

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2024-166328
(P2024-166328A)

(43)公開日 令和6年11月28日(2024.11.28)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B 10/50 (2013.01) H 0 4 B 10/50

H 0 1 S 5/042(2006.01) H 0 1 S 5/042 6 3 0

H 0 1 S 5/50 (2006.01) H 0 1 S 5/50 6 1 0

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全15頁)

(21)出願番号	特願2024-158566(P2024-158566)	(71)出願人	000004226
(22)出願日	令和6年9月12日(2024.9.12)		日本電信電話株式会社
(62)分割の表示	特願2022-548279(P2022-548279)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
	)の分割	(74)代理人	110001243
原出願日	令和2年9月8日(2020.9.8)		弁理士法人谷・阿部特許事務所
		(72)発明者	中西 泰彦
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	金澤 慈
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	吉松 俊英
			東京都千代田区大手町一丁目5番1号
			日本電信電話株式会社内
		(72)発明者	神田 淳

最終頁に続く

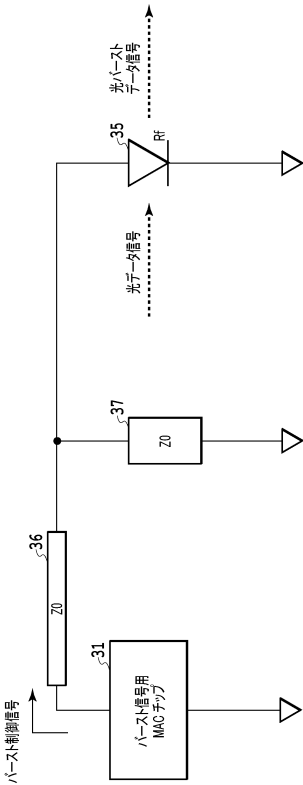
(54)【発明の名称】 光バースト送信機

(57)【要約】

【課題】高効率な光バースト送信機を提供する。

【解決手段】一実施態様は、データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、データ信号により変調された光データ信号を、バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、制御回路と半導体光増幅器とを接続し、バースト制御信号を伝送する電気線路と、電気線路の特性インピーダンスと半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と、を備えたことを特徴とする光バースト送信機であって、インピーダンス整合回路は、電気線路の特性インピーダンスをZ0としたとき、半導体光増幅器と並列にZ0の抵抗値となることを特徴とする。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、前記データ信号により変調された光データ信号を、前記バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、

前記制御回路と前記半導体光増幅器とを接続し、前記バースト制御信号を伝送する電気線路と、

前記電気線路の特性インピーダンスと前記半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と

を備え、

前記インピーダンス整合回路は、前記電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、前記半導体光増幅器と並列に Z_0 の抵抗値となることを特徴とする光バースト送信機。

【請求項 2】

データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、前記データ信号により変調された光データ信号を、前記バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、

前記制御回路と前記半導体光増幅器とを接続し、前記バースト制御信号を伝送する電気線路と、

前記電気線路の特性インピーダンスと前記半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と

を備え、

前記インピーダンス整合回路は、前記半導体光増幅器の順方向の抵抗値を R_f 、前記電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、前記半導体光増幅器と並列に R_{P1} の抵抗値となる第 1 抵抗と、前記半導体光増幅器と直列に R_{S1} の抵抗値となる第 2 抵抗とを含み、

【数 1】

$$R_{P1} \times \frac{R_{S1} + R_f}{R_{S1} + R_{P1} + R_f} = Z_0$$

となるように設定されていることを特徴とする光バースト送信機。

【請求項 3】

データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、前記データ信号により変調された光データ信号を、前記バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、

前記制御回路と前記半導体光増幅器とを接続し、前記バースト制御信号を伝送する電気線路と、

前記電気線路の特性インピーダンスと前記半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と

を備え、

前記インピーダンス整合回路は、前記半導体光増幅器の順方向の抵抗値を R_f 、前記電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、前記半導体光増幅器と並列に R_{P1} の抵抗値となる第 1 抵抗と、前記半導体光増幅器と直列に R_{S1} の抵抗値となる第 2 抵抗とを含み、 $R_{P1} = Z_0$ となるように設定されていることを特徴とする光バースト送信機。

【請求項 4】

データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、前記データ信号により変調された光データ信号を、前記バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、

前記制御回路と前記半導体光増幅器とを接続し、前記バースト制御信号を伝送する電気線路と、

前記電気線路の特性インピーダンスと前記半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と

を備え、

前記インピーダンス整合回路は、前記半導体光増幅器の順方向の抵抗値を R_f 、前記電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、前記半導体光増幅器と並列に R_{P2} の抵抗値となる第 1 抵抗と、前記半導体光増幅器と前記第 1 抵抗とからなる並列回路と直列に R_{S2} の抵抗値となる第 2 抵抗とを含み、

【数 2】

$$0.82 \times Z_0 < \frac{R_f \times R_{P2}}{R_f + R_{P2}} + R_{S2} < 1.22 \times Z_0$$

10

$$0.82 \times Z_0 < R_{S2} + R_{P2} < 1.22 \times Z_0$$

となるように設定されていることを特徴とする光バースト送信機。

【請求項 5】

データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、前記データ信号により変調された光データ信号を、前記バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、

20

前記制御回路と前記半導体光増幅器とを接続し、前記バースト制御信号を伝送する電気線路と、

前記電気線路の特性インピーダンスと前記半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と

を備え、

前記インピーダンス整合回路は、前記半導体光増幅器の順方向の抵抗値を R_f 、前記電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、前記半導体光増幅器と並列に逆向き挿入されたダイオードと、前記半導体光増幅器と前記ダイオードとからなる並列回路と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる抵抗とを含み、前記ダイオードは、順方向および逆方向の抵抗分が前記半導体光増幅器の抵抗値と同一であることを特徴とする光バースト送信機。

