

(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2013-197372

(P2013-197372A)

(43) 公開日 平成25年9月30日(2013.9.30)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H 0 1 S 5/022 (2006.01)	H 0 1 S 5/022	2 H 1 3 7
G 0 2 B 6/42 (2006.01)	G 0 2 B 6/42	5 F 1 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-63756 (P2012-63756)	(71) 出願人	000005186
(22) 出願日	平成24年3月21日 (2012.3.21)		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	110000338
			特許業務法人原謙三国際特許事務所
		(72) 発明者	小川 弘晋
			千葉県佐倉市六崎1-4-4 O 番地 株式会社
			フジクラ佐倉事業所内
		Fターム(参考)	2H137 AB05 AB06 BA22 BB02 BB12
			BC02 BC31 CA15A CB22 CB32
			CB33 CB34 CC01 CC05 HA01
			5F173 MA07 MB03 MC26 ME75 ME87
			MF03 MF23

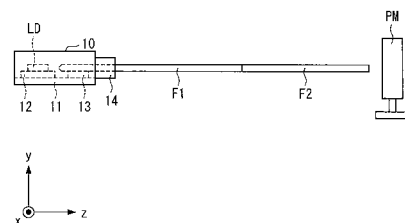
(54) 【発明の名称】 調心方法及び半導体レーザモジュールの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分を減少させ得る調心を、F F Pに基づく調心よりも簡単な構成で実現する。

【解決手段】 光ファイバF 1を伝搬する光から広角成分を除去する低NA光ファイバF 2を、光ファイバF 1の出射端面側に挿入する。そして、低NA光ファイバF 2から出力された狭角成分の強度を参照し、該強度を最大化するように半導体レーザ素子LDの出射端面に対する光ファイバF 1の入射端面の相対位置を調整する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心方法であって、

上記光ファイバを伝搬する、伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ (θ_{crit} は上記光ファイバの臨界伝搬角) となる光から、伝搬角 θ が $\theta_{\text{crit}} - \delta < |\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ (δ は正の定数) である広角成分を除去し、伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}} - \delta$ である狭角成分を出力する広角成分除去手段を、上記光ファイバの出射端面側に挿入する挿入工程と、

上記広角成分除去手段から出力された上記狭角成分の強度を参照し、該強度を最大化するように上記半導体レーザ素子の出射端面と上記光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調整工程と、を含んでいる、
ことを特徴とする調心方法。

10

【請求項 2】

上記広角成分除去手段は、上記光ファイバの出射端面に接続された他の光ファイバであって、上記光ファイバよりも開口数の低い他の光ファイバである、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の調心方法。

【請求項 3】

上記光ファイバは、上記入射端面にレンズ加工が施された光ファイバである、
ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の調心方法。

【請求項 4】

半導体レーザ素子と光ファイバとを備えた半導体レーザモジュールの製造方法であって、

20

上記半導体レーザ素子の出射端面と上記光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心工程において、請求項 1 から 3 までの何れか 1 項に記載の調心方法を用いる、
ことを特徴とする半導体レーザモジュールの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心方法に関する。また、そのような調心方法を用いた調心工程を含む、半導体レーザモジュールの製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

ファイバレーザ等の光源装置として、半導体レーザモジュールが広く用いられている。半導体レーザモジュールは、その筐体内に設けられた半導体レーザ素子と、その筐体内に引き込まれた光ファイバとを備えている。半導体レーザ素子及び光ファイバは、半導体レーザモジュールの底板、又は、その底板上に設けられたサブマウントに固定される。

【0003】

半導体レーザモジュールの製造に際しては、半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を結合効率が最大となるように調整すること（以下、「調心」とも記載）が重要になる。なぜなら、光ファイバに結合しなかった光は、光ファイバの被覆やメタライズを加熱し、焼損させる虞があるからである。なお、このメタライズは、光ファイバを底板又はサブマウントに半田付けする場合に必要となるものである。

40

【0004】

従来の調心方法の概要を図 6 に示す。図 6 に示す調心方法は、サブマウント 52 を介して底板 51 に固定された半導体レーザモジュール LD と、挿通パイプ 54 を介して引き込まれ、サブマウント 53 を介して底板 51 に固定された光ファイバ F とを備えた半導体レーザモジュール 50 の製造に際して用いられる調心方法であり、光ファイバ F をサブマウント 53 に固定する前に実施される。

