

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3983510号

(P3983510)

(45) 発行日 平成19年9月26日(2007.9.26)

(24) 登録日 平成19年7月13日(2007.7.13)

(51) Int. Cl.			F I		
HO4B	10/16	(2006.01)	HO4B	9/00	J
HO4B	10/17	(2006.01)	HO1S	3/06	B
HO1S	3/06	(2006.01)	HO4B	9/00	E
HO4J	14/00	(2006.01)	HO1S	3/10	Z
HO4J	14/02	(2006.01)	HO4B	9/00	S

請求項の数 6 (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-239707 (P2001-239707)	(73) 特許権者	000006013
(22) 出願日	平成13年8月7日(2001.8.7)		三菱電機株式会社
(65) 公開番号	特開2003-51791 (P2003-51791A)		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(43) 公開日	平成15年2月21日(2003.2.21)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成17年4月7日(2005.4.7)		弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	一色 邦彦
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	小暮 太一
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内
		(72) 発明者	本島 邦明
			東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光増幅装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数波長の主信号光を直接増幅する光増幅手段と、
 所定の波長範囲内の1以上の波長からなる主信号の波長範囲よりも短い波長を持ち第1の周波数で変調された第1の補助信号光を発生する第1補助信号光発生手段と、
 前記主信号光の波長範囲よりも長い波長を持ち前記第1の周波数とは異なる第2の周波数で変調された第2の補助信号光を発生する第2補助信号光発生手段と、
 前記主信号光と前記第1および第2の補助信号光とを合波して前記光増幅手段に出力する光合波手段と、
 前記光増幅手段の出力光に含まれる前記第1および第2の補助信号光を前記第1および第2の周波数の変調信号によって分離して検出する第1および第2の検出手段と、
 前記第1および第2の検出手段で検出されたそれぞれの変調信号レベルに従って前記光増幅手段の利得を制御する利得制御手段と、
 前記光増幅手段の出力光に含まれる前記主信号光のみを増幅光として外部に出力する出力手段と、
 前記第1および第2の補助信号光の前記光増幅手段への入力レベルを前記複数波長の主信号光のうちの1波長の主信号光の前記光増幅手段への入力レベルと実質的に等しくするように調整する調整手段と、
 を備えたことを特徴とする光増幅装置。

【請求項2】

前記調整手段は、

前記複数波長の主信号光のうちの1波長の主信号光の光増幅手段への入力レベルを検出するレベル検出手段と、

前記第1および第2の補助信号光のレベルが前記レベル検出手段の検出レベルとほぼ等しくなるように前記第1および第2の補助信号光発生手段を制御する補助信号光発生制御手段と、

を備えたことを特徴とする請求項1に記載の光増幅装置。

【請求項3】

前記利得制御手段は、

第1および第2の検出手段の検出レベルがほぼ等しくなるように前記光増幅手段の利得を制御することを特徴とする請求項1または2に記載の光増幅装置。

10

【請求項4】

前記光増幅手段は、光励起による光増幅媒体を含み、前記利得制御手段は、励起光パワーを調整する調整手段を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【請求項5】

前記光増幅手段は、半導体レーザ増幅媒体を含み、前記利得制御手段は、半導体レーザの順方向電流を調整する調整手段を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【請求項6】

20

前記光増幅手段は、可変光減衰器を含み、前記利得制御手段は、前記可変光減衰器の光減衰量を調整する調整手段を含むことを特徴とする請求項1～5のいずれか一つに記載の光増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、複数の波長からなる信号光を増幅する光増幅装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

複数の波長からなる信号光を増幅する光増幅装置は、例えば、光増幅中継伝送システムにおいて、波長分割多重化された信号光の線形中継を行うために用いられている。この種の光増幅装置では、複数の波長からなる信号光に対する増幅利得が平坦であることが望まれる。例えば、特開平11-275026号公報（波長分割多重化光伝送における光増幅を制御する方法およびシステム）では、光増幅中継伝送システムにおいて光増幅装置の利得を平坦化制御する方法が開示されている。

30

【0003】

図5は、従来の光増幅装置を用いた光増幅中継伝送システムの構成例を示すブロック図である。図5において、この光増幅中継伝送システムは、光送信装置30と図示しない光受信装置とが、光伝送路40を介して接続されている。光伝送路40は、長尺の光ファイバ41と、光ファイバ41同士を接続する光増幅装置42とで構成されている。

