

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2023-29247
(P2023-29247A)

(43)公開日 令和5年3月3日(2023.3.3)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 B 10/291 (2013.01) H 0 4 B 10/291

H 0 4 J 14/02 (2006.01) H 0 4 J 14/02

5 K 1 0 2

審査請求		未請求	請求項の数	15	O L	外国語出願	(全15頁)
(21)出願番号	特願2022-120114(P2022-120114)		(71)出願人	502101180			
(22)出願日	令和4年7月28日(2022.7.28)			サブコム, エルエルシー			
(31)優先権主張番号	63/234,941			アメリカ合衆国 0 7 7 2 4 - 2 2 9 6			
(32)優先日	令和3年8月19日(2021.8.19)			ニュージャージー, イートンタウン, イ			
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		(74)代理人	ンダストリアル ウェイ ウェスト 2 5 0			
(31)優先権主張番号	17/853,380			110000877			
(32)優先日	令和4年6月29日(2022.6.29)		(72)発明者	弁理士法人R Y U K A 国際特許事務所			
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)			ドミトリ ジー. フルサ			
				アメリカ合衆国 0 7 7 2 4 - 2 2 9 6			
				ニュージャージー, イートンタウン, イ			
				ンダストリアル ウェイ ウェスト 2 5 0			
				サブコム, エルエルシー内			
			(72)発明者	アレクセイ エヌ. ピリベツキー			
				アメリカ合衆国 0 7 7 2 4 - 2 2 9 6			
				ニュージャージー, イートンタウン, イ			
				最終頁に続く			

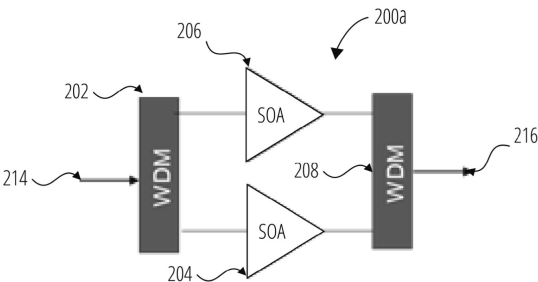
(54)【発明の名称】 半導体に基づく広帯域幅伝送用のシステム及び方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】半導体に基づく広帯域幅伝送用の光通信システム、光信号増幅器段及び光増幅器を提供する。

【解決手段】光信号を増幅する波長分割多重器、半導体光増幅器及び波長分割逆多重化器を備える増幅器段200aに、第1の帯域幅を有する入力光信号214は、第1の帯域幅よりも小さい選定帯域幅に同調された薄膜フィルタにより複数のサブバンド光信号に分けられる。複数のサブバンド光信号のそれぞれは、第1の帯域幅の一部である帯域幅を有する。各サブバンド光信号は、半導体光増幅器204、206に入力される。該半導体光増幅器は、サブバンド光信号の第1の帯域幅に対応する対応する部分に同調される。分割された入力光信号と、同調され、波長分割多重器208により出力信号216にコンバインされた半導体光増幅器の出力信号216は、偏波依存利得が低減し光信号伝送性能が改善される。

【選択図】図2A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入力及び複数の出力を有する光信号分割器であって、第 1 の帯域幅を有する光信号を受信し、前記光信号をサブバンドに分割して複数の光信号分割器の出力の間で分配するように操作可能である、光信号分割器と、

複数の半導体光増幅器であって、前記複数の半導体光増幅器のそれぞれは、前記複数の光信号分割器の出力のうち、対応する光信号分割器の出力に結合される入力を有し、前記光信号の前記第 1 の帯域幅内の対応するサブバンドを増幅するために同調されるとともに、前記対応するサブバンドを含む増幅光信号を出力するための出力を有する、複数の半導体光増幅器と、

10

前記複数の半導体光増幅器のそれぞれの出力に結合される光信号コンバイナであって、前記対応するサブバンドを含む各対応する増幅光信号をコンバインし、前記第 1 の帯域幅を有する増幅光信号を出力するよう操作可能である、光信号コンバイナと、を備える、光増幅器。

【請求項 2】

前記光信号分割器は、前記第 1 の帯域幅に基づいて前記光信号を分割し、且つ前記複数の出力のそれぞれは、前記第 1 の帯域幅の個別部分を提供する、

請求項 1 に記載の光増幅器。

【請求項 3】

前記光信号分割器は、前記光信号の前記第 1 の帯域幅を前記サブバンドに分割して分配を行うように操作可能な複数の薄膜フィルタをさらに備える、

20

請求項 2 に記載の光増幅器。

【請求項 4】

前記複数の半導体光増幅器は、偏波依存利得 PDG に関連する 1 組のパラメータに応じて同調可能である、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の光増幅器。

【請求項 5】

前記 1 組のパラメータは、

最大 PDG (即ち、 PDG_{max}) と、

前記光増幅器を備える伝送システムの設計に許容される PDG_{max} による最大伝送性能損失と、

30

PDG_{max} を満たせる最大動作帯域幅と、

PDG_{max} を実現可能な動作帯域幅における最小利得と、の 1 つ又は複数を含む、

請求項 4 に記載の光増幅器。

【請求項 6】

前記複数の半導体光増幅器のうちの所定の半導体光増幅器は、限られた光帯域幅内で増幅を提供して PDG を最小化するように設計され、

前記限られた光帯域幅は、14 ナノメートルから 40 ナノメートルの間の帯域幅を含む、

請求項 4 に記載の光増幅器。

40

【請求項 7】

複数の周波数帯域を有する光信号を受信するように操作可能である入力を有する入力波長分割逆多重化部分であって、第 1 の波長分割逆多重化器及び複数の第 2 の波長分割逆多重化器を含み、前記第 1 の波長分割逆多重化器は、受信された光信号の前記複数の周波数帯域を含む光スペクトルの第 1 の帯域幅に同調され、且つ、前記複数の第 2 の波長分割逆多重化器のうち、各対応する第 2 の波長分割逆多重化器は、前記光スペクトルの前記複数の周波数帯域のうちの 1 つ又は複数の周波数帯域に同調される、入力波長分割逆多重化部分と、

