

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5365688号
(P5365688)

(45) 発行日 平成25年12月11日(2013.12.11)

(24) 登録日 平成25年9月20日(2013.9.20)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 S	3/10	(2006.01)	HO 1 S	3/10	Z
HO 4 B	10/2507	(2013.01)	HO 4 B	9/00	M

請求項の数 4 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-505764 (P2011-505764)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成21年3月26日 (2009.3.26)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2009/056186</p> <p>(87) 国際公開番号 W02010/109641</p> <p>(87) 国際公開日 平成22年9月30日 (2010.9.30)</p> <p>審査請求日 平成23年6月17日 (2011.6.17)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 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</p> <p>(74) 代理人 100089118 弁理士 酒井 宏明</p> <p>(72) 発明者 宿南 宣文 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内</p> <p>(72) 発明者 續木 達也 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内</p> <p>審査官 岡田 吉美</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 光増幅器及び光受信装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力ポートから入力する光信号を増幅して出力ポートから出力する光増幅器であって、前記入力ポートと前記出力ポートとを連結し、前記入力ポートから入力する光信号を前記出力ポートへ伝送する光信号路と、

前記光信号路内に配置され、予め定められた増幅波長帯域内で前記光信号を増幅する光増幅媒体と、

前記光増幅媒体と前記出力ポートとの間における前記光信号路内に配置され、前記増幅波長帯域内における前記光増幅媒体の利得波長特性を平坦化すると共に、前記光増幅媒体内で発生する自然放出光のうち前記増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、前記増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、前記光増幅媒体によって増幅された前記光信号に対して行う多層膜フィルタと

を備えたことを特徴とする光増幅器。

【請求項2】

前記光増幅媒体は、エルビウム添加光ファイバであることを特徴とする請求項1に記載の光増幅器。

【請求項3】

入力ポートから入力する光信号を増幅して出力ポートから出力する光増幅器であって、前記入力ポートと前記出力ポートとを連結し、前記入力ポートから入力する光信号を前記出力ポートへ伝送する光信号路と、

前記光信号路内に配置され、予め定められた増幅波長帯域内で前記光信号を増幅する第1の光増幅媒体と、

前記第1の光増幅媒体と前記出力ポートとの間における前記光信号路内に、前記第1の光増幅媒体とは別に配置された第2の光増幅媒体と、

前記第1の光増幅媒体と前記第2の光増幅媒体との間における前記光信号路内に配置され、前記増幅波長帯域内における前記光増幅媒体の利得波長特性を平坦化すると共に、前記光増幅媒体内で発生する自然放出光のうち前記増幅波長帯域の中央の自然放出光を、前記増幅波長帯域の両端の自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、前記第1の光増幅媒体によって増幅された前記光信号に対して行う多層膜フィルタと、

を備えたことを特徴とする光増幅器。

10

【請求項4】

入力ポートから入力する光信号を増幅して出力ポートから出力する光増幅器と、

前記光増幅器により出力された光信号を電気信号に変換する光電変換器とを備えた光受信装置であって、

前記光増幅器は、

前記入力ポートと前記出力ポートとを連結し、前記入力ポートから入力する光信号を前記出力ポートへ伝送する光信号路と、

前記光信号路内に配置され、予め定められた増幅波長帯域内で前記光信号を増幅する光増幅媒体と、

前記光増幅媒体と前記出力ポートとの間における前記光信号路内に配置され、前記増幅波長帯域内における前記光増幅媒体の利得波長特性を平坦化すると共に、前記光増幅媒体内で発生する自然放出光のうち前記増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、前記増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、前記光増幅媒体によって増幅された前記光信号に対して行う多層膜フィルタと

20

を備えたことを特徴とする光受信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、光増幅器及び光受信装置に関し、特に、簡易な構成で光増幅媒体の増幅波長帯域を有効に活用しつつ、S/A S Eの低下を抑制することができる光増幅器及び光受信装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

光通信システムでは、送信装置から送信された信号光が、光信号路である光ファイバを伝搬した後に、受信装置により受信される。そして、かかる光通信システムでは、光ファイバにおける光損失を補償するために、光信号を電気変換せずに直接増幅する光増幅器が広く用いられている。

【0003】

図11は、一般的な光通信システムの構成例を示す図である。図11に示すように、光通信システム100では、送信装置101から送信された信号光が、光信号路である光ファイバ102を伝搬して受信装置103により受信される。受信装置103は、光増幅器104と光電変換器105とを備え、光増幅器104により光信号を増幅し、その増幅した光信号を光電変換器105により電気信号に変換する。

40

【0004】

図12は、図11に示す受信装置103が備えた従来の光増幅器104の構成例を示す図である。図12に示すように、光増幅器104は、入力ポート106aと出力ポート106bとを連結した光ファイバである光信号路106内に、分波器107と、PD (Photo Diode) 108と、光アイソレータ109と、合波器110と、励起LD (Laser Diode) 111と、EDF (Erbium-Doped Fiber) から成る光増幅媒体112と、光アイソレータ113と、分波器114と、PD 115と

50

を有する。

【0005】

入力ポート106aから光信号路106に入力された光信号は、分波器107へ入力される。分波器107は、入力された光信号を2つに分岐し、一方をPD108へ、他方を光アイソレータ109を介して合波器110へ出力する。PD108は、図示しないモニタ装置に接続されており、入力ポート106aから入力された光信号をモニタ装置にモニタリングする。合波器110は、光アイソレータ109からの光信号(信号光)と励起LD111からの励起光とを合波し、光増幅媒体112へ出力する。光増幅媒体112は、予め定められた増幅波長帯域内で合波器110からの光信号を増幅し、光アイソレータ113を介して分波器114へ出力する。分波器114は、光アイソレータ113からの光信号を2つに分岐し、一方をPD115へ出力し、他方を出力ポート106bへ出力する。PD115は、図示しないモニタ装置に接続されており、出力ポート106bから出力される光信号をモニタ装置にモニタリングする。

