

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5811056号
(P5811056)

(45) 発行日 平成27年11月11日(2015.11.11)

(24) 登録日 平成27年10月2日(2015.10.2)

| | | |
|-----------------------------|------------|-------|
| (51) Int. Cl. | F I | |
| GO2B 6/26 (2006.01) | GO2B 6/26 | |
| GO2B 6/02 (2006.01) | GO2B 6/02 | 4 6 1 |
| GO2B 6/28 (2006.01) | GO2B 6/28 | W |
| HO1S 3/067 (2006.01) | HO1S 3/067 | |
| HO1S 3/10 (2006.01) | HO1S 3/10 | D |
| 請求項の数 10 (全 12 頁) 最終頁に続く | | |

(21) 出願番号 特願2012-158364 (P2012-158364)
 (22) 出願日 平成24年7月17日(2012.7.17)
 (65) 公開番号 特開2014-21225 (P2014-21225A)
 (43) 公開日 平成26年2月3日(2014.2.3)
 審査請求日 平成27年6月4日(2015.6.4)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (74) 代理人 100108257
 弁理士 近藤 伊知良
 (74) 代理人 100110582
 弁理士 柴田 昌聰
 (72) 発明者 多久島 道子
 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
 気工業株式会社横浜製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光部品、光ファイバ増幅器および光ファイバリング共振器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

長手方向に延在する複数のコアを共通のクラッド内に有するマルチコア光ファイバと、
 前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアのうち何れかの特定コアに光を入出力する
 ための入出力用光ファイバと、

前記マルチコア光ファイバの前記特定コアと前記入出力用光ファイバのコアとを互いに
 光学的に結合するファイバ型カプラと、

を備え、

前記マルチコア光ファイバの端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に前記複数
 のコアが配置され、

前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアのうちの第1コアと第2コアとが互いに光
 学的に接続されるように、前記マルチコア光ファイバの第1端面と第2端面とが互いに接
 続されており、

前記ファイバ型カプラにおけるコア間の間隔が、前記マルチコア光ファイバの前記特定
 コアの外周からクラッドの外周までの最短距離と、前記入出力用光ファイバのコアの外周
 からクラッドの外周までの最短距離との和より短い、

ことを特徴とする光部品。

【請求項2】

長手方向に延在する複数のコアを共通のクラッド内に有するマルチコア光ファイバと、
 前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアのうち何れかの特定コアに光を入出力する

ための入出力用光ファイバと、

前記マルチコア光ファイバの前記特定コアと前記入出力用光ファイバのコアとを互いに光学的に結合するファイバ型カブラと、

を備え、

前記マルチコア光ファイバの端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に前記複数のコアが配置され、

前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアのうちの第1コアと第2コアとが互いに光学的に接続されるように、前記マルチコア光ファイバの第1端面と第2端面とが互いに接続されており、

前記マルチコア光ファイバの前記第1端面と前記第2端面とをファイバ軸を中心として相対的に回転させる回転手段を更に備える、

ことを特徴とする光部品。

【請求項3】

前記マルチコア光ファイバの端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に一定ピッチで3個以上のコアが配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光部品。

【請求項4】

前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアそれぞれに希土類イオンが添加されていることを特徴とする請求項1～3の何れか1項に記載の光部品。

【請求項5】

前記希土類イオンがErイオンであることを特徴とする請求項4に記載の光部品。

【請求項6】

前記ファイバ型カブラが2つ設けられていることを特徴とする請求項4に記載の光部品

【請求項7】

請求項4～6の何れか1項に記載の光部品と、前記光部品の前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアそれぞれに添加された希土類イオンを励起する励起光を出力する励起光源と、を備え、

前記光部品の前記ファイバ型カブラが、前記励起光および信号光を前記マルチコア光ファイバのコアに導入するとともに、前記マルチコア光ファイバのコアにおいて増幅された後の信号光を取り出す、

ことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項8】

前記光部品の前記ファイバ型カブラの結合効率が、前記信号光および前記励起光それぞれの波長で90%以上である、ことを特徴とする請求項7に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項9】