複数の半導体光増幅器を含む増幅器部分であって、前記複数の半導体光増幅器のうち、各対応する半導体光増幅器は、前記入力波長分割逆多重化部分の対応する第 2 の波長分割

50

逆多重化器に結合される入力を含み、前記複数の第 2 の波長分割逆多重化器のうちの対応する第 2 の波長分割逆多重化器から出力された前記第 1 の帯域幅の対応する部分を増幅するように構成される、増幅器部分と、

前記増幅器部分における前記複数の半導体光増幅器のそれぞれの出力に結合される出力波長分割多重部分であって、複数の第 1 の出力波長分割多重器のそれぞれの対応する出力に結合される複数の主出力波長分割多重器及び副出力波長分割多重器を含み、前記第 1 の帯域幅の増幅光信号を出力するように操作可能である、出力波長分割多重部分と、を含む

光信号増幅器段。

【請求項 8】

前記複数の半導体光増幅器のそれぞれは、前記第 1 の帯域幅の選定帯域幅に基づいて偏波ダイバーシティを最小化するように操作可能である、

請求項 7 に記載の光信号増幅器段。

【請求項 9】

前記複数の半導体光増幅器のそれぞれは、前記第 1 の帯域幅の対応する部分に同調されて前記半導体光増幅器の対応する部分で最大利得を提供するとともに、偏波依存利得を所定閾値以下に維持する、

請求項 7 に記載の光信号増幅器段。

【請求項 10】

前記複数の半導体光増幅器のうちの所定の半導体光増幅器は、限られた光帯域幅内で増幅を提供して偏波依存利得 (PDG) を最小化するように設計され、

前記限られた光帯域幅は、14 ナノメートルから 80 ナノメートルの間の帯域幅を含み

前記帯域幅内の最大 PDG は、2 つの偏波の間で 0.3 ~ 0.5 dB の間にある、

請求項 7 から 9 のいずれか一項に記載の光信号増幅器段。

【請求項 11】

前記光信号は、第 1 の帯域幅を含み、且つ、前記複数の半導体光増幅器のそれぞれの各出力に、前記第 1 の帯域幅の等しい部分が提供される、

請求項 7 に記載の光信号増幅器段。

【請求項 12】

前記光信号の第 1 の帯域幅は、前記第 1 の帯域幅を分割するように操作可能である複数の薄膜フィルタによってフィルタリングされる。

請求項 7 に記載の光信号増幅器段。

【請求項 13】

第 1 の送受信機と、

第 2 の送受信機と前記第 1 の送受信機の間で 1 組の光信号を受送信するために用いられる第 2 の送受信機と、

前記第 1 の送受信機と前記第 2 の送受信機の上に配置される 1 組の光増幅器段と、を備える光通信システムであって、

前記 1 組の光増幅器段のうちの所定の光増幅器段は、

複数の周波数帯域を有する光信号を受信するように操作可能である入力を有する入力波長分割逆多重化 (WDM) 部分であって、第 1 の波長分割逆多重化器及び複数の第 2 の波長分割逆多重化器を含み、前記第 1 の波長分割逆多重化器は、受信された光信号の前記複数の周波数帯域を含む光スペクトルの第 1 の帯域幅に同調され、且つ、前記複数の第 2 の波長分割逆多重化器のうち、各対応する第 2 の波長分割逆多重化器は、前記光スペクトルの前記複数の周波数帯域のうちの 1 つ又は複数の周波数帯域に同調される、入力波長分割逆多重化 (WDM) 部分と、

複数の半導体光増幅器を含む増幅器部分であって、前記複数の半導体光増幅器のうち、各対応する半導体光増幅器は、前記入力 WDM 部分の対応する第 2 の波長分割逆多重化器に結合される入力を含み、前記複数の第 2 の波長分割逆多重化器のうちの対応する第 2 の

10

20

30

40

50

波長分割逆多重化器から出力された前記第 1 の帯域幅の対応する部分を増幅するように構成される、増幅器部分と、

前記増幅器部分における前記複数の半導体光増幅器のそれぞれの出力に結合される出力 WDM 部分であって、複数の第 1 の出力波長分割多重器のそれぞれの対応する出力に結合される複数の主出力波長分割多重器及び副出力波長分割多重器を含み、前記第 1 の帯域幅の増幅光信号を出力するように操作可能である出力 WDM 部分と、を備える、

光通信システム。

【請求項 14】

前記複数の半導体光増幅器のそれぞれは、前記第 1 の帯域幅の選定帯域幅に基づいて偏波ダイバーシティを最小化するように操作可能である、

請求項 13 に記載の光通信システム。

【請求項 15】

前記複数の半導体光増幅器のそれぞれは、前記第 1 の帯域幅の対応する部分に同調されて前記半導体光増幅器の対応する部分で最大利得を提供するとともに、偏波依存利得を所定閾値以下に維持する、

請求項 13 に記載の光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

【関連出願】

本願は、2021年8月19日に出願された、「SEMICONDUCTOR BASED SYSTEM AND METHOD FOR BROAD BANDWIDTH TRANSMISSION（半導体に基づく広帯域幅伝送用のシステム及び方法）」を題とする米国仮特許出願シーケンス番号 63/234941、及び2022年6月29日に出願された、「SEMICONDUCTOR BASED SYSTEM AND METHOD FOR BROAD BANDWIDTH TRANSMISSION（半導体に基づく広帯域幅伝送用のシステム及び方法）」を題とする米国非仮特許出願シーケンス番号 17/853,380 の優先権を主張し、その全体は引用により本明細書に組み込まれる。

【0002】

波長分割多重（WDM）光通信システムにおいて、1本の光ファイバは複数の光信号の搭載に用いられることができる。複数の光信号は、多重されて多重信号又はWDM信号を形成し、そのうち、複数の信号における各信号は個別のチャンネルで変調される。各チャンネルは、定義されたチャンネル間隔（例えば、システム設計におけるチャンネル計画、国際電気通信連合（ITU）により確立された計画などに従って定義された間隔）により隣接チャンネルから分離された関連波長に位置することができる。システムで伝送可能な波長範囲はシステム帯域幅と称される。システムは、そのシステム帯域幅を用いて所望の変調方式及びビットレートで所望の数量のチャンネルを搭載することができる。

