

(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2013-207276
(P2013-207276A)

(43) 公開日 平成25年10月7日(2013.10.7)

(51) Int.Cl.
H01S 5/026 (2006.01)

F I
H01S 5/026 612

テーマコード(参考)
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2012-78342(P2012-78342)
(22) 出願日 平成24年3月29日(2012.3.29)

(71) 出願人 000006013
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 100095407
弁理士 木村 満
(74) 代理人 100131152
弁理士 八島 耕司
(74) 代理人 100147924
弁理士 美恵 英樹
(74) 代理人 100137383
弁理士 山口 直樹
(72) 発明者 望月 敬太
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) 5F173 MC01 MF04

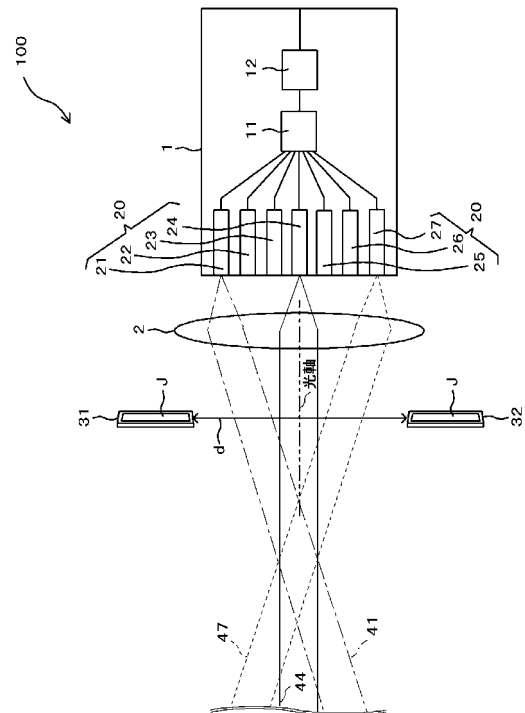
(54) 【発明の名称】 レーザモジュール

(57) 【要約】

【課題】 小型化を容易にする。

【解決手段】 レーザモジュール100のレーザ部20は、レーザ光を出射する半導体レーザ素子21~27が複数配置される。コリメートレンズ2は、レーザ部20から出射されたレーザ光の各々を受光し、各々のレーザ光を平行光にして出射する。フォトダイオード31, 32は、コリメートレンズ2から出射された平行光の各々を受光し、各々の平行光の強度に応じた信号を出力する。更に、フォトダイオード31, 32は、コリメートレンズ2から出射された平行光が伝搬する経路上であり、且つ、出射された平行光の各々の全てについて平行光の一部分を受光する位置に配置される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザ光を出射するレーザ素子が複数配置されたレーザ部と、
前記レーザ部から出射されたレーザ光の各々を受光し、前記各々のレーザ光を平行光にして出射するコリメートレンズと、
前記コリメートレンズから出射された平行光の各々を受光し、各々の平行光の強度に応じた信号を出力する出力部と、
を備え、
前記出力部は、前記コリメートレンズから出射された平行光が伝搬する経路上であり、
且つ、前記出射された平行光の各々の全てについて平行光の一部分を受光する位置に配置される、
レーザモジュール。

10

【請求項 2】

前記出力部は、前記平行光の各々の中心軸から離れた位置に配置されることで、前記出射された平行光の各々の全てについて平行光の一部分を受光する、
請求項 1 に記載のレーザモジュール。

【請求項 3】

前記出力部を少なくとも 2 つ備える請求項 2 に記載のレーザ素子。

【請求項 4】

2 つの前記出力部から構成される前記出力部の組は、前記レーザ素子の配置方向に平行になる位置に配置され、且つ、前記コリメートレンズから出射された平行光が伝搬する経路の全てを互いの前記出力部で挟む位置に配置される、
請求項 3 に記載のレーザモジュール。

20

【請求項 5】

前記出力部の組を構成する前記出力部のそれぞれは、前記コリメートレンズの光軸を中点として互いに等間隔に配置される、
請求項 4 に記載のレーザモジュール。

【請求項 6】

前記コリメートレンズは、前記レーザ光の各々を、ガウシアン分布の強度を示す平行光にして出射し、
前記出力部の組を構成する前記出力部のそれぞれは、前記平行光の中心軸における最大の強度の $1/e^2$ 倍の強度になる前記ガウシアン分布上の位置から前記中心軸までの最短距離の 3 倍以上互いに離され、且つ、前記コリメートレンズの光軸と垂直に交わる直線上に配置される、
ことを特徴とする請求項 5 に記載のレーザモジュール。

30

【請求項 7】

前記出力部の組を構成する前記出力部のそれぞれは、前記最短距離の 6 倍以下、互いに離されて配置される、
ことを特徴とする請求項 6 に記載のレーザモジュール。

【請求項 8】

前記コリメートレンズは、前記平行光が伝搬する経路の全てが 1 つの箇所でお互いに交わるよう前記平行光を出射し、
前記出力部の組を構成する前記出力部のそれぞれは、前記 1 つの箇所を互いで挟む位置に配置される、
請求項 4 から 7 のいずれか 1 項に記載のレーザモジュール。

40

【請求項 9】

前記出力部の組の他に前記出力部を少なくとも 1 つ備え、
前記出力部の組以外の前記出力部の 1 つは、前記レーザ素子の配置方向に垂直であり、
且つ、前記コリメートレンズの光軸に垂直に交わる直線上に配置される、
請求項 4 から 8 のいずれか 1 項に記載のレーザモジュール。

50

【請求項 10】

前記コリメートレンズから出射された平行光が伝搬する経路の全てを遮る位置に配置され、前記平行光の波長に応じた透過率で前記平行光の各々を透過させるフィルタ部と、前記フィルタ部を透過した平行光を受光して前記通過した平行光の各々の強度に応じた信号を出力する光強度部と、

を備える請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のレーザモジュール。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、レーザモジュールに関する。

10

【背景技術】**【0002】**

出射されたレーザ光の強度や波長の変動を求めることを可能にするものとして、特許文献 1 に記載のパッケージ（レーザモジュール）がある。

【0003】

このパッケージは、出射するレーザ光の波長が異なる複数の半導体レーザ（レーザダイオード）を備え、各半導体レーザから出射されてコリメートレンズを通過した後方光を、ビームスプリッタ（分岐器）で、直進方向および 90 度反射方向に分岐させる。そして、パッケージは、90 度反射方向に分岐させた光を光検知器に受光させることで、分岐させた光の強度の測定を可能にしている。これにより、パッケージは、分岐させた光の測定強度に基づき、半導体レーザから出射されたレーザ光の強度を求めることを可能にしている。

20

【0004】

また、特許文献 1 に記載のパッケージ（レーザモジュール）は、更に、ビームスプリッタで分岐した直進方向の光を、波長に依存する透過率を持つエタロンフィルタを通過させて光検知器に受光させることで、エタロンフィルタを通過させた通過光の強度を測定可能にしている。これにより、パッケージは、半導体レーザから出射されたレーザ光の波長の変動を求めることを可能にしている。具体的には、パッケージは、エタロンフィルタを通過させた通過光の測定強度と 90 度反射方向に分岐させた光の測定強度とから、両方の値の比である透過率を求め、これを、エタロンフィルタの固有の（特性としての）透過率と比較することによって、半導体レーザから出射されたレーザ光の波長の変動を求めることを可能にしている。

30

【0005】

このように、特許文献 1 に記載のパッケージ（レーザモジュール）は、半導体レーザから出射されてコリメートレンズを通過した後方光を、ビームスプリッタで分岐させることで、半導体レーザから出射されたレーザ光の強度や波長の変動を求めることを可能にしている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

40

【特許文献 1】特開 2002 - 171023 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

上述した通り、特許文献 1 に記載のパッケージは、半導体レーザから出射されたレーザ光の強度や波長の変動を求めるために、光を分岐させるビームスプリッタを有する。このビームスプリッタは、各半導体レーザから出射される波長の異なる全てのレーザ光を分岐させる必要があるため、半導体レーザや光検知器と比較して、大型である。よって、特許文献 1 に記載のパッケージ（レーザモジュール）は、小型化が困難であるという問題点があった。

50

【 0 0 0 8 】

本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、小型化が容易なレーザモジュールを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、この発明に係るレーザモジュールのレーザ部は、レーザ光を出射するレーザ素子が複数配置される。コリメートレンズは、レーザ部から出射されたレーザ光の各々を受光し、各々のレーザ光を平行光にして出射する。出力部は、コリメートレンズから出射された平行光の各々を受光し、各々の平行光の強度に応じた信号を出力する。更に、出力部は、コリメートレンズから出射された平行光が伝搬する経路上であり、且つ、出射された平行光の各々の全てについて平行光の一部分を受光する位置に配置される。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 2】コリメートレンズから出射された平行光の強度の分布を示す図である。

