

(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2023-64231

(P2023-64231A)

(43)公開日

令和5年5月11日(2023. 5. 11)

(51)Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 S 5/042 (2006. 01)	H 0 1 S 5/042 6 1 2	5 F 1 7 3
H 0 1 S 5/14 (2006. 01)	H 0 1 S 5/14	
H 0 1 S 5/026 (2006. 01)	H 0 1 S 5/026 6 1 2	
H 0 1 S 5/02325 (2021. 01)	H 0 1 S 5/02325	
H 0 1 S 5/343 (2006. 01)	H 0 1 S 5/343 6 1 0	
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2021-174376(P2021-174376)

(22)出願日 令和3年10月26日(2021. 10. 26)

(71)出願人 314012076

パナソニック I P マネジメント株式会社  
大阪府大阪市中央区城見 2 丁目 1 番 6 1 号

(74)代理人 110001427

弁理士法人前田特許事務所

(72)発明者 岡本 貴敏

大阪府門真市松葉町 2 番 7 号 パナソニッ  
クスマートファクトリーソリューションズ  
株式会社内

F ターム(参考) 5F173 AB34 AB43 AB46 AB62 AD05

AH22 AR96

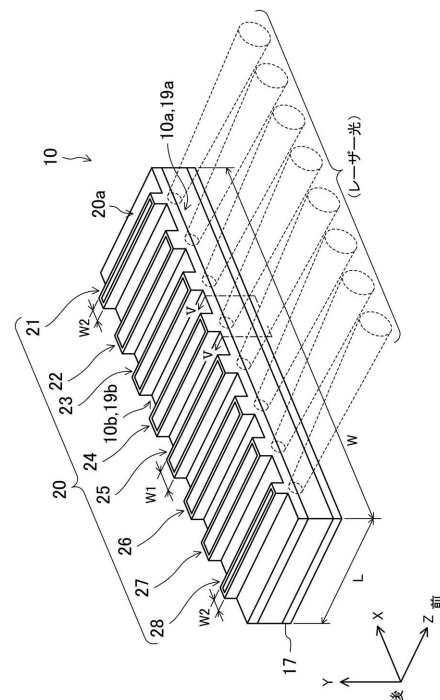
(54)【発明の名称】 レーザーダイオードバー、波長ビーム結合システム及び波長ビーム結合システムの製造方法

## (57)【要約】

【課題】窒化物半導体を構成材料として含み、長時間使用時の信頼性低下が抑制された複数のエミッターを有するレーザーダイオードバーを提供する。

【解決手段】レーザーダイオードバー 10 は、窒化物半導体を構成材料として含む。また、レーザーダイオードバー 10 は、X 方向に互いに間隔をあけて形成された n 個 (n は 4 以上の整数) のエミッター 21 ~ 2 n を有している。n 個のエミッター 21 ~ 2 n のそれぞれは、閾値電流以上の電流が流れることでレーザー発振する。両端のエミッター 21, 2 n のうち少なくとも 1 つの閾値電流は、両端のエミッター 21, 2 n を除いた残りのエミッター 22 ~ 2 n - 1 の閾値電流の平均値以下である。

【選択図】図 4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

窒化物半導体を構成材料として含むレーザーダイオードバーであって、

前記レーザーダイオードバーは、第 1 方向に互いに間隔をあけて形成された  $n$  ( $n$  は 4 以上の整数) 個のエミッターを有しており、

$n$  個の前記エミッターのそれぞれは、閾値電流以上の電流が流れることでレーザー発振し、

両端の前記エミッターのうち少なくとも 1 つの前記エミッターの前記閾値電流は、両端の前記エミッターを除いた残りの前記エミッターの前記閾値電流の平均値以下であることを特徴とするレーザーダイオードバー。

10

**【請求項 2】**

両端の前記エミッターのうち少なくとも 1 つの前記エミッターの前記閾値電流は、両端の前記エミッターを除いた残りの前記エミッターの前記閾値電流の平均値の  $1/2$  以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザーダイオードバー。

**【請求項 3】**

両端の前記エミッターのうち少なくとも 1 つの前記エミッターの前記閾値電流は、 $130\text{ mA}$  以上、 $150\text{ mA}$  以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のレーザーダイオードバー。

**【請求項 4】**

窒化物半導体を構成材料として含むレーザーダイオードバーであって、

前記レーザーダイオードバーは、第 1 方向に互いに間隔をあけて形成された  $n$  ( $n$  は 4 以上の整数) 個のエミッターを有しており、

$n$  個の前記エミッターのそれぞれは、閾値電流以上の電流が流れることでレーザー発振し、

$n$  個の前記エミッターのそれぞれは、前記第 1 方向と交差する第 2 方向が長手方向であるストライプ形状のストライプ部を有しており、

両端の前記エミッターのうち少なくとも 1 つの前記エミッターにおける前記ストライプ部の前記第 1 方向の幅は、両端の前記エミッターを除いた残りの前記エミッターにおける前記ストライプ部の前記第 1 方向の幅の平均値以下であることを特徴とするレーザーダイオードバー。

20

30

**【請求項 5】**

両端の前記エミッターのうち少なくとも 1 つの前記エミッターにおける前記ストライプ部の前記第 1 方向の幅は、両端の前記エミッターを除いた残りの前記エミッターにおける前記ストライプ部の前記第 1 方向の幅の平均値の  $1/3$  以下であることを特徴とする請求項 4 に記載のレーザーダイオードバー。

**【請求項 6】**

両端の前記エミッターのうち少なくとも 1 つの前記エミッターにおける前記ストライプ部の前記第 1 方向の幅は、 $5\text{ }\mu\text{m}$  以上、 $10\text{ }\mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のレーザーダイオードバー。

**【請求項 7】**

$n$  個の前記エミッターのそれぞれに所定値の電流を流した場合、両端の前記エミッターの一方または両方がレーザー発振し、残りの前記エミッターはレーザー発振しないように構成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイオードバー。

40

**【請求項 8】**

$n$  個の前記エミッターのそれぞれから出射されるレーザー光の波長は、 $380\text{ nm}$  以上、 $450\text{ nm}$  以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイオードバー。

**【請求項 9】**

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイオードバーをそれぞれ有する 1

50

または複数のレーザーモジュールと、

前記レーザーダイオードバーに含まれる複数の前記エミッターからそれぞれ出射されるレーザー光を結合する光結合素子と、

前記光結合素子で結合された前記レーザー光を前記光結合素子に向けて反射する外部共振ミラーと、

１または複数の前記レーザーモジュールと前記光結合素子と前記外部共振ミラーとを収容するケーシングと、を少なくとも備え、

前記レーザーダイオードバーは、 $n$ 個の前記エミッターにおける前記レーザー光の出射端面と反対側の面に所定の反射率を有する反射層が設けられており、

前記外部共振ミラーと前記レーザー光が出射される前記エミッターの前記反射層との間に外部共振器が構成され、

前記光結合素子で結合された結合レーザー光が前記ケーシングの外部に出射されることを特徴とする波長ビーム結合システム。

#### 【請求項 10】

請求項 9 に記載の波長ビーム結合システムの製造方法であって、

前記レーザーダイオードバーを準備する第 1 工程と、

前記レーザーダイオードバーを有する前記レーザーモジュールを組み立てる第 2 工程と

、  
前記ケーシングの内部に前記レーザーモジュールと前記光結合素子と前記外部共振ミラーとを所定の配置関係を保った状態で固定配置する第 3 工程と、

前記第 3 工程の後に、前記ケーシングを封止する第 4 工程と、

前記第 4 工程の後に、前記レーザーモジュールを駆動して、前記レーザーダイオードバーに含まれる両端の前記エミッターのうち少なくとも一方から前記レーザー光を所定時間、連続して出射させる第 5 工程と、を少なくとも備え、

前記第 2 工程では、前記レーザーモジュールを組み立てるにあたって、シロキサンを含む接着材が用いられ、

前記第 5 工程では、前記レーザー光の出力がモニターされた状態で、両端の前記エミッターのうち少なくとも一方から前記レーザー光を出射させるとともに、残りの前記エミッターからは前記レーザー光が出射されないように、前記レーザーモジュールを駆動し、

前記所定時間は、前記レーザー光の出力の低下度合いに応じて決定されることを特徴とする波長ビーム結合システムの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0001】

本開示は、レーザーダイオードバー、波長ビーム結合システム及び波長ビーム結合システムの製造方法に関する。

#### 【背景技術】

#### 【0002】

近年、銅、金、樹脂など種々の材料において、レーザー加工への期待が高まっている。例えば、自動車産業では、電動化、小型化、高剛性化、デザイン自由度向上、及び生産性向上などが求められ、レーザー加工への期待は高い。特に、電気自動車用のモーターやバッテリーの、銅加工においては、光吸収効率の高い青色（波長 350 ~ 450 nm）のレーザー光源が求められており、生産性の高い加工を実現するには、高出力で集光性の高いビーム品質を備えたレーザー光源が要求されている。この要求に、好適なレーザー光源として、窒化物半導体を主たる半導体材料として含む、いわゆる窒化ガリウム（以降 GaN と表記する）系半導体レーザー素子が知られている。

