

(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2010-2608

(P2010-2608A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G O 2 B 6/02 (2006.01)	G O 2 B 6/10 C	2 H 1 3 7
G O 2 B 6/42 (2006.01)	G O 2 B 6/42	2 H 1 5 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-160605 (P2008-160605)	(71) 出願人	000006013
(22) 出願日	平成20年6月19日 (2008. 6. 19)		三菱電機株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100110423
			弁理士 曾我 道治
		(74) 代理人	100084010
			弁理士 古川 秀利
		(74) 代理人	100094695
			弁理士 鈴木 憲七
		(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一

最終頁に続く

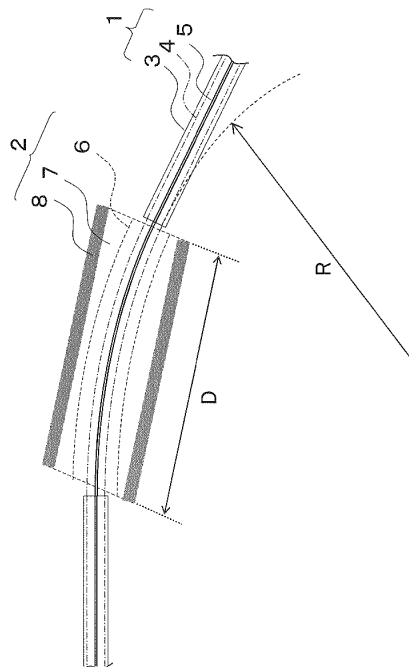
(54) 【発明の名称】 レーザ光伝送装置およびそれを備えたファイバレーザ発振器

(57) 【要約】

【課題】光ファイバのクラッド伝播光を、短い長さのクラッド伝播光除去部において完全に除去することのできるレーザ光伝送装置およびそれを備えたファイバレーザ発振器を得る。

【解決手段】レーザ光の伝送方向に延長された光透過性のコア5と、コア5よりも低い屈曲率を有し、コア5の外側に設けられた光透過性のクラッド4と、クラッド4の外側に設けられた被覆3とからなる光ファイバ1を備えている。光ファイバ1の一部の被覆3を除去してクラッド露出部分2を形成し、クラッド露出部分2に曲率半径Rの曲げを付与し、露出したクラッド4に接するようにクラッド4と同等以上の屈折率を有する光透過性部材6を設けた。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザ光の伝送方向に延長された光透過性のコアと、
前記コアよりも低い屈曲率を有し、前記コアの外側に設けられた光透過性のクラッドと、
前記クラッドの外側に設けられた被覆と
からなる光ファイバを備えたレーザ光伝送装置において、
前記光ファイバは、
前記被覆の一部が所定長さにわたって除去されたクラッド露出部分と、
前記クラッドと同等以上の屈折率を有し、前記クラッド露出部分の外側に設けられた光透過性部材とを備え、
前記クラッド露出部分は、強度的に耐え得る範囲内の曲率半径で曲げられて前記光透過性部材に接触していることを特徴とするレーザ光伝送装置。

【請求項 2】

前記光透過性部材の外側に設けられた光吸収部材と、
前記光吸収部材を外側から冷却するための冷却機構と
を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ光伝送装置。

【請求項 3】

前記クラッドの直径は、 $125\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $400\text{ }\mu\text{m}$ 以下の範囲内に設定されたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザ光伝送装置。

【請求項 4】

前記クラッド露出部分の曲率半径は、 100 mm 以上 200 mm 以下の範囲内に設定され、
前記クラッド露出部分の所定長さは、 20 mm 以下に設定されたことを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ光伝送装置。

【請求項 5】

前記クラッド露出部分の曲率半径は、 100 mm 以上 150 mm 以下の範囲内に設定され、
前記クラッド露出部分の所定長さは、 15 mm 以下に設定されたことを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ光伝送装置。

【請求項 6】

前記クラッド露出部分の曲率半径は、 100 mm に設定され、
前記クラッド露出部分の所定長さは、 10 mm 以下に設定されたことを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ光伝送装置。

