

(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2017-204530

(P2017-204530A)

(43) 公開日 平成29年11月16日(2017.11.16)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)	
H O 1 S	5/02	(2006.01)	H O 1 S	5/02	2 H 1 3 7
G O 2 B	6/43	(2006.01)	G O 2 B	6/43	5 F 1 7 3
H O 1 S	5/14	(2006.01)	H O 1 S	5/14	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-94623 (P2016-94623)	(71) 出願人	000006013
(22) 出願日	平成28年5月10日 (2016. 5. 10)		三菱電機株式会社
		(74) 代理人	100118762
			弁理士 高村 順
		(72) 発明者	森田 大嗣
			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
		(72) 発明者	今野 進
			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
		(72) 発明者	桂 智毅
			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

最終頁に続く

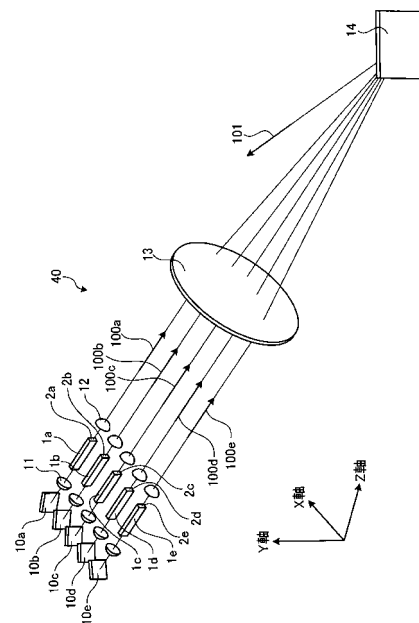
(54) 【発明の名称】 外部共振半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 外部レーザ共振器の長さを短縮することが可能な外部共振半導体レーザ装置を得ること。

【解決手段】 外部共振半導体レーザ装置40は、半導体レーザ素子1の後ろ側端面の側に配置された第1波長分散素子10a、10b、10c、10d、10eと半導体レーザ素子1a、1b、1c、1d、1eの前側端面2a、2b、2c、2d、2eとの間で構成された外部レーザ共振器を複数備える。外部共振半導体レーザ装置は、前側端面2a、2b、2c、2d、2eより出射される複数のレーザビーム100a、100b、100c、100d、100eが結合光学系13を経由することにより第2波長分散素子14の上で重畳される。

【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後ろ側端面の側に配置された第 1 波長分散素子と前記半導体レーザ素子の前側端面との間で構成された外部レーザ共振器を複数備え、

前記前側端面より出射される複数のレーザビームが結合光学系を経由することにより第 2 波長分散素子の上で重畳される

ことを特徴とする外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 2】

半導体レーザアレイが備える複数の半導体レーザ素子の後ろ側端面の側に配置された第 1 波長分散素子と前記半導体レーザ素子の前側端面との間で構成された外部レーザ共振器を備え、

前記前側端面より出射される複数のレーザビームが結合光学系を経由することにより第 2 波長分散素子の上で重畳される

ことを特徴とする外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 3】

半導体レーザアレイが備える複数の半導体レーザ素子の後ろ側端面の側に配置された第 1 波長分散素子と前記半導体レーザ素子の前側端面との間で構成された外部レーザ共振器を複数備え、

前記前側端面より出射される複数のレーザビームが結合光学系を経由することにより第 2 波長分散素子の上で重畳される

ことを特徴とする外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 4】

前記第 1 および第 2 波長分散素子は回折格子である

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 5】

前記第 1 波長分散素子は誘電体多層膜を含む

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 6】

前記前側端面から出射された複数の前記レーザビームそれぞれが別々の導波路に入射されてから前記結合光学系を経由する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 7】

複数の前記半導体レーザアレイそれぞれに対応して別々の導波路が設けられ、前記半導体レーザアレイから出射された複数の前記レーザビームは前記半導体レーザアレイに対応する前記導波路に入射されてから前記結合光学系を経由する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 8】

前記導波路は光ファイバである

ことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の外部共振半導体レーザ装置。

【請求項 9】

前記後ろ側端面から出射するレーザビームを平行化するビーム平行化素子を備え、

前記ビーム平行化素子の母線の方向と前記半導体レーザアレイが備える複数の前記半導体レーザ素子の並列方向とがずれている

ことを特徴とする請求項 2 に記載の外部共振半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の前側端面から出射される複数の波長のビームを波長分散素子の波長分散によって結合させて出力する外部共振半導体レーザ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の外部共振半導体レーザ装置においては、半導体レーザの輝度を向上させるために、複数の発光点からのビームをレンズを用いて波長分散素子に重畳するとともに、波長分散光学素子の波長分散性により各発光点からのビームを結合し、結合したビームに対して部分透過ミラーを設置して外部レーザ共振器を形成する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】 米国特許第6192062号明細書

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1に示すような手法であれば、外部レーザ共振器の長さが長くなるため、共振器ロスが増大するため発振効率が低下し、またレーザ出力またはビーム品質が振動等の外乱に大きく影響されるという問題点があった。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、外部レーザ共振器の長さを短縮することが可能な外部共振半導体レーザ装置を得ることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、半導体レーザ素子の後ろ側端面の側に配置された第1波長分散素子と半導体レーザ素子の前側端面との間で構成された外部レーザ共振器を複数備える。本発明は、前側端面より出射される複数のレーザビームが結合光学系を経由することにより第2波長分散素子の上で重畳される。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、外部レーザ共振器の長さを短縮することが可能な外部共振半導体レーザ装置を実現できるという効果を奏する。

【0008】

30

また、外部レーザ共振器の発振ビームが半導体レーザ素子の前側端面より出射されるため、複数の発振ビームそれぞれに対応した光学素子の配置が可能となり、装置の小型化が可能となるという効果を奏する。

【0009】

さらには、発振波長を変化させたとしても出射方向が変化せず、安定な発振器を構成することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】 本発明の実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す斜視図

【図2】 実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す上面図

40

【図3】 実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す側面図

【図4】 外部レーザ共振器を構成しない通常の半導体レーザの後ろ側端面の反射率の測定結果を示す図

【図5】 実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置との対比説明に用いる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す上面図

【図6】 実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置との対比説明に用いる外部共振半導体レーザ装置のレーザ発振のスペクトルを示す図

【図7】 本発明の実施の形態2にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す上面図

【図8】 本発明の実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す斜視図

【図9】 実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す上面図

50

【図 10】実施の形態 3 にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す側面図

【図 11】本発明の実施の形態 4 にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す上面図

【図 12】実施の形態 4 にかかる外部共振半導体レーザ装置を概略的に示す側面図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明の実施の形態にかかる外部共振半導体レーザ装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0012】

実施の形態 1.