#### 【0003】

一方、GaN 系半導体レーザー素子から高出力のレーザー光を連続して出射する場合、所定の時間を超えるとレーザー光の出力が大幅に低下すること、つまり、GaN 系半導体レーザー素子の信頼性低下が知られている。これは、窒化物半導体内部での結晶欠陥の発

10

20

30

40

生、伝播に起因する信頼性低下と、GaN系半導体レーザーが有する波長に起因して、素子の光出射端面近傍の雰囲気に含まれるシロキサンに、350～450nmの波長を有したレーザー光を照射することによってシロキサンの光分解が促進され、分解したSiが光強度の最も強い出射端面に付着する光ピンセット現象に起因する信頼性低下がある。後者の影響は、レーザー加工においては、深刻な課題となっており、本発明も後者に着眼している。

#### 【0004】

したがって、シロキサン分解物の光出射端面への付着を抑制する技術がいくつか提案されている。例えば、特許文献1には、GaN系半導体レーザー素子をCANパッケージに気密封止した後、CANパッケージを101以上にするるとともに、420nm以下の波長の光を照射する方法が開示されている。このようにすることで、CANパッケージの内部にあるシロキサンを含む汚染物質を確実に気化させつつ、これを光分解し、シロキサン分解物が光出射端面に付着するのを防止している。

10

#### 【0005】

また、特許文献2には、GaN系半導体レーザー素子をサブマウントに接着剤を用いて接着し、さらに、これらをCANパッケージの内部に気密封止する構成が開示されている。また、接着剤を、常温において、有機物からなる溶剤に有機物の気化温度よりも高い分解温度を有する保護膜で覆われた金属粒子が漂う構造としている。気密封止前に、真空中または露点-20以下の乾燥空気中で、保護膜の分解温度よりも高い温度でCANパッケージをベーキングする。その後、真空を破ることなく、または乾燥空気の露点を維持した状態で、CANパッケージを気密封止する。このようにすることで、シロキサンを含む雰囲気が、CANパッケージの内部に残留するのを抑制し、シロキサン分解物が光出射端面に付着するのを防止している。

20

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0006】

【特許文献1】特許第5095091号公報

【特許文献2】特許第5722553号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

30

#### 【0007】

レーザー加工を行うために、数kWにもなる高出力および高品質のレーザー光を得るには、複数のGaN系半導体レーザーを用いる必要があり、さらに、それぞれから出力されるレーザー光も高出力化する必要がある。半導体レーザー素子を高出力化するには、単一基板の、一次元方向に光源（以降、エミッターと表記する）を複数配置する、いわゆるレーザーアレイ構造を有した素子（以降、レーザーダイオードバーと表記する）とするのが一般的である。しかし、単一のレーザーダイオードバーから得られる光出力を百～数百W程度にしようとする、エミッターの数が数十～百程度となり、レーザーダイオードバーのサイズが大きくなってしまふ。このような大きなサイズの半導体レーザー素子を一般的なCANパッケージに、気密封止することは困難である。

40

#### 【0008】

本開示はかかる点に鑑みてなされたもので、その目的は、窒化物半導体を構成材料として含むレーザーダイオードバーであって、長時間使用時の信頼性低下を抑制することができるレーザーダイオードバー、波長ビーム結合システム及び波長ビーム結合システムの製造方法を提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

上記目的を達成するため、本開示に係るレーザーダイオードバーは、窒化物半導体を構成材料として含むレーザーダイオードバーであって、前記レーザーダイオードバーは、第1方向に互いに間隔をあけて形成されたn（nは4以上の整数）個のエミッターを有して

50

おり、 $n$ 個の前記エミッターのそれぞれは、閾値電流以上の電流が流れることでレーザー発振し、両端の前記エミッターのうち少なくとも1つの前記エミッターの前記閾値電流は、両端の前記エミッターを除いた残りの前記エミッターの前記閾値電流の平均値以下であることを特徴とする。

#### 【0010】

本開示に係る波長ビーム結合システムは、前記レーザーダイオードバーをそれぞれ有する単一または複数のレーザーモジュールと、前記レーザーダイオードバーに含まれる複数の前記エミッターからそれぞれ出射されるレーザー光を結合する光結合素子と、前記光結合素子で結合された前記レーザー光を前記光結合素子に向けて反射する外部共振ミラーと、単一または複数の前記レーザーモジュールと前記光結合素子と前記外部共振ミラーとを収容するケーシングと、を少なくとも備え、前記レーザーダイオードバーは、 $n$ 個の前記エミッターにおける前記レーザー光の出射端面と反対側の面に所定の反射率を有する反射層が設けられており、前記外部共振ミラーと前記レーザー光が出射される前記エミッターの前記反射層との間に外部共振構造が構成され、前記光結合素子で結合された結合レーザー光が前記ケーシングの外部に出射されることを特徴とする。

#### 【0011】

本開示に係る波長ビーム結合システムの製造方法は、前記レーザーダイオードバーを準備する第1工程と、前記レーザーダイオードバーを有するレーザーモジュールを組み立てる第2工程と、前記ケーシングの内部に前記レーザーモジュールと前記光結合素子と前記外部共振ミラーとを所定の配置関係を保った状態で固定配置する第3工程と、前記3工程の後に、前記ケーシングを封止する第4工程と、前記4工程の後に、前記レーザーモジュールを駆動して、前記レーザーダイオードバーに含まれる両端の前記エミッターのうち少なくとも一方から前記レーザー光を所定時間、連続して出射させる第5工程と、を少なくとも備え、前記第2工程では、前記レーザーモジュールを組み立てるにあたって、シロキサンを含む絶縁性接着材が用いられ、前記第5工程では、前記レーザー光の出力がモニターされた状態で、両端の前記エミッターのうち少なくとも一方から前記レーザー光を出射させるとともに、残りの前記エミッターからは前記レーザー光が出射されないように、前記レーザーモジュールを駆動し、前記所定時間は、前記レーザー光の出力の低下度合いに応じて決定されることを特徴とする。

#### 【発明の効果】

#### 【0012】

本開示によれば、光出射端面へのシロキサン分解物の付着を抑制できる。このことにより、シロキサン付着によるレーザーダイオードバーの長時間使用時の信頼性低下を抑制できる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

【図1】実施形態に係る波長ビーム結合システムの概略構成図である。

【図2】波長ビーム結合システムの動作を説明する模式図である。

【図3】レーザーモジュールの分解斜視図である。

【図4】レーザーダイオードバーの斜視図である。

【図5】図4のV-V線での断面図である。

【図6】連続発振時の単一のエミッターで構成されたレーザーモジュールのレーザー光出力の時間変化を示す図である。

【図7】38個のエミッターを有するレーザーダイオードバーを実装したレーザーモジュールを所定時間駆動させた前後での各エミッターからのレーザー光出力の変化を示す図である。

【図8】レーザーモジュールを所定時間駆動させた後でのエミッターの光出射端面への付着物を観察した模式図である。

【図9】ストライプ幅と閾値電流との関係を示す図である。

【図10】波長ビーム結合システムの製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 1】図 1 0 に示すステップ S 5 におけるレーザーモジュールからのレーザー光の出射状態を示す図である。

【図 1 2】図 1 0 に示すステップ S 5 におけるモニター出力の時間変化を示す図である。

【図 1 3】図 1 0 に示すステップ S 5 におけるレーザーダイオードバーの好適な駆動範囲を示す図である。

【図 1 4】変形例に係るダミーエミッターを示す平面模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本開示の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の好ましい実施形態の説明は、本質的に例示に過ぎず、本開示、その適用物或いはその用途を制限することを意図するものではない。

【0015】

(実施形態)

[波長ビーム結合システムの構成]

図 1 は、実施形態に係る波長ビーム結合システムの概略構成図を示し、図 2 は、波長ビーム結合システムの動作を説明する模式図を示す。なお、図 1 において、内部の構造を説明するために、ケーシング 160 の一部を省略して図示している。

【0016】

図 1 に示すように、波長ビーム結合システム 100 は、複数のレーザーモジュール 110 と複数の光整形部品 120 と複数の回折格子素子 130 と外部共振ミラー 140 とケーシング 160 と光出力モニター 150 とを有している。

【0017】

レーザーモジュール 110 は、レーザーダイオードバー 10 (図 2, 3 参照) を備え、青色の波長域のレーザー光を出射する。なお、本願明細書において、「青色の波長域」とは、350 nm 以上、450 nm 以下の波長範囲をいう。また、レーザーダイオードバー 10 には、8 個のエミッター 21 ~ 28 (図 4 参照) が形成されており、それぞれのエミッター 21 ~ 28 から青色の波長域のレーザー光が出射される。レーザーモジュール 110 の構成については後で述べる。なお、以降の説明において、種類や位置を特に限定しない場合、8 個のエミッター 21 ~ 28 を総称してエミッター 20 と呼ぶことがある。