【請求項 7】

前記光ファイバは、ダブルクラッドファイバにより構成されたことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載のレーザ光伝送装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載のレーザ光伝送装置を備えたファイバレーザ発振器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、光ファイバの光ガイド効果によりレーザ光を伝送するレーザ光伝送装置およびそれを備えたファイバレーザ発振器に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来のレーザ光伝送装置は、望ましくないクラッド層伝播光成分を除去するために、光ファイバの被覆の一部を除去してクラッド層を露出させ、クラッド層の屈折率よりも高屈折率のゲルにクラッド露出部分を接触させることにより、クラッド伝播光を外部へ散逸さ

せるように構成されている（たとえば、特許文献 1 参照）。

【0003】

また、他の従来装置は、光ファイバ端部の被覆を除去して露出したクラッド層に、クラッド層と同等以上の屈折率を有するモードストリップを接触させることにより、クラッド伝播光を外部へ散逸させ、クーラントを循環させて排熱するように構成されている（たとえば、特許文献 2 参照）。

特許文献 2 の構成では、クラッドに接するモードストリップは、外部のクーラントへ光を伝導させているので、光ファイバ自体が発熱することがなく、過熱ダメージの対策が講じられている。

【0004】

【特許文献 1】特開平 3 - 269505 号公報（第 1 図）

【特許文献 2】特表 2000 - 514930 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従来のレーザ光伝送装置は、特許文献 1 の構成例では、クラッド層が露出した光ファイバがゲル中に曲げて収納されており、曲げについては特に具体的な記載はないものの、一般に被覆が除去された光ファイバは非常に脆いので、信頼性の確保が困難になるという課題があった。

また、高パワーレーザ光を伝送する際には、クラッド層に接するゲルが発熱するので、光ファイバ自身が発熱して、過熱によるダメージを受ける可能性があるという課題があった。

【0006】

一方、特許文献 2 の構成例では、過熱ダメージの対策が講じられているものの、完全にクラッド伝播モードを除去するためには、クラッド層に沿って、長い距離に渡ってモードストリップを設置する必要があるので、モードストリップ部が大形化するうえコストアップを招くという課題があった。

【0007】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、1 kW 以上の高パワー伝送が可能でコンパクトなクラッド伝播成分除去機能を有するレーザ光伝送装置およびそれを備えたファイバレーザ発振器を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係るレーザ光伝送装置は、レーザ光の伝送方向に延長された光透過性のコアと、コアよりも低い屈曲率を有し、コアの外側に設けられた光透過性のクラッドと、クラッドの外側に設けられた被覆とからなる光ファイバを備えたレーザ光伝送装置において、光ファイバは、被覆の一部が所定長さにわたって除去されたクラッド露出部分と、クラッドと同等以上の屈折率を有し、クラッド露出部分の外側に設けられた光透過性部材とを備え、クラッド露出部分は、強度的に耐え得る範囲内の曲率半径で曲げられて光透過性部材に接触しているものである。

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、光ファイバのクラッド露出部分（被覆除去部）に適切な曲率が与えられることにより、短い長さで、ほぼ完全なクラッド伝播光除去効果が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係るレーザ光伝送装置を示す全体構成図であり、図 2 は図 1 内のクラッド伝播光除去部 2（破線枠内）を拡大して示す断面図である。

図 1 および図 2 において、光ファイバ 1 は、外部保護用の被覆 3 と、光透過性のクラッ

10

20

30

40

50

ド４およびコア５とにより構成されており、レーザ発振器１０から出射されたレーザ光Ｌを伝送する。

【００１１】

コア５は、光ファイバ１の中心部に位置し、レーザ光Ｌの伝送方向に延長されている。

クラッド４は、コア５よりも低い屈曲率を有し、コア５の外側に設けられており、被覆３は、クラッド４の外側に設けられている。

【００１２】

光ファイバ１の途中（一部）には、被覆３の一部が除去されたクラッド伝播光除去部（クラッド露出部分）２が設けられている。

また、クラッド伝播光除去部２の外側には、クラッド４と同等以上の屈折率を有する光透過性部材６が設けられておる。

さらに、光透過性部材６の外側には、光吸収部材７を介して冷却部材８が設けられている。

【００１３】

クラッド伝播光除去部２は、光ファイバ１のクラッド４中を伝送する望ましくないクラッド層伝播光成分を除去するために、強度的に耐え得る範囲内で、クラッド伝播光除去部２の所定長さＤに応じた曲率半径Ｒで曲げられるとともに、光透過性部材６に接触している。

