例えば600Mbpsから10Gbps程度のデータ伝送速度に対しては1nsから50ps程度以下であることが望ましい。

40

【0040】

ハイパスフィルタ50によりDC成分が除去され、駆動電圧の振幅 V_{pp} 成分のみを駆動電極に印加することができる。

【0041】

マイクロプロセッサ35は記憶装置38から実行プログラムをロードして、所定の演算処理をおこなう。即ち、駆動電極に印加する電圧の振幅を制御する信号をD/A変換器37に送出し、次に、バイアス電極に印加する電圧を順次変化する制御信号をD/A変換器36に送出しながらI/V変換器33からの受光電圧をA/D変換器34で読み取り、平均パワーの変動量を算出する。

【0042】

50

次に、駆動電圧の振幅 V_{pp} を順次変化させながら平均パワーの変動量が所定値以下になるまで上記処理を繰り返し、平均パワーの変動量が所定値以下になる駆動電圧の振幅 V_{pp} を最適値 V としている。

【0043】

これにより、駆動電圧の振幅 V_{pp} とマッハツエンダ型光変調器 14 の半波長電圧 V との差が光検出部 18 の検出限界および信号処理部 19 の処理精度の範囲内に収められ、駆動電圧の振幅 V_{pp} を最適値 V に設定することが可能である。

【0044】

以上説明したように、本実施例のマッハツエンダ型光変調器 14 の駆動電圧制御装置 31 によれば、MZ 型光変調器 14 の駆動電圧の振幅 V_{pp} をバイアス電圧 V_b によらず自動的に最適値 V に設定できるので、作業時間の短縮と費用の低減を図ることができる。 10

【0045】

また、MZ 型光変調器 14 を光送信装置 11 に組み込んだ後に何度も再調整することができる。更に、既設の光送信装置に追加することも容易である。

【0046】

従って、伝送される光信号の品質を一定に維持することができ、安定して長距離伝送がおこなえる光送信装置を提供することが可能である。

【0047】

ここでは、記憶装置 38 からプログラムをロードして実行する場合について説明したが、マイクロプロセッサ 35 内の ROM 領域にファームウェアとして直接格納して実行するようにしても構わない。また、ネットワークを介してプログラムをダウンロードして実行するようにしても構わない。ネットワークによれば再調整や演算処理の条件をリモートコントロールすることができるので、保守管理が容易である。 20

【0048】

また、マイクロプロセッサ 35 により所定の演算処理をおこなう場合について説明したが、演算処理の一部または全部を個別の電子回路とロジック回路を組み合わせておこなっても構わない。

【0049】

更に、可変利得アンプ 44 のゲインの設定を D/A コンバータ 37 からのアナログ信号でおこなう場合について説明したが、デジタル信号でおこなうようにしても構わない。 30

【実施例 3】

【0050】

次に、マッハツエンダ型光変調器 14 の駆動電圧を最適値に制御する駆動電圧制御方法について説明する。本実施例は、実施例 2 で示した駆動電圧制御装置の機能を実現するためのものである。

【0051】

図 3 は本発明の駆動電圧制御方法を示すフローチャート、図 4 は任意の駆動電圧を印加した時の光出力波形を示す図、図 5 は駆動電圧の振幅 V_{pp} をパラメータとしてバイアス電圧 V_b と光出力の平均パワーの関係を示す図、図 6 は駆動電圧の振幅 V_{pp} と光出力の平均パワーの変動量との関係を示す図である。 40

【0052】

まず、始めに駆動電圧の振幅 V_{pp} を最適値 V に制御する原理について図 4 および図 5 を用いて説明する。

【0053】

図 4 に示すように、MZ 型光変調器 14 の特性が最もリニアになる最適なバイアス電圧 V_{bop} はデータ入力端子 22 に入力される電気信号の各論理値に対応して光出力が最大になる電圧 V_1 と光出力が最小になる電圧 V_0 を用いて、 $V_{bop} = V_0 + (V_1 - V_0) / 2$ で表され、MZ 型光変調器 14 の最適な駆動電圧の振幅 V_{pp} は $V_{pp} = V_1 - V_0 = V$ で表される。

