

(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2013-258643

(P2013-258643A)

(43) 公開日 平成25年12月26日(2013.12.26)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
HO4B	10/291	(2013.01)	HO4B	9/00	291	5F172
HO1S	3/067	(2006.01)	HO1S	3/06	B	5K102
HO1S	3/10	(2006.01)	HO1S	3/10	Z	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2012-134992 (P2012-134992)
 (22) 出願日 平成24年6月14日 (2012.6.14)

(71) 出願人 000005223
 富士通株式会社
 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (74) 代理人 100099025
 弁理士 福田 浩志
 (72) 発明者 馬頭 康二
 福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号
 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内

最終頁に続く

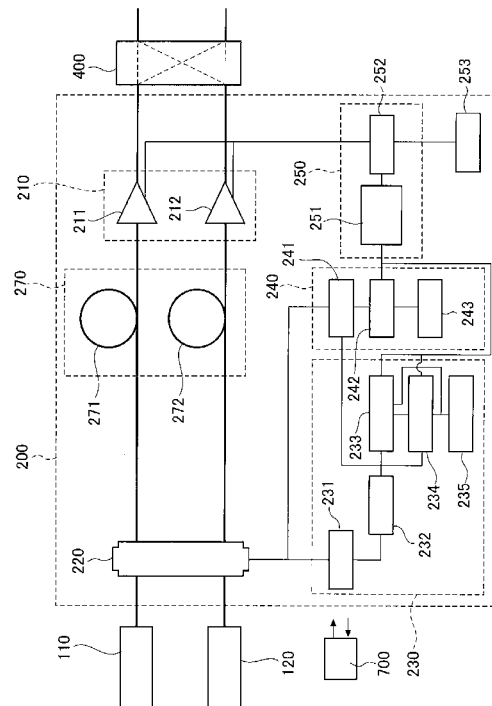
(54) 【発明の名称】 光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 光アンプに入力される光パースト信号の長さおよび密度が変動しても、光アンプのゲインを安定化できる光伝送装置を提供する。

【解決手段】 光パースト信号を第1の光信号と第2の光信号に分岐する分岐部220と、単位時間内に第1の光信号の信号長を検出する信号長検出部233と、単位時間内の第1の光信号の光パワーを検出する光パワー検出部240と、第2の光信号を遅延させる遅延部270、271、271と、遅延部で遅延された第2の光信号を増幅する光増幅器(210、211、212と、光増幅器に供給される励起光を生成する励起光光源(253、255)と、光増幅器に供給される励起光の光パワーを、第1の光信号の信号長と、第1の光信号の光パワーに基づいて調整する励起光パワー調整部250、251、252、254、256、257、258と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光バースト信号を第 1 の光信号と第 2 の光信号に分岐する分岐部と、
 単位時間内に前記第 1 の光信号の信号長を検出する信号長検出部と、
 前記単位時間内の前記第 1 の光信号の光パワーを検出する光パワー検出部と、
 前記第 2 の光信号を遅延させる遅延部と、
 前記遅延部で遅延された前記第 2 の光信号を増幅する光増幅器と、
 前記光増幅器に供給される励起光を生成する励起光光源と、
 前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記第 1 の光信号の信号長と、前記第 1 の光信号の光パワーに基づいて調整する励起光パワー調整部と、
 を備える光伝送装置。

10

【請求項 2】

前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記単位時間内の前記第 1 の光信号の光パワーの平均値に基づいて調整する請求項 1 記載の光伝送装置。

【請求項 3】

単位時間内に前記第 1 の光信号が存在する割合を求める算出部をさらに備え、
 前記第 1 の光信号の光パワーが互いに等しい場合に、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記単位時間内の前記第 1 の光信号が存在する割合に基づいて調整する請求項 1 記載の光伝送装置。

【請求項 4】

前記第 1 の光信号が存在するときのみ前記第 1 の光信号の光パワーを検出する請求項 1 ~ 請求項 3 のいずれかに記載の光伝送装置。

20

【請求項 5】

前記第 1 の光信号の信号間の間隔が、前記光増幅器への励起光の供給を開始してから前記光増幅器の励起が不十分な時間に前記光増幅器への励起光の供給を停止してから蛍光による励起が行われている時間を加えた時間よりも短い場合は、前記第 1 の光信号の前記信号間においても前記光増幅器への励起光の供給を継続する請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項 6】

前記励起光パワー調整部は、前記励起光光源の電源をオンにした状態で、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを調整する請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれかに記載の光伝送装置。

30

【請求項 7】

前記励起光パワー調整部は、前記励起光光源が生成する励起光の光パワーを一定にした状態で、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを調整する請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれかに記載の光伝送装置。

【請求項 8】

前記励起光パワー調整部は、前記励起光光源から出力される前記励起光の光パワーを増減させて、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを調整する請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれかに記載の光伝送装置。

40

【請求項 9】

前記光増幅器に供給される励起光を生成する第 2 の励起光光源と、
 前記光増幅器に供給される第 2 の励起光光源からの前記励起光の光パワーを、前記第 1 の光信号の信号長と、前記第 1 の光信号の光パワーに基づいて調整する第 2 の励起光パワー調整部と、

前記励起光光源からの前記励起光と、前記第 2 の励起光光源からの前記励起光とを合波する合波部と、

をさらに備える請求項 1 ~ 請求項 9 のいずれかに記載の光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本願の開示する技術は、光伝送装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

光バースト信号を使用した光パケット伝送装置では、光バースト信号を増幅する光アンプが使用されている。

【 0 0 0 3 】

光アンプに光バースト信号が入力された場合、入力直後は光アンプが十分な励起状態にあっても、入力信号の増幅にエネルギーを使用するため、時間経過と共に間に光アンプ内の励起状態が低くなる。その結果、光アンプの出力信号はその先頭部分では出力パワーが高く、途中からは出力パワーが下がるようになる、いわゆる光サージが発生する。この光サージを抑制する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 および特許文献 2 参照）。

10

【 0 0 0 4 】

本発明者達が光バースト信号を使用した光パケット伝送装置について鋭意研究した結果、光サージの問題以外に、次の問題があることを見出した。すなわち、光アンプに入力される光バースト信号の長さおよび密度（単位時間当たりの光バースト信号が存在する割合）によって、光アンプのゲインが変動して、出力信号の光パワーが変動することを見出した。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開平 9 - 2 0 0 1 4 5 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 1 - 3 5 2 2 9 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