ここでは、クラッド伝播光除去部２の曲率半径Ｒは、光ファイバ１の曲げ強度を考慮して、クラッド直径１２５μｍ～４００μｍの光ファイバに対し、曲率半径１００ｍｍ以上の緩い曲げを与えるものとする。

【００１４】

ここで、光ファイバ１としては、たとえば、コア５の直径が２０μｍ、クラッド４の直径が４００μｍ、被覆３の直径が５５０μｍ、の石英製マルチモード光ファイバを想定しており、伝送されるレーザ光Ｌは、波長が１μｍのＹＡＧレーザを想定している。

【００１５】

光ファイバ１のクラッド伝播光除去部２においては、樹脂製の被覆３が、所定長さＤ（たとえば、Ｄ＝１５ｍｍ）にわたって除去されている。

また、クラッド伝播光除去部２に露出されたクラッド４は、所定の曲率半径Ｒ（たとえば、Ｒ＝１５０ｍｍ）を保持した状態のまま、周囲が光透過性部材６で覆われて固定されている。

【００１６】

光透過性部材６は、たとえば、ゾル（光学オイル）からなる。

光透過性部材６の周囲を覆う光吸収部材７は、良熱伝導性の材料であり、たとえば、黒色メッキされた金属（アルミ、銅）などからなる。

光吸収部材７の周囲を覆う冷却部材８は、良熱伝導性の金属（アルミ、銅）などからなり、望ましくは、水冷式あるいは空冷式の冷却機構により構成される。

なお、光吸収部材７および冷却部材８は、一体化して構成されてもよい。

【００１７】

図１および図２の構成において、光ファイバ１中のクラッド４を伝播する望ましくないクラッド層伝播光成分は、クラッド伝播光除去部２に到達すると、所定の曲率半径Ｒ（たとえば、Ｒ＝１５０ｍｍ）で曲げられることにより、効率よくクラッド４から光透過性部材６（屈折率が同等以上）の中に漏れ出る。

【００１８】

なお、クラッド伝播光除去部２における光ファイバ１は、所定長さＤ（＝１５ｍｍ）にわたって被覆３が除去されていることから、前述のように脆い状態にあるが、光ファイバ１の上記条件（コア５の直径が２０μｍ、クラッド４の直径が４００μｍ）においては、曲率半径Ｒが１００ｍｍ以上に設定されていれば、全く問題なく安全に使用できることが発明者の実験により確かめられている。

【００１９】

10

20

30

40

50

この結果、クラッド伝播光除去部 2 の所定長さ $D = 15 \text{ mm}$ という短い距離で、ほぼ完全にクラッド伝播光は、光ファイバ 1 の外部へ散逸する。

以下、漏れ出た光成分は、光吸収部材 7 に吸収され、このときの光吸収によって生じる光吸収部材 7 の発熱は、冷却部材 8 によって冷却される。

また、クラッド伝播光除去部 2 におけるクラッド 4 の表面は、光透過性部材 6 を介して光吸収部材 7 に接触しているため、光吸収部材 7 の発熱が、クラッド 4 に直接影響することもない。したがって、光ファイバ 1 自体が発熱することはない。

【0020】

図 3 はクラッド伝播光除去部 2 での光残余率の実験結果を示す特性図であり、横軸は光ファイバ 1 の曲げ半径（曲率半径 R ）の逆数 $[m^{-1}]$ を示し、縦軸はクラッド伝播光残余率 $[\%]$ を示している。

図 3 の横軸（曲率半径 R の逆数）において、「5」は、曲率半径 $R = 200 \text{ mm}$ に対応し、「6.7」は、曲率半径 $R = 150 \text{ mm}$ に対応し、「10」は、曲率半径 $R = 100 \text{ mm}$ に対応する。