【0018】

光整形部品 120 は、レーザーダイオードバー 10 から出射されたレーザー光のビーム形状を整形する光学部品である。レーザーダイオードバー 10 から出射された直後のレーザー光は、光軸と直交する仮想面で切断した断面が楕円形である。レーザー光を用いたレーザー加工時には、当該断面の形状は円形に近いのが好ましいため、光整形部品 120 を用いて、レーザー光を整形している。例えば、光整形部品 120 はコリメーターレンズである。

【0019】

回折格子素子 130 は、レーザーダイオードバー 10 の各エミッター 20 から出射されたレーザー光をそれぞれ回折して外部共振ミラー 140 に向かわせる。

【0020】

外部共振ミラー 140 は、入射したレーザー光の一部を透過するとともに、残部を回折格子素子 130 に向けて反射する。このようにすることで、外部共振ミラー 140 と複数のレーザーモジュール 110 のそれぞれとの間に外部共振器が構成される。図 2 を用いて波長ビーム結合システムを説明する。

【0021】

図 2 に 1 個のレーザーダイオードバー 10 を用いて、波長ビーム結合システムを説明する。レーザーダイオードバー 10 から出射されたレーザー光が、回折格子素子 130 によって回折された後、外部共振ミラー 140 に入射されている。入射したレーザー光の一部が透過する一方、残部が回折格子素子 130 に向けて反射され、さらに、レーザーダイオードバー 10 に戻ってくる。この反射戻り光のほとんどは、レーザーダイオードバー 10

10

20

30

40

50

の光出射端面 10 a ( 図 4 参照。 ) を透過し、反対側の面である後端面 10 b ( 図 4 参照。 ) に形成された反射層に到達する。さらに、レーザー光は、反射層で反射されて、再度、光出射端面 10 a からレーザーダイオードバー 10 の外部に出射される。

#### 【 0022 】

レーザーダイオードバー 10 の各エミッター 20 から出射されるレーザー光のうち、回折格子素子 130 の回折条件を満たし、かつ、外部共振ミラー 140 により反射される波長 (以降、ロック波長と表記する) の光のみが、もとのエミッター 20 に帰還することで、後端面 10 b に形成された第 2 反射層 19 b ( 図 4 参照 ) と外部共振ミラー 140 38 との間で、外部共振器が構成され、レーザーダイオードバー 10 から、具体的には、複数のエミッター 20 のそれぞれからレーザー光が出力される。

10

#### 【 0023 】

各エミッター 20 のロック波長を  $\lambda$ 、回折格子の周期を  $d$ 、入射角を  $\theta_i$ 、出射角を  $\theta_r$ 、次数を  $m$  とすると、ロック波長  $\lambda$  は、式 (1) で表現される。

$$d (\sin \theta_i + \sin \theta_r) = m \lambda \cdots \cdots (1)$$

なお、回折格子の次数  $m = 1$  とするのが一般的である。

#### 【 0024 】

例えば、図 2 に示すようレーザーダイオードバー 10 において、回折格子素子 130 の入射面に対する入射角  $\theta_i$  がエミッター 20 毎の配置位置毎、に変化するように、エミッター 20 を形成する。この場合、レーザーダイオードバー 10 に形成されたエミッター 20 のロック波長はレーザーダイオードバー 10 の一端から他端にかけて段階的に変化することになる。

20

#### 【 0025 】

なお、各エミッター 20 が外部共振によって、レーザー発振できるのは、レーザーダイオードバーが本来有するゲイン波長強度が所定値以上の波長に限られる。換言すれば、各エミッター 20 のゲインピーク波長  $\lambda_g$  から所定範囲内のロック波長は発振し、所定範囲外のロック波長は発振しない。よって、本実施形態の波長ビーム結合システム 100 においては、各エミッター 20 のゲインピーク波長  $\lambda_g$  の上下限範囲が、レーザーダイオードバー 10 の両端のエミッター 21, 28 のロック波長  $\lambda$  の差  $\Delta \lambda_{\text{bar}}$  の範囲に収まるように、レーザーダイオードバー 10 及び各エミッター 20 の光学設計が行われている。なお、両端のエミッター 21, 28 のロック波長  $\lambda$  の差  $\Delta \lambda_{\text{bar}}$  は、レーザーダイオードバー 10 と回折格子素子 130 との間の距離  $L_1$  に応じて変化する。

30

#### 【 0026 】

レーザーダイオードバー 10 の各エミッターからそれぞれ出射されたレーザー光の光軸が、回折格子素子 130 を透過した時点で互いに重なるように、レーザーダイオードバー 10 と回折格子素子 130 との配置関係が規定されている。また、図 1 に示す波長ビーム結合システム 100 では、ケーシング 160 の側面を基準としたレーザー光の出射方向が互いに異なるように、複数のレーザーモジュール 110 がケーシング 160 の内部に配置されている。また、1 個のレーザーモジュール 110 と、これから出射されたレーザー光を受け取る光整形部品 120 と回折格子素子 130 とで構成される部品の組が複数組存在する。複数の部品の組のそれぞれにおいて、内部の配置及び部品の組の間での配置関係を調整することで、複数のレーザーモジュール 110 に形成された複数のエミッター 20 のそれぞれから出射されたレーザー光が、外部共振ミラー 140 に入射した時点で互いに重なるようにしている。このようにすることで、複数のレーザー光が重ね合わせられて高出力の結合レーザー光が生成される。

40

#### 【 0027 】

図 1 に戻って、波長ビーム結合システムの構成の説明を続ける。ケーシング 160 は、遮光材料からなる箱状の部品である。ケーシング 160 は、複数のレーザーモジュール 110 と複数の光整形部品 120 と複数の回折格子素子 130 と外部共振ミラー 140 とを内部の空間に収容する。これらの部品が収容された後、図示しない蓋がケーシング 160 に取り付けられることで、各部品がケーシング 160 の内部に封止される。

50

## 【 0 0 2 8 】

ケーシング 1 6 0 には、レーザー光出射ブロック 1 6 1 が取り付けられている。外部共振ミラー 1 4 0 を透過した結合レーザー光は、レーザー光出射ブロック 1 6 1 の光出射口 1 6 1 a を通過して、ケーシング 1 6 0 の外部に出射される。レーザー光出射ブロック 1 6 1 の内部には、結合レーザー光の光路を変更するための反射ミラー（図示せず）等が設けられている。また、外部共振ミラー 1 4 0 の近傍のケーシング 1 6 0 やレーザー光出射ブロック 1 6 1 を冷却するための冷却管 1 6 2 がレーザー光出射ブロック 1 6 1 に取り付けられている。

## 【 0 0 2 9 】

また、ケーシング 1 6 0 の側面に排気口 1 6 0 a を設けることで、加熱等によりケーシング 1 6 0 の内部で発生したガスは、排気口 1 6 0 a からケーシング 1 6 0 の外部に排出される。

## 【 0 0 3 0 】

光出力モニター 1 5 0 は、ケーシング 1 6 0 の内部であって、レーザーモジュール 1 1 0 から回折格子素子 1 3 0 に向かうレーザー光の光路中に配置されている。なお、図 1 に示す例では、光出力モニター 1 5 0 は、1 個のレーザーモジュール 1 1 0 に対応した位置に配置されている。なお、光出力モニター 1 5 0 は、複数のレーザーモジュール 1 1 0 のそれぞれに対応した位置に配置されていてもよい。ただし、すべてのレーザーモジュール 1 1 0 毎に光出力モニター 1 5 0 を設ける必要は無い。また、後で述べるように、光出力モニター 1 5 0 は、波長ビーム結合システム 1 0 0 から最終的に取り外す。このため、光出力モニター 1 5 0 は、ケーシング 1 6 0 の外部であって、結合レーザー光の光路中に配置されていてもよい。

## 【 0 0 3 1 】

## 〔 レーザーモジュールの構成 〕

図 3 の分解斜視図を使って、レーザーモジュール 1 1 0 の構成を説明する。レーザーモジュール 1 1 0 は、第 1 電極ブロック 3 0 とサブマウント 4 0 とレーザーダイオードバー 1 0 と絶縁シート 5 0 と第 2 電極ブロック 7 0 とを有している。なお、図 3 に示すレーザーモジュール 1 1 0 及び図 4 , 5 に示すレーザーダイオードバー 1 0 において、エミッター 2 0 の配列方向を X 方向と呼び、レーザーダイオードバー 1 0 の厚さ方向を Y 方向と呼ぶことがある。また、エミッター 2 0 の長手方向を Z 方向と呼ぶことがある。X 方向、Y 方向及び Z 方向は互いに略直交している。また、Z 方向において、レーザー光が出射される側を前または前方と呼び、その反対側を後または後方と呼ぶことがある。

