

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013 年 9 月 26 日(26.09.2013)

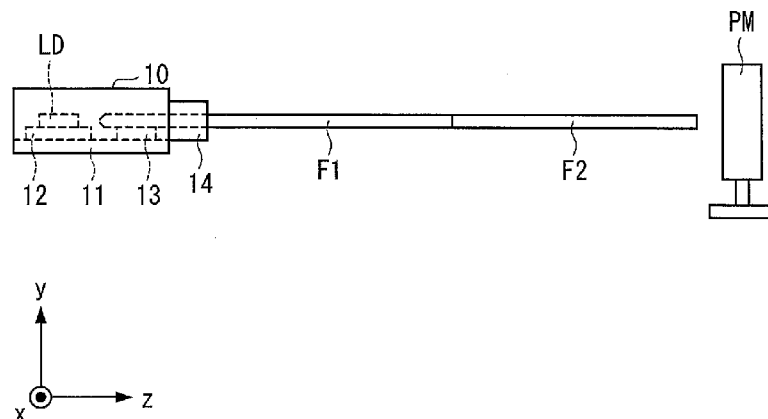


(10) 国際公開番号
WO 2013/140687 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01) **H01S 5/022** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/082639
- (22) 国際出願日: 2012 年 12 月 17 日(17.12.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-063756 2012 年 3 月 21 日(21.03.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社フジクラ(FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1 丁目 5 番
1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 小川 弘晋(OGAWA, Hirokuni); 〒2858550
千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジ
クラ佐倉事業所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所
(HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK);
〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2
番 6 号 大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ALIGNMENT METHOD AND METHOD FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR LASER MODULE

(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) Abstract: A low numerical aperture (NA) optical fiber (F2) which removes a wide-angle component from the light passing through an optical fiber (F1) is inserted into the emission end face of the optical fiber (F1). Then, by referring to the intensity of a narrow-angle component output from the low NA optical fiber (F2), the relative position of the incident end face of the optical fiber (F1) to the emission end face of a semiconductor laser element (LD) is adjusted so as to maximize the intensity.

(57) 要約: 光ファイバ (F1) を伝搬する光から広角成分を除去する低 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。そして、低 NA 光ファイバ (F2) 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 (F1) の入射端面の相対位置を調整する。

WO 2013/140687 A1

明 細 書

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 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。

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。

[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] 半導体レーザ素子LDは、図6における z ×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 の（a）に示すように、y z 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：日本国公開特許公報「特開 2003-57498 号」（2003 年 2 月 26 日公開）

特許文献 2：日本国公開特許公報「特開 2007-258479 号」（2007 年 10 月 4 日公開）

特許文献 3：日本国公開特許公報「特開 2007-287726 号」（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」とも記載）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の（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いという問題を生じる。何故なら、図8の（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の（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の（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の(b)に点線で示すように、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 $|\theta'| \leq \theta_{\text{crit}}$ 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の(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の(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の(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、時間的及び金銭的成本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 $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ (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。

発明の効果

[0019] 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。

図面の簡単な説明

[0020] [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。

[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

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] [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。

[0024] 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。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] なお、本実施形態においては、光ファイバF 1をサブマウント1 3を介して底板1 1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F 1を底板1 1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1 1に直接固定する構成を採用してもよい。

[0029] [低NA光ファイバの機能]

次に、低NA光ファイバF 2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F 1及び低NA光ファイバF 2を伝搬する光の光路を示す図である。

[0030] 光ファイバF 1は、伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ となる光を伝搬する。ここで、 θ_{crit} は、光ファイバF 1の臨界伝搬角であり、光ファイバF 1において全反射を生じる臨界角を ϕ とすると、 $\theta_{\text{crit}} = 90^\circ - \phi$ により定義される角である。一方、低NA光ファイバF 2は、伝搬角 θ' が $|\theta'| \leq \theta'_{\text{crit}}$ となる光を伝搬する。ここで、 θ'_{crit} は、低NA光ファイバF 2の臨界伝搬角であり、低NA光ファイバF 2において全反射を生じる臨界角を ϕ' とすると、 $\theta'_{\text{crit}} = 90^\circ - \phi'$ により定義される角である。