【0003】

従来技術のWDM伝送システム100の1つの例示は図1に示す通りである。図示されるWDMシステム100は、第1の送受信機102及び第2の送受信機104と、光ケーブル106と、光中継器108-1...108-nとを備える。光ケーブル106は、少なくとも一対の光ファイバ110e、110w及びパワー導体112を備えて、光ケーブル106に結合されたモジュールに電力を搭載するため用いられる。

【0004】

システム100は、光ファイバ110eにより「東」方向に沿って光信号TX1、TX2、TX3を第1の送受信機102から第2の送受信機104に伝送するために用いられ、そのうち、それらはそれぞれ受信信号RX1、RX2、RX3として再生される。システム100は、さらに、光ファイバ110wにより「西」方向に沿って光信号TX4、TX5、TX6を第2の送受信機104から第1の送受信機102に伝送するために用いら

10

20

30

40

50

れ、そのうち、それらはそれぞれ受信信号RX4、RX5、RX6として再生される。

【0005】

中継器108-1…108-nのそれぞれは、「東」方向の光ファイバ110eにそれぞれ結合されるエルビウムドープファイバ増幅器(EDFA)114-1…114-nと、「西」方向の光ファイバ110wにそれぞれ結合されるEDFA 116-1…116-nと、を備えて、光ファイバ110e及び110wにおけるWDM信号を増幅するために用いられる。周知のように、希土ドープ光増幅器(例えばEDFA)は、光信号をドープ光ファイバセクションに通過させ、他の1つの光源(例えばレーザ)由来の光を用いて該セクションを「ポンピング」することにより操作される。ポンピング源はドープセクションにおける希土原子、例えばEDFAの場合のエルビウム原子を励起し、その後、EDFAを通過する光信号を増幅するために用いられる。

10

【0006】

各中継器108-1…108-n内では、EDFA 114-1…114-n及び116-1…116-nは、それぞれ、共通光ポンプユニット(OPU)118-1…118-nによりポンピングされ、これにより、光ファイバ110e及び110wにおけるEDFA 114-1…114-n及び116-1…116-nを通過するWDM信号を増幅する。OPU 118-1…118-nのそれぞれは、複数のポンプを備える。一般的には、ポンプの出力は合併され、その後分解され、これにより、各OPU 118-1…118-nに2つ又はより多くのポンプ出力を提供する。そのため、OPU 118-1…118-nの各出力箇所の出力パワーは、OPU 118-1…118-nにおける複数のポンプにおける各ポンプにより提供されたポンピングパワーのコンバインである。有利なことに、OPU 118-1…118-nにおける1つのポンプが故障する場合、OPU 118-1…118-n内の他の(複数の)ポンプのポンピングパワーは依然としてOPU 118-1…118-nの出力箇所で提供されて、EDFA 114-1…114-n及び116-1…116-nをそれぞれポンピングするために用いられる。そのため、EDFA 114-1…114-n及び116-1…116-nは、それぞれ各中継器108-1…108-nで共通OPU 118-1…118-nを使用して、各中継器108-1…108-n内のEDFA 114-1…114-n及び116-1…116-nをポンピングするためにポンピングパワー冗長を提供した。

20

【0007】

OPU 118-1…118-n内の、ポンプを駆動するための電力は、光ケーブル106におけるパワー導体112によりOPUに結合される。送受信機102における給電装置(PFE)120は、パワー導体112に電力を提供する。システム100は、PFE装置120がパワー導体112に伝達できる最大パワーが、パワー導体112の長さ(送受信機の間の距離により決定される)及び配置(例えば、組成、直径など)により制限されるため、パワー制限システムとして説明されることができる。システム100がパワー制限システムであるため、OPU 118-1…118-nにおいてポンプを駆動するために用いられうる電力は限られており、これは、OPU 118-1…118-nが提供可能な総ポンピングパワー量を制限した。

30

【発明の概要】

40

【0008】

1つの態様では、光信号分割器、複数の半導体光増幅器及び光信号コンバイナを含む光増幅器段を提供する。光信号分割器は、入力及び複数の出力を有する。光信号分割器は、第1の帯域幅を有する光信号を受信し、光信号をサブバンドに分割して複数の光信号分割器の出力の間で分配するように操作可能である。複数の半導体光増幅器のそれぞれは、複数の光信号分割器の出力のうち、対応する光信号分割器の出力に結合される入力を有する。各半導体光増幅器は、光信号の第1の帯域幅内の各サブバンドを増幅するために同調されるとともに、対応するサブバンドを含む増幅光信号を出力するための出力を有する。複数の半導体光増幅器のそれぞれの出力に結合される光信号コンバイナは、対応するサブバンドを含む各対応する増幅光信号をコンバインし、第1の帯域幅を有する増幅光信号を出

50

力するように操作可能である。

【0009】

1つの態様では、光信号増幅器段は、入力波長分割逆多重化部分、増幅器部分及び出力波長分割多重部分を含む。入力波長分割逆多重化部分は、複数の周波数帯域を有する光信号を受信するように操作可能な入力を有する。入力波長分割逆多重化部分は、第1の波長分割逆多重化器及び複数の第2の波長分割逆多重化器を含む。第1の波長分割逆多重化器は、受信された光信号の複数の周波数帯域を含む光スペクトルの第1の帯域幅に同調され、且つ、複数の第2の波長分割逆多重化器のうち、各対応する第2の波長分割逆多重化器は、光スペクトルの複数の周波数帯域のうちの1つ又は複数の周波数帯域に同調される。増幅器部分は、複数の半導体光増幅器を含む。複数の半導体光増幅器のうち、各対応する半導体光増幅器は、入力波長分割逆多重化部分の対応する第2の波長分割逆多重化器に結合される入力を含む。各半導体光増幅器は、複数の第2の波長分割逆多重化器のうちの対応する第2の波長分割逆多重化器から出力された第1の帯域幅の対応する部分を増幅するように構成される。出力波長分割多重部分は、増幅器部分における複数の半導体光増幅器のそれぞれの出力に結合され、且つ、複数の第1の出力波長分割多重器のそれぞれの対応する出力に結合される複数の主出力波長分割多重器及び副出力波長分割多重器を含む。出力波長分割多重部分は、第1の帯域幅の増幅光信号を出力するように操作可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