10

【0006】

ところで、上述の光増幅器104では、光信号の増幅に伴って雑音成分である自然放出光(ASE: Amplified Spontaneous Emission)が光増幅媒体112内で発生し、伝送品質が劣化するという問題がある。

【0007】

図13は、光増幅器104における光出力スペクトルの一例を示す図である。なお、図13の例では、横軸は波長(nm)を示し、縦軸は光出力(dBm)を示している。

20

【0008】

図13に示すように、光増幅器104では、光増幅媒体112が1525nm~1570nmの増幅波長帯域内で光信号を増幅すると、同増幅波長帯域内で自然放出光が発生する。この自然放出光のパワーが信号光のパワーに対して過大となると、信号光パワーに対する自然放出光パワーの比であるS/ASEが低下し、その結果、伝送品質が劣化する。なお、信号光パワー P_1 (mW)に対する自然放出光パワー P_2 (mW)の比であるS/ASE(dB)は、以下の式で定義される。

【0009】

$$S/ASE = 10 \times \log(P_1/P_2) \cdots (1)$$

【0010】

そこで、従来から、上述した問題の発生を防止する光増幅器が種々提案されている。例えば、特許文献1~3では、S/ASEの低下を回避するため、自然放出光が発生する光増幅媒体の増幅波長帯域を制限し、信号光だけを透過するBPF(Band Pass Filter)、LWPF(Long Wavelength Pass Filter)、SWPF(Short Wavelength Filter)等の光フィルタを、光増幅媒体の出力側に配設した光増幅器が提案されている。また、特許文献4及び5では、特定の波長の信号光だけを選択的に透過させるように通過波長帯域を可変制御する波長可変光フィルタを、光増幅媒体の出力側に配設した光増幅器が提案されている。さらに、特許文献6及び7では、増幅波長帯域内における光増幅媒体の利得波長特性を平坦化すると共に、増幅波長帯域外の自然放出光を除去する利得平坦化光フィルタを、光増幅媒体の出力側に配設した光増幅器が提案されている。

30

40

【0011】

【特許文献1】特開平4-113328号公報

【特許文献2】特開平5-3356号公報

【特許文献3】特開平6-196788号公報

【特許文献4】特開平11-242116号公報

【特許文献5】特開平11-317709号公報

【特許文献6】特開2000-13327号公報

【特許文献7】特表2002-510870号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、上述した従来の光増幅器では、以下に示す問題があった。すなわち、特許文献1～3に記載の光増幅器では、自然放出光が発生する光増幅媒体の増幅波長帯域をBPF等の光フィルタによって制限するため、光増幅媒体の増幅波長帯域の全帯域を有効に活用することができない。

【0013】

また、特許文献4及び5に記載の光増幅器では、波長可変光フィルタにおける通過波長帯域を選択するための機構が複雑な構造となり、製造コストが増大してしまう。

【0014】

また、特許文献6及び7に記載の光増幅器では、利得が一定である場合には、利得平坦化フィルタにより増幅波長帯域内における光増幅媒体の利得波長特性を平坦化することができるものの、利得が変化した場合（例えば、入力光信号のパワーが一定であり、出力光信号のパワーが変化した場合）、光増幅媒体の利得チルトが発生し、S/A S Eが低下してしまうという問題がある。

【0015】

ここで、光増幅媒体の利得チルトによるS/A S Eの低下について説明する。図14は、利得平坦化フィルタを適用した場合の光増幅媒体の光出力スペクトルを示す図である。なお、図14の例では、横軸は波長(nm)を示し、縦軸は光出力(dBm)を示している。また、図14の例では、入力信号光のパワーを-20dBmとし、出力信号光のパワーを15dBm(利得35dB)とした。また、図14(a)～図14(f)は、信号波長がそれぞれ1528.8nm、1532.3nm、1538.2nm、1545.7nm、1557.8nm、1563.5nmである場合の光出力スペクトルを示している。

【0016】

図14(a)～図14(f)に示すように、利得が35dBである場合、増幅波長帯域1525～1565nm内における光増幅媒体の利得波長特性が利得平坦化フィルタによって平坦化される結果、この増幅波長帯域内における自然放出光のスペクトルが平坦化されている。

【0017】

図15及び図16は、図14と同様の利得平坦化フィルタを用いた場合の光増幅媒体の光出力スペクトルを示す図である。ただし、図15及び図16の例では、入力信号光のパワーを-20dBmとし、出力信号光のパワーを、それぞれ20dBm(利得40dB)、10dBm(利得30dB)としている。

【0018】

図15(a)～図15(f)に示すように、出力信号光のパワーが20dBm(利得40dB)である場合、すなわち、利得平坦化フィルタにより平坦化した利得35dBよりも利得が大きい場合、短波長側の自然放出光のスペクトルが、長波長側よりも大きくなり、右下がりの利得チルトが発生する。そして、図15(f)に示すように、信号光が長波長側に存在する時に、短波長側の自然放出光のスペクトルが最大となり、出力信号光のパワーが15dBm(利得35dB)である場合(図14(f)参照)よりもS/A S Eが低下する。