前記ファイバ型カブラが2つ設けられており、

そのうちの一方のファイバ型カブラの結合効率が、前記信号光および前記励起光それぞれの波長で90%以上であり、

他方のファイバ型カブラの結合効率が、前記信号光の波長で90%以上であり、前記励起光の波長で10%以下である、

ことを特徴とする請求項7に記載の光ファイバ増幅器。

【請求項10】

長手方向に延在する複数のコアを共通のクラッド内に有するマルチコア光ファイバと、前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアのうち何れかの特定コアに光を入出力するための入出力用光ファイバと、

前記マルチコア光ファイバの前記特定コアと前記入出力用光ファイバのコアとを互いに光学的に結合するファイバ型カブラと、

を備え、

前記マルチコア光ファイバの端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に前記複数のコアが配置され、

10

20

30

40

50

前記マルチコア光ファイバの前記複数のコアのうちの第1コアと第2コアとが互いに光学的に接続されるように、前記マルチコア光ファイバの第1端面と第2端面とが互いに接続されており、

前記ファイバ型カプラにおけるコア間の間隔が、前記マルチコア光ファイバの前記特定コアの外周からクラッドの外周までの最短距離と、前記入出力用光ファイバのコアの外周からクラッドの外周までの最短距離との和より短く、

前記ファイバ型カプラの結合効率が10%以下である、ことを特徴とする光ファイバリング共振器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、光部品、光ファイバ増幅器および光ファイバリング共振器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光ファイバを用いた光部品を含む装置として、例えば光ファイバ増幅器（特許文献1参照）や光ファイバリング共振器（特許文献2参照）のように、比較的長い光ファイバを必要としたり、光ファイバの長さによって特性が変わったりするものがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0003】

【特許文献1】特許第4032648号公報

【特許文献2】特開平6-129916号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記のような装置では、光部品が大きくなり、また、使用環境などが変わって特性を変更する必要が生じた場合に光部品を取り換えることになる。本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、特性変更時に取り換え不要で小型化可能な光部品を提供することを目的とする。また、このような光部品を備える光ファイバ増幅器および光ファイバリング共振器を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の光部品は、長手方向に延在する複数のコアを共通のクラッド内に有するマルチコア光ファイバと、マルチコア光ファイバの複数のコアのうち何れかの特定コアに光を入出力するための入出力用光ファイバと、マルチコア光ファイバの特定コアと入出力用光ファイバのコアとを互いに光学的に結合するファイバ型カプラと、を備えることを特徴とする。さらに、本発明の光部品は、マルチコア光ファイバの端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に複数のコアが配置され、マルチコア光ファイバの複数のコアのうちの第1コアと第2コアとが互いに光学的に接続されるようにマルチコア光ファイバの第1端面と第2端面とが互いに接続されていることを特徴とする。

40

【0006】

本発明の光部品は、マルチコア光ファイバの端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に一定ピッチで3個以上のコアが配置されているのが好適である。本発明の光部品は、マルチコア光ファイバの第1端面と第2端面とをファイバ軸を中心として相対的に回転させる回転手段を更に備えるのが好適である。本発明の光部品は、ファイバ型カプラにおけるコア間の間隔が、マルチコア光ファイバの特定コアの外周からクラッドの外周までの最短距離と、入出力用光ファイバのコアの外周からクラッドの外周までの最短距離との和より短いのが好適である。

【0007】

50

本発明の光部品は、マルチコア光ファイバの複数のコアそれぞれに希土類イオンが添加されているのが好適であり、希土類イオンがErイオンであるのが好適である。また、本発明の光部品は、ファイバ型カブラが2つ設けられているのが好適である。

【0008】

本発明の光ファイバ増幅器は、マルチコア光ファイバの複数のコアそれぞれに希土類イオンが添加されている上記の本発明の光部品と、光部品のマルチコア光ファイバの複数のコアそれぞれに添加された希土類イオンを励起する励起光を出力する励起光源と、を備え、光部品のファイバ型カブラが、励起光および信号光をマルチコア光ファイバのコアに導入するとともに、マルチコア光ファイバのコアにおいて増幅された後の信号光を取り出すことを特徴とする。

10

【0009】

本発明の光ファイバ増幅器は、光部品のファイバ型カブラの結合効率が、信号光および励起光それぞれの波長で90%以上であるのが好適である。また、本発明の光ファイバ増幅器は、ファイバ型カブラが2つ設けられており、そのうちの一方のファイバ型カブラの結合効率が、信号光および励起光それぞれの波長で90%以上であり、他方のファイバ型カブラの結合効率が、信号光の波長で90%以上であり、励起光の波長で10%以下であるのが好適である。

