

(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2012-104748

(P2012-104748A)

(43) 公開日 平成24年5月31日(2012.5.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1S 3/10 (2006.01)	HO1S 3/10 Z	5F172
HO1S 3/067 (2006.01)	HO1S 3/06 B	
HO1S 3/04 (2006.01)	HO1S 3/04 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-253944 (P2010-253944)
 (22) 出願日 平成22年11月12日 (2010.11.12)

(71) 出願人 000005186
 株式会社フジクラ
 東京都江東区木場1丁目5番1号
 (74) 代理人 100143764
 弁理士 森村 靖男
 (74) 代理人 100129296
 弁理士 青木 博昭
 (72) 発明者 柏木 正浩
 千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社
 フジクラ佐倉事業所内
 Fターム(参考) 5F172 AE13 AF06 AM03 AM08 DD03
 EE15 EE16 EE19 NS01 NS18

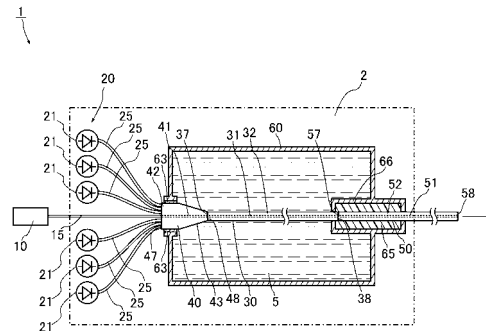
(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイバレーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 パワーの大きな出力光を得ることができる光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイバレーザ装置を提供する。

【解決手段】 光ファイバ増幅器2は、励起光を出力する励起光源20と、励起光により励起される活性元素が添加されたコア31と、励起光が入力するクラッド32と、を有する増幅用光ファイバ30と、増幅用光ファイバ30の少なくとも一部を収納する筐体60と、筐体60内における増幅用光ファイバ30の少なくとも一部が浸漬されるように筐体60内に充填され、増幅用光ファイバ30のクラッド32よりも屈折率が低い液体5と、を備えることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

励起光を出力する励起光源と、
前記励起光により励起される活性元素が添加されたコアと、前記励起光が入力するクラッドと、を有する増幅用光ファイバと、
前記増幅用光ファイバの少なくとも一部を収納する筐体と、
前記筐体内における前記増幅用光ファイバの少なくとも一部が浸漬されるように前記筐体内に充填され、前記増幅用光ファイバの前記クラッドよりも屈折率が低い液体と、
を備える
ことを特徴とする光ファイバ増幅器。

10

【請求項 2】

コアと、前記液体よりも屈折率が高いクラッドと、を有し、前記クラッドが、一方側から他方側にかけて縮径されたテーパ部を有するブリッジファイバを更に備え、
前記ブリッジファイバは、前記他方側の端部が前記増幅用光ファイバに接続されると共に、前記テーパ部の少なくとも一部が、前記液体に浸漬されており、
前記励起光は、前記ブリッジファイバの前記一方側の端部から前記ブリッジファイバを介して前記増幅用光ファイバに入力される
ことを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 3】

前記ブリッジファイバにおける前記クラッドの縮径されていない部分が、前記筐体に固定されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバ増幅器。

20

【請求項 4】

前記ブリッジファイバは、前記ブリッジファイバの前記クラッドよりも屈折率が低い樹脂を介して、前記筐体に固定されることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 5】

コアと、クラッドと、を有する出力用光ファイバを更に備え、
前記増幅用光ファイバは、前記励起光が入力する側と反対側の端部が、前記出力用光ファイバに接続され、
前記出力用光ファイバにおける前記クラッドの少なくとも一部は、前記出力用光ファイバの前記クラッドよりも屈折率が高い光放出部材により被覆されており、
前記光放出部材は、光を熱に変換する熱変換部材に接続されており、
前記熱変換部材は、前記液体に接触している
ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ増幅器。

30

【請求項 6】

前記筐体の一部が、前記熱変換部材を兼ねていることを特徴とする請求項 5 に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 7】

前記筐体は、金属製であることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ増幅器。

40

【請求項 8】

前記液体は水であることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 9】

前記液体は、強制対流されることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項 10】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ増幅器と、
前記増幅用光ファイバの前記コアに入力される種光を出力する種光源と、
を備えることを特徴とするファイバレーザ装置。

50

【請求項 1 1】

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の光ファイバ増幅器と、
前記増幅用光ファイバの前記コアの一方側に設けられ、前記活性元素が放出する自然放
出光の少なくとも一部を反射する第 1 ミラーと、

前記増幅用光ファイバの前記コアの他方側に設けられ、前記第 1 ミラーが反射する光と
同じ波長の光を、前記第 1 ミラーよりも低い反射率で反射する第 2 ミラーと、
を備えることを特徴とするファイバレーザ装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイバレーザ装置に関し、特に、
パワーの大きな出力光を得ることができる光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイ
バレーザ装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