【0005】

50

半導体レーザ素子LDは、図6におけるzx平面に平行な活性層を有する端面発光型の半導体レーザ素子であり、半導体レーザ素子LDの出射端面から出射される光は、回折によりy軸方向に広がる。このため、光ファイバFの調心においては、特にy軸方向（半導体レーザ素子LDの活性層に直交する方向）の調心を精度良く行なうことが重要になる。

【0006】

光ファイバFのy軸方向の調心は、光ファイバFの出射端面から出力される出力光の強度を参照して行われる。すなわち、光ファイバFの出力光の強度をパワーメータPMで測定しながら、光ファイバFの入射端面をy軸方向に移動する。そして、光ファイバFの入射端面のy軸方向の位置を、光ファイバFの出力光の強度が最大になる位置（以下「適正位置」とも記載）に合わせる。

【0007】

なお、光ファイバFの入射端面は、図8(a)に示すように、yz平面に平行な断面が楔形になるように加工されており、稜線近傍の斜線を付した領域がレンズ部Lを構成している。半導体レーザ素子LDの活性層ALから出射された光は、このレンズ部Lを介し光ファイバFに入射する。光ファイバFに入射した光は、その伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ であれば、光ファイバF内に閉じ込められ、光ファイバF内を伝搬する。ここで、 θ_{crit} は、全反射を生じる臨界角を ϕ として、 $\theta_{\text{crit}} = 90^\circ - \phi$ により定義される角度であり、本明細書ではこれを臨界伝搬角と呼ぶ。

【0008】

このような調心方法を開示した文献としては、例えば、特許文献1～3などが挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2003-57498号公報（2003年2月26日公開）

【特許文献2】特開2007-258479号公報（2007年10月4日公開）

【特許文献3】特開2007-287726号公報（2007年11月1日公開）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

半導体レーザモジュールを構成する光ファイバを伝播する光に、その光ファイバの臨界伝搬角に近い伝搬角を有する成分（以下、「広角成分」と記載）が含まれていると、その半導体レーザモジュールを備えたファイバレーザやファイバアンプの効率を悪化させたり、増幅用光ファイバの被覆を発熱させたりするといった問題を生じる。何故なら、半導体レーザモジュールを構成する光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分は、その光ファイバに接続されるポンプコンバイナや増幅用ファイバにおける損失要因となるからである。したがって、半導体レーザモジュールを構成する光ファイバの調心においては、その光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分を減少させるように、その光ファイバの入射端面の位置（半導体レーザ素子の出射端面に対する相対位置）を決定することが要求される。

【0011】

しかしながら、光ファイバの入射端面の位置を、単に、その光ファイバの出射端面から出力される出力光の強度を参照して決定する構成では、この要求に応えることができない。何故なら、その光ファイバを伝播した光は、広角成分であるか狭角成分であるかの区別なくパワーメータに受光されるので、広角成分の多寡に応じて測定される出力光の強度が増減することはないからである。

【0012】

また、光ファイバの入射端面の位置を、単に、その光ファイバの出射端面から出力される出力光の強度を参照して決定する構成では、図8(a)に示すように入射端面がレンズ加工された光ファイバFを調心対象とする場合、精度の良い調心を実現することができな

10

20

30

40

50

いという問題を生じる。何故なら、図 8 (b) に示すように、光ファイバ F の入射端面が y 軸方向に変位しても、図 7 (a) に示すように、光ファイバ F の出力光の強度が殆ど変化しない場合、すなわち、光出力（光ファイバ F の出力光の強度）のトレランスが広がる場合があるためである。このように、光出力のトレランスが広がる理由は、以下のとおりである。

【0013】

すなわち、図 8 (b) に示すように、光ファイバ F の入射端面が y 軸方向に変位した場合、半導体レーザ素子 LD の活性層 AL から出射された光の一部は、図 8 (b) に点線が示すように、レンズ部 L を介さずに光ファイバ F に入射することになる。しかしながら、レンズ部 L を介さずに光ファイバ F に入射した光も、その伝搬角 θ' が $|\theta'| \leq \theta_{crit}$ であれば、レンズ部 L を介して光ファイバ F に入射した光と同様、光ファイバ F 内に閉じ込められ、光ファイバ F 内を伝搬する。このため、光ファイバ F の入射端面が適正位置から僅かに変位しても、光ファイバ F の出力光の強度は、殆ど変化しない。