【0021】

また、図 3 内の各特性曲線は、クラッド伝播光除去部 2 を各所定長さ D （ $= 20 \text{ mm}$ 、 15 mm 、 10 mm ）に設定した状態で、クラッド伝播光除去部 2 での光ファイバ 1 の曲率とクラッド伝播光残余率との関係を実測した結果を示している。

【0022】

図 3 から明らかなように、曲率半径 $R = 200 \text{ mm}$ においては、所定長さ $D = 20 \text{ mm}$ で、ほぼ完全にクラッド伝播光が除去可能（残余率 $= 0$ ）であり、曲率半径 $R = 150 \text{ mm}$ においては、所定長さ $D = 15 \text{ mm}$ で、ほぼ完全にクラッド伝播光が除去可能であることが分かる。

【0023】

つまり、クラッド伝播光除去部 2 の所定長さ D が 20 mm に設定された場合には、曲率半径 R を 200 mm 以下に設定し、所定長さ D が 15 mm に設定された場合には、曲率半径 R を 150 mm 以下に設定すれば、クラッド伝播光の除去が可能となる。

【0024】

また、曲率半径 $R = 100 \text{ mm}$ においては、所定長さ $D = 10 \text{ mm}$ で、約 98% のクラッド伝播光が除去可能（残余率 $= 2 [\%]$ ）であり、実験的に光ファイバ 1 がダメージを受けないことも実証されている。この場合、被覆 3 を除去する部分の長さを短く設定することができる。

さらに、クラッド直径が $400 \mu\text{m}$ よりも小径の光ファイバ（クラッド直径 $125 \mu\text{m} \sim 400 \mu\text{m}$ ）の場合は、より緩い曲げ（より大きい曲率半径）で同等のクラッド伝播光除去効果が得られることを実験的に確認している。

【0025】

以上のように、この発明の実施の形態 1 に係るレーザ光伝送装置は、レーザ光 L の伝送方向に延長された光透過性のコア 5 と、コア 5 よりも低い屈曲率を有し、コア 5 の外側に設けられた光透過性のクラッド 4 と、クラッド 4 の外側に設けられた被覆 3 とからなる光ファイバ 1 を備えている。

【0026】

光ファイバ 1 は、被覆 3 の一部が所定長さ D にわたって除去されたクラッド伝播光除去部（クラッド露出部分）2 と、クラッド 4 と同等以上の屈折率を有し、クラッド伝播光除去部 2 の外側に設けられた光透過性部材 6 とを備えており、クラッド伝播光除去部 2 は、強度的に耐え得る範囲内の曲率半径 R で曲げられて光透過性部材 6 に接触している。

すなわち、光ファイバ 1 の一部の被覆 3 を除去して適切な値の曲率半径 R で曲げることによりクラッド伝播光除去部 2 を形成し、クラッド伝播光除去部 2 の外側に光透過性部材 6 が取り付けられている。

【0027】

このように、被覆 3 を除去した光ファイバ 1 の一部（所定長さ D ）に対して、強度的に

10

20

30

40

50

耐え得る（問題のない）レベルの曲率半径 R で曲げを与え、クラッド伝播光除去部 2 を構成することにより、短い所定長さ D でクラッド伝播光をほぼ完全に除去することができ、従来装置では実現し得なかった、コンパクトで効率の良いクラッド伝播光除去能力を備えたレーザ光伝送装置を実現することができる。

また、クラッド伝播光除去部 2 で露出したクラッド 4 には、光透過性部材 6 が接触しており、光吸収部材 7（発熱部材）が直接接触することがないので、クラッド 4 が過熱される可能性も回避することができる。

【0028】

また、光透過性部材 6 の外側に設けられた光吸収部材 7 と、光吸収部材 7 を外側から冷却するための冷却部材（冷却機構）8 とを備えているので、高パワーのレーザ光伝送装置において、クラッド伝播光パワーが高い状況にあっても、光ファイバ 1 自体の温度上昇を抑制しつつ、クラッド伝播光を除去することができる。