光ファイバ増幅器を用いたファイバレーザ装置は、加工機、医療機器、測定器の分野等
において用いられ、この光ファイバ増幅器は、増幅用光ファイバにおいて増幅された光が
出力されるものである。下記特許文献 1 には、このような光ファイバ増幅器が記載されて
おり、この光ファイバ増幅器に用いられる増幅用光ファイバは、活性元素が添加され、被
増幅光が伝播するコアと、コアを被覆し、励起光が伝播するクラッドと、クラッドを被覆
する外部クラッドとを有するものである。この外部クラッドは、一般的に樹脂から構成さ
れている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】米国特許 4, 8 2 9, 5 2 9 号明細書

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ところで、近年、ファイバレーザ装置においては、その用途の拡大と共に、よりパワー
の大きな出力光が求められている。このようにファイバレーザ装置からパワーの大きな出
力光を得るためには、増幅用光ファイバに入力する励起光のパワーを高くして、増幅用光
ファイバにおいて、より高い増幅率で光を増幅すれば良い。しかし、励起光のパワーが高
くなると、励起光の一部を樹脂から成る外部クラッドが吸収することにより、外部クラ
ッドにおいて生じる熱や、光が増幅する際に生じる熱により、増幅用光ファイバを焼損す
る虞がある。従って、増幅用光ファイバに入力する励起光のパワーをあまり高くするこ
とができず、パワーの大きな出力光を得ることが困難という問題がある。

【0005】

そこで、本発明は、パワーの大きな出力光を得ることができる光ファイバ増幅器、及び
、それを用いたファイバレーザ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】**【0006】**

本発明の光ファイバ増幅器は、励起光を出力する励起光源と、前記励起光により励起さ
れる活性元素が添加されたコアと、前記励起光が入力するクラッドと、を有する増幅用光
ファイバと、前記増幅用光ファイバの少なくとも一部を収納する筐体と、前記筐体内にお
ける前記増幅用光ファイバの少なくとも一部が浸漬されるように前記筐体内に充填され、
前記増幅用光ファイバの前記クラッドよりも屈折率が低い液体と、を備えることを特徴と
するものである。

【0007】

このような光ファイバ増幅器によれば、筐体内の液体は、増幅用光ファイバのクラッド

10

20

30

40

50

よりも屈折率が低いため、増幅用光ファイバが液体に浸漬している部分においても、クラッドから液体へ励起光が漏れ出すことがほとんど無く、クラッドは励起光を伝播することができる。そして、増幅用光ファイバが浸漬されている部分において、励起された活性元素が誘導放出する際に、熱が生じる場合においても、発生した熱が、周りの液体に吸収されるので、増幅用光ファイバが高温になることが抑制される。また、励起光の一部が、液体に吸収されて熱に変換される場合や、上記の様に増幅用光ファイバの熱が液体に吸収される場合においても、液体は、対流可能であるため、熱が増幅用光ファイバの周りに留まることを抑制でき、増幅用光ファイバが高温になることが抑制できる。このように、増幅用光ファイバが高温になることが抑制できるので、パワーの大きな励起光を入力することができ、コアを伝播する光をより高い増幅率で増幅することができる。このため、パワーの大きな出力光を出力することができる。

10

【 0 0 0 8 】

また、上記光ファイバ増幅器において、コアと、前記液体よりも屈折率が高いクラッドと、を有し、前記クラッドが、一方側から他方側にかけて縮径されたテーパ部を有するブリッジファイバを更に備え、前記ブリッジファイバは、前記他方側の端部が前記増幅用光ファイバに接続されると共に、前記テーパ部の少なくとも一部が、前記液体に浸漬されており、前記励起光は、前記ブリッジファイバの前記一方側の端部から前記ブリッジファイバを介して前記増幅用光ファイバに入力されることが好ましい。

【 0 0 0 9 】

このような光ファイバ増幅器によれば、ブリッジファイバの縮径されていない側において、比較的パワー密度の小さな励起光を入力しても、ブリッジファイバからの出力端においては、パワー密度を高めることができる。ところで、このようなブリッジファイバの様に、クラッドがテーパ部を有する場合においては、テーパ部において励起光が放出され易く、その際に光が熱に変換される場合がある。しかし、このような光ファイバ増幅器によれば、テーパ部の液体に浸漬されている部分から光が放出され、その光が熱に変換される場合においても、液体によりブリッジファイバが冷却されるため、ブリッジファイバが高温になることを抑制することができる。従って、よりパワー密度の高い励起光をブリッジファイバに入力することができ、パワーのより大きな出力光を出力することができる。

20

【 0 0 1 0 】

さらに、上記光ファイバ増幅器において、前記ブリッジファイバにおける前記クラッドの縮径されていない部分が、前記筐体に固定されていることが好ましい。

30

【 0 0 1 1 】

ブリッジファイバにおいては、上述のようにテーパ部において比較的光が放出され易いが、このような光ファイバ増幅器においては、ブリッジファイバのクラッドが縮径されていない部分が、筐体に固定されるため、ブリッジファイバが固定されている場所において、光が放出されることを抑制することができる。また、ブリッジファイバの縮径されていない部分においては、縮径されている部分と比べてクラッドを伝播する光のパワー密度が小さい。従って、ブリッジファイバのクラッドを伝播する光の一部が放出されて、筐体において熱に変換されることがあっても、筐体が加熱されて、高温になることを抑制することができる。