[0031] ここで、低NA光ファイバF 2は、光ファイバF 1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F 2において全反射を生じる臨界角 ϕ' は、光ファイバF 1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F 2の臨界伝搬角 $\theta'_{\text{crit}} = 90^\circ - \phi'$ は、光ファイバF 1の臨界伝搬角 θ_{crit} よりも小さい。したがって、光ファイバF 1を伝搬する光（すなわち、光ファイバF 1における伝搬角 θ が $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ となる光）のうち、低NA光ファイバF 2における伝搬角 θ' が $|\theta'| > \theta'_{\text{crit}}$ となる広角成分は、低NA光ファイバF 2に閉じ込められることなく、低NA光ファイバF 2の側面から漏れ出す。

[0032] ここで、光ファイバF 1を伝搬する光のうち、低NA光ファイバF 2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、 $\delta = \theta_{\text{crit}} - \theta_{\text{crit}}''$ とすると、低NA光ファイバF 2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 $\theta_{\text{crit}} - \delta < |\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ 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 $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}} - \delta$ 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、 $\theta_{\text{crit}}'' = \theta_{\text{crit}}'$ であり、 $\delta = \theta_{\text{crit}} - \theta_{\text{crit}}'$ となる。

[0033] 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 $|\theta'| \leq \theta_{\text{crit}}'$ 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 $|\theta'| > \theta_{\text{crit}}'$ 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。

[0034] [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。

[0035] 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F 1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F 1における伝搬角 θ が光ファイバ1の臨界伝搬角 θ_{crit} を超えない限り、光ファイバF 1の出射端面から出力される。このため、光ファイバF 1の入射端面の位置が適正位置から外れても、光ファイバF 1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F 1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。

[0036] 一方、低NA光ファイバF 2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F 1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F 1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F 2における伝搬角 θ' が低NA光ファイバF 2の臨界伝搬角 θ_{crit}' を超える広角成分が低NA光ファイバF 2の側面から漏れ出し、その結果、低NA光ファイバF 2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F 2の光出力を参照して光ファイバF 1の入射端面の位置を調整すれば、光ファイバF 1の光出力を参照して光ファイバF 1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。

[0037] [変形例]

なお、本実施形態においては、光ファイバF 1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F 2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F 2は、光ファイバF 1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、このような変形例について、図4及び図5を参照して簡単に説明する。

[0038] 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。

[0039] レンズLは、光ファイバF 1の出射端面から出射された光のうち、光ファイバF 1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

一メータ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 $\theta_{\text{crit}} - \delta < |\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ 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）。

[0040] 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。

[0041] [まとめ]

以上のように、本実施形態に係る調心方法は、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 $|\theta| \leq \theta_{\text{crit}}$ （ 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 本実施形態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。

[0045] 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。

[0046] 本実施形態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。

[0047] 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。

[0048] また、以上のように、本実施形態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。

[0049] 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。

[0050] [付記事項]