本願の開示する技術の一目的は、光アンプに入力される光バースト信号の長さおよび密度が変動しても、光アンプのゲインを安定化できる光伝送装置を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

30

本願の開示する技術の一態様によれば、分岐部と、信号長検出部と、光パワー検出部と、遅延部と、光増幅器と、励起光光源と、励起光パワー調整部と、を備える光伝送装置が提供される。分岐部は、光バースト信号を第 1 の光信号と第 2 の光信号に分岐する。信号長検出部は、単位時間内に第 1 の光信号の信号長を検出する。光パワー検出部は、単位時間内の第 1 の光信号の光パワーを検出する。遅延部は、第 2 の光信号を遅延させる。光増幅器は、遅延部で遅延された第 2 の光信号を増幅する。励起光光源は、光増幅器に供給される励起光を生成する。励起光パワー調整部は、光増幅器に供給される励起光の光パワーを、第 1 の光信号の信号長と、第 1 の光信号の光パワーに基づいて調整する。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 8 】

40

本願の開示する技術によれば、光アンプに入力される光バースト信号の長さおよび間隔が変動しても、光アンプのゲインを安定化できる光伝送装置が提供される。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 図 1 は、本願の開示する技術の第 1 ~ 第 4 の実施の形態の光伝送装置を説明するための概略図である。

【 図 2 】 図 2 は、本願の開示する技術の第 1 の実施の形態の光伝送装置を説明するための概略図である。

【 図 3 】 図 3 は、本願の開示する技術の第 1 の実施の形態の光伝送装置内の信号を説明するための概略図である。

50

【図４】図４は、本願の開示する技術の第１の実施の形態の光伝送装置内の信号を説明するための概略図である。

【図５】図５は、本願の開示する技術の第２の実施の形態の光伝送装置を説明するための概略図である。

【図６】図６は、本願の開示する技術の第２の実施の形態の光伝送装置の変形例を説明するための概略図である。

【図７】図７は、本願の開示する技術の第３の実施の形態の光伝送装置を説明するための概略図である。

【図８】図８は、本願の開示する技術の第４の実施の形態の光伝送装置を説明するための概略図である。

10

【発明を実施するための形態】

【００１０】

次に、本願の開示する技術の好ましい実施の形態について図面を参照して説明する。

【００１１】

図１を参照すれば、第１～第４の実施の形態の光バースト信号を使用した光パケット伝送装置１は、光バースト信号送信器１２０と、光アンプ部２００と、光パケットスイッチ部４００と、光アンプ部５００と、光バースト信号受信器６２０とを備えている。光パケット伝送装置１は、さらにコントローラ７００を備えている。

光バースト信号送信器１２０、光アンプ部２００、光パケットスイッチ部４００、光アンプ部５００および光バースト信号受信器６２０は、コントローラ７００で制御される。光アンプ部２００は光アンプ２１１、２１２を備え、光アンプ部５００は光アンプ５１０、５２０を備えている。光パケット伝送装置１では、バースト信号送信器１２０、あるいはWDM（波長分割多重：Wavelength Division Multiplexing）ネットワークのWDM伝送装置１１０の波長分離部（図示せず）等から、光バースト信号が入力される。入力された光バースト信号は、光アンプ２１２または光アンプ２１１で増幅された後、光パケットスイッチ部４００で方路選択される。光バースト信号は、その後、光アンプ５２０または光アンプ５１０で増幅されて光パケットスイッチ部４００での損失が補償された後、光バースト信号受信器６２０またはWDMネットワークのWDM伝送装置６１０へと出力される。

20

【００１２】

図２を参照すれば、光アンプ部２００は、光分岐部２２０と、光バースト信号監視部２３０と、パワー検出部２４０と、励起レーザ出力制御部２５０と、励起レーザ２５３と、光遅延部２７０と、光ファイバ増幅部２１０とを備えている。

30

【００１３】

光分岐部２２０は、バースト信号送信器１２０およびWDM伝送装置１１０と、光遅延部２７０と、光バースト信号監視部２３０との間に設けられている。

【００１４】

光バースト信号監視部２３０は、光検出器２３１と、微分器２３２と、信号長検出器２３３と、信号密度検出部２３４と、監視タイマ２３５とを備えている。光検出器２３１は光分岐部２２０に接続されている。微分器２３２は光検出器２３１に接続されている。微分器２３２には、信号長検出部２３３と信号密度検出部２３４が接続されている。信号長検出部２３３と信号密度検出部２３４には監視タイマ２３５が接続されている。

40

【００１５】

パワー検出部２４０は、光検出器２４１と、比較器２４２と、基準パワー値発生部２４３とを備えている。光検出器２４１は光分岐部２２０と微分器２３２とに接続されている。比較器２４２は、光検出器２４１と、基準パワー値発生部２４３とに接続されている。

【００１６】

励起レーザ出力制御部２５０は、光開閉器２５２と、光開閉器制御部２５１とを備えている。光開閉器制御部２５１は信号長検出器２３３と、信号密度検出部２３４と、比較器２４２と、光開閉器２５２とに接続されている。

50

【 0 0 1 7 】

光遅延部 2 7 0 は、遅延ファイバ 2 7 1、2 7 2 を備えている。遅延ファイバ 2 7 1、2 7 2 は、それぞれ光分岐部 2 2 0 に接続されている。

【 0 0 1 8 】

光ファイバ増幅部 2 1 0 は、光ファイバ増幅器 2 1 1、2 1 2 を備えている。光ファイバ増幅器 2 1 1、2 1 2 は、遅延ファイバ 2 7 1、2 7 2 にそれぞれ接続されている。本実施の形態では、光ファイバ増幅器 2 1 1、2 1 2 として、エルビウム添加ファイバ (E D F) 増幅器をそれぞれ使用している。光ファイバ増幅器 2 1 1、2 1 2 には、励起レーザ 2 5 3 からの励起レーザ光が光開閉器 2 5 2 を介してそれぞれ入射される。