## 【 0 0 3 2 】

第 1 電極ブロック 3 0 は、銅または銅合金からなる板状の部材である。第 1 電極ブロック 3 0 には、前方が開放された凹部 3 3 が形成されている。また、凹部 3 3 を挟んで X 方向で両側に、かつ Z 方向に沿って 2 箇所ずつ、計 4 箇所にねじ孔 3 1 が設けられている。また、凹部 3 3 の Z 方向に沿った後方にねじ孔 3 2 が設けられている。

## 【 0 0 3 3 】

凹部 3 3 にはサブマウント 4 0 とレーザーダイオードバー 1 0 とが設置されている。サブマウント 4 0 は、板状の導電部材であり、Au - Sn はんだ等の導電性接着材（図示せず）により凹部 3 3 の上面に接合されている。サブマウント 4 0 の材質は、ダイヤモンドと金属の複合材料や、SiC などの導電性の半導体材料で構成され、窒化物半導体と線膨張係数が近く、また、ヤング率が高いことが好ましい。

## 【 0 0 3 4 】

レーザーダイオードバー 1 0 は、X 方向に互いに間隔をあけて 8 個のエミッター 2 1 ~ 2 8 を有している（図 4 参照）。レーザーダイオードバー 1 0 は、Au - Sn はんだ等の導電性接着材 9 1 （図 5 参照）によりサブマウント 4 0 に接合されている。本構成では、導電性接着材 9 1 を挟んで、レーザーダイオードバー 1 0 の p 側電極 1 8 （図 5 参照）がサブマウント 4 0 の表面に接合されている。レーザーダイオードバー 1 0 の構成については後で述べる。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 5 】

レーザーダイオードバー 1 0 の n 側電極 1 7 ( 図 5 参照 ) の表面には複数のバンプ電極 6 0 が形成されている。バンプ電極 6 0 を介して、n 側電極 1 7 が第 2 電極ブロック 7 0 に電氣的に接続される。バンプ電極 6 0 と第 2 電極ブロック 7 0 との間に金箔等の導電シートが設けられてもよい。

## 【 0 0 3 6 】

第 2 電極ブロック 7 0 は、銅または銅合金からなる板状の部材である。第 2 電極ブロック 7 0 には、第 1 電極ブロック 3 0 のねじ孔 3 1 に対応する位置にねじ孔 7 1 が計 4 箇所設けられている。また、ねじ孔 7 1 とは別の位置、この場合は、X 方向に沿ってねじ孔 7 1 の間にねじ孔 7 2 が設けられている。

10

## 【 0 0 3 7 】

絶縁シート 5 0 は、例えば、窒化アルミニウムからなるシート状の部材である。絶縁シート 5 0 には、第 1 電極ブロック 3 0 のねじ孔 3 1 及び第 2 電極ブロック 7 0 のねじ孔 7 1 に対応する位置に貫通孔 5 1 が設けられている。なお、本実施形態では、絶縁性と放熱性を両立させる観点から、絶縁シート 5 0 の材質を窒化アルミニウムとしたが、他の材質を選択してもよい。

## 【 0 0 3 8 】

レーザーモジュール 1 1 0 を組み立てるにあたって、第 1 電極ブロック 3 0 の凹部 3 3 に位置決めを行った上でサブマウント 4 0 とレーザーダイオードバー 1 0 とを実装する。さらに、第 1 電極ブロック 3 0 の表面に絶縁性接着材 9 0 を配置する。絶縁性接着材 9 0 には、シロキサンが含まれている。貫通孔 5 1 とねじ孔 3 1 とが重ね合わせられた状態で、絶縁性接着材 9 0 を用いて絶縁シート 5 0 を第 1 電極ブロック 3 0 の表面に接着するため、絶縁性接着材 9 0 はレーザーモジュール 1 1 0 を構成するためには必要となる。

20

## 【 0 0 3 9 】

次に、ねじ孔 7 1 とねじ孔 3 1 とが重なるように、第 2 電極ブロック 7 0 を第 1 電極ブロック 3 0 の表面に配置する。さらに、ワッシャ 8 3 を介在させて、ボルト 8 0 を第 1 電極ブロック 3 0 のねじ孔 3 1 と絶縁シート 5 0 の貫通孔 5 1 と第 2 電極ブロック 7 0 のねじ孔 7 1 とに挿通し、締結する。

## 【 0 0 4 0 】

このようにすることで、サブマウント 4 0 とレーザーダイオードバー 1 0 とが第 1 電極ブロック 3 0 と第 2 電極ブロック 7 0 とに挟み込まれて固定される。この際、レーザーダイオードバー 1 0 は、サブマウント 4 0 と導電性接着材 9 1 とを介して、第 1 電極ブロック 3 0 と電氣的に接続される。また、レーザーダイオードバー 1 0 は、バンプ電極 6 0 を介して、第 2 電極ブロック 7 0 に電氣的に接続される。

30

## 【 0 0 4 1 】

レーザーダイオードバー 1 0 の表面にバンプ電極 6 0 を形成することで、締結時にレーザーダイオードバー 1 0 に加わる圧力を緩和でき、レーザーダイオードバー 1 0 が破損したり、信頼性が低下したりするのを抑制できる。なお、貫通孔 5 1 とねじ孔 7 1 とが重ね合わせられた状態で、絶縁性接着材 9 0 を用いて絶縁シート 5 0 を第 2 電極ブロック 7 0 の裏面に接着してもよい。

40

## 【 0 0 4 2 】

なお、外部電源 ( 図示せず ) から引き出されたマイナス側配線 ( 図示せず ) は、ボルト 8 1 により、第 1 電極ブロック 3 0 のねじ孔 3 2 に締結され、マイナス側配線と第 1 電極ブロック 3 0 とが電氣的に接続される。また、外部電源から引き出されたプラス側配線 ( 図示せず ) は、ボルト 8 2 により、第 2 電極ブロック 7 0 のねじ孔 7 2 に締結され、プラス側配線と第 2 電極ブロック 7 0 とが電氣的に接続される。

## 【 0 0 4 3 】

このように高い光出力を得るためのレーザーモジュール 1 1 0 の構成では、レーザーモジュール 1 1 0 を気密封止、あるいは、絶縁性接着材だけを分離して、気密封止することは極めて困難である。

50

## 【 0 0 4 4 】

## [ レーザーダイオードバーの構成 ]

図 4 は、レーザーダイオードバーの斜視図を示し、図 5 は、図 4 の V - V 線での断面図を示す。

## 【 0 0 4 5 】

図 4 に示すように、レーザーダイオードバー 1 0 は、X 方向に 8 個のエミッター 2 1 ~ 2 8 が互いに間隔をあけて形成されている。このうち、両端に位置するエミッター 2 1 , 2 8 とそれ以外のエミッター 2 2 ~ 2 7 とでは、X 方向の幅が異なっている。具体的には、両端に位置するエミッター 2 1 , 2 8 において、後で述べるストライプ部 2 0 a の X 方向の幅 ( 以下、ストライプ幅という ) W 2 は、それ以外のエミッター 2 2 ~ 2 7 におけるストライプ幅 W 1 よりも狭くなっている。なお、両端のエミッター 2 1 , 2 8 もそれ以外のエミッター 2 2 ~ 2 7 も、Z 方向の長さ L ( 以下、ストライプ長 L と呼ぶことがある。 ) はそれぞれ同じである。また、レーザーダイオードバー 1 0 の Z 方向の前方端面が光出射端面 1 0 a である。光出射端面 1 0 a から Z 方向の前方にレーザー光が出射される。光出射端面 1 0 a には第 1 反射層 1 9 a が、レーザーダイオードバー 1 0 の後端面 1 0 b には第 2 反射層 1 9 b がそれぞれ形成されている。レーザー光が有する波長に対して、第 2 反射層 1 9 b の反射率は高く、第 1 反射層 1 9 a の反射率は低くなるように設定されている。好ましくは第 2 反射層 1 9 b のレーザー光の波長に対する反射率は 9 0 % 以上が好ましく、第 1 反射層 1 9 a の反射率は 1 % 以下が好ましい。したがって、第 1 反射層 1 9 a 及び第 2 反射層 1 9 b は、互いに屈折率の異なる 2 種または 3 種の誘電体膜を積層させてなる。ただし、第 1 反射層 1 9 a 及び第 2 反射層 1 9 b の構成とも、特にこれに限定されない。

## 【 0 0 4 6 】

また、図 5 に示すように、エミッター 2 0 は、Y 方向に積層された複数の窒化物半導体層で構成されている。具体的には、エミッター 2 0 は、窒化物半導体層として、n 型基板 1 1 と n 型クラッド層 1 2 と活性層 1 3 と p 型クラッド層 1 4 と p 型コンタクト層 1 5 とを有している。n 型基板 1 1 の裏面に n 側電極 1 7 が形成されている。p 型コンタクト層 1 5 の表面に p 側電極 1 8 が形成されている。