30

【請求項 6】

データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、前記データ信号により変調された光データ信号を、前記バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、

前記制御回路と前記半導体光増幅器とを接続し、前記バースト制御信号を伝送する電気線路と、

前記電気線路の特性インピーダンスと前記半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と

を備え、

前記インピーダンス整合回路は、前記半導体光増幅器の順方向の抵抗値を R_f 、前記電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、前記半導体光増幅器と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる第 1 抵抗と、前記半導体光増幅器と並列に逆向き挿入されたダイオードおよび $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる第 2 抵抗からなる直列回路とを含み、前記ダイオードは、順方向および逆方向の抵抗分が前記半導体光増幅器の抵抗値と同一であることを特徴とする光バースト送信機。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光バースト送信機の効率化に関する。

50

【背景技術】

【0002】

近年、映像サービス等によりインターネットトラフィックが急増しており、それを支える光アクセスシステムの高速化・高度化が急務となっている。光アクセスシステムの多くでは、PON (Passive Optical Network) と呼ばれるトポロジを用いたシステムによって構築されている。

【0003】

図1は、従来のPONシステムの概念を示す図である。PONシステムは、光ファイバ伝送路中に設置された光スプリッタ2を介して、収容局に設置された1台の終端装置(OLT: Optical Line Terminal)1に対して、複数の加入者宅に設置された宅内装置(ONU: Optical Network Unit)3₁ - 3_Nを収容する。光ファイバ伝送路4、光スプリッタ2、およびOLT1を、複数の加入者間で共有する光アクセスシステムである。OLT1からONU3₁ - 3_Nへの下り信号(DN0)は、時分割多重(TDM: Time Division Multiplexing)され、光スプリッタ2で分岐されて(DN1 - DNN)各加入者に伝送される。ONU3₁ - 3_Nからの上り信号(UP1 - UPN)は、各加入者から時分割多元アクセス(TDMA: Time Division Multiple Access)により多重化されて(UP0)OLT1に伝送される。このとき、各ONUのからの上り信号の干渉を防ぐために、ガードタイムTを設定している。

【0004】

PONシステムは、ITU-Tにおいては、B-PON、G-PON、XG-PON、NG-PON2が標準化されており、IEEEにおいては、GE-PON、10GE-PONが標準化されている。それぞれ、1波長あたりの伝送レートは10Gbpsまで高速化されている。さらなるPONシステムの高速化、および高度化を目指し、次世代PONシステムの検討がされており、ITU-Tでは50G-PON、IEEEでは25G-EPONと呼ばれるシステムの議論が始まっている。これらのPONシステムでは、1波長あたりの伝送レートが従来の10Gbpsを超えた、25Gbps、50Gbpsにて検討されている。

【0005】

このような高速な伝送レートを実現するためには、光送受信機の高速化が必要である。PONシステムにおいては、1台のOLTに複数台のONUを収容するため、各ONUから任意のタイミングで光信号を発生または消光する必要があり、それを実現するための光バースト送信機の高速化が欠かせない。また、高速化に伴い受信機での受信感度が劣化することから、10Gbps級のシステムと同様のバジェットを確保するために、光バースト送信機の高出力化も欠かせない。

【0006】

図2に、従来の光バースト送信機の構成を示す。光バースト送信機10は、バースト信号用MACチップ11、バースト信号用直接変調用レーザドライバ12、および直接変調用レーザ13が順に接続されている。バースト信号用MACチップ11からデータ信号およびバースト制御信号が出力される。このデータ信号およびバースト制御信号は、バースト信号用直接変調用レーザドライバ12に入力される。バースト信号用直接変調用レーザドライバ12に、バースト制御信号のON信号が入力されたとき、バースト信号用直接変調用レーザドライバ12はONとなりバーストデータ信号が出力される。このバーストデータ信号が直接変調用レーザ13に入力され、光バーストデータ信号が発生する。バースト信号用直接変調用レーザドライバ12に、バースト制御信号のOFF信号が入力されたとき、バースト信号用直接変調用レーザドライバはOFFとなりバーストデータ信号は出力されない。

【0007】

光バースト送信機の高速化には、これらのすべての部品の高速化が欠かせない。しかしながら、実用レベルの高速な直接変調レーザの速度は、高速化の研究がなされているが、現在25Gbps級レベルまでとなっている。また、直接変調レーザを高速化するため

10

20

30

40

50

に、レーザの共振器長を短くする必要がある。これに伴って、出力光のパワーが低下するので、高速化と高出力化の両立が課題である。

【 0 0 0 8 】

図 3 に、従来の外部変調器と半導体光増幅器を用いた光バースト送信機の構成を示す。上述した課題を解決する方法として、直接変調用レーザの代わりに外部変調器と半導体光増幅器を使用した方法がある（例えば、非特許文献参照）。光バースト送信機 20 は、外部変調器 24 によって高速化を、半導体光増幅器 25 によって高出力化を実現している。光バースト送信機 20 においては、バースト信号用 MAC チップ 21 から発生しているデータ信号は、ドライバ 22 を介して外部変調器 24 へ入力される。外部変調器 24 にはレーザ 23 から無変調の光信号も入力されており、外部変調器 24 から、変調された光データ信号が半導体光増幅器 25 へ入力される。バースト信号用 MAC チップ 21 から出力されているバースト制御信号は、半導体光増幅器 25 に入力され、バースト制御信号が ON のとき半導体光増幅器 25 から光バーストデータ信号が出力され、バースト制御信号が OFF のとき半導体光増幅器 25 では光データ信号が消光され、光バーストデータ信号は出力されない。光バースト送信機 20 は、バースト信号専用のデバイスは MAC チップのみとなっており、その他は、通常の連続信号用のデバイスを使用可能である。従って、光バースト送信機の低コストが可能である。