【 0 0 1 9 】

次に、光アンプ部 2 0 0 の動作を説明する。

【 0 0 2 0 】

光分岐部 2 2 0 はバースト信号送信器 1 2 0 または W D M 伝送装置 1 1 0 から出力される入力光バースト信号 A (A 1、A 2、A 3 : 図 3 参照) を、光バースト信号 B (B 1、B 2、B 3 : 図 3 参照)、光バースト信号 C (C 1、C 2、C 3 : 図 3 参照) に分波する。入力光バースト信号 A 1 が光バースト信号 B 1 および光バースト信号 C 1 に分波され、入力光バースト信号 A 2 が光バースト信号 B 2 および光バースト信号 C 2 に分波され、入力光バースト信号 A 3 が光バースト信号 B 3 および光バースト信号 C 3 に分波される。分波された光バースト信号 B はさらに分波され、一方は光バースト信号監視部 2 3 0 の光検出器 2 3 1 に入力され、他方はパワー検出部 2 4 0 の光検出器 2 4 1 に入力される。分波された光バースト信号 C は光遅延部 2 7 0 に入力される。より具体的には、バースト信号送信器 1 2 0 から出力される光バースト信号 A は、光分岐部 2 2 0 で光バースト信号 B、C に分波される。分波された光バースト信号 B はさらに分波され、一方は光検出器 2 3 1 に入力され、他方は光検出器 2 4 1 に入力される。分波された光バースト信号 C は光遅延部 2 7 0 の遅延ファイバ 2 7 2 に入力される。W D M 伝送装置 1 1 0 から出力される光バースト信号 A は、光分岐部 2 2 0 で光バースト信号 B、C に分波される。分波された光バースト信号 B はさらに分波され、一方は光検出器 2 3 1 に入力され、他方は光検出器 2 4 1 に入力される。分波された光バースト信号 C は光遅延部 2 7 0 の遅延ファイバ 2 7 1 に入力される。

【 0 0 2 1 】

分波された光バースト信号 B の一方が入力された光バースト信号監視部 2 3 0 では、分波された光バースト信号 B の一方の信号長、信号間隔、信号密度 (単位時間当たりの光バースト信号が存在する割合) を検出する。

【 0 0 2 2 】

光バースト信号 B を受信した光バースト信号監視部 2 3 0 では、光バースト信号 B は光検出器 2 3 1 に入力される。光検出器 2 3 1 は、光バースト信号 B を検出する。検出された光バースト信号 B は微分器 2 3 2 に入力される。

【 0 0 2 3 】

微分器 2 3 2 で光バースト信号 B の立ち上がりと立ち下がりとを検出して、光バースト信号 B の先頭と末尾とを検出する。光バースト信号 B (B 1、B 2、B 3) の立ち上がりにより、先頭検出信号 D (D 1、D 2、D 3 : 図 3 参照) が生成され、光バースト信号 B の立ち下がりにより、末尾検出信号 E (E 1、E 2、E 3 : 図 3 参照) が生成される。光バースト信号 B 1 の立ち上がりおよび立ち下がりにより、先頭検出信号 D 1 および末尾検出信号 E 1 がそれぞれ生成される。光バースト信号 B 2 の立ち上がりおよび立ち下がりにより、先頭検出信号 D 2 および末尾検出信号 E 2 がそれぞれ生成される。光バースト信号 B 3 の立ち上がりおよび立ち下がりにより、先頭検出信号 D 3 および末尾検出信号 E 3 がそれぞれ生成される。

【 0 0 2 4 】

信号長検出部 2 3 3 は、先頭検出信号 D (D 1、D 2、D 3) および末尾検出信号 E (E 1、E 2、E 3) により光バースト信号長 F (F 1、F 2、F 3 : 図 3 参照) を算出す

10

20

30

40

50

る。先頭検出信号 D 1 および末尾検出信号 E 1 により光パースト信号長 F 1 が算出され、先頭検出信号 D 2 および末尾検出信号 E 2 により光パースト信号長 F 2 が算出され、先頭検出信号 D 3 および末尾検出信号 E 3 により光パースト信号長 F 3 が算出される。信号長検出部 2 3 3 は、また、末尾検出信号 E および次の先頭検出信号 D により光パースト信号間隔を算出する。例えば、末尾検出信号 E 1 および次の先頭検出信号 D 2 により光パースト信号 B 1 と光パースト信号 B 2 との間の光パースト信号間隔が算出される。信号長検出器 2 3 3 には、例えばカウンタが好適に使用される。

【 0 0 2 5 】

信号密度検出部 2 3 4 は、単位時間中の先頭検出信号 D (D 1 、 D 2 、 D 3 : 図 3 参照) の検出回数と光パースト信号長 F (F 1 、 F 2 、 F 3 : 図 3 参照) から、光パースト信号密度を検出する。

10

【 0 0 2 6 】

単位時間は、ここでは、密度を監視する密度監視時間であり、監視タイマ 2 3 5 によって決められる。密度監視時間が長すぎると、パースト信号密度の平均値バラつきが大きくなり、監視時間が短すぎると、励起レーザ出力制御が間に合わない、あるいは励起レーザ出力制御周期と近くなり発振する可能性が高くなる。そのため、密度監視時間は最長のパースト信号長と同程度の時間(1 0 数マイクロ秒から数 1 0 マイクロ秒程度)とし、監視時間中のパースト信号密度に応じ、段階的に励起レーザの出力制御を行う。ただし、伝送網は地域などにより求められる性能、情報量が異なるため、密度監視時間は、平均信号密度、平均信号長、および統計分布に基づいて決定することが好ましい。

20

【 0 0 2 7 】

上述のように、光パースト信号密度は、単位時間(密度監視時間)中の先頭検出信号 D の検出回数と光パースト信号長 F から検出される。従って、上述の信号長検出部 2 3 3 も、監視タイマ 2 3 5 によって信号長を検出する時間が決められる。なお、光パースト信号密度は、単位時間(密度監視時間)中の光パースト信号の数と光パースト信号長 F から求めればよい。従って、光パースト信号の数を求めるのに、先頭検出信号 D の検出回数に代えて、末尾検出信号 E の検出回数を使用してもよい。光パースト信号密度は、単位時間(密度監視時間)当たりの光パースト信号が存在する割合である。密度監視時間の決定や光パースト信号密度の検出は、例えば、コントローラ 7 0 0 によって行われる。

30

【 0 0 2 8 】

図 3 を参照すれば、密度監視時間 1 と密度監視時間 2 は等しく、密度監視時間 1 と密度監視時間 2 とは監視タイマ 2 3 5 によって決められる。密度監視時間 1 と密度監視時間 2 を F 0 とする。密度監視時間 1 では、先頭検出信号 D は D 1 と D 2 であり、先頭検出信号 D の検出回数の数は 2 である。密度監視時間 1 中での光パースト信号 B (B 1 および B 2) の信号長は、それぞれ F 1 および F 2 である。従って、密度監視時間 1 中での光パースト信号密度は、 $(F 1 + F 2) / F 0$ である。また、密度監視時間 2 では、先頭検出信号 D は D 3 であり、先頭検出信号 D の検出回数の数は 1 である。密度監視時間 2 中での光パースト信号 B (B 3) の信号長は、F 3 である。従って、密度監視時間 2 中での光パースト信号密度は、 $F 3 / F 0$ である。

