

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2012 年 4 月 26 日(26.04.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/053320 A1

- (51) 国際特許分類:
H01S 3/10 (2006.01) H04B 10/06 (2006.01)
H04B 10/04 (2006.01) H04B 10/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/071933
- (22) 国際出願日: 2011 年 9 月 20 日(20.09.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-237609 2010 年 10 月 22 日(22.10.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 坂内 正宏 (SAKAUCHI, Masahiro) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹 (SHIMOSAKA, Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: EXCITATION LIGHT DISTRIBUTION DEVICE, EXCITATION LIGHT DISTRIBUTION METHOD, LIGHT-AMPLIFYING SYSTEM, AND NODE DEVICE

(54) 発明の名称: 励起光分配装置、励起光分配方法、光増幅システム及びノード装置

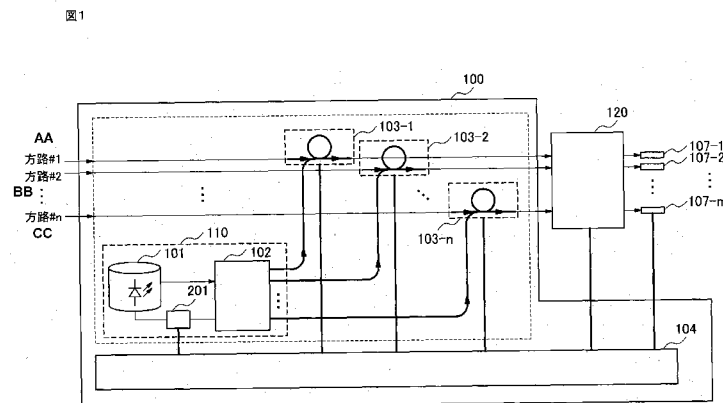


Fig. 1:
AA Route #1
BB Route #2
CC Route #n

(57) Abstract: In order to reduce the power consumption and cost of a light-amplifying system to which a light amplifier is installed, this excitation light distribution device is provided with: an excitation-light-source output means that outputs excitation light; an optical divider means that divides and outputs the excitation light and that has a variable dividing ratio; and a control means that, on the basis of optical signal information amplified by the excitation light that the optical divider means outputs, controls the dividing ratio of the optical divider means and/or the optical output power of the excitation-light-source output means.

(57) 要約: 光増幅器が設置された光増幅システムのコスト及び消費電力を低減するために、励起光分配装置は、励起光を出力する励起光源出力手段と、励起光を分岐して出力する、分岐比が可変である光分岐手段と、光分岐手段が出力する励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、光分岐手段の分岐比及び励起光源出力手段の光出力電力の少なくとも一方を制御する制御手段と、を備える。



WO 2012/053320 A1

明細書

発明の名称

励起光分配装置、励起光分配方法、光増幅システム及びノード装置

5 技術分野

本発明は光増幅システムに関し、特に、励起光分配装置、励起光分配方法、光増幅システム及びノード装置に関する。

背景技術

光通信のコア網においてPoint-to-pointの大容量接続を提供するWDM(Wavelength Division Multiplexing)及びROADM(Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer)システムが導入されている。これに続いて、メトロ網及び地域網に対してもWDM及びROADMシステムの導入が進んでいる。

ROADMシステムのノードにおいては、ノード内に配置されあるいはノードに接続されるトランスポンダと、トランスポンダと接続される方路との間の光路が、任意のパス及び波長で接続される。すなわち、ROADMノードは、複数の伝送路で送受信される波長多重された光信号のうち、特定の波長の光信号を特定のトランスポンダに接続する機能を備える。

図6は、本発明に関連するROADMネットワークの一形態を示す図である。

ROADMノード601は、複数の光ファイバ伝送路602を介してそれぞれ他のROADMノード603及び604と接続されている。そして、ROADMノード601は、伝送する光信号の波長ごとに、他のROADMノード603及び604と光信号を送受信するように制御される。

また、ROADMノード601は、トランスポンダ606の光送信器が送信する光信号を波長多重して光ファイバ伝送路602に送出する。ROADMノード601と対向する他のROADMノードは、受信した波長多重光を波長分離する。そして、当該他のROADMノードに接続されたトランスポンダの光受信機は、波長分離された光信号を受信する。

図7は、図6に示したROADMノード601の構成をより詳細に説明するための図である。図7において、ROADMノード601は、波長パス・ライン多重分離部723、トランスポンダ収容部721及び722、並びに制御部732を備えている。

波長パス・ライン多重分離部723は、伝送路701から受信した波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号のみを分離(Drop)してトランスポンダ收容部721に出力する。波長パス・ライン多重分離部723とトランスポンダ收容部721とは複数の方路761で接続されている。

- 5 また、波長パス・ライン多重分離部723は、トランスポンダ收容部722が出力した波長多重光信号を、伝送路711に多重(Add)する。波長パス・ライン多重分離部723とトランスポンダ收容部722とは複数の方路771で接続されている。

そして、ROADMノード601の動作状態により、それぞれの方路761及び771に含まれる光信号の波長数は変化する。

- 10 トランスポンダ收容部721は、伝送路701からDropされた光信号を、1台以上のトランスポンダ751のうち所定のトランスポンダが受信するように方路761とトランスポンダ751とを接続する。

トランスポンダ收容部722は、トランスポンダ751が送信する光信号が伝送路711の所定の伝送路へAddされるように方路771とトランスポンダ751とを接続する。

- 15 ここで、図7における伝送路701及び711は、図6の光ファイバ伝送路602に対応する。

制御部732は、ROADMノード701の各部を制御する。すなわち、制御部732は、伝送路701及び711で伝送される波長多重された光信号のうち、DropあるいはAddの対象となる光信号がトランスポンダ收容部721又は722に接続されるように波

- 20 長パス・ライン多重分離部723を制御する。

また、制御部732は、波長パス・ライン多重分離部723からDropされた光信号が、トランスポンダ751のうち所定のトランスポンダで受信されるようにトランスポンダ收容部721を制御する。

- 25 さらに、制御部732は、トランスポンダ751が送信した光信号が、それぞれ波長パス・ライン多重分離部723において伝送路711のうち所定の伝送路にAddされるように、トランスポンダ收容部722を制御する。

- トランスポンダ收容部721及び722に求められる、任意の方路とトランスポンダとの間を接続する機能を備えた光デバイスとして、非特許文献1に記載されたマルチキャストスイッチがある。非特許文献1は、4本の方路に対して8台のトランスポンダが
30 接続可能なマルチキャストスイッチを記載している。

図8は、本発明に関連する、マルチキャストスイッチを用いたトランスポンダ收容部の構成を示す図である。図8では、説明を簡単にするために、トランスポンダ收容部806に4台のトランスポンダ(TPND)804-1~804-4が接続されている場合について説明する。

- 5 図8に記載されたトランスポンダ收容部806は、マルチキャストスイッチ805及び波長可変フィルタ803-1~803-4を備える。マルチキャストスイッチ805は、1×4スプリッタ801-1~801-4及び4×1スイッチ802-1~802-4を備える。ここで、マルチキャストスイッチ805は、接続可能なトランスポンダの数が4台である点で非特許文献1に記載されたマルチキャストスイッチと異なる。しかし、図8に記載されたマルチキャストスイッチ805の基本的な動作は、非特許文献1に記載されたマルチキャストスイッチと同様である。

- 10 図8において、波長多重された光は、方路#1~#4からトランスポンダ收容部806に入力される。トランスポンダ收容部806に入力された波長多重光は、マルチキャストスイッチ805が備える1×4スプリッタ801-1~801-4によって4分岐される。そして、分岐された波長多重光は、4×1スイッチ802-1~802-4に入力される。マルチキャストスイッチ805は、接続されるトランスポンダ数と同数の4×1スイッチを備える。図8においては、マルチキャストスイッチ805に接続されるトランスポンダは4台であるので、マルチキャストスイッチ805は、4個の4×1スイッチを備える。

- 20 4×1スイッチ802-1~802-4は、1×4スプリッタ801-1~801-4から入力される光路のいずれかを選択して、選択した光路を波長可変フィルタ803-1~803-4と接続する。その結果、選択された光路に接続された1×4スプリッタから出力される波長多重光が、4×1スイッチを経由して波長可変フィルタに出力される。

- 25 波長可変フィルタ803-1~803-4の透過波長は、接続されたトランスポンダが受信しようとする光の波長と一致するように設定される。波長可変フィルタ803-1~803-4の作用によって、トランスポンダ804-1~804-4は、波長多重光に含まれる複数の波長の光から、目的とする波長の光のみを抽出して受信することができる。

- 30 図8に記載された構成においては、1×4スプリッタ801-1~801-4および4×1光スイッチ802-1~802-4において、それぞれ分岐損失及び通過損失が発生する。このような損失を補償するために、光アンプをすべての方路に対して配備する構

成が考えられる。

図9は、トランスポンダ収容部に接続される方路に光アンプを配置した構成を示す図である。図9においては、図8に示すトランスポンダ収容部806の各方路に、損失補償のための光アンプ907-1~907-4が配置されている。光アンプ907-1~907-4は、典型的には希土類元素を添加した光ファイバを増幅媒体とした光ファイバアンプである。光アンプ907-1~907-4は、増幅媒体となる光ファイバ及び励起光源をそれぞれの内部に備えており、励起光源の出力パワーを制御することで光アンプ907-1~907-4の出力レベルあるいは利得を制御する。

トランスポンダ収容部806は、1方路あたり4波長を収容し、4方路に対応しているものとする。そして、トランスポンダ4台を収容するトランスポンダ収容部に接続される方路#1~#4すべてに光アンプ907-1~907-4が配備されている。

図9に示す構成において、1台の光アンプで増幅される波長数は、トランスポンダの使用状況、すなわち運用時の方路および波長が選択される状況によって、最小で0、最大でトランスポンダ収容数となる。たとえば、トランスポンダ数が4台の場合は、全てのトランスポンダが1方路で使用される場合の4波長が、1台の光アンプに要求される最大の増幅性能となる。一方、実際の運用においては、トランスポンダで実際に受信される波長の光信号のみが方路#1~#4から光アンプ907-1~907-4を通過してトランスポンダ収容部806に入力される場合が多い。すなわち、全ての光アンプ907-1~907-4において4波長が同時に増幅されとは限らない。

なお、本発明に関連する特許文献1は、可変分岐器を用いて励起光を分配し、分配された励起光をそれぞれ異なる光増幅手段のために用いる構成を記載している。

先行技術文献

特許文献

[特許文献1]特開2003-283019号公報

25 非特許文献

[非特許文献1]“N×M Expandable Multicast Switch Module”、[online]、2008-2009年、Enablence社Webサイト、[2010年10月5日検索]、インターネット、

<http://www.enablence.com/media/pdf/enablence_ims_multicast_switch.pdf>

30 発明の開示

発明が解決しようとする課題

しかしながら、図9に示したトランスポンダ収容部には、以下の課題がある。

第1の課題は、運用されている波長数(すなわち増幅が必要な波長数)当たりの光アンプのコストが高くなることである。

- 5 その理由は、トランスポンダ数に等しい波長を1台の光アンプで増幅する必要がない場合においても、各光路に配置された光アンプには、少なくともトランスポンダ数と同数の波長の光信号を増幅する能力がそれぞれ必要とされるからである。高性能な光アンプには、高出力な励起光源や低損失な光部品が必要であり、これらの部品により光アンプのコストが上昇する。

