

(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2022-2402
(P2022-2402A)

(43) 公開日 令和4年1月6日 (2022. 1. 6)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H O 4 B 10/294 (2013. 01)	H O 4 B 10/294	5 K 1 〇 2
H O 4 J 14/02 (2006. 01)	H O 4 J 14/02 1 2 1	
H O 4 B 10/079 (2013. 01)	H O 4 B 10/079	

審査請求 有 請求項の数 13 〇 L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2021-153770 (P2021-153770)	(71) 出願人 000004237
(22) 出願日 令和3年9月22日 (2021. 9. 22)	日本電気株式会社
(62) 分割の表示 特願2019-512479 (P2019-512479) の分割	東京都港区芝五丁目7番1号
原出願日 平成30年4月5日 (2018. 4. 5)	(74) 代理人 100109313
(31) 優先権主張番号 特願2017-77321 (P2017-77321)	弁理士 机 昌彦
(32) 優先日 平成29年4月10日 (2017. 4. 10)	(74) 代理人 100149618
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	弁理士 北嶋 啓至
	(72) 発明者 見上 聰
	東京都港区芝五丁目7番1号
	日本電気株式会社内
	Fターム (参考) 5K102 AA55 AB06 AD01 AL13 MA03
	MB05 MC11 MH04 MH12 MH24
	PA12 PB11 PC01 PC11 PD16
	PD17 PH13 PH22 PH31 PH42
	PH49 PH50 RD15 RD28

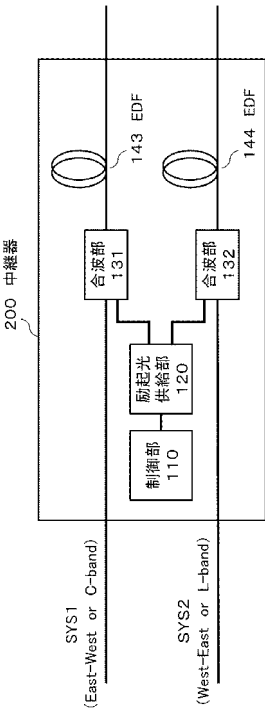
(54) 【発明の名称】 中継器及び中継方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 励起光のパワーを柔軟に制御可能な中継器及び中継方法を提供する。

【解決手段】 中継器200は、第1の励起光及び第2の励起光を生成する励起光供給手段(励起光供給部120)と、第1の励起光を用いて第1の波長帯域の第1の波長多重光信号を増幅する第1の増幅手段と、第2の励起光を用いて第2の波長帯域の第2の波長多重光信号を増幅する第2の増幅手段と、第1の波長帯域及び第2の波長帯域に応じて、第1の励起光のパワー及び第2の励起光のパワーをそれぞれ制御する制御手段と、を備える。第1の波長帯域はCバンドであり、第2の波長帯域はLバンドである。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の励起光及び第 2 の励起光を生成する励起光供給手段と、

前記第 1 の励起光を用いて第 1 の波長帯域の第 1 の波長多重光信号を増幅する第 1 の増幅手段と、

前記第 2 の励起光を用いて第 2 の波長帯域の第 2 の波長多重光信号を増幅する第 2 の増幅手段と、

前記第 1 の波長帯域及び前記第 2 の波長帯域に応じて、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーをそれぞれ制御する制御手段と、

を備え、

前記第 1 の波長帯域は C バンドであり、前記第 2 の波長帯域は L バンドである、
中継器。

【請求項 2】

前記制御手段は、前記第 1 の波長帯域及び前記第 2 の波長帯域に対応するパワーに基づいて、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

請求項 1 に記載の中継器。

【請求項 3】

前記制御手段は、前記第 1 の波長多重光信号の第 1 の波長数及び前記第 2 の波長多重光信号の第 2 の波長数に応じて、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

請求項 1 または 2 に記載の中継器。

【請求項 4】

前記励起光供給手段は、複数の励起光源と、前記複数の励起光源の出力を結合及び分配し、前記第 1 の励起光及び前記第 2 の励起光を出力する分配手段と、を備える、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載された中継器。

【請求項 5】

前記分配手段は分岐比が可変であり、前記制御手段は前記分配手段の分岐比を制御することで、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

請求項 4 に記載された中継器。

【請求項 6】

前記分配手段は、

前記複数の励起光源の出力を結合して複数のポートから出力する第 1 のカプラと、

入力された光を結合して前記第 1 の励起光を出力する第 2 のカプラと、

入力された光を結合して前記第 2 の励起光を出力する第 3 のカプラと、

前記第 1 のカプラのポートから出力された励起光を前記第 2 のカプラ又は前記第 3 のカプラへ出力するスイッチと、を備え、

前記制御手段は、前記第 1 のカプラのポートと記第 2 のカプラ又は前記第 3 のカプラとの接続を切り替えることで、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

請求項 4 に記載された中継器。

【請求項 7】

前記制御手段は、前記第 1 のカプラ、記第 2 のカプラ又は前記第 3 のカプラのいずれかから出力される励起光の減衰量を制御することで、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

請求項 6 に記載された中継器。

【請求項 8】

前記分配手段は、

前記複数の励起光源のうち第 1 の励起光源群の出力を結合して複数のポートから出力する第 1 のカプラと、

前記複数の励起光源のうち第 2 の励起光源群の出力を結合して複数のポートから出力す

10

20

30

40

50

る第 2 のカプラと、

入力された光を結合して前記第 1 の励起光を出力する第 3 のカプラと、

入力された光を結合して前記第 2 の励起光を出力する第 4 のカプラと、

前記第 1 のカプラのポートから出力された励起光を前記第 3 のカプラ又は前記第 4 のカプラへ出力し、前記第 2 のカプラのポートから出力された励起光を前記第 3 のカプラ又は前記第 4 のカプラへ出力するスイッチと、を備え、

前記制御手段は、前記第 1 のカプラのポートと記第 3 のカプラ又は前記第 4 のカプラとの接続を切り替え、前記第 2 のカプラのポートと記第 3 のカプラ又は前記第 4 のカプラとの接続を切り替えることで、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

10

請求項 4 に記載された中継器。

【請求項 9】

前記複数の励起光源は互いに波長が異なる励起光を生成し、

前記分配手段は、

入力された光を波長多重して前記第 1 の励起光を出力する第 1 の合波手段と、

入力された光を波長多重して前記第 2 の励起光を出力する第 2 の合波手段と、

前記複数の励起光源から出力された励起光を前記第 1 の合波手段又は前記第 2 の合波手段へ出力するスイッチと、を備え、

前記制御手段は、前記複数の励起光源と記第 1 の合波手段又は前記第 2 の合波手段との接続を切り替えることで、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

20

請求項 4 に記載された中継器。

【請求項 10】

前記第 1 の波長多重光信号をモニタし、前記第 1 の波長帯域を検出する第 1 のモニタ手段と、

前記第 2 の波長多重光信号をモニタし、前記第 2 の波長帯域を検出する第 2 のモニタ手段と、

をさらに備える請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載された中継器。

【請求項 11】

前記制御手段は、前記第 1 の波長多重光信号または前記第 2 の波長多重光信号から抽出される制御信号に基づいて、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーを制御する、