任意の特定素子の識別又は行為の討論を容易にするために、図面の符号における最も有効な1つ又は複数の数字とは、該素子を初めて導入した際に付与した図面番号である。

20

【0011】

【図1】従来技術の波長分割多重器の伝送システムを示す。

【0012】

【図2A】2つ帯域幅をそれぞれ増幅できる増幅器段の例示を示す。

【0013】

【図2B】複数の帯域幅をコンバインできる増幅器段の例示を示す。

【0014】

【図3】複数の3ポート波長分割多重器分割器及びコンバイナを用いて半導体光増幅器とコンバインしたマルチチャネル増幅器段の例示を示す。

30

【0015】

【図4】実施例の主題に基づく1つの態様を示す。

【0016】

【図5】図2～4の1つ又は複数の例示の半導体パッケージを実現するのに適した例示を示す。

【0017】

【図6】半導体パッケージを用いて図2～5の例示を実現する例示的なシステムの実施形態を示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

40

半導体光増幅器(SOA)は、電気通信システムにおける数少ない光信号を増幅する方法である。予期される帯域幅内で増幅を設計する際に、柔軟性を有する高集積レベルを許容可能な導波構造の微小寸法は、光通信システムにとって魅力的である。

【0019】

SOAを使用して光ファイバスパン損失を補償する長距離光伝送は、大洋横断規模に近い距離でWDM信号を伝送する潜在力を明らかにした。伝送距離が制限されるSOAの欠点の1つは、偏波依存利得(PDG)である。SOAは、「偏波ダイバーシティ利得」とも称される偏波無依存利得を有するように設計されることができる。偏波ダイバーシティを有する典型的なSOAの低PDGが、半導体構造により支持される潜在広利得帯域幅と比べてより小さい帯域幅で実現されることは判明される。単一の偏波SOA及び偏波多重

50

を使用することで広増幅伝送帯域幅を実現可能である。該配置は、光信号の偏波消光比を制限する偏波分離器及びコンバイナを使用するため、より複雑な状況を含むが、潜在的な集積レベルが低下する。開示された例示は、偏波無依存利得を有するSOAを使用して帯域幅を増加する代替方法を説明した。

【0020】

本明細書に記載の開示された増幅器段は、光信号を増幅する波長分割多重器、半導体光増幅器及び波長分割逆多重化器を備えることができる。第1の帯域幅を有する入力光信号は、第1の帯域幅よりも小さい選定帯域幅に同調された薄膜フィルタにより複数のサブバンド光信号に分けられる。複数のサブバンド光信号のそれぞれは、第1の帯域幅の一部である帯域幅を有する。各サブバンド光信号は、半導体光増幅器に入力され、該半導体光増幅器は、サブバンド光信号の第1の帯域幅に対応する部分に同調される。分けられた入力光信号と同調された半導体光増幅器のコンバインは、偏波依存利得を低減させることで光信号の伝送性能を改善する。

【0021】

図1の増幅システムと比べて、図2Aは、主題の1つの態様の例示を示し、そのうち、帯域幅が拡張され、且つ偏波依存利得が最小化され、これにより2つの帯域幅を増幅することができる。該実例ではSOAが使用され、それは、入力された光信号のみを増幅するように構成されるためである。2つ又はより多くのSOAの出力をコンバインするために、波長分割多重器(WDM)を使用することができる。

【0022】

増幅器段200aにおいて、2種類のSOA 204及び206は、波長分割逆多重化器202及び波長分割多重器208とコンバインする。例えば、増幅器段200aにおいて、入力信号214は、設定帯域幅に拡張されたマルチチャネル光信号であってもよい。波長分割逆多重化器202は、マルチチャネル光信号を、SOA 204及び206にそれぞれ入力された増幅のための各チャネルに逆多重化するように操作可能である。

【0023】

対応するSOA 204及び206のパラメータは、最大PDG（即ち、 PDG_{max} ）及び伝送システムの設計に許容される PDG_{max} による最大伝送性能損失、 PDG_{max} を満たせる最大動作帯域幅及び／又は PDG_{max} を実現可能な動作帯域幅における最小利得などを含むように同調されることができる。SOAの1つ又は複数のパラメータを最適化することにより、横電気（TE）モードにおける増幅を増加可能であるとともに、横磁気（TM）モードにおける信号利得を低減できる。SOAにおけるTE及びTMモードの利得の間の精確なマッチングは、ゼロ偏波依存利得（PDG）、又は少なくともほぼゼロPDG、及びほぼ完全な偏波ダイバーシティをもたらす可能性がある。TE及びTMモードの利得の間の差分が0.1 dBよりも小さく且つ発生した $PDG < 0.1$ dB、を実現することができるが、拡張帯域幅（例えば、C周波数帯域の全ての範囲）で、TE及びTMモードの間の差分を該レベルに維持し、且つPDGを0.1 dBよりも小さく維持することは、挑戦的である場合がある。なお、C周波数帯域は光通信に幅広く応用されている。偏波ダイバーシティ利得を備えた増幅帯域幅と、選ばれた伝送距離に対して十分低いPDGとを有するSOA、例えば204を選択することができる。また、各種の非制限的な実施例に応じて、SOAは、限られた光帯域幅（例えば15、20、30、40、80ナノメートル（nm）又は他の適切な帯域幅）内で増幅を提供しPDGを最小化するように設計されることができる。例えば、帯域幅内で予期される最大PDGは、2つの偏波の間で0.3～0.5 dBの間にある可能性がある。

【0024】

また、SOAの利得分配を設計することにより、伝送周波数スペクトルの異なる部分で低PDG帯域幅を実現することができる。SOA数量の間のSOA設計の違いにより、第1のSOAは第1の帯域幅（例えば15 nm帯域幅）内で信号を増幅でき、低PDGを有し、且つ第2のSOAは、第2の帯域幅（またも15 nm帯域幅）内で信号を増幅できるが、電磁周波数スペクトルにおいて第1の帯域幅から移転し、またも低PDGを提供