40

【 0 0 1 2 】

また、上記光ファイバ増幅器において、前記ブリッジファイバは、前記ブリッジファイバの前記クラッドよりも屈折率が低い樹脂を介して、前記筐体に固定されることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

このような光ファイバ増幅器によれば、ブリッジファイバの筐体に固定される部分において、励起光がブリッジファイバの外に放出されづらい。従って、励起光がブリッジファイバから放出されて、放出された励起光が筐体において熱に変換されることを抑制することができる。従って、筐体が発熱することを抑制でき、高温になることを抑制することができる。

50

【0014】

また、上記光ファイバ増幅器において、コアと、クラッドと、を有する出力用光ファイバを更に備え、前記増幅用光ファイバは、前記励起光が入力する側と反対側の端部が、前記出力用光ファイバに接続され、前記出力用光ファイバにおける前記クラッドの少なくとも一部は、前記出力用光ファイバの前記クラッドよりも屈折率が高い光放出部材により被覆されており、前記光放出部材は、光を熱に変換する熱変換部材に接続されており、前記熱変換部材は、前記液体に接触していることが好ましい。

【0015】

このような光ファイバ増幅器によれば、増幅用光ファイバと出力用光ファイバとの接続部において、増幅用光ファイバのコアから出力される出力光の一部が出力用光ファイバのクラッドに漏れる場合や、増幅用光ファイバにおいて光の増幅に用いられずに、増幅用光ファイバのクラッドから出力される余剰励起光が、出力用光ファイバのクラッドに入力される場合においても、この光を光放出部材から出力用光ファイバの外に放出することができる。そして、放出された光は熱変換部材により、熱に変換されるが、この熱変換部材は、液体に接触しているため、液体により冷却される。従って、熱変換部材が高温になることを抑制でき、安全性を優れた光ファイバ増幅器とすることができる。

10

【0016】

さらに、上記光ファイバ増幅器において、前記筐体の一部が、前記熱変換部材を兼ねていることが好ましい。

【0017】

このような光ファイバ増幅器によれば、筐体と熱変換部材とを別個に設ける必要が無いため、簡易な構造にすることができ、更に、熱変換部材から筐体に熱を逃がすことができるため、熱変換部材が、高温になることを抑制することができる。

20

【0018】

また、上記光ファイバ増幅器において、前記筐体は、金属製であることが好ましい。

【0019】

このような光ファイバ増幅器によれば、筐体が熱伝導性に優れるため、液体が温まる場合においても、筐体を介して、液体の熱を効率良く外部に放出することができる。

【0020】

また、上記光ファイバ増幅器において、前記液体は水であることが好ましい。

30

【0021】

このような上記光ファイバ増幅器によれば、光は水に吸収されづらいため、液体における熱の発生そのものを抑制することができる。また、増幅用光ファイバで発生した熱を吸収する場合においても、水は燃焼しないため、信頼性の高い光ファイバ増幅器にすることができる。

【0022】

また、上記光ファイバ増幅器において、前記液体は、強制対流されることが好ましい。

【0023】

このような上記光ファイバ増幅器によれば、熱が1カ所に留まり局所的に高温になることを、より防止することができる。

40

【0024】

また、本発明のファイバレーザ装置は、上記のいずれかの光ファイバ増幅器と、前記増幅用光ファイバの前記コアに入力される種光を出力する種光源と、を備えることを特徴とするものである。

【0025】

このようなファイバレーザ装置によれば、大きなパワーの励起光を増幅用光ファイバに入力することができるので、種光を高い増幅率で増幅することができ、パワーの大きな出力光を出力することができる。

【0026】

或いは、本発明のファイバレーザ装置は、上記のいずれかの光ファイバ増幅器と、前記

50

増幅用光ファイバの前記コアの一方側に設けられ、前記活性元素が放出する自然放出光の少なくとも一部を反射する第1ミラーと、前記増幅用光ファイバの前記コアの他方側に設けられ、前記第1ミラーが反射する光と同じ波長の光を、前記第1ミラーよりも低い反射率で反射する第2ミラーと、を備えることを特徴とするものである。

【0027】

このようなファイバレーザ装置によれば、大きなパワーの励起光を増幅用光ファイバに入力することができるので、第1ミラーと第2ミラーとの間を共振する光を高い増幅率で増幅することができ、パワーの大きな出力光を出力することができる。

【発明の効果】

【0028】

以上のように、本発明によれば、パワーの大きな出力光を得ることができる光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイバレーザ装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の第1実施形態に係るファイバレーザ装置を示す図である。

【図2】図1の増幅用光ファイバの長手方向に垂直な断面における構造の様子を示す図である。

【図3】本発明の第2実施形態に係るファイバレーザ装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明に係る光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイバレーザ装置の好適な実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0031】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係るファイバレーザ装置を示す図である。

【0032】

図1に示すように、本実施形態のファイバレーザ装置1は、種光を出力する種光源10と、種光源10から出力した種光を増幅する光ファイバ増幅器2とを主な構成として備えており、M O - P A (Master Oscillator Power Amplifier) 型のファイバレーザ装置とされる。