10

【 0 0 0 9 】

図 4 を参照して、従来の光バースト送信機の課題を説明する。バースト制御信号が ON から OFF へ遷移するとき、光バーストデータ信号の立ち下りにおいて、数 10 ns $\sim$ 数 100 ns の遅延 d_{DN} が生じる。同様に、バースト制御信号が OFF から ON へ遷移するとき、光バーストデータ信号の立ち上がりにおいても遅延 d_{UP} が生じる。図 1 に示したように、各 ONU からの上り信号を切り替える時の干渉を防ぐために、ガードタイムが設定されている。光バーストデータ信号の立ち下りの遅延および立ち上りの遅延が生じている場合、このガードタイムを長くとる必要があり、データ伝送が非効率となる。

20

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 1 0 】

【 非特許文献 1 】 Katsuhisa Taguchi, et al., "High Output Power and burst extinction ratio ONU using a simple configuration booster SOA with gain peak detuning for WDM/TDM-PON", OFC 2014 (C) OSA 2014, W3G.7.pdf

30

【 発明の概要 】

【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、高効率な光バースト送信機を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

本発明は、このような目的を達成するために、一実施態様は、データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路と、データ信号により変調された光データ信号を、バースト制御信号により制御された光バーストデータ信号として出力する半導体光増幅器とを有する光バースト送信機において、制御回路と半導体光増幅器とを接続し、バースト制御信号を伝送する電気線路と、電気線路の特性インピーダンスと半導体光増幅器とをインピーダンス整合させるためのインピーダンス整合回路と、を備えたことを特徴とする光バースト送信機であって、インピーダンス整合回路は、電気線路の特性インピーダンスを Z_0 としたとき、半導体光増幅器と並列に Z_0 の抵抗値となることを特徴とする。

40

【 0 0 1 3 】

この構成によれば、光バーストデータ信号の立ち下りの遅延および立ち上りの遅延を抑制し、高効率な光バースト送信機を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 図 1 は、従来の PON システムの概念を示す図、

【 図 2 】 図 2 は、従来の光バースト送信機の構成を示す図、

50

【図 3】図 3 は、従来の外部変調器と半導体光増幅器を用いた光バースト送信機の構成を示す図、

【図 4】図 4 は、従来の光バースト送信機の課題を説明するための図、

【図 5】図 5 は、本発明の一実施形態にかかる光バースト送信機の構成を示す図、

【図 6】図 6 は、第 1 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明するための図、

【図 7】図 7 は、第 2 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明するための図、

【図 8】図 8 は、第 3 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明するための図、

【図 9】図 9 は、第 4 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明するための図、

【図 10】図 10 は、第 4 の実施形態のインピーダンス整合回路の抵抗値の範囲を示す図

10

、
【図 11】図 11 は、第 5 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明するための図、

【図 12】図 12 は、第 6 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳細に説明する。

【0016】

[光バースト送信機]

図 5 に、本発明の一実施形態にかかる光バースト送信機の構成を示す。光バースト送信機 30 は、データ信号およびバースト制御信号を出力する制御回路であるバースト信号用 M A C (Media Access Control) チップ 31 と、データ信号を増幅するドライバ 32 と、レーザ 33 から無変調光が入力され、無変調光をデータ信号によって変調し光データ信号を出力する外部変調器 34 と、バースト制御信号に従い光データ信号を増幅ならびに消光する半導体光増幅器 35 とが順に接続されている。バースト制御信号を伝送する電気線路 36 は、インピーダンス整合するためのインピーダンス整合回路 37 を介して、バースト信号用 M A C チップ 31 と半導体光増幅器 35 とを接続している。

20

【0017】

レーザ 33 と外部変調器 34 とが一体的に集積された構成としてもよく、加えて半導体光増幅器 35 も一体的に集積してもよい。インピーダンス整合回路 37 は、半導体光増幅器と同一のパッケージに実装してもよい。

30

【0018】

[第 1 の実施形態]

図 6 を参照して、第 1 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明する。バースト信号用 M A C チップ 31 から出力されたバースト制御信号は、電気線路 36 を通じて半導体光増幅器 35 に入力される。バースト制御信号が O F F から O N になったとき、半導体光増幅器 35 は、光データ信号を増幅する。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して順方向の電流を入力することにより、光データ信号を増幅させる。

【0019】

一般的に、高速のデータ信号を伝送する電気線路の特性インピーダンスは、 50Ω に設定される。これに対して、半導体光増幅器 35 の順方向の抵抗は、数 Ω 程度 (R_f) と非常に低い値である。そこで、バースト制御信号を伝送する電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となるインピーダンス整合回路 37 を挿入する。このような構成により、バースト制御信号が O F F から O N になったとき、光バーストデータ信号の立ち上りの遅延を抑制することが可能となる。

40

【0020】

[第 2 の実施形態]

図 7 を参照して、第 2 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明する。バースト信号用 M A C チップ 31 から出力されたバースト制御信号は、電気線路 36 を通じて半導体光増幅器 35 に入力される。バースト制御信号が O N から O F F になったとき、光データ信

50

号を半導体光増幅器 35 にて、消光する必要がある。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して逆方向の電流を入力することにより、光データ信号を吸収させる。

【0021】

半導体光増幅器の逆方向の抵抗分は、一般に大きな値を有しており、実効的に無限大と考えられる。そこで、電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と並列に Z_0 の抵抗値となるインピーダンス整合回路 37 を挿入する。このような構成により、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、光バーストデータ信号の立ち下りの遅延を抑制して消光することが可能となる。

