

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4467030号
(P4467030)

(45) 発行日 平成22年5月26日 (2010.5.26)

(24) 登録日 平成22年3月5日 (2010.3.5)

(51) Int. Cl.	F I	
CO3C 4/12 (2006.01)	CO3C	4/12
CO3C 3/097 (2006.01)	CO3C	3/097
CO3C 13/04 (2006.01)	CO3C	13/04
HO1S 3/06 (2006.01)	HO1S	3/06
HO1S 3/17 (2006.01)	HO1S	3/17

請求項の数 14 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2002-541055 (P2002-541055)	(73) 特許権者	397068274
(86) (22) 出願日	平成13年10月9日 (2001.10.9)		コーニング インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2004-513056 (P2004-513056A)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
(43) 公表日	平成16年4月30日 (2004.4.30)		31 コーニング リヴァーフロント プ
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/042589		ラザ 1
(87) 国際公開番号	W02002/038514	(74) 代理人	100079119
(87) 国際公開日	平成14年5月16日 (2002.5.16)		弁理士 藤村 元彦
審査請求日	平成16年10月5日 (2004.10.5)	(72) 発明者	ゴーフォース ダグラス イー
(31) 優先権主張番号	09/709,089		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
(32) 優先日	平成12年11月8日 (2000.11.8)		70 ペインテッドポスト シーダーウッ
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	コーリ ジェフリー ティー
			アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
			30 コーニング スペンサーヒルロード
			25

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 拡張された帯域を増幅するに適したリン-珪酸塩ファイバ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

50 から 92 wt % の濃度範囲の SiO_2 と、0.01 から 2 wt % の濃度範囲の Er_2O_3 と、少なくとも 14 wt % の濃度の P_2O_5 と、0.0 から 0.3 wt % の濃度範囲の Al_2O_3 と、0.1 から 20 wt % の濃度範囲の屈折率を上昇させる 1 以上の元素と、が含まれ、Yb を含まない光学活性リン珪酸塩ガラスであって、

前記元素は Ge、Y、Ga、Ta から選択され、

前記光学活性ガラスは、Er イオンを直接励起するようにポンプされた場合に、1565 nm から 1620 nm の範囲で利得を提供する、ことを特徴とする光学活性ガラス。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の光学活性ガラスを含む光ファイバ。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の光ファイバからなることを特徴とする光増幅器。

【請求項 4】

Al_2O_3 の濃度が、0.1 wt % 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学活性ガラス。

【請求項 5】

Al_2O_3 の濃度が、0 から 0.05 wt % の範囲にあることを特徴とする請求項 4 に記載の光学活性ガラス。

【請求項 6】

P_2O_5 の濃度は、20wt%よりも大であることを特徴とする請求項5記載の光学活性ガラス。

【請求項7】

請求項1に記載の前記光学活性ガラスには0.5から20wt%の濃度範囲でErイオン分散剤が更に含まれ、前記分散剤はY、Sc、La、Ga、Gd及びLuからなる群から選択されることを特徴とする請求項1記載の光学活性ガラス。

【請求項8】

前記光学活性ガラスには0.5から20wt%の濃度範囲で利得平坦化剤が更に含まれ、前記利得平坦化剤はGa及びSbからなる群から選択されることを特徴とする請求項1記載の光学活性ガラス。

10

【請求項9】

0.5から20wt%の濃度範囲で利得平坦化剤が更に含まれ、前記利得平坦化剤は、Ga及びSbからなる群から選択されることを特徴とする請求項3記載の光増幅器。

【請求項10】

Er_2O_3 の濃度が、0.2から0.4wt%の範囲にあることを特徴とする請求項1記載の光学活性ガラス。

【請求項11】

コア及び前記コアを囲繞する少なくとも1つのクラディングを含む光ファイバであって、

前記コアが請求項1に記載の光学活性ガラスによって形成され、

前記クラディングがP、F及びGeのうち少なくとも1つの元素を含む、ことを特徴とする光ファイバ。

20

【請求項12】

前記コアがGeを含むことを特徴とする請求項11記載の光ファイバ。

【請求項13】

前記コア内のGeの濃度が、0.5wt%より小であることを特徴とする請求項12記載の光ファイバ。

【請求項14】

屈折率 N_{core} を有し且つ請求項1に記載の光学活性ガラスからなるコアと、前記コアを囲繞し且つ屈折率 N_{clad} を有する少なくとも1つのクラッドと、を含む光ファイバであって、