## 【 0 0 4 7 】

p 型クラッド層 1 4 と p 型コンタクト層 1 5 とは、Z 方向に延びる直線状のストライプ形状に加工されており、これらを総称してストライプ部 2 0 a と呼ぶことがある。p 側電極 1 8 を除いて、ストライプ部 2 0 a 及び p 型クラッド層 1 4 の表面を覆うように絶縁層 1 6 が形成されている。絶縁層 1 6 を設けることで、p 側電極 1 8 が設けられていない p 型クラッド層 1 4 から活性層 1 3 に通電されるのを防止し、X 方向において、活性層 1 3 への電流閉じ込めを実現している。

## 【 0 0 4 8 】

第 1 電極ブロック 3 0 と第 2 電極ブロック 7 0 との間に外部から所定以上の電圧を印加することで、レーザーモジュール 1 1 0 に電流が流れる。

## 【 0 0 4 9 】

エミッター 2 0 毎に見れば、n 側電極 1 7 と p 側電極 1 8 との間に所定以上の電圧を印加されて、活性層 1 3 に電荷が注入され、活性層 1 3 が発光し始める。活性層 1 3 に閾値電流以上の電流が流れると、第 1 反射層 1 9 a と第 2 反射層 1 9 b との間でレーザー発振し、光出射端面 1 0 a からレーザー光が Z 方向の前方に向けて出射される。

## 【 0 0 5 0 】

なお、ストライプ幅の違いに起因して、両端のエミッター 2 1 , 2 8 とそれ以外のエミッター 2 2 ~ 2 7 とでは閾値電流が異なってくる。具体的には、両端のエミッター 2 1 , 2 8 の閾値電流は、それ以外のエミッター 2 2 ~ 2 7 の閾値電流よりも小さくなる。

## 【 0 0 5 1 】

## [ 本願発明に至った知見 ]

図 6 は、連続発振時の単一のエミッターで構成されたレーザーモジュールのレーザー光

10

20

30

40

50

出力の時間変化を示し、図 7 は、38 個のエミッターを有するレーザーダイオードバーを実装したレーザーモジュールを所定時間駆動させた前後での各エミッターからのレーザー光出力の変化を示す。

【0052】

図 8 は、レーザーモジュールを所定時間駆動させた後でのエミッターの光出射端面への付着物を観察した模式図を示す。図 9 は、ストライプ幅と閾値電流との関係を示す。なお、図面を分かりやすくするため、図 8 において、絶縁層 16 の図示を省略している。

【0053】

図 6 に示す例では、レーザーダイオードバー 10 は単一のエミッター 20 を有している。このレーザーダイオードバー 10 は CAN パッケージに実装し、気密封止することができる。気密封止している場合において、100 時間連続駆動した後、レーザー光の出力の低下度合いは 10 % 程度であった。一方、同程度の光出力を有する別のレーザーダイオードバー 10 を気密封止せずに、シロキサンが一定濃度存在する大気に晒した場合で、100 時間連続駆動した後、レーザー光の出力の低下度合いは 60 % 程度に及んだ。これは、前述したように、光出射端面 10a にシロキサン分解物が付着したことに起因すると考えられる。

【0054】

一方、図 7 に示す例では、レーザーダイオードバー 10 は 38 個のエミッター 20 を有している。このレーザーダイオードバー 10 を図 3 に示すレーザーモジュール 110 に組み立てた後、レーザーモジュール 110 を一定時間連続して駆動させた。連続駆動の前後で、各エミッター 20 からのレーザー光出力を測定した。図 7 から明らかなように、中央に位置するエミッター 20 では、レーザー光の出力の低下度合いは 20 % 以下であった。一方、中央から両端に向かうにつれて、エミッター 20 から出射されるレーザー光の出力の低下度合いは大きくなった。

【0055】

この結果を受けて、各エミッター 20 の光出射端面 10a を SEM (Scanning Electron Microscopy) によって観察したところ、図 8 に示すように、両端のエミッター、例えば、エミッター No. 1 ~ 3 やエミッター No. 36 ~ 38 において、光出射端面 10a に付着物が観察された。また、EDX 分析 (Energy Dispersive X ray Spectroscopy) によって、その付着物は、シロキサン由来とされる Si が主な成分として構成されていることがわかった。つまり、当該付着物は、雰囲気中に滞留するシロキサンの分解物であると推定された。

【0056】

図 3 に示したレーザーモジュール 110 の構造から考えて、絶縁性接着材 90 に含まれるシロキサンが、その近傍に位置している両端のエミッター 20 の光出射端面 10a により付着しやすいと推定される。本願発明者等は、このことに起因して、両端のエミッター 20 では、それ以外のエミッター 20 よりも光出力が低下したものと推定した。

【0057】

そこで、本願発明者は、図 4 に示すレーザーダイオードバー 10 において、両端のエミッター 21, 28 (以下、ダミーエミッター 21, 28 と呼ぶことがある。) の光出射端面 10a のみにシロキサン分解物を付着させるようにした。このようにすることで、レーザーモジュール 110 全体として見た場合に長時間使用時のレーザー光出力の低下を抑制できることを見出した。また、これを実現するために、閾値電流が他のエミッター 22 ~ 27 よりも小さいエミッター 21, 28 を両端に設けるようにした。このことについてさらに説明する。

【0058】

図 9 に示すように、一般に、エミッター 20 の閾値電流  $I_{th}$  は、ストライプ幅が広くなるにつれて大きくなる。この傾向は、ストライプ長  $L$  が変化した場合も変わらない。このことを利用して、互いに閾値電流が異なるエミッター 20 を 1 個のレーザーダイオードバー 10 に同時に形成する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 9 】

例えば、図 4 に示すレーザダイオードバー 1 0 において、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 のストライプ幅  $W_2$  を  $5 \mu m$  とし、それ以外のエミッター 2 2 ~ 2 7 ( 以下、本エミッター 2 2 ~ 2 7 と呼ぶことがある。 ) のストライプ幅  $W_1$  を  $30 \mu m$  とする。また、各エミッター 2 1 ~ 2 8 にそれぞれ  $200 mA$  の電流が流れるようにする。図 9 から、明らかなように、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 に流れる電流は閾値電流を超えている。よって、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 はレーザ発振し、光出射端面 1 0 a からレーザ光が出射される。一方、本エミッター 2 2 ~ 2 7 では、閾値電流より小さい電流しか流れず、発光しない。

## 【 0 0 6 0 】

この場合、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 の近傍では、シロキサン分解が進み、シロキサン分解物が光出射端面 1 0 a に付着する。一方、本エミッター 2 2 ~ 2 7 の近傍では、シロキサンの分解は起こらず、シロキサン分解物が光出射端面 1 0 a に付着しない。レーザ光を所定時間以上出射することで、絶縁性接着材 9 0 に由来するシロキサン分解物のダミーエミッター 2 1 , 2 8 の光出射端面 1 0 a への付着が進み、ケーシング 1 6 0 の内部のシロキサン濃度は所定以下に低下する。その結果、レーザダイオードバー 1 0 の各エミッター 2 1 ~ 2 8 に閾値電流を超える電流を流した場合、本エミッター 2 2 ~ 2 7 がそれぞれレーザ発振し、レーザ光がそれぞれ出射される。このとき、光出射端面 1 0 a の近傍でシロキサン濃度が低下しているため、光出射端面 1 0 a へのシロキサン分解物の付着が抑制される。その結果、本エミッター 2 2 ~ 2 7 からレーザ光を長時間出射させても、光出力の低下が抑制される。つまり、レーザモジュール 1 1 0、ひいては波長ビーム結合システム 1 0 0 を長時間動作させた場合の信頼性の低下を抑制できる。

## 【 0 0 6 1 】

なお、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 は、シロキサン分解物の付着により、光出力が低下するだけでなく、破壊に至る場合がある。しかし、このようなことが起こっても、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 は通電時に微小な発熱源となるだけで、レーザダイオードバー 1 0 の動作自体に大きな影響は与えない。また、レーザダイオードバー 1 0 から出力されるレーザ光の全体の出力は低下するが、低下分を見込んで、本エミッター 2 2 ~ 2 7 とダミーエミッター 2 1 , 2 8 との個数比を設定することで、所望の光出力を得ることができる。

## 【 0 0 6 2 】

なお、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 の両方が必ずしもレーザ発振していなくてもよく、少なくとも一方をレーザ発振させればよい。また、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 からレーザ光を出射させる場合、本エミッター 2 2 ~ 2 7 は、確実に発光させないことが好ましい。このために、レーザ光を出射させるダミーエミッター 2 1 , 2 8 の閾値電流は、本エミッター 2 2 ~ 2 7 の閾値電流の  $1/2$  以下にすることが好ましい。

## 【 0 0 6 3 】

また、図 9 に示したように、閾値電流  $I_{th}$  は、ストライプ幅に対して単調に増加する。よって、ストライプ幅を調整することで、エミッター 2 0 に流れる閾値電流を変化させることができる。ダミーエミッター 2 1 , 2 8 からレーザ光を出射させる一方、本エミッター 2 2 ~ 2 7 を確実に発光させないことが好ましい。このために、レーザ光を出射させるダミーエミッター 2 1 , 2 8 のストライプ幅は、本エミッター 2 2 ~ 2 7 のストライプ幅の  $1/3$  以下にすることが好ましい。

