

(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2005-347643

(P2005-347643A)

(43) 公開日 平成17年12月15日(2005. 12. 15)

(51) Int. Cl.⁷H01S 3/10
H01S 5/0687

F I

H01S 3/10
H01S 5/0687

テーマコード (参考)

5F172
5F173

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-167668 (P2004-167668)
(22) 出願日 平成16年6月4日(2004. 6. 4)(71) 出願人 000102212
ウシオ電機株式会社
東京都千代田区大手町2丁目6番1号 朝
日東海ビル19階
(74) 代理人 100108338
弁理士 七條 耕司
(72) 発明者 北橋 直樹
兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウ
シオ電機株式会社内
(72) 発明者 住友 卓
兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウ
シオ電機株式会社内
(72) 発明者 松本 茂樹
兵庫県姫路市別所町佐土1194番地 ウ
シオ電機株式会社内

最終頁に続く

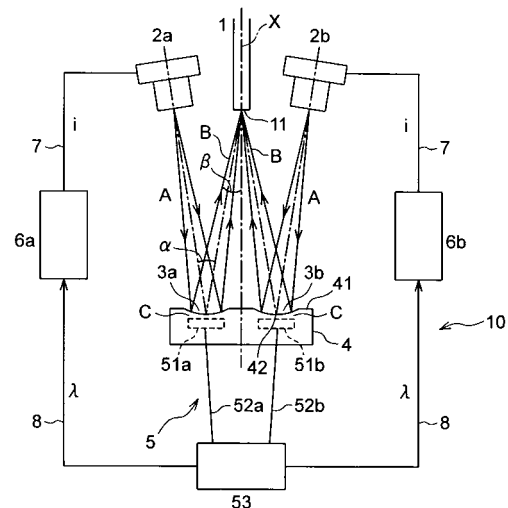
(54) 【発明の名称】 光源装置

(57) 【要約】

【課題】 1個又は複数個の半導体レーザーで構成しても、装置を小型化することが可能であり、かつ、装置から単一の波長の光を出力させることが可能な光源装置を提供すること。

【解決手段】 受光素子1と、受光素子1の外周を囲むように配置された複数の半導体レーザー2a、2b、2c、2dと、複数の半導体レーザー2a、2b、2c、2dから放射された光を反射して受光素子1に集光させる凹面反射鏡3と、凹面反射鏡3に入射した光のピーク波長を検出する発光波長検出手段5と、発光波長検出手段5から出力されるピーク波長の波長差に基づいて、各半導体レーザー2a、2b、2c、2dの発光波長を単一の発光波長に調整する発光波長調整手段6a、6b、6c、6dとを備えることを特徴とする光源装置である。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

受光素子と、該受光素子の外周を囲むように配置された複数の半導体レーザーと、該複数の半導体レーザーから放射される光を反射して前記受光素子に集光させる凹面反射鏡と、該凹面反射鏡に入射した光のピーク波長を検出する発光波長検出手段と、該発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整する発光波長調整手段とを備えることを特徴とする光源装置。

【請求項 2】

前記各半導体レーザーは、電流の大きさによって発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記半導体レーザーの電流を制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 3】

前記各半導体レーザーは、温度の高低によって発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記半導体レーザーの温度を制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 4】

前記各半導体レーザーは、各波長選択素子の角度、屈折率、又は厚さの変化に応じて発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記各発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記各波長選択素子の角度、屈折率、又は厚さを制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 5】

受光素子と、半導体レーザーと、該半導体レーザーから放射された光を複数の光に分波する分波手段と、前記受光素子の外周を囲むように配置され、前記分波された複数の光をそれぞれ増幅する複数の光増幅素子と、該複数の光増幅素子から放射された光を反射して前記受光素子に集光させる凹面反射鏡とを備えることを特徴とする光源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の半導体レーザーから放射された光を凹面反射鏡で合波させる光源装置、又は 1 個の半導体レーザーから放射された光を分波後増幅した光を凹面反射鏡で合波させる光源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、露光装置では、高圧水銀ランプやメタルハライドランプ等の放電ランプを光源として採用し、その放電ランプから放射される光を、例えば反射ミラーやコリメーターレンズ等を利用して平行光に変換して被処理物上に照射している。

しかしながら、このような放電ランプは、一般に使用寿命が短いため頻繁に交換する必要があり、交換作業や交換後の光量調整のための作業に手間がかかり、スループットが低いという問題があった。また、放電ランプは、消費電力が多いため経済的でないという問題もあった。

【0003】

上記のような問題を解決するために、高圧水銀ランプやメタルハライドランプ等の放電ランプに代えて、例えば、特開 2002-202442 号公報に記載されているように、より使用寿命が長く、また消費電力も小さく、小型である、半導体レーザーや発光ダイオードのような発光素子を複数集めて合波させた光源を使用することが知られている。

