

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3665738号

(P3665738)

(45) 発行日 平成17年6月29日(2005.6.29)

(24) 登録日 平成17年4月8日(2005.4.8)

(51) Int. Cl.⁷

F I

G O 2 B 6/42

G O 2 B 6/42

H O 1 S 5/022

H O 1 S 5/022

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2000-377679 (P2000-377679)	(73) 特許権者	000138200 株式会社モリテックス 東京都渋谷区神宮前3丁目1番14号
(22) 出願日	平成12年12月12日(2000.12.12)	(74) 代理人	100084984 弁理士 澤野 勝文
(65) 公開番号	特開2002-182074 (P2002-182074A)	(74) 代理人	100094123 弁理士 川尻 明
(43) 公開日	平成14年6月26日(2002.6.26)	(72) 発明者	大石 勇 神奈川県横浜市青葉区あざみ野南1-3-3 株式会社モリテックス 横浜 技術センター内
審査請求日	平成12年12月21日(2000.12.21)	審査官	日夏 貴史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザダイオードモジュール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハウジング(6)内に気密状態に封入されたレーザダイオード(2)から出射された楕円光スポット形状を有するレーザ光を円形コアを有するシングルモード光ファイバ(3)を介して出力させるレーザダイオードモジュールにおいて、

レーザダイオード(2)のNFPの長径方向及び短径方向をx方向及びy方向としたときに、前記ハウジング(6)の封止ガラス(7)を透過して出力されるレーザ光の光軸(z)に沿って、レーザダイオード(2)のNFPを2倍以上10倍以下に拡大する軸対称凸レンズ(4)が配され、その結像位置にコア断面を楕円形に形成すると共にコアの長径方向及び短径方向をNFPのx方向及びy方向に一致させた楕円コアGI型光ファイバ(5)の光入射端が配され、その光出射端に前記シングルモード光ファイバ(3)が接続されてなり、

前記楕円コアGI型光ファイバ(5)は、その一端から前記レーザ光と同一波長の円形光スポット形状のシングルモード光を入射させたときに他端から出射される楕円光スポット形状のx方向径及びy方向径が、前記NFPの像の長径及び短径と略等しくなる長さを選定されたことを特徴とするレーザダイオードモジュール。

【請求項2】

内側に軸対称凸レンズ(4)を配した筒状のレンズホルダ(8)が前記ハウジング(6)に取り付けられ、先端に前記楕円コアGI型光ファイバ(5)を結合したシングルモード光ファイバ(3)を心出し固定したスリーブ(10)が前記レンズホルダ(8)に取り

10

20

付けられて成る請求項 1 記載のレーザダイオードモジュール。

【請求項 3】

前記軸対称凸レンズ(4)が、前記ハウジング(6)内に配され、又は、ハウジングの封止ガラス(7)が軸対称凸レンズ(4)で形成されてなる請求項 2 記載のレーザダイオードモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザダイオードから出射されたレーザ光をその光軸と同軸的に配されたシングルモード光ファイバを介して出力させるレーザダイオードモジュールに関する。

10

【0002】

【従来の技術】

レーザダイオードは、光通信や光センサなどの光源として盛んに用いられているが、ほとんどの場合、このレーザ光を光ファイバに導入して伝播させているので、レーザダイオードと光ファイバとの結合は、光通信システムや光センシングシステムを構築する上で非常に重要である。

【0003】

しかし、レーザダイオードは回折拡がりにより、縦方向に $30 \sim 60^\circ$ 、横方向に $10 \sim 30^\circ$ とかなり大きなビーム放射角を有し、光スポット形状が楕円状に広がっていく特性を有するので、この楕円光を絞ってシングルモード光ファイバの円形コア内に導入することが困難である。

20

【0004】

特に、光通信を行う上で重要な光ファイバアンプの励起光として使用される 980nm のレーザ光は、そのアスペクト比(楕円度 = 長径 / 短径)が3以上と高い偏平の楕円光スポットとなるので、これを円形コアのシングルモード光ファイバに結合することが難しく、レーザダイオードと光ファイバとの結合が悪い場合には伝送効率が極端に低下してしまう。