【0019】

一方、図16(a)～図16(f)に示すように、出力信号光のパワーが10dBm(利得30dB)である場合、すなわち、利得平坦化フィルタにより平坦化した利得35dBよりも利得が小さい場合、長波長側の自然放出光のスペクトルが、短波長側よりも大きくなり、右上がりの利得チルトが発生する。そして、図16(a)に示すように、信号光が短波長側に存在する時に、長波長側の自然放出光のスペクトルが最大となり、出力信号光のパワーが15dBm(利得35dB)である場合(図14(a)参照)よりもS/A S Eが低下する。

【0020】

図17は、出力信号光のパワーが変化した場合の光信号の波長とS/A S Eとの関係を示した図である。なお、図17の例では、横軸は光信号の波長(nm)を示し、縦軸はS/A S E(dB)を示している。図17に示すように、入力信号光のパワーP_{in}が-20dBmで一定で出力信号光のパワーP_{out}が10dBm~20dBmで変化すると、すなわち、利得が30~40dBで変化すると、波長帯域中央のS/A S Eは変化しないが、波長帯域の両端のS/A S Eが最大で4.8dBまで低下する。

【0021】

このように、利得平坦化フィルタを光増幅媒体の出力側に配設した光増幅器では、入力信号光のパワーが一定で、かつ、出力信号光のパワーが変化すると、すなわち、利得が変化すると、光増幅媒体の利得チルトが発生し、その結果、波長帯域の両端のS/A S Eが低下する。

10

【0022】

この発明は、上述した従来技術による問題点を解消するためになされたものであり、簡易な構成で光増幅媒体の増幅波長帯域を有効に活用しつつ、S/A S Eの低下を抑制することができる光増幅器及び光受信装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0023】

上述した課題を解決し、目的を達成するため、本願の開示する光増幅器は、一つの態様において、入力ポートから入力する光信号を増幅して出力ポートから出力する光増幅器であって、前記入力ポートと前記出力ポートとを連結し、前記入力ポートから入力する光信号を前記出力ポートへ伝送する光信号路と、前記光信号路内に配置され、予め定められた増幅波長帯域内で前記光信号を増幅する光増幅媒体と、前記光増幅媒体と前記出力ポートとの間における前記光信号路内に配置され、前記増幅波長帯域内における前記光増幅媒体の利得波長特性を平坦化すると共に、前記光増幅媒体内で発生する自然放出光のうち前記増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、前記増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、前記光増幅媒体によって増幅された前記光信号に対して行う光フィルタとを備えた。

20

【発明の効果】

【0024】

簡易な構成で光増幅媒体の増幅波長帯域を有効に活用しつつ、S/A S Eの低下を抑制することができるという効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】図1は、実施例1に係る光増幅器を備えた光受信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】図2は、図1に示す光増幅器の構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、光フィルタのフィルタ特性を説明するための概念図である。

【図4】図4は、図15(f)に示す自然放出光のスペクトル形状と図16(a)に示す自然放出光のスペクトル形状とを重畳させた状態を示す図である。

【図5】図5は、図4に示すスペクトル形状の共通部分に存在する自然放出光を減衰させる光フィルタの第2のフィルタ特性を示す図である。

40

【図6】図6は、増幅波長帯域内における光増幅媒体の利得波長特性を平坦化する光フィルタの第1のフィルタ特性を示す図である。

【図7】図7は、光フィルタのフィルタ特性を示す図である。

【図8】図8は、出力信号光のパワーが変化した場合の光信号の波長とS/A S Eとの関係を示した図である。

【図9】図9は、実施例2に係る光増幅器の構成を示すブロック図である。

【図10】図10は、光受信装置の変形例を示すブロック図である。

【図11】図11は、一般的な光通信システムの構成例を示す図である。

【図12】図12は、図11に示す受信装置が備えた従来の光増幅器の構成例を示す図で

50

ある。

【図 1 3】図 1 3 は、光増幅器における光出力スペクトルの一例を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、利得平坦化フィルタを適用した場合の光増幅媒体の光出力スペクトルを示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、図 1 4 と同様の利得平坦化フィルタを用いた場合の光増幅媒体の光出力スペクトルを示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、図 1 4 と同様の利得平坦化フィルタを用いた場合の光増幅媒体の光出力スペクトルを示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、出力信号光のパワーが変化した場合の光信号の波長と S / A S E との関係を示した図である。

10

【符号の説明】

【 0 0 2 6 】

3	光受信装置	
4	光増幅器	
5	光電変換器	
6	光信号路	
6 a	入力ポート	
6 b	出力ポート	
7	分波器	
8	P D	20
9	光アイソレータ	
1 0	合波器	
1 1	励起 L D	
1 2	光増幅媒体	
1 3	光アイソレータ	
1 4	分波器	
1 5	P D	
1 6	光フィルタ	
2 0	波長分散補償器	
5 4	光増幅器	30
5 5	光増幅媒体	
5 6	分波器	
5 7	光アイソレータ	
5 8	光フィルタ	
5 9	合波器	
6 0	光アイソレータ	
1 0 0	光通信システム	
1 0 1	送信装置	
1 0 2	光ファイバ	
1 0 3	受信装置	40
1 0 4	光増幅器	
1 0 5	光電変換器	
1 0 6	光信号路	
1 0 6 a	入力ポート	
1 0 6 b	出力ポート	
1 0 7	分波器	
1 0 8	P D	
1 0 9	光アイソレータ	
1 1 0	合波器	
1 1 1	励起 L D	50

- 1 1 2 光増幅媒体
- 1 1 3 光アイソレータ
- 1 1 4 分波器
- 1 1 5 P D
- 1 2 2 光増幅媒体

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下に、本願の開示する光増幅器及び光受信装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例1】