【特許文献 1】 特開 2002-202442 号

10

20

30

40

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記公報に記載の技術は、複数の半導体レーザーからそれぞれ出射した光を、コリメーターレンズ及び集光レンズからなる集光光学系で光出射方向に集光した上で、受光素子としての光ファイバーに結合させて合波させるものである。そのため、それぞれの半導体レーザーと光ファイバーの間には、光学系によって集光させるために必要な距離に応じて相当の間隔を設ける必要があり、装置が大型化するという問題があった。

【0005】

また、光源として市販されている複数の半導体レーザーを用いた場合、半導体レーザー毎に放射される光のピーク波長にバラツキがあるため、合波後のスペクトルは、その波長幅が半導体レーザー単体の場合よりも広がる、複数の波長にピークを持つという不具合を生じた。その結果、上記露光装置のうち、レンズを用いた投影方式であって微細加工が要求されるもの、例えば、量産機等に用いられるマイクロマシン露光用や半導体露光用の装置においては、レンズで集光または転写する際に、色収差の影響により結像点にぼけを生じ、微細な加工ができないという問題があった。また、レーザーユニットである以上、波長のピークは1つであることが望ましい。

【0006】

本発明の目的は、上記の問題点に鑑み、1個又は複数個の半導体レーザーで構成しても、装置として小型化が可能であり、かつ、単一の波長の光を出力させることが可能な光源装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、上記の課題を解決するために、次のような手段を採用した。

第1の手段は、受光素子と、該受光素子の外周を囲むように配置された複数の半導体レーザーと、該複数の半導体レーザーから放射される光を反射して前記受光素子に集光させる凹面反射鏡と、該凹面反射鏡に入射した光のピーク波長を検出する発光波長検出手段と、該発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整する発光波長調整手段とを備えることを特徴とする光源装置である。

【0008】

第2の手段は、第1の手段において、前記各半導体レーザーは、電流の大きさによって発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記半導体レーザーの電流を制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整することを特徴とする光源装置である。

【0009】

第3の手段は、第1の手段において、前記各半導体レーザーは、温度の高低によって発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記半導体レーザーの温度を制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整することを特徴とする光源装置である。

【0010】

第4の手段は、第1の手段において、前記各半導体レーザーは、各波長選択素子の角度、屈折率、又は厚さの変化に応じて発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記各発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記各波長選択素子の角度、屈折率、又は厚さを制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整することを特徴とする光源装置である。

【0011】

第5の手段は、受光素子と、半導体レーザーと、該半導体レーザーから放射された光を

複数の光に分波する分波手段と、前記受光素子の外周を囲むように配置され、前記分波された複数の光をそれぞれ増幅する複数の光増幅素子と、該複数の光増幅素子から放射された光を反射して前記受光素子に集光させる凹面反射鏡とを備えることを特徴とする光源装置である。

【発明の効果】

【0012】

請求項1に記載の発明によれば、受光素子と、該受光素子の外周を囲むように配置された複数の半導体レーザーと、該複数の半導体レーザーから放射される光を反射して前記受光素子に集光させる凹面反射鏡と、該凹面反射鏡に入射した光のピーク波長を検出する発光波長検出手段と、該発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整する発光波長調整手段とを備えたので、従来の光源装置に比べて、光学系によって集光させるのに必要な距離を短くでき、装置の小型化を図ることができる。また、個々の半導体レーザーから放射される光のピーク波長にバラツキがある場合でも、発光波長調整部によって全ての半導体レーザーから放射される光のピーク波長を一致させて合波させることができるので、レンズで集光または転写する際に、色収差の影響により結像点にぼけが生じたり、微細な加工ができない等の問題を解決することができる。

10

【0013】

請求項2に記載の発明によれば、前記各半導体レーザーは、電流の大きさによって発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記半導体レーザーの電流を制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整するようにしたので、発光波長調整手段を波長によって電流が制御される電流制御系で容易に実現することができる。

20

【0014】

請求項3に記載の発明によれば、前記各半導体レーザーは、温度の高低によって発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記半導体レーザーの温度を制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整するようにしたので、発光波長調整手段を波長によって温度が制御される温度制御系で容易に実現することができる。

30

【0015】

請求項4に記載の発明によれば、前記各半導体レーザーは、各波長選択素子の角度、屈折率、又は厚さの変化に応じて発光波長が調整される半導体レーザーであって、前記発光波長調整手段は、前記各発光波長検出手段から出力されるピーク波長の波長差に基づいて前記各波長選択素子の角度、屈折率、又は厚さを制御することによって、前記各半導体レーザーの発光波長を単一の発光波長に調整するようにしたので、発光波長調整手段を波長選択素子によって容易に実現することができる。

【0016】

請求項5に記載の発明によれば、受光素子と、半導体レーザーと、該半導体レーザーから放射された光を複数の光に分波する分波手段と、前記受光素子の外周を囲むように配置され、前記分波された複数の光をそれぞれ増幅する複数の光増幅素子と、該複数の光増幅素子から放射された光を反射して前記受光素子に集光させる凹面反射鏡とを備えたので、従来の光源装置に比べて、光学系によって集光させるのに必要な距離を短くでき、装置の小型化を図ることができる。また、単一のピーク波長の光を出力させることができるので、レンズで集光または転写する際に、色収差の影響により結像点にぼけが生じたり、微細な加工ができない等の問題を解決することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明の第1の実施形態を図1乃至図6を用いて説明する。