## 【 0 0 6 4 】

なお、加工ばらつきによって、各エミッター 2 1 ~ 2 8 のストライプ幅は変動することが多い。この場合、各エミッター 2 1 ~ 2 8 の閾値電流も変動する。このことを考慮すれば、レーザ光を出射させるダミーエミッター 2 1 , 2 8 の閾値電流は、本エミッター 2 2 ~ 2 7 の閾値電流の平均値の  $1/2$  以下にすることが好ましい。また、レーザ光を出射させるダミーエミッター 2 1 , 2 8 のストライプ幅は、本エミッター 2 2 ~ 2 7 のストライプ幅の平均値の  $1/3$  以下にすることが好ましい。

## 【 0 0 6 5 】

以上、得られた知見に基づいて、波長ビーム結合システム 1 0 0 の製造方法について以下に説明する。

## 【 0 0 6 6 】

[ 波長ビーム結合システムの製造方法 ]

図 1 0 は、波長ビーム結合システムの製造方法を説明するためのフローチャートを示す。図 1 1 は、図 1 0 に示すステップ S 5 におけるレーザーモジュールからのレーザー光の出射状態を示し、図 1 2 は、図 1 0 に示すステップ S 5 におけるモニター出力の時間変化を示す。

## 【 0 0 6 7 】

図 4 , 5 に示すレーザーダイオードバー 1 0 を準備する ( ステップ S 1 ; 第 1 工程 ) 。ステップ S 1 で準備されたレーザーダイオードバー 1 0 を組み込んで、図 3 に示すレーザーモジュール 1 1 0 を組み立てる ( ステップ S 2 ; 第 2 工程 ) 。レーザーモジュール 1 1 0 の組み立て方法は、前述した通りである。

## 【 0 0 6 8 】

次に、ケーシング 1 6 0 の内部に複数のレーザーモジュール 1 1 0 と複数の回折格子素子 1 3 0 と外部共振ミラー 1 4 0 とを所定の配置関係を保った状態で固定配置し ( ステップ S 3 ; 第 3 工程 ) 、さらに、図示しない蓋を用いてケーシング 1 6 0 を封止する ( ステップ S 4 ; 第 4 工程 ) 。

## 【 0 0 6 9 】

ステップ S 4 の後に、図示しない電源を用いてレーザーモジュール 1 1 0 を駆動する。このとき、レーザーダイオードバー 1 0 に含まれる両端のエミッター 2 1 , 2 8 からレーザー光を所定時間、連続して出射させる。また、出射されたレーザー光の出力を光出力モニター 1 5 0 でモニターする ( ステップ S 5 ; 第 5 工程 ) 。所定時間は、モニターされたレーザー光の出力の低下度合いに応じて決定される。これについては後で述べる。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 1 に示すように、ステップ S 5 において、レーザー光が出射されていない残りのエミッター 2 2 ~ 2 7 が発光しないように、レーザーモジュール 1 1 0 を駆動する。

## 【 0 0 7 1 】

光出力モニター 1 5 0 でのモニター結果に基づいて、レーザー発振を停止させる ( ステップ S 6 ) 。具体的には、図 1 2 に示すように、駆動時間に対する光出力の変化率が小さくなった時点で、レーザー発振を停止させ、光出力モニター 1 5 0 を取り外す。以上で、すべての工程が終了する。

## 【 0 0 7 2 】

[ 効果等 ]

以上説明したように、本実施形態に係るレーザーダイオードバー 1 0 は、窒化物半導体を構成材料として含む。また、レーザーダイオードバー 1 0 は、X 方向 ( 第 1 方向 ) に互いに間隔をあけて形成された 8 個のエミッター 2 1 ~ 2 8 を有している。8 個のエミッター 2 1 ~ 2 8 のそれぞれは、閾値電流以上の電流が流れることでレーザー発振する。

## 【 0 0 7 3 】

両端のエミッター 2 1 , 2 8 のうち少なくとも 1 つの閾値電流は、両端のエミッター 2 1 , 2 8 を除いた本エミッター 2 2 ~ 2 7 の閾値電流の平均値の 1 / 2 以下である。

## 【 0 0 7 4 】

また、8 個のエミッター 2 1 ~ 2 8 のそれぞれは、X 方向と交差する Z 方向 ( 第 2 方向 ) が長手方向であるストライプ形状のストライプ部 2 0 a を有している。

## 【 0 0 7 5 】

両端のエミッター 2 1 , 2 8 のうち少なくとも 1 つのストライプ幅、つまり、ストライプ部 2 0 a の X 方向の幅は、両端のエミッター 2 1 , 2 8 を除いた本エミッター 2 2 ~ 2 7 におけるストライプ幅の平均値の 1 / 3 以下である。

## 【 0 0 7 6 】

10

20

30

40

50

8個のエミッター21～28のそれぞれに所定値の電流を流した場合、両端のエミッター21, 28の一方または両方がレーザー発振し、本エミッター22～27はレーザー発振しないように構成されている。

【0077】

また、8個のエミッター21～28のそれぞれから出射されるレーザー光の波長は、350nm以上、450nm以下の範囲、いわゆる、青色光の波長域である。

【0078】

ダミーエミッター21, 28から出射されるレーザー光の波長がこの範囲にあることで、レーザーダイオードバー10の近傍に滞留するシロキサンを確実に分解できる。また、シロキサン分解物をダミーエミッター21, 28の光出射端面10aに確実に付着させることができる。

10

【0079】

本実施形態によれば、本エミッター22～27の光出射端面10aにシロキサン分解物が付着するのを抑制できる。このことにより、レーザーモジュール110、ひいては波長ビーム結合システム100を長時間動作させた場合に信頼性が低下するのを抑制できる。

【0080】

なお、8個のエミッター21～28のそれぞれに所定値の電流を流した場合、両端のエミッター21, 28の一方または両方がレーザー発振し、本エミッター22～27がLEDモードで発光するように構成されてもよい。なお、LEDモードでの発光とは、レーザー発振していない状態での発光をいう。

20

【0081】

図13は、図10に示すステップS5におけるレーザーダイオードバーの好適な駆動範囲を示す。図13に示す範囲Iでは、前述した通り、両端のエミッター21, 28の一方または両方がレーザー発振し、本エミッター22～27はレーザー発振せず、発光しない。この範囲でレーザーダイオードバー10を動作させると、本エミッター22～27の光出射端面10aには、シロキサン分解物は確実に付着しない。

【0082】

一方、図13に示す範囲IIでは、両端のエミッター21, 28の一方または両方がレーザー発振し、本エミッター22～27はLEDモードで発光する。このモードで発光し、光出射端面10aから出射された光は、空間的にも時間的にも位相が揃った状態ではない。また、LEDモードでの光密度は、レーザー光の光密度よりも大幅に小さい。つまり、レーザーダイオードバー10の動作範囲を範囲IIに設定しても、本エミッター22～27の光出射端面10aの近傍でシロキサンの分解は起こらず、光ピンセット効果による端面へのSiの付着もない。したがって、前述した効果を得ることができる。すなわち、本エミッター22～27の光出射端面10aにシロキサン分解物が付着するのを抑制できる。このことにより、レーザーモジュール110、ひいては波長ビーム結合システム100を長時間動作させた場合に信頼性が低下するのを抑制できる。なお、本エミッター22～27をLEDモードで発光させる場合、図10におけるステップS6において、発光しているエミッター20のすべてにおいて、発光を停止させる。

30

【0083】

レーザーダイオードバー10を範囲Iまたは範囲IIで動作させるにあたって、両端のエミッター21, 28のうち少なくとも1つの閾値電流を、両端のエミッター21, 28を除いた本エミッター22～27の閾値電流の平均値以下となるようにすればよい。また、両端のエミッター21, 28のうち少なくとも1つにおけるストライプ幅を、本エミッター22～27におけるストライプ幅の平均値以下となるようにすればよい。

40

【0084】

なお、ストライプ長Lが1000μm～2000μm程度である場合、両端のエミッター21, 28のうち少なくとも1つの閾値電流は、130mA以上、150mA以下であることが好ましい。また、両端のエミッター21, 28のうち少なくとも1つのストライプ幅は、5μm以上、10μm以下であることが好ましい。

50

## 【 0 0 8 5 】

なお、本実施形態では、レーザーダイオードバー 1 0 に 8 個のエミッター 2 1 ~ 2 8 が形成された構成を示したが、エミッター 2 0 の個数はこれに限定されず、 $n$  個 ( $n$  は 4 以上の整数) のエミッター 2 1 ~ 2  $n$  が形成されていればよい。

## 【 0 0 8 6 】

また、 $n$  個のエミッター 2 1 ~ 2  $n$  のそれぞれに所定値の電流を流した場合、両端のエミッター 2 1 , 2  $n$  の一方または両方がレーザー発振し、本エミッター 2 2 ~ 2  $n$  - 1 が LED モードで発光するように構成されてもよい。