40

【 0 0 2 9 】

分波された光パースト信号 B の他方が入力されたパワー検出部 2 4 0 では、光パースト信号監視部 2 3 0 からのパースト監視情報を元に光パースト信号のみのパワー検出を行う。パワー検出部 2 4 0 の光検出器 2 4 1 は、光パースト信号監視部 2 3 0 の微分器 2 3 2 から、光パースト信号 B (B 1 、 B 2 、 B 3 : 図 3 参照) の先頭検出信号 D (D 1 、 D 2 、 D 3 : 図 3 参照) および、末尾検出信号 E (E 1 、 E 2 、 E 3 : 図 3 参照) を受け取る。光検出器 2 4 1 は、先頭検出信号 D (D 1 、 D 2 、 D 3) および、末尾検出信号 E (E 1 、 E 2 、 E 3) から、信号存在時間を示す矩形信号をそれぞれ生成する。光検出器 2 4 1 は、生成した矩形信号により、例えば、光パースト信号 B 1 、 B 2 、 B 3 が存在する時間のみ、光パースト信号 B 1 、 B 2 、 B 3 のパワー測定をそれぞれ行う。比較器 2 4 2 は、測定した光パースト信号 B 1 、 B 2 、 B 3 のパワーを、基準パワー値発生部 2 4 3 によ

50

って発生される基準パワー値と比較し、比較したパワー値を出力する。

【0030】

励起レーザ出力制御部250は、光バースト信号監視部230からのバースト監視情報とパワー検出部240からのパワー情報に基づいて励起レーザ253からの出力光の制御を行う。励起レーザ253は、光ファイバ増幅部210の光ファイバ増幅器211、212に励起パワーを供給する。

【0031】

励起レーザ出力制御部250では、光バースト信号監視部230の信号密度検出部234からの光バースト信号長 F ($F1$, $F2$, $F3$: 図3参照)と、光バースト信号間隔から、励起レーザ253の出力の Off/On を制御する。但し、励起レーザ253そのものを Off/On するとレーザ出力安定時間が必要となる。励起レーザ253は On の状態としておき、光開閉器制御部251により、光開閉器252を制御して光開閉器252からの励起レーザ253の出力の Off/On を制御する。本願の第1~第4の実施の形態では、励起レーザ253の Off/On 制御は行わない。

【0032】

光開閉器制御部251からの励起レーザ253の出力 Off/On 信号 G (図3参照)は、基本的には、光バースト信号長 F ($F1$, $F2$, $F3$: 図3参照)に基づいて生成される。光アンプ励起状態 H (図3参照)に示すように、励起レーザ253出力 Off/On 信号 G をオンにして($G11$, $G13$: 図3参照)、励起レーザ253からの励起レーザ光の光ファイバ増幅器211、212への照射を開始する。最初は、光ファイバ増幅器211、212の励起が不十分な時間($H1$, $H3$: 図3参照)がある。また、励起レーザ253からの励起レーザ光の光ファイバ増幅器211、212への照射を終了しても、蛍光による励起が行われる時間($H2$, $H4$: 図3参照)がある。光バースト信号 B 間の信号間隔が、励起が不十分な時間($H1$, $H3$)に蛍光による励起が行われる時間($H2$, $H4$)を加えた時間よりも短い場合には、励起レーザ253出力 Off/On 信号 G は ON のままとする($G4$: 図3参照)。

【0033】

光遅延部270は、光分岐部220で分波された光バースト信号 C を遅延させる。光遅延部270は、遅延ファイバ271、272を備えている。光分岐部220からの光バースト信号 C ($C1$, $C2$, $C3$: 図3参照)は、励起レーザ253の出力開始後に光ファイバ増幅部210へ入射されるように、光遅延部270の遅延ファイバ271、272で遅延される。遅延ファイバ271、272は、シングルモードファイバ、もしくは高非線形ファイバなどを好適に備える。

【0034】

遅延ファイバ271、272で遅延された光バースト信号 C ($C1$, $C2$, $C3$)は、光アンプ入力信号 I ($I1$, $I2$, $I3$: 図3参照)となって、光ファイバ増幅部210の光ファイバ増幅器211、212に入力される。励起レーザ253からの励起レーザ光の光ファイバ増幅器211、212への照射を開始すると、最初は、光ファイバ増幅器211、212の励起が不十分な時間($H1$, $H3$: 図3参照)がある。従って、光ファイバ増幅器211、212の励起が不十分な時間($H1$, $H3$)の後に、光ファイバ増幅器211、212に光バースト信号 $C1$, $C3$ が入力されるように、光バースト信号 C が遅延される。

【0035】

光ファイバ増幅部210の光ファイバ増幅器211、212は、遅延ファイバ271、272で遅延された光バースト信号 C ($C1$, $C2$, $C3$)、すなわち、光アンプ入力信号 I ($I1$, $I2$, $I3$: 図3参照)を増幅する。増幅された光アンプ入力信号 I ($I1$, $I2$, $I3$)は、光アンプ出力信号 J ($J1$, $J2$, $J3$: 図3参照)として、光ファイバ増幅器211、212から出力される。

【0036】

光ファイバ増幅器211、212等の光アンプに信号が入力された場合、入力信号の増

10

20

30

40

50

幅にエネルギーを使用するため、入力される光パワーが大きく、信号密度も高いほど光アンプの出力は小さくなる。伝送路上では、図3に示すように光バースト信号には粗密が存在し、信号密度は異なる。また、光バースト信号の光パワーも光バースト信号によって異なる場合がある。光アンプは入力される光パワーの平均値に対して増幅が行われるため、図4に示すように、光アンプの出力では信号のパワー差Dが発生する。今光バースト信号の光パワーが全ての光バースト信号に対して等しいとする。すなわち、光アンプ入力信号I1、I2、I3は光パワーは互いに等しい。光アンプ入力信号I1、I2の信号密度は高く、光アンプ入力信号I3の信号密度は低い。従って、励起レーザ253の出力パワーが同じ場合には、光アンプ出力信号J3に比べて、光アンプ出力信号J1、J2の光パワーが小さくなってしまふ。そこで、上述した励起レーザ253の出力のOff/On制御に加えて、光バースト信号の光パワーおよび信号密度を測定し、信号密度が高い場合には励起レーザ出力を増加させることで信号のパワー差Dをなくし、増幅率の安定を図るように制御を行う。信号密度の高い光アンプ入力信号I1、I2に対しては、信号密度の低い光アンプ入力信号I3に対してよりも、励起レーザ出力を大きくして、光アンプ出力信号J'1、J'2の光パワーと、光アンプ出力信号J'3の光パワーを等しくする。なお、励起レーザ253から出力されるレーザ光のパワーは一定としておく。