【0054】

これに対して、MZ変調器14の任意の印加電圧を V_0x 、 V_1x とすると、バイアス電圧 V_b は $V_b = V_0x + (V_1x - V_0x) / 2$ であり、また駆動電圧の振幅 V_{pp} は $V_{pp} = V_1x - V_0x$ となる。

【0055】

MZ変調器14の駆動電圧と光出力の入出力特性は通常三角関数などの周期関数を用いて、

【数1】

$$T = T_0 \sin^2 \left[(V/V_\pi) \cdot \pi/2 + \phi \right] \quad \cdots \cdots (1)$$

10

で表わされる。ここで、 T は光の透過率、 T_0 は透過率の最大値(理論値は1)、 V はMZ型光変調器14に印加される任意の電圧、 V_π は上述したMZ型光変調器14の半波長電圧、 ϕ は印加電圧 V が0Vの時の光出力を示す位相である。

【0056】

この式(1)より駆動電圧が V_1x の時の透過率は、

【数2】

$$T = T_0 \sin^2 \left[(V_1x/V_\pi) \cdot \pi/2 + \phi \right] \quad \cdots \cdots (2)$$

20

同様に、駆動電圧が V_0x の時の透過率は、

【数3】

$$T = T_0 \sin^2 \left[(V_0x/V_\pi) \cdot \pi/2 + \phi \right] \quad \cdots \cdots (3)$$

となる。透過率とMZ型光変調器14の出力光の平均パワーは比例するので式(2)より駆動電圧が V_1x の時の出力光の平均パワーは、

【数4】

$$P_{av} = P_{av0} \sin^2 \left[(V_1x/V_\pi) \cdot \pi/2 + \phi \right] \quad \cdots \cdots (4)$$

30

式(3)より駆動電圧が V_0x の時の出力光の平均パワーは、

【数5】

$$P_{av} = P_{av0} \sin^2 \left[(V_0x/V_\pi) \cdot \pi/2 + \phi \right] \quad \cdots \cdots (5)$$

となる。ここで、 P_{av0} は光出力が最大となる電圧 V_1 での出力光の平均パワーである。以後位相を表す ϕ を0とする。

【0057】

上記の式(4)、式(5)からMZ型光変調器14の駆動電圧が V_0x 、 V_1x の場合、即ち駆動電圧の振幅 V_{pp} が $V_{pp} = V_1x - V_0x$ の場合の出力光の平均パワー P_{av} は、

【数6】

$$P_{av} = \frac{1}{2} \left[P_{av0} A \sin^2 \left\{ (V_1x/V_\pi) \cdot \pi/2 \right\} + P_{av0} A \sin^2 \left\{ (V_0x/V_\pi) \cdot \pi/2 \right\} \right] \quad \cdots \cdots (6)$$

40

となる。

【0058】

次に、式(6)により駆動電圧の振幅 V_{pp} を一定にしてバイアス電圧 V_b を順次変化

50

させた時の平均パワー P_{av} の変化を調べると、駆動電圧の振幅 V_{pp} が半波長電圧 V より大きいかまたは小さい場合に平均パワー P_{av} は周期的に変動するが、 V に等しいときは一定になることがわかる。

【0059】

例えば、図5(a)に示すように、 $V = 4.2V$ 、 $V_{pp} = V_{1x} - V_{0x} = 0.9V$ としてバイアス電圧 V_b を $-8V$ から $+8V$ まで順次変化させると光出力の平均パワー P_{av} は周期 $2V$ で変動している。

【0060】

また、図5(b)に示すように、 $V_{pp} = V_{1x} - V_{0x} = V$ の場合はバイアス電圧 V_b を $-8V$ から $+8V$ まで順次変化させても光出力の平均パワー P_{av} はバイアス電圧 V_b によらず一定である。

【0061】

更に、図5(c)に示すように、 $V_{pp} = V_{1x} - V_{0x} = 1.1V$ の場合はバイアス電圧 V_b を $-8V$ から $+8V$ まで順次変化させると再び光出力の平均パワー P_{av} は周期 $2V$ で変動する。