40

【0004】

光送信装置30は、複数の波長 $1 \sim n$ からなる主信号光と波長 m_1 , m_2 の2つの補助信号光とを波長多重する光多重化装置31と、光多重化装置31の多重化信号光を増幅して光伝送路40に送出する光増幅装置32とを備えている。波長 m_1 は、主信号光の波長範囲よりも短く、波長 m_2 は、主信号光の波長範囲よりも長くなっている。

【0005】

つぎに、動作について説明する。光送信装置30において、情報伝達のための複数の主信号光（波長 $1 \sim n$ ）と、光増幅装置42を制御するための2つ補助信号光（波長 m_1 , m_2 ）とが光多重化装置31にて波長分割多重される。波長分割多重された信号光は、光増幅装置32にて、光多重化装置31による減衰分が補償されて光伝送路40であ

50

る光ファイバ41に送出される。信号光は、長尺(例えば100km)の光ファイバ41を伝送して減衰を受ける。減衰した信号光は、光増幅装置42で増幅されて光レベルが回復する。この多段中継増幅の繰り返しにより、長距離伝送が可能となる。

【0006】

ここで、図6を用いて光増幅装置42の利得を平坦化する方法を説明する。図6は、従来の光増幅装置で得られる増幅光スペクトル特性を示す図である。図6において、横軸は波長、縦軸は光強度である。図6では、波長範囲(1~n)が主信号光増幅帯域51であり、主信号光増幅帯域51外の短波長側に短い波長m1の補助信号光52の増幅帯域があり、主信号光増幅帯域51外の長波長側に長い波長m2の補助信号光53の増幅帯域があることが示されている。補助信号光52,53の光レベルは、主信号光のそれよりも若干低いレベルになっている。

10

【0007】

図6に示すように、主信号光増幅帯域51において光増幅装置42からの主信号光のレベルが揃っていて傾きがなければ多くの多段中継が可能である。しかし、傾きがあり、この傾きが大きいほど、低いレベルの信号光の強度低下が順次重なって受信レベルを割ってしまうので、多段中継数が少なくなる。

【0008】

そこで、各光増幅装置42では、主信号光増幅帯域51外の短波長側と長波長側とに追加されている補助信号光52,53のレベルを検出して大小関係を比較し、斜線54に示すようにレベル差がある場合には、平坦な線55のようにレベル差がなくなるように利得を制御(利得平坦化制御)し、主信号光増幅帯域51において傾きがないようにしている。

20

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の光増幅装置では、上述したように光送信装置30から送信される補助信号光を用いて利得平坦化制御を行う構成であるため、補助信号光を送信できる特定の光送信装置30との組み合わせでしか利得平坦化制御が行えないという問題点があった。

【0010】

本来、光増幅装置は、信号形式や変調速度等にかかわらず信号光を直接増幅できるので、種々の光送信装置と柔軟に組み合わせることができる特長を持つものである。その特長を活かすためには、利得平坦化の自律制御が行える光増幅装置の開発が必要である。

30

【0011】

この発明は、上記に鑑みてなされたもので、利得平坦化の自律制御機能を持つ光増幅装置を得ることを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、この発明にかかる光増幅装置は、複数波長の主信号光を直接増幅する光増幅手段と、所定の波長範囲内の1以上の波長からなる主信号の波長範囲よりも短い波長を持ち第1の周波数で変調された第1の補助信号光を発生する第1補助信号光発生手段と、前記主信号光の波長範囲よりも長い波長を持ち前記第1の周波数とは異なる第2の周波数で変調された第2の補助信号光を発生する第2補助信号光発生手段と、前記主信号光と前記第1および第2の補助信号光とを合波して前記光増幅手段に出力する光合波手段と、前記光増幅手段の出力光に含まれる前記第1および第2の補助信号光を前記第1および第2の周波数の変調信号によって分離して検出する第1および第2の検出手段と、前記第1および第2の検出手段で検出されたそれぞれの変調信号レベルに従って前記光増幅手段の利得を制御する利得制御手段と、前記光増幅手段の出力光に含まれる前記主信号光のみを増幅光として外部に出力する出力手段と、前記第1および第2の補助信号光の前記光増幅手段への入力レベルを前記複数波長の主信号光のうちの1波長の主信号光の前記光増幅手段への入力レベルと実質的に等しくするように調整する調整手段とを備えたことを特徴とする。