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。すなわち、請求項に示した範囲で適宜変更し

た技術的手段を組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

産業上の利用可能性

[0051] 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。

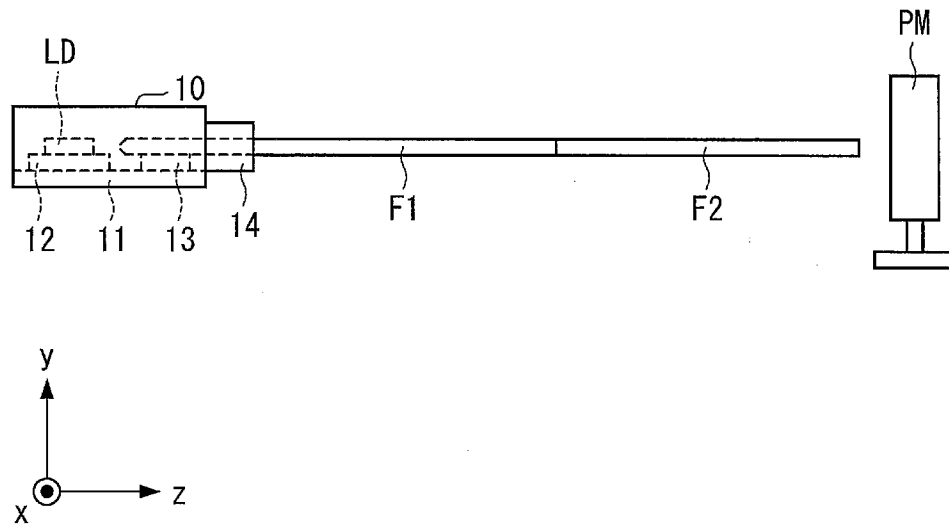
符号の説明

[0052]	1 0	半導体レーザモジュール
	1 1	底板
	1 2	サブマウント（LD用）
	1 3	サブマウント（光ファイバ用）
	1 4	挿通パイプ
	LD	半導体レーザ素子
	F 1	光ファイバ
	F 2	低NA光ファイバ（他の光ファイバ）
	PM	パワーメータ

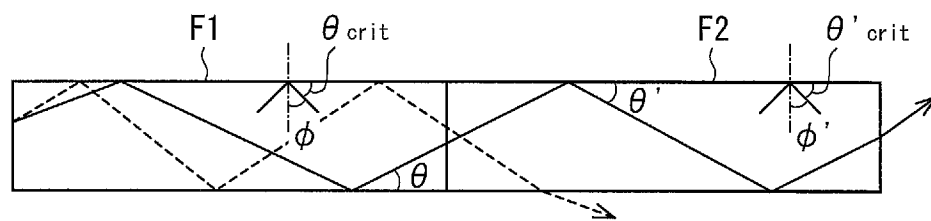
請求の範囲

- [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。
- [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、
- 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。

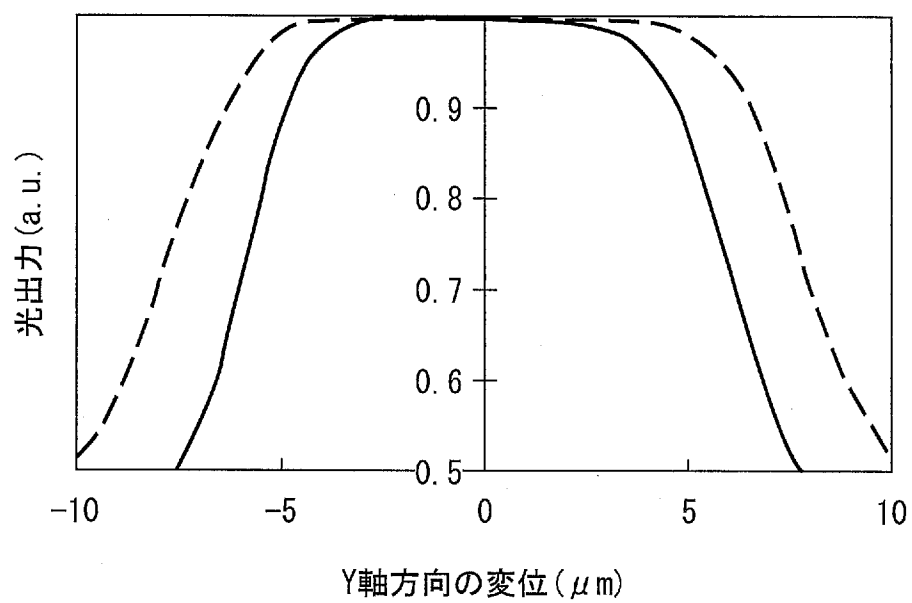
[図1]



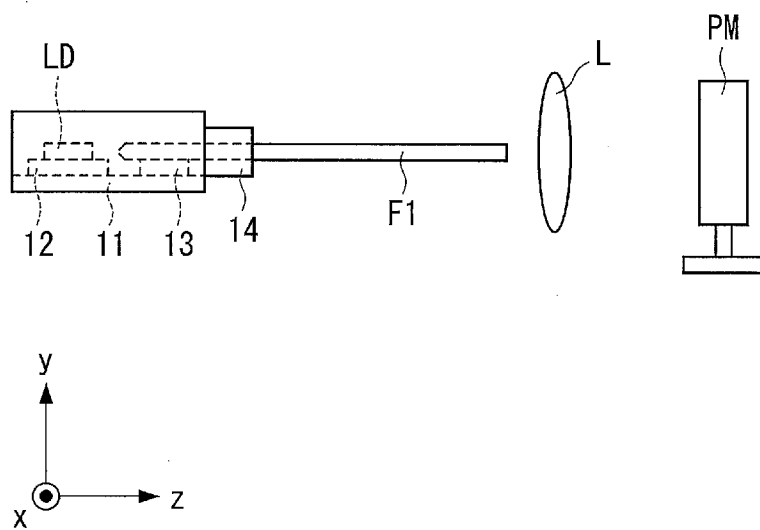
[図2]



