

(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2005-12008

(P2005-12008A)

(43) 公開日 平成17年1月13日(2005.1.13)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01S 3/06

F I

H01S 3/06

B

テーマコード(参考)

5FO72

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願2003-174931(P2003-174931)

(22) 出願日

平成15年6月19日(2003.6.19)

(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

100064908

弁理士 志賀 正武

(74) 代理人

100108578

弁理士 高橋 詔男

(74) 代理人

100089037

弁理士 渡邊 隆

(74) 代理人

100101465

弁理士 青山 正和

(72) 発明者

瀬木 武

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

最終頁に続く

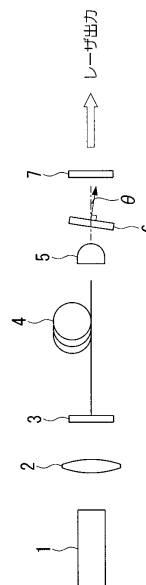
(54) 【発明の名称】 光ファイバレーザ

(57) 【要約】

【課題】 発振波長の制御性が良好な光ファイバレーザを提供する。

【解決手段】 励起光源1と、集光レンズ2と、第一のフィルタ3と、希土類元素添加ファイバ4と、コリメータレンズ5と、波長制御素子6と、第二のフィルタ7とから概略構成される光ファイバレーザにおいて、波長制御素子6は、希土類元素添加ファイバ4から出射される発振光の光軸と、波長制御素子6の表面に垂直な方向とのなす角を可変とし、発振光の発振波長を2.9μm帯の任意波長に制御する。波長制御素子6を誘電体多層膜フィルタとする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

励起光源と、希土類元素添加ファイバと、波長制御素子とを少なくとも備えた光ファイバレーザにおいて、

前記波長制御素子は、前記希土類元素添加ファイバから出射される発振光の光軸と、該波長制御素子の表面に垂直な方向とのなす角が可変となっており、前記発振光の発振波長が  $2.9 \mu\text{m}$  帯であることを特徴とする光ファイバレーザ。

## 【請求項 2】

前記波長制御素子は誘電体多層膜フィルタであることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバレーザ。

10

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバを用いた光ファイバレーザに関し、特に、医療の分野で必要とされる波長  $2.9 \mu\text{m}$  付近のレーザ光の発振波長を変化させることが可能な光ファイバレーザに関する。

## 【0002】

## 【従来技術】

水は波長  $2.9 \mu\text{m}$  付近に光に対して大きな吸収を示すため、この波長付近の光を生体組織や歯などに照射することで切開・切削などの治療を行なうことができる。

20

## 【0003】

図 4 に示すように、波長  $2.9 \mu\text{m}$  付近における水の吸収係数は波長に依存して大きくなるため、生体組織や歯などに照射するレーザ光の発振波長を変化させることで、治療の自由度が高くなる。

しかしながら、発振波長を外部から制御した場合、レーザ光の発振波長の変化量は、現在、歯科治療で用いられている発振波長の中心が  $2.94 \mu\text{m}$  のエルビウムをドープしたイットリウム・アルミニウム・ガーネット (Er:YAG) レーザにエタロンを適用した場合で、 $6 \text{nm}$  程度であることが報告されている (例えば、非特許文献 1 参照。)。この方法では、発振波長の制御性が悪いという問題がある。

## 【0004】

30

## 【非特許文献 1】

C. E. Hamilton, R. J. Beach, S. B. Sutton, L. H. Furu, and W. F. Krupke, 1 - W average power levels and tunability from a diode-pumped  $2.94 - \mu\text{m}$  Er:YAG oscillator, Optical Society of America, October 15, 1994, Vol. 19, No. 20, p 1627 - 1629

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前記事情に鑑みてなされたもので、発振波長の制御性が良好な光ファイバレーザを提供することを目的とする。

40

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を解決するために、励起光源と、希土類元素添加ファイバと、波長制御素子とを少なくとも備えた光ファイバレーザにおいて、前記波長制御素子は、前記希土類元素添加ファイバから出射される発振光の光軸と、該波長制御素子の表面に垂直な方向とのなす角が可変となっており、前記発振光の発振波長が波長  $2.9 \mu\text{m}$  帯である光ファイバレーザを提供する。

## 【0007】

上記構成の光ファイバレーザにおいて、前記波長制御素子は誘電体多層膜フィルタである

50

ことが好ましい。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を詳しく説明する。

図1は、本発明の光ファイバレーザの一例を示す模式図である。

この例の光ファイバレーザは、励起光源1と、集光レンズ2と、第一のフィルタ3と、希土類元素添加ファイバ4と、コリメートレンズ5と、波長制御素子6と、第二のフィルタ7とから概略構成されており、これらがこの順に配置されている。また、第一のフィルタ3、希土類元素添加ファイバ4および第二のフィルタ7から共振器が構成されている。