10

図 1 は、本発明の実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 を概略的に示す斜視図である。図 1 には X 軸、Y 軸および Z 軸の方向も示してある。図 2 は、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 を概略的に示す上面図である。図 2 は、外部共振半導体レーザ装置 40 を Y 軸方向に観た図である。図 3 は、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 を概略的に示す側面図である。図 3 は、外部共振半導体レーザ装置 40 を X 軸方向に観た図である。

【0013】

外部共振半導体レーザ装置 40 は、半導体レーザ素子 1 (1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e) と、光学素子であるビーム平行化素子 11, 12 と、第 1 波長分散素子 10 (10 a, 10 b, 10 c, 10 d, 10 e) と、結合光学系 13 と、第 2 波長分散素子 14 と、

20

を備える。

【0014】

外部共振半導体レーザ装置 40 は、複数の半導体レーザ素子 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e のそれぞれの前側端面 2 a, 2 b, 2 c, 2 d, 2 e (以下、これらを纏めて前側端面 2 と称する) からのレーザ光を第 2 波長分散素子 14 の波長分散効果を用いて、一つのビームに重畳する構成である。なお、複数の半導体レーザ素子 1 の数は、上記のように 5 個でなくてもよく、複数であれば限定されない。

【0015】

外部共振半導体レーザ装置 40 においては、半導体レーザ素子 1 の前側端面 2 と、ビーム平行化素子 11 と、第 1 波長分散素子 10 と、からなる光学系がレーザ共振器になっている。外部共振半導体レーザ装置 40 においては、前側端面 2 (2 a, 2 b, 2 c, 2 d, 2 e) には部分反射コーティングが施されて、後ろ側端面 3 (3 a, 3 b, 3 c, 3 d, 3 e) には無反射コーティングが施されている。これにより、前側端面 2 と第 1 波長分散素子 10 との間でレーザ共振器が構成されている。

30

【0016】

以下の説明では、以上のようにして前側端面 2 と第 1 波長分散素子 10 との間に構成されたレーザ共振器を外部レーザ共振器と呼ぶことにする。したがって、外部共振半導体レーザ装置 40 においては、半導体レーザ素子 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e のそれぞれに対応して前側端面 2 と第 1 波長分散素子 10 との間に複数の外部レーザ共振器が構成される。実際には、外部レーザ共振器内においてビームが往復しているのであるが、まず、前側端面 2 から第 1 波長分散素子 10 に向かう方向のビームの伝搬について説明する。

40

【0017】

前側端面 2 から第 1 波長分散素子 10 へ伝搬するビームは、まず半導体レーザ素子 1 の内部を、前側端面 2 から後ろ側端面 3 へ伝搬し、後ろ側端面 3 より出射される。このとき、半導体レーザ素子 1 より出射するビームは、発散しながら出射されることとなる。そのままでは第 1 波長分散素子 10 より帰還するビームが、後ろ側端面 3 よりもはるかに巨大なビームとなって帰還することとなり、ビームの大部分がロスとなって外部レーザ共振器の外へ放出されてしまうので、外部共振器を構成することができなくなる。そこで、外部レーザ共振器のモードとカップリングさせるために、ビーム平行化素子 11 により半導体レーザ素子 1 の後ろ側端面 3 から発生するビームをほぼ平行化する。ここで、モードとカ

50

ップリングするとは、後ろ側端面 3 から出射するビーム径と、後ろ側端面 3 へ帰還するビーム径とをほぼ等しくすることをいう。

【0018】

ビーム平行化素子 11 は、球面レンズ、非球面レンズ、円筒レンズ、曲率を有するミラーを用いることができ、またそれぞれ一つずつに限るものではなく、これらを組み合わせたものでもよい。

【0019】

半導体レーザ素子 1 から発生するビームの発散角には一般に異方性があり、X 軸方向と Y 軸方向とで発散角が異なる。半導体レーザ素子 1 の X 軸方向を速軸方向と呼び、半角で約 30° という大きな角度で発散する。また Y 軸方向のことは遅軸方向と呼び、前側端面 2 の幅が $100\mu\text{m}$ 程度のものであれば半角で 4 度程度で発散するものが一般的である。このときのビーム品質は、速軸方向がほぼ回折限界であるのに対し、遅軸方向は回折限界の 10 倍程度となる。従って、ビーム平行化素子 11 としては、非球面レンズ、X 軸方向と Y 軸方向で異なる円筒レンズを組み合わせて用いることが望ましい。

【0020】

ビーム平行化素子 11 によってほぼ平行化されたビームは、第 1 波長分散素子 10 にそれぞれ図 2 に示す入射角 α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , α_5 で入射する。

【0021】

第 1 波長分散素子 10 は、その名のとおり波長分散効果を有する素子であり、回折格子、プリズム、グリズム、TFF (Thin Film Filter)、VBG (Volume Bragg Grating)、FBG (Fiber Bragg Grating)、エタロンなどの素子が一般的に使われる。

【0022】

回折格子とは、平面あるいは凹面などの基板に等間隔に多数の平行な溝が刻まれた素子であり、反射型回折格子と透過型回折格子とがある。回折とは、光が障害物の裏側に回りこむ現象であり、回折格子に光を入射すると、波長ごとに決まった角度で光が強め合い、この強め合った光を取り出すことで波長選択ができる。

【0023】

TFF とは、誘電体多層膜が基板上に積層された素子である。誘電体多層膜とは、屈折率の異なる誘電体を多層に積み上げて作った薄膜である。屈折率の異なる物質の界面では反射が起こり、その大きさは屈折率差に依存する。誘電体多層膜では、多重反射と多重干渉の効果により、ある波長のみを 100% 透過し、他の波長を 100% 反射するように設計することができる。TFF では、透過帯域幅を 0.1nm から 1nm 程度まで細かくすることができ、また透過波長は光の入射角度を変えることにより、 20nm から 40nm 程度の間で可変にすることができる。

【0024】

VBG、FBG とは、ガラス内部に周期的な屈折率変化が形成された素子である。屈折率変化は回折格子として働き、回折格子の周期が作るブラッグ反射条件を満たす波長の光のみを反射させることができる。

【0025】

図 1 から図 3 に示した外部共振半導体レーザ装置 40 の構成においては、第 1 波長分散素子 10 として反射型回折格子を用いた場合を想定している。第 1 波長分散素子 10 として、透過型回折格子、TFF、VBG などを用いる場合は、図 1 から図 3 とは異なる構成となるが、反射型回折格子を用いた場合と同様の効果を得ることができる。

【0026】

第 1 波長分散素子 10 に入射するビームは、半導体レーザ素子 1 より出射した直後は半導体レーザ素子 1 の持つゲイン幅に応じた波長幅を有しているが、外部レーザ共振器内に波長分散効果を持つ第 1 波長分散素子 10 を配置していることにより、特定の波長のみしか半導体レーザ素子 1 に帰還することができず、ある特定の波長のみが半導体レーザ素子 1 により増幅されることとなる。

10

20

30

40

50

【0027】

またこのとき、図2に示す通り、半導体レーザ素子1a, 1b, 1c, 1d, 1eから第1波長分散素子10a, 10b, 10c, 10d, 10eへの入射角度が、それぞれ α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , α_5 と異なっているため、第1波長分散素子10a, 10b, 10c, 10d, 10eから半導体レーザ素子1a, 1b, 1c, 1d, 1eに帰還する波長もそれぞれ異なる。そのため、半導体レーザ素子1a, 1b, 1c, 1d, 1eそれぞれの前側端面2a, 2b, 2c, 2d, 2eから出射されるレーザビーム100a, 100b, 100c, 100d, 100e（以下、これらを纏めてレーザビーム100と称する）はそれぞれ異なる波長で出力されることとなる。なお、図2において、レーザビーム100aからレーザビーム100eまでの光軸の間隔をdで示し、後ろ側端面3からビーム平行化素子11までに必要な距離をMで示す。

10

【0028】

半導体レーザ素子1a, 1b, 1c, 1d, 1eから異なる波長で出射されてビーム平行化素子12を通過したレーザビーム100a, 100b, 100c, 100d, 100eは、結合光学系13を経由することによって第2波長分散素子14上に空間的に重畳される。

【0029】

ビーム平行化素子12は、球面レンズ、非球面レンズ、円筒レンズ、曲率を有するミラーを用いることができ、またそれぞれ一つずつに限るものではなく、これらを組み合わせたものでもよい。

20

【0030】

結合光学系13は、図1から図3では1枚のレンズで示しているが、ミラー、曲率ミラー、円筒レンズ、プリズム、またはこれらの組み合わせなど、光軸の方向を変化させるものであればなんでもよい。しかし、第2波長分散素子14のように波長分散効果を有する素子は、ビームの入射角度により波長分散効果の特性が変化する。したがって、重畳後のビーム品質が悪化することを防ぐためには、レーザビーム100a, 100b, 100c, 100d, 100eは、それぞれコリメートされてから第2波長分散素子14に入射されることが望ましい。