【0010】

本発明の光ファイバリング共振器は、上記の本発明の光部品を含み、ファイバ型カブラの結合効率が10%以下であることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明の光部品は、特性変更時に取り換え不要であり、また、小型化が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態の光部品1の構成を説明する図である。

【図2】ファイバ型カブラの製造方法を説明する図である。

【図3】第2実施形態の光部品2の構成を説明する図である。

【図4】第3実施形態の光部品3の構成を説明する図である。

【図5】第4実施形態の光部品4の構成を説明する図である。

30

【図6】第1実施形態の光ファイバ増幅器5の構成を示す図である。

【図7】第2実施形態の光ファイバ増幅器6の構成を示す図である。

【図8】実施形態の光ファイバリング共振器7の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0014】

図1は、第1実施形態の光部品1の構成を説明する図である。光部品1は、最も基本的な構成を有するものであり、マルチコア光ファイバ10および入出力用光ファイバ21、22を備える。マルチコア光ファイバ10は、長手方向に延在するコア11、12を共有のクラッド17内に有する。入出力用光ファイバ21、22は、シングルコアの光ファイバである。マルチコア光ファイバ10および入出力用光ファイバ21、22それぞれは、石英ガラスからなり、コアの屈折率がクラッドの屈折率より高い。

40

【0015】

入出力用光ファイバ21は、マルチコア光ファイバ10のコア11に光を入出力するためのものである。入出力用光ファイバ21のコアとマルチコア光ファイバ10のコア11とは相互に光結合が可能なファイバ型カブラを構成している。入出力用光ファイバ22は、マルチコア光ファイバ10のコア12に光を入出力するためのものである。入出力用光ファイバ22のコアとマルチコア光ファイバ10のコア12とは相互に光結合が可能なフ

50

ファイバ型カブラを構成している。なお、図1では、ファイバ型カブラの図示が簡略化されている。

【0016】

マルチコア光ファイバ10の端面10A, 10Bにおいてファイバ軸を中心とする円の周上にコア11, 12が配置されている。マルチコア光ファイバ10のコア11とコア12とが互いに光学的に接続されるように、マルチコア光ファイバ10端面10Aと端面10Bとは互いに接続されている。マルチコア光ファイバ10の端面10Aと端面10Bとはファイバ軸を中心として相対的に回転自在である。なお、図1では、説明の便宜のために、マルチコア光ファイバ10の端面10Aと端面10Bとは互いに離間して描かれている。

10

【0017】

入出力用光ファイバ22からマルチコア光ファイバ10のコア12に導入された光は、そのコア12により導光された後、更にマルチコア光ファイバ10のコア11により導光され、コア11から入出力用光ファイバ21へ出力される。入出力用光ファイバ21のコアとマルチコア光ファイバ10のコア11との光結合位置がマルチコア光ファイバ10の端面10Aの近くであって、入出力用光ファイバ22のコアとマルチコア光ファイバ10のコア12との光結合位置がマルチコア光ファイバ10の端面10Bの近くであれば、マルチコア光ファイバ10内を光は略2周することができる。したがって、この光部品1は小型化可能である。

【0018】

20

図2は、ファイバ型カブラの製造方法を説明する図である。本実施形態におけるファイバ型カブラは、通常の研磨型光ファイバカブラと同様な方法で製造することができる。同図(a)に示されるように、曲率のある溝を有する基板51にマルチコア光ファイバ10を挿入して接着し、何れかのコアが露出するまで基板51とともにマルチコア光ファイバ10の側面を研磨する。同様に、曲率のある溝を有する基板52に入出力用光ファイバ21を挿入して接着し、コアが露出するまで基板52とともに入出力用光ファイバ21の側面を研磨する。

【0019】

そして、同図(b), (c)に示されるように、マルチコア光ファイバ10と入出力用光ファイバ21とを両者間に空気層が入らないように貼り合わせる。マルチコア光ファイバ10のコアと入出力用光ファイバ21との間に光結合を生じさせることができる。これによりファイバ型カブラを製造することができる。ファイバ型カブラにおけるコア間の間隔は、マルチコア光ファイバ10のコアの外周からクラッドの外周までの最短距離と、入出力用光ファイバ21のコアの外周からクラッドの外周までの最短距離との和より短い。研磨の際にコアの露出量を調整することにより結合効率を制御することができる。