10

【0022】

[第 3 の実施形態]

第 1 の実施形態の光バースト送信機は、インピーダンス整合回路 37 である抵抗と半導体光増幅器 35 とが直列に並んでいるため、バースト制御信号が OFF から ON になったとき、光バーストデータ信号の立ち上りの遅延を抑制することが可能となる。一方で、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、光バーストデータ信号は、立ち下りの遅延が発生する。

【0023】

第 2 の実施形態の光バースト送信機は、インピーダンス整合回路 37 である抵抗と半導体光増幅器 35 とが並列に並んでいるため、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、光バーストデータ信号は立ち下りの遅延を抑制することが可能となる。一方で、バースト制御信号が OFF から ON になったとき、光バーストデータ信号は、立ち上りの遅延が発生する。従って、立ち上りの遅延と立ち下りの遅延の双方を抑制するためには、半導体光増幅器 35 に対して、直列と並列双方に抵抗分が挿入されたインピーダンス整合回路が必要となる。

20

【0024】

図 8 を参照して、第 3 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明する。バースト信号用 MAC チップ 31 から出力されたバースト制御信号は、電気線路 36 を通じて半導体光増幅器 35 に入力される。バースト制御信号が ON から OFF となったとき、光データ信号を半導体光増幅器 35 にて、消光する必要がある。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して逆方向の電流を入力することにより、光データ信号を吸収させる。半導体光増幅器の逆方向の抵抗分は、一般に大きな値を有しており、実効的に無限大と考えられる。そこで、電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と並列に R_{P1} の抵抗値となる抵抗 P_1 を挿入する。

30

【0025】

バースト制御信号が OFF から ON となったとき、半導体光増幅器 35 は、光データ信号を増幅する。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して順方向の電流を入力することにより、光データ信号を増幅させる。半導体光増幅器 35 の順方向の抵抗は、数 Ω 程度 (R_f) と非常に低い値である。そこで、バースト制御信号を伝送する電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と直列に R_{S1} の抵抗値となる抵抗 S_1 を挿入する。このように、第 3 の実施形態のインピーダンス整合回路 37 は、抵抗 P_1 と抵抗 S_1 とから構成される。

40

【0026】

バースト制御信号が OFF から ON になったときのインピーダンス整合回路 37 と半導体光増幅器 35 とを合わせたインピーダンス Z_{on} は、

【0027】

【数 1】

50

$$R P 1 \times \frac{R S 1 + R f}{R S 1 + R P 1 + R f}$$

【 0 0 2 8 】

となる。バースト制御信号が O N から O F F になったときのインピーダンス整合回路 3 7 と半導体光増幅器 3 5 を合わせたインピーダンス Z o f f は、R P 1 となる。

【 0 0 2 9 】

バースト制御信号が O F F から O N になったときのインピーダンス Z o n と、バースト制御信号が O N から O F F になったときのインピーダンス Z o f f とが一致するためには、

【 0 0 3 0 】

【 数 2 】

$$R P 1 \times \frac{R S 1 + R f}{R S 1 + R P 1 + R f} = R P 1$$

【 0 0 3 1 】

となる必要があるが、これを満たす R S 1 と R P 1 の抵抗値はない。そのため、Z o n と Z o f f はどちらか一方を電気線路の特性インピーダンス Z 0 と一致する値とし、立ち上りまたは立ち下りの一方の遅延を抑制し、他方の遅延は許容される値となるようにする。

【 0 0 3 2 】

抵抗 S 1 , P 1 の値を、

【 0 0 3 3 】

【 数 3 】

$$R P 1 \times \frac{R S 1 + R f}{R S 1 + R P 1 + R f} = Z 0$$

【 0 0 3 4 】

となるように設定した場合、バースト制御信号が O F F から O N になったときのインピーダンス整合回路 3 7 と半導体光増幅器 3 5 とを合わせたインピーダンス Z o n が電気回路 3 6 の特性インピーダンス Z 0 と一致する。このことから、光バーストデータ信号の立ち上りの遅延を抑制することが可能となる。

【 0 0 3 5 】

また、抵抗 P 1 の値を R P 1 = Z 0 となるように設定した場合、バースト制御信号が O N から O F F になったときのインピーダンス整合回路 3 7 と半導体光増幅器 3 5 とを合わせたインピーダンス Z o f f が電気回路 3 6 の特性インピーダンス Z 0 と一致する。このことから、光バーストデータ信号の立ち下りの遅延を抑制して消光することが可能となる。

【 0 0 3 6 】

[第 4 の実施形態]

第 1 の実施形態の光バースト送信機は、インピーダンス整合回路 3 7 である抵抗と半導体光増幅器 3 5 とが直列に並んでいるため、バースト制御信号が O F F から O N になったとき、光バーストデータ信号の立ち上りの遅延を抑制することが可能となる。一方で、バースト制御信号が O N から O F F になったとき、光バーストデータ信号は、立ち下りの遅延が発生する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

第 2 の実施形態の光バースト送信機は、インピーダンス整合回路 3 7 である抵抗と半導体光増幅器 3 5 とが並列に並んでいるため、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、光バーストデータ信号は立ち下りの遅延を抑制することが可能となる。一方で、バースト制御信号が OFF から ON になったとき、光バーストデータ信号は、立ち上りの遅延が発生する。従って、立ち上りの遅延と立ち下りの遅延の双方を抑制するためには、半導体光増幅器 3 5 に対し、直列と並列双方に抵抗分が挿入されたインピーダンス整合回路が必要となる。