【0062】

これより、駆動電圧の振幅 V_{pp} をパラメータとしてバイアス電圧 V_b を順次変化させ、バイアス電圧 V_b によらず出力光の平均パワー P_{av} が一定になる駆動電圧の振幅 V_{pp} を見出すことにより、駆動電圧の振幅 V_{pp} を最適値 V に設定することが可能である。

【0063】

次に、以上の原理に基づく本発明の駆動電圧制御方法を示すフローチャートについて説明する。図3に示すように、始めに初期化をおこないカウンタ k をリセットしてバイアス電圧 V_b を順次増加させるステップ V_b とステップ数 N 、駆動電圧の振幅 V_{pp} を順次増加させるステップ V_{pp} と初期値 $V_{pp}(0)$ 、平均パワー P_{av} の変動量の初期値 $V_{ar}(0)$ を設定する(ステップ S01)。

【0064】

次に、カウンタ k を1つ増やして(ステップ S02)、駆動電圧の振幅 $V_{pp}(k)$ を、 $V_{pp}(k) = V_{pp}(k-1) + V_{pp}$ より算出し、D/A変換器37と駆動電圧制御部21を介して駆動電極に $V_{pp}(k)$ を印加する(ステップ S03)。

【0065】

次に、初期化としてカウンタ i をリセットしてバイアス電圧 V_b の初期値 $V_b(0)$ を設定した後(ステップ S04)、カウンタ i を1つ増やして(ステップ S05)、バイアス電圧 $V_b(i)$ を、 $V_b(i) = V_b(i-1) + V_b$ より算出し、D/A変換器36とバイアス電圧制御部20を介してバイアス電極に $V_b(i)$ を印加する(ステップ S06)。

【0066】

これにより、駆動電圧の振幅が $V_{pp}(k)$ でバイアス電圧が $V_b(i)$ の時の出力光の平均パワー $P_{av}(i)$ がA/D変換器34から読み込まれてマイクロプロセッサ35のRAMに記憶される(ステップ S07)。

【0067】

このループをバイアス電圧 V_b のステップ数 N だけ繰り返すため、カウンタ i が所定のステップ数 N になったか否かが判定される(ステップ S08)。

【0068】

所定のステップ数 N に達していない場合はステップ S05に戻り、所定のステップ数 N に達した場合は読み込んだ N 個の平均パワー P_{av} の変動量 $V_{ar}(k)$ を算出する(ステップ S09)。変動量 $V_{ar}(k)$ は、例えば式(7)に示す統計分散を用いる。この統計分散値は出力光の平均パワー P_{av} の変動が大きい程大きくなる。

【数7】

$$Var(V_{pp}) = \sum_{i=1}^N [P_{av}(i) - P_{av}]^2 \quad \cdots \quad (7)$$

図6に示すように、式(7)により求めた統計分散値は駆動電圧の振幅V_{pp}が0Vから増加するに従い減少していく、これは駆動電圧の振幅V_{pp}が半波長電圧V_{wl}に近づいていくので出力光の平均パワーP_{av}の変動が小さくなっている。

【0069】

駆動電圧の振幅V_{pp}が半波長電圧V_{wl}に一致するところで統計分散値は急峻な極小値(理論値は0)をとり、バイアス電圧V_bによらず出力光の平均パワーP_{av}は一定であることを示している。

【0070】

駆動電圧の振幅V_{pp}が増加するに従い統計分散値は再び増加していく、これは駆動電圧の振幅V_{pp}が半波長電圧V_{wl}より遠ざかっていくので出力光の平均パワーP_{av}の変動が大きくなっていることを示している。

【0071】

更に、駆動電圧の振幅V_{pp}が増加すると再び半波長電圧V_{wl}に近づいていくので統計分散値は周期2V_{wl}で振動することが分かる。

【0072】

次に、この変動量Var(k)が所定の値以下か否かの判定は、駆動電圧の振幅V_{pp}が半波長電圧V_{wl}に一致するところで統計分散値は急峻な極小値を持つことを利用して変動量Var(k)が一つ前の変動量Var(k-1)より大きいか否かによりおこなわれる(ステップS10)。

【0073】

この変動量Var(k)が所定の値以上の場合は駆動電圧の振幅V_{pp}がまだ最適値V_{wl}に達していないのでステップS02に戻り、カウンタkを1つ増やしてステップS03からステップS09を再度実行する。