20

【図 3】受光電流の和のシミュレーション結果を示す図である。

【図 4】シミュレーションにおけるレーザモジュールの構成図である。

【図 5】電界強度のシミュレーション結果を示す図である。

【図 6】本発明の実施の形態 2 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 7】本発明の実施の形態 3 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 8】本発明の実施の形態 4 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 9】本発明の実施の形態 5 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 10】本発明の実施の形態 6 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 11】本発明の実施の形態 7 に係るレーザモジュールの構成図である。

【図 12】本発明の実施の形態 8 に係るレーザモジュールの構成図である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

(実施の形態 1)

以下、本発明の実施の形態 1 に係るレーザモジュール 100 を、図 1 ~ 5 を参照して説明する。

【 0 0 1 3 】

レーザモジュール 100 は、レーザ光の各々の全てについてレーザ光の一部分を受光することで、レーザ光の強度を求めることを可能にする。これにより、レーザモジュール 100 は、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

40

【 0 0 1 4 】

レーザモジュール 100 は、半導体基板 1 と、コリメートレンズ 2 と、フォトダイオード 31, 32 と、を備えている。

【 0 0 1 5 】

半導体基板 1 は、レーザ部 20 と、光合波器 11 と、光増幅器 12 と、これらを接続する光導波路と、を備えている。なお、半導体基板 1 に形成された配線や電極パッド等は、図示を省略している。

【 0 0 1 6 】

レーザ部 20 は、7つの半導体レーザ素子 21 ~ 27 を有する。半導体レーザ素子 21 ~ 27 は、それぞれで異なる波長のレーザ光を出射するレーザダイオードである。各半導

50

体レーザ素子 21 ~ 27 は、所定の電圧が印加されると、各短辺上に存在する各出射点から、レーザ光を出射する。具体的には、各半導体レーザ素子 21 ~ 27 は、コリメートレンズ 2 の方向および光合波器 11 の方向へ（2 方向へ）、レーザ光を出射する。半導体レーザ素子 21 ~ 27 の光合波器 11 側にある出射点は、光導波路を介して光合波器 11 に接続されている。

【0017】

半導体レーザ素子 21 ~ 27 のコリメートレンズ 2 側にある出射点は、コリメートレンズ 2 の焦点となる位置に配置されている。加えて、半導体レーザ素子 21 および半導体レーザ素子 27 の出射点は、半導体レーザ素子 24 の出射点を基準として、それぞれ、0.3 mm 離れた位置に配置されている。また、半導体レーザ素子 22 および半導体レーザ素子 26 の出射点は、半導体レーザ素子 24 の出射点を基準として、それぞれ、0.2 mm 離れた位置に配置されている。また、半導体レーザ素子 23 および半導体レーザ素子 25 の出射点は、半導体レーザ素子 24 の出射点を基準として、それぞれ、0.1 mm 離れた位置に配置されている。

10

【0018】

光合波器 11 は、各半導体レーザ素子 21 ~ 27 から光合波器 11 の方向へ出射された各レーザ光を合波して、光増幅器 12 へ出力する。光合波器 11 の入力は、光導波路を介して、半導体レーザ素子 21 ~ 27 の光合波器 11 側にある出射点に接続され、光合波器 11 の出力は、光導波路を介して、光増幅器 12 に接続されている。

20

【0019】

光増幅器 12 は、光合波器 11 から出力された合波後のレーザ光を増幅する。光増幅器 12 の入力は、光導波路を介して、光合波器 11 の出力に接続され、光増幅器 12 の出力は、光導波路に接続されている。光増幅器 12 から出力されたレーザ光は、光導波路を介して、半導体基板 1 の端部から出力される。

【0020】

コリメートレンズ 2 は、半導体レーザ素子 21 ~ 27 のコリメートレンズ 2 側にある出射点から出射された拡散光であるレーザ光の各々を受光し、各々のレーザ光を平行光にして出射する。詳細には、コリメートレンズ 2 は、受光した各々のレーザ光を、ガウシアン分布の強度を示す平行光にして出射する。

30

【0021】

この平行光のうち、例えば、半導体レーザ素子 21 から出射されたレーザ光における平行光は、経路 41 を伝搬する。また、半導体レーザ素子 24 から出射されたレーザ光における平行光は、経路 44 を伝搬し、半導体レーザ素子 27 から出射されたレーザ光における平行光は、経路 47 を伝搬する。

【0022】

経路 41 および経路 47 は、各経路のうち最も外側に存在する。つまり、図示しない経路 42 ~ 46 は、経路 41 および経路 47 に挟まれる形となる。

【0023】

ここで、コリメートレンズ 2 から出射された各平行光の強度の分布は、図 2 に示す通りである。

40

【0024】

コリメートレンズ 2 から出射された各平行光（各半導体レーザ素子 21 ~ 27 から出射されたレーザ光に対応する平行光）の強度は、前述の通り、ガウシアン分布を示す。ガウシアン分布では、 x 座標を示す P_x がゼロであるとき、 y 座標を示す P_y は最大の強度を示す。また、ガウシアン分布では、 P_x から離れるに連れて強度が減衰する。ここで、最大の強度を示す P_y の $1/e^2$ 倍（ $0.135 \times P_y$ 倍）の強度になるガウシアン分布上の位置から平行光の中心軸までの最短距離が、平行光のビーム半径 w である。なお、平行光の中心軸とは、平行光の強度が最大の強度 P_y となる y 軸上の線、言い換えれば、ガウシアン分布の対称軸である。

【0025】

50

図 1 に示すフォトダイオード 3 1 , 3 2 は、コリメートレンズ 2 が出射した平行光の一部を、一辺が 3 0 0 μm の正方形の受光領域 J で受光し、受光した平行光の強度に応じた信号 (電流) を出力する。具体的には、フォトダイオード 3 1 , 3 2 は、受光領域 J で受光した平行光の一部の強度が強くなると、出力する電流を大きくする一方、受光領域 J で受光した平行光の一部の強度が弱くなると、出力する電流を小さくする。なお、以後、フォトダイオード 3 1 , 3 2 が出力する電流を受光電流と称する。

【 0 0 2 6 】

フォトダイオード 3 1 , 3 2 からそれぞれ出力される受光電流によって、各平行光の強度を求めることができる。具体的には、フォトダイオード 3 1 , 3 2 からそれぞれ出力される受光電流を加算して受光電流の和を測定する測定器 (例えば、パーソナルコンピュータ、不図示) に、平行光の強度と受光電流の和とを対応付けたテーブルを記憶させておくことで、測定器は、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の受光電流の和から、各平行光の強度を求めることができる。これを可能にするのが、レーザモジュール 1 0 0 である。

10

【 0 0 2 7 】

フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J は、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 の配置方向に平行に、且つ、コリメートレンズ 2 の光軸に垂直に交わる直線上に、コリメートレンズ 2 の方向を向いて配置される。この配置により、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J は、コリメートレンズ 2 から出射された平行光が伝搬する経路 4 1 ~ 4 7 上に、具体的には、平行光の経路 4 1 ~ 4 7 の全てを互いの受光領域 J で挟む位置に、配置される。また、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J のそれぞれは、コリメートレンズ 2 の光軸を中点として互いに等間隔に配置されている。

20

【 0 0 2 8 】

このように配置することで、フォトダイオード 3 1 , 3 2 を、平行光の各々の中心軸から離れた位置に配置することができる。これにより、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J は、コリメートレンズ 2 から出射された平行光の各々の全てについて、平行光の一部を受光することができる。

【 0 0 2 9 】

このフォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J 同士の間隔と、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の受光電流の和との関係は、図 3 に示す通りである。

【 0 0 3 0 】

この図 3 では、グラフの縦軸は、フォトダイオード 3 1 で出力される受光電流とフォトダイオード 3 2 で出力される受光電流との和 (受光電流の和) を示し、グラフの横軸は、フォトダイオード 3 1 とフォトダイオード 3 2 とを結ぶ直線上における、コリメートレンズ 2 から出射された平行光の各々 (半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 から出射されたレーザ光の各々に対応) の中心軸からコリメートレンズ 2 の光軸までの距離を示している。なお、横軸では、半導体レーザ素子 2 5 ~ 2 7 から出射された後、コリメートレンズ 2 から出射された平行光の各々の中心軸からコリメートレンズ 2 の光軸までの距離を負数で表し、半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 3 から出射された後、コリメートレンズ 2 から出射された平行光の各々の中心軸からコリメートレンズ 2 の光軸までの距離を正数で表している。

30

【 0 0 3 1 】

また、図 3 では、コリメートレンズ 2 から出射された平行光の各々のビーム半径 w が 0 . 4 mm であり、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 の出力電力が 1 0 mW であった場合を示している。