【0005】

このため、レーザダイオードから出射されたアスペクト比の高い光をできるだけ効率良く光ファイバ内に導入するために、集束レンズを用いたり、光ファイバの先端形状を工夫した光ファイバレンズを用いることが試みられている。

30

【0006】

図6は、レーザダイオードと光ファイバとの従来の結合方式を示すもので、レーザダイオード41の光出射面41aに対向するシングルモード光ファイバ42の先端部を楔形テーパ面43や楕円錐テーパ面に加工した光ファイバレンズ結合方式(図6(a))や、レーザダイオード41の光出射面41a近傍に円柱レンズ44を置いて円形の光にした後、光ファイバに42に入射させる単レンズ結合方式(図6(b))が知られている。

【0007】

これによれば、図6(a)に示す光ファイバレンズ結合方式では、レーザダイオードの光出射面から光ファイバまでの距離を $5 \sim 10\ \mu\text{m}$ にし、また、図6(b)に示す単レンズ結合方式では、円柱レンズ44までの距離を $10\ \mu\text{m}$ 程度にすれば、比較的低損失で結合させることができる。

40

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、市販されているレーザー素子の多くは、レーザ光の出力を安定させるために、キャンタイプのハウジング内にレーザダイオードを気密に封入したタイプが多く、そのレーザダイオードの光出射面からハウジングの封止ガラス表面までに 1mm 程度の距離があるため、図6(a)に示す光ファイバレンズ結合方式や図6(b)に示す単レンズ結合方式を採用することができないという問題がある。

【0009】

50

このため、キャンタイプのレーザ素子から照射されたレーザ光を比較的効率良くシングルモード光ファイバ内に導入する方式として、図6(c)に示すように、球レンズ45によりレーザ光を平行光線とした後に、この平行光をロッドレンズ46により集光させて光ファイバ42内に導入する共焦点複合レンズ結合方式や、図6(d)に示すように直交2軸シリンダリカルレンズ47を使用して楕円光を円形光に変換して光ファイバ42内に導入する方式も提案されている。

【0010】

しかしながら、通常の軸対称のレンズを使用する共焦点複合レンズ結合方式では、アスペクト比が3以上の光を結合損失2.2 dB以下(結合効率60%以上)で光ファイバに導入することはできない。

また、直交2軸シリンダリカルレンズ47を使用する方式では、レンズの設計・製造が難しく、高価になり、また、最適な条件で結合させた場合に、他の方式よりは結合効率が優るものの、それでも60%以上の結合効率を得ることが難しい。

【0011】

そこで本発明は、光学系の設計・製造が簡単で、製造コストが安価であり、ハウジング内に気密に封入されたレーザダイオードから楕円状に広がって出射されるアスペクト比の高いレーザ光でも円形コアのシングルモード光ファイバに60%以上の高結合効率で導入することができるようにすることを技術的課題としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】

この課題を解決するために、本発明は、ハウジング内に気密状態に封入されたレーザダイオードから出射された楕円光スポット形状を有するレーザ光を円形コアを有するシングルモード光ファイバを介して出力させるレーザダイオードモジュールにおいて、レーザダイオードのNFPの長径方向及び短径方向をx方向及びy方向としたときに、前記ハウジングの封止ガラスを透過して出力されるレーザ光の光軸に沿って、レーザダイオードのNFPを2倍以上10倍以下に拡大する軸対称凸レンズが配され、その結像位置にコア断面を楕円形に形成すると共にコアの長径方向及び短径方向をNFPのx方向及びy方向に一致させた楕円コアGI型光ファイバの光入射端が配され、その光出射端に前記シングルモード光ファイバが接続されてなり、前記楕円コアGI型光ファイバは、その一端から前記レーザ光と同一波長の円形光スポット形状のシングルモード光を入射させたときに他端から出射される楕円光スポット形状のx方向径及びy方向径が、前記NFPの像の長径及び短径と略等しくなる長さを選定されたことを特徴とする。