【0014】

一方、図 8 (b) に示すように、光ファイバ F の入射端面が y 軸方向に変位すると、光ファイバ F を伝搬する光に、臨界伝搬角 θ_{crit} に近い伝搬角を有する広角成分が含まれるようになる。この広角成分は、レンズ部 L を介さずに光ファイバ F に入射した光により構成され、その伝搬角 θ' は、光ファイバ F の y 軸方向への変位に略比例して大きくなる。このため、図 7 (a) に示すように、光出力のトレランスが広がる場合であっても、図 7 (b) に示すように、最大伝搬角 θ_{max} のトレランスは広がらない。ここで、最大伝搬角 θ_{max} とは、実際に光ファイバ F を伝搬する光（モード）のうち、最大の伝搬角を有する光（モード）の伝搬角のことを指す。

【0015】

以上のように、入射端面にレンズ加工が施された光ファイバ F の調心においては、光出力（光ファイバ F の出力光の強度）のトレランスが広がる場合がある。この場合、光ファイバ F の出力光の強度に基づく調心では、光ファイバ F の入射端面の位置を真の適正位置に合わせることは困難である。そして、光ファイバ F の入射端面の位置が真の適正位置から外れた場合、光ファイバ F を伝搬する光に広角成分が含まれるようになる。

【0016】

なお、光ファイバの出力光の強度に基づく調心に代えて、光ファイバの出力光の FFP (Far Field Pattern) に基づく調心を行えば、上述した問題を回避することができる。しかしながら、FFP の測定には、複雑な装置が必要であり、時間的及び金銭的コストの上昇が避けられない。

【0017】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心方法において、その光ファイバの出力光の強度に基づきながらも、その光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分を減少させ得る調心方法を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記課題を解決するために、本発明に係る調心方法は、半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心方法であって、上記光ファイバを伝搬する、伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{crit}$ (θ_{crit} は上記光ファイバの臨界伝搬角) となる光から、伝搬角 θ が $\theta_{crit} - \delta < |\theta| \leq \theta_{crit}$ (δ は正の定数) である広角成分を除去し、伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{crit} - \delta$ である狭角成分を出力する広角成分除去手段を、上記光ファイバの出射端面側に挿入する挿入工程と、上記広角成分除去手段から出力された上記狭角成分の強度を参照し、該強度を最大化するように上記半導体レーザ素子の出射端面と上記光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調整工程と、を含んでいる、ことを特徴とする。

【0019】

上記の構成によれば、上記光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分が上記広角成分除去手段によって除去され、残った狭角成分の強度に基づく調心が行なわれる。このため、上記の構成によれば、上記光ファイバを伝播する光に含まれる狭角成分の割合ができるだけ多くなるように、すなわち、上記光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分の割合ができるだけ少なくなるように、上記光ファイバの入射端面の位置（上記半導体レーザ素子の出射端面に対する相対位置）を調整することができる。

【0020】

しかも、上記の構成によれば、調心のために必要な測定は、上記広角成分除去手段から出力された上記狭角成分の強度の測定のみであり、FFPの測定を要さない。したがって、上記光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分を減少させ得る調心を、FFPに基づく調心よりも簡単な構成で実現することができる。

10

【0021】

本発明に係る調心方法において、上記広角成分除去手段は、上記光ファイバの出射端面に接続された他の光ファイバであって、上記光ファイバよりも開口数の低い他の光ファイバである、ことが好ましい。

【0022】

上記の構成によれば、上記広角成分除去手段を、簡単な構成で安価に実現することができる。

【0023】

本発明に係る調心方法において、上記光ファイバは、上記入射端面にレンズ加工が施された光ファイバであることが好ましい。

20

【0024】

調心対象となる光ファイバの入射端面にレンズ加工が施されている場合、従来の調心方法では出力光のトレランスが広がることに伴う調心精度の低下が生じ得る。これに対し、本発明に係る調心方法によれば、出力光のトレランスの広がりを抑えることができるので、従来の調心方法よりも精度の良い調心を実現することができる。