$$N = (N_{core} - N_{clad}) / N_{clad}$$
であり、 $0.007 < N < 0.015$ であることを特徴とする光ファイバ。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバ増幅器に使用される光ファイバに関し、特にリン-珪酸塩ファイバに関する。

【0002】

【技術背景】

現在のエルビウムドープファイバ増幅器(EDFAs)の多くが、略1525nmから略1565nmの範囲に近似する従来の帯域(Cバンド)で動作する。インターネット、メトロ(Metro)及びLAN装置の急速な成長(普及)によって、EDFAsを使用した波長分割多重(WDM)光通信システムは、より大なる容量に対する要求に対処しなければならない。従って、平坦な利得形状を提供するだけでなく可能な限り広い帯域幅をも有する新規なEDFAを開発する必要がある。

40

【0003】

ErがドープされたAl-Ge石英ファイバ(Er-Al-Ge-Si)が、1565nmから1605nmの長波長帯域(Lバンド)でEDFAの動作に使用されるように選択される。しかしながら、商業的に利用可能な伝送ファイバによって提供されている156

50

5 nmから1620 nmの能力を使用するためには、EDFAの信号帯域能力を1620 nm及びそれより大の波長（拡張されたLバンドとして公知の範囲）へ更に拡大させる必要がある。

【0004】

1998年の光増幅器とその応用に関する会議の技術要約集に掲載されている「リン/アルミナを共にドーパントとして含むシリカベースのエルビウムドープファイバの1.58 μm近辺の光増幅特性」という表題の論文("Optical Amplification Characteristics around 1.58 μm of Silica-Based Erbium-Doped Fibers Containing Phosphorous/Alumina as Codopants" published in the Technical Digest, Optical amplifiers and their Applications Conference, 1998)において、アルミナ-リン-珪酸塩ファイバが記載されている。当該論文は、上記ファイバがLバンド領域で利用され得ることを示している。当該論文の表1は、アルミナ及びリンの濃度を变化させた3種類のファイバA、B及びCのコアの組成について示している。タイプAのファイバは、略7.8重量パーセント(wt%)のアルミナを含み、リンを含まない。タイプBのファイバは、略2wt%のアルミナ及び略5wt%のリン酸化物を含む。タイプCのファイバは、0.3wt%のアルミニウム濃度を有し且つ略8wt%のリン酸化物を含む。当該論文の図3は、上記ファイバの各々の利得曲線を示す。タイプBのファイバに対する利得曲線は、タイプAのファイバよりも小であり、主にEr濃度が低いことに起因する。しかし、タイプA及びタイプCのファイバにおいてErの量が同一であっても、タイプCのファイバの場合、タイプAのファイバと比較して長波長側へLバンド利得が拡張する。しかしながら、タイプCのファイバは、小なる利得量を提供し、より大なる利得リップルを有する。当該ファイバのコア/クラッド組成に起因して、最終的に、タイプCのファイバにおいて、コアとクラディングとの間の屈折率デルタが相対的に低くなる($N < 0.004$)。その結果、ポンプ効率が低く且つ曲げ感度が高くなる。上記のことは、次に、全パワーが高く且つコイル径が大であることに起因して、モジュールが非常に大なる大きさととなり、当該増幅器は、商業的には実用的ではない。