40

【 0 0 3 2 】

更に、図 3 では、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d を、次の 7 つの場合としたときのシミュレーション結果を示している。即ち、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d を、ビーム半径 w の 2 . 5 倍である 1 . 0 mm、ビーム半径 w の 3 . 0 倍である 1 . 2 mm、ビーム半径 w の 4 . 0 倍である 1 . 6 mm、ビーム半径 w の 5 . 0 倍である 2 . 0 mm、ビーム半径 w の 6 . 0 倍である 2 . 4 mm、ビーム半径 w の 7 . 0 倍である 2 . 8 mm、ビーム半径 w の 8 . 0 倍である 3 . 2 mm としたときの、各シミュレーション結

50

果を示している。

【0033】

図3に示すように、半導体レーザ素子24から出力されたレーザ光に対応する平行光を受光した場合の受光電流の和は、フォトダイオード31, 32同士の間隔dに拘わらず、その他の平行光を受光した場合の受光電流の和と比較して、小さい値を示す。

【0034】

これは、半導体レーザ素子24から出力されたレーザ光に対応する平行光が、その他の平行光と異なり、フォトダイオード31およびフォトダイオード32のどちらの受光領域Jからも最も離れており、最も受光し難いことによる。

【0035】

また、受光電流の和は、全体の傾向として、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが大きくなるに連れて、小さくなっていく。これは、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが大きくなるに連れて、フォトダイオード31およびフォトダイオード32の各受光領域Jで受光される平行光の一部分の強度が弱くなるためである。

【0036】

ここで、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの7.0倍(2.8mm)である場合の受光電流の和は、最大値が約 $7 \times 10^{-3} \mu A$ であり、最小値が約 $3 \times 10^{-6} \mu A$ である。即ち、受光電流の和の最小値は、最大値に対して、約2300分の1倍となっている。

【0037】

更に、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの8.0倍(3.2mm)である場合の受光電流の和は、最大値が約 $8 \times 10^{-9} \mu A$ であり、最小値が約 $8 \times 10^{-13} \mu A$ である。即ち、受光電流の和の最小値は、最大値に対して、約10000分の1倍となっている。

【0038】

一方で、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの6.0倍(2.4mm)である場合は、最大値が約 $7 \times 10^{-1} \mu A$ であり、最小値が約 $1 \times 10^{-3} \mu A$ である。即ち、受光電流の和の最小値は、最大値に対して、約700分の1倍であり、1000分の1以内に留まっている。

【0039】

このように、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの7.0倍(2.8mm)以上になると、フォトダイオード31, 32の各受光領域Jで受光される平行光の一部分の強度が弱くなり(平行光の一部分を受光し難くなり)、受光電流の和の最大値に対する最小値の倍率が、1000分の1倍を大きく下回り始める。

【0040】

ここで、受光電流の和の最小値が最大値の1000分の1倍を大きく下回る場合、最小値を測定するためには、大きなダイナミックレンジを持つ測定器が必要となる。つまり、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの7.0倍(2.8mm)以上になると、大きなダイナミックレンジを持つ測定器以外では、受光電流の和の最小値を測定することが困難になる。

【0041】

また、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの7.0倍(2.8mm)以上になると、電流値が、 $1 \times 10^{-3} \mu A$ を下回る。電流値が $1 \times 10^{-3} \mu A$ を下回る場合、その電流値の測定結果は、一般的に、測定器の熱雑音に埋もれる。このような観点からも、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの7.0倍(2.8mm)以上になると、受光電流の和の最小値を測定することが困難となる。

【0042】

つまり、フォトダイオード31, 32同士の間隔dがビーム半径wの7.0倍(2.8mm)以上になる場合、ダイナミックレンジの観点および電流値測定の観点から、受光電流の和を測定することが困難になり、結果、各平行光の強度を求めることが困難になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

しかし、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d をビーム半径 w の 6 . 0 倍 (2 . 4 mm) 以下にした場合は、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J で受光される平行光の一部分の強度が確保できることから、受光電流の和の最小値を、最大値の 1 0 0 0 分の 1 倍以内に留めることができる。加えて、受光電流の最小値を、約 $1 \times 10^{-3} \mu A$ 程度にすることができる。よって、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d をビーム半径 w の 6 . 0 倍 (2 . 4 mm) 以下にすることで、レーザモジュール 1 0 0 では、受光電流の和の測定を可能にし、結果、各平行光の強度を求めることを可能にしている。

【 0 0 4 4 】

次に、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d をどこまで狭くできるかを、図 4 および図 5 を用いて説明する。

10

【 0 0 4 5 】

図 4 は、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d をどこまで狭くできるかの検討で使用したシミュレーションにおける構成を示している。

【 0 0 4 6 】

このシミュレーションでは、コリメートレンズ 2 から出射された経路 4 5 を伝搬する平行光 (半導体レーザ素子 2 5 から出射されたレーザ光に対応する平行光) の観測面 4 における電界強度の分布が、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d を変化させるとどのように変化するかの結果を得た。

【 0 0 4 7 】

ここで、このシミュレーションでは、半導体レーザ素子 2 5 から出射された後にコリメートレンズ 2 から出射される平行光とコリメートレンズ 2 の光軸とのなす角度が約 5 度になるように、半導体レーザ素子 2 5 から出射されたレーザ光をコリメートレンズ 2 に入射させている。

20

【 0 0 4 8 】

また、このシミュレーションでは、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d を通過した平行光が照射される観測面 4 を、次の位置に配置している。即ち、観測面 4 を、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の受光領域 J から光軸水平方向 (コリメートレンズ 2 の光軸に平行になる方向) へ 5 . 0 mm 離れた位置に配置している。

【 0 0 4 9 】

また、このシミュレーションでは、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の受光領域 J を、コリメートレンズ 2 の対称軸から光軸水平方向へ 2 . 0 mm 離れた位置に配置している。

30

【 0 0 5 0 】

加えて、このシミュレーションでは、観測面 4 に平行光が照射された際にできる照射領域 5 5 の中心 O (拡大図参照) を基準として、光軸垂直方向へ最大 $\pm 0 . 6$ mm 離れた場合における平行光の電界強度の分布を得た (拡大図参照) 。ここで、光軸垂直方向とは、コリメートレンズ 2 の光軸に垂直に交わり、且つ、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 の配置方向に平行になる方向を示している。

【 0 0 5 1 】

なお、このシミュレーションでは、コリメートレンズ 2 から出射された平行光 (半導体レーザ素子 2 5 から出射されたレーザ光に対応する平行光) のビーム半径 w を、図 3 の場合と同様、0 . 4 mm にしている。

40

【 0 0 5 2 】

上述した条件で、フォトダイオード 3 1 , 3 2 同士の間隔 d を、ビーム半径の 2 . 5 倍である 1 . 0 mm、ビーム半径 w の 3 . 0 倍である 1 . 2 mm、ビーム半径 w の 4 . 0 倍である 1 . 6 mm、ビーム半径 w の 5 . 0 倍である 2 . 0 mm としたときの各シミュレーション結果を、図 5 (a) ~ 図 5 (d) に示す。なお、図 5 (a) ~ 図 5 (d) では、縦軸は、電界強度の最大値で規格化した電界強度の強弱を示し、横軸は、光軸垂直方向の位置 (照射領域 5 5 の中心 O を 0 . 0 mm とした直線上の位置) を示している。

【 0 0 5 3 】

50

図5(a)に示すように、フォトダイオード31, 32同士の間隔dがビーム半径wの2.5倍(1.0mm)である場合、間隔dを通過した平行光には、電界強度の乱れが発生している。即ち、この場合の平行光は、ガウシアン分布(図2参照)が崩れている。

【0054】

これは、フォトダイオード32によって経路45が遮られ、フォトダイオード32による回折光や反射光が経路45を伝搬する平行光に合成されるためである。

【0055】

一方、図5(b)に示すように、フォトダイオード31, 32同士の間隔dがビーム半径wの3.0倍(1.2mm)である場合、間隔dを通過した平行光の電界強度の乱れが若干に留まっている。よって、この場合の平行光は、理想的なガウシアン分布(図2参照)に近いものとなっている。

10

【0056】

更に、図5(c)および図5(d)に示すように、フォトダイオード31, 32同士の間隔dが、ビーム半径wの4.0倍(1.6mm)である場合や、ビーム半径wの5.0倍(2.0mm)である場合、間隔dを通過した平行光には、電界強度の乱れが殆ど発生しない。このため、この場合の平行光は、理想的なガウシアン分布(図2参照)に極めて近いものとなっている。

【0057】

このように、フォトダイオード31, 32同士の間隔dがビーム半径wの3.0倍(1.2mm)以上である場合、間隔dを通過した平行光は、理想的なガウシアン分布(図2参照)に近いものとなる。

20

【0058】

このため、レーザモジュール100では、フォトダイオード31, 32同士の間隔dをビーム半径wの3.0倍(1.2mm)以上にすることで、受光電流の和の測定を可能にし、結果、各平行光の強度を求めることを可能にしている。