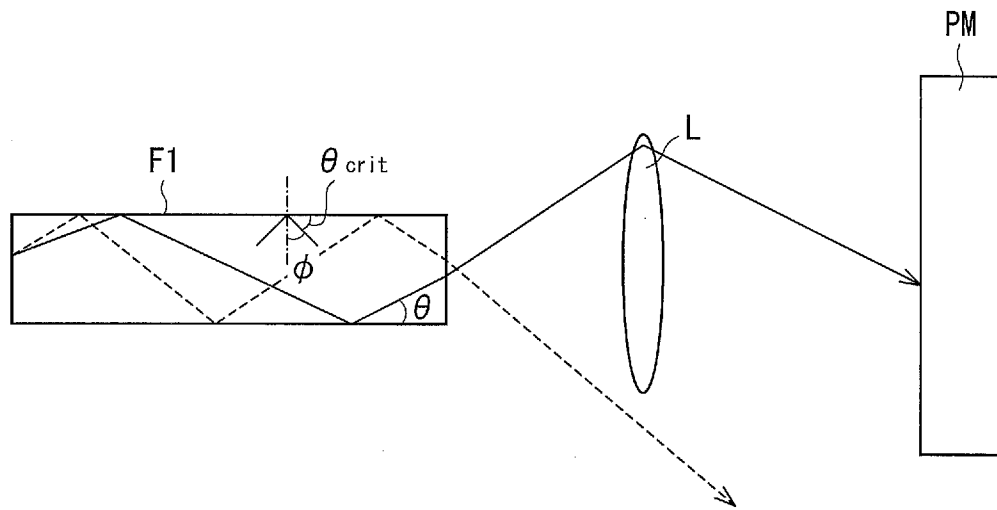
[図3]



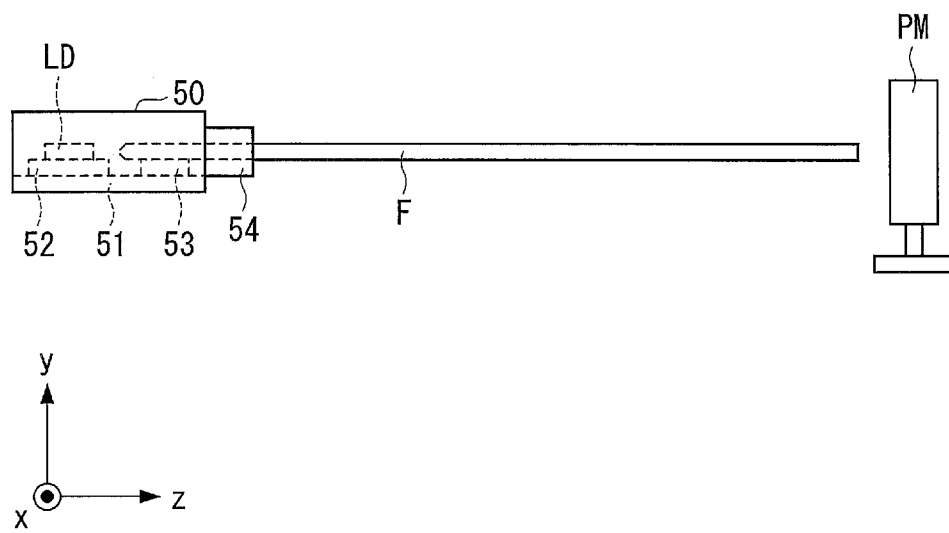
[図4]



[図5]