40

【0030】

50

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる光増幅装置の好適な実施の形態を詳細に説明する。

【0031】

実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1である光増幅装置の構成を示すブロック図である。図1において、この光増幅装置は、信号光を直接増幅する機能を有する光増幅部1と、主信号光の波長範囲($\lambda_1 \sim \lambda_n$)外の短波長側にある波長 λ_{m1} の補助信号光を発生するレーザダイオード2と、主信号光の波長範囲($\lambda_1 \sim \lambda_n$)外の長波長側にある波長 λ_{m2} の補助信号光を発生するレーザダイオード3と、レーザダイオード2を周波数 f_1 で変調駆動する変調器4と、レーザダイオード3を周波数 f_1 とは異なる周波数 f_2 で変調駆動する変調器5と、2つの補助信号光(波長 λ_{m1} , λ_{m2})を合波する3dB光カプラ6と、外部から入力する複数の主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)に3dB光カプラ6での合波光を追加($\lambda_1 \sim \lambda_n$, λ_{m1} , λ_{m2})し、光増幅部1に出力する13dB光カプラ7とを備えている。

10

【0032】

さらに、この光増幅装置は、光増幅部1の出力光を2分岐する13dB光カプラ8と、13dB光カプラ8の一方の分岐光から主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)のみを抽出して外部へ増幅光として出力する光フィルタ9と、13dB光カプラ8の他方の分岐光を電気変換するフォトダイオード10と、フォトダイオード10の出力信号から周波数 f_1 の変調信号成分を抽出する電気フィルタ11と、フォトダイオード10の出力信号から周波数 f_2 の変調信号成分を抽出する電気フィルタ12と、変調器4, 5の駆動制御を行うとともに、電気フィルタ11, 12の出力に基づき光増幅部1の利得を制御する制御回路13とを備えている。

20

【0033】

つぎに、以上のように構成される光増幅装置の動作について説明する。図1において、複数の主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)が装置外から13dB光カプラ7に入力し、そのうちの95%が通過して光増幅部1に入力する。一方、レーザダイオード2は、変調器4からの周波数 f_1 の変調信号によって変調駆動されるので、強度変調された補助信号光(波長 λ_{m1})を発生し、3dB光カプラ6に出力する。また、レーザダイオード3は、変調器5からの周波数 f_2 の変調信号によって変調駆動されるので、強度変調された補助信号光(波長 λ_{m2})を発生し、3dB光カプラ6に出力する。

30

【0034】

3dB光カプラ6は、レーザダイオード2からの周波数 f_1 で強度変調された波長 λ_{m1} の補助信号光とレーザダイオード3からの周波数 f_2 で強度変調された波長 λ_{m2} の補助信号光とを結合し、13dB光カプラ7に出力する。13dB光カプラ7は、3dB光カプラ6からの補助信号光(波長 λ_{m1} , λ_{m2})を外部からの主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)に追加して光増幅部1に入力する。光増幅部1は、主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)および補助信号光(波長 λ_{m1} , λ_{m2})を増幅して13dB光カプラ8に出力する。ここで、光増幅部1からの増幅光スペクトルは、図6に示したようになる。13dB光カプラ8は、光増幅部1で増幅された主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)および補助信号光(波長 λ_{m1} , λ_{m2})の95%を光フィルタ9に出力し、残りの5%をフォトダイオード10に出力する。

40

【0035】

フォトダイオード10は、13dB光カプラ8からの主信号光(波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$)および補助信号光(波長 λ_{m1} , λ_{m2})を電気信号に変換し、電気フィルタ11, 12に出力する。電気フィルタ11は、入力する電気信号から周波数 f_1 の変調信号成分を抽出し、制御回路13に出力する。また、電気フィルタ12は、入力する電気信号から周波数 f_2 の変調信号成分を抽出し、制御回路13に出力する。

【0036】

50

制御回路 13 は、電気フィルタ 11, 12 の出力レベルをそれぞれ検出し、それらのレベルが等しくなるように光増幅部 1 の利得を制御する。その結果、図 6 で説明した増幅光スペクトルと同様に、光増幅部 1 が増幅する主信号光のレベルの傾きが平坦化される。このように利得平坦化制御を受けた光増幅部 1 で増幅された主信号光および補助信号光の 95% が 13 dB カプラ 8 から光フィルタ 9 に出力され、主信号光のみが光フィルタ 9 を透過して装置外に出力される。

【0037】

図 2 は、光増幅装置から出力される増幅光のスペクトル特性を示す図である。図 2 において、横軸は波長、縦軸は光強度である。横軸には、主信号光増幅帯域 21 の波長範囲 ($\lambda_1 \sim \lambda_n$) の他、補助信号光の波長 λ_{m1} , λ_{m2} も示されているが、主信号光増幅帯域 21 で増幅された主信号光は、レベルの揃った傾きのないものである。したがって、光フィルタ 9 から装置外に出力される主信号光は、図 2 に示すように、レベルの揃った傾きのないものとなる。

10

【0038】

以上のように、この実施の形態 1 では、利得平坦化制御のための補助信号光を装置内で発生できるようにしたので、利得平坦化の自律制御が可能となる。したがって、光増幅中継伝送システムに適用した場合に、この実施の形態 1 による光増幅装置は、補助信号光を外部から貰う必要がなく、また外部に出力しないので、補助信号光の送信有無を問わず種々の光送信装置と柔軟に組み合わせて、多段中継増幅による長距離伝送を行うことができるようになる。

20

【0039】

実施の形態 2 .