- 10 第2の課題は、ROADMノードの消費電力及び待機電力が多くなることである。

- その理由は、高速な波長設定・波長切替を実現するためには、被増幅波長の多寡及び有無に関わらず、全ての光アンプの励起レーザの発振波長を所定の波長に安定化させるために、温度調節機能を常時動作させておく必要があるからである。この場合、光アンプの数量の増大とともに励起レーザの個数も増加するため、それに
15 伴い各光アンプにおける励起レーザの制御回路の消費電力も増加する。

[発明の目的]

本発明の目的は、光増幅器が設置された光増幅システムのコスト及び消費電力を低減するという課題を解決するための技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

- 20 本発明の励起光分配装置は、励起光を出力する励起光源出力手段と、励起光を分岐して出力する、分岐比が可変である光分岐手段と、光分岐手段が出力する励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、光分岐手段の分岐比及び励起光源出力手段の光出力電力の少なくとも一方を制御する制御手段と、を備える。

- 本発明の励起光分配方法は、励起光を出力し、励起光を分岐して出力し、分岐して出力された励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、励起光の分岐比及び励起光の光出力電力の少なくとも一方を制御する。
25

発明の効果

本発明は、光増幅器が設置された光増幅システムのコスト及び消費電力を低減するという効果を奏する。

- 30 図面の簡単な説明

[図1]本発明の第1の実施形態の光増幅システムの構成を示す図である。

[図2]第1の実施形態の光増幅システムのより詳細な構成を示す図である。

[図3A]第1の実施形態の光増幅システムの励起光分配部の動作を示す図である。

5 [図3B]第1の実施形態の光増幅システムの励起光分配部の動作を示す図である。

[図3C]第1の実施形態の光増幅システムの励起光分配部の動作を示す図である。

[図4]本発明の光増幅システムの第2の実施形態の構成を示す図である。

10 [図5]本発明の光増幅システムの第3の実施形態の構成を示す図である。

[図6]本発明に関連するROADMネットワークの一形態を示す図である。

[図7]ROADMノードの構成をより詳細に説明するための図である。

[図8]本発明に関連する、マルチキャストスイッチを用いたトランスポンダ収容部の構成を示す図である。

15 [図9]トランスポンダ収容部に接続される方路に光アンプを配置した構成を示す図である。

[図10]ゲインブロック増加時の励起光パワーと光分配器の分岐比との変化を示す図である。

20 [図11]ゲインブロック増加時の励起光パワーと光分配器の分岐比との変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[第1の実施形態]

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

25 図1は、本発明の第1の実施形態の光増幅システムの構成を示す図である。図1は、光増幅システム100とトランスポンダ収容部との接続構成をも併せて示している。

図1において、光増幅システム100には、方路#1～#nのn本の方路が接続されている。そして、光増幅システム100の出力は、トランスポンダ収容部120に入力されている。

30 図1において、光増幅システム100は、励起光分配部110、ゲインブロック部103-1～103-n、及びノード装置制御部104を備える。励起光分配部110は、励起

レーザ光源部101、可変分岐部102及び励起光分配制御部201を備える。

励起レーザ光源部101は、ゲインブロック部103-1~103-nに供給する光増幅のための励起光を発生する励起レーザを備える。励起レーザ光源部101は単独の励起レーザにより構成されていてもよく、複数の励起レーザの出力を光カプラなどで結合して出力する構成であってもよい。

可変分岐部102は、励起レーザ光源部101が出力する励起光を分岐してゲインブロック部103-1~103-nに分配する。

励起光分配制御部201は、ノード装置制御部104からの指示に基づいて、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御する。

ゲインブロック部103-1~103-nは、方路#1~#nと対応して備えられており、可変分岐部102から分配された励起光と各方路から入力された光信号とを合波器で合波し、光信号を増幅媒体で増幅する。そして、ゲインブロック部103-1~103-nは、増幅された光信号をトランスポンダ収容部120に出力する。増幅媒体の例としてはEDF(Erbium doped fiber、エルビウム添加ファイバ)がある。

トランスポンダ収容部120は、図7で説明したトランスポンダ収容部721に相当する機能を備える。すなわち、トランスポンダ収容部120は、光増幅システム100から入力された波長多重光に含まれる光信号が、波長毎にそれぞれm台のトランスポンダ107-1~107-m(mは正の整数)のいずれかで受信されるように光路を設定する。トランスポンダ収容部120は、例えば図8に示したマルチキャストスイッチ及び波長可変フィルタを備えて構成されてもよい。

また、ノード装置制御部104は、トランスポンダ収容部120を制御する。例えば、トランスポンダ収容部120が図8に示したトランスポンダ収容部806と同様の構成を備えている場合には、ノード装置制御部104は、1×4光スイッチ802-1~802-4及び波長可変フィルタ803-1~803-4を制御する。具体的には、ノード装置制御部104は、所定の波長の光信号が所定のトランスポンダで受信されるようにトランスポンダ収容部120を制御する。

なお、トランスポンダ収容部120の構成は、複数の方路から波長多重光を受信し、所定の波長の光信号を分離して所定のトランスポンダと接続することが可能な構成であれば、図8で説明した構成に限られない。

図2を用いて光増幅システムの構成をより詳細に説明する。図2は、第1の実施形

態の光増幅システムのより詳細な構成を示す図である。

図2において、可変分岐部102は、光分配器208-1~208-3、光検出器204を備える。

光分配器208-1~208-3は、入力された光を2分岐する。そして、光分配器208-1~208-3の分岐比は、励起光分配制御部201からの制御により可変することができる。このような光分配器は、例えば光導波路上にマッハツェンダ干渉計を形成する構成により実現される。マッハツェンダ干渉計を用いた光分配器の原理及び構成はよく知られているので、詳細な説明は省略する。

図2における励起光分配部110は、例として励起光を4分配する場合の構成を示している。実際には、可変分岐部102では、ゲインブロック数だけの励起光を分配できるように光分配器が構成される。図2に示す励起光を4分岐する構成では、3個の光分配器208-1~208-3が使用される。一般に、 $2^n - 1$ 個の光分配器208をツリー状に接続することで、励起光を 2^n 分岐することができる。

光検出器204は、光信号の一部をカプラで分岐し、分岐した光信号の強度をフォトダイオードで検出することにより、可変分岐部102の光路の各部の光パワーをモニタする。可変分岐部102は複数の光検出器204を備えており、いずれの構成も同様である。

ゲインブロック部103-1~103-nは、能動ファイバ206、アイソレータ207、光検出器214、可変光減衰器(variable optical attenuator、VOA)203、個別ゲインブロック制御部205、光カプラ209を備える。

能動ファイバ206は、励起光によって光信号を増幅する際の増幅媒体となる光ファイバであり、例えば、EDF(Erbium doped fiber、エルビウム添加ファイバ)である。アイソレータは反射光による光増幅器の性能低下や発振防止のために用いられる。図2におけるアイソレータの位置及び個数は一例であり、光増幅器の設計条件によってアイソレータの位置及び個数は異なってもよい。

光検出器214は、可変分岐部102が備える光検出器204と同様に、カプラで分岐された光信号の強度をフォトダイオードで検出する。ゲインブロック部103-1~103-nはそれぞれ複数の光検出器214を備えており、いずれの光検出器の構成も同様である。これにより、光検出器214は、ゲインブロック部103-1~103-nの光路の各部の光パワーをモニタする。

個別ゲインブロック制御部205には、光パワーモニタ用光検出器214から光パワーモニタの情報が入力される。

〔動作の説明〕

図1および図2を用いて本発明の実施の形態の動作を説明する。

- 5 図1において、ノード装置制御部104は、方路#1～#n、トランスポンダ収容部120及びトランスポンダ107-1～107-mの間の接続設定情報を記憶している。

トランスポンダ収容部120が、方路#1から入力された波長 λ 1の光信号をトランスポンダ107-1が受信するようにノード装置制御部104によって制御されている場合について説明する。この場合、ノード装置制御部104は、自身が記憶している接続設定情報から、トランスポンダ107-1が光信号を受信する場合に動作させるゲインブロックがゲインブロック103-1であることを特定する。

特定されたゲインブロック103-1に励起光パワーを供給するために、ノード装置制御部104は励起光を出力すべき可変分岐部102の出力ポートを特定する。そして、波長 λ 1の信号を増幅するために必要な励起光パワーを算出する。さらに、ノード装置制御部104は、可変分岐部102の特定された出力ポートの情報と励起光パワーの算出結果とを励起光分配制御部201に通知する。

励起光分配制御部201は、算出されたパワーの励起光が、特定された励起光出力ポートから出力されるように、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御する。可変分岐部102において、光分配器208-1～208-3は、励起光分配制御部201からの指示により分岐比を制御する。

光検出器204は、それぞれ可変分岐部102の各部の光パワーをモニタして励起光分配制御部201に出力する。励起光分配制御部201は、光検出器204のモニタ結果に基づいて、特定された励起光出力ポートからのみ励起光が出力されるように分岐比可変光分配器208の分岐比を制御する。

25 ここで、光信号が方路#1からのみ光増幅システム100に入力される場合には、励起光がゲインブロック103-1に対してのみ出力されるように分岐比可変光分配器208の分岐比を制御すればよい。励起光分配部の動作については、図3A～図3Cを用いて後に説明する。

次に、励起光分配部110から励起光パワーの供給を受けるゲインブロック103-1の動作について図2を用いて説明する。

可変分岐部102から供給された励起光は、ゲインブロック部103-1が備えるVOA203に入力される。VOA203からの出力パワーは光カプラ209を通して入力光信号と合波され、能動ファイバ206に入力されて光信号が増幅される。

個別ゲインブロック制御部205は、各部の光検出器214のモニタの情報に基づいてVOA203を制御する。VOA203を制御することにより、個別ゲインブロック制御部205は、個々のゲインブロックにおいて能動ファイバ206に入力される励起光パワーを変化させることができる。励起光パワーを変化させることで、個別ゲインブロック制御部205は、ゲインブロック103-1の入力光信号と出力光信号との間で利得一定制御(AGC:Automatic Gain Control)を行うことができる。あるいは、個別ゲインブロック制御部205は出力パワー一定制御(ALC:Automatic Level Control)またはAPC:Automatic Power Control)を行ってもよい。

なお、ノード装置制御部104は、ゲインブロック103-1のAGC制御あるいはALC制御のパラメータを記憶していてもよい。そして、個別ゲインブロック制御部205は、ノード装置制御部104との間の通信により受信した当該パラメータに基づいてVOA203を制御してもよい。AGC制御あるいはALC制御のパラメータとしては、各ゲインブロックの利得、出力パワーの上限値及び下限値が挙げられるが、これらには限られない。

図2に示したゲインブロック103-1の構成は、他のゲインブロック103-2~103-nも同様に備えていてもよい。そして、ゲインブロック103-1~103-nが可変光減衰器203、光検出器214及び個別ゲインブロック制御部205を備えることにより、各々のゲインブロック103-1~103-n内で閉じた帰還制御が可能になる。帰還制御がゲインブロック内で閉じたループで行われる結果、各々のゲインブロック103-1~103-nにおいて極めて高速なAGC制御あるいはALC制御が可能となる。

図3A~図3Cは、第1の実施形態の光増幅システムの励起光分配部の動作を示す図である。図3Aは、励起光が1台のゲインブロック(ゲインブロック103-1)に対してのみ出力される場合の可変分岐部102の構成を示す。図3Aでは、3個の光分配器208-1~208-3が用いられた可変分岐部102において、励起光分配制御部201は、ゲインブロック103-1に接続された光路側に励起光が100%分岐されるように光分配器208-1及び208-2を制御する。その結果、励起レーザ光源の光出力が200mWである場合、光分配器208の通過損失を無視すると、ポートAに20