10

【0037】

より一般的には、パワー検出部240からのパワー検出結果と光バースト信号監視部230からの単位時間（密度監視時間）当りの光バースト信号の信号長から、光アンプ入力パワー平均値を計算する。上述のように、単位時間（密度監視時間）をF0とし、単位時間（密度監視時間）内に、例えば、光バースト信号Bがn個存在するとする（B1、B2、・・・Bn）。光バースト信号（B1、B2、・・・Bn）の光パワーをそれぞれP1、Pn、・・・Pnとし、光バースト信号（B1、B2、・・・Bn）の信号長をそれぞれF1、F2、・・・Fnとする。光アンプ入力パワーの平均値は、 $(P1 \cdot F1 + P2 \cdot F2 + \dots + Pn \cdot Fn) / F0$ となる。

20

【0038】

光アンプ入力パワーの平均値の基準値を決めておく。そして、この基準値に対して、光アンプ入力パワーの平均値が大きい場合には、励起レーザ出力制御部250内の光開閉器制御部251により光開閉器252を制御（開く）ことにより、光アンプへの励起レーザ入力を増加させる。逆に、この基準値に対して、光アンプ入力パワーの平均値が小さい場合には、励起レーザ出力制御部250内の光開閉器制御部251により光開閉器252を制御（閉じる）ことにより、光アンプへの励起レーザ入力を減少させる。これらの制御はコントローラ700により行う。

30

【0039】

なお、光バースト信号（B1、B2、・・・Bn）の光パワー（P1、Pn、・・・Pn）が互いに等しい場合には、その光パワーをP0とすると、光アンプ入力パワーの平均値は、 $P0(F1 + F2 + \dots + Fn) / F0$ となる。 $(F1 + F2 + \dots + Fn) / F0$ は、上述のとおり、信号密度（単位時間当たりの光バースト信号が存在する割合）である。従って、光バースト信号の光パワーが互いに等しい場合には、信号密度の平均値の基準値を決めておく。そして、この基準値に対して、信号密度の平均値が大きい場合には、励起レーザ出力制御部250内の光開閉器制御部251により光開閉器252を制御（開く）ことにより、光アンプへの励起レーザ入力を増加させる。逆に、この基準値に対して、信号密度の平均値が小さい場合には、励起レーザ出力制御部250内の光開閉器制御部251により光開閉器252を制御（閉じる）ことにより、光アンプへの励起レーザ入力を減少させる。これらの制御はコントローラ700により行う。

40

【0040】

光開閉器252としては、PLZT薄膜を利用した光スイッチまたはマッハツェンダー型光スイッチが好適に使用される。これらのスイッチは、Off時の透過率をOn時の透過率に対して任意に変更可能である。

【0041】

50

次に、図5を参照して、本願の開示する技術の第2の実施の形態の光伝送装置を説明する。本実施の形態では、第1の実施の形態の光開閉器252に代えて、励起レーザ出力制御スイッチとして音響光学スイッチ254を使用する。他の構成は第1の実施の形態と同様である。音響光学スイッチは印加する電圧値、もしくは電流値を変更することで、スイッチの開放量を連続的に変更させられる。

【0042】

そこで、図6に示すように、デジタル/アナログ変換器259などと組み合わせることにより、パワー検出部240からの信号により励起レーザ253から光ファイバ増幅部211、212への励起レーザ入力量を連続的に変化させることができる。その結果、光ファイバ増幅部211、212への励起レーザ入力を途切れることなく、励起レーザ入力パワーを増加させることが可能となる。デジタル/アナログ変換器259は、光開閉器制御部251と音響光学スイッチ254との間に挿入する。

10

【0043】

次に、図7を参照して、本願の開示する技術の第3の実施の形態の光伝送装置を説明する。本実施の形態では、第1の実施の形態の励起レーザ253および光開閉器252に加えて、さらに、励起レーザ255および光開閉器256および光合波器257を使用する。他の構成は第1の実施の形態と同様である。光合波器257は、励起レーザ253からの励起レーザ光および励起レーザ255からの励起レーザ光を合波して、光ファイバ増幅部211、212に供給する。光合波器257として、例えば、光カプラが好適に用いられる。励起レーザが単数の場合、バースト信号密度が高くなると、レーザ出力が足りなくなる可能性がある。励起レーザを複数設けることにより、レーザ出力を確保することができる。バースト信号密度が100%になったとしても、十分な増幅率を確保可能となる。

20

【0044】

次に、図8を参照して、本願の開示する技術の第4の実施の形態の光伝送装置を説明する。第1の実施の形態の光開閉器制御部251および光開閉器252に代えて、本実施の形態では、励起レーザ253に供給する電流、電圧を制御する光レーザ電流電圧制御部258を使用する。他の構成は第1の実施の形態と同様である。第1の実施の形態では、励起レーザ253から出力されるレーザ光のパワーは一定としておき、光開閉器252の透過率を制御して、光ファイバ増幅部211、212に入力される励起レーザ光の光パワーを制御した。これに対して、本実施の形態では、バースト信号の信号密度および光パワーに基づき、励起レーザ光の光パワーの増減を、励起レーザ253から出力されるレーザ光の光パワーを増減させることにより行う。励起レーザ253から出力されるレーザ光の光パワーの制御は、光レーザ電流電圧制御部258から励起レーザ253に印加する電流もしくは電圧を制御することで行う。本実施の形態の構成では、第1～第3の他の実施の形態と比較して、光開閉器252、256、音響光学スイッチ254が不要となる分、低コストに実現することが可能である。ただし、印加電流、あるいは印加電圧の変動と励起レーザ253の出力には、タイムラグが生じるため、光遅延部270の遅延ファイバ271、272のファイバ長を第1～第3の実施の形態よりも長くする。

30

【0045】

上記第1～第4の実施の形態では、光アンプ211、212を備える光アンプ部200について説明したが、光アンプ510、520を備える光アンプ部500も、光アンプ部200と同じ構成である。