【0029】

また、具体的には、光ファイバ 1 は、コア 5 の直径が $20\ \mu\text{m}$ 、クラッド 4 の直径が $400\ \mu\text{m}$ の石英製マルチモード光ファイバであり、クラッド伝播光除去部 2 の所定長さ $D = 20\ \text{mm}$ 、曲率半径 $R = 200\ \text{mm}$ に設定されている。または、所定長さ $D = 15\ \text{mm}$ 、曲率半径 $R = 150\ \text{mm}$ に設定されている。

【0030】

これにより、クラッド伝播光除去部 2 において、ほぼ完全にクラッド伝播光が除去可能となる。

また、クラッド伝播光除去部 2 の所定長さ $D = 10\ \text{mm}$ 、曲率半径 $R = 100\ \text{mm}$ に設定した場合には、所定長さ $D = 10\ \text{mm}$ であっても、約 98% のクラッド伝播光を除去することができる。

さらに、クラッド直径が $400\ \mu\text{m}$ よりも小径の光ファイバ（クラッド直径 $125\ \mu\text{m} \sim 400\ \mu\text{m}$ ）の場合は、より緩い曲げ（より大きい曲率半径）で同等のクラッド伝播光除去効果が得られることを実験的に確認している。

【0031】

実施の形態 2 .

なお、上記実施の形態 1（図 1、図 2）では、単層のクラッド 4 を有する光ファイバ 1 の場合を示したが、2 層のクラッド 4 を有する光ファイバ（DCFF：ダブルクラッドファイバ）を用いて、高出力マルチモードレーザーダイオード光を励起光として利用可能な構成としてもよい。

この場合、ダブルクラッドファイバに対しても、前述と同様の効果を奏する。

【0032】

また、クラッド伝播光除去部 2 を有する光ファイバ 1 を、ファイバレーザ発振器の構成の一部とし、上記実施の形態 1（図 1、図 2）の光ファイバ 1 を用いてファイバレーザ発振器を構成してもよい。

図 4 はクラッド伝播光除去部 12 を有する光ファイバ 11 を用いたこの発明の実施の形態 2 に係るファイバレーザ発振器 10 A を示す構成図である。

【0033】

図 4 において、ファイバレーザ発振器 10 A は、前述（図 1）のレーザ発振器 10 に対応しており、光ファイバ 11 およびクラッド伝播光除去部 12 は、前述の光ファイバ 1 およびクラッド伝播光除去部 2 にそれぞれ対している。

【0034】

ファイバレーザ発振器 10 A は、ダブルクラッドファイバからなる光ファイバ 11 と、光ファイバ 11 の一部（レーザ光 L の出射端の近傍）に設けられたクラッド伝播光除去部 12 と、光ファイバ 11 の一部に形成されたコイル状巻回部 11 a と、光ファイバ 11 の一端に設けられたレーザダイオード 13 と、コイル状巻回部 11 a の前後に設けられた FBG（Fiber Bragg Grating）14 とを備えている。

【0035】

ファイバレーザ発振器 10 A は、レーザ光 L を出射するレーザ発振器自体が、クラッド伝播光除去部 12 を有する光ファイバ 11 で構成されている。

また、ファイバレーザ発振器 10 A に使用される光ファイバ 11 としては、クラッドに励起光を閉じ込めるように構成されたダブルクラッドファイバで構成されることが多い。

【0036】

図 4 のように、ファイバレーザ発振器 10 A のレーザ光 L の出射端の近傍に、クラッド伝播光除去部 12 を設けることにより、ファイバレーザ発振器 10 A から出射されるレーザ光 L として、クラッド伝播成分を含まない品質のよいビームを得ることができる。

特に、ダブルクラッドファイバからなる光ファイバ 11 の場合には、前述の通常の光ファイバ 1 のクラッド 4 を第 1 クラッド、被覆 3 を第 2 クラッドと考えて適用することが可能である。

10

【0037】

以上のように、この発明の実施の形態 2 に係るファイバレーザ発振器 10 A によれば、クラッド伝播光除去部 12 を有する光ファイバ 11 を用いることにより、特段の構成を付加することなく、ファイバレーザ発振器 10 A から出射されるレーザ光 L として、クラッド伝播成分を含まない品質のよいビームを得ることができる。