10

20

30

40

50

する。

【0025】

例えば、1種のSOAはC周波数帯域で増幅を提供できるように設計される。他の1種のSOAの利得特性は、L周波数帯域に移転することができ、L周波数帯域で類似する増幅及び類似する低PDGを提供するように設計される。WDM 202及び208は、光ファイバ融着デバイス、又は薄膜(TF)ベースの結合器に基づくことができ、そのうち、TFベースの結合器は、マイクロモジュールを使用して集積を行うことが許容される。SOA 204及び206の性質により、伝送帯域幅は、商業電気通信システムで使用される伝統的なC+L範囲外に拡張されることができる。

【0026】

各対応するSOA 204及び206由来の増幅出力は、波長分割多重器208により出力信号216にコンバインされることができ、該出力信号216は、各チャンネルの各周波数帯域をコンバインし、増幅器段200aから出力するための入力信号214の増幅バージョンである。

【0027】

より大きな伝送帯域幅(例えば、80 nm)を得るために、伝送信号は、異なる帯域幅(例えば、20 nm又は40 nm)に分割されることができ、且つ分割された信号帯域幅の一部は、信号帯域幅の該部分を増幅するように専ら設計されたSOAに指向されることができ、また分割された信号帯域幅の他の一部は、他の一部を増幅するように専ら設計された他の1つのSOAに指向されることができる。例えば、伝送帯域幅を設け(例えば、1530 nmから1610 nmの周波数スペクトルにおける80 nmであり、そのうち、1530~1565 nmはC周波数帯域に対応し、1565~1610は電気通信で使用するL周波数帯域に対応する)、WDM(例えば202)を用いて伝送帯域幅を細分化することができる。

【0028】

図2Bは、主題の1つの態様の例示を示し、そのうち、帯域幅が拡張され且つ偏波依存利得が最小化され、これにより複数の帯域幅をコンバインすることができる。

【0029】

類似的に、3又は3種類以上のSOA、例えばSOA 1、SOA 2...SOA nは、信号周波数スペクトルの3つ又は3つ以上の部分でWDM信号を増幅するように設計されることができ、信号周波数スペクトルのこれらの部分は、連続的な伝送帯域幅を形成するようにコンバインされることができ、それは、偏波依存利得を最小化する及び／又は伝送帯域幅を拡張することに集中する。

【0030】

例えば、増幅器段200bにおいて、いくつかの種類のSOA、例えばSOA 1及び2~nは、波長分割逆多重化器210及び波長分割多重器212とコンバインする。増幅器段200bへの入力信号218は、設定帯域幅(例えば、1530~1565 nm(C周波数帯域に対応する)、1565~1625(L周波数帯域に対応する)、1460~1530(S周波数帯域に対応する)、1360~1460 nm(E周波数帯域に対応する)、対応するC、L、S及びE周波数帯域のコンバインなど)で拡張されるマルチチャンネル光信号であってもよい。例えば、マルチチャンネル光信号は、1530~1625 nmの範囲内にあってもよく、且つC及びL周波数帯域の全て又は一部を含む。波長分割逆多重化器210は、マルチチャンネル光信号を、増幅のためのSOA 1及びSOA 2-SOA nにそれぞれ入力された各チャンネルに逆多重化するように操作可能である。対応するSOA 1及び2~nのそれぞれから出力された増幅信号は、波長分割多重器212によりコンバインされることができる。SOA 1からnは性質により異なる偏波を備えた異なる波長を有する光信号を増幅するように構成されることができ、各対応するSOA 1からnは、異なるように対応する光信号を増幅することができ、これにより、光信号の伝送帯域幅は、商用電気通信システムで 사용되는伝統的なC+L周波数帯域範囲外に拡張されることができる。

10

20

30

40

50

【0031】

図3は、複数の3ポートWDMコンバイナ及び分割器を用いて半導体光増幅器とコンバイナしたマルチチャネル増幅器段の例示を示す。

【0032】

光信号増幅器段300は、入力波長分割逆多重化部分326、増幅器部分328及び出力波長分割多重部分330を備えることができる。

【0033】

入力波長分割逆多重化部分326は、第1の波長分割多重器302及び複数の第2の波長分割逆多重化器、例えば304及び306を備えることができる。第1の波長分割多重器302は、第1の帯域幅に同調されることができる。

10

【0034】

該例示では、光信号322は、第1の帯域幅でありうる80 nmであってもよい。80 nm帯域幅は、複数の個別の周波数帯域を含むことができる。複数の第2の波長分割逆多重化器のうち、各対応する第2の波長分割逆多重化器304及び306は、80 nm帯域幅に含まれる複数の光スペクトル周波数帯域のうちの1つ又は複数に同調されることができる。増幅器部分328は、複数の増幅器、例えば半導体光増幅器308、310、312及び314を備えることができる。複数の半導体光増幅器のうち、各対応する半導体光増幅器308、310、312及び314は、入力波長分割逆多重化部分の対応する第2の波長分割逆多重化器に結合された入力を用意することができる。且つ各対応する半導体光増幅器308、310、312及び314は、対応する第2の波長分割逆多重化器から出力された第1の帯域幅の対応する部分を増幅するように構成されることができる。

20

【0035】

例えば、第1の波長分割多重器302及び第2の波長分割逆多重化器304は、図3における80 nmの第1の帯域幅部を2つの帯域幅が40 nmである信号に分割し、40 nm帯域幅信号における1つ目を第2の波長分割逆多重化器304に出力し、40 nm帯域幅信号における2つ目を第2の波長分割逆多重化器306に出力することができる。第2の波長分割逆多重化器304及び第2の波長分割逆多重化器306は、それぞれ、40 nm入力信号を2つの20 nm帯域幅信号にさらに分割することができる。

【0036】

2つの20 nm帯域幅信号は、第2の波長分割逆多重化器304から出力されて増幅器段328に入力されることができる。2つの20 nm帯域幅信号における1つ目は、SOA 308に入力されることができ、2つの20 nm帯域幅信号における2つ目は、SOA 310に入力されることができる。類似的に、第2の波長分割逆多重化器306から出力された2つの20 nm帯域幅信号は、増幅器段328に入力されることができる。第2の波長分割逆多重化器306から出力された2つの20 nm帯域幅信号における1つ目は、SOA 312に入力されることができ、2つの20 nm帯域幅信号における2つ目は、SOA 314に入力されることができる。

