

(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2012-209510

(P2012-209510A)

(43) 公開日 平成24年10月25日(2012.10.25)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>HO1S</b>	<b>3/067</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1S	3/06		B	2H150	
<b>GO2B</b>	<b>6/036</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/22			5F172	
<b>GO2B</b>	<b>6/024</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/16	301			
<b>GO2B</b>	<b>6/02</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	6/10		C		

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-75601 (P2011-75601)  
 (22) 出願日 平成23年3月30日 (2011.3.30)

(71) 出願人 000003414  
 東京特殊電線株式会社  
 東京都港区新橋六丁目1番11号  
 (71) 出願人 000005290  
 古河電気工業株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号  
 (74) 代理人 100095511  
 弁理士 有近 紳志郎  
 (72) 発明者 小山 淳史  
 長野県上田市大字大屋300番地  
 東京特殊電線株式会社上  
 田工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバレーザ光源

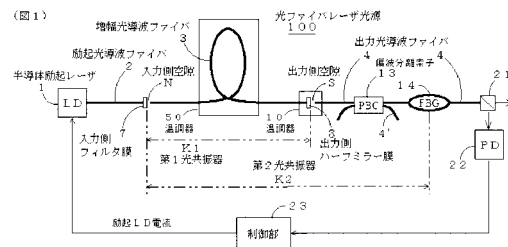
(57) 【要約】

【課題】出力安定性が高い光ファイバレーザ光源を提供する。

【解決手段】励起光導波ファイバ(2)の出力側端面に設けられ且つ増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面との間に入力側空隙(N)を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過する入力側フィルタ膜(7)と、増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面に設けられ且つ出力光導波ファイバ(4)の入力側端面との間に出力側空隙(S)を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過し、入力側フィルタ膜(7)との間で第1光共振器(K1)を構成する出力側ハーフミラー膜(8)と、出力光導波路ファイバ(4)の内部に設けられ、入力側フィルタ膜(7)との間で第2光共振器(K2)を構成するファイバブラッググレーティング(14)とを具備し、入力側空隙(N)の距離(Ln)および出力側空隙(S)の距離(Ls)が20μm以下である。

【効果】出力安定性が高くなる。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

[イ] 半導体励起レーザ(1)が出力する励起光を導波する励起光導波ファイバ(2)と、

[ロ] 前記励起光導波ファイバ(2)から出力される励起光を入力して所定の波長帯域の放出光を放出すると共に光を導波する増幅光導波ファイバ(3)と、

[ハ] 前記増幅光導波ファイバ(3)から出力される光を導波する出力光導波ファイバ(4)と、

[ニ] 前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端面に設けられ且つ前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面との間に入力側空隙(N)を形成するか、又は、前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面に設けられ且つ前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端面との間に入力側空隙(N)を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過する入力側フィルタ膜(7)と、

10

[ホ] 前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端面に設けられ且つ前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面との間に出力側空隙(S)を形成するか、又は、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面に設けられ且つ前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端面との間に出力側空隙(S)を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過し、前記入力側フィルタ膜(7)との間で第1光共振器(K1)を構成する出力側ハーフミラー膜(8)と、

[ヘ] 前記出力光導波路ファイバ(4)の内部に設けられ、前記入力側フィルタ膜(7)との間で第2光共振器(K2)を構成するファイバブラッググレーティング(14)とを具備し、

20

[ト] 前記入力側空隙(N)の距離(Ln)および前記出力側空隙(S)の距離(Ls)が20μm以下である

ことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

## 【請求項 2】

請求項1に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記増幅光導波路ファイバ(3)は、増幅媒体として希土類元素が添加されたコア(3a)と、前記コア(3a)の外側に設けた該コア(3a)より屈折率が低い内部クラッド(3b)と、前記内部クラッド(3b)の外側に設けた該内部クラッド(3b)より屈折率が低い外部クラッド(3c)とを有することを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

30

## 【請求項 3】

請求項1または請求項2に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記増幅光導波ファイバ(3)の長さ(L3)が、前記所定の波長帯域の放出光が放出されるように調整されていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

## 【請求項 4】

請求項1から請求項3のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記入力側フィルタ膜(7)は、前記励起光に対して透過率95%以上で且つ前記放出光に対して反射率95%以上であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

40

## 【請求項 5】

請求項1から請求項4のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記出力側ハーフミラー膜(8)は、前記放出光に対して反射率4%~90%であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

## 【請求項 6】

請求項1から請求項5のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記増幅光導波ファイバ(3)のコア(3a)と前記出力光導波路ファイバ(4)のコア(4a)の中心軸をずらせたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

## 【請求項 7】

請求項1から請求項6のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

50

前記出力光導波路ファイバ(4)の1カ所で切断し且つ軸ずらし融着したことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項8】

請求項1から請求項7のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、前記出力側ーフミラー膜(8)と前記ファイバブラッググレーティング(14)の間に、偏光分離手段(13)を具備することを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項9】

請求項8に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、前記偏光分離手段(13)が、偏波保持光ファイバ溶融カプラ型の偏光分離素子(13)からなることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

10

【請求項10】

請求項1から請求項9のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)および前記出力光導波ファイバ(4)が、偏波保持型光ファイバであることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項11】

請求項10に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)と前記出力光導波ファイバ(4)の偏波軸同士が0°または90°であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項12】

請求項1から請求項11のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において

20

、前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端面または前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面のうちの前記入力側フィルタ膜(7)が設けられていない方に反射防止膜(17)が設けられていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項13】

請求項1から請求項12のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において

、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面または前記出力光導波路ファイバ(4)の入力側端面のうちの前記出力側ーフミラー膜(8)が設けられていない方に反射防止膜(18)が設けられていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

30

【請求項14】

請求項1から請求項13のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において

、前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端部がフェルール(31)に固定されており、前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端部がフェルール(32)に固定されており、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部がフェルール(33)に固定されており、前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端部がフェルール(34)に固定されていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項15】

請求項14に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、前記フェルール(31~34)が、セラミックスまたは透明ガラスからなることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

40

【請求項16】

請求項14または請求項15に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波路ファイバ(3)が、増幅媒体として希土類元素が添加されたコア(3a)と、前記コア(3a)の外側に設けた該コア(3a)より屈折率が低い内部クラッド(3b)と、前記内部クラッド(3b)の外側に設けた該内部クラッド(3b)より屈折率が低い外部クラッド(3c)とを有する場合に、

前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部の前記フェルール(33)に挿入する部分

50

の前記外部クラッド(3c)を除去し、前記内部クラッド(3b)と同じかそれよりも高い屈折率の接着剤(35)により前記フェルール(33)の挿入穴と前記内部クラッド(3b)の間を充填し固めたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項17】

請求項16に記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記フェルール(34)が透明ガラスからなる場合に、

前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端部を挿入する前記フェルール(34)のファイバ挿入口が円錐形状に加工されると共に金メッキまたは銀メッキ(36)がなされていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項18】

請求項14から請求項17のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記フェルール(31)の出力側端面と前記フェルール(32)の入力側端面の少なくとも一方に円環状の溝(27)を設け、前記フェルール(31)の出力側端面と前記フェルール(32)の入力側端面の前記溝(27)より外側の部分を接着剤(37)で接着し、