【0031】

第2波長分散素子14は、第1波長分散素子10と同様に、波長分散効果を有する素子であれば限定されず、反射型回折格子または透過型回折格子といった回折格子、プリズム、回折格子とプリズムを組み合わせた素子であるグリズム、VBG、TFF、ダイクロイックミラーなどを用いることができる。ただし、VBGまたはダイクロイックミラーを用いてビームを結合する場合は、波長本数と同じ数の種類のVBGまたはダイクロイックミラーが必要となるため、波長本数が多い場合には回折格子で結合することが、コストおよび組立やすさの点から望ましい。また、波長分散効果が大きい、すなわち二つの異なる波長のビームを入射した際に回折角または屈折角の違いが大きい方が、省スペースで複数の半導体レーザ素子1a, 1b, 1c, 1d, 1eからのビームを結合することができるため、プリズムよりも回折格子を使用することが望ましい。図1から図3に示した外部共振半導体レーザ装置40の構成においては、第2波長分散素子14として反射型回折格子を用いた場合を想定している。

30

40

【0032】

第2波長分散素子14上に空間的に重畳された、それぞれ異なる波長のレーザビーム100a, 100b, 100c, 100d, 100eは、第2波長分散素子14の波長分散効果、すなわち波長に依存して回折角または屈折角が変化する特性によって、一つのビームとして結合されて、結合後レーザビーム101として出力される。

【0033】

次に、実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40のもたらす効果について詳細に述べる。

【0034】

50

外部共振半導体レーザ装置 40 とは異なり、外部レーザ共振器を構成しないで半導体レーザ素子のみでレーザ共振器を構成してレーザ出力を行う場合、後ろ側端面の反射率は 85 % から 90 % 程度である。図 4 は、外部レーザ共振器を構成しない通常の半導体レーザの後ろ側端面の反射率の測定結果を示す図である。図 4 の半導体レーザ素子は波長 980 nm 付近で発振するものであったが、図 4 に示されるように波長 980 nm における後ろ側端面の反射率は 90 % 以下となっていることがわかる。

【0035】

このことから、外部共振半導体レーザ装置 40 において、外部レーザ共振器を構成しながらも、通常の半導体レーザ素子単体での発振効率と同等の発振効率を達成するためには、第 1 波長分散素子 10 の効率が 90 % 以上であればいいということになる。

10

【0036】

ここで言う発振効率とは、半導体レーザ素子 1 からのレーザビーム 100 の出力を半導体レーザ素子 1 に投入した電力量で割った値を指す。また、第 1 波長分散素子 10 の効率とは、第 1 波長分散素子 10 が回折格子である場合には回折効率のことを指し、第 1 波長分散素子 10 が VBG などの素子である場合は反射率（回折効率とも呼ぶ場合がある）のことを指す。

【0037】

反射型回折格子において回折効率を 100 % に限りなく近づけるためには、基板上に積層された誘電体多層膜に溝を切る方法などがあるが、積層数を増やすといった必要があるため高コストになる。実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 の第 1 波長分散素子 10 においては、回折効率が 90 % 以上であればよいので、誘電体多層膜の積層数を減らすといった低コスト化が可能となる。また、第 1 波長分散素子 10 として、誘電体多層膜反射型回折格子ではなく、基板上に積層された金属膜に溝を切って作られる、金属反射型回折格子のような安い回折格子を使用することもできる。

20

【0038】

また、半導体レーザ素子 1 の後ろ側端面 3 側には前側端面 2 側と比較して、1 / 5 程度の出力のビームしか伝搬されない。実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 においては、後ろ側端面 3 側に第 1 波長分散素子 10 を配置するので、低出力レーザ用の安価な第 1 波長分散素子 10 を選択することができ、低コスト化を実現することが可能となる。また、第 1 波長分散素子 10 に高出力ビームが常に照射され続けることがないため、第 1 波長分散素子 10 の劣化は少ない。したがって、外部共振半導体レーザ装置 40 の信頼性を高めることもできる。

30

【0039】

さらに、半導体レーザ素子 1 に対して外部レーザ共振器を構成する場合は、外部レーザ共振器中に配置された素子であるビーム平行化素子 11 の反射ロス、収差によるカップリングロスといった原因により、半導体レーザ素子 1 の単体発振時よりも発振効率が悪くなる可能性が生ずる。しかし、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 においては、第 1 波長分散素子 10 の効率を 90 % よりも高めることにより、上記のようなロスを補償することができる。これにより、外部共振半導体レーザ装置 40 においては、半導体レーザ素子 1 の単体発振時の発振効率と同等もしくはそれ以上の発振効率を実現する外部レーザ共振器を構成することができる。

40

【0040】

また、図 2 においては、第 1 波長分散素子 10 (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) のそれぞれを Y 軸を中心軸として傾斜させている様子が記載している。第 1 波長分散素子 10 として回折格子を用いた場合において、レーザビーム 100 の波長幅を狭くするためには、第 1 波長分散素子 10 上のビームの照射領域の中に含まれる溝の本数を多くする必要がある。ここで、図 2 において、第 1 波長分散素子 10 の回折格子の溝は Y 軸方向に平行に刻まれている。このとき、第 1 波長分散素子 10 の回折格子に照射されているビームのうち、回折格子の溝に対して垂直な方向、すなわち X 軸方向のビーム品質が良いものであると、狭い発振波長幅を得るために必要なビーム径、つまりは溝の本数、を小さ

50

くすることができる。

【0041】

具体的には、ビーム品質がほぼ回折限界のビームを照射するのと、回折限界の10倍程度のビームを照射することと比較すると、同じ発振波長幅を得るために必要な回折格子上のビーム径は、ほぼ回折限界のビームを用いた場合の方が回折限界の10倍程度のビームを用いた場合に比べて1/10程度小さくすることができる。これを数式で示すと、以下の数式(1)のようになる。ここで λ は発振波長幅 $\Delta\lambda$ の中心波長、 m は回折次数、 N は1mmあたりの溝の本数、 W は回折格子上的におけるビーム径、 M^2 はビーム品質を表わす。

【0042】

【数1】

$$\Delta\lambda = \frac{M^2 \times \lambda}{m \times N \times W} \quad \dots(1)$$

【0043】

上述の通り、半導体レーザ素子1は一般的に速軸方向であるX軸方向に発散するビームのほうが、遅軸方向であるY軸方向に発散するビームよりもビーム品質が良い。そのため、図2に示すように第1波長分散素子10をY軸中心に傾斜させ、回折格子の溝に対して垂直方向であるX軸方向、すなわち速軸方向にビームが照射されるように構成すると、必要な波長幅を得るためのビーム径を小さくすることができる。これにより第1波長分散素子10のサイズも小型化することができ、外部共振半導体レーザ装置40の低コスト化につながる。

【0044】

また、半導体レーザ素子1の後ろ側端面3の側に第1波長分散素子10を配置することにより、第1波長分散素子10の傾斜角度が変化したとしても、レーザビーム100の出射角度は変化せず、発振波長が変化するだけであるため、前側端面2よりレーザビーム100の出射方向に配置される素子にレーザビーム100が入射する位置が変化せず、振動などの外乱に強い信頼性の高い外部共振半導体レーザ装置40を構成することができる。

【0045】

また、実施の形態1にかかる外部レーザ共振器のレーザビーム100は、X軸方向に1 μ mの幅、Y軸方向に100 μ mの幅という非常に小さな面積の前側端面2より出射され、さらに上述の通り、レーザビーム100の出射位置が前側端面2に固定されており、出射方向も常に一定である。したがって、例えば、X軸方向に150 μ mの幅、Y軸方向に200 μ mの幅しかないような小さな面積のビーム平行化素子12であっても、レーザビーム100に対する位置合わせを容易に実施することができ、組立コストの削減、装置の小型化、低コスト化を図ることができる。

