(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3786781号

(P3786781)

(45)発行日　平成18年6月14日(2006.6.14)　(24)登録日　平成18年3月31日(2006.3.31)

(51)Int.Cl.		F I		
H01S 3/10	(2006.01)	H01S	3/10	Z
H01S 3/17	(2006.01)	H01S	3/17	
H04B 10/16	(2006.01)	H04B	9/00	J
H04B 10/17	(2006.01)			

請求項の数 9　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平10-179494
(22)出願日　平成10年6月26日(1998.6.26)
(65)公開番号　特開平11-74596
(43)公開日　平成11年3月16日(1999.3.16)
審査請求日　平成11年9月14日(1999.9.14)
審判番号　不服2003-15898(P2003-15898/J1)
審判請求日　平成15年8月18日(2003.8.18)
(31)優先権主張番号　08/884422
(32)優先日　平成9年6月27日(1997.6.27)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　596092698
ルーセント　テクノロジーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国．０７９７４－０６３６　ニュージャーシィ，マレイ　ヒル，マウンテン　アヴェニュー　６００
(74)代理人　100064447
弁理士　岡部　正夫
(74)代理人　100085176
弁理士　加藤　伸晃
(74)代理人　100106703
弁理士　産形　和央
(74)代理人　100096943
弁理士　臼井　伸一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】頑健な多波長光ファイバ通信システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

送信機（例えば８１）と、受信機（例えば８２）と、該送信機と該受信機に信号透過的に接続している伝送経路（例えば８３）とからなる光ファイバ通信システム（例えば８０）であって、

ａ）該光ファイバ通信システムは、波長λ_1、λ_2、・・・、λ_N（Ｎ≧２）で信号照射を伝送するようになされている多チャンネル光ファイバ通信システムであり、

ｂ）該伝送経路は、稀土類がドープされたある長さの光ファイバ増幅器（例えば７１）からなり、

ｃ）該光ファイバ通信システムはさらに、ポンプ照射のソースと、ポンプ照射が該光ファイバ増幅器に提供されるよう該ポンプ照射を該伝送経路へ結合するカプラ（例えば８６）からなり、

ｄ）該ポンプ照射が該光ファイバ増幅器を通過した後、該ポンプ照射のうちの少なくとも７０％が該光ファイバ増幅器に吸収されないような該ファイバ通信システムが選択され、該アクティブなチャネルの数ｎが変化しても、該アクティブなチャネルの利得の変動は実質的に少ないことを特徴とするシステム。