【0013】

本発明によれば、レーザダイオードから出射された直後のレーザ光のパターンであるNFPが、アスペクト比3.5の横長楕円であった場合に、軸対称凸レンズを透過して楕円コアGI型光ファイバの入射端面で2~10倍に拡大されて結像する。

【0014】

このとき、拡大倍率が2以上であれば、楕円コアGI型光ファイバに対する入射角は縦方向及び横方向双方とも11°以下となるので、石英ファイバの開口数NA=0.2より定まる入射臨界角より小さい。

したがって、レーザダイオードから出射されたレーザ光のほとんどが楕円コアGI型光ファイバに入射される。

【0015】

楕円コアGI型光ファイバは、コア断面が楕円形に形成されているので、長径方向及び短径方向となるx方向及びy方向でコア内を伝播する光線の光スポット径の変化周期及び変化幅が異なり、いずれもx方向がy方向に比して大きく、その一端から前記レーザ光と同一波長の円形光スポット形状のシングルモード光を入射させたときに他端からは、その長さに応じて楕円形又は円形の光スポット形状の光が出射される。

【0016】

したがって、楕円コアGI型光ファイバの長さを適当に選ぶことにより、シングルモード

10

20

30

40

50

光を入射させたときに他端から出射される光の楕円光スポット形状を、NFPの像の短径及び長径と略等しくすることができる。

【0017】

このような長さの楕円コアGI型光ファイバを用い、NFPの実像を入射させると、光は可逆的に進行して楕円光スポット形状の光が円形光スポット形状のシングルモード光となるので、これを高結合効率でシングルモード光ファイバに導入できる。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて具体的に説明する。

図1は本発明に係るレーザダイオードモジュールの基本構成図、図2はレーザダイオードモジュールの断面図、図3は楕円コアGIファイバの断面図、図4は楕円コアGIファイバの屈折率分布、図5は楕円コアGIファイバを伝播する光スポット径の変化を示すグラフである。

10

【0019】

図1及び図2に示すレーザダイオードモジュール1は、レーザダイオード2から出射されたレーザ光をその光軸zと同軸的に配されたシングルモード光ファイバ3を介して出力させるものである。

【0020】

レーザダイオード2の光出射面2out上におけるレーザ光のスポットパターンであるNFP(ニアフィールドパターン)の長径方向及び短径方向をx方向及びy方向としたときに、レーザ光の光軸zに沿って、前記NFPを2倍以上10倍以下に拡大する軸対称凸レンズ4が配され、その結像位置にコア断面を楕円形に形成すると共にコアの長径方向及び短径方向をNFPのx方向及びy方向に一致させた楕円コアGI型光ファイバ5の光入射端5inが配され、その光出射端5outに前記シングルモード光ファイバ3が接続されている。

20

【0021】

レーザダイオード2は、キャンタイプのハウジング6内に気密状態に封入され、そのレーザ光が封止ガラス7を透過して外部に出射されるようになっている。

このハウジング6には、軸対称凸レンズ4を内側に配した筒状のレンズホルダ8がYAG溶接されている。

30

さらに、先端に楕円コアGI型光ファイバ5を融着したシングルモード光ファイバ3がフェルール9に挿通されて心出しされ、このフェルール9を挿通固定したスリーブ10が、前記レンズホルダ8にYAG溶接されている。

【0022】

楕円コアGI型光ファイバ5は、図3に示すように、コア断面の楕円比がNFPのアスペクト比と略一致するようにNFPと相似形の横長楕円に形成されている。

また、そのコアの屈折率分布は、図4に示すように、x方向及びy方向とも夫々二乗分布形状となり、その屈折率分布の勾配が互いに異なるグレーデッド・インデックス型光ファイバが用いられている。