【0033】

また、光ファイバ増幅器2は、励起光を出力する励起光源20と、種光と励起光とが入力するブリッジファイバ40と、ブリッジファイバ40に接続される増幅用光ファイバ30と増幅用光ファイバ30におけるブリッジファイバ40と接続される側と反対側に接続される出力用光ファイバ50と、増幅用光ファイバ30を収納する筐体60とを主な構成として備える。なお、図1においては、筐体60は、理解の容易のため断面図で示している。

【0034】

種光源10は、例えば、レーザダイオードから成るレーザ光源や、ファブリペロー型やファイバリング型のファイバレーザ装置から構成されている。この種光源10から出力される種光は、特に制限されるものではないが、後述のように、増幅用光ファイバ30のコア31に添加される活性元素が ytterbium (Yb) である場合には、例えば、波長が1070 nmのレーザ光とされる。また、種光源10は、コア、及び、コアを被覆するクラッドから構成される被増幅光用ファイバとしての種光用ファイバ15に接続されており、種光源10から出力される種光は、種光用ファイバ15のコアを伝播する。種光用ファイバ15としては、例えば、シングルモードファイバが挙げられ、この場合、種光は種光用ファイバ15をシングルモード光として伝播する。この種光用ファイバ15のコアの直径は、例えば、6 μmとされ、クラッドの外径は、例えば、125 μmとされる。なお、図1においては、種光用ファイバ15のクラッドは省略している。

【0035】

10

20

30

40

50

励起光源 20 は、複数のレーザダイオード 21 から構成され、後述のように、増幅用光ファイバ 30 のコア 31 に添加される活性元素が Yb である場合であって、上述のように種光の波長が 1070 nm の場合、例えば、波長が 915 nm の励起光を出力する。また、励起光源 20 のそれぞれのレーザダイオード 21 は、励起光用ファイバ 25 に接続されており、レーザダイオード 21 から出力される励起光は、励起光用ファイバ 25 を伝播する。励起光用ファイバ 25 としては、例えば、マルチモードファイバが挙げられ、この場合、励起光は励起光用ファイバ 25 をマルチモード光として伝播する。この励起光用ファイバ 25 は、例えば、コアの直径が 105 μm とされ、クラッドの外径が 125 μm とされる。なお、図 1 においては、励起光用ファイバ 25 のクラッドは省略している。

【0036】

図 2 は、図 1 の増幅用光ファイバの長手方向に垂直な断面における構造の様子を示す図である。図 2 に示すように、増幅用光ファイバ 30 は、コア 31 と、コア 31 を被覆するクラッド 32 とから構成されている。クラッド 32 の屈折率はコア 31 の屈折率よりも低くされている。また、コア 31 の直径は、例えば、4 μm とされ、クラッド 32 の外径は、例えば 250 μm とされている。

【0037】

コア 31 を構成する材料としては、例えば、励起光源 20 から出力される励起光により励起状態とされるイッテルビウム (Yb) 等の活性元素添加された石英が挙げられる。このような活性元素としては、希土類元素が挙げられ、希土類元素としては、上記 Yb の他にトリウム (Tm)、セリウム (Ce)、ネオジウム (Nd)、ユーロピウム (Eu)、エルビウム (Er) 等が挙げられる。さらに活性元素として、希土類元素の他に、ビスマス (Bi) やクロム (Cr) 等が挙げられる。また、コア 31 を構成する石英には、必要に応じてコア 31 の屈折率を上昇させるゲルマニウム等の元素が添加される。また、クラッド 32 を構成する材料としては、コア 31 を構成する石英に屈折率を上昇させる元素が添加されている場合には、例えば、何らドーパントが添加されていない石英が挙げられ、コア 31 を構成する石英に屈折率を上昇させる元素が添加されていない場合には、屈折率を低下させるフッ素等のドーパントが添加された石英が挙げられる。

【0038】

なお、上述のように増幅用光ファイバ 30 のコア 31 にドーパントとして Yb が添加されている場合においては、上述の種光源 10 から出力される種光は、特に制限されるものではないが、例えば、波長が 1070 nm のレーザ光とされ、さらに、それぞれの LD 21 から出力される励起光は、特に制限されないが、例えば、波長が 915 nm のレーザ光とされる。

【0039】

ブリッジファイバ 40 は、図 1 に示すように、径方向の中心に設けられるコア 41 と、コア 41 を被覆するクラッド 42 とを有しており、一方側から他方側にかけて外径が縮径されている部分を有するテーパファイバである。具体的には、ブリッジファイバ 40 のクラッド 42 は、一方側の外径が一定とされ、一方側から他方側に向かう途中から外径が徐々に小さくなるように形成されており、この徐々に縮径された部分がテーパ部 43 とされている。そして、クラッド 42 の他方側の端部 48 が、最も縮径されている。

【0040】

このブリッジファイバ 40 のクラッド 42 の外径は、特に限定されないが、縮径されていない一方側において、例えば、625 μm とされ、縮径されている側の端部 48 において、例えば、増幅用光ファイバ 30 のクラッド 32 の外径と等しくされる。そして、コア 41 の直径は、特に限定されないが、縮径されていない一方側において、種光用ファイバ 15 のコアの直径より大きくされ、縮径された他方の端部 38 において、増幅用光ファイバ 30 のコア 31 の直径と等しくされている。上述のように、種光用ファイバ 15 のコアの直径が 6 μm とされ、増幅用光ファイバ 30 のコア 31 の直径が 4 μm とされている場合、例えば、ブリッジファイバ 40 のコア 41 の直径は、縮径されていない一方側において 10 μm とされ、縮径された端部 38 において 4 μm とされる。