【0025】

上記課題を解決するために、本発明に係る半導体レーザモジュールの製造方法は、半導体レーザ素子と光ファイバとを備えた半導体レーザモジュールの製造方法であって、上記半導体レーザ素子の出射端面と上記光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心工程において、上記調心方法を用いることを特徴とする。

30

【0026】

上記の構成によれば、上記光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分を減少させ得る調心を、FFPに基づく調心よりも簡単な構成で実現することができる。このため、コンバイナや増幅用ファイバにおける損失要因になる広角成分を含まない光を出力することが可能な半導体レーザモジュールを安価に実現することができる。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、光ファイバを伝播する光に含まれる広角成分を減少させ得る調心を、FFPに基づく調心よりも簡単な構成で実現することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の実施形態に係る調心方法の概要を示す模式図である。

【図2】図1に示す調心方法において、光ファイバを伝搬する光の光路を示す図である。

【図3】実線は、図1に示す調心方法において、低NAファイバF2の光出力のトレランスカーブを示すグラフである。点線は、図1に示す調心方法において、光ファイバF1の光出力のトレランスカーブを示すグラフである。

【図4】本発明の実施形態に係る調心方法の変形例の概要を示す模式図である。

【図5】図4に示す調心方法において、光ファイバを伝搬する光の光路を示す図である。

【図6】従来の調心方法の概要を示す模式図である。

50

【図 7】 (a) は、図 6 に示す調心方法において得られる光出力のトレランスカーブを示すグラフである。(b) は、図 6 に示す調心方法において得られる最大伝搬角のトレランスカーブを示すグラフである。

【図 8】 図 6 に示す調心方法において、光ファイバを伝搬する光の光路を示す図である。(a) は、光ファイバの入射端面の位置が適正位置にある場合を示し、(b) は、光ファイバの入射端面の位置が適正位置から外れている場合を示す。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明の一実施形態に係る調心方法について、図面に基づいて説明すれば以下のとおりである。

【0030】

なお、本実施形態に係る調心方法は、半導体レーザモジュールの製造方法に含まれる調心工程において用いられるものであり、その半導体レーザモジュールを構成する半導体レーザ素子及び光ファイバを調心対象とする。ただし、本発明は、これに限定されるものではない。すなわち、本発明に係る調心方法は、半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を調整するものであればよく、調心対象とする半導体レーザ素子及び光ファイバが半導体レーザモジュールを構成するものであることを要さない。

【0031】

〔調心方法の概要〕

まず、本実施形態に係る調心方法の概要について、図 1 を参照して説明する。図 1 は、本実施形態に係る調心方法の概要を示す模式図である。

【0032】

本実施形態に係る調心方法は、上述したように、半導体レーザモジュール 10 の製造方法に含まれる調心工程において用いられるものである。本実施形態においては、半導体レーザモジュール 10 として、半導体レーザ素子 LD と、光ファイバ F1 とに加え、底板 11 と、サブマウント 12～13 とを備えた半導体レーザモジュールを想定する。光ファイバ F1 は、半導体レーザ素子 LD の出射端面に対向する端面（以下「入射端面」とも記載）にレンズ加工が施されたマルチモードファイバである。

【0033】

半導体レーザモジュール 10 において、サブマウント 12 は、半導体レーザ素子 LD を載置するための台座として利用される。また、サブマウント 13 は、光ファイバ F1 を載置するための台座として利用される。光ファイバ F1 は、半導体レーザモジュール 10 の筐体側壁に設けられた挿通パイプ 14 を介して、半導体レーザモジュール 10 の内部に引き込まれ、サブマウント 13 の上面に固定（半田付け又は接着）される。本実施形態に係る調心方法は、光ファイバ F1 を半導体レーザモジュール 10 の内部に引き込む工程を実施した後、光ファイバ F1 をサブマウント 13 の上面に固定する工程を実施する前に実施される。

【0034】

本実施形態に係る調心方法は、(1) 光ファイバ F1 よりも開口数の低い低 NA 光ファイバ F2 を、光ファイバ F1 の出射端面側に挿入する挿入工程と、(2) 低 NA 光ファイバ F2 から出力された光の強度を参照し、その強度を最大化するように半導体レーザモジュール LD の出射端面に対する光ファイバ F1 の入射端面の位置を調整する調整工程とを含む。ここで、低 NA 光ファイバ F2 は、光ファイバ F1 を伝搬する光から広角成分を除去し、残った狭角成分を出力する広角成分除去手段として機能する。したがって、上述した調整工程は、光ファイバ F1 を伝搬する光のうち、狭角成分を参照して実施される。