30

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載された中継器。

【請求項 12】

第 1 の端局装置と、第 2 の端局装置と、前記第 1 の端局装置及び前記第 2 の端局装置の間に接続された中継器と、を備え、

前記中継器は、

第 1 の励起光及び第 2 の励起光を生成する励起光供給手段と、

前記第 1 の励起光を用いて、前記第 1 の端局装置及び前記第 2 の端局装置の間で伝送される第 1 の波長帯域の第 1 の波長多重光信号を増幅する第 1 の増幅手段と、

40

前記第 2 の励起光を用いて、前記第 1 の端局装置及び前記第 2 の端局装置の間で伝送される第 2 の波長帯域の第 2 の波長多重光信号を増幅する第 2 の増幅手段と、

前記第 1 の波長帯域及び前記第 2 の波長帯域に応じて、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーをそれぞれ制御する制御手段と、

を備え、

前記第 1 の波長帯域は C バンドであり、前記第 2 の波長帯域は L バンドである、通信システム。

【請求項 13】

第 1 の励起光及び第 2 の励起光を生成し、

前記第 1 の励起光を用いて第 1 の波長帯域の第 1 の波長多重光信号を増幅し、

50

前記第 2 の励起光を用いて第 2 の波長帯域の第 2 の波長多重光信号を増幅し、

前記第 1 の波長帯域及び前記第 2 の波長帯域に応じて、前記第 1 の励起光のパワー及び前記第 2 の励起光のパワーをそれぞれ制御し、

前記第 1 の波長帯域は C バンドであり、前記第 2 の波長帯域は L バンドである、
中継方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は中継器及び中継方法に関し、特に、光増幅器を備える光中継器及びそれを用いた中継方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

図 1 4 は、一般的な海底光通信システム 900 の構成例を示す図である。陸上端局装置 901 から陸上端局装置 902 へ光信号を伝送するために、光増幅器を内蔵した中継器 903 が配置される。中継器 903 は、光ファイバを伝搬することにより低下した、光信号のパワーを増幅する。

【0003】

図 1 5 は、中継器 903 に内蔵される光増幅器 904 の構成例を示す図である。光増幅器 904 は、一般的に、励起 LD (Laser Diode) 905、増幅媒体である EDF (Erbium-Doped Fiber) 906、合波部 907 を備える。合波部 907 は、伝送される光信号（
例えば、波長多重光信号）と励起 LD 905 から出力された励起光とを合波する。合波部 907 において光信号と合波された励起光は、EDF 906 を励起する。

20

【0004】

図 1 5 に示した光増幅器 904 においては、励起 LD 905 の高信頼化や中継器 903 の低消費電力化及び省スペース化が求められる。このため、1 台の光増幅器が 2 個の励起 LD を備えたり、励起光を 2 台の光増幅器に分配したりする構成が用いられる。本発明に関連して、特許文献 1～3 には、励起光を複数の光増幅器に分配する技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0005】

【特許文献 1】国際公開第 2012/053320 号

【特許文献 2】特開 2013-123205 号公報

【特許文献 3】特開 2003-174417 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

海底光通信システム 900 には、通信のニーズに合わせて光信号の経路を切り替える機能や 1 本の光ファイバに多重される波長多重光信号の波長数や波長帯域を変更する機能といった、設定を柔軟に変更できる機能が求められる。そして、波長多重光信号の波長数や波長帯域が変更された場合でも波長多重光信号に含まれるキャリア毎のピークパワーが一定に保たれることが好ましい。このような柔軟性及びパワーへの要求に伴い、中継器 903 を構成する光増幅器 904 には、海底光通信システム 900 を構成する各光ファイバを伝送される波長多重光信号の波長数及び波長帯域の変化に対応して励起光のパワーを柔軟に制御することが求められる。

40

【0007】

(発明の目的)

本発明の目的は、励起光のパワーを柔軟に制御可能な中継器を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

50

本発明の中継器は、第１の励起光及び第２の励起光を生成する励起光供給手段と、前記第１の励起光を用いて第１の波長帯域の第１の波長多重光信号を増幅する第１の増幅手段と、前記第２の励起光を用いて第２の波長帯域の第２の波長多重光信号を増幅する第２の増幅手段と、前記第１の波長帯域及び前記第２の波長帯域に応じて、前記第１の励起光のパワー及び前記第２の励起光のパワーをそれぞれ制御する制御手段と、を備え、前記第１の波長帯域はCバンドであり、前記第２の波長帯域はLバンドである、ことを特徴とする。

【０００９】

本発明の中継方法は、第１の励起光及び第２の励起光を生成し、前記第１の励起光を用いて第１の波長帯域の第１の波長多重光信号を増幅し、前記第２の励起光を用いて第２の波長帯域の第２の波長多重光信号を増幅し、前記第１の波長帯域及び前記第２の波長帯域に応じて、前記第１の励起光のパワー及び前記第２の励起光のパワーをそれぞれ制御する、手順を含み、前記第１の波長帯域はCバンドであり、前記第２の波長帯域はLバンドである、ことを特徴とする。

手順を含む。

【発明の効果】

【００１０】

本発明は、励起光のパワーを柔軟に制御可能な中継器を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】第１の実施形態の海底光通信システム１０の構成例を示すブロック図である。

【図２】第１の実施形態の中継器１００の構成例を示すブロック図である。

【図３】第１の実施形態の中継器１００の制御手順の例を示す図である。

【図４】第２の実施形態の中継器２００の構成例を示すブロック図である。

【図５】励起光供給部１２１の構成例を示すブロック図である。

【図６】励起光供給部１２２の構成例を示すブロック図である。

【図７】励起光供給部１２３の構成例を示すブロック図である。

【図８】励起光供給部１２４の構成例を示すブロック図である。

【図９】励起光供給部１２５の構成例を示すブロック図である。

【図１０】励起光供給部１２６の構成例を示すブロック図である。

【図１１】第３の実施形態の中継器３００の構成例を示すブロック図である。

【図１２】第４の実施形態の海底光通信システム２０の構成例を示すブロック図である。

【図１３】第４の実施形態の中継器４００の構成例を示すブロック図である。

【図１４】一般的な海底光通信システム９００の構成例を示すブロック図である。

【図１５】一般的な光増幅器９０４の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

本発明の実施形態について以下に説明する。なお、実施形態の説明及び図面において既出の要素には同一の参照符号を付して、重複する説明は省略する。

【００１３】

（第１の実施形態）

図１は、本発明の第１の実施形態の海底光通信システム１０の構成例を示すブロック図である。海底光通信システム１０は、陸上端局装置１０１及び１０２（第１及び第２の陸上端局装置）、中継器１００を備える。海底には、光増幅器を内蔵した中継器１００が所定の間隔で配置される。陸上端局装置１０１及び１０２、中継器１００は光ファイバケーブルで接続される。中継器１００は、光ファイバ中の伝搬により低下した光信号のパワーを増幅する。