10

20

30

40

50

【0041】

また、クラッド42の屈折率は、コア41の屈折率よりも低くされている。このようなコア41の材料としては、例えば、ゲルマニウムが添加された石英が挙げられ、クラッド32を構成する材料としては、例えば、添加物のない石英が挙げられる。

【0042】

そして、ブリッジファイバ40の縮径されていない一方の端部47と、種光用ファイバ15及び複数の励起光用ファイバ25とが、端面接続されている。具体的には、種光用ファイバ15のコアとブリッジファイバ40のコア41とが接続され、種光用ファイバ15のクラッドとブリッジファイバ40のクラッド42とが接続され、さらに、それぞれの励起光用ファイバ25のコアとブリッジファイバ40のクラッド42とが接続されている。励起光用ファイバは、例えば、19本接続される。また、ブリッジファイバ40の縮径されている他方側の端部48と増幅用光ファイバ30の一方側の端部37とが端面接続されており、ブリッジファイバ40のコア41と増幅用光ファイバ30のコア31とが接続され、ブリッジファイバ40のクラッド42と増幅用光ファイバ30のクラッド32とが接続されている。

10

【0043】

出力用光ファイバ50は、長手方向に垂直な断面における構造が増幅用光ファイバ30と同様とされ、コア51と、クラッド52とを有している。コア51の直径は、増幅用光ファイバ30のコア31の直径と同じとされ、クラッド52の外径は、増幅用光ファイバ30のクラッド32の外径と同じとされている。そして、クラッド52の屈折率は、コア51の屈折率よりも低くされ、コア51は、例えば、ブリッジファイバ40のコア41と同じ材料から構成され、クラッド52は、例えば、ブリッジファイバ40のクラッド42と同じ材料から構成されている。

20

【0044】

また、出力用光ファイバ50の一方側の端部57は、増幅用光ファイバの他方側の端部38に接続されており、出力用光ファイバ50のコア51と増幅用光ファイバ30のコア31とが接続され、出力用光ファイバ50のクラッド52と増幅用光ファイバ30のクラッド32とが接続されている。また、出力用光ファイバ50の他方側の端部58には、何も接続されておらず、出力端とされている。

30

【0045】

筐体60は、金属製の容器であり、例えば、表面に黒色のアルマイト加工が施されたアルミ合金から成る。この筐体60には、所定の壁に開口が形成されており、更に、開口と対向する壁に熱変換部材66が設けられている。熱変換部材66は、筐体60の一部から成り、筐体60の内側及び外側に突出した形状をしている。そして、熱変換部材66は、所定の空間を取り囲む形状をしており、筐体60の内側から外側に抜ける貫通孔を有している。

40

【0046】

増幅用光ファイバ30は、この筐体60内に収納されており、ブリッジファイバ40は、テーパ部43が筐体60内に配置されて、種光用ファイバ15及び励起光用ファイバ25が接続されている一方側の端部47が、開口から筐体60の外側に突出している。さらに、ブリッジファイバ40におけるクラッド42の縮径されていない部分の外周面が、樹脂63により、筐体60の開口を形成している内周面に固定されており、樹脂63により開口は封止されている。なお、この樹脂63の屈折率は、ブリッジファイバ40のクラッド42の屈折率よりも低いことが、ブリッジファイバ40のクラッド42を伝播する光の放出を抑制できる観点から好ましい。

40

【0047】

また、増幅用光ファイバ30の他方側の端部38は、熱変換部材66の貫通孔から熱変換部材66により取り囲まれた空間内に僅かに挿入されており、出力用光ファイバ50は、この空間内から、熱変換部材66の貫通孔を介して筐体60の外側に導出されている。また、熱変換部材66が取り囲む空間内には、出力用光ファイバ50のクラッド52より

50

も屈折率が高い光放出部材 6 5 が充填されており、熱変換部材 6 6 に接続されている。充填されている光放出部材 6 5 は、熱変換部材 6 6 内における出力用光ファイバ 5 0 のクラッド 5 2 の一部を被覆すると共に、熱変換部材 6 6 の貫通孔を封止している。

【 0 0 4 8 】

こうして、開口及び熱変換部材 6 6 の貫通孔が封止された状態において、筐体 6 0 は、密閉されている。こうして密閉された筐体 6 0 内には、液体 5 が充填されており、増幅用光ファイバ 3 0 及びブリッジファイバ 4 0 のテーパ部 4 3 が、液体 5 に浸漬され、増幅用光ファイバ 3 0 のクラッド 3 2 及びブリッジファイバ 4 0 のテーパ部 4 3 及び熱変換部材 6 6 が、液体 5 に接触している。

【 0 0 4 9 】

この液体は、増幅用光ファイバ 3 0 のクラッド 3 2 及びブリッジファイバ 4 0 のクラッド 4 2 よりも屈折率が低い液体とされる。このような液体としては、水、フッ素系不活性液体等を挙げることができる。