【0023】

なお、一般に光ファイバを伝播するシングルモード光は、伝播距離に応じてその光スポット径が周期的に変化するが、楕円コアGI型光ファイバ5を伝播するシングルモード光は、図5に示すように、光スポット径の変化周期及び変化幅x方向とy方向で異なり、いずれもx方向がy方向に比して大きい。

40

【0024】

そして、その一端から前記レーザ光と同一波長のシングルモード光を入射させたときに、他端からは楕円コアGI型光ファイバ5の長さに応じて図5に示すグラフで求まる楕円形又は円形の光スポット形状の光が出射される。

したがって、楕円コアGI型光ファイバの長さを選択することにより、シングルモード光を入射させたときに他端から出射される光の楕円光スポット形状を、NFPの像の短径

50

及び長径と略等しくすることができる。

【 0 0 2 5 】

光は可逆的に進行するので、このような長さの楕円コア G I 型光ファイバ 5 を用いて、楕円コア G I 型光ファイバ 5 の光入射端 5 in に N F P の像を結像させると、光出射端 5 out からは、円形光スポット形状のシングルモード光となって出力され、これがシングルモード光ファイバ 3 に導入される。

【 0 0 2 6 】

以上が本発明に係るレーザダイオードモジュール 1 の一構成例であって、次にその作用について説明する。

レーザダイオード 2 から出射される波長 9 8 0 n m、N F P の x 方向径 $x_0 = 2.43 \mu\text{m}$ 、y 方向径 $y_0 = 0.7 \mu\text{m}$ 、アスペクト比 = 3.5 のレーザ光を、コア径が $6.2 \mu\text{m}$ のシングルモード光ファイバ 3 に導入する場合について説明する。

ただし、本明細書において、光スポットの大きさは、光強度が中心の光強度の $1/e^2$ となる範囲をいうものとする。

【 0 0 2 7 】

軸対称凸レンズ 4 の拡大倍率 $m = 10$ 倍、レーザダイオード 2 の光出射面 2 a から軸対称凸レンズ 4 までの距離 d_0 、軸対称凸レンズ 4 から結像位置までの距離 d_1 とすると、
 $d_1 = m d_0$

が成り立ち、距離 $d_0 = 2 \text{ mm}$ だとすると $d_1 = 20 \text{ mm}$ になるので、コア G I 型光ファイバ 5 は、軸対称凸レンズ 4 から光入射端 5 in までの距離が 20 mm となる位置に配される。

結像位置における N F P の実像の大きさは、拡大倍率 10 倍より、x 方向半径 $x = 24.3 \mu\text{m}$ 、y 方向半径 $y = 7.0 \mu\text{m}$ となる。

【 0 0 2 8 】

一方、楕円コア G I 型光ファイバ 5 に、波長 λ のシングルモード光を入射させた場合、コア内の伝播に伴い x 方向半径 a_x 及び y 方向半径 a_y は、図 5 に示すように変化する。このときの変化周期 C、隣り合う極値のスポット半径を r_1 、 r_2 とすると、x 方向及び y 方向の夫々について、

$$C = 2 \pi a / \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$r_1 \times r_2 = \left(\frac{\lambda}{n_1} \right) \times a / \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\text{ただし、} \Delta n = (n_1 - n_2) / n_2$$

a : コア半径

n_1 : コア中心の屈折率

n_2 : クラッドの屈折率

λ : 波長

が成り立つ。

【 0 0 2 9 】

本例において、 $\Delta n = 1.0\%$ の楕円コア G I 型光ファイバ 5 に、波長 9 8 0 n m、スポット半径 $x_1 = y_1 = 3.10 \mu\text{m}$ のシングルモード光を入射させて、x 方向半径 $x_2 = 24.3 \mu\text{m}$ 、y 方向半径 $y_2 = 7.0 \mu\text{m}$ の楕円光スポットを出力させる場合のコア半径 a_x 及び a_y 及び長さ L を求めると、上式より、