前記フェルール(33)の出力側端面と前記フェルール(34)の入力側端面の少なくとも一方に円環状の溝(28)を設け、前記フェルール(33)の出力側端面と前記フェルール(34)の入力側端面の前記溝(28)より外側の部分を接着剤(38)で接着したことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項19】

請求項14から請求項18のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記フェルール(31)および前記フェルール(32)を同径の円筒状とし、両者をスリーブ(41)で保持し、

前記フェルール(33)および前記フェルール(34)を同径の円筒状とし、両者をスリーブ(42)で保持したことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項20】

請求項1から請求項19のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記増幅光導波ファイバ(3)と前記出力光導波ファイバ(4)の結合部に温調手段(10)を設けたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【請求項21】

請求項1から請求項20のいずれかに記載の光ファイバレーザ光源(100)において、

前記増幅光導波ファイバ(3)の温調手段(50)を設けたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバレーザ光源に関し、さらに詳しくは、出力安定性が高い光ファイバレーザ光源に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体レーザと、半導体レーザが出力する励起レーザ光を導波する励起光導波路と、励起光導波路から出力される励起レーザ光によって励起され所定の帯域を有する自然放出光を出力する増幅媒体を添加した増幅光導波路と、増幅光導波路から出力される自然放出光を導波する出力光導波路と、増幅光導波路と出力光導波路の間に設けられ所定の帯域の光を選択的に透過する波長選択素子と、増幅光導波路が出力する自然放出光を波長選択素子に透過させるレンズを有する空間結合部と、励起光導波路と増幅光導波路の間に設

10

20

30

40

50

けられた入射側反射手段と、空間結合部と出力光導波路の間に設けられた出力側反射手段とを備えた光源が知られている（例えば、特許文献 1，2 参照。）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開 W O 2 0 0 6 / 1 3 2 2 8 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 7 - 2 3 4 7 1 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

10

上記従来光源では、空間結合部におけるレンズや波長選択素子の端面において光の反射がある。すなわち、光の反射点が複数箇所となる。このため、出力安定性に問題がある。

そこで、本発明は、出力安定性が高い光ファイバレーザ光源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】

【0005】

第 1 の観点では、本発明は、[イ]半導体励起レーザ(1)が出力する励起光を導波する励起光導波ファイバ(2)と、[ロ]前記励起光導波ファイバ(2)から出力される励起光を入力して所定の波長帯域の放出光を放出すると共に光を導波する増幅光導波ファイバ(3)と、[ハ]前記増幅光導波ファイバ(3)から出力される光を導波する出力光導波ファイバ(4)と、[ニ]前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端面に設けられ且つ前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面との間に入力側空隙(N)を形成するか、又は、前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面に設けられ且つ前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端面との間に入力側空隙(N)を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過する入力側フィルタ膜(7)と、[ホ]前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端面に設けられ且つ前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面との間に入力側空隙(S)を形成するか、又は、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面に設けられ且つ前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端面との間に入力側空隙(S)を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過し、前記入力側フィルタ膜(7)との間で第 1 光共振器(K1)を構成する出力側ハーフミラー膜(8)と、[ヘ]前記出力光導波路ファイバ(4)の内部に設けられ、前記入力側フィルタ膜(7)との間で第 2 光共振器(K2)を構成するファイバブラッググレーティング(14)とを具備し、[ト]前記入力側空隙(N)の距離(Ln)および前記出力側空隙(S)の距離(Ls)が 20 μm 以下であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

20

30

上記第 1 の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、入力側フィルタ膜(7)での入力側空隙(N)と出力側ハーフミラー膜(8)での出力側空隙(S)の 2 カ所しか空間部がなく且つ入力側フィルタ膜(7)と出力側ハーフミラー膜(8)の間で第 1 光共振器(K1)を構成する。また、入力側フィルタ膜(7)とファイバブラッググレーティング(14)の間で第 2 光共振器(K2)を構成し、2 段階複合共振器構造とする。これらにより、出力安定性が高くなる。さらに、入力側空隙(N)の距離(Ln)および出力側空隙(S)の距離(Ls)を 20 μm 以下としたため、共振波長間隔 30 nm 以上になり、モードホップが起こりにくくなり、この点でも出力安定性が高くなる。

40

【0006】

第 2 の観点では、本発明は、前記第 1 の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波路ファイバ(3)は、増幅媒体として希土類元素が添加されたコア(3a)と、前記コア(3a)の外側に設けた該コア(3a)より屈折率が低い内部クラッド(3b)と、前記内部クラッド(3b)の外側に設けた該内部クラッド(3b)より屈折率が低い外部クラッド(3c)とを有することを特徴とする光ファイバレーザ光源

50

(100)を提供する。

上記第2の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、コア(3a)および内部クラッド(3b)が半導体レーザからの励起光を導波し、コア(3a)に添加した増幅媒体が励起光で励起されて放出光を発生し、その放出光はコア(3a)を導波する。

【0007】

第3の観点では、本発明は、前記第1または第2の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)の長さ(L3)が、前記所定の波長帯域の放出光が放出されるように調整されていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

増幅光導波ファイバ(3)の放出光の波長帯域は、増幅光導波ファイバ(3)の長さ(L3)に応じて変化する。

そこで、上記第3の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、増幅光導波ファイバ(3)の長さ(L3)を調整し、所定の波長帯域の放出光が放出されるようにする。

【0008】

第4の観点では、本発明は、前記第1から第3のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記入力側フィルタ膜(7)は、前記励起光に対して透過率95%以上で且つ前記放出光に対して反射率95%以上であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第4の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、励起光を効率よく増幅光導波ファイバ(3)に入力し、増幅光導波ファイバ(3)で発生した放出光を効率よく反射させることが出来る。

【0009】

第5の観点では、本発明は、前記第1から第4のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記出力側ハーフミラー膜(8)は、前記放出光に対して反射率4%~90%であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

第1光共振器(K1)の出力スペクトルは、出力側ハーフミラー膜(8)の反射率に応じて変化する。

そこで、上記第5の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、出力側ハーフミラー膜(8)の反射率を4%~90%の間で調整し、所定の波長帯域の出力光が得られるようにする。

【0010】

第6の観点では、本発明は、前記第1から第5のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)のコア(3a)と前記出力光導波路ファイバ(4)のコア(4a)の中心軸をずらせたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

光ファイバレーザ光源の性質として、半導体励起レーザ(1)のパワーが低いと、増幅光導波ファイバ(3)に励起されていない(反転分布が不安定)状態の部分が生じ、出力が不安定となり、ノイズも多くなる。例えば、蛍光分析を行う顕微鏡装置などではノイズ(rms)は数%程度以下を要求されるが、半導体励起レーザ(1)のパワーが低いとこの要求を満たせない。このため、半導体励起レーザ(1)のパワーを上げてやらなければならない。しかし、半導体励起レーザ(1)のパワーを上げると出力光のパワーも大きくなってしまい、例えば出力光が入力されるSHG素子の寿命を短くしてしまうなどの問題を生じる。