0mWの励起光パワー全てが出力される。

続いて、波長 $\lambda 1$ の光信号と同一の方路の光信号に、波長 $\lambda 2$ の光信号がさらに加わる場合の動作について説明する。

ゲインブロック103-1に励起光パワーを供給するために、ノード装置制御部104
5 は、励起光分配制御部201に対して、可変分岐部102が励起光を出力すべきポートを特定する。そして、ノード装置制御部104は、波長 $\lambda 1$ および $\lambda 2$ の光信号を増幅するために必要な励起光パワーを算出し、可変分岐部102の特定された出力ポートの情報と励起光パワーの算出結果とを励起光分配制御部201に通知する。

この場合、同一の方路に波長の異なる信号が加わるだけであるので、励起光分配
10 制御部201は励起光の出力ポートを変更せず、必要な励起光パワーのみを増加させる。すなわち、励起光分配制御部201は、可変分岐部102の分岐比を図3Aに示した状態のまま変更しない。そして、励起光分配制御部201は、ノード装置制御部104からの指示に従い、所定の励起光パワーを出力するように励起レーザ光源部101を制御する。例えば、励起光分配制御部201は、図3Aにおいては200mW
15 である励起光パワーを400mWに増加させる。その他の動作はすでに説明した波長 $\lambda 1$ の場合の動作と同様である。

続いて、図3B、図3Cを用いて、複数のゲインブロックを動作させる場合の励起光分配制御部201の動作について説明する。

方路#1から入力された波長 $\lambda 1$ の光信号をゲインブロック103-1が増幅してい
20 る場合において、さらに、方路#2から波長 $\lambda 1$ の光信号が入力され、トランスポンダ107-2で受信されるようになる場合を想定する。この場合、ゲインブロック103-2が、方路#2から入力された波長 $\lambda 1$ の光信号を増幅することになる。なお、方路#2から入力された光信号の波長は $\lambda 1$ である必要はなく、他の波長でもよい。

ノード装置制御部104は、方路#2から入力された光信号がトランスポンダ収容部
25 120を経由してトランスポンダ107-2に接続されることを接続設定情報として記憶している。ノード装置制御部104は、この接続設定情報から、新たに動作させるゲインブロックが103-2であることを特定する。そして、特定されたゲインブロック103-2に励起光パワーを供給するために、ノード装置制御部104は、励起光分配制御部201に対して、励起光を出力すべき可変分岐部102のポートを特定する。さらに、ノ
30 ード装置制御部104は、ゲインブロック103-2が波長 $\lambda 1$ の信号を増幅するために

必要な励起光パワーを算出する。そして、ノード装置制御部104は、特定された励起光出力ポートの情報と励起光パワーの算出結果とを、励起光分配制御部201に通知する。

5 励起光分配制御部201は、新たに特定された励起光出力ポートに所定の励起光パワーが出力されるように、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御する。可変分岐部102は、分岐比可変光分配器208の分岐比を、光パワーモニタ用光検出器204による光パワーのモニタ結果を用いて、特定された励起光出力ポートから励起光パワーが出力されるように制御する。

10 励起光分配部110は、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御して、所定の励起光パワーをゲインブロック103-1及び103-2に供給する。

この場合、光増幅システム100がゲインブロック103-2に対して新たに励起光パワーを供給する際に、方路#1の光信号に与える影響が少ないことが望ましい。このため、光増幅システム100は、すでにゲインブロック103-1に対して供給している励起光パワーを一定に保ちながら、新たにゲインブロック103-2に対して所定の励起光15 光パワーを供給するようにしてもよい。

より具体的には、励起光分配部110は、可変分岐部102内で各ゲインブロックへの励起光出力パワーをモニタし、励起レーザ光源部101における励起光パワーおよび可変分岐部102における分岐比を制御する。

20 図3Bは、励起光が2台のゲインブロック(ゲインブロック103-1及び103-2)に出力される場合の可変分岐部102の構成を示す。図3Bでは、励起光分配制御部201は、可変分岐部102の出力ポートA、Bにそれぞれゲインブロック103-1及び103-2が接続されているものとする。そして、励起光分配制御部201は、ポートA及びBに励起光が50%ずつ分岐するように光分配器208-2を制御する。

25 図10は、ゲインブロック増加時の励起光パワーと光分配器208-2の分岐比との変化を示す図である。図10において、ゲインブロック103-2への励起光パワーの供給の際には、励起レーザ光源部101の励起光パワーを増加させるとともに、図3Bにおける分岐208-2のポートA側への分岐比を減少させポートB側への分岐比を増大させる。

30 ここで、光分配器208-2のポートA側への分岐比と光分配器208-2に入力される励起光パワーとの積を一定に保ちながら励起光パワーと光分配器の分岐比とを

変化させることで、ポートAから出力される励起光パワーが一定に保たれる。その結果、ゲインブロック103-1への励起光パワーを変化させることなく、新たにゲインブロック103-2に励起光パワーを供給できるようになる。最終的には、図3Bに示すように、励起光源101の光出力は200mWから400mWに増加し、光分岐208-2
5 の分岐比は50%:50%となる。そして、励起光分配部110は、ゲインブロック103-1及び103-2に対して、それぞれ200mWの励起光パワーを出力する。

なお、ゲインブロック103-1及び103-2への励起光パワーは、同一である必要はない。それぞれのゲインブロックの特性のばらつきにより、必要な励起光パワーはゲインブロックにより異なる場合がある。このため、ノード装置制御部104は、使用するゲインブロックの増幅特性に関する情報にも基づいて各ゲインブロックに出力する
10 励起光パワーを算出し、その結果を励起光分配制御部201に出力してもよい。

励起光分配部110から励起光パワーの供給を受けるゲインブロック103-2の動作については、すでに説明したゲインブロック103-1の動作と同様である。またゲインブロック103-2において、波長 λ_1 の光信号に加えて、同一のゲインブロックで増
15 幅する波長 λ_2 の光信号をさらに加えた場合の動作についても、すでに説明した動作と同様である。

図3Cを用いて、さらに、ゲインブロック103-1及び103-2に加えてゲインブロック103-3に対して励起光を分配する動作について説明する。

方路#1、#2から入力された波長 λ_1 の光信号をゲインブロック103-1及び10
20 3-2が増幅している場合において、さらに、方路#3から波長 λ_1 の光信号が入力され、トランスポンダ107-3で受信されるようになる場合を想定する。この場合、ゲインブロック103-3が、方路#3から入力された波長 λ_1 の光信号を増幅することになる。なお、方路#2から入力された光信号の波長は λ_1 である必要はなく、システムで規定された他の波長でもよい。

25 ノード装置制御部104は、方路#3から入力された光信号がトランスポンダ収容部120を経由してトランスポンダ107-3に接続されることを接続設定情報として記憶している。ノード装置制御部104は、この接続設定情報から、新たに動作させるゲインブロックが103-3であることを特定する。そして、特定されたゲインブロック103-3に励起光パワーを供給するために、励起光分配制御部201に対して、励起光を出
30 力すべき可変分岐部102のポートを特定し、ゲインブロック103-3が新たな光信号

を増幅するために必要な励起光パワーを算出する。そして、ノード装置制御部104は、可変分岐部102の特定された出力ポートの情報と励起光パワーの算出結果とを、励起光分配制御部201に通知する。

励起光分配制御部201は、特定された励起光出力ポートに所定の励起光パワー
5 が出力されるように励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御する。可
変分岐部102は、分岐比可変光分配器208-1~208-3の分岐比を、それぞ
れの光パワーモニタ用光検出器204による光パワーのモニタ結果を用いて、特定され
た励起光出力ポートから励起光パワーが出力されるように調節される。

この場合、光増幅システム100は、すでにゲインブロック103-1及び103-2に
10 対して供給している励起光パワーを一定に保ちながら、新たにゲインブロック103-
3に対して所定の励起光パワーを供給できることが好ましい。このため、励起光分配
部110は、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御して、所定の励起
光パワーをゲインブロック103-1~103-3に供給する。

より具体的には、励起光分配部110は、可変分岐部102内で各ゲインブロックへ
15 の励起光出力パワーをモニタし、励起レーザ光源部101における励起光パワーおよ
び可変分岐部102における分岐比を制御する。

図3Cは、励起光が3台のゲインブロック(ゲインブロック103-1~103-3)に出力される場合を示す。図3Cでは、励起光分配制御部201は、可変分岐部102の出力ポートA、B、Cにそれぞれゲインブロック103-1、103-2及び103-3が接続されているものとする。そして、励起光分配制御部201は、ポートA、B、Cに励起光を1/3ずつ分岐するように光分配器208-1~208-3を制御する。

図11は、ゲインブロック増加時の励起光パワーと光分配器208-1の分岐比との変化を示す図である。図11において、ゲインブロック103-3への励起光パワーの供給の際には、励起光分配制御部201は、励起光源101の励起光パワーを図3Bの場合と比べてさらに増加させる。同時に、励起光分配制御部201は、分岐208-1のポートA、B側への分岐比を減少させポートC側への分岐比を増大させる。

ここで、励起光分配制御部201は、光分配器208-1のポートA、B側への分岐比と励起光源の励起光パワーとの積を一定に保ちながら励起光パワーと光分配器208-1の分岐比とを変化させる。これにより、ポートA、Bから出力される励起光パワーが一定に保たれる。その結果、ゲインブロック103-1及び103-2への励起光

パワーを変化させることなく、新たにゲインブロック103-3に励起光パワーを供給できるようにする。なお、光分岐208-3にはポートCを経由してゲインブロック103-3のみが接続されるので、光分岐208-3は、ポートC側に100%分岐する設定としてよい。

- 5 最終的には、図3Cに示すように、励起光源101の光出力は600mWに増加し、光分岐208-1の分岐比は66%(ポートA, B側):33%(ポートC側)となる。その結果、励起光分配部110は、ゲインブロック103-1~103-3に対して、それぞれ200mWの励起光パワーを出力する。

- 10 なお、ゲインブロック103-1~103-3への励起光パワーは、図3Bでも説明したように、同一である必要はない。ノード装置制御部104は、使用するゲインブロックの増幅特性に関する情報を記憶し、その情報にも基づいて各ゲインブロックに出力する励起光パワーを算出し、励起光分配制御部201に出力してもよい。

- 15 励起光分配部110から励起光パワーの供給を受けるゲインブロック103-3の動作については、すでに説明したゲインブロック103-1及び103-2の動作と同様である。またゲインブロック103-1~103-3において、波長 λ 1の光信号に加えて、同一のゲインブロックで増幅する波長 λ 2の光信号をさらに加えた場合の動作についても、すでに説明した動作と同様である。

- 上記のような構成及び作用により、第1の実施形態の光増幅システムは、稼働中のゲインブロックへの励起光パワーを一定に保ったまま、波長数が増加するゲインブロックに対する励起光パワーを増加させることができる。

20 なお、第1の実施形態の光増幅システムにおいては、稼働中のゲインブロックで 사용되는波長数が減少する場合でも、分岐比と励起光パワーとを制御することにより、当該ゲインブロックに対する励起光パワーのみを減少させることも可能となる。

- 25 以上説明したように、第1の実施形態の光増幅システムは、励起光源が出力する励起光を可変分岐部で分配して複数のゲインブロックに供給している。励起光は、増幅を行うゲインブロックに対してのみ供給される。そして、供給される励起光パワーは、各ゲインブロックで増幅する光信号に応じて決定される。