【 0 0 3 8 】

図 9 を参照して、第 4 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明する。バースト信号用 M A C チップ 3 1 から出力されたバースト制御信号は、電気線路 3 6 を通じて半導体光増幅器 3 5 に入力される。バースト制御信号が ON から OFF となったとき、光データ信号を半導体光増幅器 3 5 にて、消光する必要がある。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 3 5 に対して逆方向の電流を入力することにより、光データ信号を吸収させる。半導体光増幅器の逆方向の抵抗分は、一般に大きな値を有しており、実効的に無限大と考えられる。そこで、電気線路 3 6 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 3 5 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 3 5 と並列に R_{P2} の抵抗値となる抵抗 $P2$ を挿入する。

【 0 0 3 9 】

バースト制御信号が OFF から ON となったとき、半導体光増幅器 3 5 は、光データ信号を増幅する。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 3 5 に対して順方向の電流を入力することにより、光データ信号を増幅させる。半導体光増幅器 3 5 の順方向の抵抗は、数 Ω 程度 (R_f) と非常に低い値である。そこで、バースト制御信号を伝送する電気線路 3 6 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 3 5 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 3 5 と抵抗 $P2$ からなる並列回路と直列に R_{S2} の抵抗値となる抵抗 $S2$ を挿入する。このように、第 4 の実施形態のインピーダンス整合回路 3 7 は、抵抗 $P2$ と抵抗 $S2$ とから構成される。

【 0 0 4 0 】

抵抗 $P2$ と抵抗 $S2$ の抵抗値は、電気線路 3 6 の特性インピーダンス Z_0 と整合するようにする必要がある。バースト制御信号が OFF から ON になったときのインピーダンス整合回路 3 7 と半導体光増幅器 3 5 とを合わせたインピーダンス Z_{on} は、

【 0 0 4 1 】

【 数 4 】

$$\frac{R_f \times R_{P2}}{R_f + R_{P2}} + R_{S2}$$

【 0 0 4 2 】

となる。バースト制御信号が ON から OFF になったときのインピーダンス整合回路 3 7 と半導体光増幅器 3 5 を合わせたインピーダンス Z_{off} は、 $R_{S2} + R_{P2}$ となる。

【 0 0 4 3 】

バースト制御信号が OFF から ON になったときのインピーダンス Z_{on} と、バースト制御信号が ON から OFF になったときのインピーダンス Z_{off} とが一致するためには、

【 0 0 4 4 】

【 数 5 】

10

20

30

40

$$\frac{R_f \times R_{P2}}{R_f + R_{P2}} + R_{S2} = R_{S2} + R_{P2}$$

【 0 0 4 5 】

となる必要があるが、これを満たす R_{S1} と R_{P1} の抵抗値はない。そのため、 Z_{on} と Z_{off} は、電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 とおおよそ一致する値にする必要がある。このとき、高周波回路では、反射減衰量 R_L が 20 dB 以上であることが一つの指標となる。反射減衰量は、特性インピーダンスを Z_0 、入力インピーダンスを Z_L としたとき、

10

【 0 0 4 6 】

【数 6】

$$R_L = -20 \log_{10} \left| \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \right| \quad (\text{dB})$$

【 0 0 4 7 】

と表現される。 Z_L の範囲は、 $0.82 \times Z_0 < Z_L < 1.22 \times Z_0$ となり、以下の式 (1) と式 (2) を境界線とする範囲で表現することができる。

20

【 0 0 4 8 】

【数 7】

$$0.82 \times Z_0 < \frac{R_f \times R_{P2}}{R_f + R_{P2}} + R_{S2} < 1.22 \times Z_0 \quad \text{式 (1)}$$

$$0.82 \times Z_0 < R_{S2} + R_{P2} < 1.22 \times Z_0 \quad \text{式 (2)}$$

【 0 0 4 9 】

図 10 に、第 4 の実施形態のインピーダンス整合回路の抵抗値の範囲を示す。 $R_f = 5 \Omega$ 、 $Z_0 = 50 \Omega$ のとき、式 (1) と式 (2) を満たす範囲を図示している。任意の R_f に応じて式 (1)、式 (2) を満たす、 R_{P2} 、 R_{S2} の値を選択することにより、反射減衰量 20 dB 以上を有し、電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 にほぼ整合したインピーダンス整合回路 37 を構成することが可能となる。このことから、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、バースト制御信号が OFF から ON になったときの双方で、光バーストデータ信号の立ち下りの遅延と立ち上りの遅延とを、ほぼ抑制することが可能となる。

30

【 0 0 5 0 】

[第 5 の実施形態]

図 11 を参照して、第 5 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明する。バースト信号用 MAC チップ 31 から出力されたバースト制御信号は、電気線路 36 を通じて半導体光増幅器 35 に入力される。第 5 の実施形態のインピーダンス整合回路 37 は、第 4 の実施形態のインピーダンス整合回路 37 の抵抗 P_2 を、ダイオード D1 に置き換えた構成とする。ダイオード D1 は、半導体光増幅器 35 と並列に逆向きに挿入される。ダイオード D1 は、順方向および逆方向の抵抗分が、半導体光増幅器 35 の抵抗値と同一である。インピーダンス整合回路 37 は、半導体光増幅器 35 とダイオード D1 からなる並列回路と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる抵抗 S_3 が挿入されている。

40

【 0 0 5 1 】

バースト制御信号が OFF から ON となったとき、半導体光増幅器 35 は、光データ信号を増幅する。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して順方向の電流を入力することにより、光データ信号を増幅させる。半導体光増幅器 35 の順方向の抵