10

【0028】

図1は、本実施例に係る光増幅器を備えた光受信装置の構成を示すブロック図である。図1に示すように、光受信装置3は、入力ポートから入力する光信号を増幅し、当該増幅した光信号を出力ポートから出力する光増幅器4と、光増幅器4により出力された光信号を電気信号に変換する光電変換器5とを有している。

【0029】

図2は、図1に示す光増幅器4の構成を示すブロック図である。図2に示すように、光増幅器4は、光信号路6と、分波器7と、P D 8と、光アイソレータ9と、合波器10と、励起L D 11と、光増幅媒体12と、光アイソレータ13と、分波器14と、P D 15と、光フィルタ16とを有している。

20

【0030】

光信号路6は、入力ポート6aと出力ポート6bとを連結し、入力ポート6aから入力する光信号を出力ポート6bへ伝送する信号路である。光信号路6は、光信号伝送用の光ファイバにより形成されている。

【0031】

分波器7は、入力ポート6aから光信号路6に入力された光信号を2つに分岐し、一方をP D 8へ、他方を光アイソレータ9を介して合波器10へ出力する。P D 8は、図示しないモニタ装置に接続されており、分波器7によって分岐された光信号を受信することにより、入力ポート6aから入力された光信号をモニタ装置にモニタリングする。

【0032】

30

光アイソレータ9及び光アイソレータ13は、入力ポート6aから出力ポート6bの向きに伝送される光信号を透過し、出力ポート6bから入力ポート6aの向きに伝送される光信号を遮断する。合波器10は、光アイソレータ9からの光信号(信号光)と励起L D 11からの励起光とを合波し、光増幅媒体12へ出力する。励起L D 11は、光増幅媒体12を励起する励起光を発生する。

【0033】

光増幅媒体12は、光信号路6内に配置され、予め定められた増幅波長帯域内で光信号を増幅する。光増幅媒体12を形成する媒体としては、比較的到高利得を得易い媒体であれば如何なる媒体を用いてもよく、本実施例では、石英系のエルビウム添加光ファイバを用いている。

40

【0034】

分波器14は、光増幅媒体12からの光信号を2つに分岐し、一方をP D 15へ、他方を出力ポート6bへ出力する。P D 15は、図示しないモニタ装置に接続されており、分波器14によって分岐された光信号を受信することにより、出力ポート6bから出力される光信号をモニタ装置にモニタリングする。

【0035】

光フィルタ16は、光増幅媒体12と出力ポート6bとの間における光信号路6内に配置された誘電対多層膜等のフィルタである。光フィルタ16は、増幅波長帯域内における光増幅媒体12の利得波長特性を平坦化すると共に、光増幅媒体12内で発生する自然放出光のうち増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、増幅波長帯域の両端に存在する

50

自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、光増幅媒体 1 2 によって増幅された光信号に対して行う。

【 0 0 3 6 】

次に、図 3 ~ 図 7 を参照して、上述したフィルタ処理を実行するための光フィルタ 1 6 のフィルタ特性について説明する。図 3 は、光フィルタ 1 6 のフィルタ特性を説明するための概念図である。

【 0 0 3 7 】

光フィルタ 1 6 は、第 1 のフィルタ特性と第 2 のフィルタ特性とを合わせたフィルタ特性を有する。第 1 のフィルタ特性は、増幅波長帯域内における光増幅媒体 1 2 の利得波長特性を平坦化するフィルタ特性である。第 2 のフィルタ特性は、光増幅媒体 1 2 内で発生する自然放出光のうち増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させるフィルタ特性である。

【 0 0 3 8 】

仮に、光フィルタ 1 6 が第 1 のフィルタ特性のみを有し、第 2 のフィルタ特性を有さないとする、図 1 4 ~ 図 1 6 を用いて既に説明したように、光増幅器 4 における利得が変化すれば、光増幅媒体 1 2 の利得チルトが発生する。すなわち、光フィルタ 1 6 の第 1 のフィルタ特性により平坦化した利得よりも利得が大きく、かつ、信号光が増幅波長帯域の長波長側に存在する場合、図 3 の上側に示すように、短波長側の自然放出光のスペクトルが最大となった利得チルトが発生する。一方、光フィルタ 1 6 の第 1 のフィルタ特性により平坦化した利得よりも利得が小さく、信号光が増幅波長帯域の短波長側に存在する場合、図 3 の中央に示すように、長波長側の自然放出光のスペクトルが最大となった利得チルトが発生する。その結果、増幅波長帯域の両端の S / A S E が低下する（図 1 7 参照）。ただし、増幅波長帯域の中央の S / A S E はほとんど変化しない。

【 0 0 3 9 】

そこで、本実施例の光フィルタ 1 6 は、増幅波長帯域の両端の S / A S E の低下を抑制するために、利得が変化しても S / A S E のほとんど変化しない増幅波長帯域の中央の自然放出光を減衰させる第 2 のフィルタ特性を、第 1 のフィルタ特性と共に有している。

【 0 0 4 0 】

具体的には、光フィルタ 1 6 は、図 3 の下側に示すように、光フィルタ 1 6 の第 1 のフィルタ特性により平坦化した利得よりも利得が大きく、かつ、信号光が増幅波長帯域の長波長側に存在する場合の自然放出光のスペクトル形状（図 3 の上側参照）と、光フィルタ 1 6 の第 1 のフィルタ特性により平坦化した利得よりも利得が小さく、信号光が増幅波長帯域の短波長側に存在する場合の自然放出光のスペクトル形状（図 3 の中央参照）との共通部分に存在する自然放出光を、第 2 のフィルタ特性によって減衰させる。