【0046】

実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40と異なり、半導体レーザ素子1の前側端面2の側に第1波長分散素子10を配置して、第1波長分散素子10からレーザビーム100が出射されるような外部レーザ共振器の構成とするならば、レーザビーム100は前側端面2の面積よりも大きなビーム径で出射され、レーザビーム100を出射後に再度前側端面2の面積程度の大きさまでビーム径を絞ろうと試みても、収差などの影響により実現は非常に困難である。また、第1波長分散素子10の角度または外部レーザ共振器中の光学素子の位置などにより、レーザビーム100の出射位置または出射角度が大きく変化してしまうため、X軸方向に150 μ mの幅、Y軸方向に200 μ mの幅しかないようなビーム平行化素子12をレーザビーム100に対して配置することは非常に困難である。

【0047】

さらに、実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40の利点を説明する。図5は、実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40との対比説明に用いる外部共振

10

20

30

40

50

半導体レーザ装置40'を概略的に示す上面図である。図5に示す比較例である外部共振半導体レーザ装置40'では、半導体レーザ素子1'(1'a, 1'b, 1'c, 1'd, 1'e)の前側端面2'(2'a, 2'b, 2'c, 2'd, 2'e)からそれぞれ出射されるレーザビーム100'(100'a, 100'b, 100'c, 100'd, 100'e)は、ビーム平行化素子12'、結合光学系13、波長分散素子15を経て部分反射ミラー16に到達する。そして、半導体レーザ装置40'においては、半導体レーザ素子1'(1'a, 1'b, 1'c, 1'd, 1'e)の後ろ側端面3'(3'a, 3'b, 3'c, 3'd, 3'e)から、波長分散素子15を含んで、部分反射ミラー16までが外部レーザ共振器になっている。

【0048】

10

外部共振半導体レーザ装置40'においては、半導体レーザ素子1'(1'a, 1'b, 1'c, 1'd, 1'e)から出射したビームが、結合光学系13によってそれぞれ異なる入射角で波長分散素子15に入射する。波長分散素子15から回折するビームは、部分反射ミラー16に垂直に入射する波長のみが選択的に増幅されるため、半導体レーザ素子1'それぞれから出射するビームはそれぞれ異なる波長で発振することとなる。このとき、結合光学系13によって、各ビームは波長分散素子15上に空間的にオーバーラップするように結合されているため、結果として複数本のビームが結合され、一本のビームとして出射することとなる。

【0049】

20

上述したように、図5に示した外部共振半導体レーザ装置40'の構成では、外部レーザ共振器が後ろ側端面3'と部分反射ミラー16との間で構成されており、外部レーザ共振器の長さは数100mmとなる。

【0050】

それに対し、実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40においては、外部レーザ共振器が前側端面2と第1波長分散素子10との間で構成されており、外部レーザ共振器の長さを数mm以下にすることができる。

【0051】

30

一般的に、レーザ共振器の長さは長くなればなるほど回折ロスなどの影響により発振効率は落ちる。また、レーザ共振器の長さが長くなると、レーザ共振器内に配置される素子のずれにも敏感になり、少しのずれでレーザ出力が大きく低下するおそれが生じる。実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40によれば、図5に示した外部共振半導体レーザ装置40'と比べて、外部レーザ共振器の長さが数100分の1しかないため、高効率な発振が可能であり、また振動などの外乱による素子のずれの影響も小さくなるので、信頼性の高いレーザ装置が実現可能となる。

【0052】

以下では具体的な構成を示し、実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40と図5に示した外部共振半導体レーザ装置40'との比較を行う。

【0053】

40

まず、図5に示した外部共振半導体レーザ装置40'の構成における外部レーザ共振器の長さを求める。レーザビーム100'aからレーザビーム100'eまでの光軸の間隔dの長さを10mm、レーザビーム100'aから100'eの発振波長差 $\Delta\lambda$ を4nm、レーザビーム100'cの発振波長 λ_0 を980nm、結合後レーザビーム101'の波長分散素子15からの回折角Bを65°、波長分散素子15を回折格子としたときの溝本数密度Nを1850本/mmとする。なお、回折次数m=1とする。

【0054】

上記条件としたときの、レーザビーム100'cの波長分散素子15への入射角Aは、以下の数式(2)により求めることができ、波長分散素子15への入射角A=65°となる。

【0055】

【数 2】

$$\sin A + \sin B = Nm\lambda_0 \quad \dots(2)$$

【0056】

入射角 A と回折角 B が等しくなる配置のことをリトロ配置と呼び、一般的に最も回折効率を高くすることのできる配置として知られている。図 1 から図 3 および図 5 においては、第 2 波長分散素子 14 および波長分散素子 15 を反射型回折格子とした場合の図を示している。そのため、入射角 A = 回折角 B となる条件では、レーザビーム 100c と結合後レーザビーム 101 の分離およびレーザビーム 100'c と結合後レーザビーム 101' の分離ができなくなるが、その場合は、第 2 波長分散素子 14 および波長分散素子 15 を X 軸中心まわり以外の方向へ傾ければ分離可能である。また、反射型回折格子を透過型回折格子に変更すれば分離することができる。

10

【0057】

ここで、上記条件を満たすための結合光学系 13 から第 2 波長分散素子 14 および波長分散素子 15 までの距離 L は、以下の数式 (3) により求めることができ、 $L = 571 \text{ m}$ となる。

【0058】

【数 3】

$$L = \frac{d \cos A}{\Delta \lambda N} \quad \dots(3)$$

20

【0059】

ここで、数式 (3) の導出手順について説明する。はじめに、以下の数式 (4) で示されるグレーティング方程式の両辺を波長 λ で微分すると、数式 (5) が求められる。数式 (5) を変形すると数式 (6) になる。なお、ここでは、回折次数 $m = 1$ としており、さらに回折角 B を一定とした。

【0060】

【数 4】

$$\sin A + \sin B = Nm\lambda \quad \dots(4)$$

30

【数 5】

$$\frac{dA}{d\lambda} \times \cos A = N \quad \dots(5)$$

【数 6】

$$\frac{dA}{d\lambda} = \frac{N}{\cos A} \quad \dots(6)$$

【0061】

続いて、数式 (6) の両辺に結合光学系 13 から第 2 波長分散素子 14 および波長分散素子 15 までの距離 L を掛けると、以下の数式 (7) のように表わされる。

40

【0062】

【数 7】

$$L \times \frac{dA}{d\lambda} = L \times \frac{N}{\cos A} \quad \dots(7)$$

【0063】

また、入射角差 dA が微小角である場合において、距離 L と、距離 d との間において、以下の数式 (8) のような関係式が成立する。

【0064】

50

【数 8】

$$L \times dA = d \quad \dots (8)$$

【0065】

さらに、数式(7)に数式(8)を代入するとともに、数式(7)中の $d\lambda$ を $\Delta\lambda$ と表記することによって、数式(3)のような関係式が導出される。

【0066】

よって、図5に示した外部共振半導体レーザ装置40'の構成であれば、上記条件を満たすための外部レーザ共振器の長さが、少なくとも571mm以上となることがわかる。

【0067】

図6は、実施の形態1にかかる外部共振半導体レーザ装置40との対比説明に用いる外部共振半導体レーザ装置40'のレーザ発振のスペクトルを示す図である。このとき、結合後レーザビーム101'の発振波長は図6に示すように、各半導体レーザ素子1'a, 1'b, 1'c, 1'd, 1'eから出射されるレーザビーム100'a, 100'b, 100'c, 100'd, 100'eに対応して5種類の波長で発振しており、各発振波長はそれぞれ発振波長幅 $\delta\lambda$ を有する。

【0068】

この発振波長幅 $\delta\lambda$ の大きさは、外部レーザ共振器の構造から規定されるものであり、以下の数式(9)より求まる。このとき、発振波長幅 $\delta\lambda$ は狭ければ狭くするほど、原理的にはビーム結合本数を増やすことができ、ビーム品質を保ったままレーザ出力を増大させることができる。