【0074】

一方、所定の値以下の場合は駆動電圧の振幅V_{pp}が最適値V_{wl}に達したので、その時点で駆動電極に印加している電圧V_{pp}(k)を駆動電圧の振幅V_{pp}の最適値V_{wl}としている(ステップS11)。

【0075】

以上説明したように、本発明の駆動電圧制御方法によれば、MZ型光変調器14の駆動電圧の振幅V_{pp}をバイアス電圧V_bによらず自動的に最適値V_{wl}に設定できるので、作業時間の短縮と費用の低減を図ることができる。また、MZ型光変調器を装置に組み込んだ後でも制御方法を実行するプログラムを再度起動することにより、何度も再調整することができる。

【0076】

従って、伝送される光信号の品質を一定に維持することができ、安定して長距離伝送がおこなえる光通信システムを実現することができる。

【0077】

また、本発明の駆動電圧制御プログラムでは、駆動電圧を制御するアルゴリズムを半導体メモリ、磁気ディスク、磁気テープ、光ディスクなどの記憶媒体に記憶しコンピュータで利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】本発明の実施例1に係わる光送信装置を示すブロック図。

【図2】本発明の実施例2に係わる駆動電圧制御装置を示す図。

10

20

30

40

50

- 【図3】本発明の実施例3に係わる駆動電圧制御方法を示すフローチャート。
- 【図4】本発明の実施例3に係わる駆動電圧制御方法の原理を説明するための図。
- 【図5】本発明の実施例3に係わる駆動電圧制御方法の原理を説明するための図。
- 【図6】本発明の実施例3に係わる駆動電圧制御方法の原理を説明するための図。
- 【図7】MZ型光変調器の構成を示す図。
- 【図8】MZ型光変調器の駆動電圧と光出力の入出力特性を示す図。
- 【図9】MZ型光変調器の駆動電圧と光出力波形の関係を示す図。
- 【図10】従来の光送信装置を示すブロック図。