【0035】

挿入工程においては、低 NA 光ファイバ F2 の一方の端面（以下「入射端面」とも記載）を、光ファイバ F1 の出射端面（半導体レーザ素子 LD の出射端面と対向する入射端面と反対側の端面）に接続（例えば、融着）する。また、調整工程においては、低 NA 光ファイバ F2 の他方の端面（以下「出射端面」とも記載）から出射された光（狭角成分）の

10

20

30

40

50

強度をパワーメータPMで測定しながら、光ファイバF1の入射端面をy軸方向（半導体レーザ素子LDの活性層に直交する方向）に移動する。そして、光ファイバF1の入射端面のy軸方向の位置を、低NA光ファイバF2の出射端面から出射された光の強度が最大になる位置に合わせる。

【0036】

なお、本実施形態においては、光ファイバF1をサブマウント13を介して底板11に固定する構成を例示しているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、光ファイバF1を底板11に直接固定する構成も採用してもよい。同様に、半導体レーザ素子LDを底板11に直接固定する構成を採用してもよい。

【0037】

〔低NA光ファイバの機能〕

次に、低NA光ファイバF2の機能について、図2を参照して説明する。図2は、光ファイバF1及び低NA光ファイバF2を伝搬する光の光路を示す図である。

【0038】

光ファイバF1は、伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{crit}$ となる光を伝搬する。ここで、 θ_{crit} は、光ファイバF1の臨界伝搬角であり、光ファイバF1において全反射を生じる臨界角を ϕ とすると、 $\theta_{crit} = 90^\circ - \phi$ により定義される角である。一方、低NA光ファイバF2は、伝搬角 θ' が $|\theta'| \leq \theta_{crit}'$ となる光を伝搬する。ここで、 θ_{crit}' は、低NA光ファイバF2の臨界伝搬角であり、低NA光ファイバF2において全反射を生じる臨界角を ϕ' とすると、 $\theta_{crit}' = 90^\circ - \phi'$ により定義される角である。

【0039】

ここで、低NA光ファイバF2は、光ファイバF1よりも開口数の低い光ファイバである。したがって、低NA光ファイバF2において全反射を生じる臨界角 ϕ' は、光ファイバF1において全反射を生じる臨界角 ϕ よりも大きい。換言すれば、低NA光ファイバF2の臨界伝搬角 $\theta_{crit}' = 90^\circ - \phi'$ は、光ファイバF1の臨界伝搬角 θ_{crit} よりも小さい。したがって、光ファイバF1を伝搬する光（すなわち、光ファイバF1における伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{crit}$ となる光）のうち、低NA光ファイバF2における伝搬角 θ' が $|\theta'| > \theta_{crit}'$ となる広角成分は、低NA光ファイバF2に閉じ込められることなく、低NA光ファイバF2の側面から漏れ出す。

【0040】

ここで、光ファイバF1を伝搬する光のうち、低NA光ファイバF2に入射したときに伝搬角が θ_{crit}' となる光の伝搬角を θ_{crit}'' とし、 $\delta = \theta_{crit} - \theta_{crit}''$ とすると、低NA光ファイバF2の機能は、以下のように表現することができる。すなわち、低NA光ファイバF2は、光ファイバF1を伝搬する光から、光ファイバF1における伝搬角 θ が $\theta_{crit} - \delta < |\theta| \leq \theta_{crit}$ である広角成分を除去し、光ファイバF1における伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{crit} - \delta$ である狭角成分を出射端面から出力する。なお、光ファイバF1のコアの屈折率と低NA光ファイバF2のコアの屈折率とが同一の場合、 $\theta_{crit}'' = \theta_{crit}'$ であり、 $\delta = \theta_{crit} - \theta_{crit}'$ となる。