【0059】

上述した図5のシミュレーション結果および図3のシミュレーション結果に基づき、実施の形態1に係るレーザモジュール100は、フォトダイオード31, 32同士の間隔dを、コリメートレンズ2から出射された平行光のビーム半径の3.0倍以上、且つ、平行光のビーム半径の6.0倍以下にしている。これにより、レーザモジュール100は、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ、平行光の一部分の受光であっても受光電流の和の測定を可能にする間隔を実現している。よって、レーザモジュール100によれば、受光電流の和の測定を可能にし、結果、各平行光の強度を求めることを可能にしている。

30

【0060】

このように、実施の形態1に係るレーザモジュール100では、フォトダイオード31, 32の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ(平行光への影響を抑制しつつ)、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール100は、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

【0061】

ここで、フォトダイオード31, 32同士の間隔dは、上述の通り、コリメートレンズ2から出射された平行光のビーム半径wに依存する。このため、フォトダイオード31, 32同士の間隔dに影響を与えない次の値は、実施の形態1で示した値に限ることなく、自由に設定することができる。即ち、各半導体レーザ素子21~27の配置間隔や配置個数、コリメートレンズ2の形状や大きさ、フォトダイオード31, 32の形状や大きさ、受光領域Jの形状や大きさ、各半導体レーザ素子21~27の出力電力は、コリメートレンズ2から出射された光が平行光である限り、自由に設定することができる。

40

【0062】

また、図4におけるシミュレーションでは、半導体レーザ素子25から出射された後にコリメートレンズ2から出射される平行光とコリメートレンズ2の光軸とのなす角度が約

50

5度になるように、半導体レーザ素子25から出射されたレーザ光をコリメートレンズ2に入射させたが、コリメートレンズ2から出射された光が平行光である限り、約5度に限られず、自由に設定することができる。

【0063】

加えて、図4におけるシミュレーションでは、平行光が照射される観測面4を、フォトダイオード31, 32の受光領域Jから光軸水平方向へ5.0mm離れた位置に配置し、フォトダイオード31, 32の受光領域Jを、コリメートレンズ2の対称軸から光軸水平方向へ2.0mm離れた位置に配置したが、コリメートレンズ2から出射された光が平行光である限り、観測面4の位置および受光領域Jの位置は、自由に設定することができる。

10

【0064】

また、上述の通り、フォトダイオード31, 32同士の間隔dは、コリメートレンズ2から出射された平行光のビーム半径wに依存する。このため、コリメートレンズ2から出射された平行光のビーム半径wを変えたい場合は、変えたいビーム半径wに合わせて、フォトダイオード31, 32同士の間隔dを、実施の形態1で示した構成に基づいて変化させればよい。よって、コリメートレンズ2から出射された平行光のビーム半径wも、自由に設定することができる。

【0065】

(実施の形態2)

次に、本発明の実施の形態2に係るレーザモジュール101を、図6を参照して説明する。レーザモジュール101は、実施の形態1に係るレーザモジュール100の一部を変更したものである。具体的には、レーザモジュール101は、レーザモジュール100から、フォトダイオード32を無くしたものである。よって、レーザモジュール101では、レーザモジュール100と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

20

【0066】

レーザモジュール101は、フォトダイオード31だけを用いて、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ、平行光の一部分の受光であっても受光電流の和の測定を可能にしている。

【0067】

レーザモジュール101では、フォトダイオード31の受光領域Jは、各半導体レーザ素子21~27の配置方向に平行、且つ、コリメートレンズ2の光軸に垂直に交わる直線上に、コリメートレンズ2の方向を向いて配置される。この配置により、フォトダイオード31の受光領域Jは、コリメートレンズ2から出射された平行光が伝搬する経路41~47上に配置される。

30

【0068】

また、フォトダイオード31の受光領域Jは、コリメートレンズ2の光軸を基点として、その基点から距離hになる位置に配置されている。

【0069】

このように配置することで、フォトダイオード31を、平行光の各々の中心軸から離れた位置に配置することができる。これにより、フォトダイオード31の受光領域Jは、コリメートレンズ2から出射された平行光の各々の全てについて、平行光の一部分を受光することができる。

40

【0070】

ここで、フォトダイオード31の受光領域Jが配置される距離hは、実施の形態1に係るレーザモジュール100におけるフォトダイオード31, 32同士の間隔dの半分の距離である。具体的には、フォトダイオード31の受光領域Jが配置される距離hは、コリメートレンズ2の光軸を基点として、平行光のビーム半径wの1.5倍以上離れ、且つ、ビーム半径wの3.0倍以下離れた距離である。

【0071】

50

この距離にした理由について、まずは、ビーム半径 w の 1.5 倍以上離れた位置に、フォトダイオード 31 を配置する理由から説明する。

【0072】

これは、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 100 において、間隔 d を通過した平行光の電界強度を乱さないことを理由に、フォトダイオード 31, 32 同士の間隔 d を、コリメートレンズ 2 の光軸を中点として、ビーム半径 w の 3.0 倍以上にした。つまり、フォトダイオード 31 およびフォトダイオード 32 のそれぞれを、コリメートレンズ 2 の光軸を基点にして、平行光のビーム半径 w の 1.5 倍以上離れた位置に配置した。この技術を適用し、フォトダイオード 31 のみを使用するレーザモジュール 101 でも、フォトダイオード 31 を、コリメートレンズ 2 の光軸を基点として、平行光のビーム半径 w の 1.5 倍以上離れた位置に配置した。

10

【0073】

次に、ビーム半径 w の 3.0 倍以下離れた位置に、フォトダイオード 31 を配置する理由を説明する。

【0074】

これは、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 100 において、フォトダイオード 31, 32 の受光電流の観点から、具体的には、ダイナミックレンジの観点および電流値測定の観点から、フォトダイオード 31, 32 同士の間隔 d を、コリメートレンズ 2 の光軸を中点として、ビーム半径 w の 6.0 倍以上にした。つまり、フォトダイオード 31 およびフォトダイオード 32 のそれぞれを、コリメートレンズ 2 の光軸を基点にして、平行光のビーム半径 w の 3.0 倍以上離れた位置に配置した。この技術を適用し、フォトダイオード 31 のみを使用するレーザモジュール 101 でも、フォトダイオード 31 を、コリメートレンズ 2 の光軸を基点として、平行光のビーム半径 w の 3.0 倍以下離れた位置に配置した。

20

【0075】

このように、レーザモジュール 101 では、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 100 での技術を適用し、フォトダイオード 31 が配置される距離 h を決定している。よって、レーザモジュール 101 は、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ（平行光への影響を抑制しつつ）、平行光の一部分の受光であっても受光電流の和の測定を可能にしている。従って、レーザモジュール 101 によれば、受光電流の和の測定を可能にし、結果、各平行光の強度を求めることを可能にしている。

30

【0076】

このように、実施の形態 2 に係るレーザモジュール 101 では、フォトダイオード 31 の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ（平行光への影響を抑制しつつ）、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール 101 は、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

【0077】

（実施の形態 3）

次に、本発明の実施の形態 3 に係るレーザモジュール 102 を、図 7 を参照して説明する。レーザモジュール 102 は、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 100 の一部を変更したものである。よって、レーザモジュール 102 では、レーザモジュール 100 と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

40

【0078】

レーザモジュール 102 は、半導体基板 1 と、コリメートレンズ 2 と、フォトダイオード 31, 32 と、エタロン 5 と、照射用フォトダイオード 6 と、を備える。

【0079】

即ち、レーザモジュール 102 は、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 100 に、エタロン 5 および照射用フォトダイオード 6 を加えたものである。

【0080】

50

エタロン 5 は、コリメートレンズ 2 から出射された平行光が伝搬する経路 4 1 ~ 4 7 の全てを遮る位置に配置される。

【 0 0 8 1 】

このエタロン 5 は、2 枚の反射鏡を平行に向かい合わせたものである。エタロン 5 は、2 枚の反射鏡の間を多重反射する各反射光の光路差が波長の整数倍になるように、エタロン 5 の長さやレーザ光に対するエタロン 5 の角度を調整することで、所望の平行光を通過（透過）させる一方、所望でない平行光の通過（透過）を抑制するフィルタである。このため、エタロン 5 は、平行光の波長に応じた透過率で平行光を透過させる。この結果、エタロン 5 を透過する平行光の強度は、波長に依存する。

【 0 0 8 2 】

ここで、エタロン 5 の固有の透過率（波長依存性）は、例えば、次のようにして求めることができる。即ち、波長を変えることができる光源から拡散光を出射し、その拡散光をコリメートレンズで平行光に変換し、その平行光をフォトダイオードで受光して、受光電流を測定する。

【 0 0 8 3 】

次に、フォトダイオードをエタロン 5 の後段に配置して、コリメートレンズで変換された平行光をエタロン 5 に入射させ、エタロン 5 を透過した透過光をフォトダイオードで受光し、受光電流を測定する。