50

図1は、本実施形態の発明に係る光源装置の構成を示す図である。図2は、図1に示す凹面反射鏡3を中心軸X方向から見た図である。図3は、横軸に波長を、縦軸に光強度をとり、ピーク波長の異なる、例えば、半導体レーザー2a、2bからの放射光を合波させた際のスペクトルを示す図である。図4は、横軸に駆動電流値を、縦軸に発光ピーク波長をとり、半導体レーザーにおける駆動電流値と発光ピーク波長との関係を示す図である。

【0018】

図1に示すように、本発明の光源装置10は、受光素子1と、受光素子1の外周を囲むように環状に配置された、例えば、全ては図示されていないが、4個の半導体レーザー2a、2b、2c、2dと、半導体レーザー2a、2b、2c、2dの光出射方向に配置された凹面反射鏡3a、3b、3c、3dと、凹面反射鏡3a、3b、3c、3dを保持する基台4と、凹面反射鏡3a、3b、3c、3dに入射した光のピーク波長を検出するための発光波長検出部5と、発光波長検出部5の検出結果に基づいて、半導体レーザー2a、2b、2c、2dから放射される光のピーク波長を調整する発光波長調整部6a、6b、6c、6dとから構成される。

【0019】

ここで用いられる半導体レーザー2a、2b、2c、2dは、350nm～450nmの波長範囲であって、例えば405nmにピーク波長を有する光を放射する。また、各半導体レーザー2a、2b、2c、2dを構成する材料は、例えばガリウムナイトライド(GaN)系である。全ての半導体レーザー2a、2b、2c、2dは、受光素子1の端面11と概ね同一面内に配置される。受光素子1は、半導体レーザー2a、2b、2c、2dからの光が上記波長にピークを有する場合には、石英ガラスから構成された光ファイバーを用いることが好ましい。石英ガラスで構成した光ファイバーは、波長200nm以上の光において透過性を有し、特に、波長400nm以上の光において伝送損失が小さく、また、開口数が小さいのでビーム広がり小さく光密度の高い合波光が得られる。

【0020】

凹面反射鏡3a、3b、3c、3dは、1個の半導体レーザーから放射された光を1個の凹面反射鏡で反射させるため、半導体レーザー2a、2b、2c、2dと同数用意され、基台4の受光素子1及び半導体レーザー2a、2b、2c、2dに対向する側の端面41に設けられた凹所42に、図2に示すように、中心軸Xを囲むように環状に埋設配置される。

基台4は、上記のようなピーク波長を有する光に対して透過性を有し、例えば、円柱状の石英ガラスやフッ化カルシウム(CaF₂)等から構成される。基台4が上記波長に対して透過性を必要とするのは、半導体レーザー2a、2b、2c、2dからそれぞれ放射された光を対応する凹面反射鏡3a、3b、3c、3dにおいて大部分を反射して受光素子1の端面11に集光させるが、凹面反射鏡3a、3b、3c、3dによって反射されない一部の光を基台4を透過させて、発光波長検出手段5によって検出させるためである。

【0021】

凹面反射鏡3a、3b、3c、3dは、上記のようなピーク波長を有する光に対して透明な材質から構成され、例えば、石英ガラス、フッ化カルシウム(CaF₂)等から構成される。凹面反射鏡3a、3b、3c、3dの表面には、入射した光のうち95%～99%が反射するように、例えば、誘電体多層膜のコーティングが施されて反射面が形成される。凹面反射鏡3a、3b、3c、3dの反射面形状は、半導体レーザー2a、2b、2c、2dの放射光の水平成分と垂直成分の伝搬特性(ビーム広がり)が異なるため非球面であることが望ましいが、球面でも構わない。なお、凹面反射鏡3a、3b、3c、3dは、別体で構成する以外にも、基台4の端面41に形成した凹所42に上記同様のコーティングを施して反射面を形成してもよい。

凹面反射鏡3a、3b、3c、3dは、中心軸Xに対して小さい半径の円周上に配置されることが好ましい。その理由は、図1に示すように、凹面反射鏡3a、3b、3c、3dへの入射光Aと凹面反射鏡3a、3b、3c、3dからの反射光Bとでなす角 α が大きいと、受光素子1における入射角 β (中心軸Xと反射光Bの最外側の光線成分とでなす角

10

20

30

40

50

）が受光素子 1 の開口数を超えることにより光損失が生じるからである。なお、凹面反射鏡 3 a、3 b、3 c、3 d の配置において許容される中心軸 X からの半径は、半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d のビーム広がり、凹面反射鏡 3 a、3 b、3 c、3 d の曲率半径、及び凹面反射鏡 3 a、3 b、3 c、3 d の受光素子 1 や半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d からの距離により異なる。