50

抗は、数 Ω 程度 (R_f) と非常に低い値である。一方、インピーダンス整合回路 37 のダイオード D1 の逆方向の抵抗は、実効的に無限大と考えられる。そこで、バースト制御信号を送信する電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる抵抗 S_3 を挿入する。このような構成により、バースト制御信号が OFF から ON になったとき、光バーストデータ信号の立ち上りの遅延を抑制することが可能となる。

【0052】

バースト制御信号が ON から OFF となったとき、光データ信号を半導体光増幅器 35 にて、消光する必要がある。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して逆方向の電流を入力することにより、光データ信号を吸収させる。半導体光増幅器 35 の逆方向の抵抗分は、一般に大きな値を有しており、実効的に無限大と考えられる。一方、インピーダンス整合回路 37 のダイオード D1 の順方向の抵抗 R_d は、数 Ω 程度である。そこで、電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と並列に逆向きにダイオード D1 を挿入している。このような構成により、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、光バーストデータ信号の立ち下りの遅延を抑制して消光することが可能となる。

【0053】

[第 6 の実施形態]

図 12 を参照して、第 6 の実施形態の光バースト送信機の動作を説明する。バースト信号用 MAC チップ 31 から出力されたバースト制御信号は、電気線路 36 を通じて半導体光増幅器 35 に入力される。第 6 の実施形態のインピーダンス整合回路 37 は、半導体光増幅器 35 と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる抵抗 S_4 と、半導体光増幅器 35 と並列に逆向きに挿入されたダイオード D2 および抵抗値 $Z_0 - R_f$ となる抵抗 S_5 からなる直列回路とを含む。ダイオード D2 は、順方向および逆方向の抵抗分が、半導体光増幅器 35 の抵抗値と同一である。

【0054】

バースト制御信号が OFF から ON となったとき、半導体光増幅器 35 は、光データ信号を増幅する。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して順方向の電流を入力することにより、光データ信号を増幅させる。半導体光増幅器 35 の順方向の抵抗は、数 Ω 程度 (R_f) と非常に低い値である。一方、インピーダンス整合回路 37 のダイオード D2 の逆方向の抵抗は、実効的に無限大と考えられる。そこで、バースト制御信号を送信する電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 と半導体光増幅器 35 とをインピーダンス整合させるために、半導体光増幅器 35 と直列に $Z_0 - R_f$ の抵抗値となる抵抗 S_4 を挿入する。このような構成により、バースト制御信号が OFF から ON になったとき、光バーストデータ信号の立ち上りの遅延を抑制することが可能となる。

【0055】

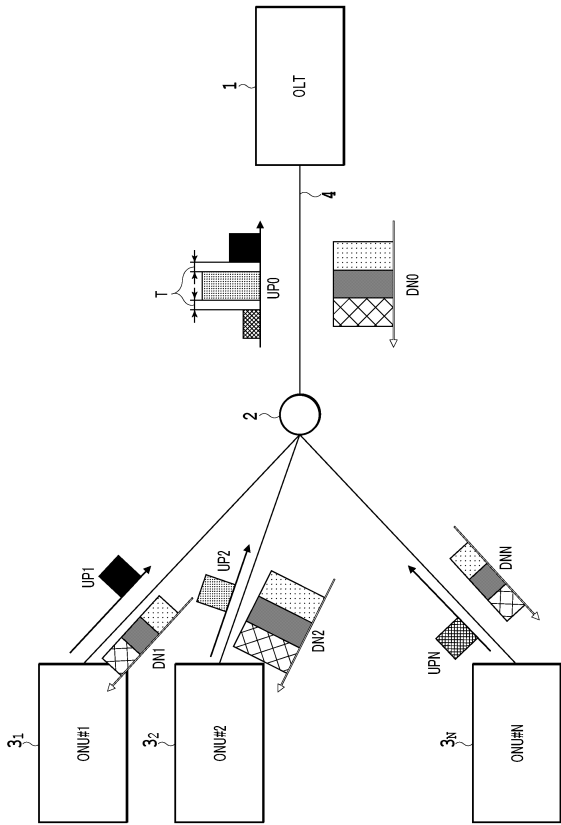
バースト制御信号が ON から OFF となったとき、光データ信号を半導体光増幅器 35 にて、消光する必要がある。このとき、バースト制御信号は、半導体光増幅器 35 に対して逆方向の電流を入力することにより、光データ信号を吸収させる。半導体光増幅器 35 の逆方向の抵抗分は、一般に大きな値を有しており、実効的に無限大と考えられる。一方、インピーダンス整合回路 37 のダイオード D2 の順方向の抵抗 R_d は、数 Ω 程度である。そこで、電気線路 36 の特性インピーダンス Z_0 とインピーダンス整合回路 37 を、半導体光増幅器 35 と並列に逆向きにダイオード D2 を挿入している。このような構成により、バースト制御信号が ON から OFF になったとき、光バーストデータ信号の立ち下りの遅延を抑制して消光することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