$$a_x = 49.6 \mu\text{m}$$

$$a_y = 14.3 \mu\text{m}$$

$$L = 550.9 \mu\text{m}$$

となる。

【 0 0 3 0 】

したがって、コアの x 方向径が $99.2 \mu\text{m}$ 、y 方向径が $28.6 \mu\text{m}$ 、長さが $550.9 \mu\text{m}$ の楕円コア G I 型光ファイバ 5 をシングルモード光ファイバ 3 の先端に融着させて、この楕円コア G I 型光ファイバ 5 の光入射端 5 in に、N F P の実像のレーザ光を入射させれば、光は可逆的に伝播し、その光出射端から 9 8 0 n m のシングルモード光が出射され

、コア径 $6.2 \mu\text{m}$ のシングルモード光ファイバ 3 に導入される。

【0031】

なお、レーザダイオード 2 から出射されたレーザ光が y 方向に放射角 30° で広がった場合、レンズ 4 の位置において y 方向半径は約 2.3mm となる。結像位置はレンズ 4 から 20mm 離れているので、集光角は約 6.5° となり石英ファイバの開口数 $NA = 0.2$ で定まる臨界入射角 11° より小さい。

また、x 方向の放射角は y 方向より小さいので、集光角も当然 6.5° 以下になり、これも臨界入射角 11° より小さい。

【0032】

したがって、レンズを透過した光は、ほとんどが楕円コア G I 型光ファイバ 5 に入射され、結合損失がほとんどない。 10

このようにして、結合効率 80% と軸対称レンズ系を用いた理論限界 60% を超える結合効率が得られた。

【0033】

なお、楕円コア G I 型光ファイバ 5 の外形を、シングルモード光ファイバ 3 の外形に一致させると、相互間の融着をより容易に行うことができる。

【0034】

また、軸対称凸レンズ 4 の拡大率を 10 倍より大きくすると、軸対称凸レンズ 4 から楕円コア G I 型光ファイバ 5 の光入射端 5 in までの距離が、実用的に 20mm を超え、モジュールが大きく高価になる。しかも、楕円コア G I 型光ファイバ 5 の許容傾き角は結合損失 1dB の範囲で $\pm 0.3^\circ$ と狭くなり、組立時の歩留まりが悪い。 20

【0035】

一方、軸対称凸レンズ 4 の拡大率を 2 倍未満にし、レーザダイオード 2 から出射されたレーザ光の 90% を受けることのできる直径のレンズを使用すると、集光角が大きくなるため、 $NA = 0.2$ の楕円コア G I 型光ファイバ 5 に光を取り込めなくなる場合を生じる。

しかも、楕円コア G I 型光ファイバ 5 の直角方向の位置ずれの許容差は結合損失 1dB の範囲で $\pm 0.7 \mu\text{m}$ と狭くなり、組立時の歩留まりが悪い。

したがって、レンズ倍率は $2 \sim 10$ 倍が限界であり、望ましくは $3 \sim 5$ 倍である。

【0036】

なお、上述の説明では、軸対称凸レンズ 4 が、ハウジング 6 の外部に配される場合について説明したが、ハウジング 6 内に配される場合や、ハウジング 6 の封止ガラス 7 が軸対称凸レンズ 4 で形成される場合であってもよい。 30

【0037】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、ハウジング内に気密に封入されたレーザダイオードのように、レーザダイオードからレンズまでの距離を離さなければならない場合であっても、楕円光スポット形状で照射されるレーザ光のほとんどを円形光スポット形状の光に変換してシングルモード光ファイバ内に極めて高い結合効率で導入することができるという大変優れた効果を奏する。

また、ハウジング内に封入されたレーザダイオードに対して、ハウジング外にレンズ、楕円コア G I ファイバを先端に結合したシングルモード光ファイバを順次固定して行けば良いので、設計が容易で、製造の手間が軽減され、製造コストを低減することができるという効果もある。 40