30

【0020】

このような結合方式によるファイバ型カブラの場合は、後に説明する図5の構成のように、マルチコア光ファイバの片端にファイバ型カブラを設け、入出力用光ファイバ21の両端を光入出力ポートとして用いることができる。なお、この構成の場合、一方のポートからマルチコア光ファイバに入射せずにそのまま他方のポートに伝搬する光や、マルチコア光ファイバからポートに出射する際に再度マルチコア光ファイバに入射する光が生じる。このような光が伝送に悪影響を及ぼす場合は、ファイバ型カブラでの結合効率をなるべく大きくすることが好ましく、結合効率を例えば90%とするとよい。

40

【0021】

図3は、第2実施形態の光部品2の構成を説明する図である。光部品2は、マルチコア光ファイバ10および入出力用光ファイバ21, 22を備える。マルチコア光ファイバ10は、長手方向に延在するコア11~16を共有のクラッド内に有する。6個のコア11~16は、マルチコア光ファイバ10の端面10A, 10Bにおいてファイバ軸を中心とする円の周上に一定ピッチで配置されている。

【0022】

50

同図(a)に示されるように、端面10Aのコア11と端面10Bのコア12とが光学的に接続され、端面10Aのコア12と端面10Bのコア13とが光学的に接続され、端面10Aのコア13と端面10Bのコア14とが光学的に接続され、端面10Aのコア14と端面10Bのコア15とが光学的に接続され、端面10Aのコア15と端面10Bのコア16とが光学的に接続され、また、端面10Aのコア16と端面10Bのコア11とが光学的に接続されるように、同図(b)に示されるようにマルチコア光ファイバ10端面10Aと端面10Bとは互いに接続されている。なお、同図(a)では、説明の便宜のために、マルチコア光ファイバ10の端面10Aと端面10Bとは互いに離間して描かれている。

【0023】

マルチコア光ファイバ10の長さを L とする。マルチコア光ファイバ10の端面10Aから距離 L_1 の位置で、ファイバ型カプラによりマルチコア光ファイバ10のコア11に入出力用光ファイバ21が光学的に結合されている。マルチコア光ファイバ10の端面10Bから距離 L_2 の位置で、ファイバ型カプラによりマルチコア光ファイバ10のコア11に入出力用光ファイバ22が光学的に結合されている。

【0024】

入出力光ファイバ21からファイバ型カプラを経てマルチコア光ファイバ10のコア11に導入された光は、コア11により距離 L_1 だけ導光された後、接続面においてコア12に導入され、コア12により距離 L だけ導光される。同様に、その光は、コア13~16により距離 L ずつだけ導光される。そして、接続面においてコア16からコア11に導入された光は、コア11により距離 L_2 だけ導光された後、ファイバ型カプラを経て入出力光ファイバ22へ出力される。この結果、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $5L + L_1 + L_2$ となる。

【0025】

マルチコア光ファイバ10の端面10Aと端面10Bとはファイバ軸を中心として相対的に回転自在である。マルチコア光ファイバ10の端面10Aと端面20Bとをファイバ軸を中心として相対的に回転させる回転手段(例えば、回転コネクタ構造)が設けられるのが好適である。これにより、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離を変更することができる。接続部における端面10Aと端面10Bとの間の相対的回転量をコア n 個分とすると、上記の例は $n=1$ の場合に相当する。 $n=2$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $2L + L_1 + L_2$ となる。また、 $n=3$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $L + L_1 + L_2$ となる。

【0026】

図4は、第3実施形態の光部品3の構成を説明する図である。図3に示された第2実施形態の光部品2の構成と比較すると、図4に示される第3実施形態の光部品3は、入出力用光ファイバ21, 22とマルチコア光ファイバ10との間の光結合の方向の点で相違しており、また、ファイバ型カプラによりマルチコア光ファイバ10のコア12に入出力用光ファイバ21が光学的に結合されている点で相違している。