図 3 は、この発明の実施の形態 2 である光増幅装置の構成を示すブロック図である。この実施の形態 2 では、主信号光の入力レベルを検出し、主信号光の光増幅部への入力レベルと実質的に等しいレベルの補助信号光を光増幅部に入力する構成例が示されている。なお、図 3 では、図 1 で示した構成と同一となる構成には、同一の符号が付されている。ここでは、この実施の形態 2 に関わる部分を中心に説明する。

【0040】

図 3 に示すように、この実施の形態 2 では、図 1 に示した構成において、入力側に、13 dB カプラ 31 と、光フィルタ 32 と、フォトダイオード 33 とが設けられ、それに伴い、制御回路 13 に代えた制御回路 34 が設けられている。その他は、実施の形態 1 (図 1) と同様である。

30

【0041】

13 dB カプラ 31 は、外部から入力する複数の主信号光 (波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$) の 95% を 13 dB カプラ 7 に出力し、残りの 5% を光フィルタ 32 に出力する。光フィルタ 32 は、複数の主信号光 (波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$) の中の例えば波長 λ_1 の主信号を通過させ、フォトダイオード 33 に出力する。フォトダイオード 33 は入力光を電気変換して制御回路 34 に出力する。制御回路 34 は、フォトダイオード 33 の出力レベルを検出し、その検出レベルとレーザダイオード 2, 3 の出力レベルとが等しくなるように変調器 4, 5 を制御する。

40

【0042】

つぎに、以上のように構成される実施の形態 2 による光増幅装置の動作について説明する。図 3 において、外部から入力する複数の主信号光 (波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$) のうちの 1 波、例えば波長 λ_1 のみの主信号光を光フィルタ 32 を介してフォトダイオード 33 に入力させ、検出信号を制御回路 34 に入力させる。

【0043】

制御回路 34 は、フォトダイオード 33 の出力レベルを検出し、その検出レベルとほぼ等しいレベルの補助信号光を光増幅部 1 に入力させるように変調器 4, 5 を制御する。その結果、光増幅部 1 からは、図 4 に示すような主信号光と補助信号光が出力される。

【0044】

50

図4は、光増幅部1からの増幅光スペクトル特性を示す図である。図4において、横軸は波長、縦軸は光強度である。横軸には、主信号光増幅帯域21の波長範囲(1~n)と、補助信号光の波長m1, m2が示されている。図4に示したように、主信号光増幅帯域21の主信号光とその両側での補助信号光41, 42のレベルがほぼ等しくなる。

【0045】

このように、この実施の形態2では、主信号光のレベルに合わせた補助信号光を主信号光と共に光増幅部1に入力し、その出力レベルが所定の一定値となるように利得を制御するようにしたので、主信号光の入力レベルが変動して図4に斜線43で示す光レベルの傾きが生じても速やかにその傾きが補正され、平坦な線44で示すように、増幅光出力レベルを一定に保つことができるようになる。

10

【0046】

なお、実施の形態1, 2において、補助信号光の一方、例えば波長m1の補助信号光が、レーザダイオード2の故障や接続している光ファイバの断線等により途絶えた場合に、他方の波長m2の補助信号光を出力するレーザダイオード3の出力レベルのみを所定の一定値に制御することにより、ほぼ同様の作用・効果が得られる。これは補助信号光を2波長使用する効果の1つである。

【0047】

また、光増幅部1としては、例えばエルビウム添加光ファイバのような光励起の光増幅媒体や、半導体レーザ増幅媒体等を含むものが可能であるが、それらに限られないことは言うまでもない。光増幅媒体における利得制御としては、励起光パワーや順方向電流の調整

20

【0048】

さらに、光増幅媒体の前後、ないしは中間に可変光減衰器を設け、その減衰量を調整することによって実質的に利得制御を行っても良く、さらに光増幅媒体の利得調整と可変光減衰器の減衰量調整を組み合わせるようにしても良い。

【0049】

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、調整手段により第1および第2の補助信号光の光増幅手段への入力レベルを複数波長の主信号光のうちの1波長の主信号光の光増幅手段への入力レベルと実質的に等しくするように調整するので、入力する主信号光に変動がある場合でも光増幅手段での増幅光において出力レベルを所定のレベル値に保ちつつ傾きが生じ