【0069】

【数 9】

$$\delta\lambda = \frac{\lambda_0}{NW} \quad \dots (9)$$

【0070】

ここで、Wは波長分散素子15上のビーム径である。ビーム平行化素子12'は半導体レーザ素子1'のX軸方向への発散角を補正する素子であるとし、焦点距離を0.3mmとする。また、半導体レーザ素子1'からのX軸方向へのビーム出射半角を30°、半導体レーザ素子1'の出射ビームのX軸方向のビーム品質を回折限界であるとする、波長分散素子15上におけるビーム径 ω_G は以下のよう求まる。

【0071】

まず、ビーム平行化素子12'上のビーム直径 ω_0 は、以下の数式(10)で求められる。

【0072】

【数 10】

$$\omega_0 = 0.3 \times \tan 30^\circ \times 2 = 0.35 \text{ mm} \quad \dots (10)$$

【0073】

さらに、波長分散素子15の位置におけるビーム直径 ω_L は、以下の数式(11)および数式(12)で求められる。

【0074】

【数 11】

$$\left(\frac{\omega_L}{2}\right)^2 = \left(\frac{\omega_0}{2}\right)^2 \left[1 + \left(\frac{\lambda_0 L}{\pi \omega_0^2}\right)^2\right] \quad \dots (11)$$

10

20

30

40

【数 1 2】

$$\omega_L = 2.1\text{mm} \quad \dots(12)$$

【0 0 7 5】

そして、波長分散素子 1 5 上へ投影されたビーム直径 ω_G は、以下の数式 (1 3) で求められる。

【0 0 7 6】

【数 1 3】

$$\omega_G = \frac{\omega_L}{\sin(90^\circ - A)} = 5.0\text{mm} \quad \dots(13)$$

10

【0 0 7 7】

以上より、波長分散素子 1 5 上におけるビーム径 ω_G が 5 mm となるので、数式 (9) において、 $W = \omega_G$ とすることにより、発振波長幅 $\delta\lambda = 0.1\text{nm}$ となる。

【0 0 7 8】

次に、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 0 における外部レーザ共振器の長さを求める。図 5 に示した外部共振半導体レーザ装置 4 0 ' と同様の特性を出すためには、発振波長幅 $\delta\lambda = 0.1\text{nm}$ となるような外部レーザ共振器とすればよい。第 1 波長分散素子 1 0 の溝本数密度を 1 8 5 0 本/mm、 $\alpha_3 = 65^\circ$ とすると、上記した外部共振半導体レーザ装置 4 0 ' と同様に、発振波長幅 $\delta\lambda = 0.1\text{nm}$ を達成するために必要となる第 1 波長分散素子 1 0 上のビーム直径は 5.0 mm となる。今、半導体レーザ素子 1 から X 軸方向へ出射するビームの発散半角が 30° であるので、第 1 波長分散素子 1 0 上のビーム直径が 5.0 mm となるために、後ろ側端面 3 からビーム平行化素子 1 1 までに必要な距離 M は、以下の数式 (1 4) で示される。

20

【0 0 7 9】

【数 1 4】

$$M = \frac{\left(\frac{\omega_L}{2}\right)}{\tan 30^\circ} = 1.8\text{mm} \quad \dots(14)$$

30

【0 0 8 0】

以上より、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 0 の外部レーザ共振器の長さは、距離 M の倍程度と考えれば 3.6 mm 程度とすることができ、図 5 に示した外部共振半導体レーザ装置 4 0 ' と比較すると 1 5 8 分の 1 以下の短い共振器長とすることができる。これにより、外部共振半導体レーザ装置 4 0 は、高効率な発振が可能で、外乱に強い高い信頼性を得ることができる。

【0 0 8 1】

また、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 0 によれば、外部レーザ共振器長を 3.6 mm の倍の 7.2 mm にするだけで、発振波長幅 $\delta\lambda$ を 0.1 nm の半分の 0.05 nm にすることが実現可能であり、このときレーザビーム 1 0 0 a から 1 0 0 e の発振波長差 $\Delta\lambda$ は 4 nm のままである。また、レーザビーム 1 0 0 ' a, 1 0 0 ' b, 1 0 0 ' c, 1 0 0 ' d, 1 0 0 ' e それぞれの発振波長幅 $\delta\lambda$ を独立に変化させることも可能である。

40

【0 0 8 2】

以上説明したように、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 0 によれば、前側端面 2 と第 1 波長分散素子 1 0 との間で外部レーザ共振器を構成し、また第 1 波長分散素子 1 0 を半導体レーザ素子 1 の後ろ側端面 3 の側に配置することにより、外部レーザ共振器の長さを短くすることができるため、高効率な発振および信頼性の向上が可能となる。

【0 0 8 3】

50

また、外部レーザ共振器の発振ビームが半導体レーザ素子 1 の前側端面 2 より出射されるため、複数の発振ビームそれぞれに対応した光学素子の配置が可能となり、集光性が向上し、さらには発振波長を変化させたとしても出射方向が変化しないという顕著な効果が得られる。

【0084】

実施の形態 2.

図 7 は、本発明の実施の形態 2 にかかる外部共振半導体レーザ装置 41 を概略的に示す上面図である。実施の形態 2 にかかる外部共振半導体レーザ装置 41 は、実施の形態 1 の外部共振半導体レーザ装置 40 の構成に加えて、前側端面 2 から出射されたレーザビーム 100a, 100b, 100c, 100d, 100e それぞれの入射先に、導波路 17a, 17b, 17c, 17d, 17e (以下、これらを纏めて導波路 17 と称する) が配置されている。すなわち、前側端面 2 から出射されたレーザビーム 100a, 100b, 100c, 100d, 100e はそれぞれ別々の導波路 17 (17a, 17b, 17c, 17d, 17e) に入射され、導波路 17 を経由してから結合光学系 13 を経由する。

【0085】

さらに、外部共振半導体レーザ装置 40 のビーム平行化素子 12 が外部共振半導体レーザ装置 41 ではビーム結合素子 19 に置き換えられている。レーザビーム 100a, 100b, 100c, 100d, 100e は、ビーム結合素子 19 により導波路 17 に結合される。

【0086】

外部共振半導体レーザ装置 41 の上に述べた以外の構成は、実施の形態 1 の外部共振半導体レーザ装置 40 と同じである。

【0087】

ビーム結合素子 19 としては、球面レンズ、非球面レンズ、円筒レンズ、曲率を有するミラーを用いることができ、またそれぞれ一つずつに限るものではなく、これらを組み合わせたものでもよい。

【0088】

導波路 17 へのレーザビーム 100 の結合のためには、必ずしもビーム結合素子 19 を用いる必要は無く、前側端面 2 に直接導波路 17 を結合する方法、導波路 17 の入射面に集光作用を持たせるといった方法もある。

【0089】

導波路 17 としては、光ファイバまたは平面光波回路などを使用することができる。

【0090】

平面光波回路は PLC (Planer Lightwave Circuit) とも呼ばれる。光ファイバ製造技術の応用技術の火炎直接堆積法により、石英基板に下部クラッド層およびコア層を堆積、加熱してガラス膜を溶融透明化し、半導体集積回路製造技術であるフォトリソグラフィと反応性イオンエッチングで導波路パターンを形成し、再び火炎直接堆積法により上部クラッドを形成することにより作られる。

【0091】

導波路 17 に結合されたレーザビーム 100 は、導波路 17 により配置が変更され、結合前の半導体レーザ素子 1 の光軸間隔 d よりも狭い光軸間隔 e になって、導波路 17 から再び出射する。

【0092】

実施の形態 2 にかかる外部共振半導体レーザ装置 41 によれば、導波路 17 により光軸間隔を狭くすることができる。このため、外部共振半導体レーザ装置 41 においては、半導体レーザ素子 1 の光軸間隔 d を同じにして比較すると、実施の形態 1 にかかる外部共振半導体レーザ装置 40 に比べて、結合光学系 13 から第 2 波長分散素子 14 までの距離をさらに短くすることができる。それに加えて、導波路 17 の光路は任意に設定することができるため、半導体レーザ素子 1 から結合光学系 13 までの光路を折り曲げたりすることを非常に簡単に行うことができるので、外部共振半導体レーザ装置 41 のサイズをより小

型化することができる。

【0093】

実施の形態3.