## 【 0 0 8 7 】

本実施形態に係る波長ビーム結合システム 1 0 0 は、レーザーダイオードバー 1 0 をそれぞれ有する 1 または複数のレーザーモジュール 1 1 0 と、レーザーダイオードバー 1 0 に含まれる複数のエミッター 2 1 ~ 2  $n$  からそれぞれ出射されるレーザー光を結合する回折格子素子 1 3 0 (光結合素子) と、を少なくとも備えている。

10

## 【 0 0 8 8 】

また、波長ビーム結合システム 1 0 0 は、回折格子素子 1 3 0 で結合されたレーザー光を回折格子素子 1 3 0 に向けて反射する外部共振ミラー 1 4 0 と、1 または複数のレーザーモジュール 1 1 0 と回折格子素子 1 3 0 と外部共振ミラー 1 4 0 とを収容するケーシング 1 6 0 と、を備えている。

## 【 0 0 8 9 】

レーザーダイオードバー 1 0 は、 $n$  個のエミッター 2 1 ~ 2  $n$  におけるレーザー光の出射端面 (光出射端面 1 0 a) と反対側の面である後端面 1 0 b に所定の反射率を有する第 2 反射層 (反射層) 1 9 b が設けられている。

20

## 【 0 0 9 0 】

外部共振ミラー 1 4 0 とレーザー光が出射されるエミッター 2 0 の第 2 反射層 1 9 b との間に外部共振器が構成され、回折格子素子 1 3 0 で結合された結合レーザー光がケーシング 1 6 0 の外部に出射される。

## 【 0 0 9 1 】

波長ビーム結合システム 1 0 0 をこのように構成することで、レーザー光が出射されるエミッター 2 0 の光出射端面 1 0 a にシロキサン分解物が付着するのを抑制できる。このことにより、波長ビーム結合システム 1 0 0 を長時間動作させた場合に信頼性が低下するのを抑制できる。また、複数のエミッター 2 0 からそれぞれ出射されるレーザー光を結合して高出力の結合レーザー光を得ることができる。

30

## 【 0 0 9 2 】

本実施形態に係る波長ビーム結合システム 1 0 0 の製造方法は、レーザーダイオードバー 1 0 を準備する第 1 工程 (図 1 0 のステップ S 1) と、レーザーダイオードバー 1 0 を有するレーザーモジュール 1 1 0 を組み立てる第 2 工程 (図 1 0 のステップ S 2) と、を少なくとも備えている。

## 【 0 0 9 3 】

また、波長ビーム結合システム 1 0 0 の製造方法は、ケーシング 1 6 0 の内部にレーザーモジュール 1 1 0 と回折格子素子 1 3 0 と外部共振ミラー 1 4 0 とを所定の配置関係を保った状態で固定配置する第 3 工程 (図 1 0 のステップ S 3) と、第 3 工程の後に、ケーシング 1 6 0 を封止する第 4 工程 (図 1 0 のステップ S 4) と、を備えている。さらに、第 4 工程の後に、レーザーモジュール 1 1 0 を駆動して、レーザーダイオードバー 1 0 に含まれる両端のエミッター 2 1 , 2  $n$  のうち少なくとも一方からレーザー光を所定時間、連続して出射させる第 5 工程 (図 1 0 のステップ S 5) と、を備えている。

40

## 【 0 0 9 4 】

第 2 工程では、レーザーモジュール 1 1 0 を組み立てるにあたって、シロキサンを含む接着材、つまり、絶縁性接着材 9 0 が用いられる。

## 【 0 0 9 5 】

第 5 工程では、レーザー光の出力がモニターされた状態で、両端のエミッター 2 1 , 2

50

nのうち少なくとも一方からレーザー光を出射させるとともに、残りのエミッター22～2n-1からはレーザー光が出射されないように、レーザーモジュール110を駆動する。所定期間は、レーザー光の出力の低下度合いに応じて決定される。

#### 【0096】

本実施形態によれば、レーザー光が出射されるエミッター20の光出射端面10aにシロキサン分解物が付着するのを抑制できる。このことにより、波長ビーム結合システム100を長時間動作させた場合に信頼性が低下するのを抑制できる。なお、シロキサンは、絶縁性接着材90から揮発して周辺の雰囲気中に滞留すると考えられる。

#### 【0097】

<変形例>

図14は、本変形例に係るダミーエミッターの平面模式図を示す。なお、説明の便宜上、ダミーエミッター21、28のうち、ストライプ部20aのみを簡略化して図示している。

#### 【0098】

実施形態に示したように、ダミーエミッター21、28のストライプ幅を本エミッター22～27のストライプ幅の所定値以下に狭くすることで、ダミーエミッター21、28の閾値電流を本エミッター22～27の閾値電流よりも小さくできる。

#### 【0099】

しかし、ストライプ幅を一様に狭くすると、ダミーエミッター21、28において、通電時の電気抵抗が大きくなり、レーザー発振できない状態になることがある。

#### 【0100】

そこで、例えば、図14に示すように、ストライプ部20aのZ方向の中央部分の幅をW3(W1)とし、Z方向で端部の向かうにつれてストライプ幅を徐々に狭くするようにする。

#### 【0101】

このようにすることで、ストライプ部20aの面積低下、ひいては通電時の電気抵抗増加を抑制できる。また、閾値電流は、ストライプ幅の狭い部分で主に決まるため、閾値電流が増加することも抑制できる。これらのことにより、n個のエミッター21～2nのそれぞれに所定値の電流を流した場合、両端のエミッター21、2nの一方または両方がレーザー発振し、本エミッター22～2n-1が発光しないか、またはLEDモードで発光する状態を作り出すことができる。

#### 【0102】

よって、本エミッター22～2nの光出射端面10aにシロキサン分解物が付着するのを抑制できる。このことにより、レーザーモジュール110、ひいては波長ビーム結合システム100を長時間動作させた場合に信頼性が低下するのを抑制できる。

#### 【0103】

なお、ダミーエミッター21、28のストライプ部20aの形状は、図14に示す形状に特に限定されない。また、電気抵抗の増加と閾値電流の増加とをそれぞれ抑制する観点から、図14に示す幅W2、W3は適宜決定される。例えば、幅W3がW1以下であってもよい。

#### 【0104】

(その他の実施形態)

実施形態では、1個のレーザーモジュール110に対して、1個の回折格子素子130を配置する構成を示したが、複数のレーザーモジュール110に対して1個の回折格子素子130が配置されてもよい。また、透過型の回折格子素子130を示したが、反射型の回折格子素子130であってもよい。

#### 【0105】

また、複数のエミッターのそれぞれから出射されるレーザー光を結合するにあたって、回折格子素子130以外の光結合素子が用いられてもよい。例えば、プリズムを使用する。

10

20

30

40

50



## 【 0 1 0 6 】

また、図 1 に示すように、レーザーモジュール 1 1 0 が収容されるケーシング 1 6 0 は、必ずしも気密封止されていなくてもよい。

## 【 0 1 0 7 】

なお、実施形態では、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 を X 方向の両端にそれぞれ 1 個ずつ配置した構成を示したが、特にこれに限定されない。ダミーエミッターを X 方向の両端にそれぞれ複数個ずつ配置してもよい。この場合、ダミーエミッターの個数は、レーザーダイオードバー 1 0 に形成されたエミッター 2 0 の全体の個数及びレーザーダイオードバー 1 0 に要求されるトータルの光出力の大きさ、絶縁性接着材 9 0 から発生するシロキサン

10

## 【 0 1 0 8 】

また、ダミーエミッター 2 1 , 2 n は、n 個のエミッター 2 1 ~ 2 n の両端以外の位置に設けられてもよい。例えば、絶縁性接着材 9 0 が中央のエミッター 2 0 の近傍に配置されている場合、中央のエミッター 2 0 のうち、1 または複数個のエミッターをダミーエミッターとしてもよい。

## 【 0 1 0 9 】

なお、実施形態では、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 のストライプ幅 W 2 を本エミッター 2 2 ~ 2 7 のストライプ幅 W 1 よりも狭くすることで、両差の間に閾値電流の差を付ける構成を示した。しかし、閾値電流の差を付ける構成は特にこれに限定されない。例えば、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 に電氣的に接続される電極ブロックと本エミッター 2 2 ~ 2 7 に電氣的に接続される電極ブロックとを電氣的に分離して、それぞれが独立して駆動できるようにしてもよい。この場合は、ダミーエミッター 2 1 , 2 8 と本エミッター 2 2 ~ 2 7 とで同じストライプ幅とすることができる。ただし、電極ブロックの形状が複雑化するとともに駆動電源が 2 種類必要となる。

20

## 【 産業上の利用可能性 】

## 【 0 1 1 0 】

本開示のレーザーダイオードバーは、高出力の青色光を出射し、かつ信頼性の低下が抑制されたレーザー光源として有用である。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 1 1 1 】