【請求項２】

請求項１に記載のシステムにおいて、該提供されるポンプ照射のうちの少なくとも９０％が吸収されないことを特徴とするシステム。

【請求項３】

請求項１に記載のシステムにおいて、該光ファイバ通信システムはさらに、該吸収されないポンプ照射に対する利用手段からなることを特徴とするシステム。
【請求項４】
請求項３に記載のシステムにおいて、該利用手段はさらに、光ファイバ増幅器からなることを特徴とするシステム。
【請求項５】
請求項４に記載のシステムにおいて、該さらに含まれる光ファイバ増幅器は稀土類がドープされた光ファイバ増幅器であることを特徴とするシステム。
【請求項６】
請求項５に記載のシステムにおいて、該稀土類がドープされた光ファイバ増幅器は、さらなる光ファイバ伝送経路の信号照射に対する前置増幅器であることを特徴とするシステム。
【請求項７】
請求項１に記載のシステムにおいて、該光ファイバ増幅器は多段の光ファイバ増幅器であることを特徴とするシステム。
【請求項８】
請求項４に記載のシステムにおいて、該利用手段は、分布型ラマン増幅器を含むシステム。
【請求項９】
請求項１に記載のシステムにおいて、該伝送経路は、２またはそれ以上の、ある長さの稀土類ドープ型の光ファイバ増幅器からなることを特徴とするシステム。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の分野】
本発明は、光ファイバ増幅器を含む多波長光ファイバ通信システムに関する。
【０００２】
【発明の背景】
光ファイバ増幅器（例えば、エルビウムがドープされたシリカを基礎とする光ファイバからなる）はよく知られており、光ファイバ通信システムにおいて重要な役割を果たす。この増幅器は、λ_1、λ_2、・・・・・、λ_Nの波長の複数の信号チャネルを持つ多波長のシステムにおいて使われるようになっている。ここで「チャネル」は一般に信号の照射光を搬送する信号帯域の１つの波長スロットである。
【０００３】
多波長システムにおいては、チャネルの数は、例えばネットワークの再構成やチャネルの障害に起因して変わる可能性がある。従って、光ファイバ増幅器の定常状態および過渡状態でのチャネルの追加／除去の応答がＷＤＭシステムにおける関心事である。例えば、Ｊ．Ｌ．ジスキント（Zyskind）外の「ＯＦＣ’９６」、第２巻（サンノゼ、カリフォルニア、１９９６年）のポストデッドライン論文（Postdealine Paper）ＰＤ３１－１を参照されたい。例えば、１つまたはそれ以上のチャネルがドロップすることによって、生き残っているチャネルにおいてエラー事象が発生する可能性がある。というのは、チャネル内のパワーが、刺激されたブリュアン散乱（Ｓtimulated Ｂrillouin Ｓcattering：ＳＢＳ）などの非線形効果に対するしきい値を超える可能性があるからである。既存のチャネルに対して１つまたはそれ以上のチャネルを追加することによって、既存のチャネルのパワーが受信側の感度以下に抑圧される可能性がある。従って、従来技術の光増幅型多波長システムにおけるチャネルのドロップまたは追加はエラー・バーストにつながる可能性がある。そのようなエラー・バーストは非常に好ましくなく、サービス・プロバイダーにとって容認できないものとなることが多い。結果として、光ファイバ増幅器のチャネルの追加／除去の応答を制御することができない限り、この光ファイバ増幅器は大容量の多波長光通信システムにおいては使うことができない。
【０００４】

従来の技術は、その問題を解決するいくつかの方法を含んでいる。これらは利得の制御以外に、フィードバック・ループの手段によって、生き残っているチャネルの出力パワーを一定に保つ高速の自動出力パワー制御を含む。例えば、Ａ．Ｋ．スリバスタバ（A.K.Srivastava）外による「光増幅器およびその応用についての技術的ダイジェスト(Technical Digest of the Optical Amplifiers and Their Application)、１９９６主題別学会(Topical Meeting)、ＯＡＡ‘９６」のポストデッドライン論文ＰＤＰ４、及びＫ．モトシマ（K.Motoshima ）外の「ＯＦＣ‘９３年」（サンノゼ、カリフォルニア、１９９３）第４０頁乃至第４２頁の論文ＴｕＩ５をそれぞれ参照されたい。これらの方法は比較的複雑であり、費用がかかる。例えば、後者の方法は追加のレーザが必要である。別の方法は光利得のクランピングに関係する。例えば、Ｊ．マシコット（J.Massicott ）外の「技術的ダイジェスト(Technical Digest)、ＯＡＡ‘９６」の論文ＦＢ２、第７７頁乃至第８０頁を参照されたい。この方法はいくつかの比較的高価な光学的コンポーネント（単波長光反射器）を必要とし、普通はその増幅器の雑音指数を増加させる。

【０００５】

従来技術の方式についての上記事実とその理由および欠点を考慮して、上記の欠点を実質的に解決し、それを適度な費用で、複雑にならない多波長光通信システムを提供することが非常に望ましいことは明らかである。さらに、多チャネルの利得変動が小さく、利得の相互飽和が小さく、そして多チャネルの利得チルト(gain tilt)が小さい光ファイバ増幅器に対する要望が一般的に存在する。本出願はそのようなシステムおよびそのような光ファイバ増幅器を開示する。