【 0 0 4 1 】

図 4 は、図 1 5 (f) に示す自然放出光のスペクトル形状と図 1 6 (a) に示す自然放出光のスペクトル形状とを重畳させた状態を示す図である。なお、図 1 5 (f) 及び図 1 6 (a) に示す自然放出光のスペクトル形状は、それぞれ図 3 の上側及び図 3 の中央に示す自然放出光のスペクトル形状に対応している。また、図 4 の例では、横軸は波長 (n m) を示し、縦軸は光出力 (A U) を示している。図 4 に示すように、光フィルタ 1 6 は、図 1 5 (f) に示す自然放出光のスペクトル形状と、図 1 6 (a) に示す自然放出光のスペクトル形状との共通部分に存在する自然放出光を、第 2 のフィルタ特性によって減衰させる。

【 0 0 4 2 】

図 5 は、図 4 に示すスペクトル形状の共通部分に存在する自然放出光を減衰させる光フィルタ 1 6 の第 2 のフィルタ特性を示す図である。なお、図 5 の例では、横軸は波長 (n m) を示し、縦軸は損失 (d B) を示している。図 5 に示すように、光フィルタ 1 6 の第 2 のフィルタ特性では、光増幅媒体 1 2 内で発生する自然放出光のうち増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させるように、増幅波長帯域の両端の損失よりも増幅波長帯域の中央の損失が大きくなっている

10

20

30

40

50

。

【0043】

図6は、増幅波長帯域内における光増幅媒体12の利得波長特性を平坦化する光フィルタ16の第1のフィルタ特性を示す図である。なお、図6の例では、横軸は波長(nm)を示し、縦軸は損失(dB)を示している。

【0044】

本実施例の光フィルタ16は、図6に示す第1のフィルタ特性と図5に示す第2のフィルタ特性とを合わせたフィルタ特性を有する。かかる光フィルタ16のフィルタ特性を、図7に示す。

【0045】

次に、本実施例に係る光増幅器4の効果について説明する。図8は、出力信号光のパワーが変化した場合の光信号の波長とS/A S Eとの関係を示した図である。なお、図8の例では、横軸は光信号の波長(nm)を示し、縦軸はS/A S E(dB)を示している。図8に示すように、本実施例に係る光増幅器4では、入力信号光のパワーP_{in}が-20dBmで一定で出力信号光のパワーP_{out}が10dBm~20dBmで変化すると、すなわち、利得が30~40dBで変化すると、光増幅媒体12の増幅波長帯域の両端におけるS/A S Eが最大で5.6dBまで低下する。これに対して、従来の光増幅器104では、図17を用いて既に説明したように、光増幅媒体の増幅波長帯域の両端におけるS/A S Eは最大で4.8dBまで低下する。この結果より、本実施例に係る光増幅器4によれば、光フィルタ16を有することにより、利得チルトが発生した場合であっても、従来の利得平坦化フィルタを有する光増幅器に比べてS/A S Eの低下を抑制することができる。 10

【0046】

上述してきたように、本実施例の光増幅器4では、光フィルタ16が、増幅帯域内における光増幅媒体12の利得波長特性を平坦化すると共に、光増幅媒体12内で発生する自然放出光のうち増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、光増幅媒体12によって増幅された光信号に対して行う。このため、従来のように光増幅媒体の増幅波長帯域を制限することなく、当該増幅波長帯域の全帯域を有効に活用することができる。また、光フィルタ16のフィルタ特性は、第1のフィルタ特性と第2のフィルタ特性とを合わせるだけで容易に実現することができるので、構造を簡素化することができる。しかも、光フィルタ16のフィルタ特性により、増幅帯域内における光増幅媒体12の利得波長特性の平坦化及び増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光の減衰が行われるので、利得チルトが発生した場合であっても、S/A S Eの低下を抑制することができる。 20 30

【実施例2】

【0047】

次に、実施例2に係る光増幅器の構成について説明する。上記実施例1では、1つの光増幅媒体12を有し、この光増幅媒体12により光信号を1回だけ増幅する例について説明したが、複数の光増幅媒体を有し、これら複数の光増幅媒体により光信号を複数回増幅するように構成してもよい。実施例2では、2つの光増幅媒体を有する光増幅器について説明する。 40

【0048】

図9は、実施例2に係る光増幅器54の構成を示すブロック図である。なお、以下では、図2に示した構成部位と同様の機能を有する部位には同一符号を付すこととして、その詳細な説明を省略する。図9に示すように、光増幅器54は、図2に示す光増幅器4が有する光アイソレータ13及び光フィルタ16の代わりに、光増幅媒体55と、分波器56と、光アイソレータ57と、光フィルタ58と、合波器59と、光アイソレータ60とを有する。

【0049】

光増幅媒体55は、第1の光増幅媒体である光増幅媒体12と、出力ポート6bとの間 50

における光信号路 6 内に、光増幅媒体 1 2 とは別に配置された第 2 の光増幅媒体である。分波器 5 6 は、光増幅媒体 1 2 と光増幅媒体 5 5 との間における光信号路 6 内に配置され、光増幅媒体 1 2 によって増幅された光信号を分岐する機器である。

【 0 0 5 0 】

光アイソレータ 5 7 及び光アイソレータ 6 0 は、入力ポート 6 a から出力ポート 6 b の向きに伝送される光信号を透過し、出力ポート 6 b から入力ポート 6 a の向きに伝送される光信号を遮断する機器である。

