

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-308361

(P2008-308361A)

(43) 公開日 平成20年12月25日(2008.12.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
CO3B 37/027 (2006.01)	CO3B 37/027 A	4G021
CO3B 37/029 (2006.01)	CO3B 37/029	5F172
HO1S 3/06 (2006.01)	HO1S 3/06 B	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2007-157510 (P2007-157510)
 (22) 出願日 平成19年6月14日 (2007.6.14)

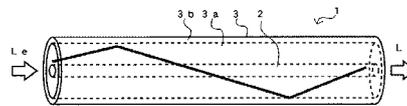
(54) 【発明の名称】 光ファイバ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】熱効果（散熱）や非線形的効果によって変換効率が低下することなく、最適な吸収特性を持つ光ファイバ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】利得媒質となる希土類が添加されたコア2と上記コア2の外周に形成されたクラッド3とを備える光ファイバ1において、上記コア2の仮想温度が150以下である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

利得媒質となる希土類が添加されたコアと上記コアの外周に形成されたクラッドとを備える光ファイバにおいて、上記コアの仮想温度が 1500 以下であることを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】

上記コアの仮想温度が長手方向で異なることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 3】

利得媒質となる希土類が添加されたコア材と上記コア材の外周に形成されたクラッド材とを備える光ファイバ母材から光ファイバを製造する製造方法において、上記光ファイバ母材を加熱・熔融した後にアニール処理を行うことにより、上記コア材から形成されるコアの仮想温度が 1500 以下になるようにして、上記光ファイバ母材を線引きすることを特徴とする光ファイバの製造方法。

10

【請求項 4】

上記アニール処理の後に CO₂ レーザ光照射を行うことにより、上記コアの仮想温度を長手方向で変化させることを特徴とする請求項 3 記載の光ファイバの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ファイバレーザやファイバアンプに好適な、利得媒質となるコア（利得コア）を有する光ファイバに係り、特に、励起光による熱損傷を抑制する光ファイバ及びその製造方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

レーザ加工や医療用途への適用を目的として、より高出力で安価な光源の開発が求められている。これらの要求に対し、ファイバレーザやファイバアンプなどの光増幅器は、高効率でしかもシングルモードのレーザ光を容易に取り出すことができるという理由で注目を集めている。

【0003】

このようなファイバレーザやファイバアンプに用いられる光ファイバとして、例えば、希土類元素（Yb、Er、Er/Yb、Tm、Nd など）が長手方向に均一に添加されたコア（利得コア）の外周に、内側クラッド層と外側クラッドが順次形成された 2 層からなるクラッドを有するダブルクラッド光ファイバがある。

30

【0004】

この高出力の光ファイバにおいて、該光ファイバの端部に設けられた半導体レーザなどのマルチモード LD から特定の波長を有する励起光を内側クラッド層へ入射・集光させ、上記励起光を光ファイバ内に伝搬させる。光ファイバ中で反射励振された励起光は、希土類元素が添加されたコア中に吸収（結合）され、光ファイバの一端部からレーザ発振光が出射される（例えば、特許文献 1）。

【0005】

40

【特許文献 1】特開平 5 - 249328 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般的に、ファイバレーザ装置には、一定の吸収量（例えば、15 ~ 20 dB）を持つ光ファイバが必要であるが、光ファイバの長さによって、光ファイバの吸収量（吸収特性）を変化させている。光ファイバの非線形的効果を抑える観点からは、光ファイバの長さを短くすることが望ましく、熱効果（散熱）の観点からは光ファイバの長さを長くすることが望ましい。

【0007】

50

しかしながら、光ファイバの長さが短すぎると、励起光が完全に吸収しきれず、変換効率が悪くなる。一方、光ファイバの長さが長すぎると、せっかく発振したレーザ光が、希土類元素が添加されたコアに再吸収されてしまい、変換効率も悪くなる。また、光ファイバを製造する際、製造条件によっては、コア中の希土類元素が変化して、所望の吸収特性を持つ光ファイバを得ることが難しい場合がある。

【0008】

そこで、本発明の目的は、熱効果（散熱）や非線形的効果によって変換効率が低下することなく、最適な吸収特性を持つ光ファイバ及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために本発明の光ファイバは、利得媒質となる希土類が添加されたコアと上記コアの外周に形成されたクラッドとを備える光ファイバにおいて、上記コアの仮想温度が1500以下であるものである。