30

【0037】

各対応するSOA 308、310、312及び314は、指定利得を使用して第1の帯域幅の対応する部分を増幅し、増幅された光信号を出力することができ、該指定利得も低偏波依存利得を有する。該例示では、対応するSOA 308、310、312及び314のそれぞれから出力された増幅光信号は、20 nm帯域幅信号である。SOA 308、310、312及び314のうち、各対応するSOAは（例えば、製造過程において）、該波長範囲内で指定利得を提供する波長範囲に同調されるとともに、低偏波依存利得を維持することができる。例えば、SOA 308～314の同調は、伝送システムでSOAを使用することを考慮した伝送システムコスト関数に基づくことができる。無論、他の同調方法を使用してもよい。

40

【0038】

増幅器部分328由来の出力は、出力波長分割多重部分330に応用されることができる。出力波長分割多重部分330は、複数の副出力波長分割多重器及び主出力波長分割多

50

重器を備えることができる。対応する副出力波長分割多重器のそれぞれ、例えば副出力波長分割多重器 316 及び副出力波長分割多重器 318 は、副出力 WDM 又は副 WDM コンバイナと個別的に称されることができる。主出力波長分割多重器、例えば 320 も、主出力 WDM 又は主 WDM コンバイナと称されることができる。

【0039】

図 3 の例示では、SOA 308 及び SOA 310 のそれぞれの出力は、複数の副出力波長分割多重器の副 WDM コンバイナ 316 に結合され、この場合、副 WDM コンバイナは、一対の副 WDM コンバイナである。SOA 312 及び SOA 314 のそれぞれの出力は、該一対の WDM コンバイナの副 WDM コンバイナ 318 に結合されることができる。各対応する SOA 308 及び SOA 310 から出力された 20 nm 帯域幅信号は、第 1 の WDM コンバイナ 316 によりコンバインされて 40 nm 帯域幅信号を形成することができる。類似的に、各対応する SOA 312 及び SOA 314 から出力された 20 nm 帯域幅信号は、第 1 の WDM コンバイナ 318 によりコンバインされて、増幅された 40 nm 帯域幅信号を形成することができる。

10

【0040】

対応する第 1 の WDM コンバイナ 316 及び 318 のそれぞれは、40 nm 帯域幅信号を主出力波長分割多重器 320（主 WDM コンバイナ 320 とも称される）に出力する。主 WDM コンバイナ 320 は、対応する第 1 の WDM コンバイナ 316 及び 318 から受信した増幅された 40 nm 帯域幅信号をコンバインし、増幅された光信号 324 を出力するように操作可能である。SOA 308 及び 310 は、各信号に等しい又はほぼ等しい増幅を提供するように設計されることができる。増幅された光信号 324 は、第 1 の帯域幅に等しい帯域幅を有し、即ち 80 nm である。

20

【0041】

なお、各種の実施例では、図 3 は、所定の帯域幅（本例では 80 nm である）を有する光信号の逆多重化及び多重の具体的な実施形態を示し、そのうち、異なる逆多重化信号と多重信号の帯域幅は、各段階（80 nm、40 nm、20 nm、40 nm、80 nm）で互いに等しく、異なる信号は、各段階で同じ帯域幅を有する必要がない。そのため、80 nm 帯域幅信号は、第 1 の波長分割多重器 302 により 50 nm 帯域幅信号及び 30 nm 信号に逆多重化されることができる。類似的に、第 2 の波長分割逆多重化器（例えば 304 及び 306）は、任意の適切な方案に応じて対応する 50 nm 帯域幅信号及び 30 nm 帯域幅信号をそれぞれ逆多重化することができる。例えば、第 2 の波長分割逆多重化器 304 は、50 nm 帯域幅信号を 30 nm 帯域幅信号及び 20 nm 帯域幅信号に分けることができ、第 2 の波長分割逆多重化器 306 は、30 nm 帯域幅信号を 18 nm 帯域幅信号及び 12 nm 帯域幅信号に分けることができる。その後、これらの非等帯域幅信号を多重することで、例えば 80 nm 帯域幅を有する出力光信号を生成することができ、一般的には、上記の WDM コンバイナ 316、318 及び 320 に関する記載の通りである。この場合、実施例は制限されるものではない。

30

【0042】

図 4 は、実施例の主題に基づく 1 つの態様を示す。討論を容易にするために、電磁周波数スペクトルの C 及び L 周波数帯域の使用に基づいて図 4 に示す例示を解釈する。しかし、他の実施例では、他の周波数帯域、例えば電磁周波数スペクトルの S 周波数帯域、O 周波数帯域又は重畳周波数帯域の部分を使用することができ、且つ他の周波数帯域又は部分を収容する SOA を製造及び使用することができる。

40

【0043】

C + L 増幅器段 400 は、少なくとも C 周波数帯域増幅部分 402 及び L 周波数帯域増幅部分 404 を備える。C + L 増幅器段 400 の対応する入力は、WDM 分割器 WDM 3a により提供され、WDM 分割器 WDM 3a は、選定帯域幅（例えば C + L 周波数帯域又は他の 1 つの帯域幅）に同調された薄膜フィルタ（TFF）を備えることができる。例えば、WDM 3a は、一部の C 周波数帯域における波長（及び L 周波数帯域で重畳するいくつかの波長）を伝送できるとともに、一部の L 周波数帯域における波長（及び C 周

50

波数帯域で重畳するいくつかの波長)を反射できる。WDM 3aは入力波長分割逆多重化部分であってもよく、その入力は、複数の周波数帯域を有する光信号を受信するように操作可能である。

【0044】

増幅器段400において、WDM 3aは、ほぼC周波数帯域にある光信号を増幅部分402に出力するとともに、ほぼL周波数帯域にある光信号を増幅部分404に出力する。増幅部分402の対応するWDM分割器WDM 1a及び増幅部分404のWDM 2aは、入力信号をさらに分割して増幅を行うことができる。例えば、増幅部分402において、WDM 1aは、入力されたほぼC周波数帯域である信号を一对の比較的狭い帯域幅信号に細分化することができ、これにより、各対応する比較的狭い帯域幅信号を対応するSOA 1及びSOA 2により増幅する。対応するSOA 1及びSOA 2から出力された増幅信号は、WDMコンバイナWDM 1bによりコンバインされることができ、これにより、帯域幅がWDM 1aに入力された信号帯域幅にほぼ等しい又はそれよりも大きい増幅信号を提供する。