また、ダブルクラッドファイバからなる光ファイバ 11 を用いた場合、ファイバレーザ発振器 10 A の出射部近傍にクラッド伝播光除去部 12 を配置することにより、第 1 クラッドを伝播してくる余分な励起光を合わせて除去することが可能となる。

したがって、クラッド伝播光が除去されたクリーンなモードのレーザ光 L を得ることができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図 1】この発明の実施の形態 1 に係るレーザ光伝送装置を示す全体構成図である。

【図 2】図 1 内のクラッド伝播光除去部を拡大して示す断面図である。

【図 3】この発明の実施の形態 1 に係るクラッド伝播光除去部での光ファイバ曲率とクラッド伝播光残余率との関係を示す説明図である。

【図 4】この発明の実施の形態 2 に係るファイバレーザ発振器を示す構成図である。

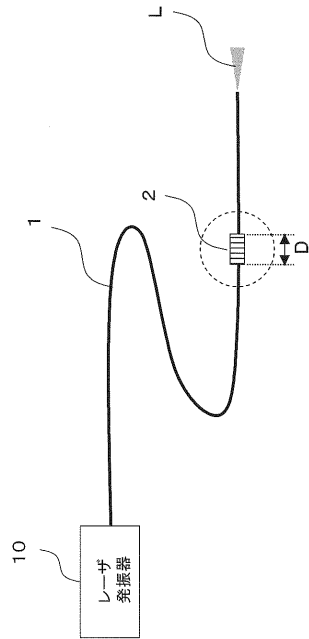
【符号の説明】

【0039】

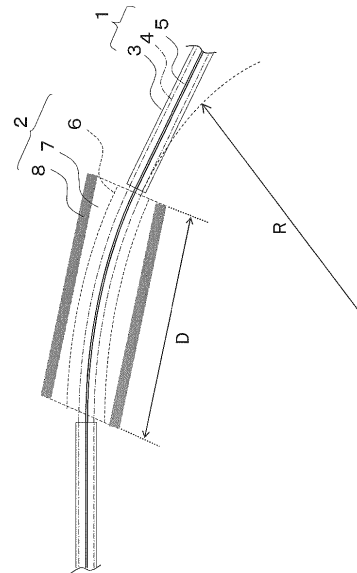
1、11 光ファイバ、2、12 クラッド伝播光除去部（クラッド露出部分）、3 被覆、4 クラッド、5 コア、6 光透過性部材、7 光吸収部材、8 冷却部材、10 A ファイバレーザ発振器、11 a コイル状巻回部、13 レーザダイオード、14 F B G。

30

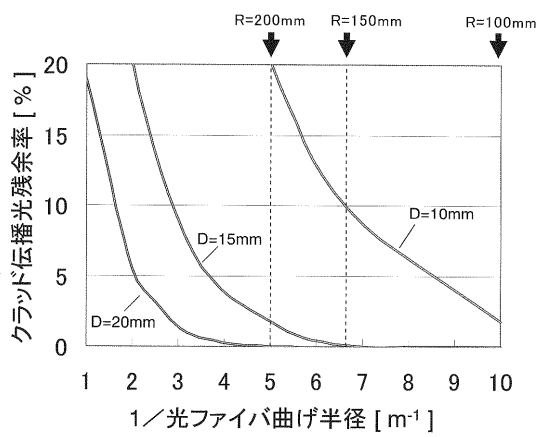
【図 1】



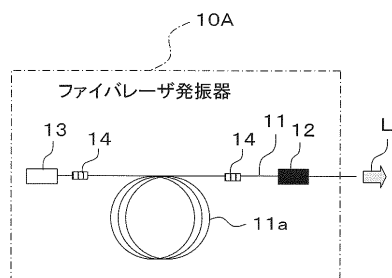
【図 2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

- (72)発明者 古田 啓介
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 今野 進
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 瀬口 正記
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 西前 順一
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- Fターム(参考) 2H137 AA13 AB06 BA01 BB08 BC16 BC80 DB11
2H150 AC31 AD26 AH31 BC01 BD00