【0022】

発光波長検出部 5 は、全ては図示されていないが、受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d と、受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d に接続または一体化されたケーブル 5 2 a、5 2 b、5 2 c、5 2 d と、ケーブル 5 2 a、5 2 b、5 2 c、5 2 d に接続された分光器 5 3 とを備えている。基台 4 には、例えば、1 個の凹面反射鏡 3 a に 1 個の受光部 5 1 a が対応するように、凹面反射鏡 3 a、3 b、3 c、3 d と同数の受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d が埋設されている。そして、半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d から放射された光 A は上記したようにその 95～99% が凹面反射鏡 3 a、3 b、3 c、3 d によって反射され反射光 B となるが、残りの 1～5% の光 C は、凹面反射鏡 3 a、3 b、3 c、3 d 及び基台 4 を透過して受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d に入射される。分光器 5 3 は、受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d からケーブル 5 2 a、5 2 b、5 2 c、5 2 d によって送られた入射光 C の光信号を受信することにより、入射光 C のピーク波長を検出する。ケーブル 5 2 a、5 2 b、5 2 c、5 2 d は、受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d と一体化された光ファイバーであることが望ましい。また、受光部 5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d を波長感度特性の勾配が大きなフォトダイオードとし、ケーブル 5 2 a、5 2 b、5 2 c、5 2 d を電気ケーブルとして、分光器 5 3 を光信号ではなく電気信号により波長を観測する構成にしても構わない。

【0023】

全ては図示されていないが、発光波長調整部 6 a、6 b、6 c、6 d は、電流制御系であり、異なる電力供給線 7 を通じて半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d 毎に調整された電流を供給するため、それぞれの半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d に対応して 1 個ずつ設けられる。また、発光波長調整部 6 a、6 b、6 c、6 d は、分光器 5 3 からの検出信号を送信するための信号線 8 によって接続されている。

【0024】

次に、発光波長調整部 6 a、6 b、6 c、6 d の機能について以下に説明する。発光波長検出部 5 によって検出された、例えば、2 個の半導体レーザー 2 a、2 b から放射された光のピーク波長が、図 3 に示すようにそれぞれ λ_1 、 λ_2 である場合に、発光波長調整部 6 b から電力供給線 7 に流す駆動電流 i を調整することにより λ_2 を λ_1 に一致させる場合について考える。

図 4 に示すように半導体レーザー 2 b に流す電流 i を下げると、半導体レーザー 2 b のピーク波長は短波長側にシフトする。よって、図 3 に示すように λ_2 が λ_1 よりも大きい場合には半導体レーザー 2 b に流す電流 i を下げるることにより、 λ_2 を短波長側にシフトさせて λ_1 に一致させることができる。なお、波長の電流依存性は、波長域、メーカー等により個体差はあるが、例えば、0.01～0.1 nm/mA 程度である。

【0025】

図 5 は、発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る電流制御系の一例を示す図である。

同図において、発光波長検出部 5（分光器 5 3）において得られた波長比較結果信号 λ （ $=\lambda_2 - \lambda_1$ ）を、発光波長調整部 6 b である駆動電源 6 b 1 に直接フィードバックをかけることにより、半導体レーザー 2 b の駆動電流 i を制御する方式を示している。

【0026】

図 6 は、発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る電流制御系の他の例を示す図である。

同図において、駆動電源 6 b 2 の設定電流値は一定とし、半導体レーザー 2 b と駆動電源 6 b 2 の間に駆動電流可変部 6 b 3 を設け、発光波長検出部 5（分光器 5 3）において

10

20

30

40

50

得られた波長比較結果信号 λ ($=\lambda_2-\lambda_1$)をフィードバックすることにより、半導体レーザー2bの駆動電流 i を制御する方式を示している。駆動電流可変部6b3の最も簡単な構成例としては、半導体レーザー2bと並列に可変抵抗を設け、これを調整することである。

【0027】

以上述べたように、本実施形態の光源装置10によれば、全ての半導体レーザー2a、2b、2c、2dと受光素子1とが概ね同一平面内に配置されているので、特許文献1に開示された光源装置のように半導体レーザーの光出射方向で受光素子に集光させるものと比べて、光学系によって集光させるのに必要な距離を短くでき、装置の小型化が図ることができる。

10

【0028】

また、個々の半導体レーザー2a、2b、2c、2dから放射される光のピーク波長にバラツキがある場合でも、発光波長調整部6a、6b、6c、6dによって全ての半導体レーザーから放射される光のピーク波長を一致させて合波させることができるので、半導体レーザー単体の場合よりも波長幅が広がる、又は合波後のスペクトルが複数の波長にピークを持つという不具合を回避することができる。その結果、レンズで集光または転写する際に、色収差の影響により結像点にぼけが生じたり、微細な加工ができない等の問題を解決することができる。

【0029】

次に、本発明の第2の実施形態を図7及び図8を用いて説明する。

20

なお、本実施形態の発明に係る光源装置の構成は、発光波長調整部6a、6b、6c、6dが温度調整機構である点を除いて図1に示した光源装置10とほぼ同一であるので説明を省略する。