【 0 0 5 0 】

次にファイバレーザ装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 5 1 】

まず、種光源 1 0 から所定の波長の種光が出力されると共に、励起光源 2 0 のそれぞれのレーザダイオード 2 1 から所定の波長の励起光が出力される。このとき種光の波長は、例えば、上述のように 1 0 7 0 nm とされ、励起光の波長は、例えば、上述のように 9 1 5 nm とされる。種光源 1 0 から出力された種光は、種光用ファイバ 1 5 のコアを伝播して、ブリッジファイバ 4 0 のコア 4 1 に入力する。また、励起光源 2 0 から出力された励起光は、励起光用ファイバ 2 5 を伝播しブリッジファイバ 4 0 のクラッド 4 2 に入力する。

【 0 0 5 2 】

ブリッジファイバ 4 0 のコア 4 1 に入力した種光は、コア 4 1 を伝播して、増幅用光ファイバ 3 0 のコア 3 1 に入力して、コア 3 1 を伝播する。

【 0 0 5 3 】

一方、ブリッジファイバ 4 0 のクラッド 4 2 に入力した励起光は、クラッド 4 2 を伝播する。このとき、本実施形態においては、ブリッジファイバ 4 0 におけるクラッド 4 2 の縮径されていない部分が、筐体 6 0 に固定されるため、ブリッジファイバ 4 0 が固定されている場所において、励起光が放出されることを抑制することができる。また、ブリッジファイバ 4 0 の縮径されていない部分においては、クラッド 4 2 を伝播する光のパワー密度が比較的小さい。従って、この部分においてクラッド 4 2 を伝播する励起光の一部が放出されて、筐体 6 0 において熱に変換されることがあっても、筐体が過度に高温になることは無い。さらに、上述のようにブリッジファイバ 4 0 のクラッド 4 2 が、クラッド 4 2 よりも屈折率の低い樹脂 6 3 により、筐体 6 0 に固定されている場合においては、クラッド 4 2 を伝播する励起光がクラッド 4 2 から放出されることを抑制することができるため好ましい。

【 0 0 5 4 】

そして、ブリッジファイバ 4 0 の縮径されていない一方側において、パワー密度が比較的小さい励起光は、クラッド 4 2 のテーパ部 4 3 を伝播するに伴って、パワー密度が高くされる。このとき本実施形態においては、テーパ部 4 3 が、クラッド 4 2 よりも屈折率の低い液体 5 に浸漬されているため、テーパ部 4 3 から励起光が液体 5 へ放出されることが抑制されている。そして、クラッド 4 2 を伝播する励起光は、増幅用光ファイバ 3 0 に入力し、増幅用光ファイバ 3 0 のクラッド 3 2 を主に伝播する。

【 0 0 5 5 】

そして、励起光がコア 3 1 を通過するときに活性元素を励起して、励起状態にされた活性元素は、種光による誘導放出を起こし、この誘導放出により種光が増幅されて、出力光として増幅用光ファイバ 3 0 の他方側の端部 3 8 におけるコア 3 1 から出力される。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

なお、増幅用光ファイバ30は、クラッド32よりも屈折率が低い液体5に浸漬されているため、クラッド32を伝播する励起光は、クラッド32から液体5へ放出されることが抑制されている。そして、上述のように、液体5が水や一般的なフッ素系不活性液体である場合には、クラッド32から僅かに染み出る励起光を吸収することがほとんど無いため好ましく、さらに、水や一般的なフッ素系不活性液体は、増幅用光ファイバ30が発熱する場合においても、燃焼しないため好ましい。

【0057】

そして、増幅用光ファイバ30のコア31から出力した出力光は、出力用光ファイバ50のコア51に入力し、コア51を伝播して、出力用光ファイバ50の他方側の端部58から出力光として出力する。

10

【0058】

このとき、増幅用光ファイバ30と出力用光ファイバ50との接続部分において、コア31とコア51との軸ずれや、コア31とコア51との角度の不整合や、コア31とコア51とのモードフィールドの違い等により、増幅用光ファイバ30のコア31から出力される出力光の一部が漏れ光として出力用光ファイバ50のクラッド52に入力する場合がある。或いは、励起光が、増幅用光ファイバ30において活性元素に吸収されずに、余剰励起光として出力されて、出力用光ファイバ50のクラッド52に入力する場合がある。これらの場合においても、クラッド52が、屈折率がクラッド52よりも高い光放出部材65により被覆されているため、クラッド52に入力した光は、光放出部材65に放出される。そして、放出された光は、光放出部材65から熱変換部材66に達して熱に変換されて消滅する。熱変換部材66は、出力用光ファイバ50から放出された光により加熱するが、本実施形態においては、熱変換部材66は、液体5に接触しているため、液体5により冷却される。

20

【0059】

以上説明したように、本実施形態の光ファイバ増幅器2によれば、増幅用光ファイバ30が液体5に浸漬されている部分において、励起された活性元素が誘導放出する際に熱が生じる場合においても、発生した熱が、増幅用光ファイバ30の周りの液体5に吸収されるので、増幅用光ファイバ30が高温になることが抑制される。また、クラッド32を伝播する励起光の一部が、液体5に吸収されて熱に変換される場合や、上記の様に増幅用光ファイバ30の熱が液体5に吸収される場合においても、液体5は、対流可能であるため、熱が増幅用光ファイバ30の周りに留まることを抑制することができる。従って、増幅用光ファイバ30が高温になることが抑制できるので、パワーの大きな励起光を入力することができ、コア31を伝播する種光をより高い増幅率で増幅することができる。このため、パワーの大きな出力光を出力することができる。