そこで、上記第6の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、増幅光導波ファイバ(3)のコア(3a)と出力光導波路ファイバ(4)のコア(4a)の中心軸をずらして、出力光のパワーを減衰させる。これにより、半導体励起レーザ(1)のパワーを上げて出力を安定させることが出来ると共に出力光のパワーが強くなり過ぎることを防止できる。

【0011】

第7の観点では、本発明は、前記第1から第6のいずれかの観点による光ファイバ

10

20

30

40

50

ーザ光源(100)において、前記出力光導波路ファイバ(4)の1カ所で切断し且つ軸ずらし融着したことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

光ファイバレーザ光源の性質として、半導体励起レーザ(1)のパワーが低いと、増幅光導波ファイバ(3)に励起されていない(反転分布が不安定)状態の部分が生じ、出力が不安定となり、ノイズも多くなる。例えば、蛍光分析を行う顕微鏡装置などではノイズ(rms)は2%程度以下を要求されるが、半導体励起レーザ(1)のパワーが低いとこの要求を満たせない。このため、半導体励起レーザ(1)のパワーを上げてやらなければならない。しかし、半導体励起レーザ(1)のパワーを上げると出力光のパワーも大きくなってしまい、例えば出力光が入力されるSHG素子の寿命を短くしてしまうなどの問題を生じる。

10

そこで、上記第7の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、出力光導波路ファイバ(4)の1カ所で切断し且つ軸ずらし融着して、出力光のパワーを減衰させる。これにより、半導体励起レーザ(1)のパワーを上げて出力を安定させることが出来ると共に出力光のパワーが強くなり過ぎることを防止できる。

#### 【0012】

第8の観点では、本発明は、前記第1から第7のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記出力側ハーフミラー膜(8)と前記ファイバブラッググレーティング(14)の間に、偏光分離手段(13)を具備することを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第8の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、第2光共振器(K2)内に偏光分離手段(13)を設置することにより、直線偏波出力が可能となるので、直線偏波成分のみを波長変換するSHG素子への光源として好適となる。

20

#### 【0013】

第9の観点では、本発明は、前記第8の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記偏光分離手段(13)が、偏波保持光ファイバ溶融カプラ型の偏光分離素子(13)からなることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第9の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、偏波保持光ファイバ溶融カプラ型の偏光分離素子(13)を使用したので、偏光子を挟むような偏光分離手段と比較して、空間伝播部がなく、内部反射点に起因する出力光のノイズ増大の影響を受けない。

30

#### 【0014】

第10の観点では、本発明は、前記第1から第9のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)および前記出力光導波ファイバ(4)が、偏波保持型光ファイバであることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第10の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、直線偏波出力を行うことが出来るので、直線偏波成分のみを波長変換するSHG素子への光源として好適となる。

#### 【0015】

第11の観点では、本発明は、前記第10の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)と前記出力光導波ファイバ(4)の偏波軸同士が0°または90°であることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

40

増幅光導波ファイバ(3)と出力光導波ファイバ(4)の偏波軸同士が0°または90°でないと、第2光共振器(K2)内を往復する光の直線偏波が保持されなくなる。

そこで、上記第11の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、増幅光導波ファイバ(3)と出力光導波ファイバ(4)の偏波軸同士を0°または90°に調整する。

#### 【0016】

第12の観点では、本発明は、前記第1から第11のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端面または前記

50

増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面のうちの前記入力側フィルタ膜(7)が設けられていない方に反射防止膜(17)が設けられていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

励起光導波ファイバ(2)の出力側端面または増幅光導波ファイバ(3)の入力側端面のうちの入力側フィルタ膜(7)が設けられていない方の面に反射防止膜(17)を設けない場合、該面での反射に起因してモードホップ発生し、発振波長が変動することがある。

上記第12の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、反射防止膜(17)を設けているため、モードホップが起こらず、発振波長の変動を抑制できる。

#### 【0017】

第13の観点では、本発明は、前記第1から第12のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面または前記出力光導波路ファイバ(4)の入力側端面のうちの前記出力側ーフミラー膜(8)が設けられていない方に反射防止膜(18)が設けられていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

増幅光導波ファイバ(3)の出力側端面または出力光導波ファイバ(4)の入力側端面のうちの出力側ーフミラー膜(8)が設けられていない方の面に反射防止膜(18)を設けない場合、該面での反射に起因してモードホップ発生し、発振波長が変動することがある。

上記第13の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、反射防止膜(18)を設けているため、モードホップが起こらず、発振波長の変動を抑制できる。

#### 【0018】

第14の観点では、本発明は、前記第1から前記第13のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記励起光導波ファイバ(2)の出力側端部がフェルール(31)に固定されており、前記増幅光導波ファイバ(3)の入力側端部がフェルール(32)に固定されており、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部がフェルール(33)に固定されており、前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端部がフェルール(34)に固定されていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第14の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、フェルール(31)により励起光導波ファイバ(2)の出力側端部の取り扱いが容易になる。また、フェルール(32)により増幅光導波ファイバ(3)の入力側端部の取り扱いが容易になる。また、フェルール(33)により増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部の取り扱いが容易になる。また、フェルール(34)により出力光導波ファイバ(4)の入力側端部の取り扱いが容易になる。

#### 【0019】

第15の観点では、本発明は、前記第14の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記フェルール(31~34)が、セラミックスまたは透明ガラスからなることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第15の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、セラミックスの場合、光コネクタに使用されているジルコニアをそのまま流用できる利点がある。透明ガラスの場合、紫外線を良く透過させられるので、ファイバ(2,3,4)とフェルール(31,32,33,34)の接合に紫外線硬化型接着剤を使用できる利点がある。

#### 【0020】

第16の観点では、本発明は、前記第14または前記第15の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波路ファイバ(3)が、増幅媒体として希土類元素が添加されたコア(3a)と、前記コア(3a)の外側に設けた該コア(3a)より屈折率が低い内部クラッド(3b)と、前記内部クラッド(3b)の外側に設けた該内部クラッド(3b)より屈折率が低い外部クラッド(3c)とを有する場合に、前記増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部の前記フェルール(33)に挿入する部分の前記外部

10

20

30

40

50

クラッド(3c)を除去し、前記内部クラッド(3b)と同じかそれよりも高い屈折率の接着剤(35)により前記フェルール(33)の挿入穴と前記内部クラッド(3b)の間を充填し固めたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第16の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部の外部クラッド(3c)を除去し、内部クラッド(3b)と同じかそれよりも高い屈折率の接着剤(35)でフェルール(33)の挿入穴と内部クラッド(3b)の間を充填し固めるため、内部クラッド(3b)を伝播してきた残留励起光を効率よく外部に漏れ出させることが出来る。従って、増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部とフェルール(33)の接合部分に残留励起光で熱がこもることを抑制できる。なお、熱がこもると、接合部分の劣化が早まる。また、熱膨張により接合状態が変動し、出力特性が劣化する。