【0009】

励起光源1としては、波長960nm~990nm、出力10W~40W程度の励起光を出射可能な半導体レーザ(LD)、ファイバレーザなどが用いられる。

【0010】

集光レンズ2は、励起光源1から出射された励起光を集光するものであり、例えば、ソーダ石灰ガラス、溶融石英、サファイアなどを材質とする非球面レンズや平凸レンズなどが用いられる。

【0011】

第一のフィルタ3は、励起光源1から出射された励起光を透過し、希土類元素添加ファイバ4で発振したレーザ光を反射するものであり、例えば、誘電体多層膜が用いられる。また、第一のフィルタ3は、励起光源1から出射される励起光の透過率が95%、レーザ光の反射率が99%以上であることが望ましい。

【0012】

希土類元素添加ファイバ4は、励起光源1から出射された励起光によって励起される利得媒体であり、例えば、希土類元素が2000ppm~100000ppm程度添加されたフッ化物ガラスからなるコアと、その外周にフッ化物ガラスからなり、励起光を伝搬する内側クラッドが設けられ、さらに内側クラッドの外周に紫外線硬化型樹脂からなる外側クラッドが設けられたダブルクラッドファイバである。

希土類元素添加ファイバ4の外径は300μm~600μm程度、そのコアの外径は10μm~100μm程度である。

【0013】

希土類元素としては、波長2.9μm付近のレーザ光を発振するには、エルビウム(Er)、ホルミウム(Ho)などが用いられる。

フッ化物ガラスとしては、例えば、フッ化ジルコニウム(ZrF<sub>4</sub>)、フッ化バリウム(BaF<sub>2</sub>)、フッ化ランタン(LaF<sub>3</sub>)、フッ化アルミニウム(AlF<sub>3</sub>)、フッ化ナトリウム(NaF)、フッ化リチウム(LiF)、フッ化イットリウム(YF<sub>3</sub>)、フッ化ハフニウム(HfF<sub>4</sub>)などからなるガラスが用いられる。

【0014】

希土類元素添加ファイバ4としては、例えば、コアはエルビウムが添加されたフッ化物ガラスからなるエルビウム添加ファイバ(EDF)が用いられるが、ファイバ製造時の冷却速度を遅くしても結晶化を伴わずにガラスを生成することができるZBLAN(ZrF<sub>4</sub>、BaF<sub>2</sub>、LaF<sub>3</sub>、AlF<sub>3</sub>、NaFからなるガラス)ファイバ(ZBLAN-EDF)が好ましく用いられる。

【0015】

コリメートレンズ5は、サファイアガラスあるいはフッ化カルシウムからなる平凸レンズであり、波長2.8μm付近の光に対して吸収のないレンズである。このコリメートレンズ5は、希土類元素添加ファイバ4の出射端側にその平面が対向し、波長制御素子6側にその凸面が対向するように配されている。これにより、希土類元素添加ファイバ4から出射された光をコリメートし、波長制御素子6からの反射光を集光する。

【0016】

波長制御素子6は、希土類元素添加ファイバ4から出射される発振光の光軸と、波長制御

10

20

30

40

50

素子 6 の表面に垂直な方向とのなす角度 が可変となっているバンドパスフィルタであり、この角度 を変えることで、波長制御素子 6 に対する発振光の入射角が変化するため、その透過スペクトル（発振波長）を変化させることができる。

【0017】

波長制御素子 6 としては、誘電体多層膜フィルタが用いられる。

誘電体多層膜フィルタとは、屈折率の異なる、例えば  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$  などの薄膜をそれぞれの厚さ数 10 nm ~ 数 100 nm 程度で、数層 ~ 数 100 層程度積み重ねて作製されたフィルタである。

【0018】

第二のフィルタ 7 は、希土類元素添加ファイバ 4 から出射されたレーザ光の一部を反射し、その他を透過するものである。 10

また、第二のフィルタ 7 は、レーザ光の反射率が 10 ~ 90 % であることが望ましい。

【0019】

この例の光ファイバレーザでは、励起光源 1 から出射された励起光を集光レンズ 2 によって集光し、希土類元素添加ファイバ 4 に入射する。第一のフィルタ 3、希土類元素添加ファイバ 4 および第二のフィルタ 7 の間で発振した光は、希土類元素添加ファイバ 4 からレーザ光として出射されるが、波長制御素子 6 の角度 を変えることで、このレーザ光の発振波長を 2.9  $\mu\text{m}$  帯の任意波長となるように制御することができる。

【0020】

以下、実施例に基づいて本発明を具体的に説明するが、本発明はこの実施例に限定されるものではない。 20

（実施例）

図 1 に示すような光ファイバレーザを作製した。

励起光源 1 としては、波長 979 nm、出力 20 W の半導体レーザを用いた。集光レンズ 2 としては、レンズの焦点距離と有効径の比を表す F 値が 0.88 で、材質がソーダ石灰ガラスの非球面レンズを用いた。第一のフィルタ 3 としては、励起光の透過率 95 %、レーザ光の反射率 99 % の誘電体多層膜を用いた。希土類元素添加ファイバ 4 としては、コアがモル濃度 20000 ppm でエルビウムイオンが添加されたフッ化物ガラスからなる ZBLAN ファイバを用いた。希土類元素添加ファイバ 4 の外径は 125  $\mu\text{m}$ 、長さは 15 m、コアの外径は 10  $\mu\text{m}$  とした。コリメータレンズ 5 としては、サファイアガラスからなる平凸レンズを用いた。波長制御素子 6 としては、厚さ約 300 nm の誘電体多層膜フィルタを用いた。第二のフィルタ 7 としては、レーザ光の反射率 10 % の誘電体多層膜を用いた。 30