【０００６】

【発明の概要】

本発明は、特許請求の範囲によって定義される。広い観点においては、本発明は上記のチャネル追加／除去の問題を実質的に解決した多波長光通信システムにおいて具体化される。

【０００７】

従来技術のシステムにおける光ファイバ増幅器は利用可能なポンプ・パワーが与えられ、最大の利得または最大の出力パワーに対して最適化されるのが普通である。この場合、一般的に、ポンプ・パワーの少なくとも５０％が与えられた増幅器においてに吸収される。一方、本発明による多波長システムにおける増幅器は入力パワーの過渡状態および定常状態での変化に対して頑健である。これはかなりの割合（＞７０％、好適には＞９０％）のポンプ・パワーが与えられた増幅器において吸収されないような増幅器によって実現される。そのような増幅器は「オーバポンプ型」と呼ばれる。

【０００８】

より詳細には、本発明は送信機、受信機および、その送信機と受信機を信号透過的に接続する伝送経路を含んでいる多波長光通信システムにおいて具体化される。その伝送経路は稀土類がドープされた光増幅器用ファイバを含んでいる光増幅器を含む。また、その通信システムはポンプ照射の光源と、そのポンプ照射が光増幅器用ファイバに対して提供されるように、その光ファイバ伝送経路の中にポンプ照射を導入するための手段とを含む。

【０００９】

重要なことは、ポンプ照射が前述の増幅器用ファイバを通過した後、与えられたポンプ照射パワーの少なくとも７０％がその光増幅器用ファイバによって吸収されないようにそのシステムが選択されることである。

【００１０】

本発明の実施形態において用いるのに適しているポンプ照射の光源は入手可能であり、将来において大量に生産されることが期待でき、結果として比較的低コストとなる。光源の一例は９１５ｎｍの波長における市販のレーザ・ダイオードのアレイを含み、その光パワーはデュアル・クラッドのファイバに結合されてカスケード型のラマン・レーザの手段によって約１４８０ｎｍの波長の照射に変換される。

【００１１】

上述の条件が満たされるように増幅器をオーバポンピングすることによって、入力パワーの変動（例えば、チャネルの追加または除去による）が以前の、あるいは生き残っているチャネルに不都合な影響を与えるのを避けることができる。従って、上記の欠点は光ファイバ増幅器のオーバポンピングによって実質的に解消することができる。使用されないポンプ・パワーは、例えば、別の増幅器などの利用手段に対して提供されるが、それは必ずしも必要ではない。

【００１２】

【発明の詳細な記述】

稀土類（ＲＥ）がドープされた光ファイバ増幅器において、ポンプ照射は個体数の反転が達成されるような励起されたエネルギー状態にドーパントの原子を上げるのに役立つ。これはよく知られており、詳しい説明を必要としない。ＲＥドープ型の光ファイバ増幅器はエルビウムがドープされたファイバ増幅器（Ｅr-Ｄoped optical fiber Ａmplifier:ＥＤＦＡ）である。

【００１３】

長さＬのＲＥドープ型のファイバに沿っての平均反転（＜Ｎ＞）は次の式によってすべての波長（λ）における利得Ｇ（ｄＢの単位）を決定する。

１）　Ｇ（λ）＝Ｌ［（α＋ｇ*）＜Ｎ＞－（α＋δ）］

但し、αはｄＢ／ｍの単位での吸収係数、ｇ*はｄＢ／ｍの単位での照射係数、そしてδはｄＢ／ｍの単位でのバックグラウンド損失である。この分野に熟達した人にはよく知られているように、α（λ）、ｇ*（λ）、δ（λ）およびいわゆる「飽和パラメータ」は、ＲＥドープ型ファイバ増幅器を特徴づける、いわゆる「ジャイルズ・パラメータ」である。

【００１４】

式１は平均の反転が一定に保たれているときには、スペクトル利得のプロファイルが固定されていることを意味する。これはさらに、例えば、チャネルの追加または除去によって生じた入力パワーの変動は、平均の反転には影響する可能性がなく、従って、以前のチャネルまたは生き残っているチャネルがそれぞれの元の利得を保ち、そしてチャネルにおけるエラー・イベントが回避されることを意味する。