本実施形態の光源装置は、発光波長検出部5が半導体レーザー2a、2b、2c、2dから放射され凹面反射鏡3a、3b、3c、3dを透過した入射光Cのピーク波長を検出し、この検出結果に基づいてそれぞれの半導体レーザー2a、2b、2c、2dに対して設けられた発光波長調整部6a、6b、6c、6dである温度制御系によって半導体レーザー2a、2b、2c、2dの温度を制御してピーク波長を調整するものである。

【0030】

図7は、横軸に温度を、縦軸に発光ピーク波長をとり、半導体レーザー2bにおける温度とピーク発光波長との関係を示す図である。

30

同図に示すように、半導体レーザー2bから放射される光のピーク波長は温度を下げる と短波長側にシフトする傾向にある。よって、例えば、半導体レーザー2a、2bのピーク波長が図3に示すようにそれぞれ λ_1 、 λ_2 であるときは、発光波長調整部6bによって発光素子2bの温度を下げることににより λ_2 を λ_1 に一致させることができる。なお、波長の温度依存性は、波長域、メーカー等により個体差はあるが、例えば、 $0.05\sim 0.3\text{ nm}/^\circ\text{C}$ 程度である。

【0031】

図8は、発光波長検出部5から半導体レーザー2bに至る温度制御系の一例を示す図である。

40

同図に示すように、発光波長検出部5において得られた波長比較結果信号 λ ($=\lambda_2-\lambda_1$)は、半導体レーザー2bの温度がピーク波長を一致させるための所望の温度になるように、温調器6b4の設定温度にフィードバックされる。半導体レーザー2bの温度は、温度信号6b5により、温調器6b4において設定及びモニターされる。半導体レーザー2bの温度制御は、温度調整部駆動電源6b7から温度調整部6b6に流れる電流 i をリレースイッチ6b9によりON/OFFさせることにより行い、リレースイッチ6b9のON/OFFは、温調器6b4からの温度調整指示信号6b8により行われる。なお、温度調整部6b6は、具体的にはペルチェ等の電子冷却素子、またはヒーター等から構成される。

【0032】

50

次に、本発明の第3の実施形態を図9乃至図13を用いて説明する。

なお、本実施形態の発明に係る光源装置の構成は、発光波長調整部6a、6b、6c、6dが回折格子、エタロンのような波長選択素子を用いて回折光又は透過光を半導体レーザー2a、2b、2c、2dにフィードバックさせる構造である点を除いて図1に示した光源装置10とほぼ同一であるので説明を省略する。

【0033】

図9は、発光波長検出部5から半導体レーザー2bに至る制御系に回折格子を用いた例を示す図であり、図10は回折格子の簡単な構成を示す図である。

図9において、半導体レーザー2bの片面2b1に無反射コーティングARを施し、さらにその外側に回折格子6b10をリトロ配置させ、半導体レーザー2bのコーティングを施していない面2b2と回折格子6b10間で発振を行わせる。回折格子6b10は、図10に示すように、光学ガラス板上に等間隔に微細な溝を刻んだものであり、波長毎に決まった角度で光を強め合い（回折）、この強め合った光を取り出すことで波長選択素子として用いられる。一般に、波長 λ と溝面の法線に対する入射角 α 、回折角 β 、溝間隔 d の間には、

$$d(\sin \alpha + \sin \beta) = m\lambda \quad (m: \text{任意の整数})$$

の関係が成り立ち、入射角 α と回折角 β を等しくする、即ち、リトロ配置にすると $\alpha = \beta (= \theta)$ であるから、

$$2d \sin \theta = m\lambda \quad (m: \text{任意の整数})$$

とおける。よって、角度 θ を変化させることにより、半導体レーザー2a、2b、2c、2dの発振波長を変化させることができる。即ち、発光波長検出部5の検出結果に基づいて、発光波長調整手段6bである回折格子6b10の角度 θ を調整することにより、半導体レーザー2bのピーク波長 λ_2 を λ_1 に一致させることができる。

【0034】

図11は、発光波長検出部5から半導体レーザー2bに至る制御系にエタロンを用いた例を示す図であり、図12はエタロンの簡単な構成を示す図である。

図11において、半導体レーザー2bの片面2b1に無反射コーティングARを施し、さらにその外側に全反射ミラー6b12を配置する。そして、半導体レーザー2bの無反射コーティング面2b1と全反射ミラー6b12との間にエタロン6b11を配置し、エタロン6b11を介して半導体レーザー2bのコーティングを施していない面2b2と全反射ミラー6b12との間で発振を行わせる。図12に示すように、エタロン6b11は、屈折率 n 、厚さ d の極めて平行度の高い平板で構成され、入射波の節が反射面に合う波長の光のみ両平板間で反射して強め合うことにより、波長選択素子として機能する。一般に波長 λ と入射角 θ 、エタロンの媒質の屈折率 n 、エタロンの厚さ d の間には、

$$2nd \cos \theta = m\lambda \quad (m: \text{任意の整数})$$

の関係が成り立ち、入射角 θ 、エタロンの媒質の屈折率 n 、エタロン6b11の厚さ d のいずれか又は2つ以上を変化させることによって選択波長 λ を変化させることができる。発光波長検出部5の検出結果に基づいて、例えば、発光波長調整手段6bで半導体レーザー2b毎にエタロン6b11の角度 θ を調整することにより、各々のピーク波長を一致させることができる。