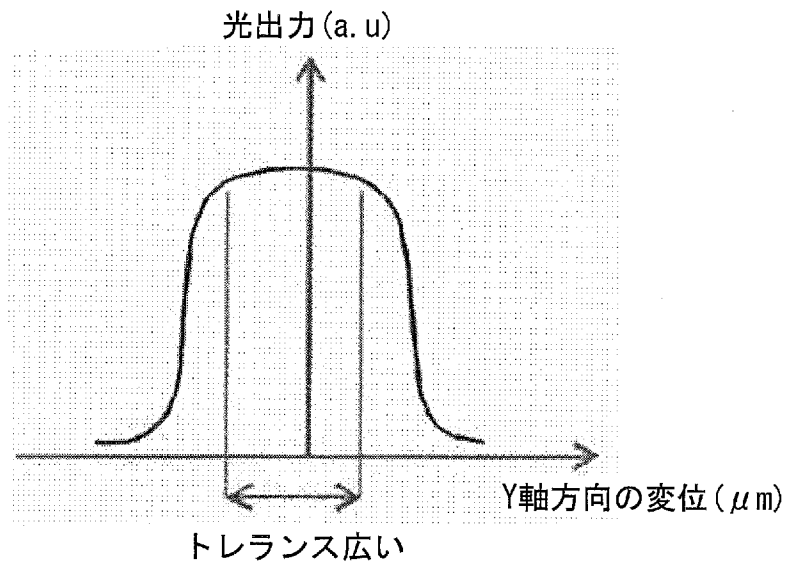


[図6]

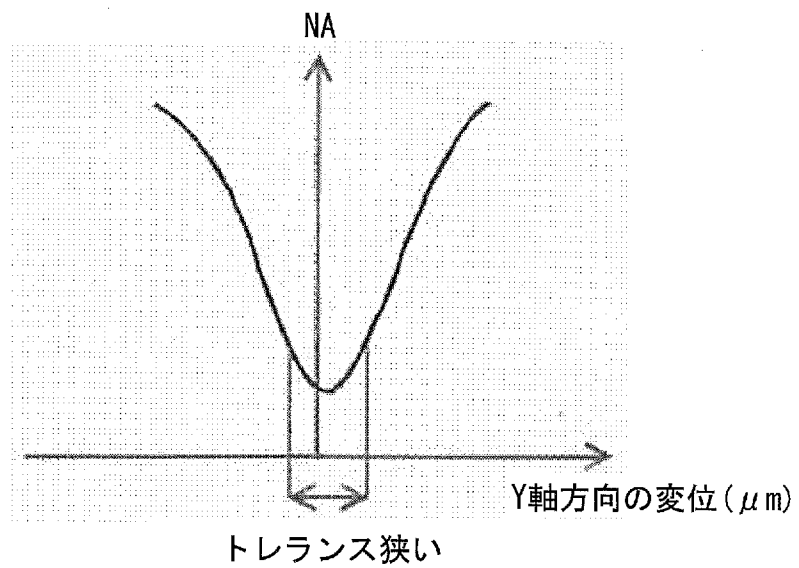


[図7]