【００１５】

実際には、本発明によるシステムの設計者は規定されたチャネルの追加／除去またはその他の信号パワーの変動に対する応答として、平均の反転＜Ｎ＞が一定でどのチャネルの利得もある程度の割合（小さいことが望ましい）しか変化しないようなレベルにあるようなポンプ・パワーの増幅器の構成を選択することになる。これは２つの指定された動作状態に対して同じ（ほとんど同じ）反転レベルに導く量のポンプ・パワーを提供することによって達成される。

【００１６】

例を示すと、その２つの指定された動作状態は次のように設定することができる。（１）すべてのチャネルの入力パワー・レベルが許される最小のレベルにセットされている、（２）すべてのチャネルの入力パワー・レベルが許される最大レベルに設定されている。ここで入力パワーはすべてのチャネルのパワーに増幅された自然発生的な照射（Ａmplified Ｓpontaneous Ｅmmission：ＡＳＥ）を加算したものから構成されると考えられる。

【００１７】

当業者は、必要な場合、他の制限動作状態も使えることが理解できるであろう。例えば、その状態は次のように設定されてもよい。（１）Ｎ個のチャネルがアクティブである（すべてが与えられたパワー・レベルにある）、（２）Ｎ個のチャネル（すべてが与えられたパワー・レベルである）からｎ個のチャネルがドロップされる。本発明の実施は原理的にその制限動作状態の選択によっては変わらず、そしてすべてのそのような状態は予想されている。しかし、必要な量のポンプ・パワーは一般にその制限条件および容認できる利得変動によって変わる。

【００１８】

ここで特定される最小の吸収されないポンプ・パワー（すなわち、７０％）は実質的にすべて妥当な制限条件に対して適用されるように考えられており、吸収されないポンプ・パワーの割合がこの値より小さい場合、一般には増幅器の特性の改善に役立つには不十分となる。好ましい実施形態においては、その吸収されないポンプ・パワーは、通常入力のポンプ・パワーの９０％以上となり、それは通常５０ｍＷ以上となる。

【００１９】

次に、特定の例によって本発明を説明する。最初の例は１０ｍのエルビウムがドープされた増幅器用ファイバと、そのファイバの中に２００ｍＷのパワーを提供する単独の共伝播の（co-propagating）９８０ｎｍのポンプとを備えたＥＤＦＡを仮定する。そのチャネル・セットは隣同志のチャネルの間の間隔が１ｎｍである、１５４７ｎｍから１５５４ｎｍまでの８個の波長から構成されると仮定される。各チャネルはその最大入力パワーが－１５ｄＢｍであり、そしてその最小の入力パワーが－３０ｄＢｍであると仮定される。制限動作状態は上記のように、すなわち、すべてのチャネルがそれぞれ－３０ｄＢｍおよび－１５ｄＢｍで動作している。以下の結果はジャイルス・パラメータを使って、増幅器の数値的モデリングによって得られたものである。

【００２０】

図１は、本発明による増幅器と、１５４７ｎｍにおいて－１５ｄＢｍの入力パワー／チャネルでの利得と同じ利得を提供するように設計された増幅器とに対する、波長の関数としてのチャネル利得を示している。後者は「従来型の」増幅器と呼ばれる。１０および１２で示されているライン上のデータ点は従来型の増幅器に対して得られたものであり、１１および１３で示されているライン上のデータ点は本発明による増幅器に対して得られたものである。ライン１０と１１は－３０ｄＢｍの入力パワー／チャネルに対するものであり、ライン１２と１３は－１５ｄＢｍ／チャネルに対するものである。