図8は、本発明の実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置42を概略的に示す斜視図である。図8にはX軸、Y軸およびZ軸の方向も示してある。図9は、実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置42を概略的に示す上面図である。図9は、外部共振半導体レーザ装置42をX軸方向に観た図である。図10は、実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置42を概略的に示す側面図である。図10は、外部共振半導体レーザ装置42をY軸方向に観た図である。

【0094】

実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置42においては、実施の形態1の外部共振半導体レーザ装置40における半導体レーザ素子1(1a, 1b, 1c, 1d, 1e)に替えて、複数の半導体レーザ素子を備える半導体レーザアレイ5が配置されている。半導体レーザアレイ5の半導体レーザ素子の後ろ側端面3の側には、ビーム平行化素子21が設けられている。外部共振半導体レーザ装置42においては、半導体レーザアレイ5が備える複数の半導体レーザ素子の後ろ側端面3(3a, 3b, 3c, 3d, 3e)の側に配置された第1波長分散素子10と複数の半導体レーザ素子の前側端面2(2a, 2b, 2c, 2d, 2e)との間に外部レーザ共振器が形成されている。

【0095】

ビーム平行化素子21は、半導体レーザアレイ5の半導体レーザ素子の後ろ側端面3から出射されたX軸方向に拡がるレーザビームを平行化し、外部レーザ共振器のカップリング効率を高めることにも用いられており、ビーム平行化素子21は後ろ側端面3からビーム平行化素子21の焦点距離だけ離れた位置に配置される。

【0096】

ビーム平行化素子21は、図8においては円筒レンズとして描かれているが、球面レンズ、非球面レンズ、曲率を有するミラーを用いることができ、またそれぞれ一つずつで構成されたと限るものではなく、これらを組み合わせたものでもよい。ビーム平行化素子21の後述する物側テレセントリック光学素子22の側には、曲面の頂点に沿ってY軸方向に沿った母線210が存在する。

【0097】

半導体レーザアレイ5の複数の半導体レーザ素子の並列方向は、傾斜前の状態ではY軸方向に並んでいて、半導体レーザアレイ5の複数の半導体レーザ素子の並列方向とビーム平行化素子21の母線210の方向は一致している。実施の形態3にかかる外部共振半導体レーザ装置42においては、半導体レーザアレイ5をZ軸を中心軸として傾斜させることにより、半導体レーザアレイ5の複数の半導体レーザ素子の並列方向とビーム平行化素子21の母線210の方向がずれている。これにより、半導体レーザアレイ5の後ろ側端面3より出射するビームのビーム平行化素子21に入射する高さをそれぞれ異なるものとする。

【0098】

それぞれ異なる高さでビーム平行化素子21に入射したビームは、それぞれ異なる角度で第1波長分散素子10に入射することとなるので、それぞれ異なる波長で発振することとなる。

【0099】

上記では、半導体レーザアレイ5を傾斜させるとしたが、半導体レーザアレイ5を傾斜させずに、ビーム平行化素子21を傾斜させても同様の効果が得られる。

【0100】

物側テレセントリック光学素子22と像側テレセントリック光学素子23は、外部レーザ共振器のY軸方向のカップリング効率を高めるために構成されており、半導体レーザアレイ5の後ろ側端面3を第1波長分散素子10上に結像するように構成されている。

【0101】

物側テレセントリック光学素子 2 2 と像側テレセントリック光学素子 2 3 は、図 8 および図 9 においては円筒レンズとして描かれているが、球面レンズ、非球面レンズ、曲率を有するミラーを用いることができ、またそれぞれ一つずつで構成されと限るものではなく、これらを組み合わせたものでもよい。

【0102】

半導体レーザアレイ 5 の前側端面 2 より出射したレーザビーム 1 0 0 はビーム平行化光学系 2 4 により平行化される。

【0103】

ビーム平行化光学系 2 4 は、円筒レンズ、球面レンズ、非球面レンズ、曲率を有するミラーやその組み合わせを用いることができる。

10

【0104】

このとき、ビーム平行化光学系 2 4 にはビーム回転光学系が含まれていてもよい。ビーム回転光学系としては、公知文献（特開 2 0 0 0 - 1 3 7 1 3 9 号公報、図 2 参照）に示されたシリンドリカルレンズアレイ、公知文献（W O 9 8 / 0 8 1 2 8 号公報、F i g 2 参照）に示された反射鏡等が用いられる。

【0105】

上記ビーム回転光学系を通すことにより、各前側端面 2 から出射された異方性を持ったレーザビーム 1 0 0 は、光軸に垂直な面内で約 9 0 度回転される。

【0106】

上記した以外の外部共振半導体レーザ装置 4 2 の構成は、実施の形態 1 の半導体レーザ 4 0 と同じである。

20

【0107】

実施の形態 3 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 2 によれば、半導体レーザアレイ 5 を用いることにより、レーザビーム 1 0 0 のビームの本数を増やして高出力化することが、低コストかつ簡便に行うことができる。

【0108】

実施の形態 4 .

図 1 1 は、本発明の実施の形態 4 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 3 を概略的に示す上面図である。図 1 2 は、実施の形態 4 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 3 を概略的に示す側面図である。

30

【0109】

実施の形態 4 にかかる外部共振半導体レーザ装置 4 3 においては、それぞれが半導体レーザ素子を複数備える半導体レーザアレイ 5 a , 5 b , 5 c が配置されている。半導体レーザアレイ 5 a , 5 b , 5 c のそれぞれは、実施の形態 3 の半導体レーザアレイ 5 と同じであり、半導体レーザアレイ 5 a , 5 b , 5 c のそれぞれは複数の前側端面 2 および複数の後ろ側端面 3 を備える。そして、複数の前側端面 2 それぞれが発光点となる。半導体レーザアレイ 5 の後ろ側端面 3 の側に配置された第 1 波長分散素子 1 0 a , 1 0 b , 1 0 c により、半導体レーザアレイ 5 の発振波長が選択される。

【0110】

したがって、外部共振半導体レーザ装置 4 3 においては、半導体レーザアレイ 5 a , 5 b , 5 c のそれぞれに対応して前側端面 2 と第 1 波長分散素子 1 0 a , 1 0 b , 1 0 c との間に複数の外部レーザ共振器が構成される。

40

【0111】

半導体レーザアレイ 5 a , 5 b , 5 c の前側端面 2 の側に設けられたビーム平行化光学系 2 4 a , 2 4 b , 2 4 c は、実施の形態 3 のビーム平行化光学系 2 4 と同じである。半導体レーザアレイ 5 a , 5 b , 5 c の後ろ側端面 3 の側に設けられたビーム平行化素子 2 1 a , 2 1 b , 2 1 c は、実施の形態 3 のビーム平行化素子 2 1 と同じである。

【0112】

半導体レーザアレイ 5 a より出射する複数本のビームは第 1 波長分散素子 1 0 a に対して、全て同じ入射角 $\alpha 1$ で入射する。そのため、半導体レーザアレイ 5 a より出射する複

50

数本のレーザビーム 100a は全て同じ発振波長 λ_1 となる。

【0113】

半導体レーザアレイ 5b より出射する複数本のビームは第 1 波長分散素子 10b に対して、全て同じ入射角 α_2 で入射する。そのため、半導体レーザアレイ 5b より出射する複数本のレーザビーム 100b は全て同じ発振波長 λ_2 となる。