【００１４】

陸上端局装置１０１と陸上端局装置１０２との間で波長多重（Wavelength Division Multiplexing、WDM）光信号が伝送される。陸上端局装置１０１と陸上端局装置１０２との

10

20

30

40

50

間の伝送路は2系統あり、それぞれSYS (System) 1、SYS 2と記載される。SYS 1で伝送されるWDM光信号(第1の波長多重光信号)及びSYS 2で伝送されるWDM光信号(第2の波長多重光信号)の方向は同一でもよく、異なってもよい。また、SYS 1で伝送されるWDM光信号及びSYS 2で伝送されるWDM光信号の波長数及び波長帯域は同一でもよく、異なってもよい。

【0015】

図2は、第1の実施形態の中継器100の構成例を示すブロック図である。中継器100は、制御部110、励起光供給部120、合波部131及び132、増幅部141及び142を備える。

【0016】

励起光供給部120は、励起光を生成する励起光供給手段を担う。合波部131は、励起光と第1の波長多重光信号とを合波する第1の合波手段を担う。合波部132は、励起光と第2の波長多重光信号とを合波する第2の合波手段を担う。増幅部141は、励起光を用いて第1の波長多重光信号を増幅する第1の増幅手段を担う。増幅部142は、励起光を用いて第2の波長多重光信号を増幅する第2の増幅手段を担う。制御部110は、第1及び第2の波長多重光信号の波長の情報(以下、「波長情報」という。)に基づいて第1及び第2の合波手段へ出力する励起光のパワー(以下、「励起光パワー」という。)を制御する制御手段を担う。

【0017】

これらを備える図2の中継器100は、光増幅器としての機能を具備する。なお、中継器100は光信号の監視機能や電源の制御機能を備えるが、これらの構成は一般的に知られており、図面への記載及び説明は省略される。

【0018】

中継器100は、2本の光伝送路SYS 1及びSYS 2で伝送されるWDM光信号を増幅する。励起光供給部120は、少なくとも1個の励起光源を備える。励起光供給部120は、増幅部141及び142に対して、合波部131又は132を介して励起光を供給する。

【0019】

制御部110は、励起光供給部120が増幅部141及び142へ供給する励起光を制御する。制御部110は、SYS 1及びSYS 2において伝送されるWDM光信号の波長情報に応じて、合波部131及び132へ分配する励起光の光パワーを制御する。合波部131及び132は、励起光供給部120が出力する励起光と入力されたWDM光信号とを合波する。合波部131及び132として、光カプラ(方向性結合器)、光波長合波器又は波長選択スイッチ(Wavelength Selective Switch、WSS)を用いることができる。増幅部141及び142は増幅媒体であり、励起光供給部120から供給された励起光によってWDM光信号を増幅する。

【0020】

図3は、第1の実施形態の制御部110の動作のフローチャートの例である。制御部110は、SYS 1及びSYS 2の少なくとも一方において伝送されるWDM光信号の波長情報を取得する(図3のステップS01)。そして、制御部110は、取得した波長情報に応じたパワーの励起光の供給を励起光供給部120に指示する(ステップS02)。

【0021】

励起光供給部120は、制御部110からの指示に基づくパワーの励起光を合波部131及び132へ出力する。合波部131及び132へ出力される励起光パワーは異なってもよい。増幅部141及び142は、供給された励起光パワーに応じてWDM光信号を増幅して中継器100から出力する。なお、制御部110はハードウェアとして中央処理装置(Central Processing Unit、CPU)等のコンピュータ、及び、半導体メモリ等の記憶装置を備えてもよい。そして、図3の手順を記憶装置に記憶されたコンピュータプログラムをCPUが実行することにより制御部110の機能が実現されてもよい。

【0022】

10

20

30

40

50

このような構成を備える中継器 100 は、WDM 光信号の波長情報に基づいて励起光供給部 120 が制御されるため、励起光パワーを柔軟に制御できる。

【0023】

(第 2 の実施形態)

図 4 は、第 2 の実施形態の中継器 200 の構成例を示すブロック図である。中継器 200 は、第 1 の実施形態で説明した中継器 100 の一形態である。中継器 200 は、図 2 の増幅部 141 及び 142 として、エルビウム添加ファイバ (Er-Doped Fiber、EDF) 143 及び 144 を備える。SYS1 及び SYS2 は異なる回線であり、例えば、2 か所の陸上端局装置 101 及び 102 を接続する上り回線及び下り回線である。このような、陸上端局装置を接続する 2 本の回線は「East-West 回線」及び「West-East 回線」と呼ばれることがある。

10

【0024】

本実施形態において、SYS1 と SYS2 の伝送方向は同一でもよい。また、SYS1 と SYS2 とで、使用される波長数や波長帯域が異なってもよい。例えば、SYS1 は C-Band の WDM 光信号を伝送し、SYS2 は L-Band の WDM 光信号を伝送してもよい。ここで、「C-band」はおおむね 1530 nm ~ 1565 nm の波長帯域を意味し、「L-band」は、おおむね 1570 nm ~ 1610 nm の波長帯域を意味する。

【0025】

励起光供給部 120 から SYS1 及び SYS2 へ供給される励起光パワーは、SYS1 及び SYS2 で伝送される WDM 光信号のキャリア毎のピークパワーが所定の値となるように制御される。キャリア毎のピークパワーが所定の値となるための励起光パワーは、WDM 光信号の波長情報によって異なる。このため、制御部 110 は、WDM 光信号の波長情報と、その波長情報の WDM 光信号のキャリアを所定のピークパワーに増幅する場合に必要な励起光パワーと、の関係を記憶する。例えば、制御部 110 は、運用中の WDM 光信号の波長情報に対応する励起 LD のパワーをあらかじめ内部にテーブルとして記憶してもよい。励起 LD に関しては図 5 以降で説明する。制御部 110 は、設定された WDM 光信号の波長情報をキーとして、テーブルから励起光パワーを検索できる。WDM 光信号の波長情報は、中継器 200 の設置時に制御部 110 に設定されてもよい。設定された波長情報は中継器 200 の保守作業により変更可能であってもよい。制御部 110 は、設定された WDM 光信号の波長情報を取得し、当該情報に対応する励起光パワーの供給を励起光供給部 120 に指示する。励起光供給部 120 は、制御部 110 から指示されたパワーの励起光を合波部 131 及び 132 へ出力する。このような構成により、励起光供給部 120 は、励起光パワーの柔軟な制御を実現する。

20

30

【0026】

なお、以降の実施形態では波長情報が WDM 光信号の波長数の情報及び波長帯域の情報である場合について説明する。しかし、波長情報は、SYS1 の WDM 光信号の波長情報と SYS2 の WDM 光信号の波長情報の一方又は両方でもよい。また、波長情報は、WDM 光信号の波長数の情報及び波長帯域の情報の一方又は両方でもよい。すなわち、波長情報は、SYS1 の WDM 光信号の波長数の情報、SYS1 の WDM 光信号の波長帯域の情報、SYS2 の WDM 光信号の波長数の情報、及び、SYS2 の WDM 光信号の波長帯域の情報、の少なくとも 1 つを含む。