【 0 0 5 1 】

光フィルタ 5 8 は、分波器 5 6 と光増幅媒体 5 5 との間における光信号路 6 内に配置され、増幅波長帯域内における光増幅媒体 1 2 の利得波長特性を平坦化すると共に、光増幅媒体 1 2 内で発生する自然放出光のうち増幅波長帯域の中央の自然放出光を、増幅波長帯域の両端の自然放出光よりも減衰させるフィルタ処理を、分波器 5 6 により分岐された光信号のうち一方の分岐信号に対して行うフィルタである。光フィルタ 5 8 は、図 2 に示す光フィルタ 1 6 と同様のフィルタ特性を有する。

10

【 0 0 5 2 】

合波器 5 9 は、光フィルタ 5 8 によりフィルタ処理された一方の分岐信号と、分波器 5 6 により分岐された光信号のうち他方の分岐信号とを合成し、その合成した合成信号を光増幅媒体 5 5 に出力する。

【 0 0 5 3 】

ここで、光フィルタ 5 8 によりフィルタ処理された光信号は、光フィルタ 5 8 によって多少の光損失を受ける。仮に、光増幅媒体 1 2 によって増幅された光信号が、光フィルタ 5 8 を通過した後、そのまま光増幅媒体 5 5 に出力されるとすれば、光増幅媒体 5 5 は、光フィルタ 5 8 による光損失を受けた光信号を増幅することとなり、伝送品質が悪化する。

20

【 0 0 5 4 】

かかる伝送品質の悪化を回避すべく、本実施例の光増幅器 5 4 では、光増幅媒体 1 2 によって増幅された光信号を分波器 5 6 によって分岐し、分岐した一方の分岐信号を光フィルタ 5 8 によってフィルタ処理した後、この一方の分岐信号と分岐した他方の分岐信号とを合波器 5 9 によって合成する。光フィルタ 5 8 によりフィルタ処理された一方の分岐信号は、他方の分岐信号と合成されることにより、再び励起されることとなる。これにより、光フィルタ 5 8 による光損失が補填され、光増幅媒体 5 5 は、合波器 5 9 の合成した光損失の少ない良好な状態の光信号を増幅することができる。したがって、光増幅媒体 1 2 によって増幅された光信号が、光フィルタ 5 8 を介してそのまま光増幅媒体 5 5 に出力される場合に比べて、伝送品質を格段に向上することができる。

30

【 0 0 5 5 】

上述してきたように、本実施例の光増幅器 5 4 では、光フィルタ 5 8 が実施例 1 に係る光フィルタ 1 6 と同様のフィルタ特性を有するため、従来のように光増幅媒体の増幅波長帯域を制限することなく、当該増幅波長帯域の全帯域を有効に活用することができる。また、従来の波長可変光フィルタに比べて構造を簡素化することができる。しかも、光フィルタ 5 8 のフィルタ特性により、増幅帯域内における光増幅媒体 1 2 の利得波長特性の平坦化及び増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光の減衰が行われるので、利得チルトが発生した場合であっても、S / A S E の低下を抑制することができる。さらに、合波器 5 9 が、光フィルタ 5 8 によりフィルタ処理された一方の分岐信号と、分波器 5 6 により分岐された他方の分岐信号とを合成し、その合成信号を光増幅媒体 5 5 に出力するので、光損失の少ない良好な光信号を光増幅媒体 5 5 によって増幅することができる。

40

【 0 0 5 6 】

さて、これまで本発明の実施例について説明したが、本発明は上述した実施例以外にも、請求の範囲に記載した技術的思想の範囲内において種々の異なる実施例にて実施されてもよいものである。

【 0 0 5 7 】

50

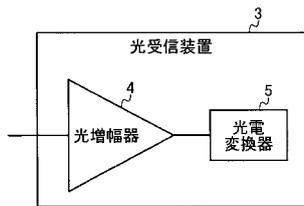
例えば、上記実施例 1 及び 2 に係る光受信装置 3 では、光増幅器 4（又は光増幅器 5 4）の直後に光電変換器 5 を配置する構成としたが、かかる構成に限らず、図 1 0 に示すように、光増幅器 4（又は光増幅器 5 4）と光電変換器 5 との間に、光信号の波長分散を補償する波長分散補償器 2 0 を設けてもよい。

【 0 0 5 8 】

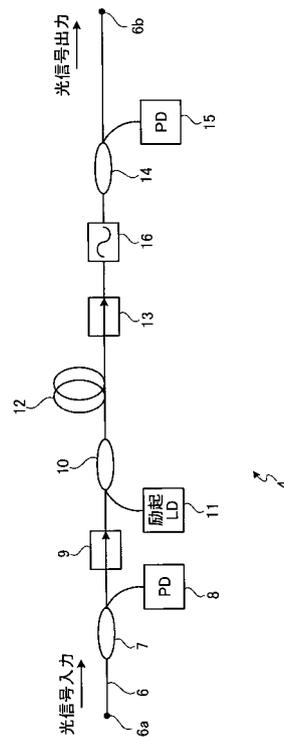
また、上記実施例 1 及び 2 に係る光増幅器では、増幅波長帯域内における光増幅媒体 1 2 の利得波長特性を平坦化する第 1 のフィルタ特性と、光増幅媒体 1 2 内で発生する自然放出光のうち増幅波長帯域の中央に存在する自然放出光を、増幅波長帯域の両端に存在する自然放出光よりも減衰させる第 2 のフィルタ特性とを合わせたフィルタ特性を、1 つの光フィルタ 1 6（又は光フィルタ 5 8）が有することとしたが、かかる構成に限らず、第 1 のフィルタ特性を有する光フィルタと、第 2 のフィルタ特性を有する光フィルタとを別個に用意し、これら 2 つの光フィルタを連結した構成としてもよい。