【0114】

半導体レーザアレイ 5c より出射する複数本のビームは第 1 波長分散素子 10c に対して、全て同じ入射角 α_3 で入射する。そのため、半導体レーザアレイ 5c より出射する複数本のレーザビーム 100c は全て同じ発振波長 λ_3 となる。

【0115】

半導体レーザアレイ 5a, 5b, 5c それぞれから出射されたレーザビーム 100a, 100b, 100c は、導波路結合光学系 18a, 18b, 18c によりそれぞれ別々の導波路 17a, 17b, 17c に入射され、導波路 17a, 17b, 17c より出射した各レーザビーム 100a, 100b, 100c は結合光学系 13 により第 2 波長分散素子 14 上に重畳され、1 本の結合後レーザビーム 101 として出力される。

【0116】

実施の形態 4 にかかる外部共振半導体レーザ装置 43 によれば、半導体レーザアレイ 5 を用いることにより、レーザビーム 100a, 100b, 100c それぞれのビームの本数を増やして高出力化することが、低コストかつ簡便に行うことができる。また、導波路 17 を用いてレーザビーム 100a, 100b, 100c の配置間隔を狭くすることができるため装置の小型化が可能となる。

【0117】

以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

【符号の説明】

【0118】

1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e, 1', 1'a, 1'b, 1'c, 1'd, 1'e 半導体レーザ素子、2, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2', 2'a, 2'b, 2'c, 2'd, 2'e 前側端面、3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3', 3'a, 3'b, 3'c, 3'd, 3'e 後ろ側端面、5, 5a, 5b, 5c 半導体レーザアレイ、10, 10a, 10b, 10c, 10d, 10e 第 1 波長分散素子、11, 12 ビーム平行化素子、13 結合光学系、14 第 2 波長分散素子、15 波長分散素子、16 部分反射ミラー、17 導波路、18a, 18b, 18c 導波路結合光学系、19 ビーム結合素子、21, 21a, 21b, 21c ビーム平行化素子、22 物側テレセントリック光学素子、23 像側テレセントリック光学素子、24, 24a, 24b, 24c ビーム平行化光学系、40, 40', 41, 42, 43 外部共振半導体レーザ装置、100, 100a, 100b, 100c, 100d, 100e, 100', 100'a, 100'b, 100'c, 100'd, 100'e レーザビーム、101 結合後レーザビーム、210 母線。