【００２１】

図１から容易に理解できるように、従来型の増幅器はその利得が入力パワーによって大幅に変わり、一方、本発明による増幅器は利得がそれによっては僅かしか変化しない。特に、パワー・レベルを－１５ｄＢｍから－３０ｄＢｍ／チャネルに落とすことによって、前者の増幅器の場合は３ｄＢ以上の利得の増加が発生するが、後者の場合は０．５ｄＢしか増加しない。

【００２２】

図２は－１５ｄＢｍの入力パワー／チャネルに対するチャネル利得と－３０ｄＢｍの入力パワー／チャネルの場合のチャネル利得との差を示している。ライン２０は従来型の増幅器に関するものであり、２１は本発明による増幅器に関するものである。容易に理解できるように、８つのチャネルにわたる利得の差の変動は前者の場合は０．４ｄＢであり、後者の場合は０．０５ｄＢに過ぎない。

【００２３】

次の３つの例は本発明を異なる制限動作状態、すなわち、８個のすべてのチャネルの入力パワーが－１０ｄＢｍであり、そしてチャネル３乃至８をドロップする場合の、それぞれについて示している。

【００２４】

これらの例のうちの最初のものにおいては、ポンプの波長は９８０ｎｍであった。本発明による増幅器のファイバの長さは１０ｍ、ポンプのパワーは２００ｍＷであり、そして従来技術による増幅器のファイバの長さは２２ｍ、ポンプのパワーは５５ｍＷであり、すべてのチャネルが存在している時、１５４７ｎｍのチャネルに対して本発明による増幅器と利得が同じであるように選択された。

【００２５】

図３はチャネルの利得を示しており、ライン３２および３３は従来型の増幅器および本発明による増幅器のそれぞれに対して、８個のすべてのチャネルの制限動作状態を示している。ライン３０と３１は従来型の増幅器および本発明による増幅器のそれぞれに対する他の制限動作状態、すなわち、チャネル３乃至８がドロップした場合に関係している。後者

の増幅器の吸収されないポンプ・パワーはそれぞれ７６％および８９％であり、前者の増幅器の吸収されないポンプ・パワーはそれぞれ３％および７％である。

【００２６】

図３から容易に理解できるように、本発明による増幅器の利得の変動は８個のチャネルのうちの６個がドロップした時でも比較的小さく（約１ｄＢ）、一方、従来型の増幅器の利得は同じ条件下でかなり（約６ｄＢ）変化する。

【００２７】

次の例は同じ制限動作状態を使うが、１４８０ｎｍのポンプ波長に対応している。本発明による増幅器のファイバの長さは２０ｍ、ポンプ・パワーは２００ｍＷであり、そして従来型の増幅器のファイバの長さは４４ｍ、ポンプ・パワーは７４ｍＷであり、後者の条件はすべてのチャネルが存在しているときには、両方の増幅器に対する１５４７ｎｍのチャネルの利得が等しくなるように再度選択された。これらの増幅器の利得が図４に示されており、ライン４２と４３は８個のすべてのチャネルが存在している場合の利得を示し、ライン４０と４１は８個のチャネルのうちの６個がドロップしているときの利得を示している。ライン４０と４２は従来型の増幅器に対応し、ライン４１と４３は本発明による増幅器に対応している。

【００２８】

図４は、本発明による利得の変動（２ｄＢ以下）が従来型の増幅器に対する利得の変動（６ｄＢ以上）よりもずっと小さいことを再度示している。前者の増幅器においては、その増幅器の中ではそれぞれ７３％および８８％のポンプ・パワーが吸収されなかった。一方、従来型の増幅器の場合、それに対応する割合は４％および９％であった。