40

【0027】

以下に、励起光供給部 120 の具体的な構成例を励起光供給部 121 ~ 126 として説明する。図 5 は、励起光供給部 121 の構成例を示すブロック図である。励起光供給部 121 は、励起レーザダイオード (Laser Diode、LD) 221 及び 222、分配部 231 を備える。励起 LD 221 及び 222 のパワーは、SYS1 及び SYS2 で伝送される WDM 光信号の波長数及び波長帯域の情報に基づいて制御部 110 によって制御される。励起 LD 221 及び 222 として、波長が 0.98 μ m 帯又は 1.48 μ m 帯の励起 LD を用いることができる。励起 LD 221 及び 222 はいずれか一方のみでもよいが、励起 LD

50

を2台備えることで、励起LDの冗長化及び励起光パワーの増強が可能である。励起LDは、EDF143及び144の励起光を生成する励起光源として機能する。

【0028】

分配部231は、励起光源の出力を合波部131及び132へ分配する分配手段を担う。分配部231は入力された励起光をSYS1の合波部131及びSYS2の合波部132へ分配する。分配部231は例えば2×2光カプラである。しかし、以降の実施形態で説明するように、分配部231は2×2光カプラに限定されない。

【0029】

励起光供給部121は、WDM光信号の波長数及び波長帯域の情報に応じた励起LD21及び222の制御によって、励起光パワーの柔軟な制御を実現する。

10

【0030】

図6は、励起光供給部122の構成例を示すブロック図である。励起光供給部122は、励起LD221及び222、可変分岐カプラ232を備える。励起光供給部121と同様に、励起LD221及び222はいずれか一方のみでもよい。

【0031】

可変分岐カプラ232は分岐比が可変であるカプラであり、制御部110は波長数及び波長帯域の情報に基づいて、励起LD221及び222のパワー及び可変分岐カプラ232の分岐比を制御する。すなわち、励起光供給部122は、SYS1及びSYS2へ分配する励起光パワーの比を変更できる。このため、SYS1とSYS2とでWDM光信号の波長数や波長帯域が異なる場合でも、励起光供給部122は、キャリア毎のピークパワーを所定の値とするために励起光をSYS1とSYS2とへ柔軟に分配できる。可変分岐カプラ232の具体例として、マッハツェンダ干渉計を用いた光導波路型2×2カプラが知られている。

20

【0032】

このように、励起光供給部122は、可変分岐カプラ232を用いることで、励起光パワーの柔軟な制御を実現する。

【0033】

図7は、励起光供給部123の構成例を示すブロック図である。励起光供給部123は、4個の励起LD221～224、カプラ240（第1のカプラ）、カプラ261及び262（第2及び第3のカプラ）、スイッチ250を備える。カプラ240、261及び262、スイッチ250が、図5の分配部231に対応する。カプラ240は入力が4ポート、出力が6ポートの4×6光カプラであり、スイッチ250は入力が6ポート、出力が12ポートの6×12光スイッチである。カプラ261及びカプラ262は、入力が6ポート、出力が1ポートの12×1光カプラである。図7のポート数は一例である。一般的に、図7の構成は、N個の励起LD221～22N、励起LD221～22Nの出力を結合して複数のポートから出力するN×M光カプラ240、M×2M光スイッチ250、2M×1光カプラ261及び262、として表現できる。Nは自然数、Mは2以上の自然数である。

30

【0034】

すなわち、カプラ240とスイッチ250との間の光路はM本あり、スイッチ250とカプラ261との間の光路及びスイッチ250とカプラ262との間の光路もM本ある。カプラ240は励起LDから出力されたN本の励起光を結合してM本に分岐して出力する。スイッチ250は、入力されたM本の励起光をカプラ261及びカプラ262の一方に出力するように内部の接続を切り替えることができる。カプラ261及び262は、スイッチ250において接続された励起光を結合して、合波部131及び132へそれぞれ出力する。図7は、N=4、M=6の場合を示す。

40

【0035】

制御部110は、WDM光信号の波長数及び波長帯域の情報に基づいて、励起LD221～224のパワーを制御するとともにスイッチ250が接続する入力ポートと出力ポートとを選択する。スイッチ250は、カプラ261及びカプラ262と接続される励起光

50

のポート数を選択することにより、合波部 1 3 1 及び 1 3 2 へ分配する励起光パワー及びその比率を制御できる。例えば、図 7 ではスイッチ 2 5 0 はカプラ 2 6 1 の 4 本のポートへ励起光を出力し、カプラ 2 6 2 の 2 本のポートに励起光を出力する。従って、S Y S 1 の合波部 1 3 1 へ出力される励起光パワーは、S Y S 2 の合波部へ出力されるその 2 倍となる。励起光供給部 1 2 3 は、スイッチ 2 5 0 によって接続される励起光の数を増減することで、S Y S 1 及び S Y S 2 へ供給される励起光パワーを独立に増減できる。

【0036】

なお、スイッチ 2 5 0 とカプラ 2 6 1 との間の光路を 2 本とし、この 2 本の光路を偏波保持光ファイバで構成し、カプラ 2 6 1 に 2×1 偏波合成カプラを用いてもよい。2 本の偏波保持光ファイバから出力される励起光を偏波合成することで、カプラ 2 6 1 は、入力された 2 本の励起光の合計のパワーの励起光を合波部 1 3 1 へ出力できる。同様に、スイッチ 2 5 0 とカプラ 2 6 2 との間を 2 本の偏波保持光ファイバで接続し、カプラ 2 6 2 に偏波合成カプラを用いることで、カプラ 2 6 2 は、入力された励起光の合計のパワーの励起光を合波部 1 3 2 へ出力できる。

【0037】

このように、励起光供給部 1 2 3 は、スイッチ 2 5 0 を制御することで、励起光パワーの柔軟な制御を実現する。

【0038】

図 8 は、励起光供給部 1 2 4 の構成例を示すブロック図である。励起光供給部 1 2 4 は、励起光供給部 1 2 3 の構成に加えて、可変光減衰器 (Variable Optical Attenuator、VOA) 2 9 1 ~ 2 9 3 を備える。VOA 2 9 1 は、スイッチ 2 5 0 に入力される励起光パワーを光路毎に調整できる。VOA 2 9 2 及び 2 9 3 は、カプラ 2 6 1 及び 2 6 2 から出力される励起光パワーを調整できる。制御部 1 1 0 は、波長数及び波長帯域の情報に基づいて、VOA 2 9 1 ~ 2 9 3 の減衰量を制御する。このような構成により、励起光供給部 1 2 4 は、より精密に励起光を制御できる。

【0039】

なお、励起光供給部 1 2 4 は VOA 2 9 1 ~ 2 9 3 のうち少なくとも 1 個を備えていればよい。VOA は励起 LD 2 2 1 ~ 2 2 4 とカプラ 2 6 1 の出力との間に設置することができる。