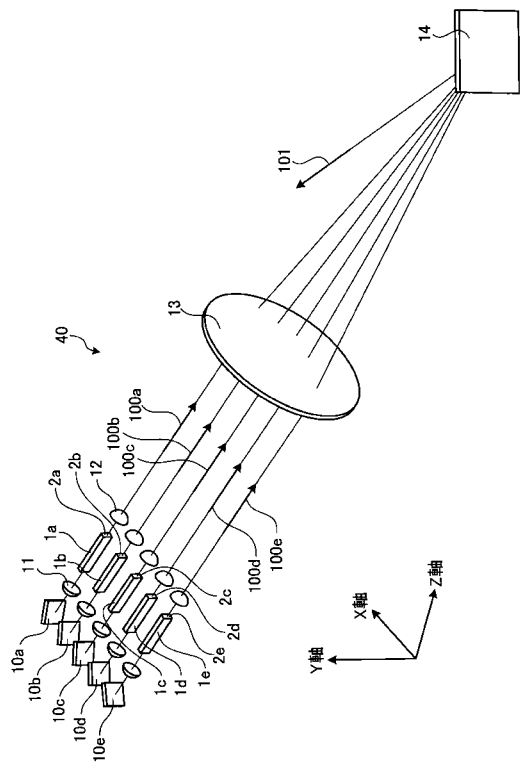
10

20

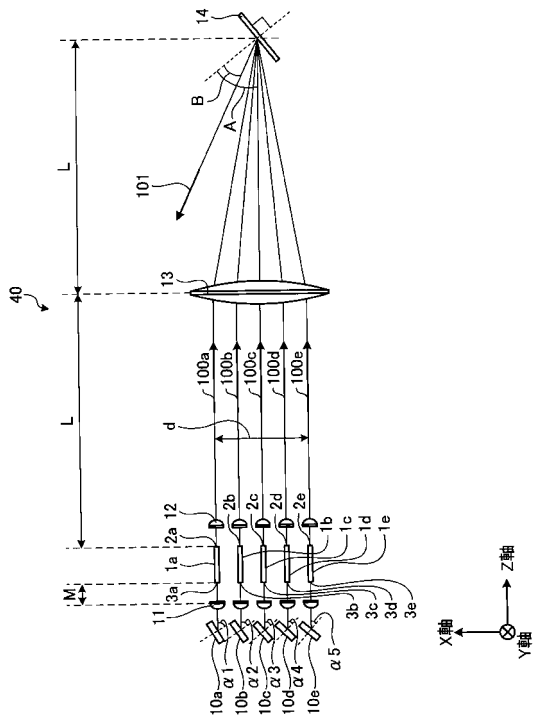
30

40

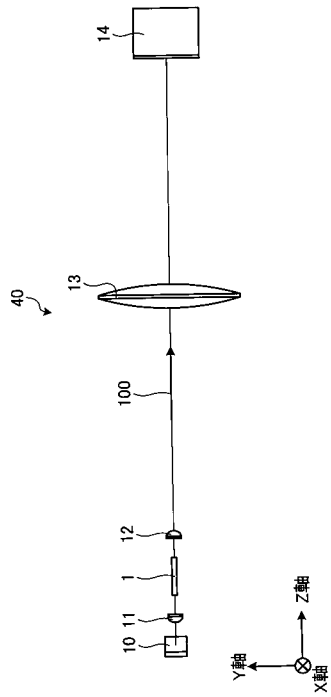
【図 1】



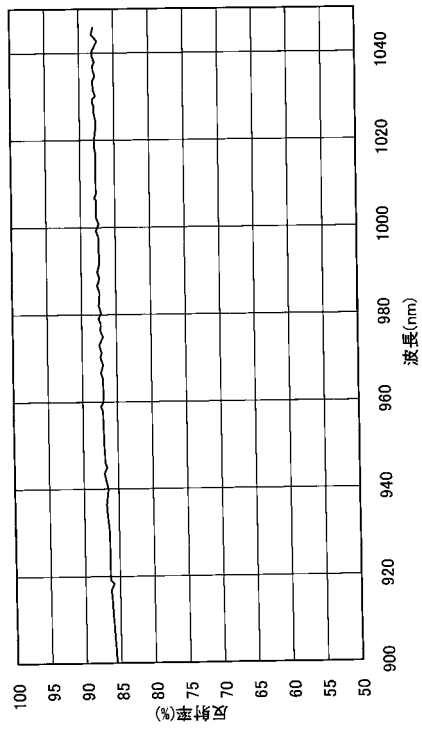
【図 2】



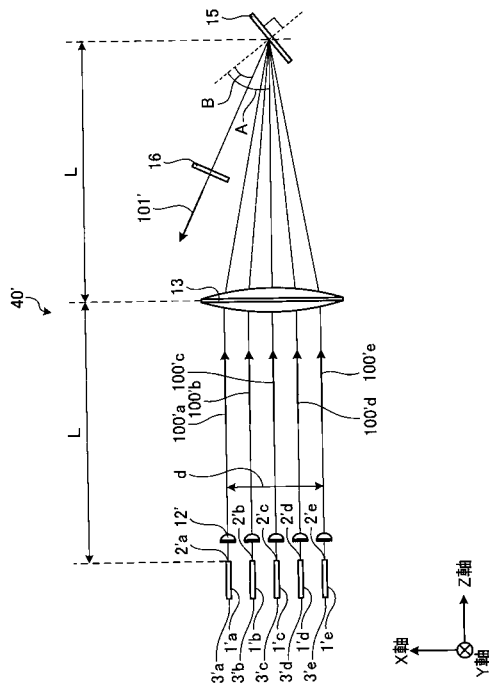
【図 3】



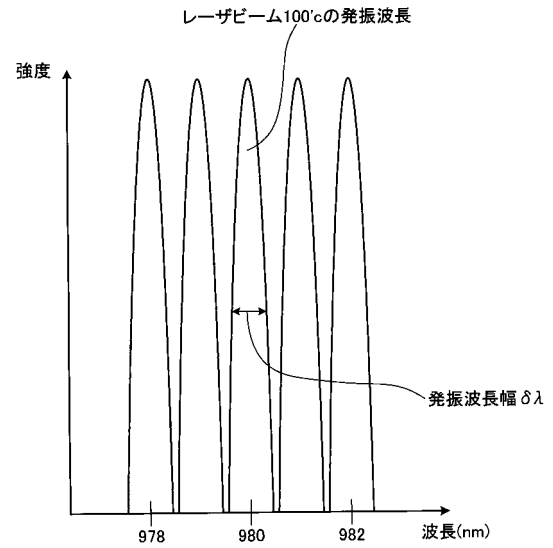
【図 4】



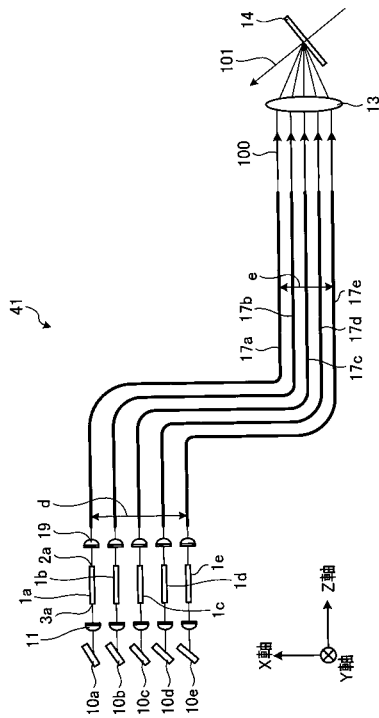
【図 5】



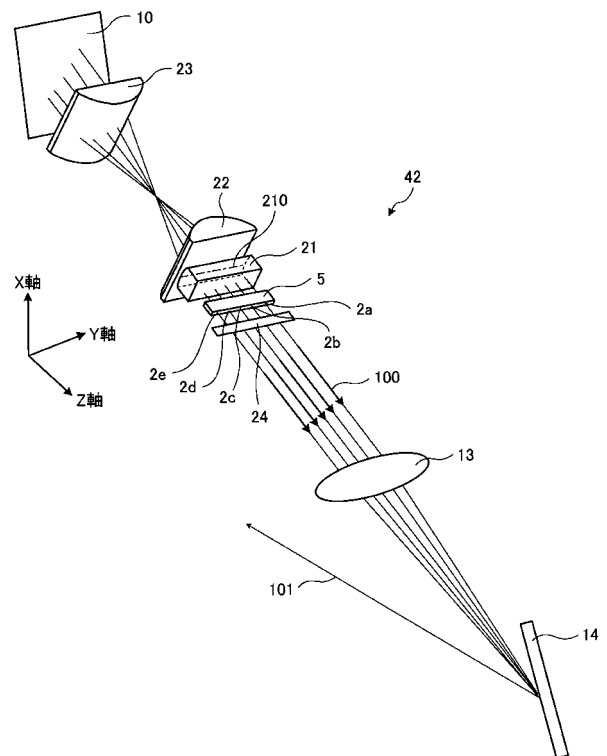
【図 6】



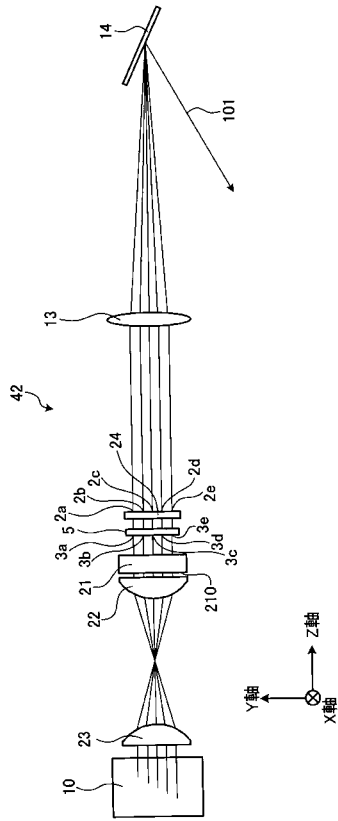
【図 7】



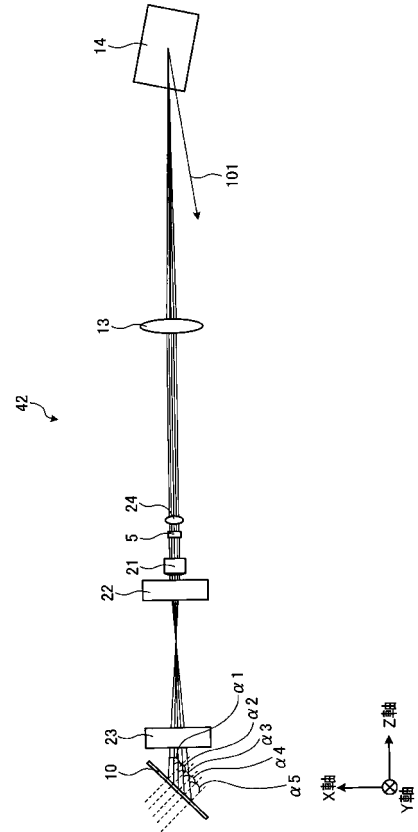
【図 8】



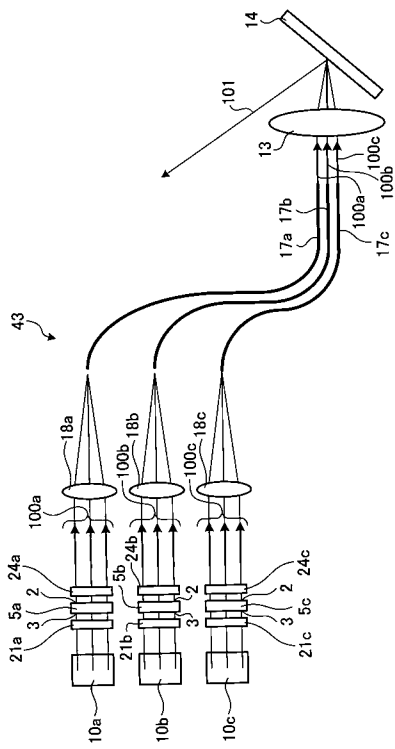
【図 9】



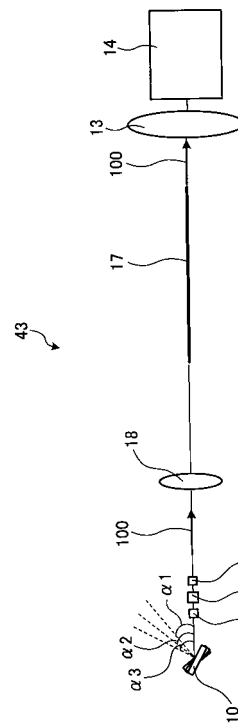
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 小島 哲夫

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

(72)発明者 西前 順一

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) 2H137 AB06 BA01 BA15 BA31 BA52 BB02 BB17 BC02 BC03 BC05
BC07 BC23 BC32 BC52 BC62 EA04 EA13
5F173 MC15 ME44 MF02 MF13 MF14 MF17 MF18 MF23 MF25 MF29
MF39