【００２９】

図５は本発明による３つの増幅器の組合せを示し、この中で番号５１１乃至５１３はＥＤＦＡを指し、番号５２１乃至５２６は従来型の波長依存性のカプラー（しばしば「Wavelengh Dependent Module:ＷＤＭ」と呼ばれる）、番号５３１乃至５３３は入力ファイバを指し、番号５４１乃至５４３は出力ファイバを指し、そして「λ_S」および「λ_P」は信号の照射とポンプの照射をそれぞれ指している。通常、光学的アイソレータが利用されるが図には示されていない。信号の照射はふたたび１５４７ｎｍから１５５４ｎｍまで（両者を含む）の等間隔の８つのチャネルをサポートすることを仮定する。図５から理解できるように、増幅器５１１と５１３は「共ポンプ型(co-pumped)」であり、一方、増幅器５１２は共ポンプ型および前者の２つの増幅器の不使用のポンプ照射によって逆にポンプされる共ポンプ・カウンタポンプ型(co- and counter-pumped)である。３つのＥＤＦＡはすべてそのファイバの長さが２０ｍであり、ポンプの照射波長は１４８０ｎｍである。制限動作状態は前に述べられているのと同じである。すなわち、８つのすべてのチャネルが－１０ｄＢｍにあり、そしてチャネル3乃至８がドロップされている。増幅器５１１と５１３の各々は２００ｍＷのポンプ照射を受け、増幅器５１２は１１５ｍＷの共伝播および１１５ｍＷの逆伝播ポンプ照射を受ける。

【００３０】

チャネル3乃至８をドロップすることによって、２つの残っているチャネルのＥＤＦＡ５１１と５１３のそれぞれにおいて約１．６５ｄＢの利得の増加が生じ、そしてＥＤＦＡ５１２において約１．５ｄＢの増加が生じる。ＥＤＦＡ５１１と５１３における不使用ポンプ・パワーの割合はそれぞれ７３％、８８％であり、また、ＥＤＦＡ５１２においてはそれぞれ７５％、８９％である。８つのすべてのチャネルがアクティブである時、不使用のポンプ・パワーの小さい方の割合値が適用される。上記の説明から理解できるように、この光増幅器の組合せはアクティブ・チャネルの数における変化には比較的感じ難い。

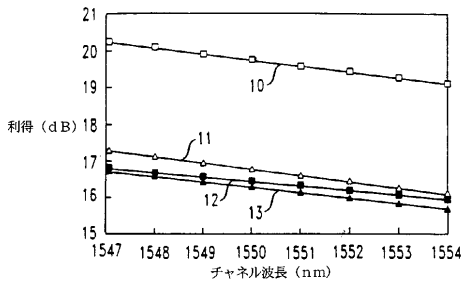
【００３１】

上記の結果は計算の理由のために、ＷＤＭ５２２と５２３の間および５２５と５２４との間にアイソレータが存在すると仮定することによって得られたものである。通常、これは不必要であることが多く、これらのアイソレータを備えていないシステムはモデル化されたシステムに比べて性能が改善されていると期待される。