【符号の説明】

【0079】

10

1 1 光送信装置

1 2 光送出部

1 3、1 5、1 7 光ファイバ部

1 4 MZ型光変調器

1 6 光分岐部

1 8 光検出部

1 9 信号処理部

2 0 バイアス電圧制御部

2 1 駆動電圧制御部

2 2 データ入力端子

3 1 駆動電圧制御装置

3 2 受光素子

3 3 I / V変換器

3 4 A / D変換器

3 5 マイクロプロセッサ

3 6、3 7 D / A変換器

3 8 記憶装置

3 9 アンプ

4 0 バイアス電圧入力端子

4 1、4 8 コイル

4 2、4 7 コンデンサ

4 3、4 9 抵抗

4 4 ローパスフィルタ

4 5 可変利得アンプ

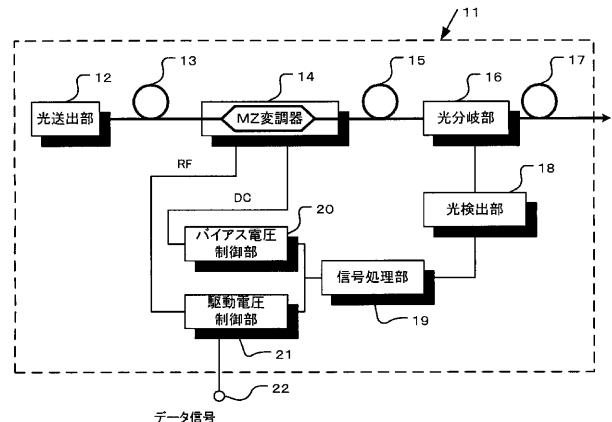
4 6 駆動電圧入力端子

5 0 ハイパスフィルタ

20

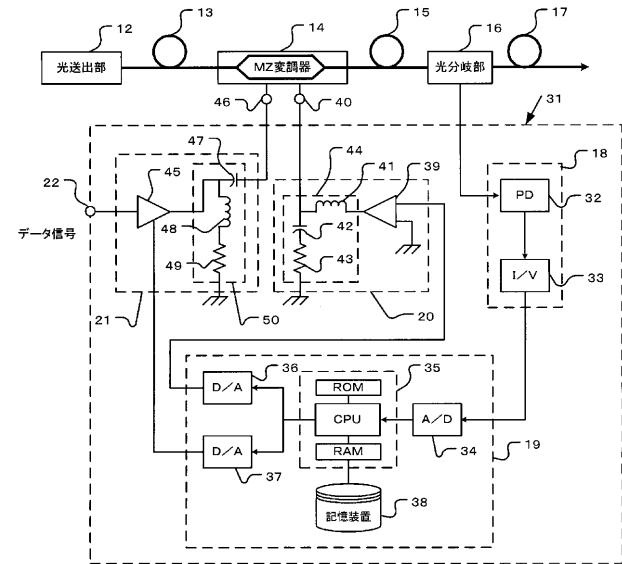
30

【図1】



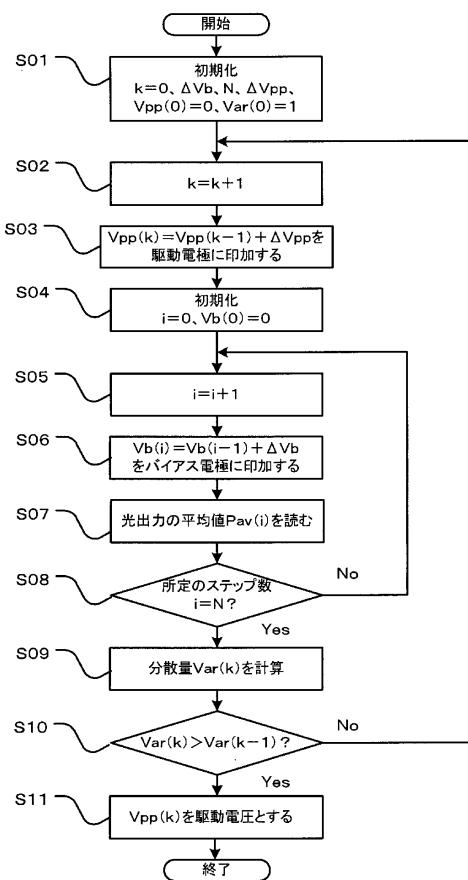
11…光送信装置
13、15、17…光ファイバ部
22…データ入力端子

【図2】

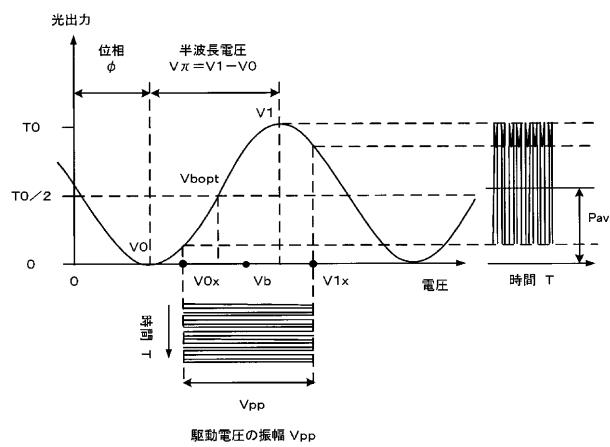


31…駆動電圧制御装置
32…受光素子
33…1/V変換器
34…A/D変換器
35…マイクロプロセッサ
36,37…D/A変換器
38…記憶装置
39…アンプ
40…バイアス電圧印加端子
41,48…コイル
42,47…コンデンサ
43,49…終端抵抗
44…ロバストフィルタ
46…駆動電圧印加端子
45…可変利得アンプ
50…ハイパスフィルタ