【0005】

タイプB及びタイプCの如きシリカベースのAl-P-Siファイバを作成する際に強く現れるAlPO₄が、問題を有することを示している。AlPO₄ユニットは、シリカベースの網状構造から離れて集団化し且つ微結晶（一般的に100 μmより小の粒子サイズを有する）を形成する傾向がある。当該微結晶によって、形成されたファイバにおいて高散乱損失が生じる。更に、AlPO₄ユニットは、P₂O₅及びAl₂O₃を有する上記ファイバよりも低い屈折率を有する。EDFA装置に使用されるファイバに対して、相対的に高いN(略1%)が一般に所望されている。アルミナ及びリンを高濃度にすることによって、クラッドに対してコアの屈折率が上昇し、EDFAの出力において最適な利得形状が得られるように期待される。しかしながら、Al及びP濃度が上昇することにより、ガラス中で高濃度のAlPO₄ユニットが形成される。その結果、Nが低くなり、集団化及び散乱の問題が更に悪化する。

【0006】

1998年11月の光波技術ジャーナルに掲載されている「レーザ用のYb³⁺:Er³⁺リン珪酸塩ファイバの製造と特性」という表題の論文("Fabrication and Characterization of Yb³⁺:Er³⁺ Phosphosilicate Fibers for Lasers" published in Journal of Lightwave technology, Vol. 16, No 11, Nov. 1998)にも、光学的に活性なガラスを用いた光ファイバが開示されている。しかしながら、当該論文は、1.5 μmで動作する高パワーファイバレーザ（詳細には、Yb及びErが共にドーパされたファイバレーザ）を対象にしている。当該論文は、高出力パワーを得るために、1064 nmのNd:YAGレーザが、Ybを活性させ、その結果、Erイオンを間接的にポンピングするように使用されるということを教示している。励起されたYbは、エネルギーをErイオンへ移動させ、当該Erイオンから光信号増幅が可能になる。より詳細には、当該論文は、高パワー(800 mW)のNd:YAGレーザが光ファイバから高出力パワーを得るために使用されたこと

10

20

30

40

50

を開示している。商業的に、上記の如きNd : YAGポンプレーザが使用出来る増幅器は、非常に大きい。従って、Nd : YAGレーザは、素子の小型化及び間隔（空間）の維持が極めて重要な一般的な光増幅器には使用出来ない。更に、上記レーザは、効率良くErイオンを直接ポンプすることが出来ない。

【0007】

【発明の概要】

本発明のある実施例において、光学的に活性なリン - 珪酸塩ガラスは、Erイオンが直接励起された場合に、1565nmから1620nmの範囲で利得を提供し、50から92wt%の濃度範囲にあるSiO₂と、0.01から2wt%の濃度範囲にあるEr₂O₃と、5wt%より大なる濃度のP₂O₅と、0.0から0.3wt%の濃度範囲にあるAl₂O₃と、を含む。

10

【0008】

本発明の実施例によれば、上記ガラスは、65から92wt%の濃度範囲にあるSiO₂と、0.01から1wt%の濃度範囲にあるEr₂O₃と、5wt%より大なる濃度P₂O₅と、0から0.3wt%の濃度範囲にあるAl₂O₃と、0.1から20wt%の濃度範囲にある1以上の元素（Ge、Yb、Y、Ga、Ta、Gd、Lu、La及びSc）と、を含む。

【0009】

本発明のガラスの利点は、当該ガラスが、Lバンド光増幅器の光利得媒体ファイバに使用可能であるということである。当該Lバンドは、1605nmから1620nm又はそれより大なる範囲に拡張される。

20

前述の概要及び以下に記載する詳細な説明は、単に本発明の例であり、特許が請求される発明の本質及び性質を理解するための概要及び枠組を提供することを企図したものである。添付図面は、本発明の更なる理解を提供するように含まれ、本明細書に組み込まれ且つその1部を構成する。図面は、本発明の様々な特徴と実施例を示し、詳細な説明の記載と共に本発明の原理及び動作を説明するのに役立つ。