- すなわち、第1の実施形態の光増幅システムは、励起光源をゲインブロック毎に備えておく必要がなく、励起光源の配置数を減らして集約することができる。また、励起光源を集約して配置することにより、励起光源の制御回路の消費電力を低減するこ

とができる。

例えば、高速な波長設定や波長切替を実現するためには、被増幅光信号の有無に関わらず、全ての光増幅器の励起レーザの発振波長を所定の波長に安定させるための温度調節機能を動作させておく必要がある。第1の実施形態の光増幅システムは、このような場合でも、励起光源を集約して配置することにより、励起光源の制御回路の消費電力を低減することができる。

その結果、第1の実施形態の光増幅システムは、光増幅器が設置された光増幅システムのコスト及び消費電力を低減するという効果を奏する。

さらに、第1の実施形態の光増幅システムにおいては、各々のゲインブロックは、可変光減衰器、光検出器及び個別ゲインブロック制御部を備える。個別ゲインブロック制御部は、VOAを用いて、各ゲインブロックに入力される励起光パワーを変化させている。これにより、第1の実施形態の光増幅システムは、各々のゲインブロック内で極めて高速なAGC制御あるいはALC制御が可能となるという効果も奏する。

なお、励起光分配制御部201及び個別ゲインブロック制御部205は、それぞれにCPU(central processing unit、中央処理装置)及びメモリを備え、CPUは、メモリに記憶したプログラムに基づいて上記の制御を行ってもよい。

次に、第1の実施形態において、励起光分配部110のみの構成によっても、本発明の目的を達することが可能であることを説明する。

図1において、励起光分配部110は、励起レーザ光源部101、可変分岐部102及び励起光分配制御部201を備える。

励起光分配制御部201は、外部から入力された励起光を出力する可変分岐部102のポートの情報及び励起光のパワーの情報に基づいて、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御する。具体的には、励起光分配制御部201は、入力されたパワーの励起光が、可変分岐部102の指定されたポートから出力されるように、励起レーザ光源部101および可変分岐部102を制御する。

以上の構成を備えた励起光分配部110は、可変分岐部102及び励起光分配制御部201の作用により、増幅を行うゲインブロックに対してのみ励起光を供給することができる。そして、励起光分配部110は、励起レーザ光源部101及び励起光分配制御部201の作用によって、各ゲインブロックで増幅する光信号の情報に基づいて、出力する励起光パワーを決定することができる。

その結果、励起光分配部110を用いることにより、光増幅システムにおいて励起光源をゲインブロック毎に備えておく必要がなく、励起光源の配置数を減らして集約することができる。また、励起光源を集約して配置することにより、励起光源の制御回路の消費電力を低減することができる。

- 5 すなわち、励起光分配部110のみの構成によっても、光増幅システムのコスト及び消費電力を低減するという課題が解決される。

〔第2の実施形態〕

- 図4は、本発明の光増幅システムの第2の実施形態の構成を示す図である。第2の実施形態の光増幅システムは、第1の実施形態で説明したゲインブロック103-1~103-n及び励起光分配部110を備えるブロックを1つのサブ増幅ブロック401
- 10 としている。そして、サブ増幅ブロック401をトランスポンダ402あるいはトランスポンダ収容部403の増減に応じて増設または減設し、ノード装置制御部104で一括して制御している。ゲインブロック103-1~103-n及び励起光分配部110をサブブロック化することで、光増幅システムを多数の方路を備えたシステムに適用する場合でも、第2の実施形態の光増幅システムは、励起光源部に必要な最大励起光パワー
- 15 および可変分岐部の分岐数を小さく抑えることができる。

その結果、第2の実施形態の光増幅システムは、第1の実施形態の光増幅システムの効果に加えて、装置規模に応じてコストを低く抑えることができるという効果をも奏する。

20 〔第3の実施形態〕

図5は、本発明の光増幅システムの第3の実施形態の構成を示す図である。第3の実施形態においては、複数の方路#1~#8がカプラ501でさらに4分配される。また、カプラ501とトランスポンダ収容部505との間に光増幅システム502が配置されている。

- 25 図5において、カプラ501は、8本の方路に対して1台ずつ、合計8台配置されている。そして、光増幅システム502は、カプラ501の分岐側と、トランスポンダ収容部505との間に配置されている。図5においては、光増幅システム502は、異なる1×4カプラの分岐側のポートを8ポートずつ収容する。

- なお、第3の実施形態ではカプラ501の分岐側ポートにそれぞれ光増幅システム502が接続された構成が想定されている。しかし、図5においては、図を簡潔にするた
- 30

めに、カブラ501の分岐側の1ポートについてのみ、光増幅システム502、トランスポンダ収容部505及びトランスポンダ506が接続された構成が記載されている。

光増幅システム502は、励起光分配部504及び8台のゲインブロック503を備える。各ゲインブロック503は、図1で説明したゲインブロック103-1と同様の構成及び機能を備える。励起光分配部504は、ノード装置制御部507から入力された情報に従い、各ゲインブロック503に供給する励起光パワーを制御する。

トランスポンダ収容部505は、それぞれ異なるカブラ501から分岐されて各ゲインブロックで増幅された8方路の波長多重光信号を波長毎に分離し、トランスポンダ505のうち所定のトランスポンダに出力されるように入出力の光路を設定する。

10 光増幅システム502をカブラの合流側に配置した場合、光増幅システムが故障すると、カブラ501配下のすべてのトランスポンダとの通信に影響が及んでしまう。しかし、光増幅システム502をカブラの分岐側に配置することで、光増幅システム502をカブラの合流側に配置する構成と比較して、光増幅システムが故障した場合のトランスポンダ側への影響を低減することができる。なぜならば、光増幅システム502を図
15 5のようにカブラの分岐側に配置した場合、光増幅システムの故障の際の影響範囲はトランスポンダ収容部505配下のトランスポンダのみに限定されるからである。

また、第2の実施形態で説明した、ゲインブロックをサブブロック化する構成を第3の実施形態に適用してもよい。これにより、第3の実施形態の光増幅システムも、装置規模に応じてコストを低く抑えることができるという効果を奏する。

20 また、第1～第3の実施形態においては、ROADMノードにおいて、Dropされた波長多重信号を複数の方路から受信する形態について説明した。しかしながら、これらの実施形態の構成を、波長多重信号を伝送路にAddする構成に適用してもよい。すなわち、トランスポンダが送信する光信号がトランスポンダ収容部を経由して伝送路にAddされる場合に、トランスポンダ収容部は、送信する光信号を増幅して増幅した光信号を方路に出力するように光増幅システムを構成してもよい。この構成は、第
25 1～第3の実施形態において、トランスポンダが送信した光信号をトランスポンダ収容部が受信して出力し、その出力を光増幅システムが増幅して方路に出力するように構成することで実現できる。

以上、本発明の光増幅システムを波長多重通信システムに適用した実施形態について説明した。しかし、各実施の形態における波長数、伝送路及び方路の本数、
30

トランスポンダ収容部の収容数は各実施形態を説明するための一例であって、本発明の構成は上記の実施形態によって限定されない。また、第1～第3の実施形態のROADMノードの構成は、非特許文献1に示すマルチキャストスイッチを用いた構成にも限定されない。

- 5 さらに、以上の実施の形態の適用領域は、波長多重通信システムに限定されるものではない。第1～第3の実施形態は、光アンプが多数配備されているが、実際に増幅される波長数の総数が少ない場合についても適用が可能である。

なお、上記の第1及び第2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、以下には限られない。

- 10 (付記1) 励起光を出力する励起光源出力手段と、励起光を分岐して出力する、分岐比が可変である光分岐手段と、光分岐手段が出力する励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、光分岐手段の分岐比及び励起光源出力手段の光出力電力の少なくとも一方を制御する制御手段と、を備えた励起光分配装置。

- 15 (付記2) 制御手段は、光分岐手段が出力する励起光により増幅される光信号の数及び光信号が伝送される光路の情報に基づいて、光分岐手段の分岐比及び励起光源出力手段の光出力電力の少なくとも一方を制御することを特徴とする、付記1に記載された励起光分配装置。

- 20 (付記3) 光分岐手段は、光分岐手段から出力される励起光の電力をモニタして励起光の強度に対応する励起光モニタ信号を出力する励起光モニタ手段を備え、制御手段は、励起光モニタ信号に基づいて励起光源出力手段が出力する励起光の電力及び光分岐手段の分岐比を制御する、付記1又は2に記載された励起光分配装置。

- 25 (付記4) 付記1乃至3のいずれかに記載された励起光分配装置と、光信号及び励起光分配装置から出力される励起光を入力することによって光信号を増幅して出力する増幅手段と、を備えた光増幅システム。

(付記5) 光信号が伝送される光路毎に増幅手段が備えられている、付記4に記載された光増幅システム。

- 30 (付記6) 増幅手段に入力される励起光の強度を減衰させる光減衰手段と、光減衰手段の減衰量を制御するゲインブロック制御手段と、をさらに備える、付記4又は5に記載された光増幅システム。

(付記7)増幅手段の出力における光信号の強度をモニタして光信号の強度に対応する光モニタ信号を出力する光信号モニタ手段をさらに備え、ゲインブロック制御手段は、光モニタ信号に基づいて光減衰手段の減衰量を制御する、付記4乃至6のいずれかに記載された光増幅システム。

- 5 (付記8)入力された光信号を増幅する付記4乃至7のいずれかに記載された光増幅システムと、光増幅システムによって増幅された光信号を波長毎に分離して所定の光路に出力するトランスポンダ収容部と、を備えるノード装置。

- 10 (付記9)光送信手段から出力される光信号を波長多重して所定の光路に出力するトランスポンダ収容手段と、所定の光路に出力された光信号を増幅する付記4乃至7のいずれかに記載された光増幅システムと、を備えるノード装置。

(付記10)励起光を分岐して出力し、分岐して出力された励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、励起光の分岐比及び励起光の光出力電力の少なくとも一方を制御する、励起光分配方法。

- 15 (付記11)励起光を出力する励起光源出力手段の光出力電力と前記励起光を分岐して出力し分岐比が可変である光分岐手段の前記分岐比との少なくとも一方を前記励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて制御する制御手段を、励起光分配装置のコンピュータに制御させるための、励起光分配装置のプログラム。

- 20 以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ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。

この出願は、2010年10月22日に出願された日本出願特願2010-237609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

- 25 100 光増幅システム
101 励起レーザ光源部
102 可変分岐部
103-1~103-n ゲインブロック部
104 ノード装置制御部
30 107-1~107-m トランスポンダ

- 110 励起光源分配部
- 120 トランスポンダ收容部
- 201 励起光分配制御部
- 203 可変光減衰器 (VOA)
- 5 204、214 光検出器
- 205 個別ゲインブロック制御部
- 206 能動ファイバ
- 207 アイソレータ
- 208-1~208-3 分岐比可変光分配器
- 10 209 光カプラ
- 401 サブ増幅ブロック
- 402 トランスポンダ
- 403 トランスポンダ收容部
- 501 カプラ
- 15 502 光増幅システム
- 503 ゲインブロック
- 504 励起光分配部
- 505 トランスポンダ收容部
- 506 トランスポンダ
- 20 507 ノード装置制御部
- 601、603、604 ROADMノード
- 602 光ファイバ伝送路
- 606 トランスポンダ
- 701、711 伝送路
- 25 721、722 トランスポンダ收容部
- 723 波長パス・ライン多重分離部
- 732 制御部
- 751 トランスポンダ
- 761、771 方路
- 30 801-1~801-4 1×4スプリッタ