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1である光増幅装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1に示す光増幅装置から出力される増幅光スペクトルを示す特性図である。

【図3】 この発明の実施の形態2である光増幅装置の構成を示すブロック図である。

【図4】 図3に示す光増幅部からの増幅光スペクトルの特性図である。

【図5】 従来の光増幅装置を用いた光増幅中継システムの構成を示すブロック図である。

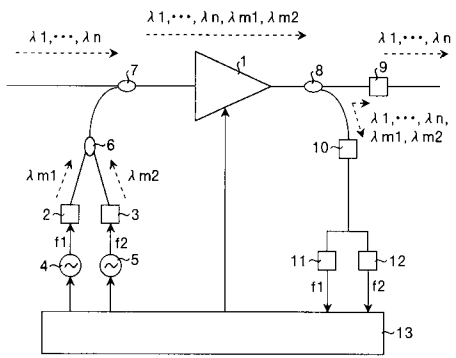
【図6】 従来の光増幅装置からの増幅光スペクトルの特性図である。

40

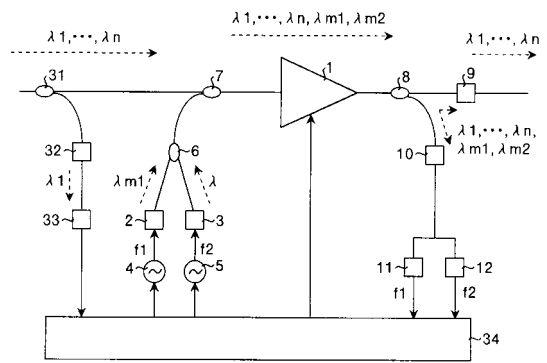
【符号の説明】

1 光増幅部、2, 3 レーザダイオード、4, 5 変調器、7, 8, 31 13dB光カプラ、9, 32 光フィルタ、10, 33 フォトダイオード、11, 12 電気フィルタ、13, 34 制御回路。

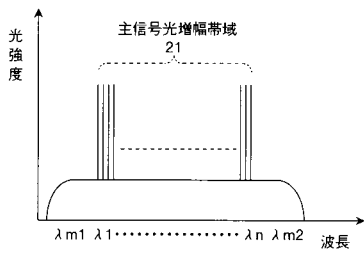
【 図 1 】



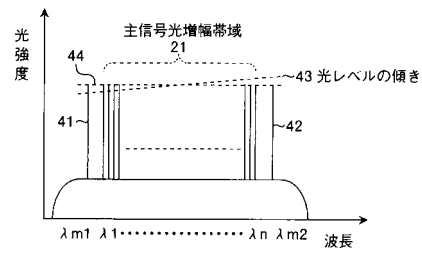
【 図 3 】



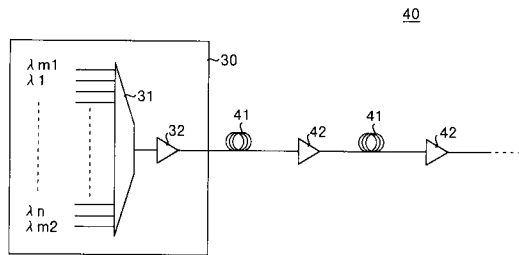
【 図 2 】



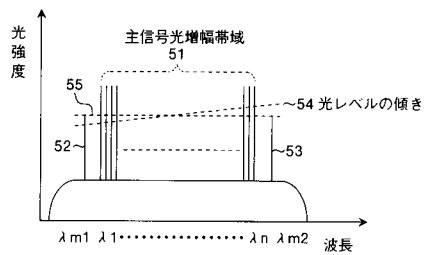
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
H 0 1 S 3/10 (2006.01) H 0 1 S 3/094 S
H 0 4 B 10/04 (2006.01)
H 0 4 B 10/06 (2006.01)
H 0 4 B 10/14 (2006.01)
H 0 1 S 3/094 (2006.01)

審査官 角田 慎治

(56) 参考文献 特開平 1 1 - 2 7 5 0 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 0 7 5 5 2 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 2 4 8 9 1 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 0 6 4 6 4 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 6 8 0 1 4 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 2 2 9 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 3 4 9 3 7 4 (J P , A)
特開平 0 9 - 2 2 4 0 1 6 (J P , A)

(58) 調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H04B 10/00-10/28
H04J 14/00-14/08
H01S 3/06
H01S 3/094
H01S 3/10