【0035】

図13は、発光波長検出部5から半導体レーザー2bに至る制御系に、半導体レーザー内部に回折格子を設けた波長可変分布フラッグ反射型（DBR）半導体レーザーを用いた例を示す図である。

波長可変分布フラッグ反射型（DBR）半導体レーザーは、それぞれ独立した電極を持つ活性区間2b、位相制御区間6b13、DBR区間6b14を連続したチャンネル導波路内にモノシリック集積化したものであり、発光波長検出部5の検出結果に基づいて、位相制御区間6b13及びDBR区間6b14に電流を流して各区間の実効屈折率を適当に連動して変化させることにより、発振波長を変化させ、半導体レーザー毎のピーク波長を一致させるものである。ここで、検出されたピーク波長 λ によって位相制御区間駆動用電

10

20

30

40

50

源 6 b 1 5 及び D B R 区間駆動用電源 6 b 1 6 を駆動し、位相制御区間 6 b 1 3 及び D B R 区間 6 b 1 4 の電流を制御する。尚、位相制御区間 6 b 1 3 を省いても波長調整は可能であるが、広範囲に変化させるとモードホップが生じてしまう。

【0036】

次に、本発明の第 4 の実施形態を図 1 4 乃至図 1 6 を用いて説明する。

図 1 4 は、本実施形態の発明に係る光源装置 2 0 の構成を示す図である。なお、図 1 と同一符号は同一部分を示す。

同図に示すように、この光源装置 2 0 は、受光素子 1 と、シード用半導体レーザー 2 と、半透過ミラー 9 1 と、シード光集光用レンズ 9 2 と、シード用集光用凹面鏡 9 3 と、光増幅素子 9 4 a、9 4 b と、凹面反射鏡 3 と、基台 4 とを備え、先に述べた光源装置 1 0 のように、半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d から放射される光のピーク波長を検出することなく、シード用半導体レーザー 2 から放射された光を分波し、分波された各光をそれぞれ増幅し、増幅された光を凹面反射鏡 3 で反射して受光素子 1 に集光させる点に特徴がある。

10

【0037】

光増幅素子 9 4 a、9 4 b は、図 1 5 に示すように、図 1 に示した半導体レーザー 2 a、2 b、2 c、2 d の両端面に無反射コーティング A R を施したものであり、光源装置 1 0 と同様に受光素子 1 の外周を囲むように環状に配置される。なお、図 1 6 に示すように、光増幅素子 9 4 a、9 4 b として、半導体レーザーの両端面にコーティングを施していないものを使用する（注入同期方式）ことも可能である。

20

【0038】

基準となるピーク波長を有する基準半導体レーザー 2 から放射された光 D は、半透過ミラー 9 1 によって、例えば、光 E と光 F に分波され、光 E は、シード光集光用レンズ 9 2 によって光増幅素子 9 4 a の端面 9 5 a を経て集光入射されて増幅される。また半透過ミラー 9 1 によって分波された光 F は、シード用集光用凹面鏡 9 3 によって反射され、光 F は光増幅素子 9 4 b の端面 9 5 b を経て集光入射されて増幅される。各光増幅素子 9 4 a、9 4 b で増幅された各光 G は凹面反射鏡 3 に入射され、合波された光 H となって受光素子 1 に集光される。

なお、各光増幅素子 9 4 a、9 4 b に集光入射する際には、光 E 及び光 F のビームウエストが光増幅素子 9 4 a、9 4 b それぞれの共振器の中心付近になるようにするのが望ましい。

30

【0039】

このように本実施形態の光源装置 2 0 によれば、受光素子 1 の端面 1 1 に集光される光 H は、上記の他の実施形態の光源装置 1 0 のように、発光波長検出部 5 や発光波長調整部 6 a、6 b、6 c、6 d を備えなくても、半導体レーザー 2 のピーク波長と同一のピーク波長の光を得ることができる。

なお、本実施形態の光源装置 2 0 においても、必要に応じて、光源装置 1 0 の発光波長検出部 5 を備えるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0040】

40

【図 1】第 1 の本実施形態の発明に係る光源装置の構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示す凹面反射鏡 3 を中心軸 X 方向から見た図である。