【0010】

上記コアの仮想温度が長手方向で異なってもよい。

【0011】

また、本発明の製造方法は、利得媒質となる希土類が添加されたコア材と上記コア材の外周に形成されたクラッド材とを備える光ファイバ母材から光ファイバを製造する製造方法において、上記光ファイバ母材を加熱・溶融した後にアニール処理を行うことにより、上記コア材から形成されるコアの仮想温度が1500以下になるようにして、上記光ファイバ母材を線引きするものである。

【0012】

上記アニール処理の後にCO₂レーザ光照射を行うことにより、上記コアの仮想温度を長手方向で変化させてもよい。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、希土類元素が添加されたコア（利得コア）における励起光の吸収特性を制御して、励起光による熱損傷を抑制する光ファイバを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の一実施形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0015】

図1に示すように、本発明に係る光ファイバ1は、利得媒質となる希土類が添加されたコア（希土類添加コアとも言う）2と上記コア2の外周に形成されたクラッド3とを備える光ファイバ1において、上記コア2の仮想温度が1500以下であるものである。

【0016】

光ファイバ1は、クラッド3内を伝播する励起光をコア2中に結合させることができる。そして、光ファイバ1は、所定の励起を行うことで発光する発光機能を有し、その発光した光を反射励振させることでレーザ発振媒体となるものである。

【0017】

コア2は、Yb、Er、Er/Yb、Tm、Ndなどの希土類元素を少量添加（ドープ）したものである。なお、本発明の実施形態では、希土類元素としてYbを用いた。これにより、励起光Leが波長e（915nm又は975nm）であり、波長（1030nm又は1100nm）のレーザ光Lを出射させる。

【0018】

クラッド3は、ポンピングガイドの役割を果たす内側クラッド3aと、内側クラッド3aの外周に設けられた外側クラッド3bとからなるダブルクラッド型である。なお、コア2とクラッド3とでフォトニック結晶光ファイバを構成するように、内側クラッド3aにコア2の周囲に光ファイバ1の長手方向に沿って複数の空孔を八ニカム状に形成してもよい。

10

20

30

40

50

【0019】

図示のように、内側クラッド3 aに入射した励起光L eは、内側クラッド3 a内をポンピングしてコア2に吸収される。

【0020】

次に、本発明に係る光ファイバの製造方法を説明する。

【0021】

図2に示されるように、線引きして光ファイバを製造する製造装置21は、光ファイバ1の母材である光ファイバ母材22を加熱・溶融する加熱炉(線引炉とも言う)23と、その加熱炉23から引き出される光ファイバ(製造過程中)24を所望の温度でアニール処理するアニール炉25と、アニール炉25の下流において光ファイバ24に紫外線硬化樹脂(UV硬化樹脂)を被覆するダイス26と、ダイス26の下流において紫外線硬化樹脂を硬化させる硬化部27とを同一ラインに並べて設置したものである。線引きされている光ファイバ24の最下端には送り出し方向を転換させるターンブリー28が設けられ、その下流には製造された光ファイバ1を巻き取る巻き取り機29が設けられる。また、線引きされている光ファイバ24のライン途中には、適宜、外径測定器30が設置される。

10

【0022】

この製造装置21において、Ybが添加されたコア材とコア材の外周に形成されたクラッド材とを備える光ファイバ母材22を加熱炉23において加熱・溶融し、その下流でアニール炉25においてアニール処理を行うことにより、上記コア材から形成されるコア2の仮想温度が1500以下になるようにする。アニール処理後、同一ラインにて紫外線硬化樹脂(UV硬化樹脂)を被覆することにより、図1に示したような、Ybが添加されたコア2と、このコア2の外周に形成されたクラッド3とからなり、コア2の仮想温度が1500以下である光ファイバ1が得られる。

20

【0023】

ここで、アニール温度を1190、アニール炉25の長さを3m、アニール処理時間を1.8秒、線引速度を100m/minとする。また、赤外放射温度計(図示せず)で温度をモニタしながら、アニール炉25内の冷却装置(図示せず)に投入するHeガスの流量を調節し、加熱炉23にて線引きされた母材(光ファイバ24)をアニール炉25へ導入する際の温度が所望の温度(例えば、1190)となるように制御する。このようにして製造された光ファイバ1におけるコア2の仮想温度は1200である。なお、コア2の仮想温度はラマン散乱法で評価することができる。

30

【0024】

さらに、本発明の製造方法において、アニール温度のみを変化させることで、光ファイバ1におけるコア2の仮想温度を1000、1100、1300、1400、1500とすることができる。