【0027】

本実施形態では、入出力光ファイバ21からファイバ型カプラを経てマルチコア光ファイバ10のコア12に導入された光は、コア12により距離 $(L - L_1)$ だけ導光された後、接続面においてコア13に導入され、コア13により距離 L だけ導光される。同様に、その光は、コア14~16により距離 L ずつだけ導光される。そして、接続面においてコア16からコア11に導入された光は、コア11により距離 $(L - L_2)$ だけ導光された後、ファイバ型カプラを経て入出力光ファイバ22へ出力される。この結果、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $5L + L_1 + L_2$ となる。この結果、 $n=1$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $6L - L_1 - L_2$ となる。また、 $n=2$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $3L - L_1 - L_2$ となる。また、 $n=3$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $2L - L_1 - L_2$ となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

図5は、第4実施形態の光部品4の構成を説明する図である。光部品4は、マルチコア光ファイバ10および入出力用光ファイバ20を備えており、各々のコアがファイバ型カプラにより光学的に結合されていて、入出力用光ファイバ20の両端が光入出力ポートとして用いられる。この場合、 $n = 1$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $6L$ となる。 $n = 2$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $3L$ となる。また、 $n = 3$ の場合は、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離は $2L$ となる。

【 0 0 2 9 】

このように、光部品1~4は、マルチコア光ファイバ10の端面10Aと端面10Bとがファイバ軸を中心として相対的に回転自在であることにより、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する距離を可変とすることができ、特性変更時に取り換えが不要である。また、光部品1~4は小型化が可能である。

【 0 0 3 0 】

一般に、マルチコア光ファイバ10の端面においてファイバ軸を中心とする円の周上に一定ピッチで配置されたコアの数を m とし、接続部における端面10Aと端面10Bとの間の相対的回転量をコア n 個分とすると、マルチコア光ファイバ10内を光が伝搬する総距離 L_{total} は以下ようになる。 m が素数であるとき、または、 m が素数でない場合であって n が m の約数でないときには、図3の構成では $L_{total} = (m - 1)L + L_1 + L_2$ となり、図4の構成では $L_{total} = mL - L_1 - L_2$ となる。 m が素数でない場合であって n が m の約数であるときには、図3の構成では $L_{total} = (n/m - 1)L + L_1 + L_2$ となり、図4の構成では $L_{total} = (n/m)L - L_1 - L_2$ となる。図5の構成は、図3の構成において $L_1 + L_2 = L$ とした場合に相当する。

【 0 0 3 1 】

図6は、第1実施形態の光ファイバ増幅器5の構成を示す図である。光ファイバ増幅器5は、マルチコア光ファイバ10、入出力用光ファイバ21, 22、カプラ31~33および励起光源40を備える。これらの構成要素のうち、マルチコア光ファイバ10、入出力用光ファイバ21, 22およびカプラ31, 32は、図4に示された光部品2と同様の構成を有する。

【 0 0 3 2 】

マルチコア光ファイバ10のコア11~16それぞれには希土類イオンが添加されている。各コアに添加された希土類イオンはErイオンであるのが好適である。励起光源40は、マルチコア光ファイバ10の各コアに添加された希土類イオンを励起する励起光を出力する。

【 0 0 3 3 】

例えば、マルチコア光ファイバ10では、コア直径 $10\mu\text{m}$ の6個のコアが、ファイバ軸を中心とする半径 $50\mu\text{m}$ の円の周上に等間隔に配置されるように並んでいる。すなわち、6個のコアが、正六角形の頂点に配置されている。 $m = 6$ であり、 $n = 1$ である。マルチコア光ファイバ10の長さ L は $3m$ である。接続部の両側の約 $0.5m$ の各位置には、マルチコア光ファイバ10のコア12に対してカプラ31が設けられ、マルチコア光ファイバ10のコア11に対してカプラ32が設けられている。すなわち、 $L_1 = L_2 = 0.5m$ である。

【 0 0 3 4 】

励起光源40から出力された励起光、および、増幅されるべき信号光は、カプラ33により合波された後、入出力用光ファイバ21およびカプラ31を経て、マルチコア光ファイバ10のコア12に導入される。これら信号光および励起光がマルチコア光ファイバ10内を距離 $6L - L_1 - L_2$ だけ伝搬し、その間に信号光が増幅される。増幅された信号光は、コア11からカプラ32を経て入出力用光ファイバ22へ出力される。