10

#### 【0021】

第17の観点では、本発明は、前記第16の観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記フェルール(34)が透明ガラスからなる場合に、前記出力光導波ファイバ(4)の入力側端部を挿入する前記フェルール(34)のファイバ挿入口が円錐形状に加工されると共に金メッキまたは銀メッキ(36)がなされていることを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第17の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、増幅光導波ファイバ(3)から漏れ出す残留励起光(および前記第6の観点による軸ずらし接続を行った際に損失となった光)を金メッキまたは銀メッキ(36)で外部へ反射・散乱させることが出来る。これにより、残留励起光(および前記第6の観点による軸ずらし接続を行った際に損失となった光)がフェルール(34)の接着剤溜りの部分に入射し発熱させることを防止でき、信頼性の向上が図れる。

20

#### 【0022】

第18の観点では、本発明は、前記第14から前記第17のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記フェルール(31)の出力側端面と前記フェルール(32)の入力側端面の少なくとも一方に円環状の溝(27)を設け、前記フェルール(31)の出力側端面と前記フェルール(32)の入力側端面の前記溝(27)より外側の部分を接着剤(37)で接着し、前記フェルール(33)の出力側端面と前記フェルール(34)の入力側端面の少なくとも一方に円環状の溝(28)を設け、前記フェルール(33)の出力側端面と前記フェルール(34)の入力側端面の前記溝(28)より外側の部分を接着剤(38)で接着したことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

30

上記第18の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、接着剤(37)が光路に入り込むことを溝(27)で防止することが出来る。また、接着剤(38)が光路に入り込むことを溝(28)で防止することが出来る。

#### 【0023】

第19の観点では、本発明は、前記第14から前記第18のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記フェルール(31)および前記フェルール(32)を同径の円筒状とし、両者をスリーブ(41)で保持し、前記フェルール(33)および前記フェルール(34)を同径の円筒状とし、両者をスリーブ(42)で保持したことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

40

上記第19の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、励起光導波ファイバ(2)の出力側端部と増幅光導波ファイバ(3)の結合部をスリーブ(41)によって保護することが出来る。また、増幅光導波ファイバ(3)の出力側端部と出力光導波ファイバ(4)の結合部をスリーブ(42)によって保護することが出来る。なお、熱伝導性・熱容量が大きいスリーブを用いれば、結合損失による熱や残留励起光の漏れ出しによる熱を結合部から効率的に放熱させることが出来る。

#### 【0024】

第20の観点では、本発明は、前記第1から前記第19のいずれかの観点による光ファ

50

イバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)と前記出力光導波ファイバ(4)の結合部に温調手段(10)を設けたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第20の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、結合損失による熱や残留励起光の漏れ出しによる熱を温調手段(10)で吸収することが出来る。また、結合部の温度を制御することで、出力側空隙(S)の距離(Ls)を制御できる。なお、出力側空隙(S)の距離(Ls)が変化すると、出力特性(波長, パワー, ノイズ)が変化する。

#### 【0025】

第21の観点では、本発明は、前記第1から前記第20のいずれかの観点による光ファイバレーザ光源(100)において、前記増幅光導波ファイバ(3)の温調手段(50)を設けたことを特徴とする光ファイバレーザ光源(100)を提供する。

上記第21の観点による光ファイバレーザ光源(100)では、増幅光導波ファイバ(3)の温度を制御することで、発振波長を制御できる。すなわち、増幅光導波ファイバ(3)を加熱することで発振波長を長波長側にシフトし、増幅光導波ファイバ(3)を冷却することで発振波長を短波長側にシフトすることが出来る。

#### 【発明の効果】

#### 【0026】

本発明の光ファイバレーザ光源(100)によれば、出力安定性を向上することが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0027】

【図1】実施例1に係る光ファイバレーザ光源100を示す構成説明図である。

【図2】光ファイバレーザ光源100を含む光ファイバレーザ光源200を示す構成説明図である。

【図3】増幅光導波ファイバ3の断面図である。

【図4】増幅光導波ファイバ3のパラメータを示す図表である。

【図5】励起光導波ファイバ2と増幅光導波ファイバ3の結合部を示す断面図である。

【図6】増幅光導波ファイバ3と出力光導波ファイバ4の結合部を示す断面図である。

【図7】増幅光導波ファイバ3と出力光導波ファイバ4の偏波軸同士の角度を示す説明図である。

【図8】出力側ハーフミラー膜8の反射率-波長特性図である。

【図9】光ファイバレーザ光源100の出力スペクトル図である。

【図10】増幅光導波ファイバ3の出力側端部を無反射端末とした構成の説明図である。

【図11】増幅光導波ファイバ3の出力側端部を無反射端末8'とした構成での増幅光導波ファイバ3の出力スペクトル図である。

【図12】増幅光導波ファイバ3の出力側端部に出力側ハーフミラー膜8を設けた構成の説明図である。

【図13】増幅光導波ファイバ3の出力側端部に出力側ハーフミラー膜8を設けた構成での増幅光導波ファイバ3の出力スペクトル図である。

【図14】入力側空隙Nの距離Lnと出力側空隙Sの距離Lsとを10μm, 20μm, 30μmとした場合の平行平板共振器(ファブリペローエタロンフィルタ)の透過率-波長特性図である。

【図15】増幅光導波ファイバ3の長さL3を15m, 14mとした場合の出力スペクトル図である。

【図16】出力側ハーフミラー膜の反射率Rを50%, 40%とした場合の出力スペクトル図である。

【図17】励起LD電流-SHGノイズ特性図である。

【図18】フェルール33の挿入穴33aとフェルール34の挿入穴34aの中心軸の位置ずれを示す説明図である。

10

20

30

40

50

【図 19】出力光導波ファイバ 4 の切断し且つ軸ずらし融着した部分を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図に示す実施の形態により本発明をさらに詳細に説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【実施例】

【0029】

- 実施例 1 -

図 1 は、実施例 1 に係る光ファイバレーザ光源 100 の構成説明図である。

10

この光ファイバレーザ光源 100 は、次の構成要素を備えている。

[イ] マルチモード光ファイバであり、半導体励起レーザ 1 が出力する励起光を導波する励起光導波ファイバ 2、

[ロ] 偏波保持型光ファイバであり、励起光導波ファイバ 2 から出力される励起光を入力して所定の波長帯域の放出光を放出すると共に光を導波する増幅光導波ファイバ 3、

[ハ] 偏波保持型光ファイバであり、増幅光導波ファイバ 3 から出力される光を導波する出力光導波ファイバ 4、

[ニ] 励起光導波ファイバ 2 の出力側端面に設けられ且つ増幅光導波ファイバ 3 の入力側端面との間に入力側空隙 N を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過する入力側フィルタ膜 7、

20

[ホ] 増幅光導波ファイバ 3 の出力側端面に設けられ且つ出力光導波ファイバ 4 の入力側端面との間に入力側空隙 S を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過し、入力側フィルタ膜 7 との間で第 1 光共振器 K 1 を構成する出力側ハーフミラー膜 8、