【0025】

図3に、コア2の仮想温度を1000~1500まで段階的に異ならせたときのコア2の波長吸収係数特性を示す。図3に示される通り、コア2の仮想温度が1000~1500の範囲で変化した場合、波長915nm及び975nmにおいて励起光のコア2への吸収量が変わることがわかる。具体的には、コア2の仮想温度が1000のとき波長915nm及び975nmにおいて吸収量が少なく、1500のとき同波長において吸収量が多い。したがって、コア2の仮想温度を1000~1500の範囲で変化させることにより、コア2における励起光の吸収特性を制御する(所望する吸収特性を持つコア2を製造するの意)ことができる。

40

【0026】

本発明に係る光ファイバの作用効果を説明する。

【0027】

本発明者らは、光ファイバ1において、コア2の仮想温度(ガラスが液体から固化する温度;詳しくは、液相からガラス状態への凍結温度であり、ガラス構造の無秩序性を表すパラメータである)を1500以下に制御することにより、希土類元素に由来する吸収

50

係数（吸収特性）が変化することを見出した。光ファイバの長さの変化によって光ファイバの吸収特性を制御していた従来では、熱効果や非線形効果によって励起光の変換効率が低下する場合があったが、本発明では、光ファイバの長さに起因しない。したがって、本発明では、熱効果や非線形効果によって励起光の変換効率が低下することがなく、所望の吸収特性を持つ光ファイバを提供することができる。

【0028】

上記実施形態では、図2のように、アニール炉25にてアニール処理した後、紫外線硬化樹脂（UV硬化樹脂）を被覆する製造方法を用いたが、以下の実施形態では、アニール炉25にてアニール処理した後、CO₂レーザ装置（図示せず）などを用いて線引きライン上でCO₂レーザ光を光ファイバに照射することにより、コア2の仮想温度を長手方向に変化させる。これにより、長手方向に亘り吸収特性が変化した光ファイバを得ることができる。このような光ファイバの利点を説明する。

10

【0029】

ファイバレーザやファイバアンプを高出力化する際、光ファイバ内に伝搬させた励起光が、希土類元素が添加されたコアに吸収（結合）されることによって、光ファイバが発熱して被覆損傷および変換効率低下などを引き起こす。また、ファイバヒューズと呼ばれるファイバ破壊現象を誘発する原因にもなると考えられている。

【0030】

まず、図4に、従来の光ファイバにおける希土類添加コア（以下、単にコアと言う）の長手方向の仮想温度分布、吸収係数分布、温度分布を示す。

20

【0031】

図4(a)に示されるように、コアの仮想温度が長手方向でほぼ一定である従来の光ファイバでは、図4(b)に示されるように、励起光の吸収もほぼ一定であるため、従来の光ファイバの端面に励起光を入射した際、励起光は端面から離れるにしたがって吸収されて弱くなる。一方、励起光の導入部付近では、励起光の吸収および無輻射遷移が顕著に起こる。

【0032】

このため、図4(c)に示されるように、光ファイバの端部で温度が上昇する。このことから、従来の光ファイバでは、長手方向の温度が不均一となり、光変換効率が低下してしまい、高出力のレーザ光を得ることができない。また、図示のように、光ファイバの温度が熱損傷領域に入ると、光ファイバが熱損傷を受ける。

30

【0033】

これに対し、本発明によれば、希土類添加コアの仮想温度をアニール処理やCO₂レーザ光照射による熱処理によって変えることで、励起光波長における吸収係数を希土類添加コアの長手方向全長で一律に下げたり、あるいは長手方向の位置によって異なるよう変化させた光ファイバを得ることができる。

【0034】

詳しく述べると、図5(a)に示されるように、光ファイバの端面部で仮想温度が低く、中央部で端面部よりも仮想温度が高いようにすることで、図5(b)に示されるように、光ファイバの端面部で吸収係数が小さく、中央部で端面部よりも吸収係数が大きくなるような仮想温度分布とする。

40

【0035】

これにより、端面励起の場合に、図5(c)に示されるように、光ファイバの発熱の均一化が実現でき、熱損傷閾値を越えない範囲で従来のファイバよりも大出力の励起光を入射することができる。

【0036】

この実施形態によれば、従来にない高出力のレーザ光を出射することができる。なお、側面励起の場合でも、上記と同様に、励起光の入射部付近の吸収係数を低くすることにより、同様の効果が得られる。