【0010】

【発明の実施の形態】

本発明の好ましい実施例は、Erがドープされ且つAl₂O₃が含まれていないリン - 珪酸塩ガラス（構成体）であり、当該ガラスは、拡張されたLバンドに適している光増幅器の利得媒体として、光ファイバに使用するのに適している。Al₂O₃が含まれていないコアガラスを有するファイバは、アルミナの濃度が十分に低いファイバに比べて大なる波長で、より大なる利得を提供する。当該ファイバの利点は、受動損失が低く、屈折率デルタが相対的に高いことである。例えば、受動損失（バックグラウンド損失とも称される）は、散乱中心（例えば微結晶及び不連続性の屈折率）からの散乱に起因する損失及び疑似吸収（例えば水又は鉄若しくは他の金属吸収）に起因する損失を含む。屈折率デルタは、コアの屈折率からクラディングの屈折率を引いた差分をクラディングの屈折率で割ったものとして定義される。つまり、

30

【0011】

【外1】

40

$$\Delta N = \left(\frac{n_{\text{core}} - n_{\text{clad}}}{n_{\text{clad}}} \right)$$

として定義される。上記ファイバは、0.005より大である屈折率デルタ（N）を有することが好ましい。より好ましくは、0.007 < N < 0.015であり、さらに好

50

ましくは0.008 N 0.013である。ある実施例において、ファイバは、0.009 N 0.011の範囲のN値を有する。上記したN値において、ファイバ曲げ損失が最小になり、より良いポンプパワー変換効率を得られる。

【0012】

更に拡張されたLバンド利得スペクトルを変更するために、1以上の利得変更剤又は利得平坦化剤が使用される。例えば、Ga及びSbが、前述した利得変更剤又は利得平坦化剤とされ得る。上記の物質が、ガラスに0.5から20wt%の濃度範囲で含まれていることが好ましい。前述の元素は、略1575nm(図2参照)における利得曲線の落ち込みを克服し、且つ利得を改善する。

【0013】

リン濃度の増加によって、ガラスの屈折率が増加し、それに対応して、リン濃度が低くなると、屈折率が低くなる。Ge、Ta、Yb、La、Y又は屈折率を増加させる元素(原子番号が15よりも大である光学的に不活性な元素等)を添加することによって、ガラスの屈折率が増加し、低いリン濃度が補償される。光学的に不活性な元素は、800nmから1700nmの波長範囲で吸収又は放出をほとんど示さない元素である。従って、ファイバコアのリンの濃度が10パーセントより小である場合、上記の元素がコアのガラスに0.1wt%から20wt%の範囲で含まれることが、好ましい。上記コアが、上記元素を全ガラスの1wt%から15wt%の範囲で含むことが好ましく、1から10wt%の範囲がより好ましく、1から5wt%の範囲が更に好ましい。

【0014】

1以上の元素(以下に記載)がErイオン分散剤として使用されることが好ましい。当該元素は、Yb、Y、Sc、La、Ga、Gd及びLuである。Er濃度が高い(例えば、0.1wt%)場合に、上記分散剤が、ガラスに0.5から20wt%の範囲で含まれることが好ましい。上記元素の群は、利得形状に有害な影響を与えない。これまでの知識によれば、上記元素は、P₂O₅と複雑なユニットを形成しないが、希土類元素がドーブされた石英ガラスに組み込まれるときに、幾らかの所望された拡大とErイオンを分散する効果を提供することが判っている。

【0015】

図1は、4種類の希土類元素がドーブされたリン珪酸塩ファイバからの放出(蛍光)スペクトルを示す。より詳細には、図1は、4種類の光学活性ファイバコアガラスA'、B'、C'、D'に各々対応する4つの曲線を示す。光学活性ガラスは、希土類元素を含み、且つ略800から略1700nmの範囲で利得を提供する。例えば、Erがドーブされた光学活性ガラスが、1500nmから1650nmの範囲で利得を提供する。第1リン珪酸塩ガラスA'は、略20wt%のリン酸化物(例えばP₂O₅)、略10wt%のYb酸化物(Yb₂O₃)及び、略0.25wt%のエルビウム酸化物(例えばEr₂O₃)及び略4.5wt%のAl酸化物(例えばAl₂O₃)を含む。