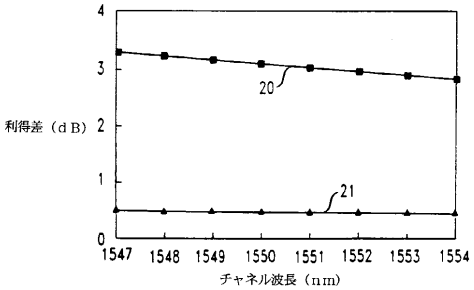
【００３２】
図６は上記のデータを結果として得た計算において使われたエルビウムがドープされたファイバに対する２つのジャイルズ・パラメータ(Giles parameters)を示している。番号６１と６２はα（λ）を指し、そして番号６３と６４はg^{*}（λ）を指す。バックグラウンド損失は０．００４ｄＢ／ｍであると仮定され、そして飽和パラメータは１．０５×$10^{15}m^{-1}s^{-1}$であると仮定された。当業者には理解できるように、ジャイルス・パラメータはその増幅器のファイバを特性付け、そして光ファイバ増幅器のモデリングおよび設計において従来から使われている。
【００３３】
図７は本発明による光ファイバ増幅器７０の例を示している。番号７１は適切な特性および長さのＲＥドープ型（例として、エルビウムがドープされた）の光ファイバを指し、番号７２１と７２２は従来型のカプラ（ＷＤＭ）を指し、そして番号７３は従来型のアイソレータを指す。番号７４は適切なポンプ・ソースを指し、番号７５は、説明的にはさらなる光増幅器である、吸収されないポンプ照射に対する（光学的）利用手段を指す。「ｘ」は従来と同様にスプライスを示す。
【００３４】
図８は本発明による光ファイバ通信システム８０の概略図を示しており、その中では番号８１乃至８６は多波長送信機、多波長受信機、光ファイバ伝送経路、光ファイバ増幅器、ポンプ照射ソースおよび伝送経路の中へポンプの照射を結合する手段をそれぞれ示している。
【００３５】
本発明はさらに各種の他のシステム構成において実施することができ、そしてそのような構成がすべて考えられることを理解すべきである。例えば、使用されないポンプ・パワーは伝送経路の中にとどまり、そして信号チャネルに対するラマン利得を提供することができ、あるいはその不使用のポンプ・パワーは光ファイバ前置増幅器（通常は図９に概略図を示すように、反対方向の別の光ファイバ伝送経路の中を通っている信号に対する前置増幅器）をポンプするために使うことができ、図９の中では番号９１と９２は反対方向に向かっているファイバ・システムの送信機および受信機を指し、９３は前置増幅器の一例であるＥＤＦＡを指し、そして９４はＥＤＦＡ８４の不使用のポンプ照射をＥＤＦＡ９４に対して提供するための手段を指す。
【００３６】
さらに一般的には、不使用のポンプ・パワーは、必ずしも同じ光ファイバ伝送経路の中にある必要はない別のＥＤＦＡをポンプするためにも使うことができる。光増幅器は単独段の増幅器あるいは多段の増幅器であることが可能である。後者の場合、本発明に従ってオーバポンプされるのは、普通はその出力段となる。不使用のポンプ・パワーの利用はオプションであり、そしてその不使用のポンプ・ビームをなくすこと（例えば、それを吸収媒体の中に向けることによって）が考えられる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明による光ファイバ増幅器と、これと類似する従来の増幅器の性能データとの一例を示す図である。
【図２】本発明による光ファイバ増幅器と、これと類似する従来の増幅器の性能データとの一例を示す図である。
【図３】本発明による光ファイバ増幅器と、これと類似する従来の増幅器の性能データとの一例を示す図である。
【図４】本発明による光ファイバ増幅器と、これと類似する従来の増幅器の性能データとの一例を示す図である。
【図５】本発明による増幅器の組合せの例を示す概略図である。
【図６】実施例で用いられるエルビウムがドープされたファイバの吸収係数および照射係数を示す図である。
【図７】本発明による光ファイバ増幅器の一例を示す図である。

【図８】本発明による多波長光通信システムの一例を示す概略図である。
【図９】本発明のさらに他の実施形態を示す概略図である。
【符号の説明】
ＷＤＭ　波長依存性モジュール