【0041】

図2において、実線は、上記狭角成分に対応する光路を示し、点線は、上記広角成分に対応する光路を示す。低NA光ファイバF2に入射した狭角成分は、低NA光ファイバF2における伝搬角 θ' が $|\theta'| \leq \theta_{crit}'$ となるので、図2に示すように、低NA光ファイバF2に閉じ込められ、低NA光ファイバF2の出射端面から出力される。一方、低NA光ファイバF2に入射した広角成分は、低NA光ファイバF2における伝搬角 θ' が $|\theta'| > \theta_{crit}'$ となるので、図2に示すように、低NA光ファイバF2に閉じ込められることなく、低NA光ファイバF2の側面から外部に漏れ出す。したがって、低NA光ファイバF2に入射した光のうち、狭角成分のみが低NA光ファイバF2の出射端面から出射され、図1に示すパワーメータPMに入射することになる。

【0042】

〔低NA光ファイバの効果〕

次に、低NA光ファイバ2の効果について、図3を参照して説明する。図3において、点線は、光ファイバF1の光出力（光ファイバF1の出射端面から出力される、広角成分及び狭角成分の両方を含む光の強度）のトレランスカーブであり、実線は、低NA光ファイバF2の光出力（低NA光ファイバF2の出射端面から出力される、狭角成分のみを含む光の強度）のトレランスカーブである。なお、図3に示す各トレランスカーブの測定に際しては、光ファイバF1の開口数を0.22とし、低NA光ファイバF2の開口数を0.15とした。

【0043】

上述したように、入射端面にレンズ加工が施された光ファイバF1の調心においては、光ファイバF1の入射端面の位置が適正位置から外れると、光ファイバF1を伝搬する光に広角成分が含まれるようになる。この広角成分は、光ファイバF1における伝搬角 θ が光ファイバF1の臨界伝搬角 θ_{crit} を超えない限り、光ファイバF1の出射端面から出力される。このため、光ファイバF1の入射端面の位置が適正位置から外れても、光ファイバF1の出射端面から出力される光の強度は殆ど低下しない。したがって、光ファイバF1の光出力のトレランスは、図3に点線で示すように広がったものとなる。

【0044】

一方、低NA光ファイバF2の出力光のトレランスは、図3に実線で示すように、光ファイバF1の光出力のトレランスよりも狭くなる。これは、光ファイバF1の入射端面の位置が適正位置から外れると、低NA光ファイバF2における伝搬角 θ' が低NA光ファイバF2の臨界伝搬角 θ_{crit}' を超える広角成分が低NA光ファイバF2の側面から漏れ出し、その結果、低NA光ファイバF2の出射端面から出力される光の強度が低下するからである。このため、低NA光ファイバF2の光出力を参照して光ファイバF1の入射端面の位置を調整すれば、光ファイバF1の光出力を参照して光ファイバF1の入射端面の位置を調整するよりも、精度の高い調心を行なうことが可能になる。

【0045】

〔変形例〕

なお、本実施形態においては、光ファイバF1を伝搬する光から広角成分を除去する広角成分除去手段として低NA光ファイバF2を用いたが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、低NA光ファイバF2は、光ファイバF1を伝搬する光から広角成分を除去する機能を有する他の光学系に置換することが可能である。以下、このような変

【0046】

図4は、本変形例に係る調心方法の概要を示す模式図である。本変形例においては、図4に示すように、レンズLにより構成される空間フィルタを広角成分除去手段として用いている。

【0047】

レンズLは、光ファイバF1の出射端面から出射された光のうち、光ファイバF1における伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{crit} - \delta$ となる狭角成分のみを、パワーメータPMの受光面に入射させるように設計されている（図5における実線参照）。一方、光ファイバF1の出射端面から出射された光のうち、光ファイバF1における伝搬角 θ が $\theta_{crit} - \delta < |\theta| \leq \theta_{crit}$ となる広角成分は、パワーメータPMの受光面に入射することなく、除去される（図5における点線参照）。

【0048】

このように、広角成分除去手段として空間フィルタを用いた場合であっても、広角成分除去手段として低NA光ファイバ2を用いた場合と同様、精度の高い調心を行なうことができる。