40

【0046】

本願の開示する技術では、上記第1～第4の実施の形態を組み合わせた構成をとることも可能である。

【0047】

上記第1～第4の実施の形態では、パケット密度の変動発生時による、光アンプの入力パワー変動に対してゲイン制御を行うことが可能となるため、光アンプ出力パワーのばらつきが低減が可能となる。その結果、光パケット信号が高密度となっても光信号対雑音比OSNR (Optical Signal to Noise Ratio) の劣化が抑制されるため、伝送品質が向上

50

する。さらに、光パケット信号の密度変動による光アンプ出力パワーバラツキの低減により、光パケット受信装置への入力パワーレンジの拡大が抑止できることで、到達距離の延長が実現できる

【 0 0 4 8 】

以上の第 1 ~ 第 4 の実施の形態を含む実施の形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

【 0 0 4 9 】

(付記 1)

光パースト信号を第 1 の光信号と第 2 の光信号に分岐する分岐部と、
 単位時間内に前記第 1 の光信号の信号長を検出する信号長検出部と、
 前記単位時間内の前記第 1 の光信号の光パワーを検出する光パワー検出部と、
 前記第 2 の光信号を遅延させる遅延部と、
 前記遅延部で遅延された前記第 2 の光信号を増幅する光増幅器と、
 前記光増幅器に供給される励起光を生成する励起光光源と、
 前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記第 1 の光信号の信号長と、前記第 1 の光信号の光パワーに基づいて調整する励起光パワー調整部と、
 を備える光伝送装置。

10

【 0 0 5 0 】

(付記 2)

前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記単位時間内の前記第 1 の光信号の光パワーの平均値に基づいて調整する付記 1 記載の光伝送装置。

20

【 0 0 5 1 】

(付記 3)

単位時間内に前記第 1 の光信号が存在する割合を求める算出部をさらに備え、
 前記第 1 の光信号の光パワーが互いに等しい場合に、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記単位時間内の前記第 1 の光信号が存在する割合に基づいて調整する付記 1 記載の光伝送装置。

【 0 0 5 2 】

(付記 4)

前記第 1 の光信号が存在するときのみ前記第 1 の光信号の光パワーを検出する付記 1 ~ 付記 3 のいずれかに記載の光伝送装置。

30

【 0 0 5 3 】

(付記 5)

前記第 1 の光信号の信号間の間隔が、前記光増幅器への励起光の供給を開始してから前記光増幅器の励起が不十分な時間に前記光増幅器への励起光の供給を停止してから蛍光による励起が行われている時間を加えた時間よりも短い場合は、前記第 1 の光信号の前記信号間においても前記光増幅器への励起光の供給を継続する付記 1 ~ 付記 4 のいずれかに記載の光伝送装置。

【 0 0 5 4 】

(付記 6)

前記励起光パワー調整部は、前記励起光光源の電源をオンにした状態で、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを調整する付記 1 ~ 付記 5 のいずれかに記載の光伝送装置。

40

【 0 0 5 5 】

(付記 7)

前記励起光パワー調整部は、前記励起光光源が生成する励起光の光パワーを一定にした状態で、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを調整する付記 1 ~ 付記 6 のいずれかに記載の光伝送装置。

【 0 0 5 6 】

(付記 8)

50

前記励起光パワー調整部は、P L Z T 薄膜を利用した光スイッチまたはマツハツェンダ一型光スイッチを含む付記 7 記載の光伝送装置。

【 0 0 5 7 】

(付記 9)

前記励起光パワー調整部は、音響光学スイッチを含む付記 7 記載の光伝送装置。

【 0 0 5 8 】

(付記 1 0)

前記励起光パワー調整部は、前記励起光光源から出力される前記励起光の光パワーを増減させて、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを調整する付記 1 ~ 付記 6 のいずれかに記載の光伝送装置。

【 0 0 5 9 】

(付記 1 1)

前記光増幅器に供給される励起光を生成する第 2 の励起光光源と、

前記光増幅器に供給される第 2 の励起光光源からの前記励起光の光パワーを、前記第 1 の光信号の信号長と、前記第 1 の光信号の光パワーに基づいて調整する第 2 の励起光パワー調整部と、

前記励起光光源からの前記励起光と、前記第 2 の励起光光源からの前記励起光とを合波する合波部と、

をさらに備える付記 1 ~ 付記 9 のいずれかに記載の光伝送装置。

【 0 0 6 0 】

(付記 1 2)

光バースト信号を第 1 の光信号と第 2 の光信号に分岐し、

単位時間内に前記第 1 の光信号の信号長を検出し、

前記単位時間内に存在する前記第 1 の光信号の光パワーを検出し、

前記第 2 の光信号を遅延させ、

前記第 1 の光信号の信号長と前記第 1 の光信号の光パワーとに基づいて、光増幅器に供給される励起光の光パワーを制御して、遅延させた前記第 2 の光信号を前記光増幅器で増幅する光伝送方法。

【 0 0 6 1 】

(付記 1 3)

前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記単位時間内の前記第 1 の光信号の光パワーの平均値に基づいて調整する付記 1 2 記載の光伝送方法。

【 0 0 6 2 】

(付記 1 4)

単位時間内に前記第 1 の光信号が存在する割合を求め、

前記第 1 の光信号の光パワーが互いに等しい場合に、前記光増幅器に供給される前記励起光の光パワーを、前記単位時間内の前記第 1 の光信号が存在する割合に基づいて調整する付記 1 2 記載の光伝送方法。

【 0 0 6 3 】

以上、本願の開示する技術の典型的な実施の形態を説明してきたが、本願の開示する技術はそれらの実施の形態に限定されない。従って、本発明の範囲は、次の特許請求の範囲によってのみ限定されるものである。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 4 】