10

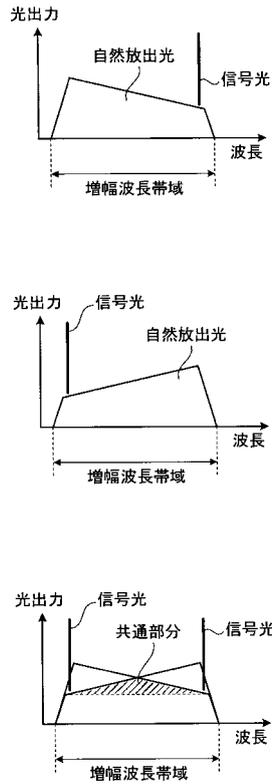
【 図 1 】



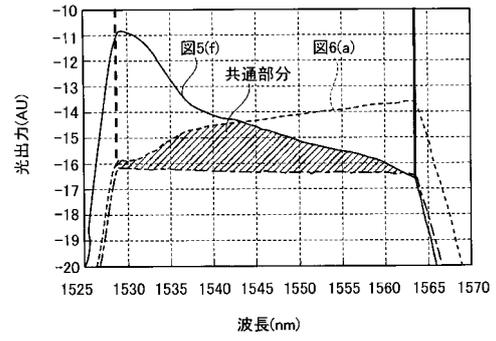
【 図 2 】



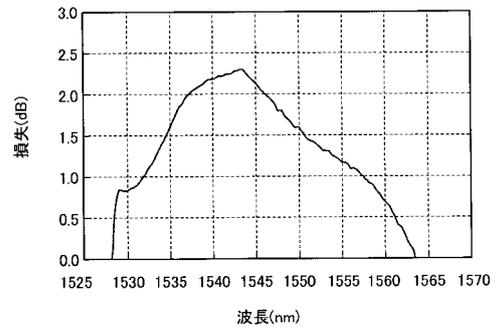
【 図 3 】



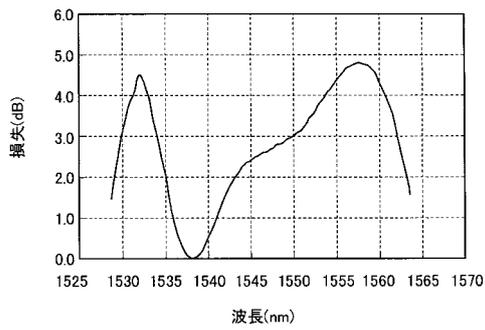
【 図 4 】



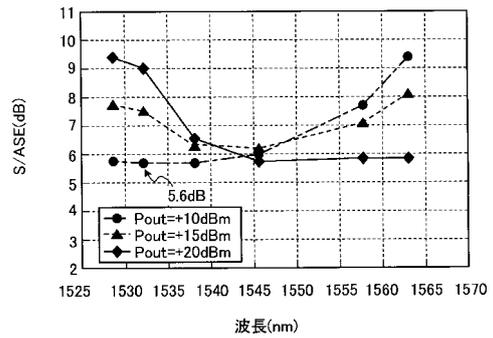
【 図 5 】



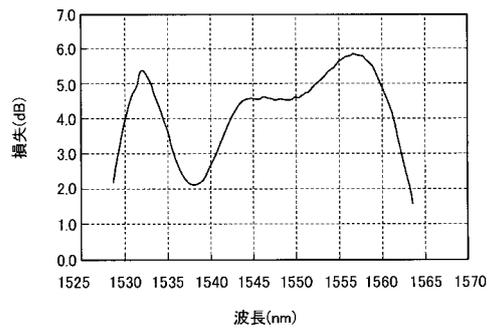
【 図 6 】



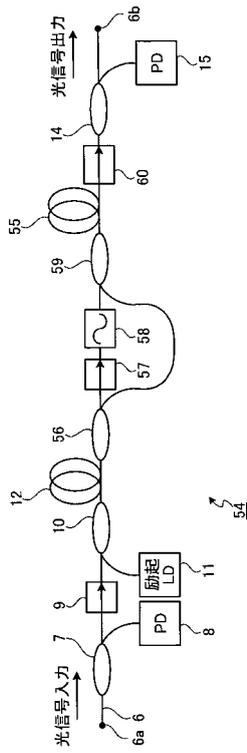
【 図 8 】



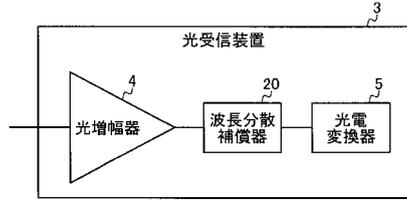
【 図 7 】



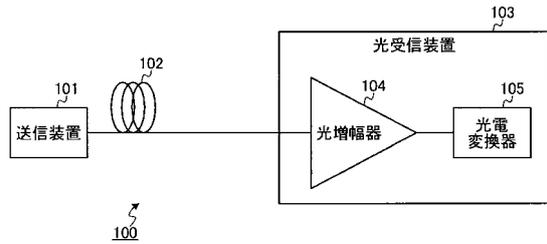
【 図 9 】