【0040】

図 9 は、励起光供給部 1 2 5 の構成例を示すブロック図である。励起光供給部 1 2 5 は、4 個の励起 LD 2 2 1 ~ 2 2 4、カプラ 2 4 1、2 4 2、2 6 3 及び 2 6 4、スイッチ 2 5 1 を備える。カプラ 2 4 1、2 4 2、2 6 3 及び 2 6 4、スイッチ 2 5 1 が、図 5 の分配部 2 3 1 に対応する。カプラ 2 4 1、2 4 2、2 6 3 及び 2 6 4 は 2×2 光カプラであり、スイッチ 2 5 1 は 4×4 光スイッチである。スイッチ 2 5 1 とカプラ 2 6 3 との間の光路は 2 本であり、スイッチ 2 5 1 とカプラ 2 6 4 との間の光路も 2 本である。

【0041】

カプラ 2 6 3 及び 2 6 4 は 2×2 光カプラであるため、カプラ 2 6 3 の出力を S Y S 1 及び S Y S 2 に出力し、カプラ 2 6 4 の出力をさらに他の伝送路である S Y S 3 及び S Y S 4 が備える増幅部の励起光として出力できる。

【0042】

スイッチ 2 5 1 は、カプラ 2 4 1 から入力された励起光の一方を、カプラ 2 6 3 又はカプラ 2 6 4 へ選択的に出力できる。また、スイッチ 2 5 1 は、カプラ 2 4 2 から入力された励起光の一方を、カプラ 2 6 4 又はカプラ 2 6 3 へ選択的に出力できる。このような構成により、励起光供給部 1 2 5 は、励起 LD 2 2 1 ~ 2 2 4 の出力を、カプラ 2 6 3 及びカプラ 2 6 4 に分配できる。例えば、スイッチ 2 5 1 の内部が実線のように接続されている場合に励起 LD 2 2 3 又は 2 2 4 が故障するとカプラ 2 6 4 から出力される励起光パワーが低下する。この場合、破線で示されるように、カプラ 2 4 1 からの一方の入力の出力先をカプラ 2 6 3 からカプラ 2 6 4 へ変更するようにスイッチ 2 5 1 を制御することで、カプラ 2 6 4 へ入力される励起光パワーの低下を補うことができる。その結果、S Y S 3

10

20

30

40

50

及びSYS 4に供給される励起光パワーの低下を抑制できる。同様に、励起LD 2 2 1又は2 2 2が故障した際に、カプラ 2 4 2の出力の一方がカプラ 2 6 3へ出力されるようにスイッチ 2 5 1を制御してもよい。

【0043】

制御部 1 1 0は、励起LD 2 2 1～2 2 4の動作状態の取得及びパワーの制御、並びにスイッチ 2 5 1の制御を行う。制御部 1 1 0は、WDM光信号の波長数及び波長帯域の情報、励起LD 2 2 1～2 2 4の動作状態、並びにスイッチ 2 5 1の切り替え状態に対応する励起LD 2 2 1～2 2 4のパワーをあらかじめ内部にテーブルとして記憶してもよい。制御部 1 1 0は、WDM光信号の波長情報、励起LD 2 2 1～2 2 4の動作状態及びスイッチ 2 5 1の切り替え状態をキーとして、テーブルから励起光パワーを検索してもよい。

10

【0044】

なお、励起LD 2 2 1と励起LD 2 2 2とは同時に動作していてもよいし、正常時は励起LD 2 2 1のみが動作し、一方が故障した際には励起LD 2 2 2に切り替わる構成でもよい。励起LD 2 2 3及び2 2 4に関しても同様である。

【0045】

このように、励起光供給部 1 2 5は、励起LD 2 2 1～2 2 4及びスイッチ 2 5 1を制御することで、励起光パワーの柔軟な制御を実現する。

【0046】

図 1 0は、励起光供給部 1 2 6の構成例を示すブロック図である。スイッチ 2 5 2、合波器 2 8 1及び2 8 2（第3及び第4の合波手段）が、図5の分配部 2 3 1に対応する。励起LD 2 7 1～2 7 4が生成する励起光の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ は互いに異なる。スイッチ 2 5 2は4入力8出力の4×8光スイッチである。スイッチ 2 5 2の出力は合波器 2 8 1に4本接続され、合波器 2 8 2に4本接続される。合波器 2 8 1及び2 8 2は、スイッチ 2 5 2から入力された励起光を波長多重して出力する。

20

【0047】

制御部 1 1 0は、WDM光信号の波長数及び波長帯域の情報に基づいて、励起LD 2 7 1～2 7 4のパワーを制御するとともにスイッチ 2 5 2の入力ポートと出力ポートとの接続を切り替える。スイッチ 2 5 2は、合波器 2 8 1及び2 8 2と接続される励起光の波長及び数を選択することにより、SYS 1及びSYS 2へ分配される励起光パワー及びその比率を制御できる。すなわち、スイッチ 2 5 2は、入力される4本の励起光（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ）から1～4本を選択して合波器 2 8 1に出力し、残りの励起光から1～4本を選択して合波器 2 8 2に出力する。図 1 0は、励起LD 2 7 1～2 7 3（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_3$ ）の励起光が合波部 1 3 1に出力され、励起LD 2 7 4（波長 λ_4 ）の励起光が合波部 1 3 2に出力される例を示す。

30

【0048】

制御部 1 1 0は、スイッチ 2 5 2を制御することで、合波器 2 8 1へ入力される励起光と合波器 2 8 2へ入力される励起光とを選択できる。励起LD 2 7 1～2 7 4のそれぞれのパワーがほぼ等しい場合には、SYS 1とSYS 2とへ供給される励起光パワーは、スイッチ 2 5 2で選択された励起光の本数におおむね比例する。このような構成を備える励起光供給部 1 2 6も、波長多重する励起光の数を選択することで、励起光パワーを柔軟に制御できる。

40

【0049】

図 1 1は、第3の実施形態の中継器 3 0 0の構成例を示すブロック図である。中継器 3 0 0は、第2の実施形態の中継器 2 0 0の構成に加えて、分岐部 3 1 0及びモニタ部 3 2 0を備える。分岐部 3 1 0は、SYS 1のWDM光信号及びSYS 2のWDM光信号の少なくとも一方を分岐する分岐手段を担う。

【0050】

分岐部 3 1 0は、SYS 1を伝搬するWDM光信号の一部を分岐してモニタ部 3 2 0へ出力する。モニタ部 3 2 0は、WDM光信号に含まれる波長数及びWDM光信号の波長帯域を検出する。このような機能は、WSS等の光フィルタ及び受光素子によって実現可能