1 光パケット伝送装置

1 1 0 W D M 伝送装置

1 2 0 光バースト信号送信器

2 0 0 光アンプ部

2 1 0 光ファイバ増幅部

2 1 1、2 1 2 光ファイバ増幅器

10

20

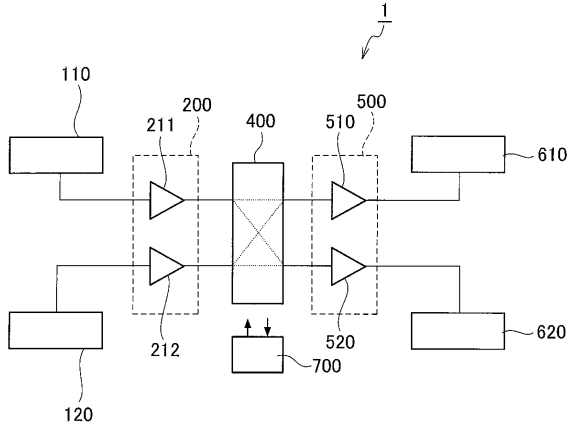
30

40

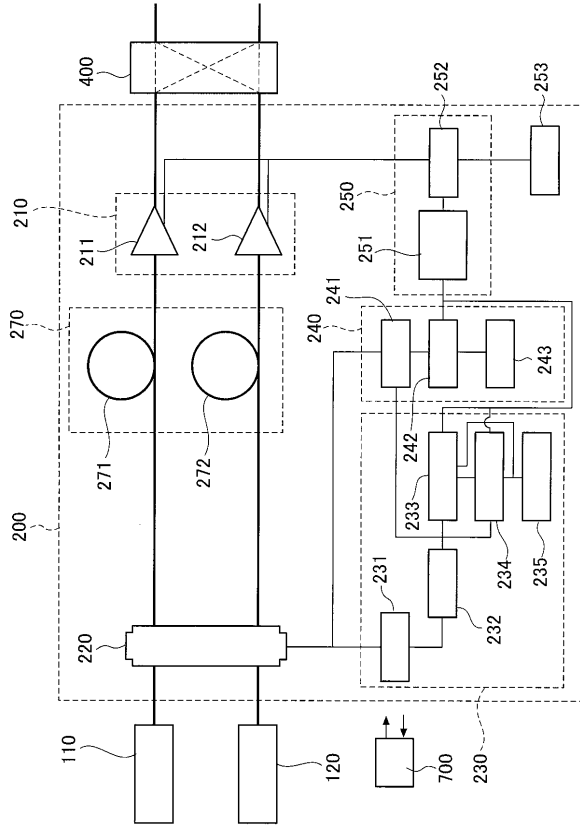
50

2 2 0	光分岐部	
2 3 0	光バースト信号監視部	
2 3 1	光検出器	
2 3 2	微分器	
2 3 3	信号長検出器	
2 3 4	信号密度検出部	
2 3 5	監視タイマ	
2 4 0	パワー検出部	
2 4 1	光検出器	
2 4 2	比較器	10
2 4 3	基準パワー値発生部	
2 5 0	励起レーザ出力制御部	
2 5 1	光開閉器制御部	
2 5 2	光開閉器	
2 5 3	励起レーザ	
2 5 4	音響光学スイッチ	
2 5 5	励起レーザ	
2 5 6	光開閉器	
2 5 7	光合波器	
2 5 8	光レーザ電流電圧制御部	20
2 5 9	デジタル/アナログ変換器	
2 7 0	光遅延部	
2 7 1、2 7 2	遅延ファイバ	
4 0 0	光パケットスイッチ部	
5 0 0	光アンプ部	
5 1 0、5 2 0	光アンプ	
6 1 0	WDM 伝送装置	
6 2 0	光バースト信号受信器	
7 0 0	コントローラ	