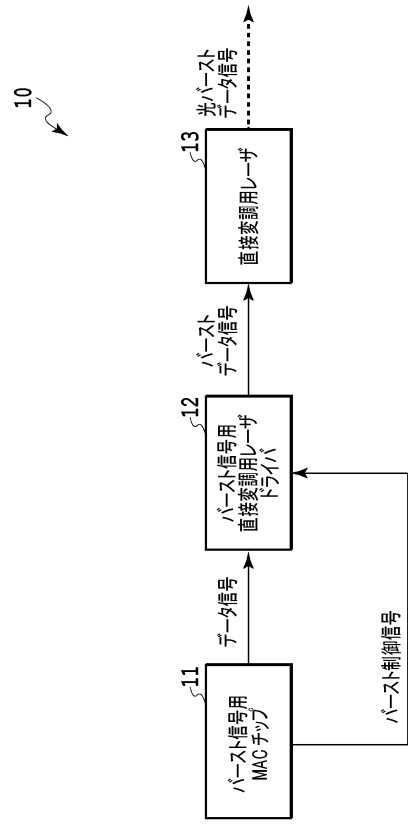
【0056】

本発明は、光バースト送信機に適用することができる。

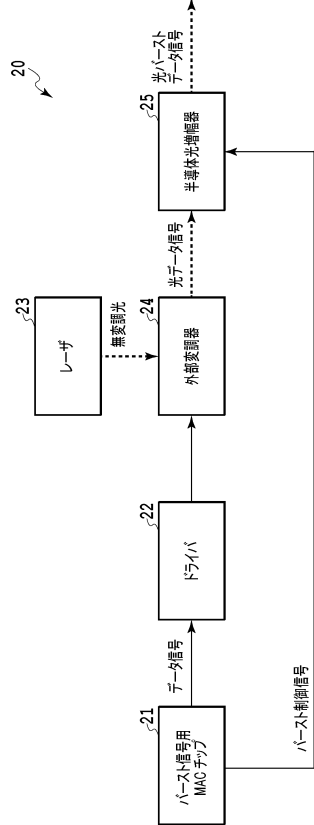
【 図 面 】
【 図 1 】



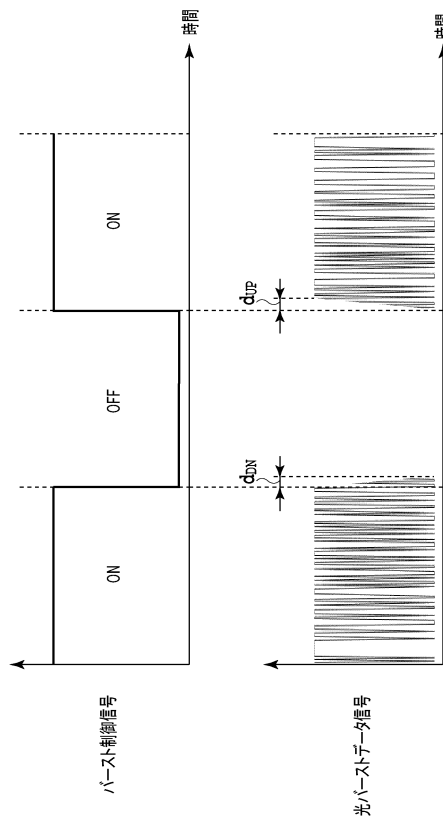
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