【0021】

図 2 に、実施例で用いた誘電体多層膜フィルタの透過スペクトルを示す。図 2 中、角度は、誘電体多層膜フィルタ（波長制御素子 6）が希土類元素添加ファイバ 4 から出射される発振光の光軸と、波長制御素子 6 の表面に垂直な方向とのなす角度 を示している。

図 2 から、角度 によって、透過スペクトルが変化することが分かった。

【0022】

波長制御素子 6 の角度 を変化させながら、光ファイバレーザの発振波長を測定した。結果を図 3 に示す。 40

図 3 の結果から、角度 を変化させることにより、光ファイバレーザの発振波長が 2.79  $\mu\text{m}$  から 2.865  $\mu\text{m}$  まで変化することが確認された。

【0023】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光ファイバレーザによれば、希土類元素添加ファイバから出射される発振光の光軸と、波長制御素子の表面に垂直な方向とのなす角を変えることで、レーザ光の発振波長を 2.9  $\mu\text{m}$  帯の任意波長となるように制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光ファイバレーザの一例を示す模式図である。 50

【図2】実施例で用いた誘電体多層膜フィルタの透過スペクトルを示すグラフである。

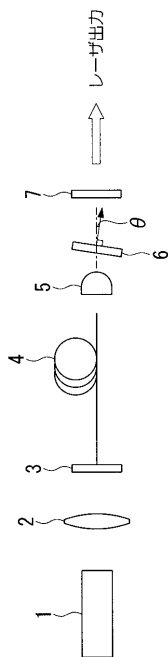
【図3】波長制御素子の角度  $\theta$  と、光ファイバレーザの発振波長との関係を示すグラフである。

【図4】波長と光の吸収係数を示すグラフである。

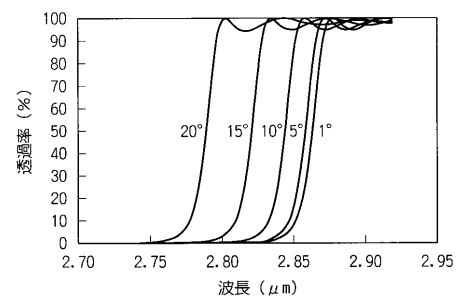
【符号の説明】

1・・・励起光源、2・・・集光レンズ、3・・・第一のフィルタ、4・・・希土類元素添加ファイバ、5・・・コリメータレンズ、6・・・波長制御素子、7・・・第二のフィルタ。

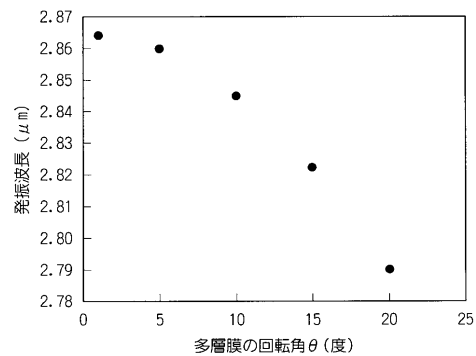
【図1】



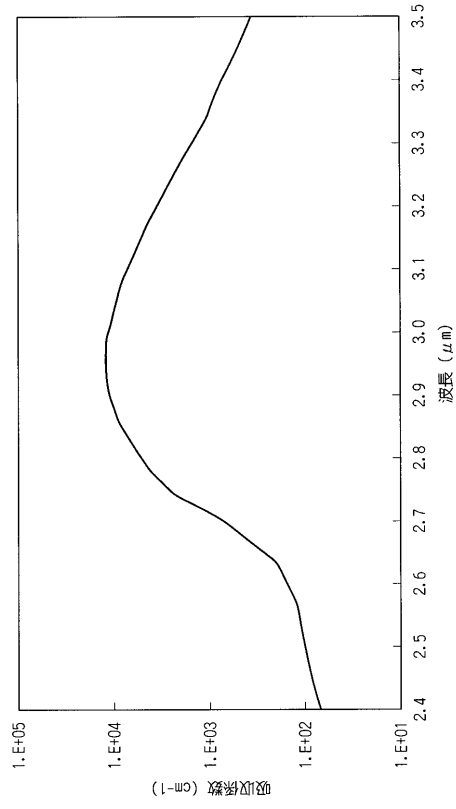
【図2】



【図3】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 酒井 哲弥

千葉県佐倉市六崎1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ佐倉事業所内

Fターム(参考) 5F072 AK06 JJ20 KK30 PP07 RR01 YY01