【 0 0 3 5 】

マルチコア光ファイバ10の各コアに添加された希土類イオンがErイオンである場合

10

20

30

40

50

、例えば、励起光の波長は980nm付近であり、信号光の波長は1550nm付近である。カブラ31, 32は、信号光波長(1550nm付近)および励起光波長(980nm付近)それぞれにおいて一方のコアから他方のコアへの光結合の効率が90%以上になるように設計される。カブラ33は、励起光波長での光結合効率が90%以上で、信号光波長での光結合効率が10%以下になるように設計されている。なお、各カブラの結合効率および波長特性は、通常のモード結合方程式を用いて設計することができる。

【0036】

本構成での利得は約20dBである。通常のシングルコアのEr添加光ファイバを用いた場合と同じ利得20dBを得るためには、長さ17mのEr添加光ファイバが必要となる。本実施形態では、マルチコア光ファイバ10の長さLが3mであるので、本構成により小型化が図られている。

10

【0037】

カブラ32では、増幅後の信号光とともに励起光もマルチコア光ファイバ10のコア11から入出力用光ファイバ22へ出力される。したがって、入出力用光ファイバ22へ出力された励起光を選択的に遮断する波長フィルタが設けられるのが好ましい。

【0038】

カブラ32は、信号光波長での光結合効率が90%以上で、励起光波長での光結合効率が10%以下になるように設計されていてもよい。この場合、マルチコア光ファイバ10のコア11を伝搬してカブラ32に到達した励起光は、約90%がそのままコア11を伝搬し、接合部でコア12に入射した後、カブラ31により入出力用光ファイバ21へ出ていく。増幅後の信号光とともに入出力用光ファイバ22へ出力される励起光は僅かとなり、上述の波長フィルタは不要となる。

20

【0039】

また、マルチコア光ファイバ10の接続部を回転コネクタ構造にしておけば、伝送システムの変更などにより利得を変更する必要が生じた場合に、信号光および励起光が伝搬するEr添加コアの全長を変更して利得を変えることができる。このようなシステムに導入する場合は、マルチコア光ファイバ10の同一円周上に存在するコアの数を、約数を多く持つ数(例えば12)に設定しておくことよい。

【0040】

図7は、第2実施形態の光ファイバ増幅器6の構成を示す図である。光ファイバ増幅器6は、マルチコア光ファイバ10、入出力用光ファイバ21, 22、カブラ31, 32および励起光源40を備える。これらの構成要素のうち、マルチコア光ファイバ10、入出力用光ファイバ21, 22およびカブラ31, 32は、図4に示された光部品2と同様の構成を有する。

30

【0041】

本実施形態では、励起光源40から出力された励起光は、入出力用光ファイバ22およびカブラ32を経て、マルチコア光ファイバ10のコア11に導入される。したがって、本実施形態では、信号光と励起光とを合波するためのカブラ33は不要である。カブラ31は、信号光波長での光結合効率が90%以上で、励起光波長での光結合効率が10%以下になるように設計される。カブラ32は、信号光波長および励起光波長それぞれで光結合効率が90%以上になるように設計される。

40

【0042】

増幅されるべき信号光は、入出力用光ファイバ21およびカブラ31を経て、マルチコア光ファイバ10のコア12に導入される。信号光は、コア12, 13, 14, 15, 16と順次伝搬した後、コア11の接続部に達する前にカブラ32を経て入出力用光ファイバ22へ出力される。一方、励起光源40から出力された励起光は、入出力用光ファイバ22およびカブラ32を経て、マルチコア光ファイバ10のコア11に導入され、接続部でコア12に導入される。その励起光は、カブラ31で入出力用光ファイバ21には殆ど結合することなく、そのままコア12を伝搬し、さらにコア13, 14, 15, 16, 11と順次伝搬した後、コア11の接続部に達する前にカブラ32を経て入出力用光ファイ

50

バ 2 2 へ出力される。この場合は、カプラ 3 2 では、増幅後の信号光とともに励起光もマルチコア光ファイバ 1 0 のコア 1 1 から入出力用光ファイバ 2 2 へ出力される。したがって、入出力用光ファイバ 2 2 へ出力された励起光を選択的に遮断する波長フィルタが設けられるのが好ましい。