30

【0060】

また、本実施形態においては、筐体60は、金属製であるため、熱伝導性に優れている。従って、増幅用光ファイバ30や、熱変換部材66において発生した熱を液体が吸収する場合においても、筐体60を介して、液体5の熱を外部に効率良く放出することができる。なお、このような熱の外部への放出の効率を高める観点から、筐体60には、ヒートシンクが設けられていることが好ましく、更に、送風手段により、筐体60やヒートシンクに送風がされていることが更に好ましい。

40

【0061】

また、本実施形態においては、筐体60の一部が、熱変換部材66を兼ねているため、筐体60と熱変換部材66とを個別に設ける必要が無く、簡易な構造にすることができ、更に、熱変換部材66から筐体60に熱を逃がすことができるため、熱変換部材66が、過度に高温になることを抑制することができる。

【0062】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について図3を参照して詳細に説明する。なお、第1実施形態と同一又は同等の構成要素については、同一の参照符号を付して特に説明する場合を

50

除き重複する説明は省略する。図3は、本発明の第2実施形態に係るファイバレーザ装置を示す図である。

【0063】

図2に示すように、本実施形態の本実施形態のファイバレーザ装置3は、第1実施形態における種光源10を備えておらず、被増幅光用ファイバとしての種光用ファイバ15に代わり、被増幅光用ファイバとしての共振光用ファイバ16を備えている。この共振光用ファイバ16は、第1実施形態における種光用ファイバ15と同様の構成とされ、種光用ファイバ15と同様にして、ブリッジファイバ40に接続されており、ブリッジファイバ40側と反対側の端部が終端部材17に接続されている。また、本実施形態のファイバレーザ装置3は、更に、共振光用ファイバ16のコアに設けられる第1ミラーとしての第1

10

【0064】

F B G (Fiber Bragg Grating) 71と、出力用光ファイバ50のコア51に設けられる第2ミラーとしての第2 F B G 72を更に備える。なお、図3において、第1 F B G 71及び第2 F B G 72は記号で示している。

【0065】

第1 F B G 71が設けられる共振光用ファイバ16は、増幅用光ファイバ30の一方側に接続されるブリッジファイバ40に接続されているため、第1 F B G 71は、増幅用光ファイバ30のコア31の一方側に配置される。そして、第1 F B G 71は、増幅用光ファイバ30のコア31に添加されている活性元素が励起状態とされた場合に放出する自然放出光の一部の波長と同じ波長の光を、例えば、99%の反射率で反射する。

20

【0066】

第2 F B G 72が設けられる出力用光ファイバ50は、増幅用光ファイバ30に他方側において接続されているため、第2 F B G 72は、増幅用光ファイバ30のコア31の他方側に配置される。そして、第2 F B G 72は、第1 F B G 71が反射する光と同じ波長の光を第1 F B G 71よりも低い反射率で反射する。第2 F B G 72の反射率は、例えば30%とされる。

30

【0067】

このようなファイバレーザ装置3においては、まず励起光源20のそれぞれのレーザダイオード21から励起光が出力されて、励起光は、ブリッジファイバ40のクラッド42を介して、増幅用光ファイバ30のクラッドに入力する。そして、励起光は、増幅用光ファイバ30のクラッド32を主に伝播し、コア31を通過するとき、コア31に添加されている活性元素を励起する。励起された活性元素は、自然放出光を放出して、この自然放出光の一部が、第1 F B G 71で反射して、この光を基に、第1 F B G 71と第2 F B G 72との間で、光の共振が起こる。そして、共振する光は、増幅用光ファイバ30を通過する毎に増幅されて、増幅された光の一部が、第2 F B G 72を通過して、出力用光ファイバの他方の端部58から出力光として出力する。

【0068】

なお、第1 F B G 71を透過する僅かな光や、ブリッジファイバ40から共振光用ファイバ16のクラッドに侵入する光は、終端部材17において熱に変換され消滅する。

40

【0069】

本実施形態においても、増幅用光ファイバ30は、クラッド32よりも屈折率が低い液体5に浸漬されているため、クラッド32を伝播する励起光は、クラッド32から放出されることが抑制されている。また、クラッド32を伝播する励起光の一部が、熱に変換されて発熱する場合においても、増幅用光ファイバ30は、周りの液体5により冷却されるため、高温になることが抑制される。

50

触しているため、液体 5 により冷却される。

【 0 0 7 0 】

本実施形態のファイバレーザ装置 3 によれば、大きなパワーの励起光を増幅用光ファイバ 3 0 に入力することができるので、第 1 F B G 7 1 と第 2 F B G 7 2 との間を共振する光を高い増幅率で増幅することができ、パワーの大きな出力光を出力することができる。

【 0 0 7 1 】

以上、本発明について、第 1、第 2 実施形態を例に説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【 0 0 7 2 】