【図 3】横軸に波長を、縦軸に光強度をとり、ピーク波長の異なる半導体レーザーからの放射光を合波させた際のスペクトルを示す図である。

【図 4】横軸に駆動電流値を、縦軸に発光ピーク波長をとり、半導体レーザーにおける駆動電流値と発光ピーク波長との関係を示す図である。

【図 5】発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る電流制御系の一例を示す図である。

【図 6】発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る電流制御系の他の例を示す図である。

50

【図 7】横軸に温度を、縦軸に発光ピーク波長をとり、半導体レーザー 2 b における温度とピーク発光波長との関係を示す図である。

【図 8】発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る温度制御系の一例を示す図である。

【図 9】発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る制御系に回折格子を用いた例を示す図である。

【図 10】回折格子の簡単な構成を示す図である。

【図 11】発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る制御系にエタロンを用いた例を示す図である。

【図 12】エタロンの簡単な構成を示す図である。

10

【図 13】発光波長検出部 5 から半導体レーザー 2 b に至る制御系に、半導体レーザー内部に回折格子を設けた波長可変分布フラッグ反射型 (D B R) 半導体レーザーを用いた例を示す図である。

【図 14】第 4 の実施形態の発明に係る光源装置 20 の構成を示す図である。

【図 15】両端面に無反射コーティング A R を施し光増幅素子 9 4 a を示す図である。

【図 16】両端面に無反射コーティング A R を施さない光増幅素子 9 4 a を示す図である。

【符号の説明】

【0041】

1 受光素子

20

1 1 端面

2 a、2 b、2 c、2 d 半導体レーザー

2 b 活性区間

2 b 1 片面

2 b 1 無反射コーティング面

2 b 2 面

3 凹面反射鏡

3 a、3 b、3 c、3 d 凹面反射鏡

4 基台

4 1 端面

30

4 2 凹所

5 発光波長検出部

5 1 a、5 1 b、5 1 c、5 1 d 受光部

5 2 a、5 2 b、5 2 c、5 2 d ケーブル

5 3 分光器

6 発光波長調整部

6 a、6 b、6 c、6 d 発光波長調整部

6 b 1、6 b 2 駆動電源

6 b 3 駆動電流可変部

6 b 4 温調器

40

6 b 5 温度信号

6 b 6 温度調整部

6 b 7 温度調整部駆動電源

6 b 8 温度調整指示信号

6 b 9 リレースイッチ

6 b 10 回折格子

6 b 11 エタロン

6 b 12 全反射ミラー

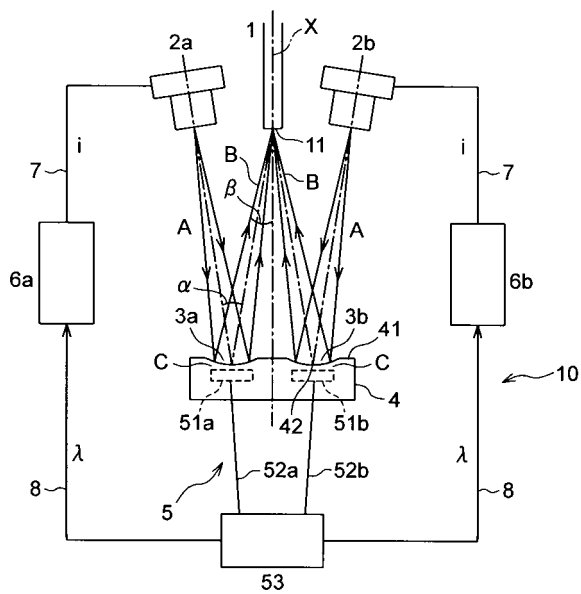
6 b 13 位相制御区間

6 b 14 D B R 区間

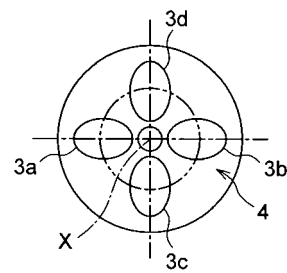
50

- 6 b 1 5 位相制御区間駆動用電源
- 6 b 1 6 B B R 区間駆動用電源
- 7 電力供給線
- 8 信号線
- 9 1 半透過ミラー
- 9 2 シード光集光用レンズ
- 9 3 シード光集光用凹面鏡
- 9 4 a、9 4 b 光増幅素子
- 9 5 a 端面
- 9 5 b 端面
- 1 0 光源装置
- 2 0 光源装置