50

である。すなわち、モニタ部 320 は、SYS1 を伝搬する光信号の波長情報を特定し、その結果を制御部 110 に通知する。

【0051】

制御部 110 は、モニタ部 320 から通知された SYS1 を伝搬する WDM 光信号の波長情報、及び、当該波長情報に対応する励起光パワーを示すテーブルに基づいて励起光供給部 120 を制御する。励起光供給部 120 として、上述の励起光供給部 121～126 のいずれかを用いることができる。また、分岐部 310 及びモニタ部 320 を SYS2 側の伝送路用にも設置することで、制御部 110 は SYS1 及び SYS2 の WDM 光信号から検出した WDM 光信号の情報に基づいて励起光供給部 120 を制御してもよい。

【0052】

中継器 300 は、実際に伝搬している WDM 光信号の情報を直接知ることができる。このため、中継器 300 は励起光パワーを柔軟に制御可能であるほか、WDM 光信号の波長数や波長帯域が変更された場合でも励起光パワーの好ましい制御が可能である。

【0053】

図 12 は、第 4 の実施形態の海底光通信システム 20 の構成例を示すブロック図である。陸上端局装置 101、102 あるいは海底光通信システム 20 に接続されたネットワークマネジメントシステムは、中継器 400 に向けて制御信号を送信する。中継器 400 は、制御信号を抽出して、制御部 110 に通知する。制御信号は、波長数及び波長帯域の情報、あるいは、励起光供給部 120 に指示する励起光パワーの情報を含む。

【0054】

図 13 は、第 4 の実施形態の中継器 400 の構成例を示すブロック図である。分岐部 310 は、SYS1 を伝搬する WDM 光信号を分岐して制御信号抽出部 330 へ出力する。WDM 光信号には制御信号が重畳されている。制御信号は、通信に使用されない波長のキャリアや、WDM 光信号の低周波変調によって伝送される。制御信号抽出部 330 は、波長フィルタやローパスフィルタを用いて制御信号を抽出し、制御部 110 に通知する。制御信号抽出部 330 は、分岐部 310 で分岐された WDM 光信号から合波部 131 及び 132 へ出力する励起光パワーを励起光供給部 120 に指示する制御信号を抽出し、抽出された制御信号を制御部 110 へ出力する制御信号抽出手段を担う。

【0055】

制御部 110 は、制御信号に含まれる情報に基づいて、励起光供給部 120 を制御する。また、第 3 の実施形態と同様に、分岐部 310 及び制御信号抽出部 330 を SYS2 側の伝送路用にも設置することで、制御部 110 は SYS1 及び SYS2 の WDM 光信号から検出した制御信号に基づいて励起光供給部 120 を制御できる。なお、図 12 及び図 13 で制御信号に付された矢印は制御信号の向きを限定しない。

【0056】

第 4 の実施形態の中継器 400 は、WDM 光信号から抽出された制御信号を用いて励起光パワーを制御する。このため、中継器 400 は励起光パワーを柔軟に制御可能であるほか、WDM 光信号の波長数や波長帯域に基づいて励起光パワーを制御するためのテーブルを中継器 400 に備える必要がない。

【0057】

なお、上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限定されない。

(付記 1)

励起光を生成する励起光供給手段と、

前記励起光と第 1 の波長多重光信号とを合波する第 1 の合波手段と、

前記励起光と第 2 の波長多重光信号とを合波する第 2 の合波手段と、

前記励起光を用いて前記第 1 の波長多重光信号を増幅する第 1 の増幅手段と、

前記励起光を用いて前記第 2 の波長多重光信号を増幅する第 2 の増幅手段と、

前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号の少なくとも一方の波長情報に基づいて前記第 1 の合波手段及び前記第 2 の合波手段へ出力する前記励起光のパワーを

10

20

30

40

50

制御する制御手段と、
を備える中継器。

(付記 2)

前記波長情報は、前記第 1 の波長多重光信号の波長数の情報、前記第 1 の波長多重光信号の波長帯域の情報、前記第 2 の波長多重光信号の波長数の情報、及び、前記第 2 の波長多重光信号の波長帯域の情報、の少なくとも 1 つを含む、付記 1 に記載された中継器。

(付記 3)

前記励起光供給手段は、前記励起光を生成する励起光源と、前記励起光源の出力を前記第 1 の合波手段及び前記第 2 の合波手段へ分配する分配手段と、を備える付記 1 又は 2 に記載された中継器。

(付記 4)

前記分配手段は分岐比が可変であるカプラであり、前記制御手段は前記波長情報に基づいて前記カプラの分岐比を制御する、付記 3 に記載された中継器。

(付記 5)

前記分配手段は、
前記励起光源の出力を結合して複数のポートから出力する第 1 のカプラと、
入力された光を結合して前記第 1 の合波手段へ出力する第 2 のカプラと、
入力された光を結合して前記第 2 の合波手段へ出力する第 3 のカプラと、
前記第 1 のカプラから出力された前記励起光を前記第 2 のカプラ又は前記第 3 のカプラへ出力できるスイッチと、
を備える付記 3 に記載された中継器。

(付記 6)

前記第 1 のカプラの出力、前記第 2 のカプラの出力、及び前記第 3 のカプラの出力の少なくとも 1 か所に可変光減衰器を備え、

前記制御手段は前記波長情報に基づいて前記可変光減衰器の減衰量を制御する、付記 5 に記載された中継器。

(付記 7)

前記分配手段は、
前記励起光源の出力を結合して複数のポートから出力する第 1 のカプラと、
入力された光を結合して前記第 1 の合波手段及び前記第 2 の合波手段へ出力する第 2 のカプラと、
入力された光を結合して出力する第 3 のカプラと、
前記第 1 のカプラから出力された前記励起光を前記第 2 のカプラ又は前記第 3 のカプラへ出力できるスイッチと、
を備える付記 3 に記載された中継器。

(付記 8)

前記励起光源は互いに波長が異なる前記励起光を生成し、
前記分配手段は、
入力された光を波長多重して前記第 1 の合波手段へ出力する第 3 の合波手段と、
入力された光を波長多重して前記第 2 の合波手段へ出力する第 4 の合波手段と、
前記励起光源から入力された前記励起光を前記第 2 の合波手段又は前記第 3 の合波手段へ出力できるスイッチと、
を備える付記 3 に記載された中継器。

(付記 9)

前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号の少なくとも一方を分岐する分岐手段と、

前記分岐手段で分岐された光信号の前記波長情報を抽出し、抽出された前記波長情報を前記制御手段へ出力するモニタ手段と、
をさらに備える付記 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載された中継器。

(付記 10)

前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号の少なくとも一方を分岐する分岐手段と、

前記分岐手段で分岐された光信号から前記第 1 の合波手段及び前記第 2 の合波手段へ出力する前記励起光のパワーを前記励起光供給手段に指示する制御信号を抽出し、抽出された前記制御信号を前記制御手段へ出力する制御信号抽出手段と、
をさらに備える付記 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載された中継器。

(付記 1 1)

前記第 1 の波長多重光信号を出力する第 1 の陸上端局装置と、
前記第 2 の波長多重光信号を出力する第 2 の陸上端局装置と、
付記 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載された中継器と、
を備える通信システム。

10

(付記 1 2)