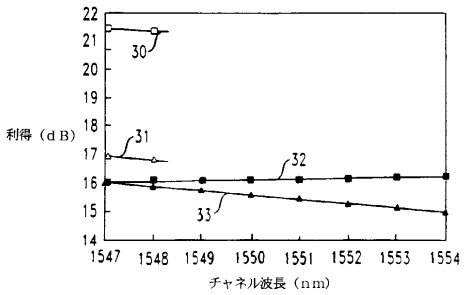
【図１】



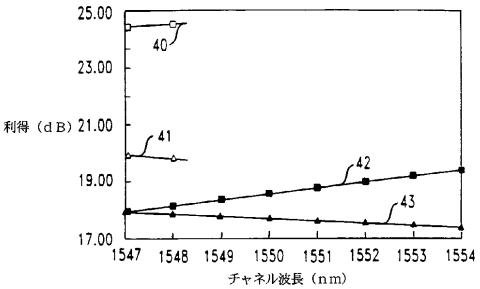
【図２】



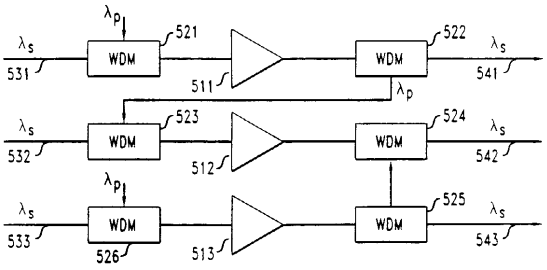
【図３】



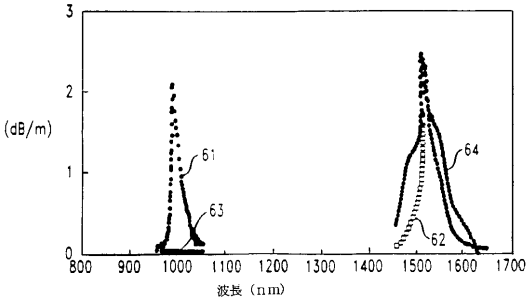
【図４】



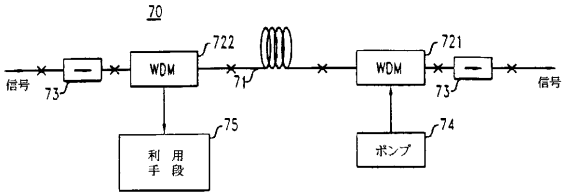
【図５】


λp
λs
WDM
521
522
531
511
541
523
524
532
512
542
525
533
526
513
543

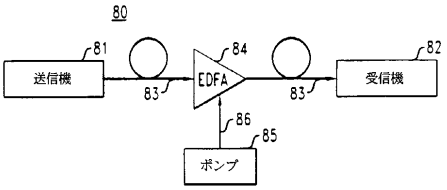
【図６】


3
2
1
0
(dB/m)
61
63
64
62
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
波長（nm）

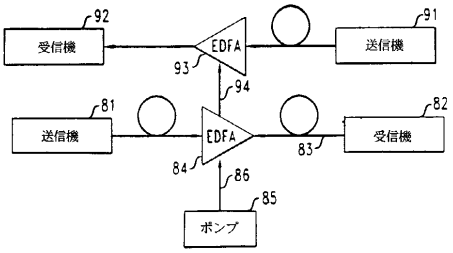
【図７】


70
WDM
722
721
信号
73
71
75
74
利用手段
ポンプ

【図８】


80
81
84
82
送信機
83
EDFA
受信機
86
85
ポンプ

【図９】


92
91
受信機
EDFA
送信機
93
94
81
82
送信機
EDFA
受信機
84
83
86
85
ポンプ

フロントページの続き

(74)代理人 100091889
弁理士 藤野 育男
(74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100102808
弁理士 高梨 憲通
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(74)代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
(74)代理人 100106183
弁理士 吉澤 弘司
(72)発明者 ケネス リー ウォーカー
アメリカ合衆国 ０７９７４ ニュージャーシィ，ニュープロヴィデンス，セントラル アヴェニュー １００３
(72)発明者 フレデリック ウィレム ウィレムズ
オランダ国 １２６１エムエル，ブラリキュム，デ ヌーアド １０

合議体
審判長 稲積 義登
審判官 吉野 三寛
審判官 樋口 信宏

(56)参考文献 特開平５－６３２５９（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１１０１６７（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１６２４７６（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１０７１４１（ＪＰ，Ａ）
米国特許第５５０６７２３（ＵＳ，Ａ）
Ａｉｄａ，Ｋ．ｅｔ ａｌ．，ＩＥＥ Ｐｒｏｃｅｅｄｉｎｇｓ Ｊ Ｏｐｔｏｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ，Ｖｏｌ．１３７ Ｎｏ．４，ｐｐ．２２５－２２９

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01S 3/00-3/02，3/04-3/0959，3/098-3/102
H01S 3/105-3/131，3/136-3/213，3/23-3/30