【0016】

第2のガラスB'は、略23wt%のリン酸化物、略2.5wt%のYb酸化物及び略0.19wt%のエルビウム酸化物を含む。当該第2のガラス成分は、アルミニウムを含まない。第3のガラスC'は、略20wt%のリン酸化物、略0.25wt%のエルビウム酸化物を含み、Yb酸化物及びアルミナは含まない。第4のガラスD'は、略22wt%のリン酸化物、略2wt%のイットリウム酸化物及び略0.2wt%のエルビウム酸化物を含む。当該第4の成分は、アルミナを含まない。

【0017】

Al₂O₃の組成に関する上述した問題を考慮して、当該問題を解決するように、アルミニウム酸化物が少ない(より好ましくはAl₂O₃がない)リン珪酸塩ガラスを使用することは、非常に有効である。

図2は、当該ファイバに対する利得スペクトルを示しており、当該利得スペクトルが、1620nmの範囲及びそれを越える範囲に拡張することを示す。

【0018】

故に、アルミニウム濃度が低い（例えば0.3wt%より小、及び好ましくは0.2wt%より小）Erがドープされたリン珪酸塩ベースのガラス（ P_2O_5 が2から45wt%の範囲）を使用することによって、拡張されたLバンド増幅器装置で使用される有利な酸化物が多くなる。アルミナの量が0.1wt%より小であることが好ましく、0.05wt%より小であることがより好ましい。上記酸化物が含まれたリン珪酸塩をベースにしたガラスは、実質上アルミニウムが含まれていないことが最も好ましい。図3を参照すると、本発明による実施例の光ファイバ10は、低濃度のアルミナ（0.3%より小であり、好ましくは0%）を含むコア12及び当該コアを囲繞する少なくとも1つのクラディング14を有する。より詳細には、コア12は、重量パーセントで65% SiO_2 、9.2%、0.01% RE_xO_y 、2%、 $P_2O_5 > 8\%$ 及び0.0% Al_2O_3 、0.3%で構成される。ここでREは、Ybとは別の希土類元素であり、x、yは、0より大の整数（例えば Er_2O_3 ）である。前記希土類元素はエルビウムであることが、好ましい。 Er_2O_3 の濃度が0.1から1.0wt%であることが好ましく、 Er_2O_3 の濃度が0.2から0.4wt%であることがより好ましい。前述の Er_2O_3 の濃度は、非常に多くのクラスターを発生させることなく良好な利得特性を提供する。上記の如く、0.005より大なる屈折率デルタ（ Δn ）を得るように、コア12は、更に屈折率を上昇させる共に含まれるドーパントを含み得る。コア12は、更に、以下に示す組成（重量パーセントで表示）を有し得る。つまり、コア12は、50% SiO_2 、9.2%、0.01% Er_2O_3 、1%、 $P_2O_5 > 5\%$ 、0.0% Al_2O_3 、0.3%及び上述した1以上の屈折率を上昇させる元素を0.1wt%から20wt%の濃度範囲で、形成され得る。本実施例において、光ファイバ10のクラディング14は、Siを含み、P、F及び（又は）Geを含み得る。より詳細には、クラディング14は、5wt%より小の P_2O_5 と、1wt%より小のF及び略2wt%のGeを含む。

【0019】

表1及び2は、実施例の化学組成及び当該組成で形成された様々な実施例のリン珪酸塩ファイバの重要なパラメータを示す。より詳細には、表1は、ファイバ組成データ及び当該ファイバのうちの幾つかから測定されたデータを示す。当該測定データには、各々の光ファイバに対して、1500nmにおけるモードフィールド径（MFD）、カットオフ波長（nm）及び1250nm、1300nm及び1619nmで測定される全バックグラウンドノイズ（TBN）が含まれる。

【0020】

【表1】

ファイバ #	P_2O_5 (wt%)	Yb_2O_3 (wt%)	Er_2O_3 (ppm)	Al_2O_3 (wt%)	GeO_2 (wt%)	カットオフ波長	MFD (1500nm)	TBN (1250nm)	TBN (1300nm)	TBN (1690nm)
1	19.46	2.65	2100	0.245	0	1380	6.4	38	60	28
2	19.94	5.4	3600	0.33	0.23	1180	6.84	42	67	26
3	14	2.4	1700	0.05	0	1160	7.7	31		52
4	15.24	2.65	1900	0	0	1170	7.66	36		17
5	17	3.18	2100	0	0					
6	22.07	3.8	2600	0	0.138	1130	7.2	88	109	108
7	23.66	3.34	2300	0	0.107					
8	24.52	4.32	3100	0	0.123					
9	22.52	10.00	10,000	0	0	1200	5.35	279	37	139