【 0 0 4 3 】

図 8 は、実施形態の光ファイバリング共振器 7 の構成を示す図である。光ファイバリング共振器 7 は、マルチコア光ファイバ 1 0、入出力用光ファイバ 2 0 およびファイバ型カプラ 3 0 を備える。光ファイバリング共振器 7 は、図 5 に示された光部品 4 を含む。カプラ 3 9 の結合効率は、低い方が好ましく、例えば 1 0 % である。このような光ファイバリング共振器 7 は、例えばセンサ用途に用いることができる。また、マルチコア光ファイバ 1 0 の各コアに E r イオン他の希土類イオンを添加しておけば、光ファイバリング共振器 7 はファイバレーザに用いることもできる。光ファイバリング共振器 7 は共振器長によって特性を変えられるので、マルチコア光ファイバ 1 0 の接続部を回転コネクタ構造にしておくと、用途に応じて特性可変なリング共振器を構成することができる。

10

【 0 0 4 4 】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。例えば、マルチコア光ファイバの端面において、円周上に等間隔で配置された複数のコアの他に、中心にコアがあってもよい。

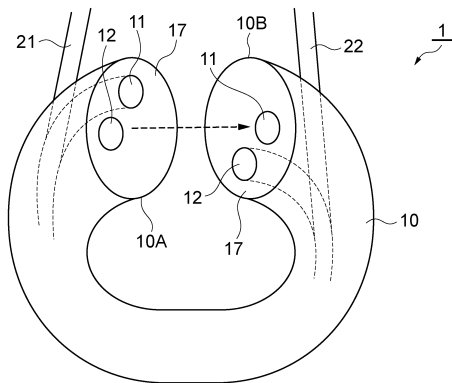
【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

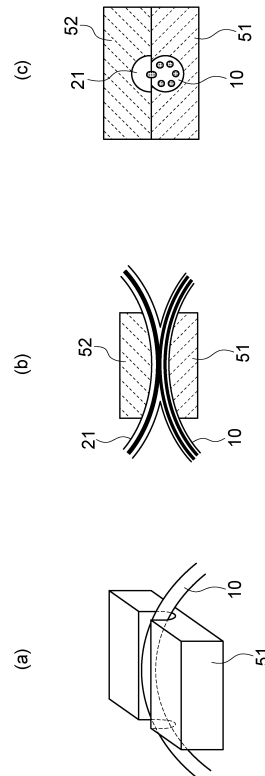
1 ~ 4 ... 光部品、5 , 6 ... 光ファイバ増幅器、7 ... 光ファイバリング共振器、1 0 ... マルチコア光ファイバ、1 0 A ... 第 1 端面、1 0 B ... 第 2 端面、1 1 ~ 1 6 ... コア、1 7 ... クラッド、2 0 ~ 2 2 ... 入出力用光ファイバ、3 0 ~ 3 2 ... ファイバ型カプラ、3 3 ... カプラ、4 0 ... 励起光源、5 1 , 5 2 ... 基板。