[ヘ] 出力光導波路ファイバ 4 の内部に設けられ、入力側フィルタ膜 7 との間で第 2 光共振器 K 2 を構成するファイバブラッググレーティング 14、

[ト] 入力側空隙 N の距離  $L_n$  および出力側空隙 S の距離  $L_s$  が  $20 \mu m$  以下である、

[チ] ファイバブラッググレーティング 14 より前段の出力光導波路ファイバ 4 の途中に設けられた偏波保持光ファイバ溶融カプラ型の偏光分離素子 13、

[リ] 増幅光導波ファイバ 3 と出力光導波ファイバ 4 の結合部を温調する温調器 10、

30

[ヌ] 増幅光導波ファイバ 3 を温調する温調器 50、

[ル] 出力光導波ファイバ 4 から出力される出力光の一部を分岐するビームスプリッタ 21、

[ヲ] ビームスプリッタ 21 で分岐された出力光を受光する受光素子 22、

[ワ] 受光素子 22 で出力光を監視し、半導体励起レーザ 1 を帰還制御する制御部 23。

【0030】

なお、[ニ] の入力側フィルタ膜 7 の代わりに、増幅光導波ファイバ 3 の入力側端面に設けられ且つ励起光導波ファイバ 2 の出力側端面との間に入力側空隙 N を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過する入力側フィルタ膜を用いてもよい。

40

【0031】

また、[ホ] の出力側ハーフミラー膜 8 の代わりに、出力光導波ファイバ 4 の入力側端面に設けられ且つ増幅光導波ファイバ 3 の出力側端面との間に入力側空隙 S を形成し、所定の波長帯域の光を反射し且つ所定の波長帯域の光を透過し、入力側フィルタ膜との間で第 1 光共振器 K 1 を構成する出力側ハーフミラー膜を用いてもよい。

【0032】

図 2 は、光ファイバレーザ光源 100 を含む光ファイバレーザ光源 200 の構成説明図である。

この光ファイバレーザ光源 200 は、光ファイバレーザ光源 100 の構成要素 [イ] ~ [ヌ] および次の構成要素を備えている。

50

[カ] 出力光導波ファイバ 4 から出力される出力光の高調波光を出力する S H G 素子 5 1  
、  
[ヨ] S H G 素子 5 1 から出力される出力光の一部を分岐するビームスプリッタ 2 1、  
[タ] ビームスプリッタ 2 1 で分岐された出力光を受光する受光素子 2 2、  
[レ] 受光素子 2 2 で出力光を監視し、半導体励起レーザ 1 を帰還制御する制御部 2 3。

【 0 0 3 3 】

図 3 は、増幅光導波ファイバ 3 の断面図である。

増幅光導波路ファイバ 3 は、増幅媒体として希土類元素が添加されたコア 3 a と、コア 3 a の外側に設けた該コア 3 a より屈折率が低い内部クラッド (石英クラッド) 3 b と、内部クラッド 3 b の外側に設けた該内部クラッド 3 b より屈折率が低い外部クラッド (樹脂クラッド) 3 c とを有するダブルクラッド Y b ファイバである。

10

【 0 0 3 4 】

図 4 は、増幅光導波ファイバ 3 のパラメータを示す図表である。

増幅光導波ファイバ 3 の長さ L 3 は、例えば 1 ~ 1 5 m である。

増幅媒体として添加された希土類元素は、例えばイッテルビウムのイオンであり、波長 9 1 5 n m の励起光により励起され、1 0 0 0 n m ~ 1 2 0 0 n m の波長帯域の放出光を発生する。

【 0 0 3 5 】

出力光導波ファイバ 4 は、9 8 0 P A N D A ファイバである。

【 0 0 3 6 】

図 5 は、励起光導波ファイバ 2 と増幅光導波ファイバ 3 の結合部の拡大断面図である。励起光導波ファイバ 2 の出力側端部は、樹脂被覆が除去され、円筒状のフェルール 3 1 に挿入され、クラッドの外周面がフェルール 3 1 に例えば UV 硬化樹脂で接着されている。

20

フェルール 3 1 は、セラミックスまたは透明ガラスからなる。

【 0 0 3 7 】

入力側フィルタ膜 7 は、励起光導波ファイバ 2 の出力側端部をフェルール 3 1 に挿入した後、フェルール 3 1 ごと励起光導波ファイバ 2 の出力側端面を研磨し、その研磨面に誘電体多層膜を形成して設けられる。

入力側フィルタ膜 7 は、励起光に対して透過率 9 5 % 以上で且つ放出光に対して反射率 9 5 % 以上である。例えば波長 9 1 5 n m に対しては透過率 9 5 % 以上で且つ波長 9 0 0 n m ~ 1 2 0 0 n m に対して反射率 9 5 % 以上である。

30

【 0 0 3 8 】

増幅光導波ファイバ 3 の入力側端部は、円筒状のフェルール 3 2 に挿入され、外周面がフェルール 3 2 に例えば UV 硬化樹脂で接着されている。

フェルール 3 2 は、セラミックスまたは透明ガラスからなる。

フェルール 3 2 の入力側端面には、円環状に溝 2 7 が形成されている。

【 0 0 3 9 】

増幅光導波ファイバ 3 の入力側端部をフェルール 3 2 に挿入した後、フェルール 3 2 ごと増幅光導波ファイバ 3 の入力側端面を研磨し、その研磨面の溝 2 7 より内側に反射防止膜 1 7 が設けられる。反射防止膜 1 7 は、例えば波長 9 5 0 n m ~ 1 1 5 0 n m に応じた A R コートである。

40

【 0 0 4 0 】

励起光導波ファイバ 2 の出力側端部を挿入したフェルール 3 1 は、金属製のスリーブ 4 1 の中程までスリーブ 4 1 に挿入される。

他方、増幅光導波ファイバ 3 の入力側端部を挿入したフェルール 3 2 は、溝 2 7 より外側の入力側端面に接着剤 3 7 を塗布され、スリーブ 4 1 に挿入され、フェルール 3 1 に接着される。

【 0 0 4 1 】

図 6 は、増幅光導波ファイバ 3 と出力光導波ファイバ 4 の結合部の拡大断面図である。

50

増幅光導波ファイバ 3 の出力側端部は、外部クラッド 3 c が除去され、円筒状のフェルール 3 3 に挿入され、内部クラッド 3 b の外周面がフェルール 3 3 に接着剤 3 5 で接着されている。

この接着剤 3 5 は、内部クラッド 3 b と同じかそれよりも高い屈折率の接着剤であり、例えば屈折率を調整した UV 硬化樹脂である。

フェルール 3 3 は、セラミックスまたは透明ガラスからなる。

フェルール 3 3 の出力側端面には、円環状に溝 2 8 が形成されている。

【 0 0 4 2 】

出力側ハーフミラー膜 8 は、増幅光導波ファイバ 3 の出力側端部をフェルール 3 3 に挿入した後、フェルール 3 3 ごと増幅光導波ファイバ 3 の出力側端面を研磨し、その研磨面の溝 2 8 より内側に設けられる。

10

【 0 0 4 3 】

出力光導波ファイバ 4 の入力側端部は、樹脂被覆が除去され、円筒状のフェルール 3 4 に挿入され、クラッドの外周面がフェルール 3 4 に例えば UV 硬化樹脂で接着されている。