802-1~802-4 4×1スイッチ

803-1~803-4 波長可変フィルタ

804-1~804-4 トランスポンダ

805 マルチキャストスイッチ

5 806 トランスポンダ収容部

907-1~907-4 光アンプ

請求の範囲

[請求項1]

励起光を出力する励起光源出力手段と、

前記励起光を分岐して出力する、分岐比が可変である光分岐手段と、

- 5 前記光分岐手段が出力する励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、前記光分岐手段の分岐比及び前記励起光源出力手段の光出力電力の少なくとも一方を制御する制御手段と、
を備えた励起光分配装置。

[請求項2]

- 10 前記制御手段は、前記光分岐手段が出力する励起光により増幅される光信号の数及び前記光信号が伝送される光路の情報に基づいて、前記光分岐手段の分岐比及び前記励起光源出力手段の前記光出力電力の少なくとも一方を制御する、請求項1に記載された励起光分配装置。

[請求項3]

- 15 前記光分岐手段は、
前記光分岐手段から出力される前記励起光の電力をモニタして前記励起光の強度に対応する励起光モニタ信号を出力する励起光モニタ手段を備え、
前記制御手段は、前記励起光モニタ信号に基づいて前記励起光源出力手段が出力する前記励起光の電力及び前記光分岐手段の分岐比を制御する、
20 請求項1又は2に記載された励起光分配装置。

[請求項4]

- 請求項1乃至3のいずれかに記載された励起光分配装置と、
光信号及び前記励起光分配装置から出力される励起光を入力することによって前記光信号を増幅して出力する増幅手段と、
25 を備えた光増幅システム。

[請求項5]

前記光信号が伝送される光路毎に前記増幅手段が備えられている、請求項4に記載された光増幅システム。

[請求項6]

- 30 前記増幅手段に入力される前記励起光の強度を減衰させる光減衰手段と、

前記光減衰手段の減衰量を制御するゲインブロック制御手段と、
をさらに備える、請求項4又は5に記載された光増幅システム。

[請求項7]

前記増幅手段の出力における前記光信号の強度をモニタして前記光信号の強度
5 に対応する光モニタ信号を出力する光信号モニタ手段をさらに備え、

前記ゲインブロック制御手段は、前記光モニタ信号に基づいて前記光減衰手段の
減衰量を制御する、請求項4乃至6のいずれかに記載された光増幅システム。

[請求項8]

入力された光信号を増幅する請求項4乃至7のいずれかに記載された光増幅シ
10 テムと、

前記光増幅システムによって増幅された前記光信号を波長毎に分離して所定の
光路に出力するトランスポンダ収容部と、

を備えるノード装置。

[請求項9]

15 光送信手段から出力される光信号を波長多重して所定の光路に出力するトランス
ポンダ収容手段と、

前記所定の光路に出力された前記光信号を増幅する請求項4乃至7のいずれか
に記載された光増幅システムと、

を備えるノード装置。

20 [請求項10]

前記励起光を分岐して出力し、

分岐して出力された前記励起光によって増幅される光信号の情報に基づいて、前
記励起光の分岐比及び前記励起光の光出力電力の少なくとも一方を制御する、
励起光分配方法。

图1

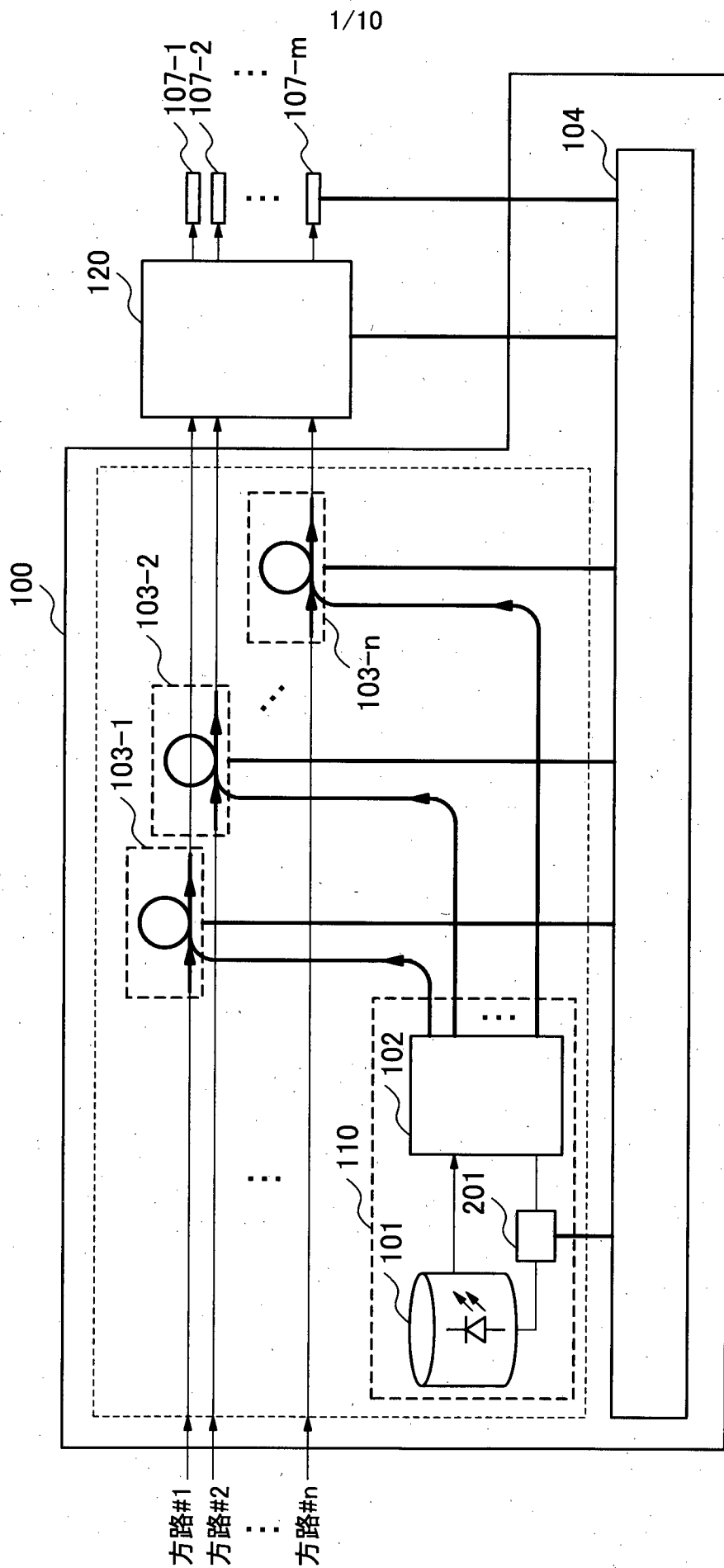
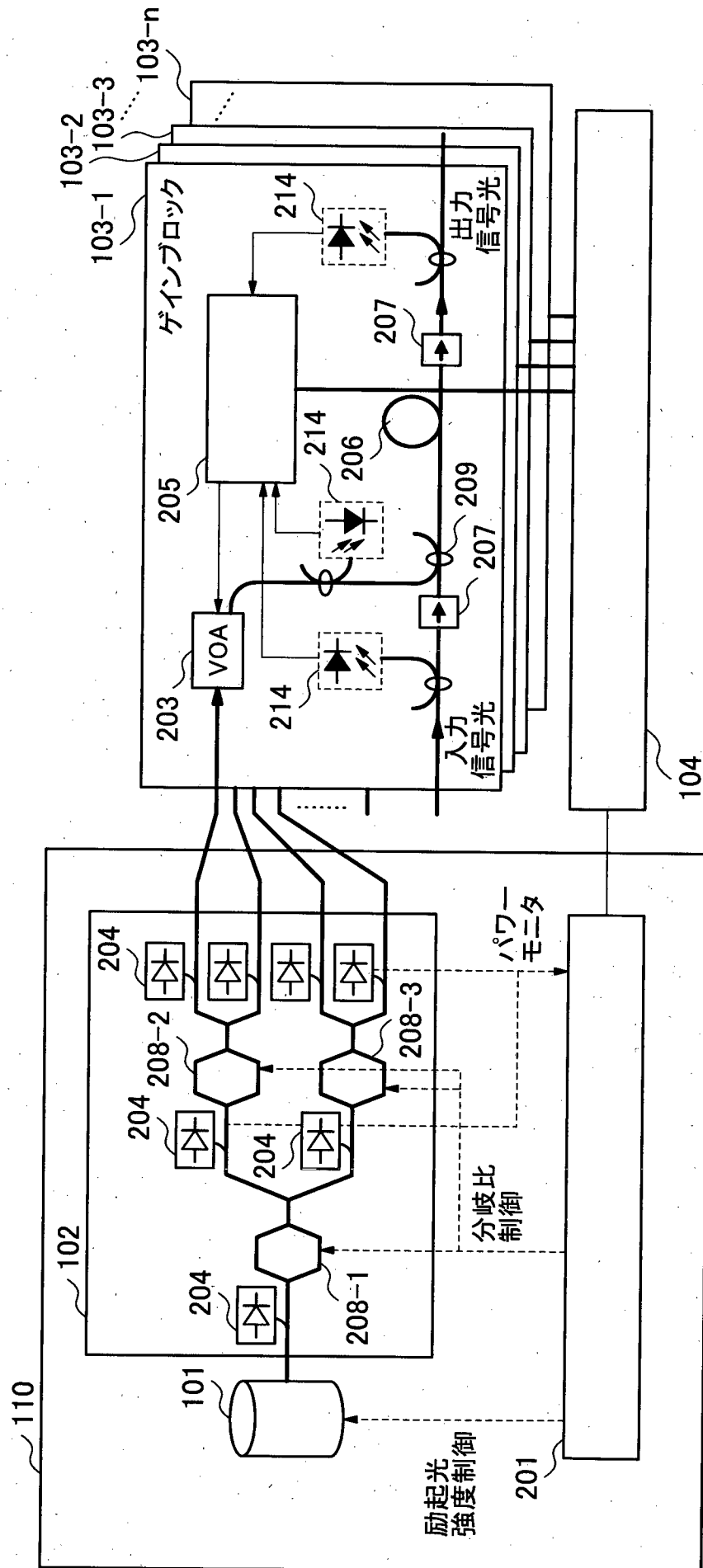
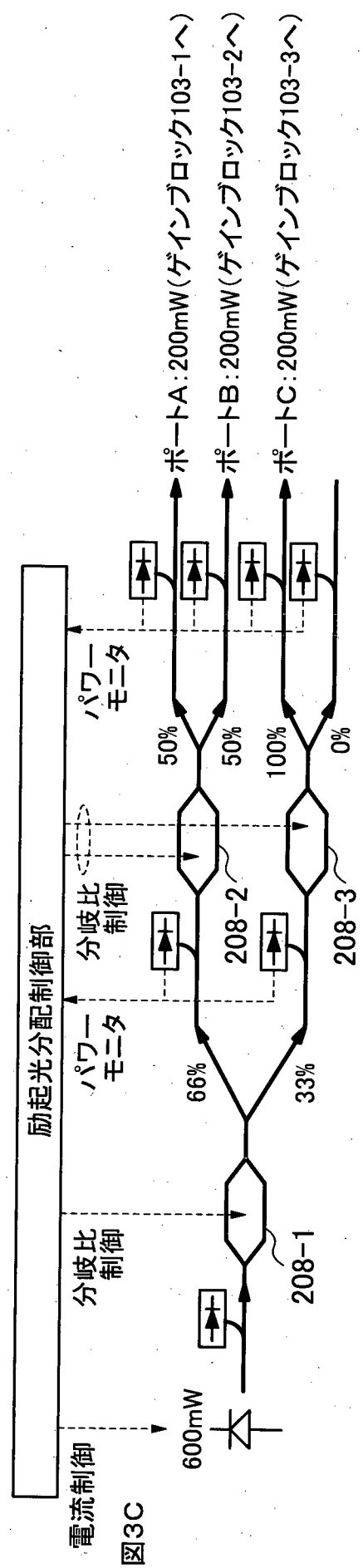
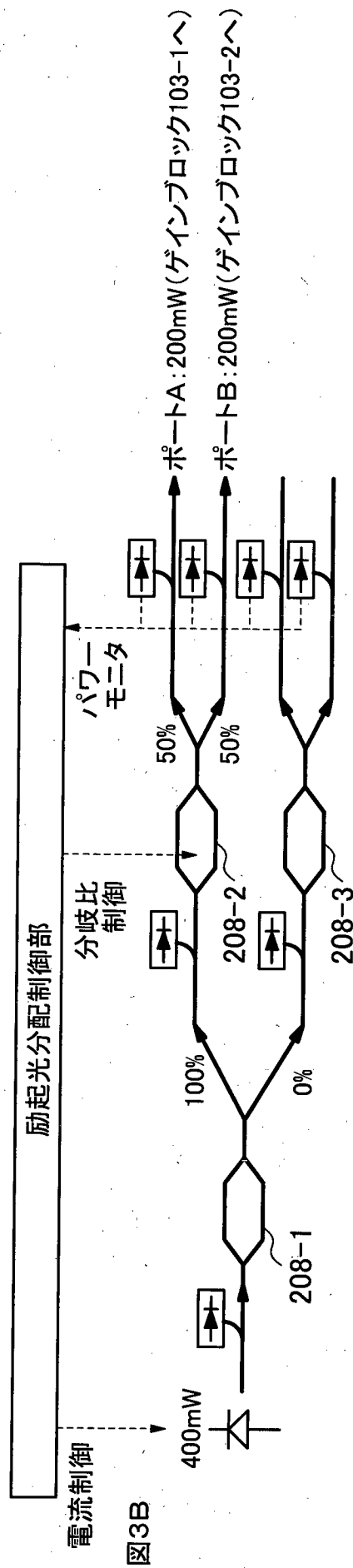
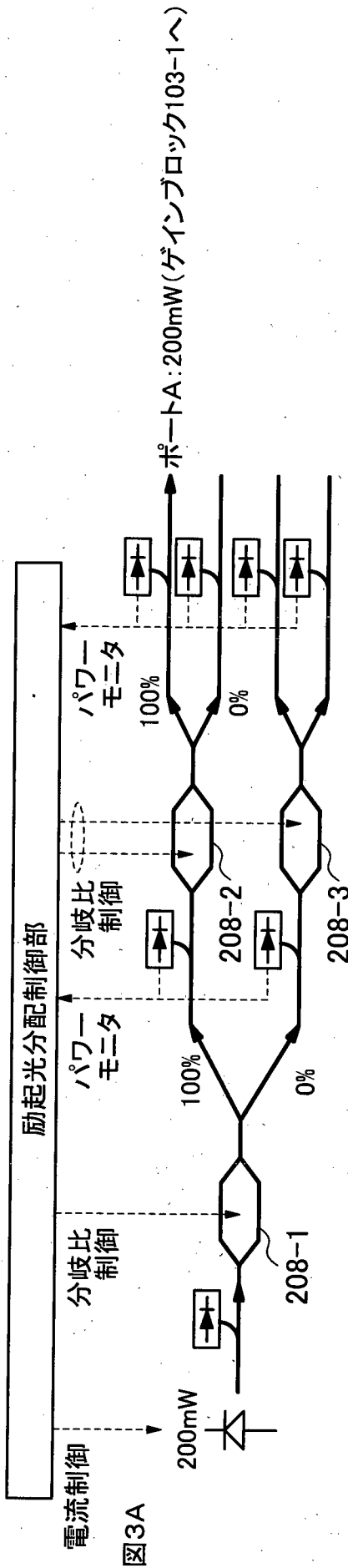