【0037】

50

図 2 に示した製造装置においては、ファイバ線引き中にアニール炉によるアニール処理によってコア 2 の仮想温度を任意に変化させた。また、さらなる実施形態では、アニール処理後に CO_2 レーザ光などを照射することによってコア 2 の仮想温度を長手方向に変化させた。しかし、これに限らず、通常の光ファイバの線引き後にアニール処理を行ってコアの仮想温度を 1500 以下にしたり、もしくは、そのアニール処理後に CO_2 レーザ光などを照射してコアの仮想温度を長手方向で変化させてもよい。

【0038】

また、アニール炉でアニール処理することにより、コアの仮想温度が互いに異なる複数の光ファイバを製造し、これらの光ファイバをそれぞれ適当な長さに調節した後、所望の配列にて光ファイバの端面を融着などを用いて接続することにより、長手方向にコアの仮想温度が異なる 1 本の光ファイバを得ることができる。

10

【0039】

以上説明したように、本発明によれば、光ファイバの長手方向にコアの仮想温度を変えることにより光ファイバの長手方向に吸収係数を変化させ、光ファイバの長手方向の熱分布を制御することができる。よって、励起光の入射部付近の過熱を抑制し、光ファイバの長手方向の熱分布を均一化することができるため、熱によるファイバ損傷を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】本発明の一実施形態を示す光ファイバの透視イメージ図である。

【図 2】本発明の一実施形態を示す光ファイバの製造装置の概略図である。

20

【図 3】本発明の光ファイバにおける仮想温度をパラメータとする波長対吸収係数特性を示す図である。

【図 4】図 4 (a) は、従来の光ファイバにおける希土類添加コアの長手方向の仮想温度分布図であり、図 4 (b) は、従来の光ファイバにおける希土類添加コアの長手方向の吸収係数分布図であり、図 4 (c) は、従来の光ファイバにおける希土類添加コアの長手方向の温度分布図である。

【図 5】図 5 (a) は、本発明の光ファイバにおける希土類添加コアの長手方向の仮想温度分布図であり、図 5 (b) は、本発明の光ファイバにおける希土類添加コアの長手方向の吸収係数分布図であり、図 5 (c) は、本発明の光ファイバにおける希土類添加コアの長手方向の温度分布図である。

30

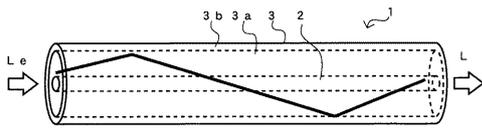
【符号の説明】

【0041】

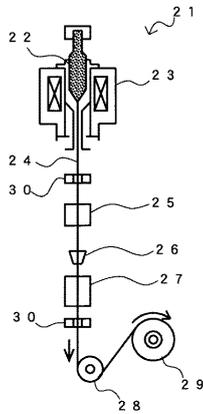
- 1 光ファイバ
- 2 コア (希土類添加コア)
- 3 クラッド
 - 3 a 内側クラッド
 - 3 b 外側クラッド
- 2 1 製造装置
 - 2 2 光ファイバ母材
 - 2 3 加熱炉
 - 2 5 アニール炉
 - 2 6 ダイス
 - 2 7 硬化部

40

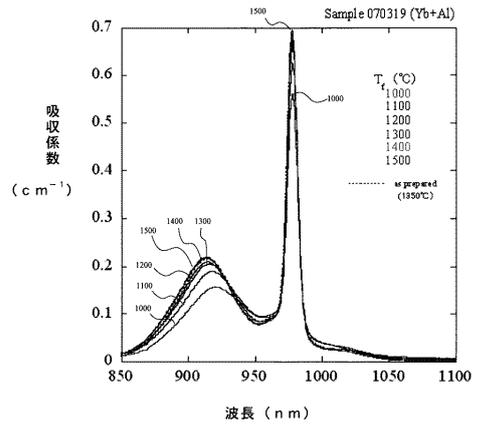
【図1】



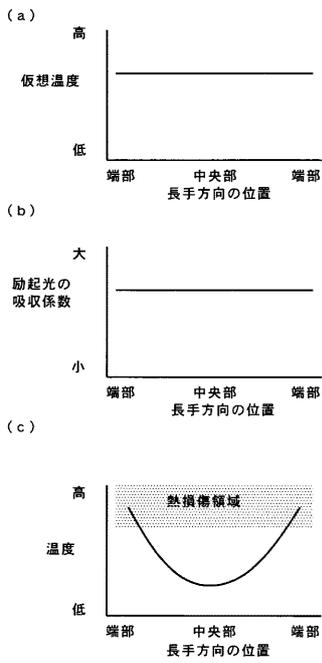
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