【 0 0 8 4 】

そして、エタロン 5 を透過しなかった場合の平行光による受光電流と、エタロン 5 を透過した場合の平行光による受光電流との比を求める。これを、任意の波長間隔で実行することで、エタロン 5 の固有の透過率を、特定の波長の範囲で求めることができる。

【 0 0 8 5 】

照射用フォトダイオード 6 は、エタロン 5 を透過した平行光を、一辺が 9 0 0 μm の正方形の受光領域で受光し、受光した平行光の各々の強度に応じた信号（電流）を出力する。具体的には、照射用フォトダイオード 6 は、受光領域で受光した平行光の強度が強くなると、出力する受光電流を大きくする一方、受光領域で受光した平行光の強度が弱くなると、出力する受光電流を小さくする。

【 0 0 8 6 】

上述したエタロン 5 および照射用フォトダイオード 6 を備えるレーザモジュール 1 0 2 は、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 1 0 1 と同様、フォトダイオード 3 1 , 3 2 を用いて、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ、平行光の一部分の受光でも受光電流の和の測定を可能にすることに加え、波長依存性を持つエタロン 5 の透過率を利用することで、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 で発生し得るレーザ光の波長変動の検出を可能にしている。このレーザ光の波長変動は、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 の温度変化や経時変化によって発生する。

【 0 0 8 7 】

レーザ光の波長変動は、次のようにして検出することができる。

【 0 0 8 8 】

まず、半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 のうちの 1 つから、レーザ光を出射させる。次に、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の受光電流の和と、照射用フォトダイオード 6 の受光電流とを、測定器（例えば、パーソナルコンピュータ）で取り込む。そして、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の受光電流の和と照射用フォトダイオード 6 の受光電流との比を、平行光の透過率として、測定器に求めさせる。

【 0 0 8 9 】

そして、測定器に、求めた平行光の透過率と、エタロン 5 の固有の透過率（レーザ光の波長に対応する透過率）とを比較させ、両方の透過率に違いがあるかを判定させる。両方の透過率が一致していなければ、半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の波長に変動が発生している。この構成により、半導体レーザ素子から出射されたレーザ光の波長に変動があるかを検出できる。このとき、測定器に、両方の透過率が一致していれば、一致し

10

20

30

40

50

ている旨の報知を、両方の透過率が一致していなければ、一致していない旨の報知を行わせるようにしてもよい。この報知を利用して、半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 から出射されたレーザ光の波長を特定の波長に合わせるチューニングを行ってもよい。

【 0 0 9 0 】

上述した判定を、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 の全てについて、測定器に実行させることで、温度変化や経時変化によって各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 で発生し得るレーザ光の波長変動を検出することが可能である。また、チューニングを行うことも可能である。

【 0 0 9 1 】

なお、エタロン 5 の固有の透過率は、エタロン 5 の温度変化や経時変化によって変化するものの、その変化は、レーザ光の波長の変動と比較して無視できるほど微小である。

10

【 0 0 9 2 】

上述した通り、レーザモジュール 1 0 2 は、半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 から出射されたレーザ光の波長に変動があるかの検出を可能にしている。また、レーザモジュール 1 0 2 は、半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 から出射されたレーザ光の波長を特定の波長に合わせるチューニングも行うことを可能にしている。

【 0 0 9 3 】

加えて、レーザモジュール 1 0 2 は、前述の通り、実施の形態 1 に係るレーザモジュール 1 0 0 と同様、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ（平行光への影響を抑制しつつ）、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール 1 0 2 も、レーザモジュール 1 0 0 と同様に、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

20

【 0 0 9 4 】

（実施の形態 4）

次に、本発明の実施の形態 4 に係るレーザモジュール 1 0 3 を、図 8 を参照して説明する。レーザモジュール 1 0 3 は、実施の形態 3 に係るレーザモジュール 1 0 2 の一部を変更したものである。よって、レーザモジュール 1 0 3 では、レーザモジュール 1 0 2 と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

【 0 0 9 5 】

レーザモジュール 1 0 3 は、フォトダイオード 3 1 , 3 2 、エタロン 5 および照射用フォトダイオード 6 を、レーザモジュール 1 0 2 と比較して、コリメートレンズ 2 から離れたものである。レーザモジュール 1 0 3 のその他の構成は、レーザモジュール 1 0 2 と同一である。

30

【 0 0 9 6 】

コリメートレンズ 2 は、平行光が伝搬する経路 4 1 ~ 4 7 の全てが 1 つの箇所でお互いのように平行光を出射する。

【 0 0 9 7 】

フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J は、実施の形態 3 に係るレーザモジュール 1 0 2 と同様、各半導体レーザ素子 2 1 ~ 2 7 の配置方向に平行に、且つ、コリメートレンズ 2 の光軸に垂直に交わる直線上に、コリメートレンズ 2 の方向を向いて配置される。また、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J のそれぞれは、コリメートレンズ 2 の光軸を中点として互いに等間隔に配置されている。

40

【 0 0 9 8 】

これに加え、フォトダイオード 3 1 , 3 2 の各受光領域 J は、コリメートレンズ 2 から出射された平行光が伝搬する経路 4 1 ~ 4 7 の全てが交わる 1 つの箇所を、互いで挟む位置に配置されている。

【 0 0 9 9 】

この構成により、レーザモジュール 1 0 3 は、平行光が伝搬する経路 4 1 ~ 4 7 の全てが 1 つの箇所でお互いに交わらない実施の形態 3 に係るレーザモジュール 1 0 2 と異なり、フォト

50

ダイオード 31, 32 の受光電流の和を、半導体レーザ素子 21 ~ 27 のいずれからレーザ光が出射されても、一定にする。よって、レーザモジュール 103 によれば、レーザモジュール 102 と比較して、フォトダイオード 31, 32 の受光電流の和から平行光の強度を精度良く求めることを可能にしている。

【0100】

加えて、レーザモジュール 103 は、実施の形態 3 に係るレーザモジュール 102 と同様、フォトダイオード 31, 32 の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ（平行光への影響を抑制しつつ）、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール 103 も、レーザモジュール 102 と同様に、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

10

【0101】

更に、レーザモジュール 103 は、実施の形態 3 に係るレーザモジュール 102 と同様、レーザ光の波長変動の検出を可能にしている。

【0102】

なお、レーザモジュール 103 では、フォトダイオード 31, 32 の 2 つのフォトダイオードを用いたが、フォトダイオード 31 或いはフォトダイオード 32 の何れか一方を用いてもよい。

【0103】

（実施の形態 5）

次に、本発明の実施の形態 5 に係るレーザモジュール 104 を、図 9 を参照して説明する。レーザモジュール 104 は、実施の形態 3 に係るレーザモジュール 102 の一部を変更したものである。よって、レーザモジュール 104 では、レーザモジュール 102 と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

20

【0104】

レーザモジュール 104 は、レーザモジュール 102 に、フォトダイオード 33 を追加したものである。レーザモジュール 104 のその他の構成は、レーザモジュール 102 と同一である。

【0105】

フォトダイオード 33 は、フォトダイオード 31, 32 と同一の構成である。フォトダイオード 33 の受光領域 J は、各半導体レーザ素子 21 ~ 27 の配置方向に垂直であり、且つ、コリメートレンズ 2 の光軸に垂直に交わる直線上に、コリメートレンズ 2 を向いて配置される。また、フォトダイオード 33 の受光領域 J は、実施の形態 2 に係るレーザモジュール 101 の場合と同様の理由により（平行光の電界強度の乱れを抑えつつ、平行光の一部分の受光でも受光電流の和の測定を可能にするために）、コリメートレンズ 2 の光軸を基点として、平行光のビーム半径 w の 1.5 倍以上離れ、且つ、ビーム半径 w の 3.0 倍以下離れた距離となる位置に配置されている。

30

【0106】

この構成により、レーザモジュール 104 では、フォトダイオード 31, 32, 33 の 3 つのフォトダイオードの受光電流の和を用いて、測定器（例えば、パーソナルコンピュータ）に、平行光の強度を求めさせることを可能にしている。

40

【0107】

また、レーザモジュール 104 では、実施の形態 3 に係るレーザモジュール 102 の技術を適用することで、測定器（例えば、パーソナルコンピュータ）に、フォトダイオード 31, 32, 33 の受光電流の和と、照射用フォトダイオード 6 の受光電流との比から、平行光の透過率を求めさせ、これを用いて、レーザ光の波長変動を検出させることを可能としている。

【0108】

このように、レーザモジュール 104 では、フォトダイオードを 3 つ用いているので、フォトダイオードを 2 つ用いるレーザモジュール 102 と比較して、平行光の強度を精度