図2



3/10



4/10

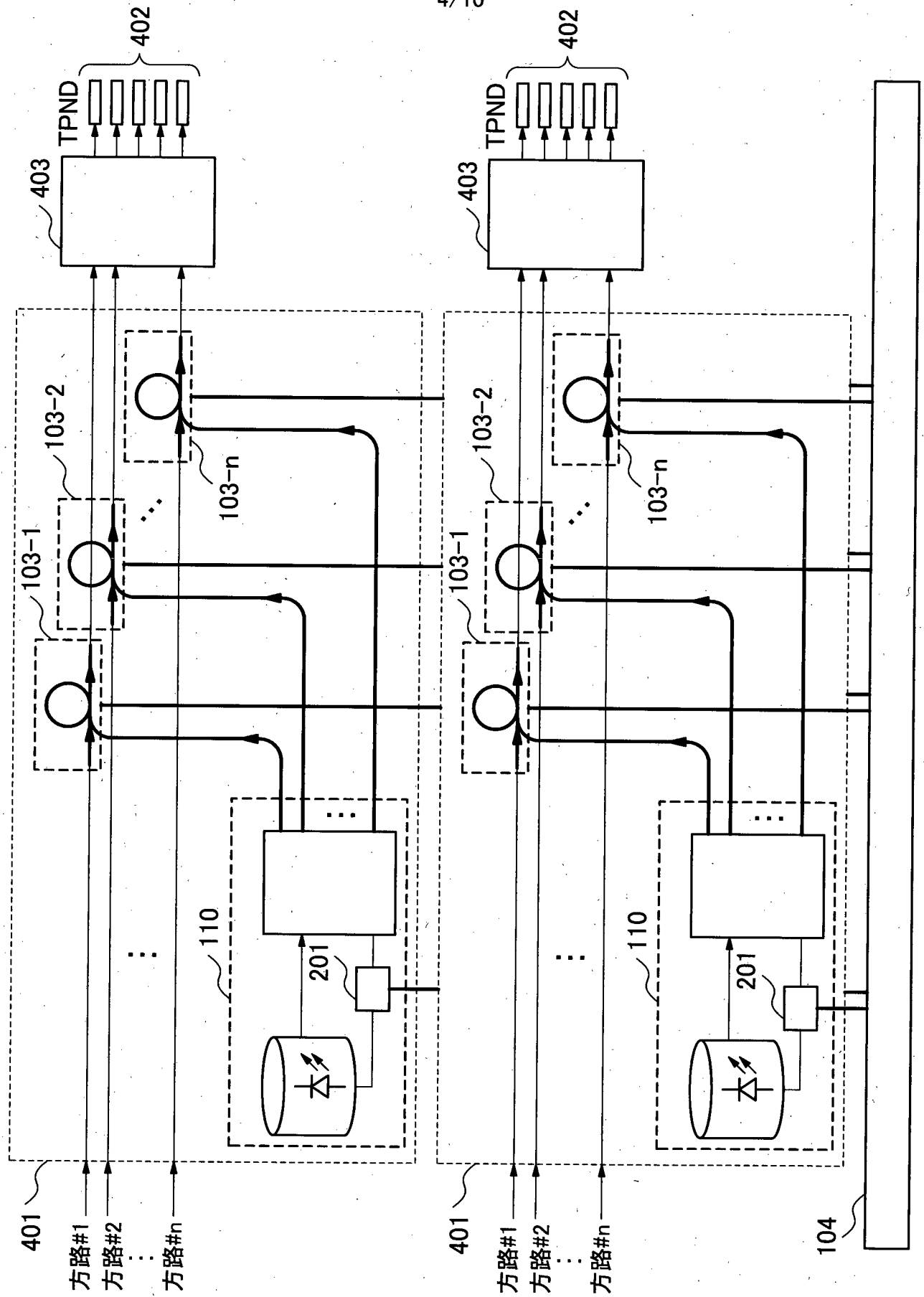


图4

図5

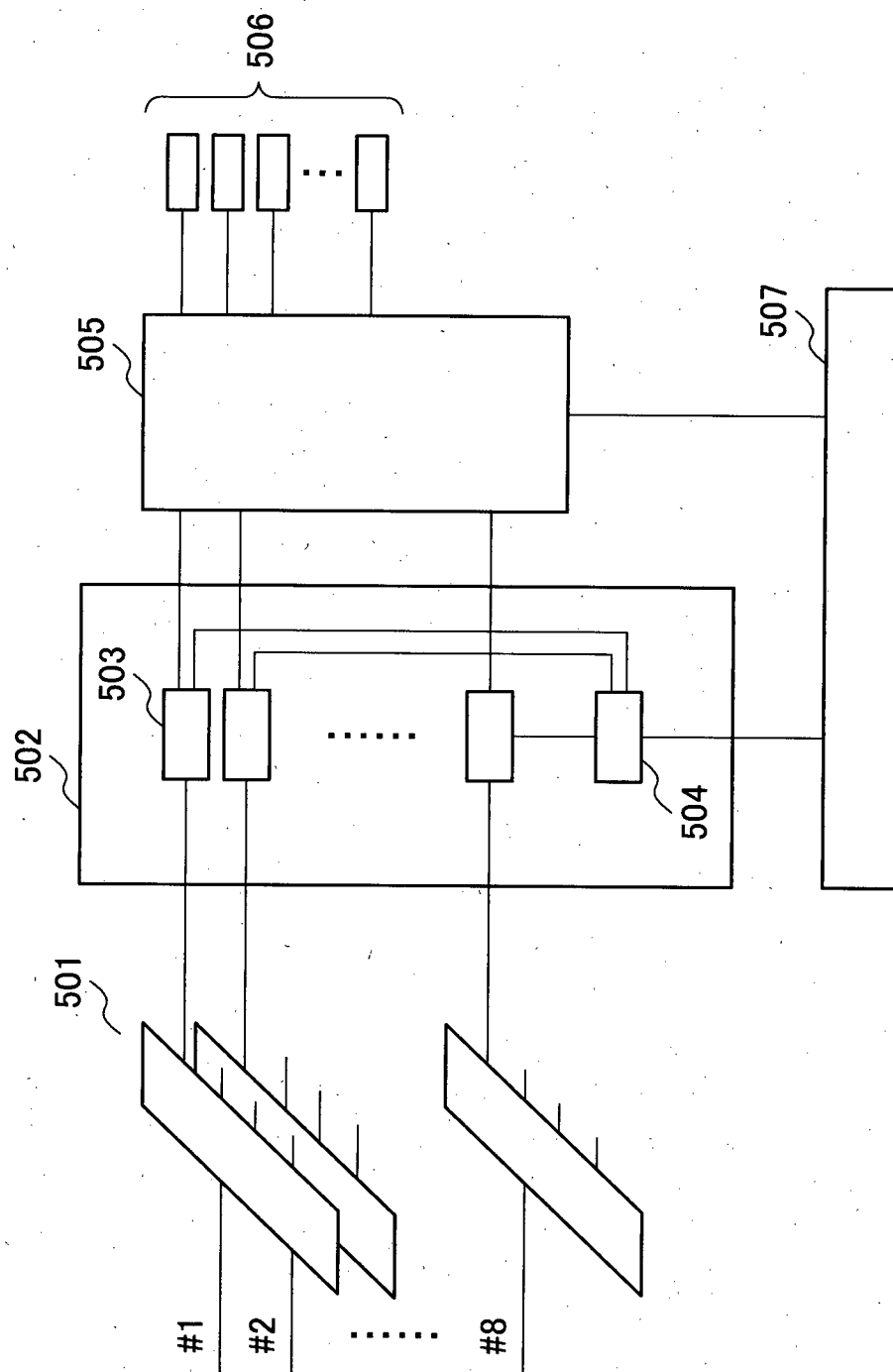


図6

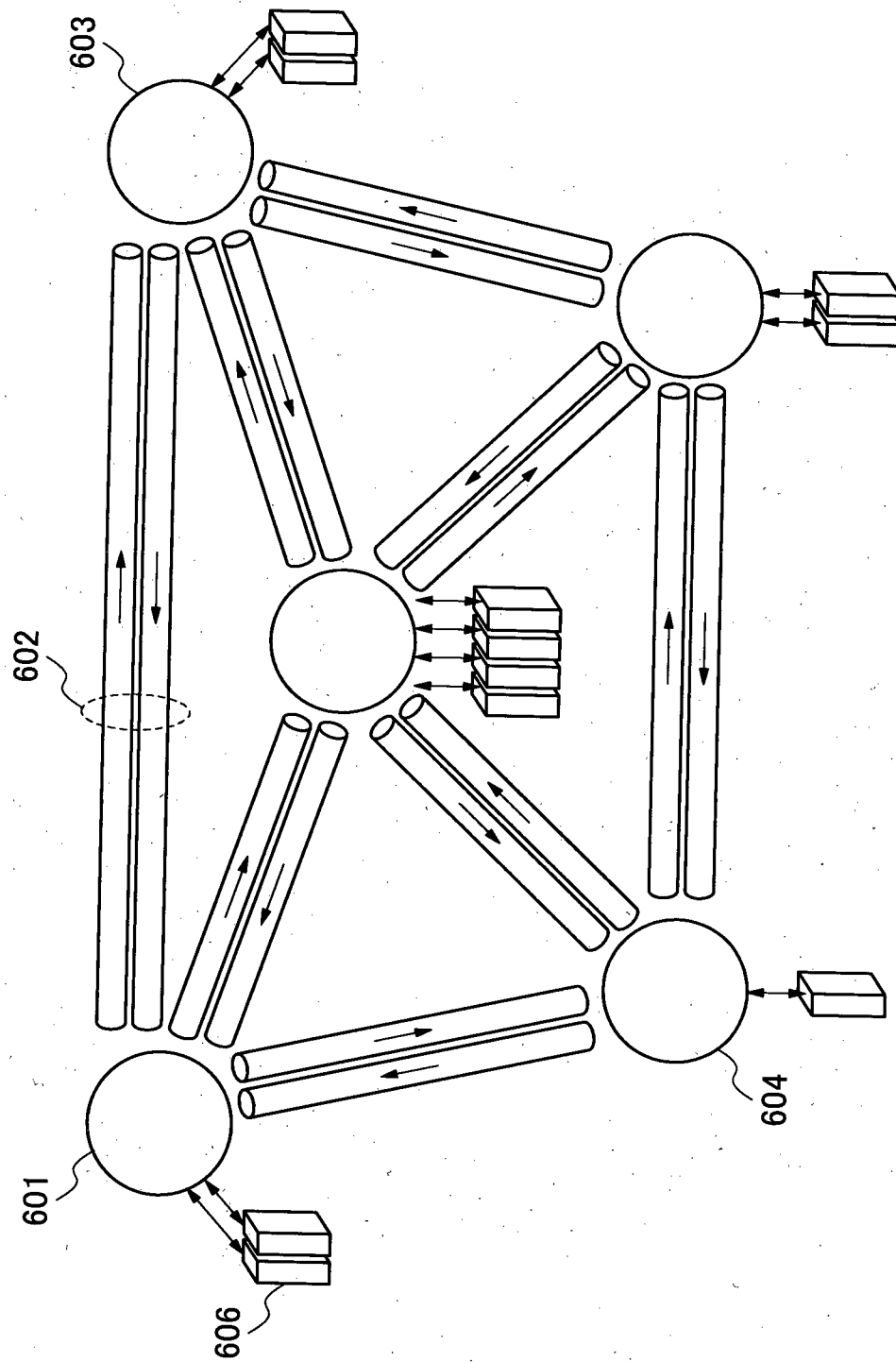


図7

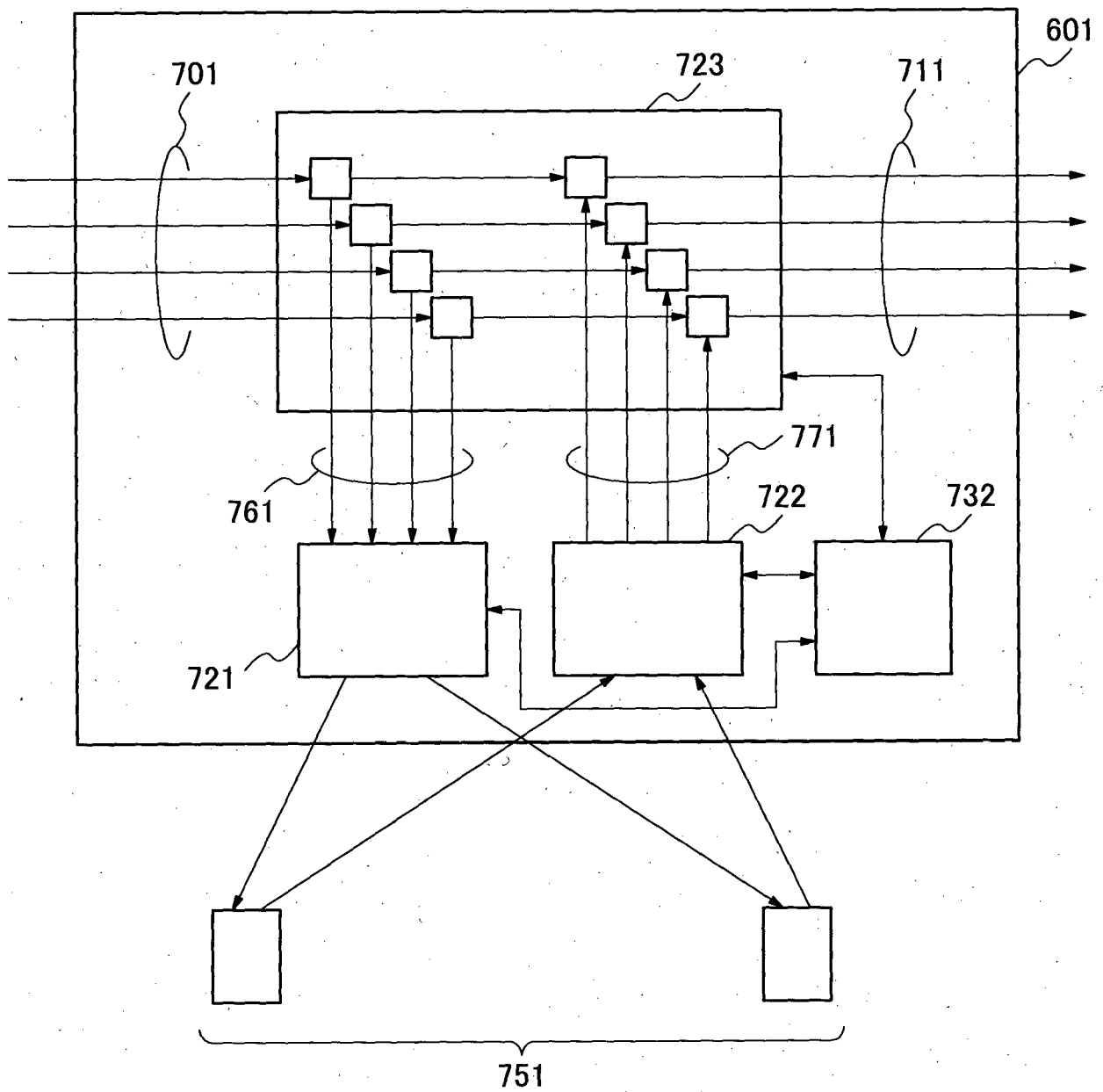


図8

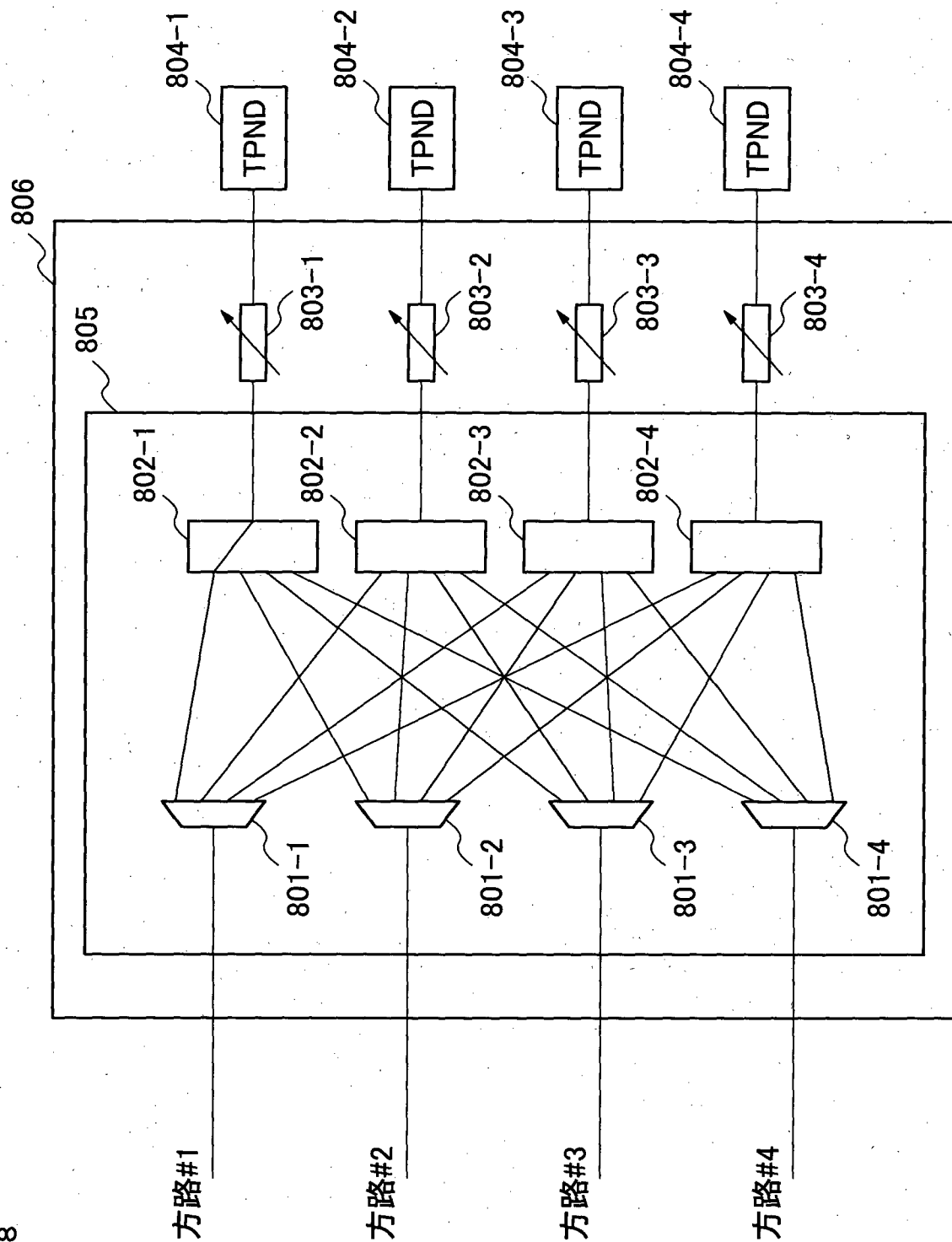
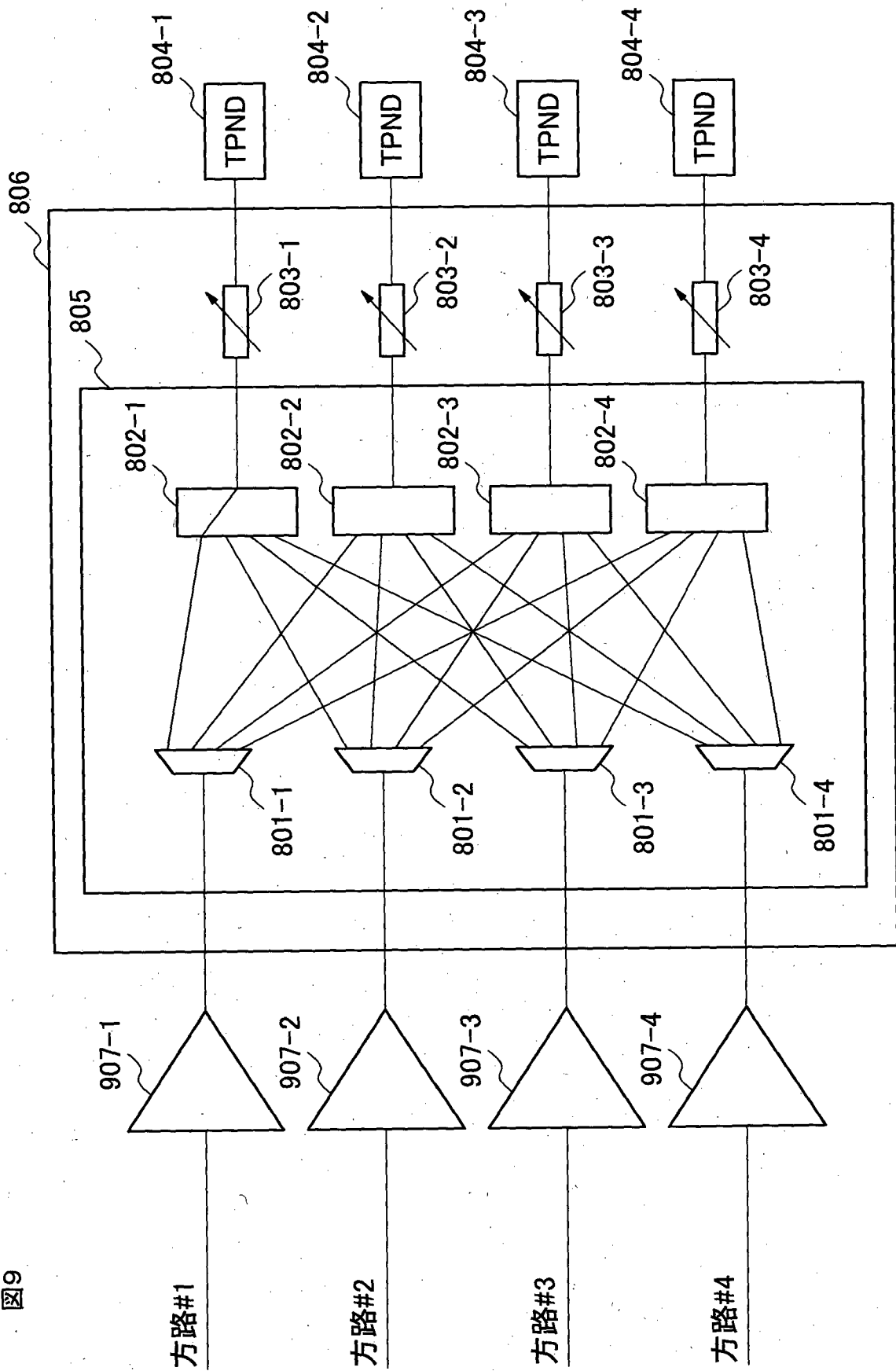


图9



10/10

図10

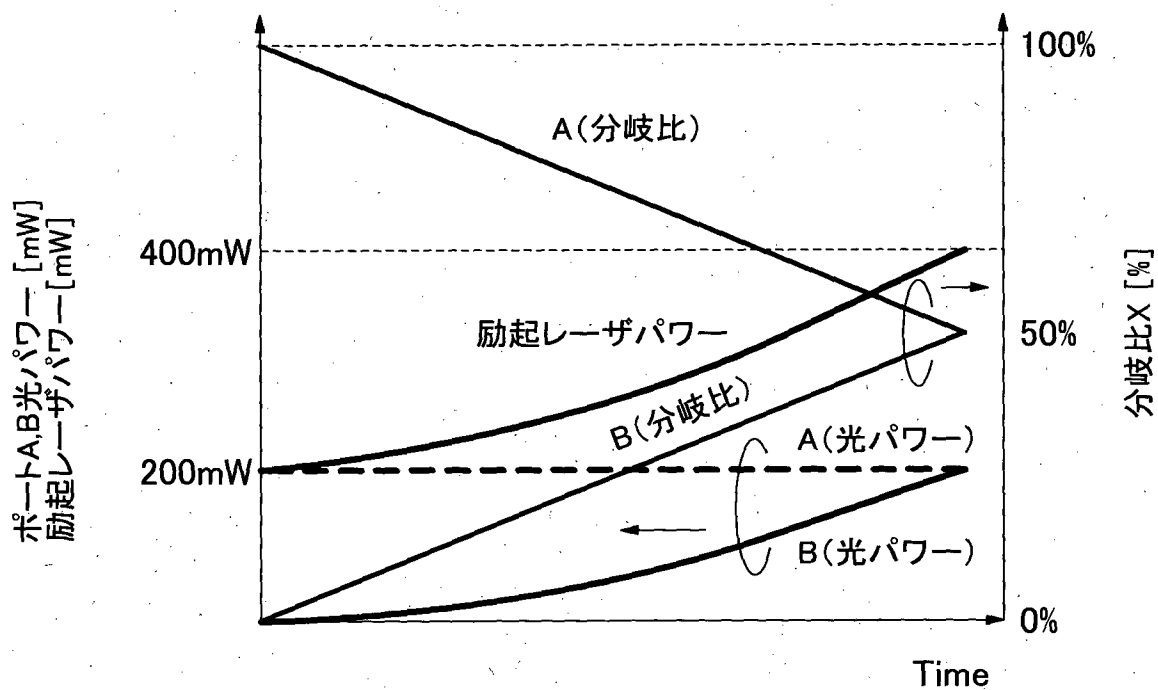
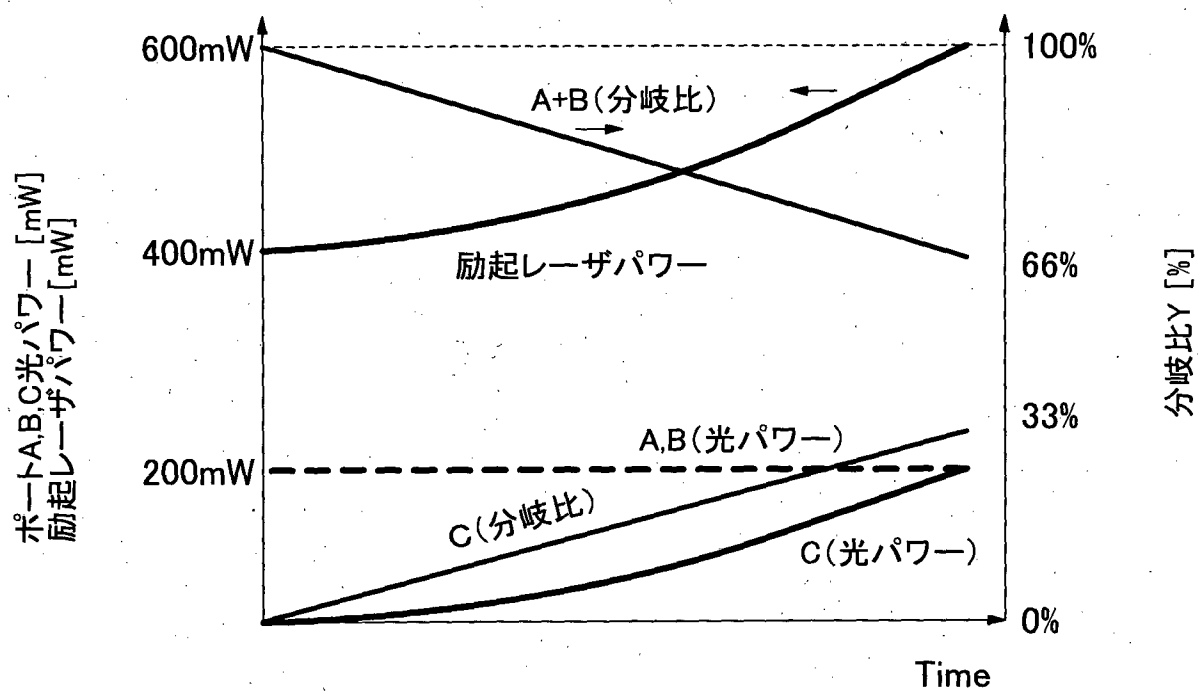


図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/071933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01S3/10(2006.01)i, H04B10/04(2006.01)i, H04B10/06(2006.01)i, H04B10/14(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01S3/10, H04B10/04, H04B10/06, H04B10/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-78002 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 11 March 2004 (11.03.2004), paragraphs [0002] to [0003], [0018] to [0052]; all drawings (Family: none)	1-10