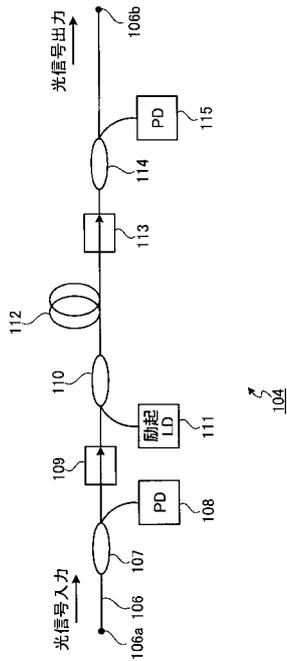
【 図 10 】



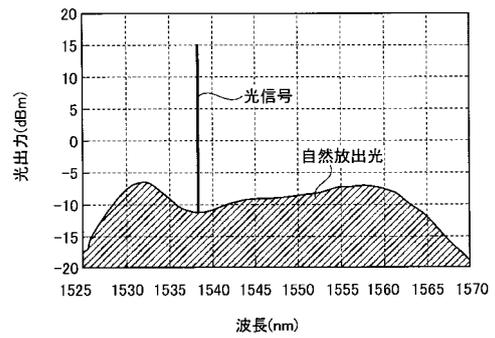
【 図 11 】



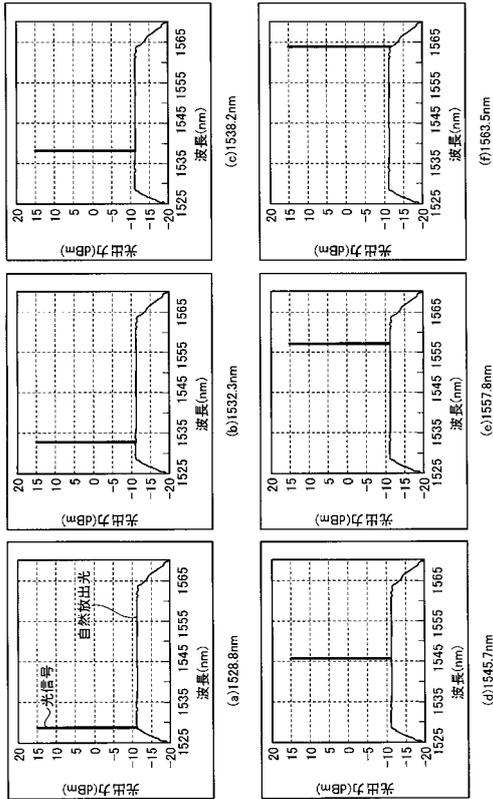
【 図 12 】



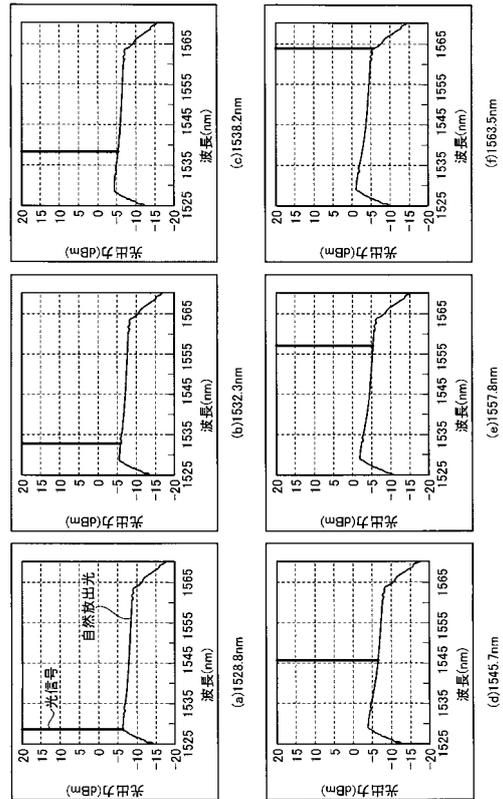
【 図 13 】



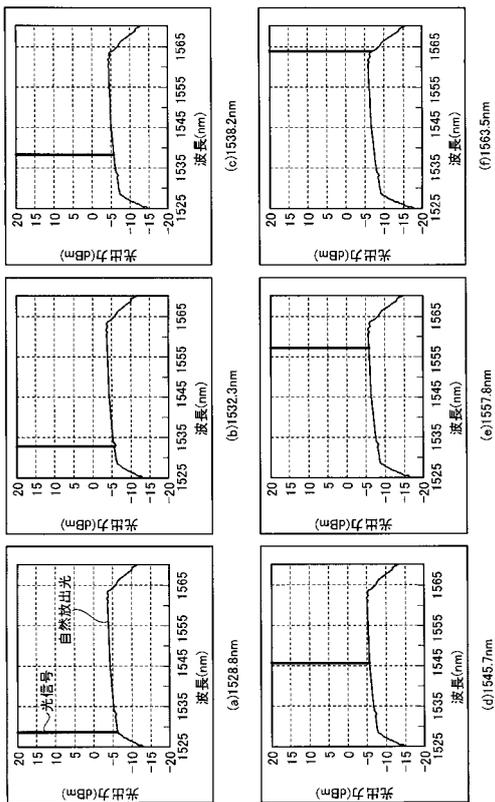
【図14】



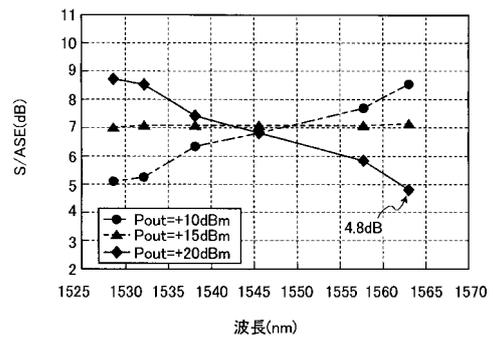
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-058948(JP,A)
特開平08-248455(JP,A)
特開2000-252923(JP,A)
特開平07-183604(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 3/00 - 3/30