フェルール 3 4 は、セラミックスまたは透明ガラスからなる。

フェルール 3 4 が透明ガラスからなる場合、出力光導波ファイバ 4 の入力側端部を挿入するフェルール 3 4 のファイバ挿入口が円錐形状に加工される。

【 0 0 4 4 】

出力光導波ファイバ 4 の入力側端部をフェルール 3 4 に挿入した後、フェルール 3 4 ごと出力光導波ファイバ 4 の入力側端面を研磨し、その研磨面に反射防止膜 1 8 が設けられる。

20

フェルール 3 4 が透明ガラスからなる場合、円錐形状に加工されたファイバ挿入口に金メッキまたは銀メッキ 3 6 が施される。

【 0 0 4 5 】

出力光導波ファイバ 4 の入力側端部を挿入したフェルール 3 4 は、金属製のスリーブ 4 2 の中程までスリーブ 4 2 に挿入される。

他方、増幅光導波ファイバ 3 の出力側端部を挿入したフェルール 3 3 は、溝 2 8 より外側の入力側端面に接着剤 3 8 を塗布され、スリーブ 4 2 に挿入され、フェルール 3 4 に接着される。

30

【 0 0 4 6 】

増幅光導波ファイバ 3 と出力光導波ファイバ 4 の結合部を温調する温調器 1 0 は、ペルチェ素子 1 0 a とサーミスタ 1 0 b とからなる。

【 0 0 4 7 】

図示しないが、増幅光導波ファイバ 3 を温調する温調器 5 0 は、ペルチェ素子とサーミスタとを備えると共に増幅光導波ファイバ 3 を収容するケースからなる。

【 0 0 4 8 】

図 7 に示すように、増幅光導波ファイバ 3 と出力光導波ファイバ 4 の偏波軸同士が  $0^\circ$  または  $90^\circ$  になるように調整する。

【 0 0 4 9 】

図 8 は、出力側ハーフミラー膜 8 の反射率 - 波長特性図である。

出力側ハーフミラー膜 8 の反射率  $R_s$  は、励起光の波長範囲を含み且つ放出光の波長帯域の中心の前後  $100\text{ nm}$  以上を含む範囲を含むブロードな波長範囲 (波長  $900\text{ nm} \sim 1200\text{ nm}$ ) に対して約  $50\%$  である。

40

【 0 0 5 0 】

ファイバブラッググレーティング 1 4 の波長は、所望の出力光の波長とする。

図 9 は、ファイバブラッググレーティング 1 4 の波長を例えば波長  $1112\text{ nm}$  とした構成における光ファイバレーザ光源 1 0 0 の出力スペクトル図である。

【 0 0 5 1 】

図 1 0 に示すように増幅光導波ファイバ 3 の出力側端部を無反射端末 8 ' とした場合、

50

増幅光導波ファイバ3の出力側端部からは図11に示すように波長915nmの励起光eと波長1050nm~1100nmのブロードな放出光rが出力される。

図12に示すようにように増幅光導波ファイバ3の出力側端部に出力側ハーフミラー膜8を設けて第1共振器K1を構成した場合、出力側ハーフミラー膜8の出力は図13に示すようなスペクトルとすることが出来る。

すなわち、第1共振器K1を設けたことによって、1100nmよりも長い波長帯域でも出力の安定化・ノイズ低減が可能となる。

#### 【0052】

図14の(a)は、平行平板共振器(ファブリペローエタロン)における空隙の距離dを10 $\mu$ mとしたときの透過率-波長特性図である。

10

空隙の距離dが10 $\mu$ mのとき、透過率のピーク間隔は約60nmになる。

図14の(b)は、平行平板共振器における空隙の距離dを20 $\mu$ mとしたときの透過率-波長特性図である。

空隙の距離dが20 $\mu$ mのとき、透過率のピーク間隔は約30nmになる。

図14の(c)は、平行平板共振器における空隙の距離dを30 $\mu$ mとしたときの透過率-波長特性図である。

空隙の距離dが30 $\mu$ mのとき、透過率のピーク間隔は約20nmになる。

光ファイバレーザ光源100における入力側空隙Nと出力側空隙Sが平行平板共振器における空隙と同様の機能を奏するため、入力側空隙Nの距離L<sub>n</sub>と出力側空隙Sの距離L<sub>s</sub>を20 $\mu$ m以下とすることで、透過率のピーク間隔が約30nm以上となり、モードホップが起こりにくくなり、出力の安定性を向上できる。

20

#### 【0053】

図15の(a)は、増幅光導波ファイバ3の長さL<sub>3</sub>を15mとしたときの第1共振器K1の出力-波長特性図である。

図15の(b)は、増幅光導波ファイバ3の長さL<sub>3</sub>を14mとしたときの第1共振器K1の出力-波長特性図である。

増幅光導波ファイバ3の長さL<sub>3</sub>は、所望の波長帯域の放出光を放出させるために調整される。

#### 【0054】

図16の(a)は、出力側ハーフミラー膜8の反射率R<sub>s</sub>を約50%としたときの第1共振器K1の出力-波長特性図である。

30

図16の(b)は、出力側ハーフミラー膜8の反射率R<sub>s</sub>を約40%としたときの第1共振器K1の出力-波長特性図である。

出力側ハーフミラー膜8の反射率R<sub>s</sub>は、所望の波長帯域の放出光を放出させるために4%~90%の範囲で調整される。

#### 【0055】

図17は、図2の光ファイバレーザ光源200におけるSHG光ノイズ(rms)-励起LD電流特性図である。

励起LD電流を増やすと、Yb<sup>3+</sup>の励起状態(反転分布状態)が安定することで、ノイズが低下する。

40

SHG光ノイズ(rms)を例えば2.5%以下に抑えたい場合、励起LD電流を3.3A以上にすることが必要である。

しかし、励起LD電流を3.3A以上にすると、出力光のパワーも大きくなってしまい、SHG素子51の寿命を短くしてしまうなどの問題を生じる。

そこで、図18に示すように、フェルール33とフェルール34のファイバ挿入穴の中心軸をずらせておく。すると、増幅光導波ファイバ3のコア3aと出力光導波路ファイバ4のコア4aの中心軸がずれて、出力光のパワーを減衰させることが出来る。

また、図19に示すように、出力光導波路ファイバ4の1カ所で切断し、軸ずらし融着すれば、出力光のパワーを減衰させることが出来る。

#### 【0056】

50

偏波分離素子 13 は、増幅光導波ファイバ 4 に 980 PANDA ファイバ 4' を隣接するように置いて、応力付与部の方向を互いに直角になるよう配置し、火炎等であぶり柔らかくして、増幅光導波ファイバ 4 と 980 PANDA ファイバ 4' を融着させ、延伸して製作される。

【0057】

偏波分離素子 13 において、縦波は出力光導波ファイバ 4 を通過し、横波は隣接した 980 PANDA ファイバ 4' に乗り移り、出て行く。この結果、縦波のみを通過させることが出来る。