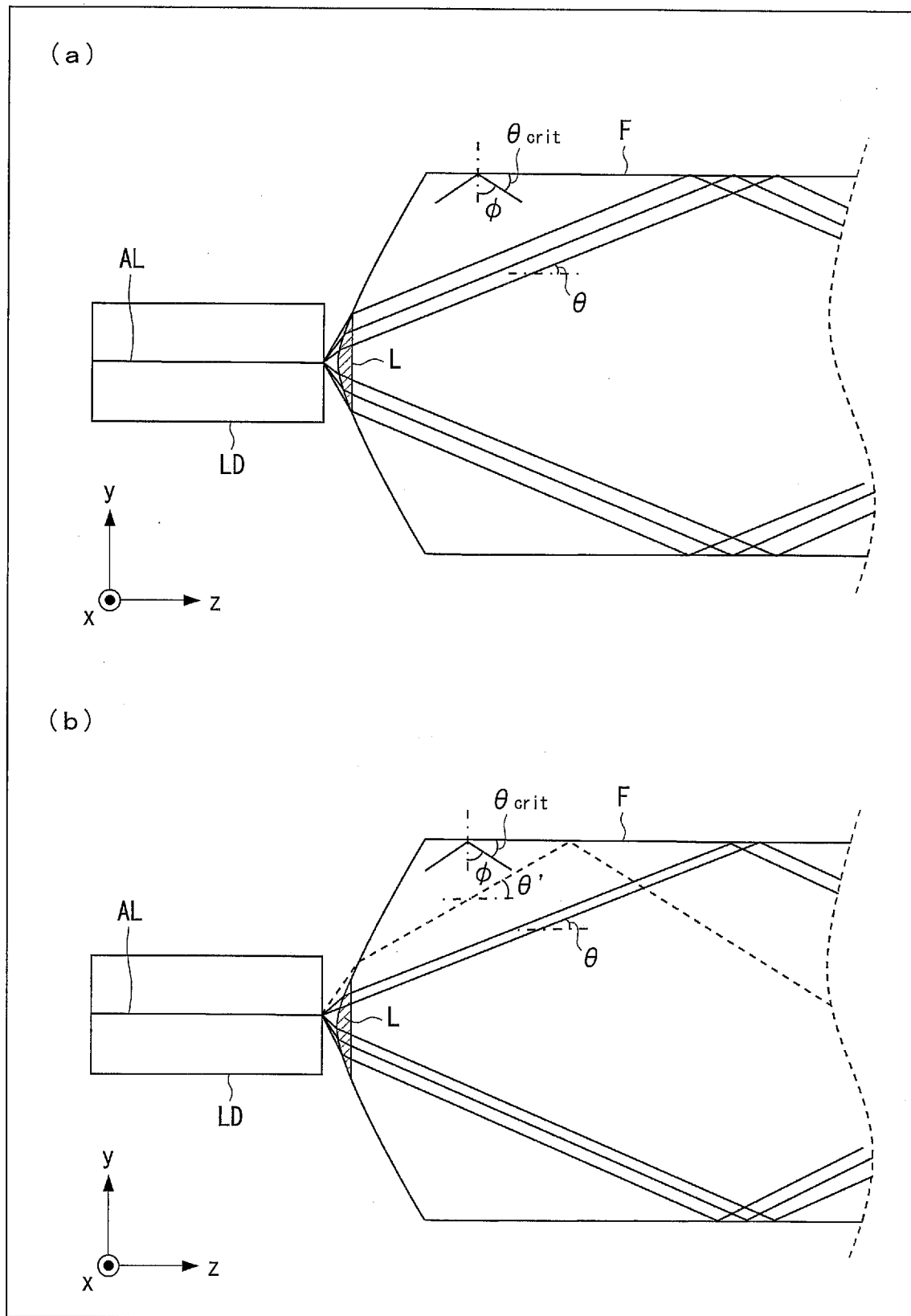
(a)



(b)



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/082639

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B6/42(2006.01) i, H01S5/022(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B6/42, G02B6/32, H01S5/022

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-42819 A (Fujikura Ltd.), 01 March 2012 (01.03.2012), paragraph [0019]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-4
Y	JP 10-332985 A (Canon Inc.), 18 December 1998 (18.12.1998), paragraph [0012]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1-4
A	JP 11-58665 A (Asahi Chemical Industry Co., Ltd.), 02 March 1999 (02.03.1999), claim 2; fig. 1 (Family: none)	1-4

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 February, 2013 (27.02.13)

Date of mailing of the international search report
12 March, 2013 (12.03.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/082639

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-283425 A (Hitachi, Ltd.), 27 October 1995 (27.10.1995), fig. 1 to 6 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B6/42(2006.01)i, H01S5/022(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B6/42, G02B6/32, H01S5/022

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2012-42819 A (株式会社フジクラ) 2012.03.01, 【0019】、 図1-2 (ファミリーなし)	1-4
Y	JP 10-332985 A (キヤノン株式会社) 1998.12.18, 【0012】、図 3-4 (ファミリーなし)	1-4

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 3 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

奥田 雄介

2 X

3 6 1 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 11-58665 A (旭化成工業株式会社) 1999.03.02, 請求項 2、図 1 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 7-283425 A (株式会社日立製作所) 1995.10.27, 図 1 - 6 (ファミリーなし)	1 - 4