10

【0045】

例えば、増幅部分404においては、WDM 2aは、入力されたほぼL周波数帯域である信号を一对の比較的狭い帯域幅信号に細分化することができ、これにより、各対応する比較的狭い帯域幅信号を対応するSOA 3及びSOA 4により増幅する。増幅部分402に類似して、対応するSOA 3及びSOA 4から出力された増幅信号は、WDMコンバイナ2bによりコンバインされることができ、これにより、帯域幅がWDM 2aに

20

【0046】

WDM 3bは、第1の帯域幅の増幅光信号を出力するように操作可能な出力波長分割多重部分であってもよい。対応する増幅部分402及び404から出力された増幅信号は、他の1つのWDMコンバイナWDM 3bによりコンバインされ、これにより、帯域幅がWDM 3aに

【0047】

図4の例示は増幅器段を提供し、TFFに基づくWDM分割器及びWDM結合器を使用することで、帯域幅を増加し(より少ない周波数帯域間の間隔が許容されるため)PDGを最小化することができる。例えば、増幅のために選択された帯域幅に基づいてTFFを設計することができる。或いは、また増幅のために選択された帯域幅内の周波数帯域又はチャネル変換に基づいて、1つ又は複数のTFFを設計して増幅に用いられることができる。WDM分割及びコンバイン(又は多重)は代替TFF特性を使用する。WDM分割がTFFの伝送特性を使用する場合、TFFの反射特性を使用してWDMコンバインを行うことができる。又は、WDM分割がTFFの反射特性を使用する場合、TFFの伝送特性を使用してWDMコンバインを行うことができる。

30

【0048】

コンバイナの交互伝送及び反射により、周波数帯域(例えば、本例示におけるC周波数帯域及びL周波数帯域)の間で最大及び等しい消光比を実現することができる。コンバイナにより行われた交互伝送及び反射を使用するのは、TFFの反射及び伝送特性が同じ隣接する周波数帯域消光を提供しないためである。例えば、C周波数帯域及びL周波数帯域WDM入力端箇所

40

50

が常に比較的低くなることを招く。SOAの広帯域増幅特性のため、隣接する周波数帯域由来の信号の増幅及びその後の全ての信号のコンバインにより、干渉損失が発生する。増幅器段400の配置は、周波数帯域の間のクロストーク及び伝送後の干渉損失を最小化した。

【0049】

図4の例示では、TFFの反射及び伝送特性が用いられたが、異なる原理に基づく他のWDMコンバイナ／分割器が使用されてもよく、これらの原理には、TFFの反射及び伝送特性の考慮が関わらない。

【0050】

図5は、図2Aから図4の1つ又は複数の例示を実現するのに適した半導体パッケージの例示を示す。半導体パッケージ500は、マイクロモジュール、フォトニック集積回路（PIC）又は集積光回路であってよい。PICは、複数（少なくとも2つ）のフォトニック機能を集積した装置であってよく、そのため電子集積回路に類似する。選定光帯域幅（例えば40、60又は80 nm）を有する光入力信号504は、半導体パッケージ500に入力されることができる。半導体パッケージ500は、光WDM分離器／分割器段510、複数の半導体光増幅器502及び光WDMコンバイナ段520を備えることができる。光WDM分離器／分割器段510は、光入力信号504を受信し、且つ上記前の例示を参照して記載したように、光入力信号504を分離又は分割して2つ又はより多くの半導体光増幅器502に分配するように操作可能である。対応する2つ又はより多くの半導体光増幅器502由来の増幅光信号は、光WDMコンバイナ段520に出力される。光WDMコンバイナ段520は、対応する半導体光増幅器502のそれぞれから出力された対応する増幅信号をコンバインして、ほぼ光入力信号504の選定帯域幅である帯域幅を有する光出力信号506を形成する。

【0051】

図6は、半導体パッケージを用いて図2Aから図5の例示を実現する例示的なシステムの実施形態を示す。光ファイバ伝送システム600は、光ファイバ伝送線610の一側に接続された受信機602及び送信機604を備えることができる。受信機602は、光ファイバ伝送線610の他側に位置する送信機606から光信号を受信するように操作可能である。送信機604は、光信号を受信機608に伝送するように操作可能であり、受信機608も光ファイバ伝送線610の他側に位置する。光ファイバ伝送線610は、複数のスパン、例えばスパン1AからスパンNA及びスパン1BからスパンNB、を有することができる。各対応するスパンの間で、中継器、例えば中継器1、中継器2から中継器Nであってよく、そのうち、Nはほぼ任意の整数であってよい。光ファイバ伝送線610における中継器の数量は、光ファイバ伝送線610の長さにより決められる。中継器1～Nのそれぞれは、図5の半導体パッケージ500に類似する半導体パッケージ612を備えることができる。中継器1～Nは、光信号又は対応する送信機604及び606により伝送された光信号の対応する帯域幅に同調されることができる。

【0052】

本明細書では、光信号増幅を改良するための新規且つ独特な技術が開示されている。本開示の範囲は、本明細書に記載された具体的な例示により制限されない。実際的には、当業者であれば、本明細書に記載された例示及び修正に加えて本開示の他の各種例示及び修正は、前記説明及び図面から明らかである。

【0053】

従って、このような他の例示及び修正は、本開示の範囲に属することを意図する。また、本開示は、本明細書において、特定の目的についての特定の環境での特定の実施形態の文脈で既に説明されたが、当業者であれば、その用途がここに限定されず、且つ本開示があらゆる目的であらゆる数量の環境で有益に実現されうことは認識される。そのため、本明細書に記載された本開示の全ての幅及び精神に応じて以下で説明される請求項を解釈すべきである。