励起光を生成し、
前記励起光と第 1 の波長多重光信号とを合波し、
前記励起光と第 2 の波長多重光信号とを合波し、
前記励起光を用いて前記第 1 の波長多重光信号を増幅し、
前記励起光を用いて前記第 2 の波長多重光信号を増幅し、
前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号の少なくとも一方の波長情報を取得し、
前記波長情報に基づいて前記励起光のパワーを制御する、
中継方法。

20

(付記 1 3)

中継器のコンピュータに、
第 1 の波長多重光信号及び第 2 の波長多重光信号の少なくとも一方の波長情報を取得する手順、
前記波長情報に基づいて前記第 1 の波長多重光信号及び前記第 2 の波長多重光信号のパワーを制御する手順、
を実行させるための中継器のプログラムを記録した記録媒体。

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記の実施形態に限定されない。本願発明の構成や詳細には、本願発明の範囲内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

30

この出願は、2017 年 4 月 10 日に出願された日本出願特願 2017-077321 を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

【符号の説明】

【0058】

10、20、900 海底光通信システム
100～400、903 中継器
101、102、901、902 陸上端局装置
110 制御部
120～126 励起光供給部
131、132、907 合波部
141 増幅部
221～22N、271～274、905 励起 LD
231 分配部
232 可変分岐カプラ
240～242、261～264 カプラ
250～252 スイッチ
281、282 合波器
310 分岐部
320 モニタ部