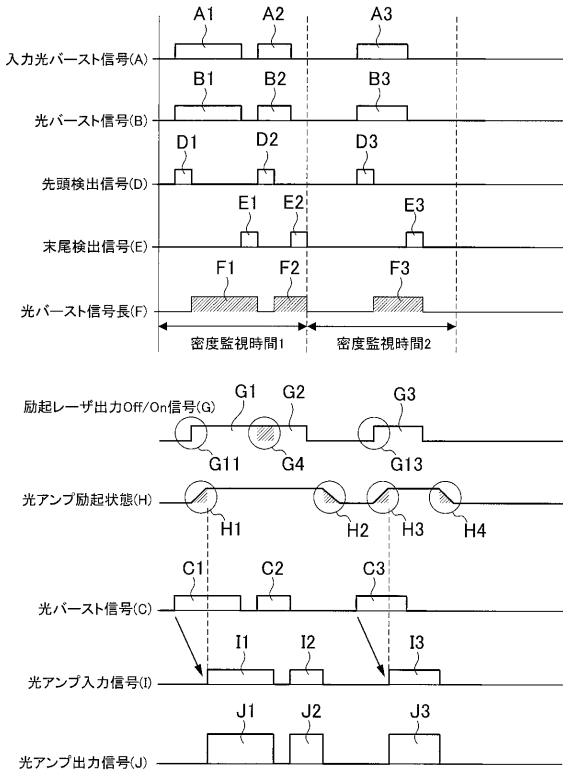
【 図 1 】



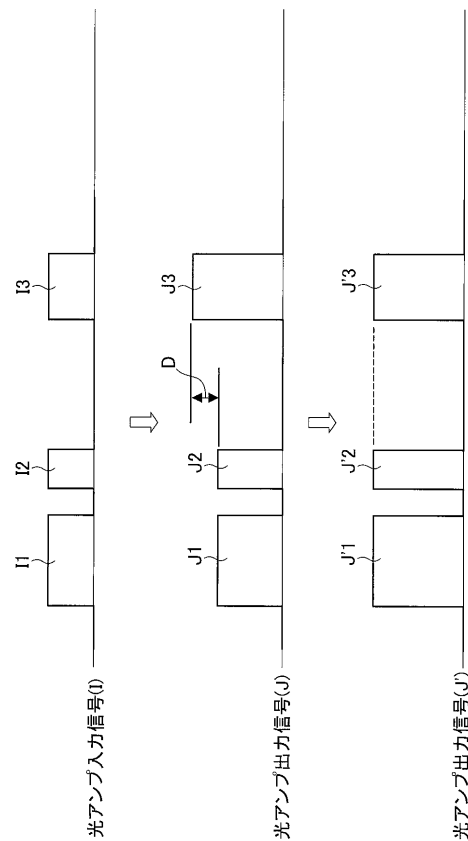
【 図 2 】



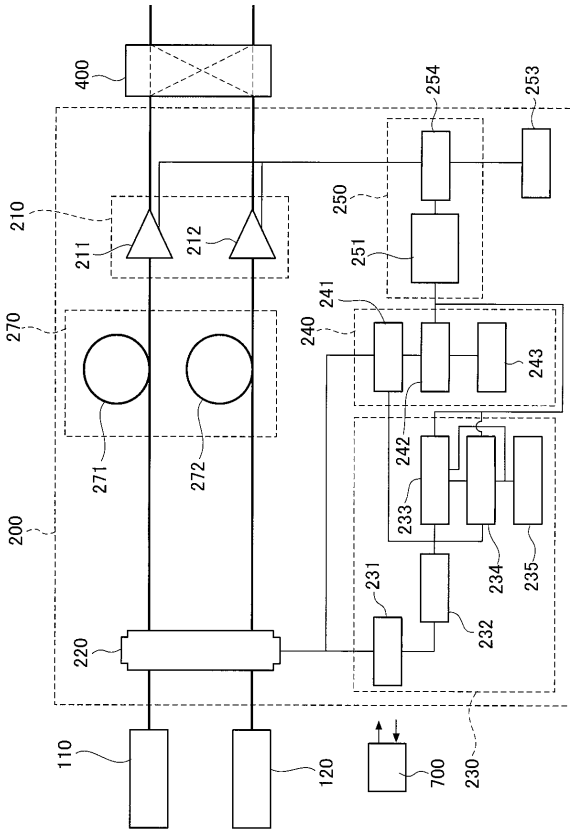
【 図 3 】



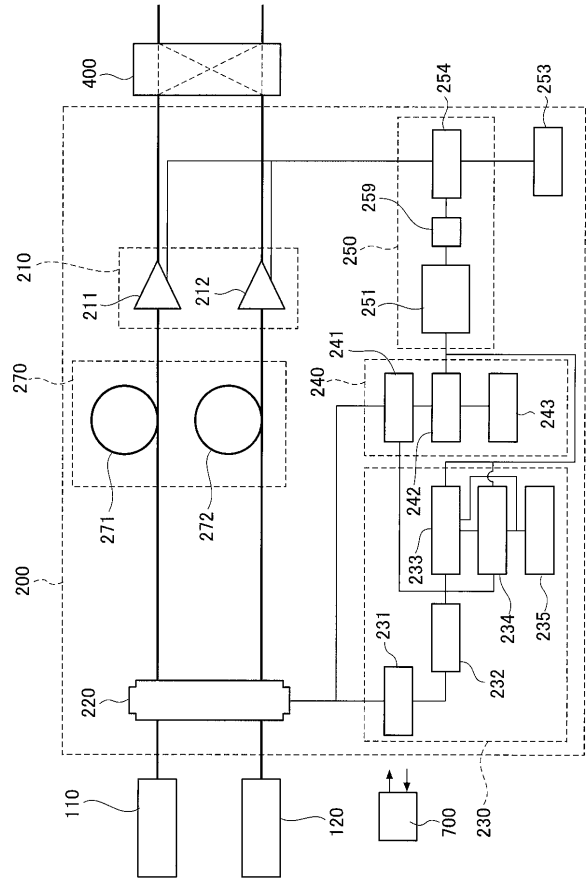
【 図 4 】



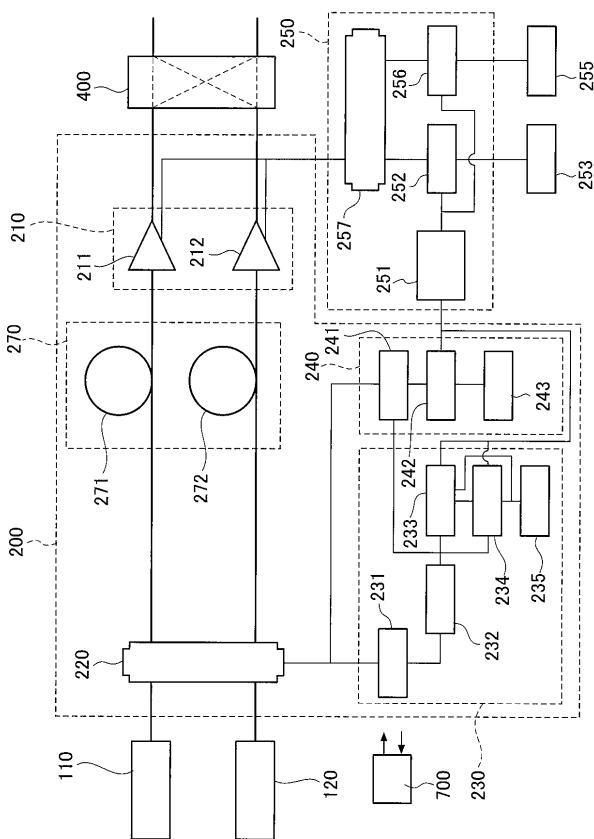
【図 5】



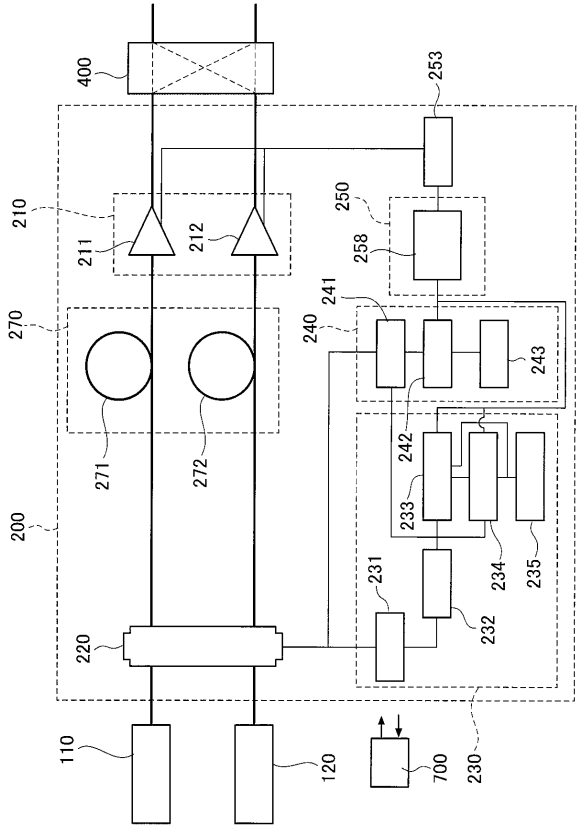
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 坂田 智幸

福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内

(72)発明者 喜志多 達郎

福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内

Fターム(参考) 5F172 AF03 AM08 BB02 BB03 BB35 BB53 BB65 BB84 BB99 ZA04
5K102 AA65 AD01 AH23 AH26 MA03 MB06 MC11 MD02 MD03 MH04
MH13 MH22 PD12 PD16 PH13 PH47 PH48 PH49 RB01 RD02
RD26