50

良く求めることを可能にすることに加え、レーザ光の波長変動の検出も精度良く行うことを可能にしている。

【0109】

加えて、レーザモジュール104では、レーザモジュール102と同様、フォトダイオード31, 32の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ(平行光への影響を抑制しつつ)、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール104も、レーザモジュール102と同様に、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

【0110】

なお、レーザモジュール104では、フォトダイオード31, 32, 33の3つのフォトダイオードを用いたが、例えば高い精度が要求されない場合には、フォトダイオード31, 32を取り外し、フォトダイオード33だけを使用してもよい。

【0111】

(実施の形態6)

次に、本発明の実施の形態6に係るレーザモジュール105を、図10を参照して説明する。レーザモジュール105は、実施の形態3に係るレーザモジュール102を変更したものである。よって、レーザモジュール105では、レーザモジュール102と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

【0112】

レーザモジュール105は、レーザモジュール102に、集光レンズ8と、フォトダイオード34とを追加したものである。それ以外は、レーザモジュール102と同一である。

【0113】

集光レンズ8は、光増幅器12から出力された出力光(拡散光)を集光して出射するレンズである。

【0114】

フォトダイオード34は、フォトダイオード31, 32と同一の構成である。フォトダイオード34の受光領域Jは、集光レンズ8から出射された光の電界強度の乱れを抑えつつ、光の一部分の受光でも受光電流の測定を可能にできる位置に配置される。

【0115】

フォトダイオード34の受光領域Jは、例えば、各半導体レーザ素子21~27の配置方向に平行であり、且つ、集光レンズ8の光軸と垂直に交わる直線上に配置される。更に、フォトダイオード34の受光領域Jは、例えば、集光レンズ8の光軸を基点として、その基点から、コリメートレンズ2から出射された平行光のビーム半径wの1.5倍以上離れ、且つ、ビーム半径wの3.0倍以下離れた距離となる位置に配置されている。

【0116】

このようにフォトダイオード34を配置することで、レーザモジュール105は、光合波器11や光増幅器12の経時変化の検出を可能にしている。

【0117】

この光合波器11や光増幅器12の経時変化の検出は、例えば、次のようにすればよい。即ち、フォトダイオード34の受光電流およびフォトダイオード31, 32の受光電流の和を、測定器(例えば、パーソナルコンピュータ)に測定の都度、記憶させる。そして、測定器に、フォトダイオード34における受光電流の現在値と過去値との比較、およびフォトダイオード31, 32における受光電流の和の現在値と過去値との比較を行わせる。このとき、フォトダイオード31, 32における受光電流の現在値が過去値と同じであるにも拘わらず、フォトダイオード34における受光電流の現在値が過去値と異なる場合(例えば、低い場合)、測定器に、光合波器11や光増幅器12の経時変化による劣化を示す報知を行わせる。

【0118】

上述した通り、レーザモジュール105は、光合波器11や光増幅器12の経時変化の検出を可能にしている。

【0119】

加えて、レーザモジュール105は、実施の形態3に係るレーザモジュール102と同様、フォトダイオード31, 32の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ(平行光への影響を抑制しつつ)、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール105も、レーザモジュール102と同様に、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

【0120】

更に、レーザモジュール105は、実施の形態3に係るレーザモジュール102と同様、レーザ光の波長変動の検出を可能にしている。

【0121】

(実施の形態7)

次に、本発明の実施の形態7に係るレーザモジュール106を、図11を参照して説明する。レーザモジュール106は、実施の形態6に係るレーザモジュール105を変更したものである。よって、レーザモジュール106では、レーザモジュール105と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

【0122】

レーザモジュール106は、レーザモジュール105で使用された集光レンズ8に代えて、コリメートレンズ9を用いたものである。それ以外の構成は、レーザモジュール105と同一である。

【0123】

コリメートレンズ9は、コリメートレンズ2と同一の構成である。コリメートレンズ9は、光増幅器12から出力された出力光(拡散光)を、平行光へ変換して出射する。

【0124】

なお、フォトダイオード34の受光領域Jは、集光レンズ8からコリメートレンズ9への変更に伴い、例えば、各半導体レーザ素子21~27の配置方向に平行であり、且つ、コリメートレンズ9の光軸と垂直に交わる直線上に配置される。更に、フォトダイオード34の受光領域Jは、例えば、コリメートレンズ9の光軸を基点として、その基点から、コリメートレンズ9から出射された平行光のビーム半径wの1.5倍以上離れ、且つ、ビーム半径wの3.0倍以下離れた距離となる位置に配置されている。

【0125】

これにより、フォトダイオード34の受光領域Jは、コリメートレンズ9から出射された光の電界強度の乱れを抑えつつ、コリメートレンズ9から出射された光の一部分の受光でも受光電流の測定を可能にできる位置に配置される。

【0126】

このように、コリメートレンズ9を用いても、レーザモジュール106は、実施の形態6に係るレーザモジュール105と同様、フォトダイオード34における受光電流の現在値と過去値との比較、およびフォトダイオード31, 32における受光電流の和の現在値と過去値との比較を可能にして、光合波器11や光増幅器12の経時変化の検出を可能にしている。

【0127】

加えて、レーザモジュール106では、実施の形態6に係るレーザモジュール105と同様、フォトダイオード31, 32の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ(平行光への影響を抑制しつつ)、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール106も、レーザモジュール105と同様に、ビームスプリッタが不要であるので、ビームスプリッタを用いたレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

【0128】

10

20

30

40

50

更に、レーザモジュール106は、実施の形態6に係るレーザモジュール105と同様、レーザ光の波長変動の検出を可能にしている。

【0129】

(実施の形態8)

次に、本発明の実施の形態8に係るレーザモジュール107を、図12を参照して説明する。レーザモジュール107は、実施の形態7に係るレーザモジュール106を変更したものである。よって、レーザモジュール107では、レーザモジュール106と同一の構成については同一の番号を付して、その説明を省略する。

【0130】

レーザモジュール107は、レーザモジュール106に、ビームスプリッタ10と、フォトダイオード35とを追加したものである。レーザモジュール107のそれ以外の構成は、レーザモジュール106と同一である。

10

【0131】

ビームスプリッタ10は、コリメートレンズ9から出射された平行光を、コリメートレンズ9の光軸に平行な方向とコリメートレンズ9の光軸に垂直な方向とに分岐させる。

【0132】

フォトダイオード35は、フォトダイオード31, 32と同一の構成である。フォトダイオード35の受光領域Jは、ビームスプリッタ10で分岐された平行光(コリメートレンズ9の光軸に垂直な方向に進む平行光)を遮って受光する位置に配置されている。

【0133】

レーザモジュール107は、ビームスプリッタ10およびフォトダイオード35を用いることで、実施の形態7に係るレーザモジュール106と同様、フォトダイオード35における受光電流の現在値と過去値との比較、およびフォトダイオード31, 32における受光電流の和の現在値と過去値との比較を可能にして、光合波器11や光増幅器12の経時変化の検出を可能にしている。

20

【0134】

加えて、レーザモジュール107は、フォトダイオード31, 32の配置により、平行光の電界強度の乱れを抑えつつ(平行光への影響を抑制しつつ)、平行光の一部分の受光で平行光の強度を求めることを可能にしている。よって、レーザモジュール107によれば、コリメートレンズ9から出射された平行光をビームスプリッタで分岐させ、更には、コリメートレンズ2から出射された平行光もビームスプリッタで分岐させる構成のレーザモジュールと比較して、小型化が容易である。

30

【0135】

更に、レーザモジュール107によれば、実施の形態7に係るレーザモジュール106と同様、レーザ光の波長変動の検出を可能にしている。

【0136】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、この発明は上記の実施の形態に限定されず、種々の変形および応用が可能である。

【0137】

例えば、上述した第6~第8のレーザモジュール105~107では、フォトダイオード34或いはフォトダイオード35における受光電流の現在値と過去値との比較、およびフォトダイオード31, 32における受光電流の和の現在値と過去値との比較を可能にすることで、光合波器11や光増幅器12の経時変化の検出を可能にしたが、これに限られるものではない。即ち、光合波器11や光増幅器12に加えて、光増幅器12の後段に、例えば、光増幅器12から出力された光を変調する変調器が設けられている場合は、上述の比較を可能にすることで、光合波器11や光増幅器12に加え、変調器の経時変化も検出を可能にできる。

40

【0138】

また、例えば、光合波器11や光増幅器12に代えて、変調器のみが半導体基板1に設けられている場合は、上述の比較を可能にすることで、変調器の経時変化の検出を可能に

50

することができる。

【0139】

本発明は、本発明の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、本発明を説明するためのものであり、本発明の範囲を限定するものではない。すなわち、本発明の範囲は、上述した実施の形態ではなく、請求の範囲によって示される。そして、請求の範囲内およびそれと同等の発明の意義の範囲内で施される様々な変形が、本発明の範囲内とみなされる。