【産業上の利用可能性】

【0049】

本発明は、半導体レーザ素子の出射端面と光ファイバの入射端面との相対位置を調整する調心方法に広く適用することができる。特に、半導体レーザモジュールにおける調心に

好適に利用することができる。

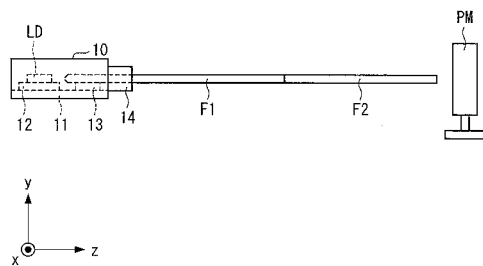
【符号の説明】

【0050】

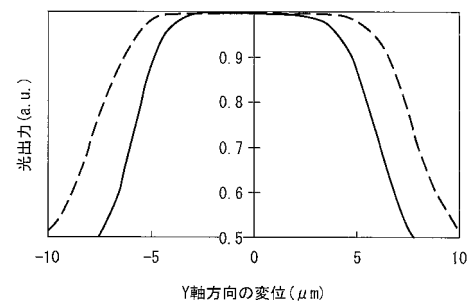
10	半導体レーザモジュール
11	底板
12	サブマウント（LD用）
13	サブマウント（光ファイバ用）
14	挿通パイプ
LD	半導体レーザ素子
F1	光ファイバ
F2	低NA光ファイバ（他の光ファイバ）
PM	パワーメータ

10

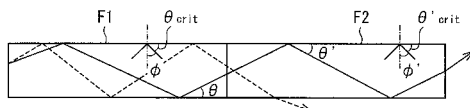
【図1】



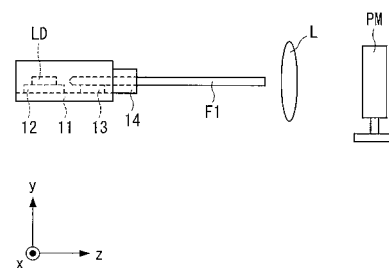
【図3】



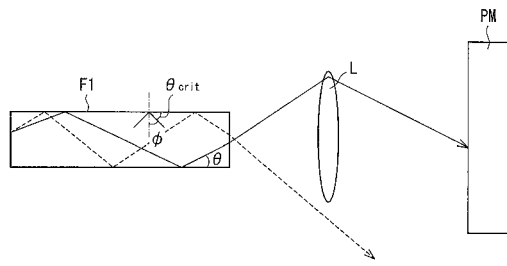
【図2】



【図4】

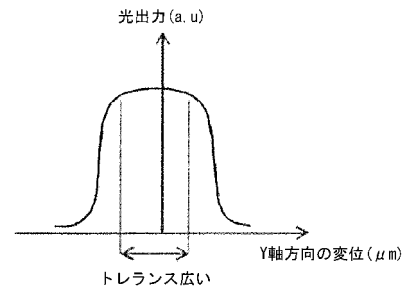


【図 5】

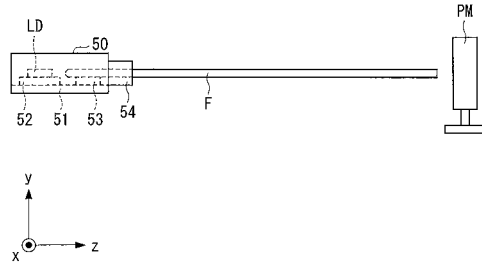


【図 7】

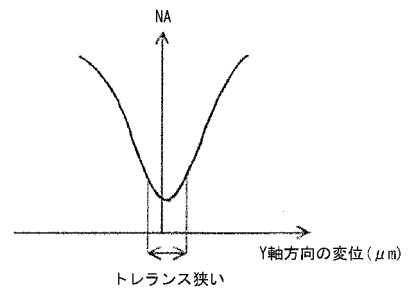
(a)



【図 6】

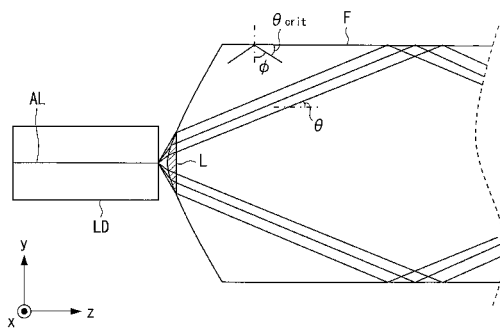


(b)



【図 8】

(a)



(b)