【0058】

増幅光導波ファイバ 3 と出力光導波ファイバ 4 の結合部では、結合損失による熱や残留励起光の漏れ出しによる熱を冷却すると共に温度変動による出力特性の変動を防ぐために、温調器 10 で一定温度に温調する。

10

【0059】

増幅光導波ファイバ 3 は、加熱すると波長が長くなる側に発振波長がシフトし、冷却すると波長が短くなる側に発振波長がシフトする。所望の発振波長が得られるように温調器 50 で温調する。

【0060】

実施例 1 の光ファイバレーザ光源 100 によれば、第 1 光共振器 K1 と第 2 光共振器 K2 の 2 段階複合共振器構造とするため、出力安定性が高くなる。さらに、入力側空隙 N の距離 Ln および出力側空隙 S の距離 Ls を 20 μm 以下としたため、モードホップが起こりにくくなり、この点でも出力安定性が高くなる。

20

【産業上の利用可能性】

【0061】

本発明の光ファイバレーザ光源は、レーザ顕微鏡装置、バイオ医療用分析装置、精密測定装置などに利用することが出来る。

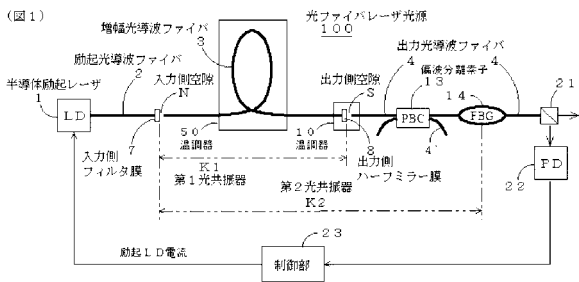
【符号の説明】

【0062】

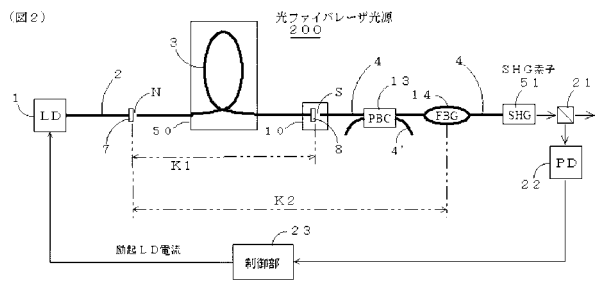
1	半導体励起レーザ	
2	励起光導波ファイバ	
3	増幅光導波ファイバ	30
4	出力光導波ファイバ	
7	入力側フィルタ膜	
8	出力側ハーフミラー膜	
10	温調器	
13	偏波分離素子	
14	ファイバブラッググレーティング	
17, 18	反射防止膜	
21	ビームスプリッタ	
22	受光素子	
23	制御部	40
27, 28	溝	
35	接着剤	
37, 38	接着剤	
31, 32	フェルール	
33, 34	フェルール	
41, 42	スリーブ	
50	温調器	
51	SHG 素子	
100	光ファイバレーザ光源	
200	光ファイバレーザ光源	50

- K 1 第 1 共振器
- K 2 第 2 共振器
- N 入力側空隙
- S 出力側空隙

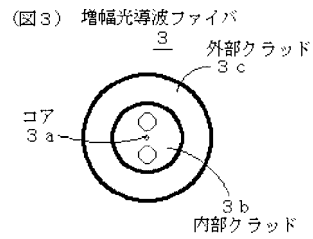
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

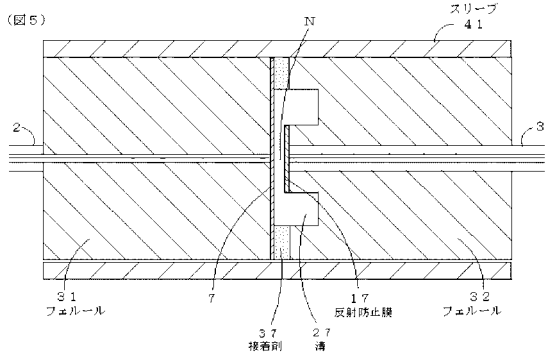


【 図 4 】

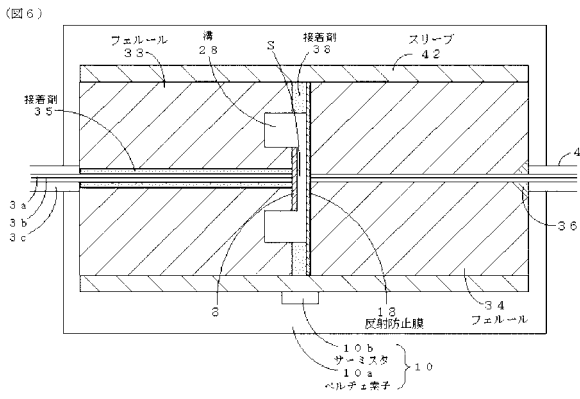
(図 4)

長さ (L3)	1~15 m
内部クラッドの径	0.125 mm
外部クラッドの径	0.25 mm
MDF (@1060nm)	8 μm
カットオフ波長	940 nm
コア NA	0.10
内部クラッド NA	0.45
Y <sub>e</sub> 吸収率(コア) (< 915nm付近)	100~800 dB/m
Y <sub>e</sub> 吸収率(コア) (< 1060nm付近)	1~8 dB/m
Y <sub>e</sub> 吸収率(内部クラッド) (< 915nm付近)	0.5~0.9 dB/m