10

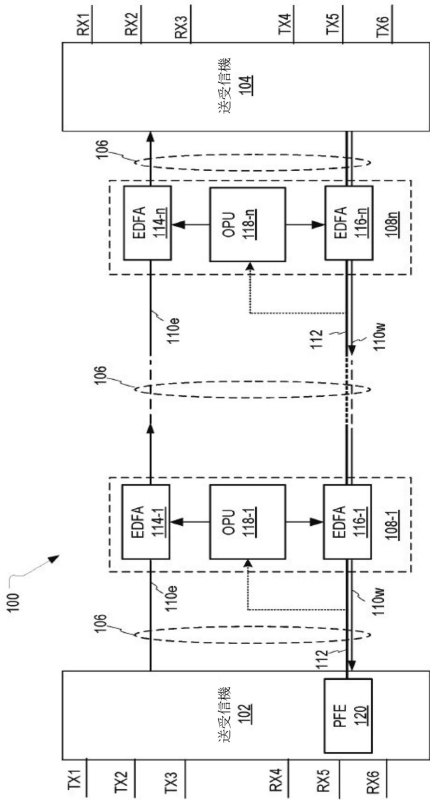
20

30

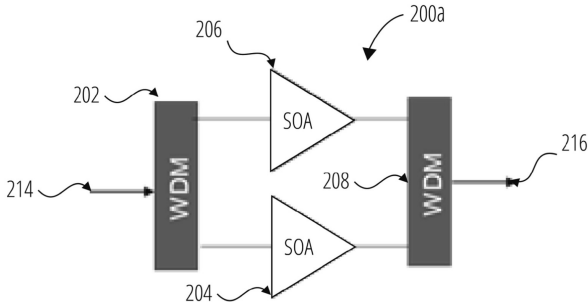
40

50

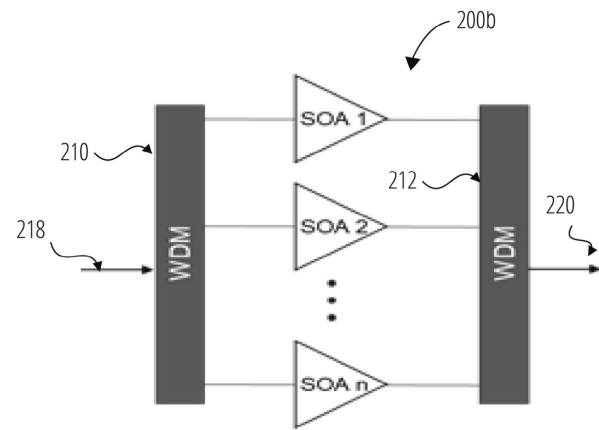
【図面】
【図 1】



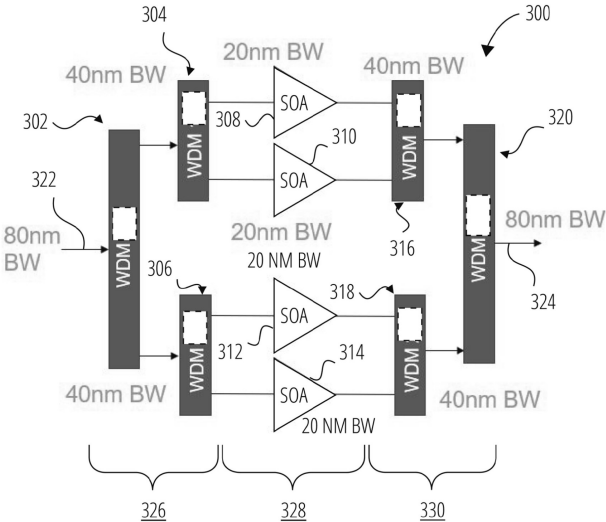
【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3】



10

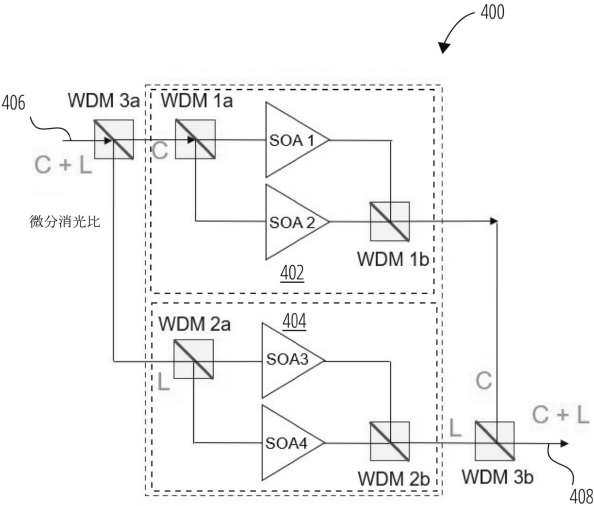
20

30

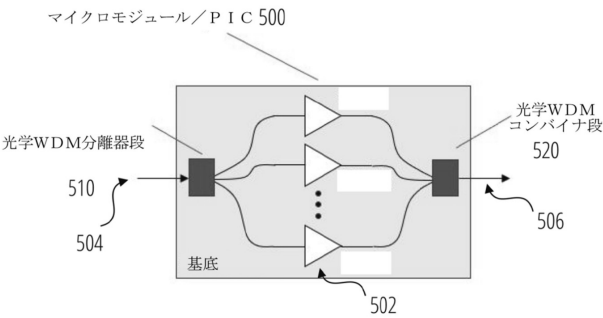
40

50

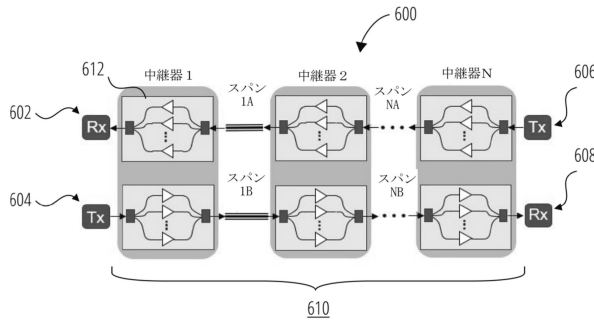
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【外国語明細書】

2023029247000009.pdf

フロントページの続き

ンダストリアル ウェイ ウェスト 250 サブコム, エルエルシー内
Fターム (参考) 5K102 AA54 AA67 AD01 PH15 PH47 PH48