20

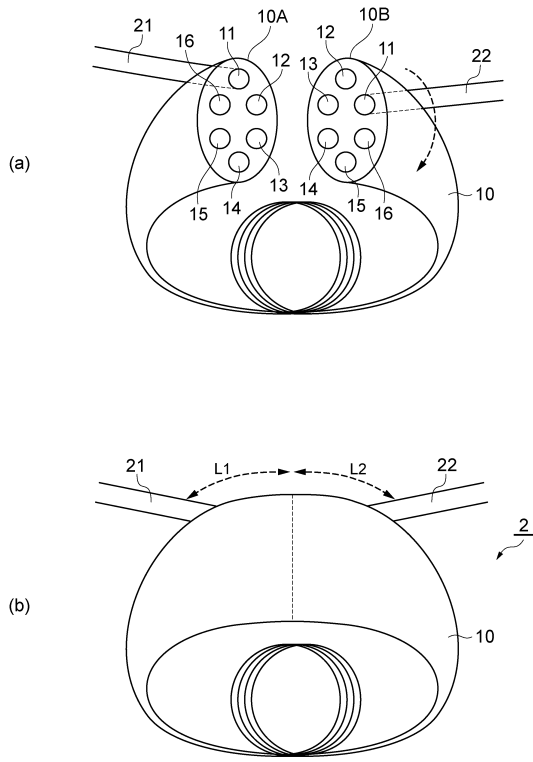
【 図 1 】



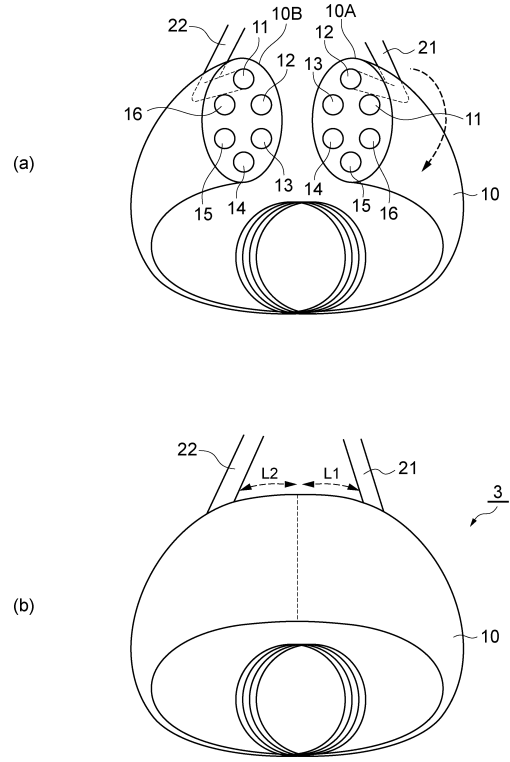
【 図 2 】



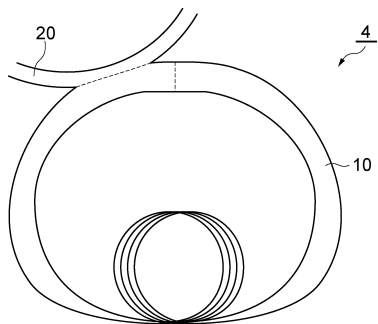
【 図 3 】



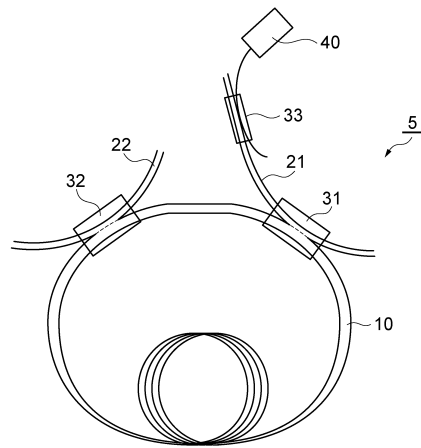
【 図 4 】



【 図 5 】

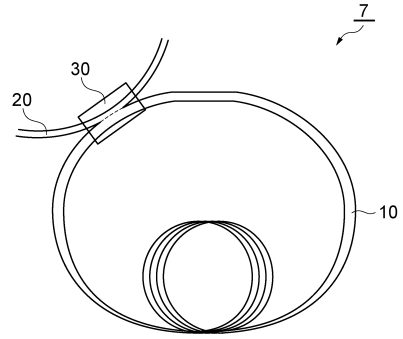
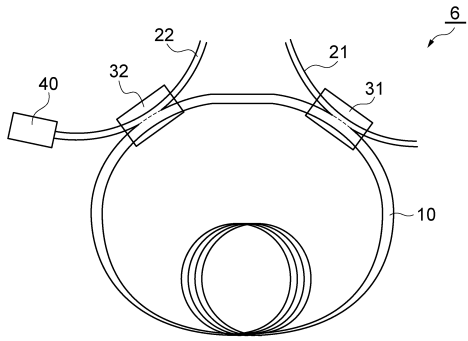


【 図 6 】



【 図 7 】

【 図 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 S 3/083 (2006.01) H 0 1 S 3/083

審査官 奥村 政人

(56)参考文献 米国特許出願公開第2011/0037972(US,A1)
特開2001-044537(JP,A)
特開2001-044538(JP,A)
特開2007-158016(JP,A)
特開2013-238692(JP,A)
実開平02-062502(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
G 0 2 B 6 / 0 0 - 6 / 5 4
H 0 1 S 3 / 0 0 - 4 / 0 0