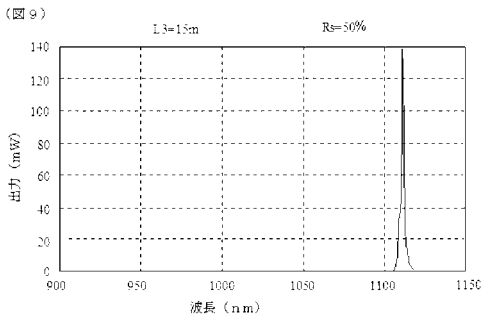
【図5】



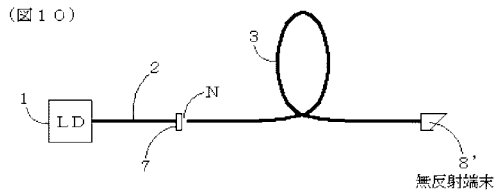
【図6】



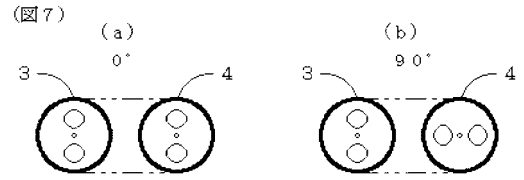
【図9】



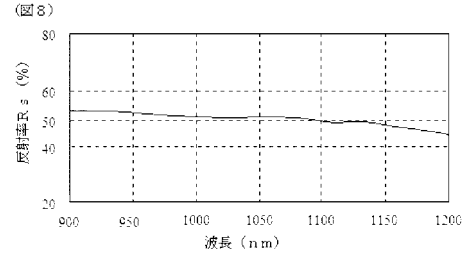
【図10】



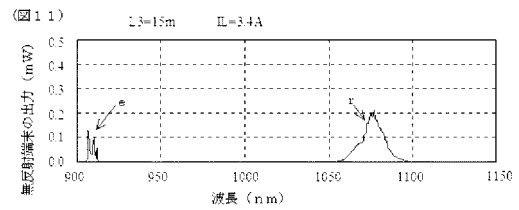
【図7】



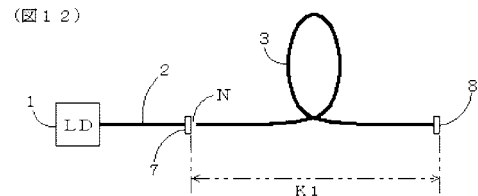
【図8】



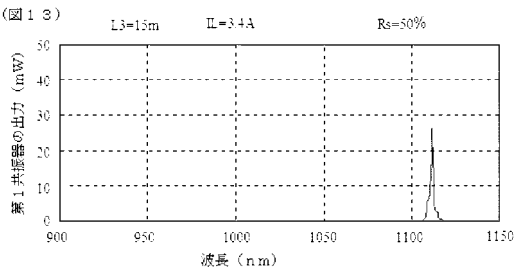
【図11】



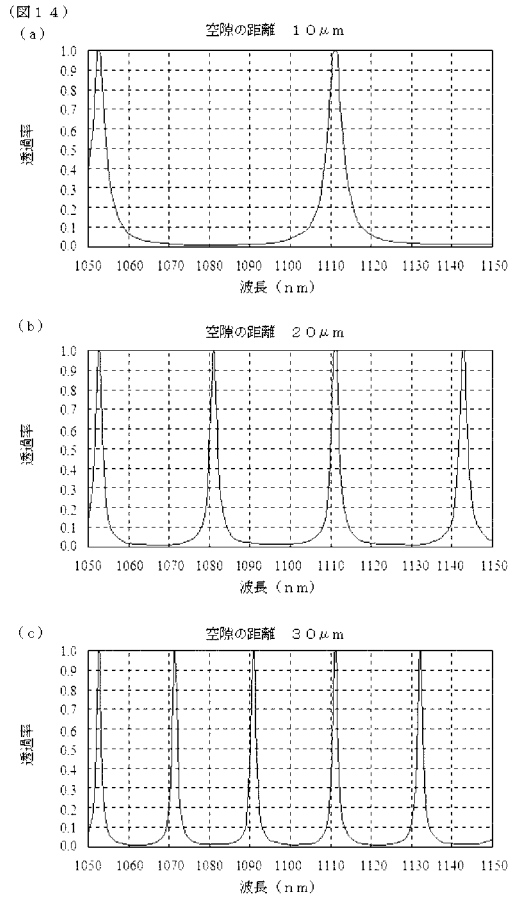
【図12】



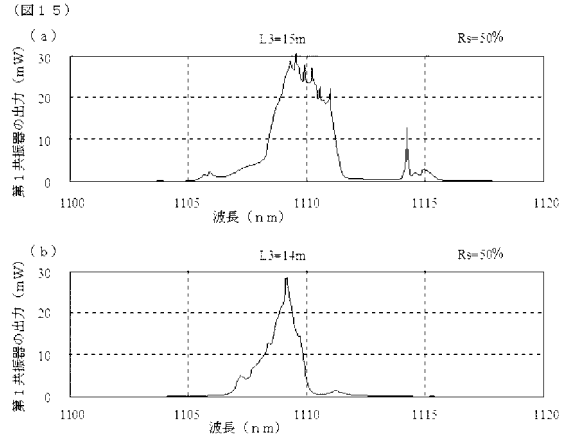
【図13】



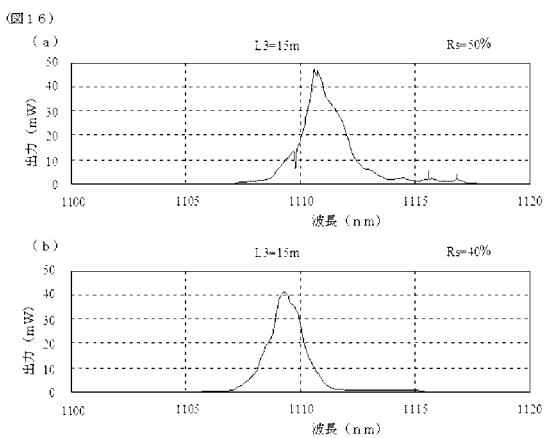
【 図 1 4 】



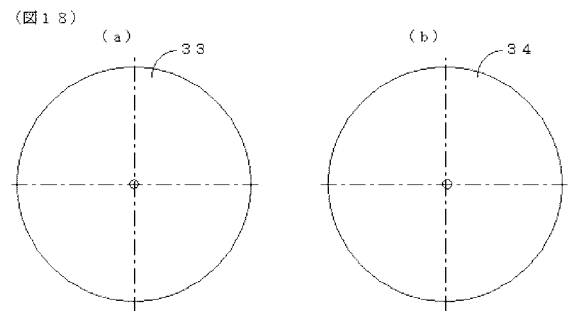
【 図 1 5 】



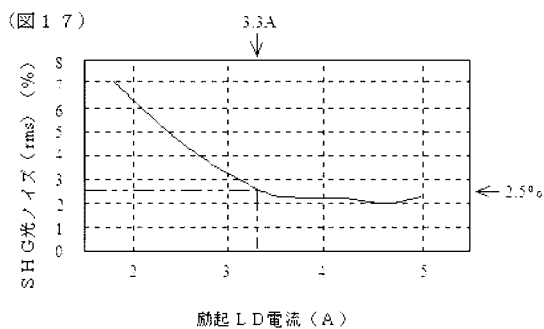
【 図 1 6 】



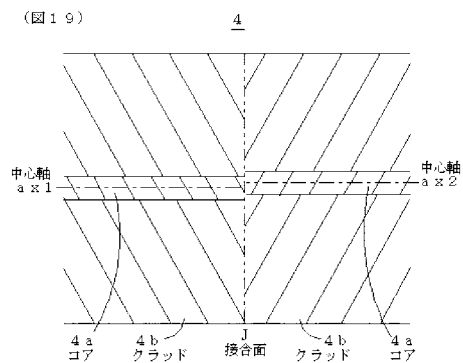
【 図 1 8 】



【 図 1 7 】



【 図 1 9 】



## フロントページの続き

- (72)発明者 金子 大輔  
長野県上田市大字大屋300番地 東京特殊電線株式会社上田工場内
- (72)発明者 野々村 雅徳  
長野県上田市大字大屋300番地 東京特殊電線株式会社上田工場内
- (72)発明者 松浦 寛  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 高木 武史  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 阿部 啓  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- (72)発明者 藤崎 晃  
東京都千代田区丸の内2丁目2番3号 古河電気工業株式会社内
- Fターム(参考) 2H150 AC43 AD03 AD34 AG17 AH33  
5F172 AE13 AF06 AM04 AM06 AM08 EE13 EE19 NN23 NN24 NP03  
NQ06 NQ33 NQ34 NQ48 NR22 NS05 NS18 NS24 ZA01