表2において、光ファイバのErイオンを励起するように使用されたポンプパワーと、チューナブルレーザ（TLS power）を用いて供給される信号パワーと、表1のファイバ2及び3に対する特定の波長範囲（nm単位、波長カラムで示される）と、が指定される。表2は、当該ファイバが指定された波長範囲で非常に低い偏光モード分散（PMD）を

有することを示す。(通信システムにおける信号波長が一般的に略1550nmであることを注記する。)

【0021】

【表2】

ファイバ #	ポンプパワー (mA)	TLSパワー (dBm)	波長 (nm)	PMD* (ps)	PMD (ps/m)
3	100	1mW	1575-1592	0.02	0.001
3	なし	1mW	1575-1592	0.02	0.001
2	なし	1mW	1435-1450	0.019	0.001
2	100	1mW	1575-1592	0.019	0.001
2	なし	1mW	1575-1592	0.039	0.001
2	なし	1mW	1435-1450	0.02	0.001

*偏光モード分散

上記ファイバが、拡張されたLバンド増幅器に使用され得る。典型的な増幅器100の概略図が、図4に示される。増幅器100は、1565から1620nmの帯域で動作し、図に示される如く、アルミニウム濃度が低い(好ましくはアルミニウムが含まれていない)リン珪酸塩ファイバ10の2つのコイルが含まれる。当該コイルは、同一又は異なるガラスを含み得る。当業者は、増幅器が本発明によるファイバの単一コイルによって又は2より多いコイルによっても設計され得ると認識される。更に、当該増幅器は、次に記載する素子、つまりアイソレータ、利用可能な光減衰器、フィルタ又は格子のうち、1以上含み得る。ファイバコイル110及び120は、拡張されたLバンド範囲で利得を信号に提供するように利用される。

【0022】

増幅器100は、光アイソレータ130、140及び150をも含む。上記アイソレータは、利得ステージ(ファイバコイル110及び120に対応する)と他の光学素子との間の不必要な反射を防止する。

光ポンプ160、165及び170は、誘導放出を開始し利得を得るように、Erイオンを上部準位へと直接励起するように使用される。ポンプ160、165及び170は、1480nm又は980nmの何れかの波長でポンプする。Ybが共に含まれるドーパント(必要に応じて、Yが分散剤として使用され得る)として使用されない場合、980nm及び1480nmの両方の波長を出射するポンプは、Erイオンを直接励起するように利用され得る。Ybがファイバ中に存在する場合には、1480nmのポンプのみが使用される。故に、Ybイオンを励起する1060nm波長のポンプが利用されることはなく、従って、YbイオンからErイオンへエネルギー移動することによってErへエネルギーを間接的に移動することもない。

【0023】

波長分割多重装置(WDMs)175、180及び185又は他のポンプ/信号コンバイナーは、ポンプ光及び信号光を所定のファイバに案内する。故に、信号光及びポンプエネルギーの両方が第1利得ステージに提供される。利得平坦化フィルタ(GFF)190は、利得形状を受容出来る量に平坦にする。可変光減衰器(VOA)195は、信号レベルを制御するようにも使用され得る。他の光学素子は、以下のものが含まれる。つまり、ポンプ又は信号タップ(モニタリング用)、サーキュレータ(信号ルーチング用)、光学フィルタ、ファイバ格子、信号マルチプレクサ及びデマルチプレクサ、信号アド/ドロップ又は分散補償モジュールが含まれる。当業者は、本発明による増幅器が、所望の出力特性