Y	JP 2001-160651 A (NEC Corp.), 12 June 2001 (12.06.2001), paragraphs [0042] to [0044]; fig. 1 (Family: none)	1-10
Y	JP 9-97940 A (Mitsubishi Electric Corp.), 08 April 1997 (08.04.1997), paragraph [0052]; fig. 13 & US 5760949 A & GB 2306245 A & FR 2739502 A	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 November, 2011 (08.11.11)Date of mailing of the international search report
15 November, 2011 (15.11.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/071933

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-193512 A (Nippon Telegraph and Telephone Corp.), 21 August 2008 (21.08.2008), paragraphs [0004], [0016] to [0024]; fig. 1, 11 (Family: none)	6-9
A	JP 2008-136014 A (Hitachi Communication Technology Co., Ltd.), 12 June 2008 (12.06.2008), entire text; all drawings & US 2008/0199181 A1 & CN 101192889 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/10(2006.01)i, H04B10/04(2006.01)i, H04B10/06(2006.01)i, H04B10/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01S3/10, H04B10/04, H04B10/06, H04B10/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2004-78002 A（住友電気工業株式会社）2004.03.11, 【0002】－【0003】, 【0018】－【0052】, 全図（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2001-160651 A（日本電気株式会社）2001.06.12, 【0042】－【0044】, 図1（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 9-97940 A（三菱電機株式会社）1997.04.08, 【0052】, 図13 & US 5760949 A & GB 2306245 A & FR 2739502 A	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 1 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 1 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

傍島 正朗

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2 K

3 7 1 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-193512 A (日本電信電話株式会社) 2008.08.21, 【0004】, 【0016】 - 【0024】, 図 1, 11 (ファミリーなし)	6-9
A	JP 2008-136014 A (株式会社日立コミュニケーションテクノロジー) 2008.06.12, 全文全図 & US 2008/0199181 A1 & CN 101192889 A	1-10