40

50

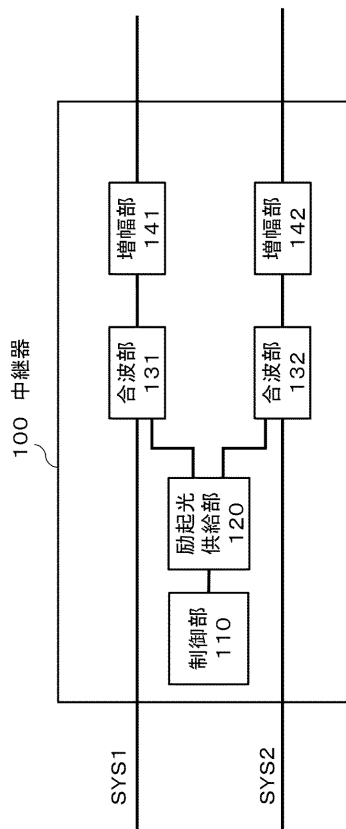
3 3 0 制御信号抽出部
9 0 4 光増幅器

10 海底光通信システム

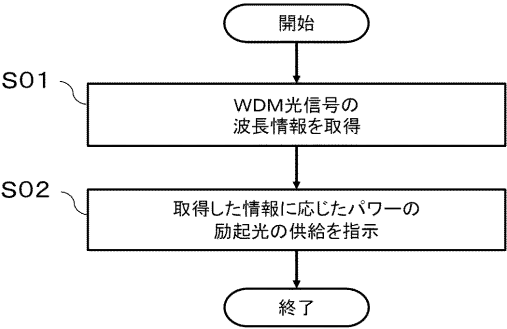
【図 1】



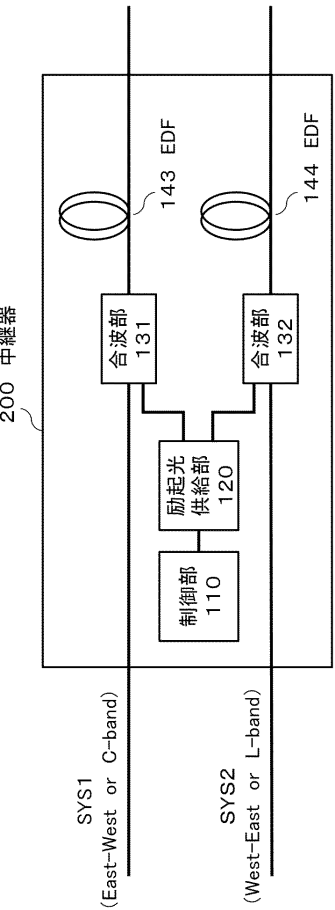
【図 2】



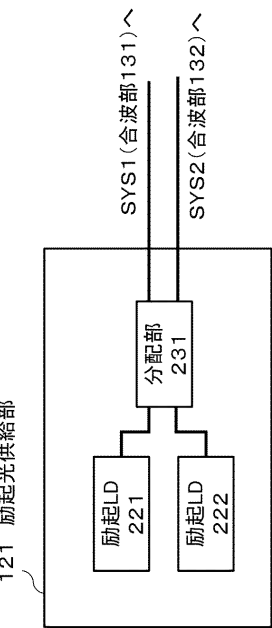
【図 3】



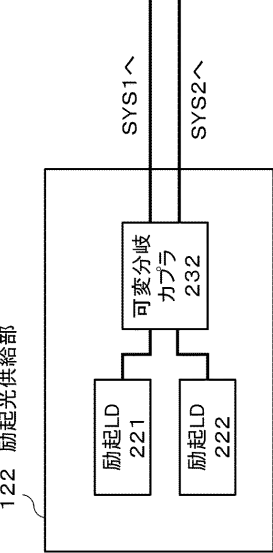
【図 4】



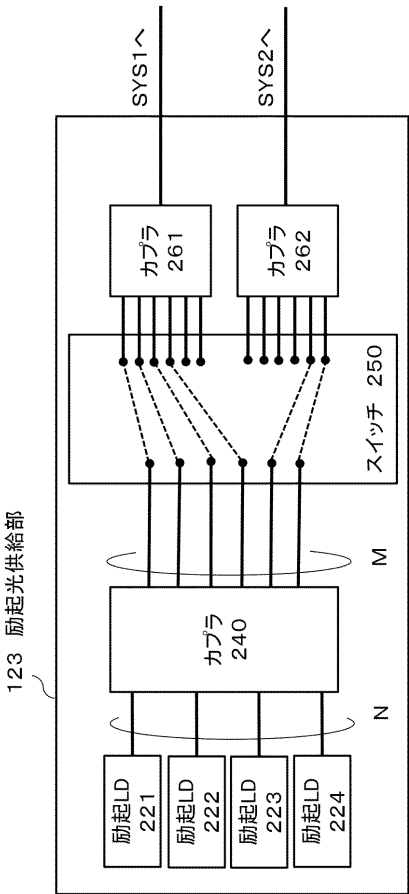
【図 5】



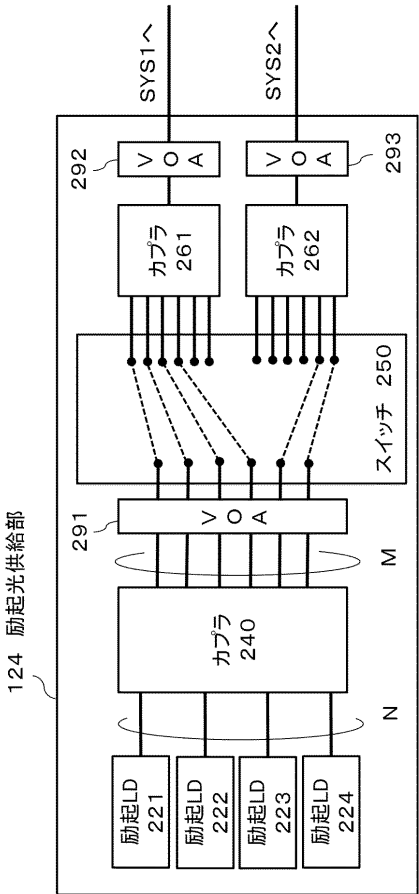
【図 6】



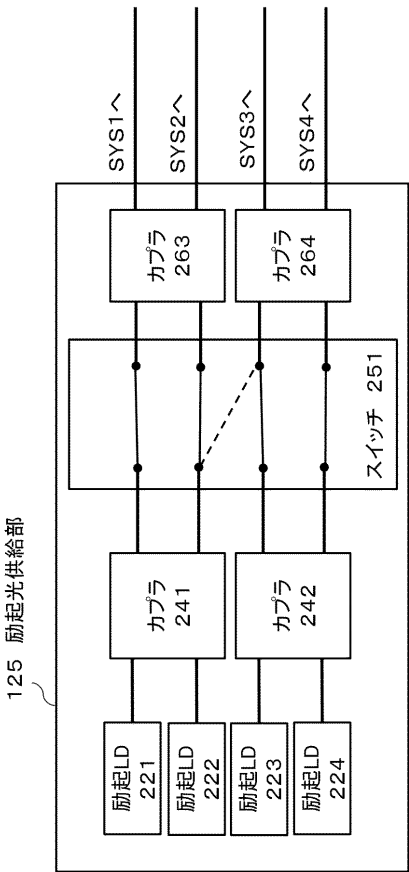
【図 7】



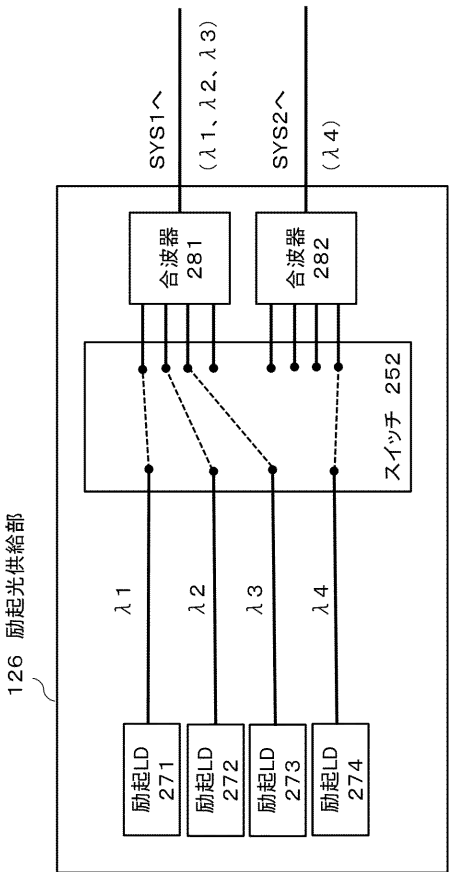
【図 8】



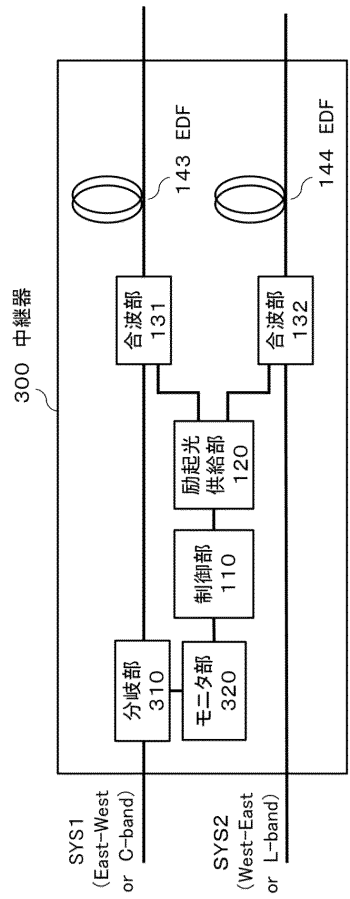
【図 9】



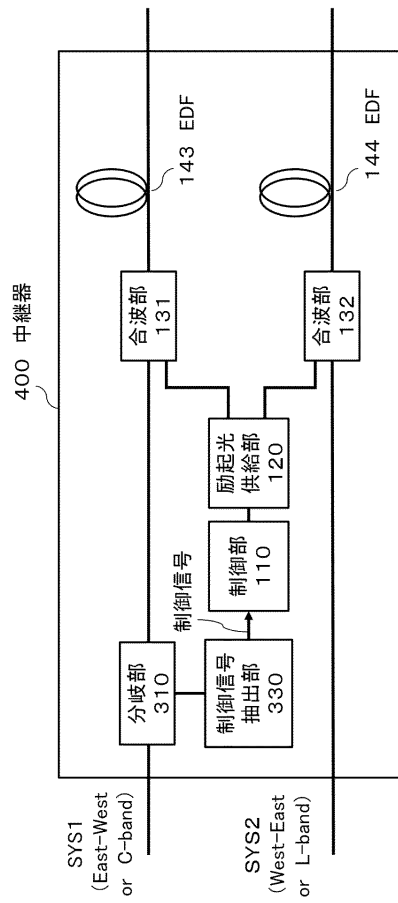
【図 10】



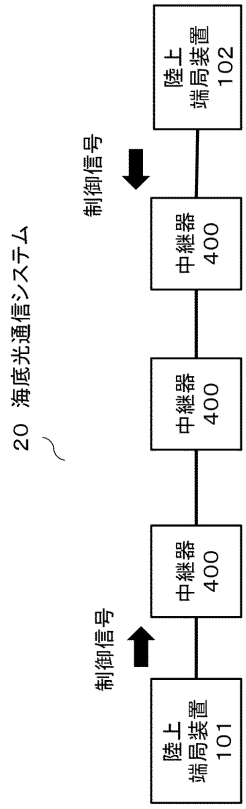
【図 1 1】



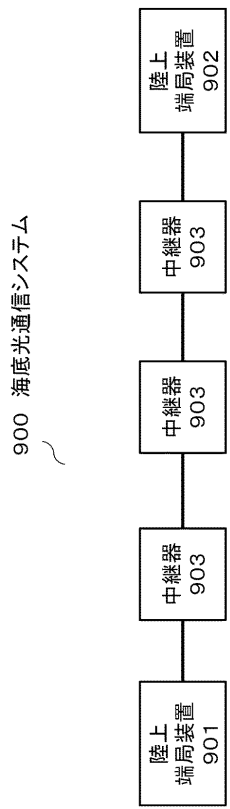
【図 1 3】



【図 1 2】



【図 1 4】



【図 15】