10

20

30

40

50

及び動作特性を得るように選択された異なる配列で上記した光学素子を又は他の光学素子を含むことが可能であると認められる。

【0024】

従って、様々な変形と変更が本発明の範囲から離れることなく、本発明に対して実施できることは、当業者にとって明白である。本発明が、特許請求の範囲及びそれと均等なものによって規定された発明の変形及び変更を含むことを企図する。

【図面の簡単な説明】

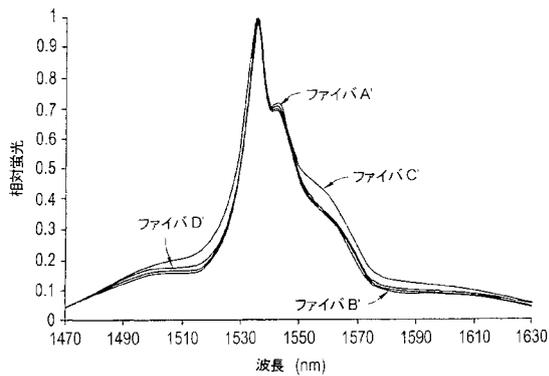
【図1】 0.03wt%より小なる Al_2O_3 を含む3種類の Er^{+} がドープされたリン珪酸塩ガラスファイバと、相対的に大なる量の Al_2O_3 を含むリン珪酸塩ガラスファイバと、の蛍光スペクトルのグラフである。

【図2】 図1に示されたファイバに対する波長と計算された利得のプロットである。

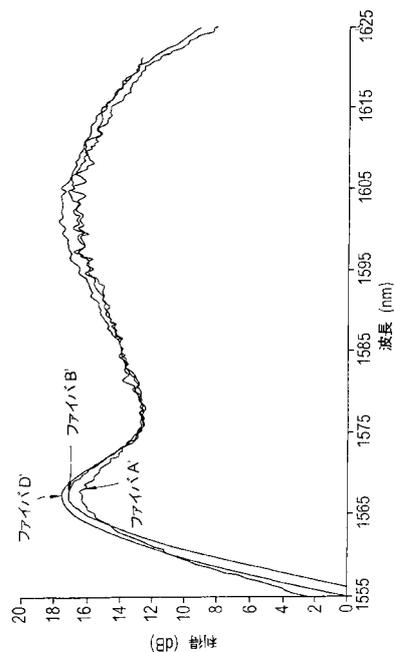
【図3】 改良された Er^{+} がドープされたリン珪酸塩ガラスファイバの模式的な断面図である。

【図4】 図3の光ファイバを利用した光増幅器の概略図である。

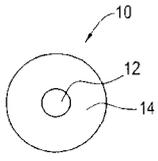
【図1】



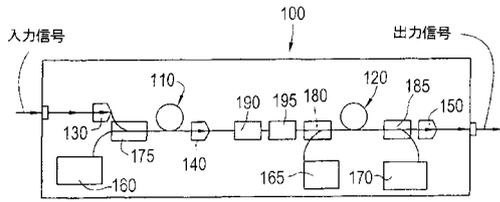
【図2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ミネリ ジョン ディー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッドポスト フォックスレーンイースト
1 2
- (72)発明者 ムルタフ マイケル ティー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 4 5 ホースヘッズ ベレイアドライブ 6 5
- (72)発明者 トゥルーズデーラ カールトン エム
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング リバーロード 1 1 9 2 2
- (72)発明者 キィ ガン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッドポスト テインパーレーン 1 3
- (72)発明者 ワン ジー
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッドポスト ジェイコブドライブ 7

審査官 櫻木 伸一郎

- (56)参考文献 国際公開第98/058884(WO, A1)
特表平07-507035(JP, A)
欧州特許出願公開第00533324(EP, A1)
国際公開第93/024422(WO, A1)
国際公開第98/036477(WO, A1)
VIENNE G G ET AL, FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF YB3+: ER3+ PHOSPHOSILICATE FIBER
S FOR LASERS, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 米国, 1998年11月, vol. 16, no. 11
, 1990-2001

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C03C 1/00-14/00
H01S 3/06,3/17
G02B 6/00- 6/02