例えば、上記実施形態においては、増幅用光ファイバ 3 0 の全体が液体 5 に浸漬されていたが、増幅用光ファイバ 3 0 の一部が液体から露出していても良い。

10

【 0 0 7 3 】

また、上記実施形態において、増幅用光ファイバ 3 0 の少なくとも一部が液体 5 に浸漬される限りにおいては、液体 5 の一部が固化していても良い。例えば、液体 5 が水である場合において、増幅用光ファイバ 3 0 の周りが液状である限りにおいて、筐体 6 0 の付近が氷になっていても良い。

【 0 0 7 4 】

また上記実施形態においては、ブリッジファイバ 4 0 を備え、ブリッジファイバ 4 0 を介して励起光を増幅用光ファイバに入力するものとしたが、ブリッジファイバ 4 0 は、必須ではなく、励起光を増幅用光ファイバ 3 0 に直接入力しても良い。この場合、増幅用光ファイバ 3 0 の一方の端部 3 7 を筐体 6 0 から僅かに導出させて、増幅用光ファイバ 3 0 のクラッド 3 2 に、直接励起光用ファイバ 2 5 のコアを接続し、増幅用光ファイバ 3 0 のコア 3 1 に種光用ファイバ 1 5 や共振光用ファイバ 1 6 のコアを接続すれば良い。

20

【 0 0 7 5 】

また、上記実施形態において、筐体 6 0 は、金属製であるとしたが、金属以外の材料から構成されても良い。ただし、熱伝導性に優れる観点から、筐体 6 0 は、金属製であることが好ましい。

【 0 0 7 6 】

また、上記実施形態において、光放出部材 6 5 や、熱変換部材 6 6 を設けなくても良い。その場合、増幅用光ファイバ 3 0 の他方の端部 3 8 を筐体 6 0 から僅かに導出させることにより出力用光ファイバ 5 0 を省略することもできる。

30

【 0 0 7 7 】

また、上記実施形態においては、筐体 6 0 の一部が熱変換部材 6 6 を兼ねているものとしたが、筐体 6 0 を熱変換部材 6 6 とが個別に設けられていても良い。

【 0 0 7 8 】

また、第 2 実施形態において、第 1 ミラー及び第 2 ミラーとして、それぞれ F B G を用いたが、本発明は、第 1 ミラー及び第 2 ミラーとして F B G 以外を用いても良い。

【 0 0 7 9 】

また、液体 5 は、強制対流されても良い。この強制対流は、液体 5 を筐体 6 0 内で滞留させても良く、筐体 6 0 の外部に冷却機構を設けて、液体 5 が筐体 6 0 と冷却機構との間で循環するように対流させても良い。このようにすることで、液体 5 において、熱が一カ所に留まることを防止でき、更に、冷却機構を設ける場合においては、より液体を冷却することができる。

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 8 0 】

本発明によれば、パワーの大きな出力光を得ることができる光ファイバ増幅器、及び、それを用いたファイバレーザ装置が提供される。

【符号の説明】

【 0 0 8 1 】

1、3・・・ファイバレーザ装置

50

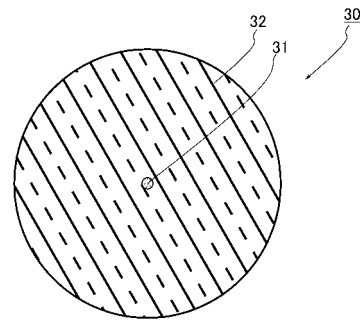
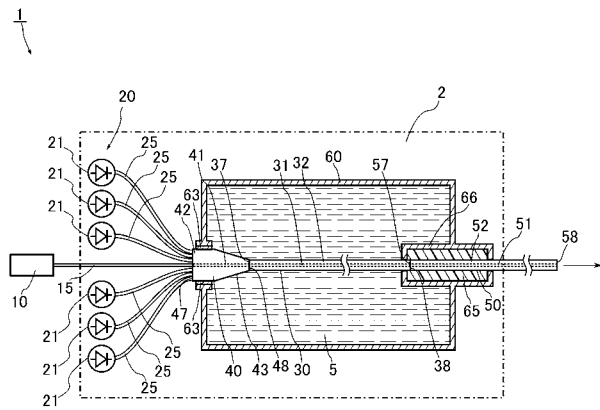
- 2 . . . 光ファイバ増幅器
- 5 . . . 液体
- 10 . . . 種光源
- 15 . . . 種光用ファイバ
- 16 . . . 共振光用ファイバ
- 17 . . . 終端部材
- 20 . . . 励起光源
- 21 . . . レーザダイオード
- 25 . . . 励起光用ファイバ
- 30 . . . 増幅用光ファイバ
- 31 . . . コア
- 32 . . . クラッド
- 40 . . . ブリッジファイバ
- 41 . . . コア
- 42 . . . クラッド
- 43 . . . テーパー部
- 50 . . . 出力用光ファイバ
- 51 . . . コア
- 52 . . . クラッド
- 60 . . . 筐体
- 63 . . . 樹脂
- 65 . . . 光放出部材
- 66 . . . 熱変換部材
- 71 . . . 第1FBG
- 72 . . . 第2FBG

10

20

【図1】

【図2】



【 図 3 】