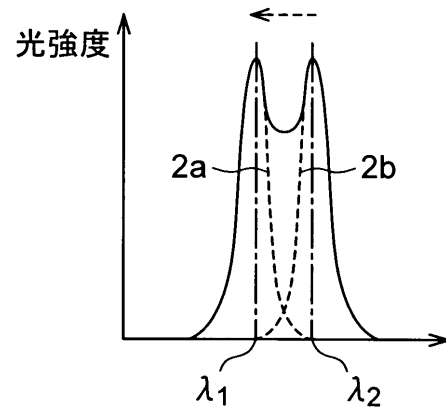
【図 1】



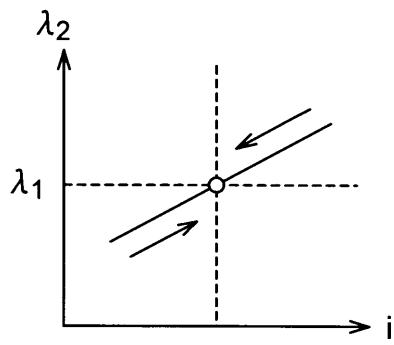
【図 2】



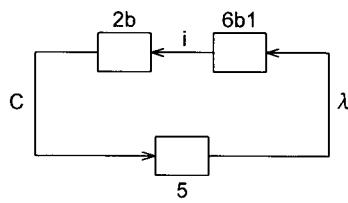
【図 3】



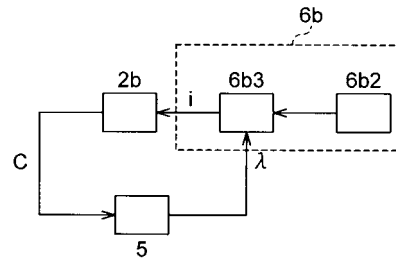
【図 4】



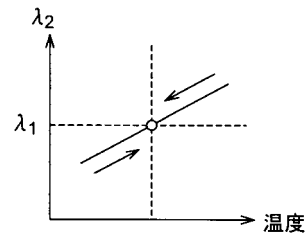
【図 5】



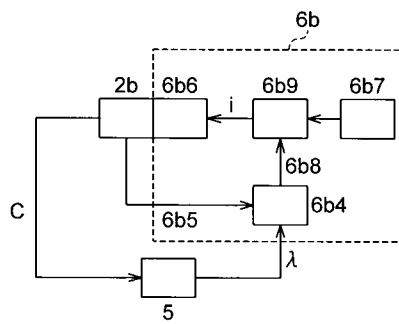
【図 6】



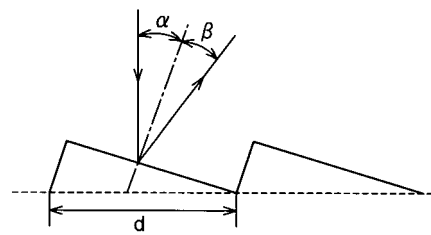
【図 7】



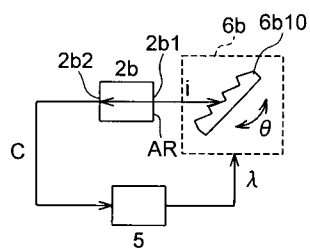
【図 8】



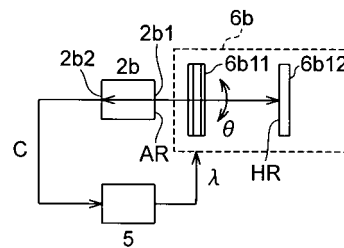
【図 10】



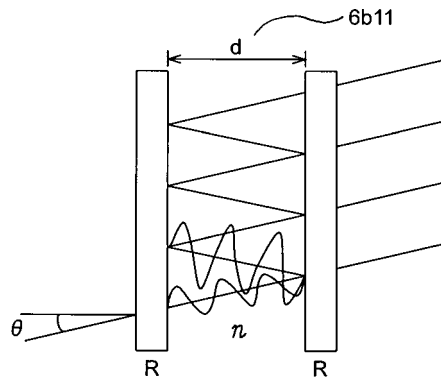
【図 9】



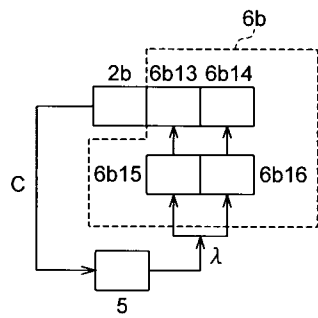
【図 11】



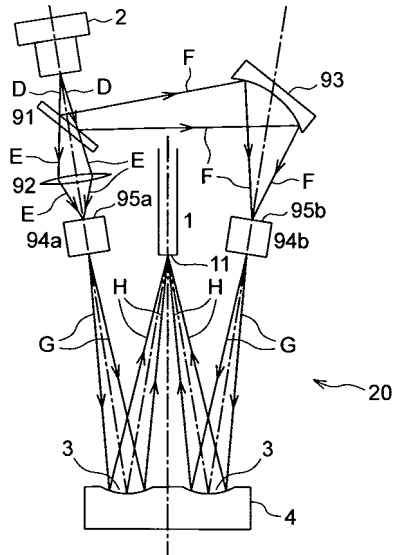
【図 1 2】



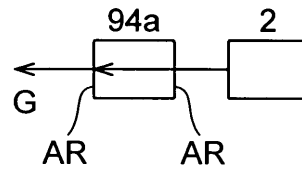
【図 1 3】



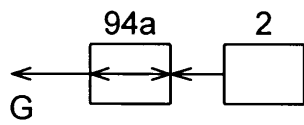
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F172 DD06 NN05 NN24 NP04 NQ02
5F173 SE01 SF08 SF33 SF43 SF46 SF52 SF62