10

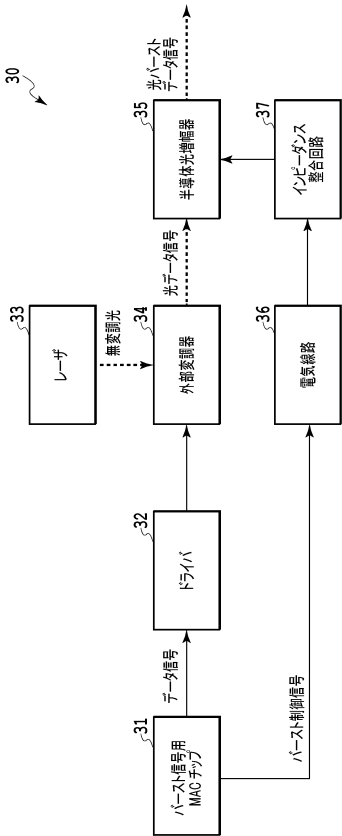
20

30

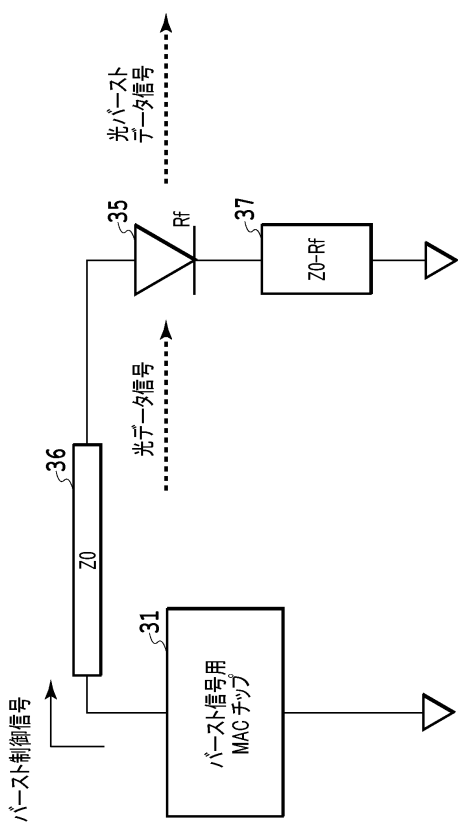
40

50

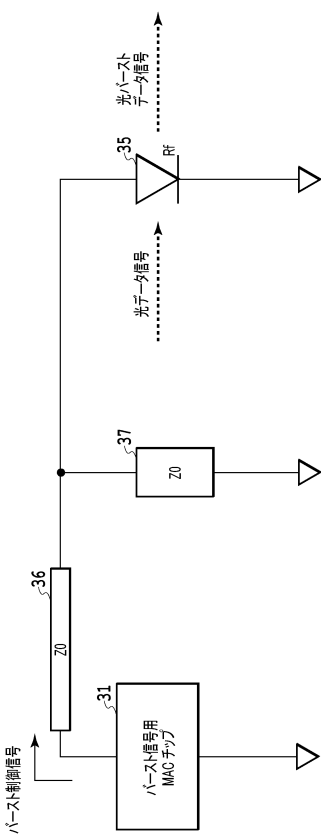
【 図 5 】



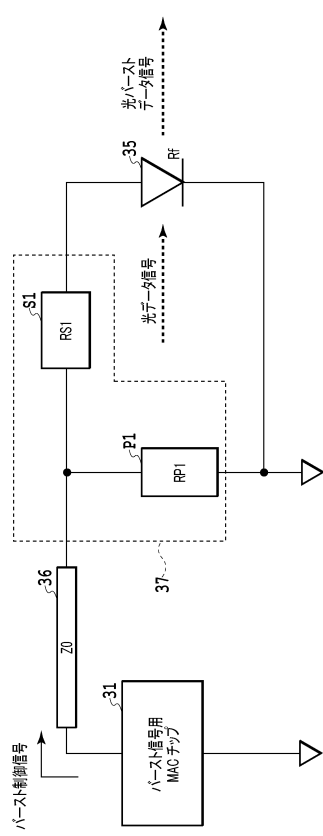
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



10

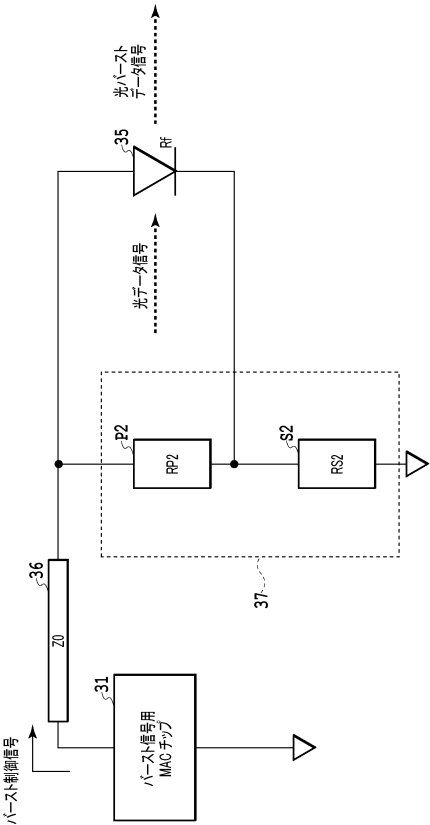
20

30

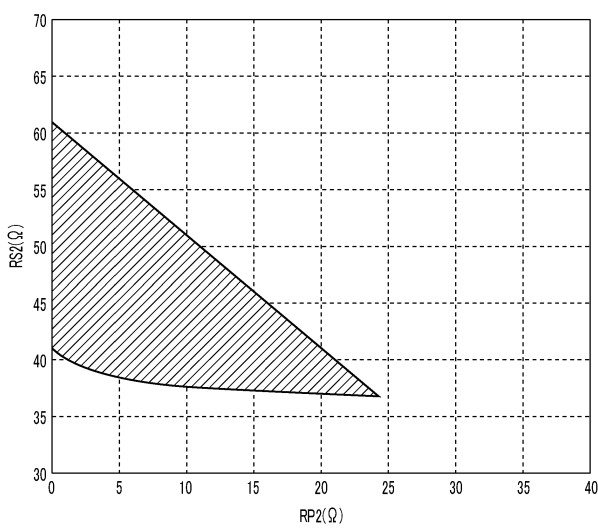
40

50

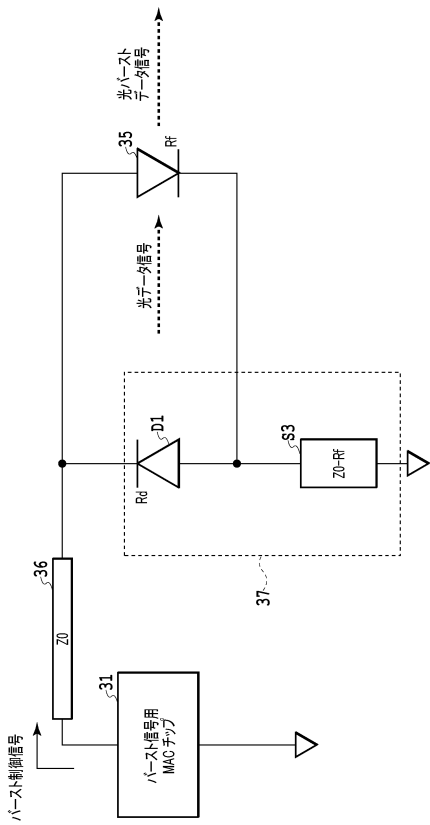
【図 9】



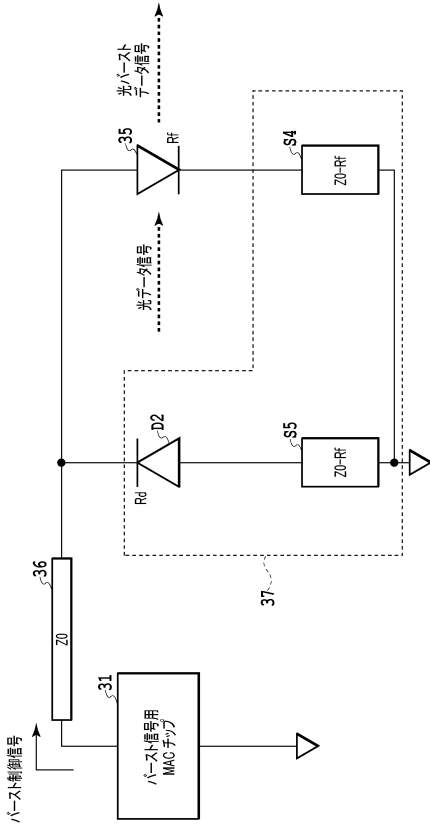
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都千代田区大手町一丁目 5 番 1 号 日本電信電話株式会社内