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るレーザダイオードモジュールの基本構成図。

【図 2】レーザダイオードモジュールの断面図。

【図 3】楕円コア G I ファイバの断面図。

【図 4】楕円コア G I ファイバの屈折率分布。

【図 5】楕円コア G I ファイバを伝播する光スポット径の変化を示すグラフ。

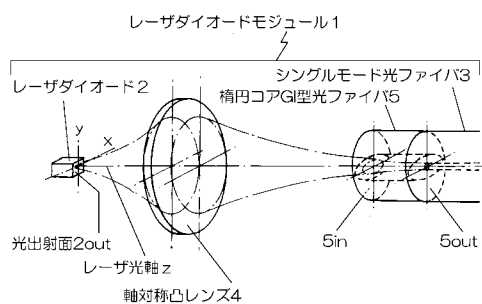
【図 6】従来のレーザダイオードモジュールの結合方式を示す説明図。 50

【図7】アスペクト比と結合損失の関係を示すグラフ。

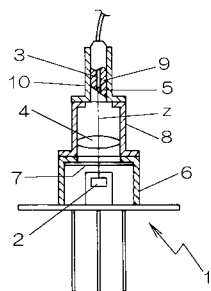
【符号の説明】

- 1 レーザダイオードモジュール
- 2 レーザダイオード
- 2 out..... 光出射面
- 3 シングルモード光ファイバ
- z レーザ光軸
- 4 軸対称凸レンズ
- 5 楕円コアGI型光ファイバ
- 6ハウジング
- 7 封止ガラス
- 8 レンズホルダ
- 9 フェルール
- 1 0 スリーブ

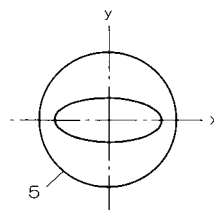
【図1】



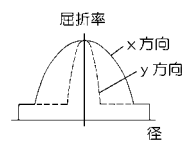
【図2】



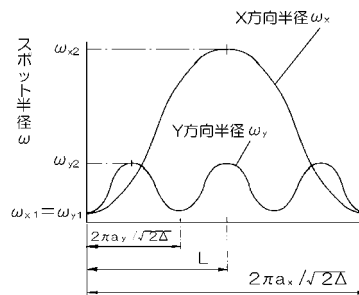
【図3】



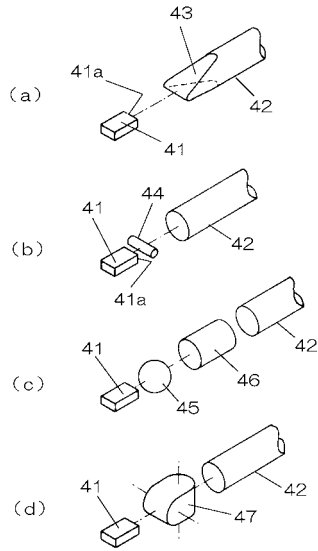
【図4】



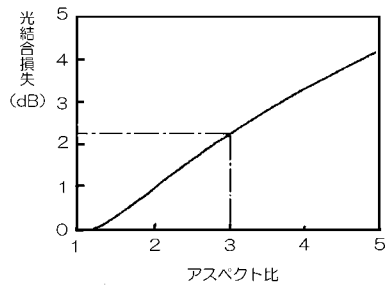
【図5】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平04 - 092830 (JP, A)
特開平11 - 326709 (JP, A)
特開2001 - 21773 (JP, A)
特開2003 - 152276 (JP, A)
特開平11 - 218641 (JP, A)
特開2000 - 304965 (JP, A)
特開昭55 - 153384 (JP, A)
特開平8 - 5865 (JP, A)
特開平8 - 292341 (JP, A)
特開平11 - 248957 (JP, A)
小倉明 et.al., 電子情報通信学会技術研究報告 光ファイバ応用技術 OFT, 1998年 4月27日, Vol.98 No.37, pp.19-23

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G02B 6/42 - 6/43
H01S 5/022 - 5/026
H01L 33/00