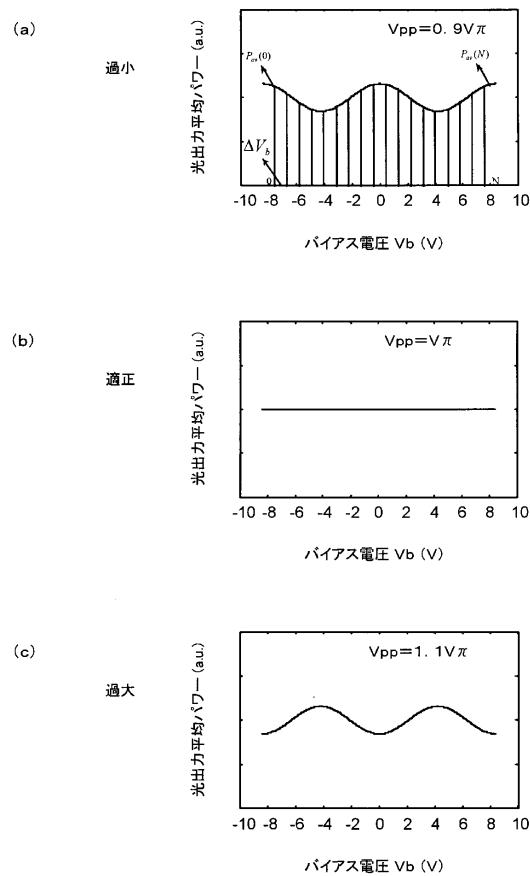
【図3】



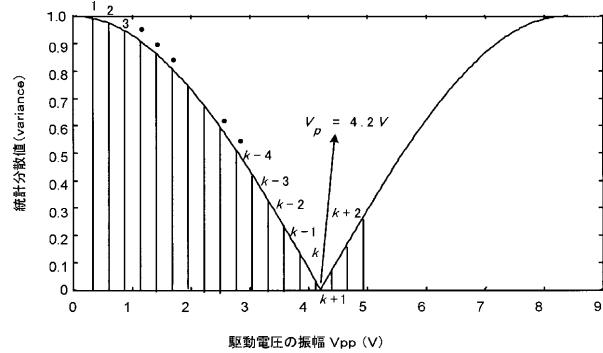
【図4】



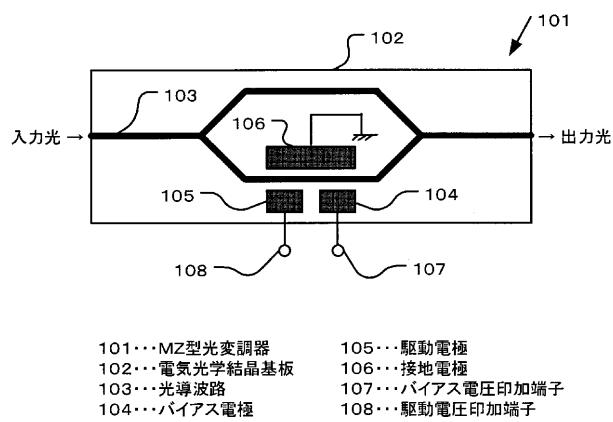
【図5】



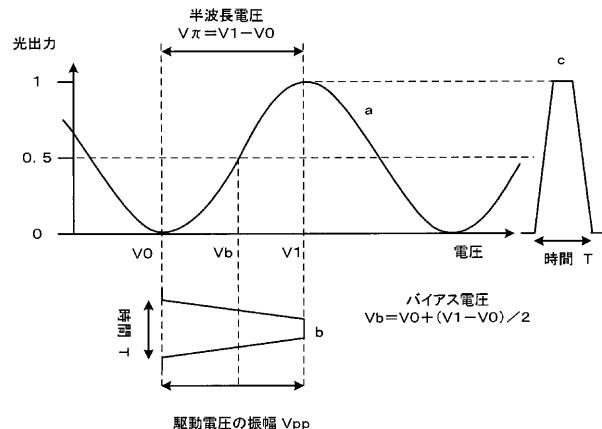
【図6】



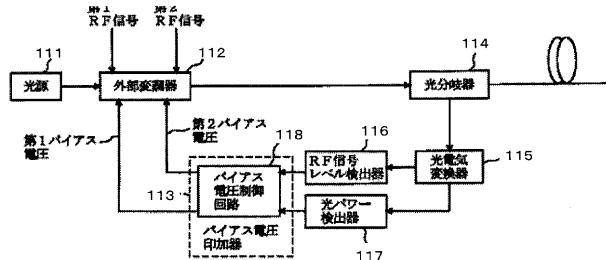
【図7】



【図8】



【図10】



【図9】