【符号の説明】

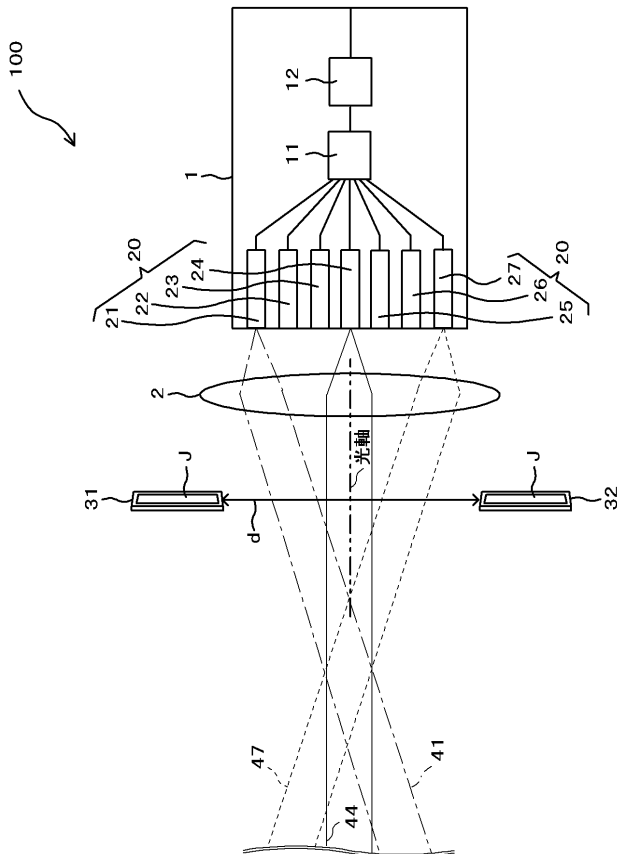
【0140】

- 1 半導体基板
- 2, 9 コリメートレンズ
- 5 エタロン
- 6 照射用フォトダイオード
- 8 集光レンズ
- 10 ビームスプリッタ
- 11 光合波器
- 12 光増幅器
- 20 レーザ部
- 21 ~ 27 半導体レーザ素子
- 31 ~ 35 フォトダイオード
- 41, 44, 47 伝搬経路
- 55 照射領域
- 100 ~ 107 レーザモジュール

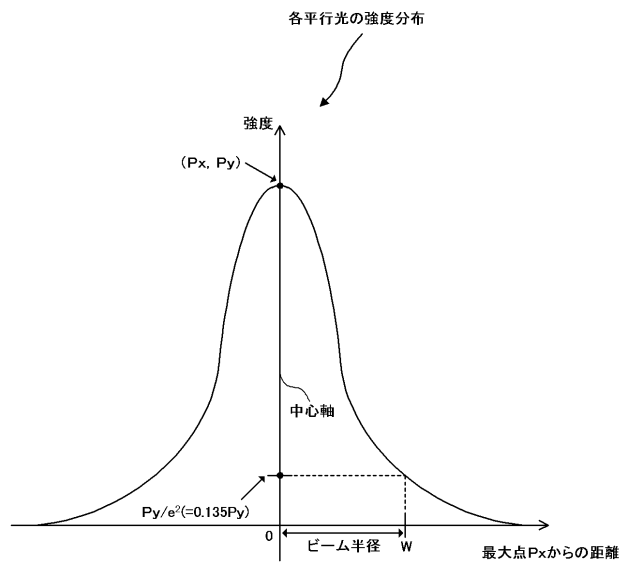
10

20

【図1】



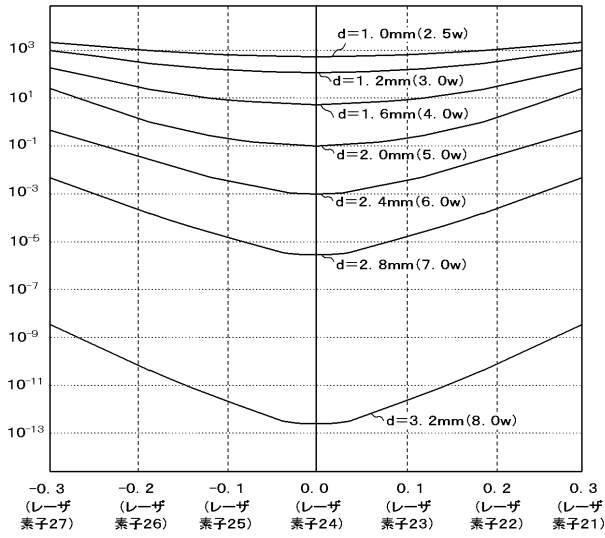
【図2】



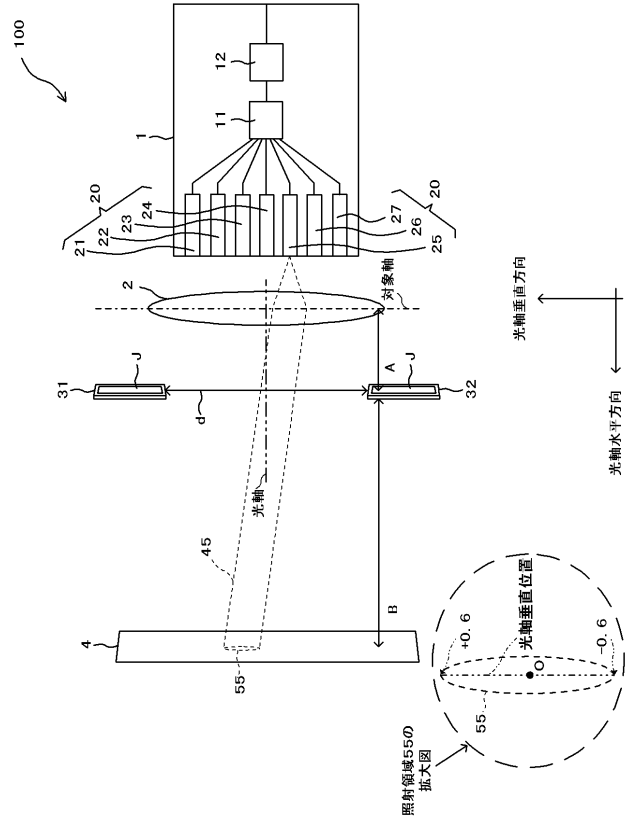
【図3】

※ d:フォトダイオード31, 32の受光領域J同士の間隔
※ w:ビーム半径

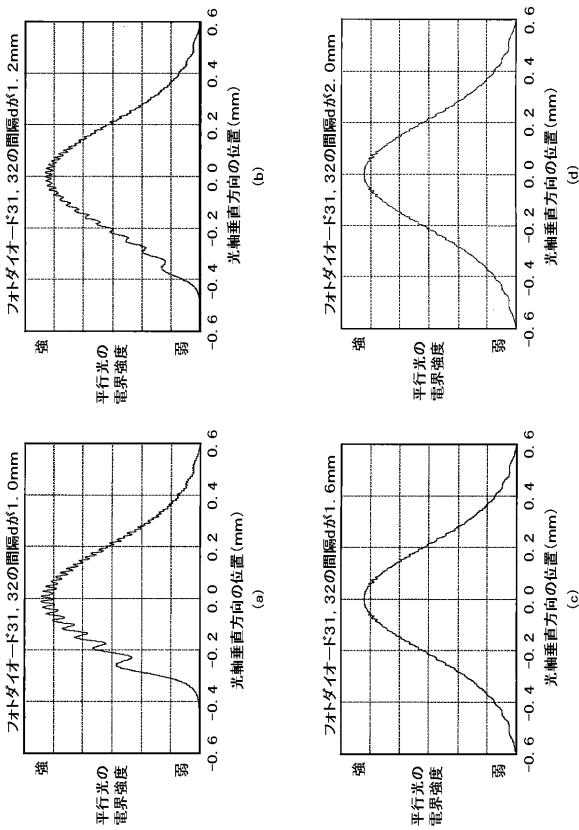
フォトダイオード31, 32の
受光電流の和(μA)



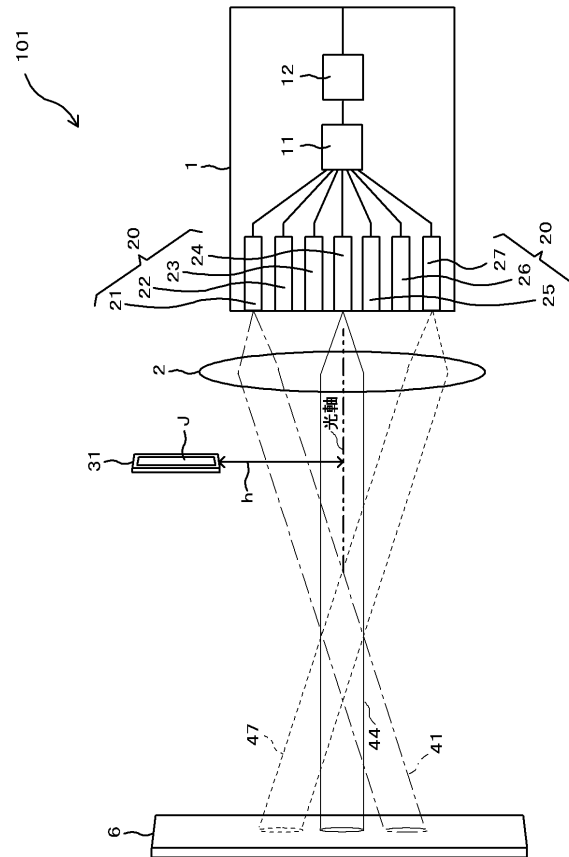
【図4】



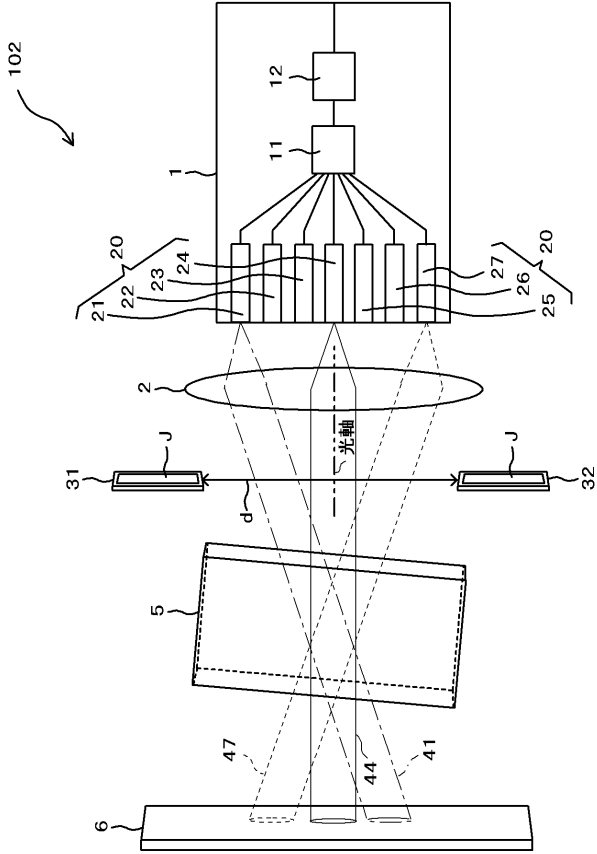
【図5】



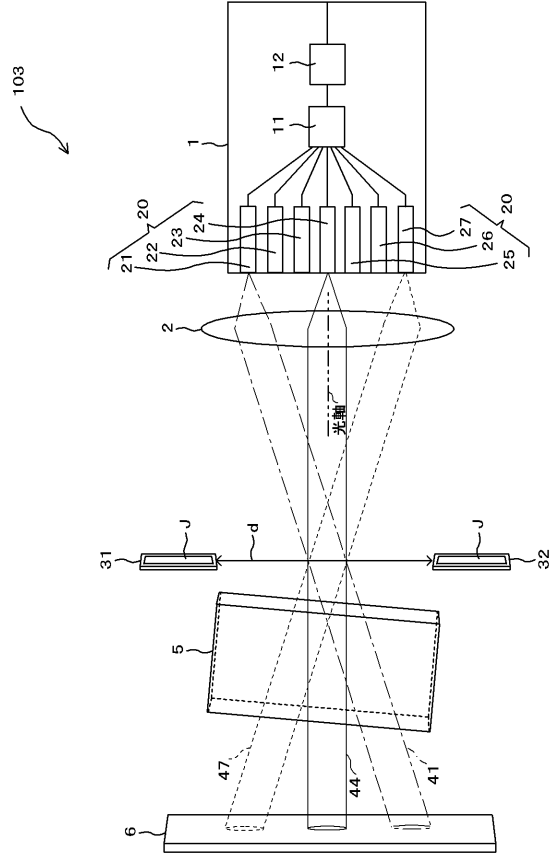
【図6】



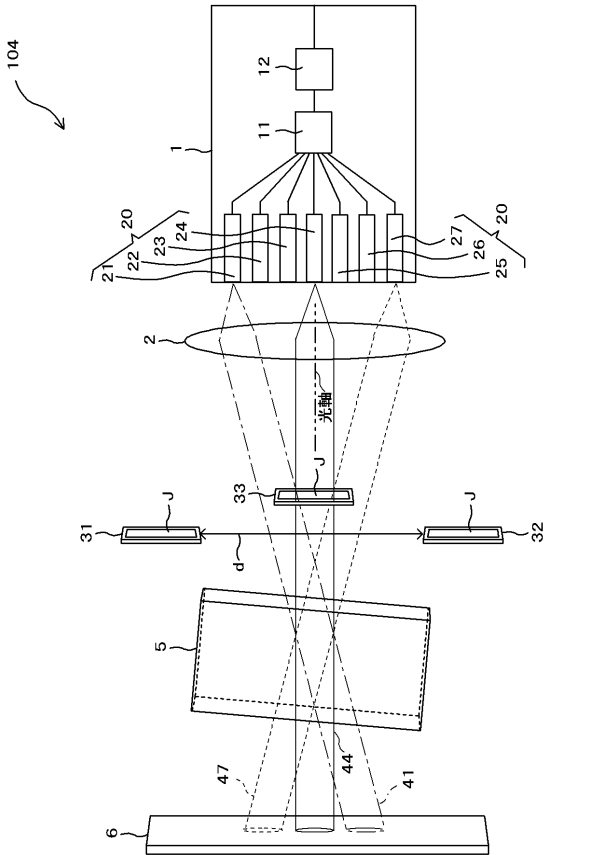
【図 7】



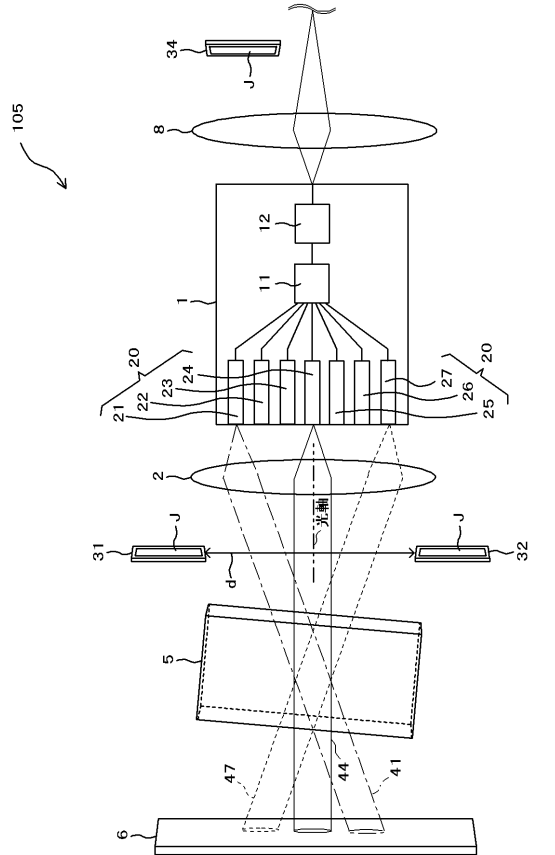
【図 8】



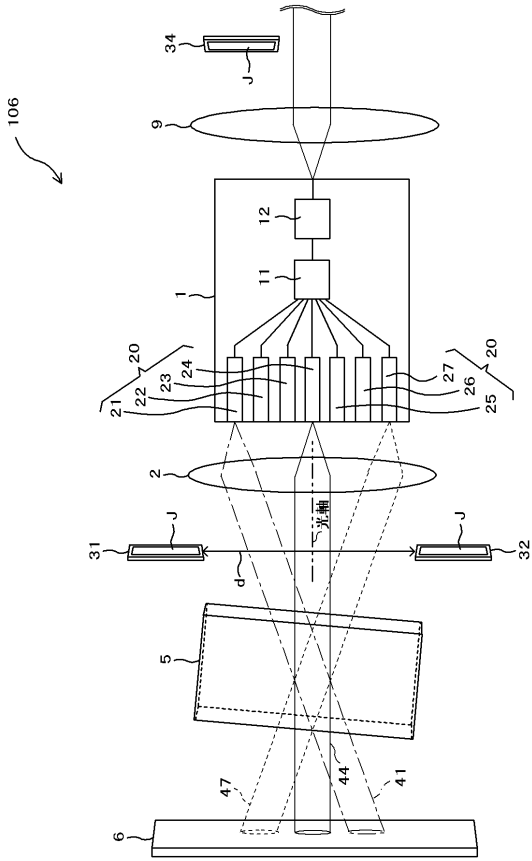
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