- 1 0 レーザーダイオードバー
- 1 0 a 光出射端面
- 1 0 b 後端面
- 1 1 n 型基板
- 1 2 n 型クラッド層
- 1 3 活性層
- 1 4 p 型クラッド層
- 1 5 p 型コンタクト層
- 1 6 絶縁層
- 1 7 n 側電極
- 1 8 p 側電極
- 1 9 a 第 1 反射層
- 1 9 b 第 2 反射層 ( 反射層 )
- 2 0 エミッター
- 2 0 a ストライプ部
- 2 1 , 2 8 ダミーエミッター
- 2 2 ~ 2 7 本エミッター
- 3 0 第 1 電極ブロック
- 4 0 サブマウント
- 5 0 絶縁シート

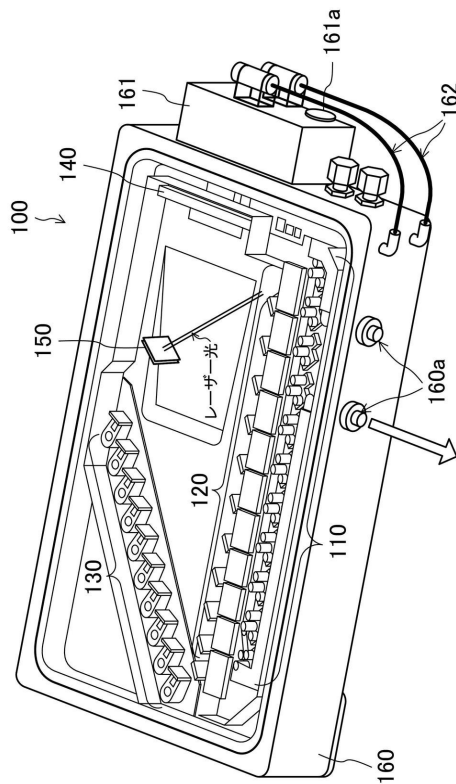
30

40

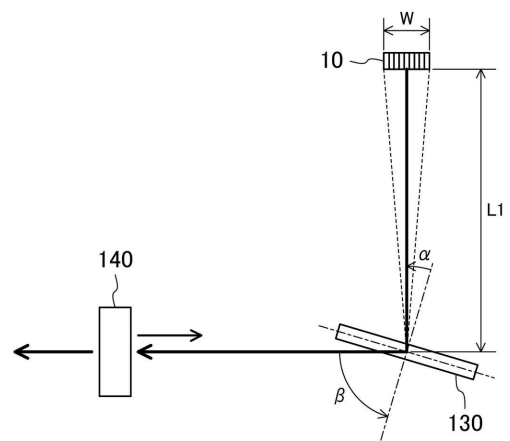
50

- 6 0        バンプ電極
- 7 0        第 2 電極ブロック
- 9 0        絶縁性接着材
- 9 1        導電性接着材
- 1 0 0      波長ビーム結合システム
- 1 1 0      レーザーモジュール
- 1 2 0      光整形部品
- 1 3 0      回折格子素子（光結合素子）
- 1 4 0      外部共振ミラー
- 1 5 0      光出力モニター
- 1 6 0      ケーシング
- 1 6 1      レーザ光出射ブロック
- 1 6 1 a    光出射口
- 1 6 2      冷却管

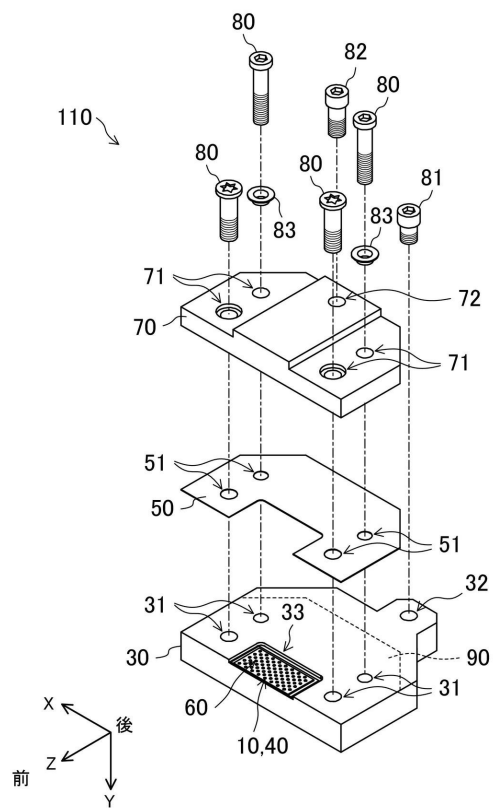
【 図 1 】



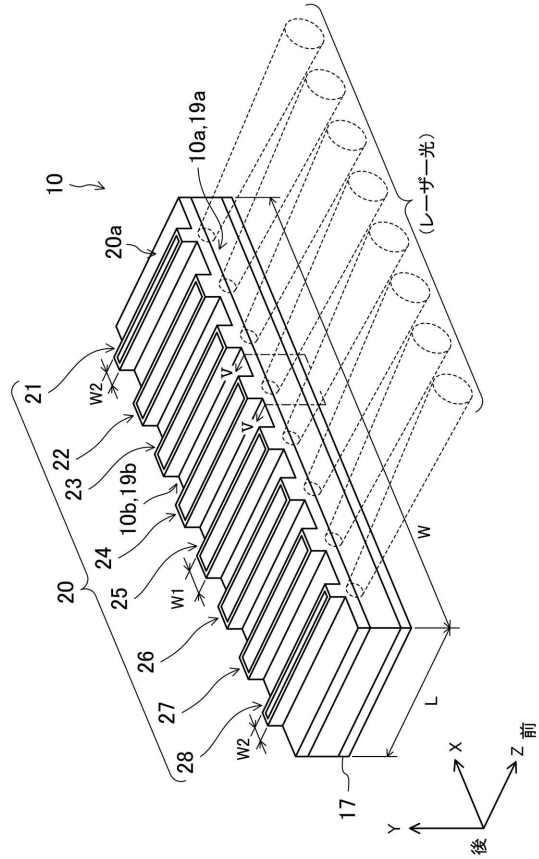
【 図 2 】



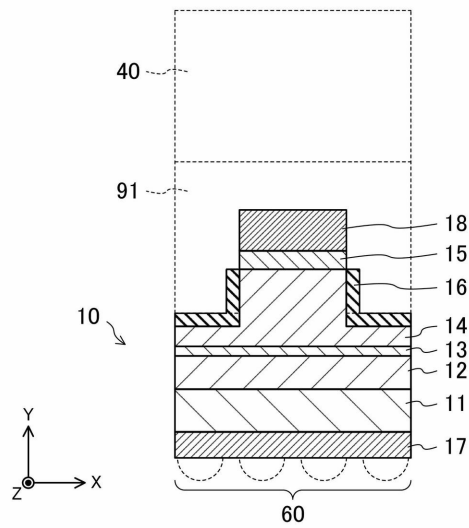
【図 3】



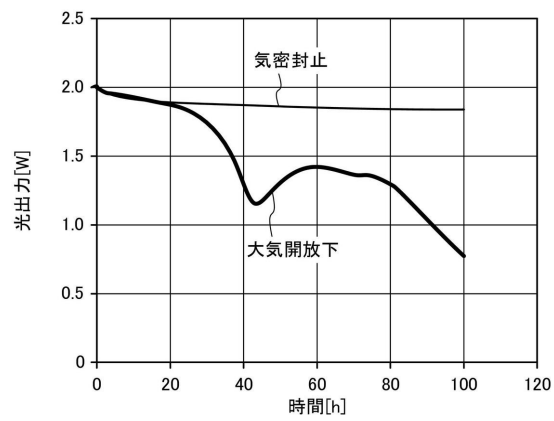
【図 4】



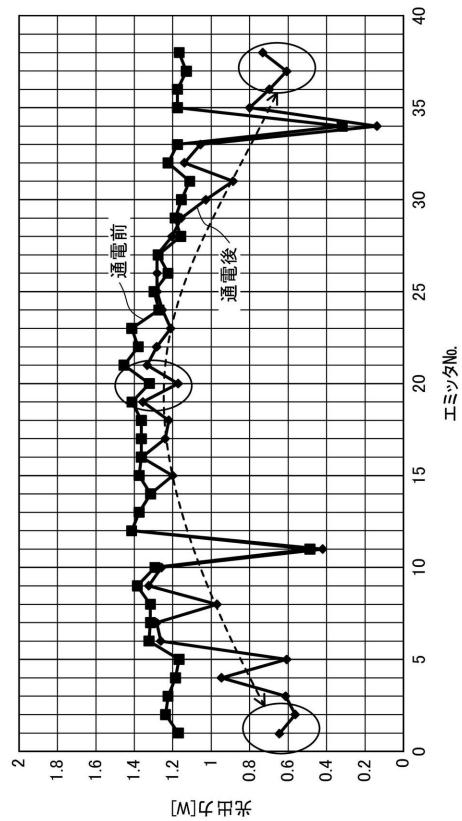
【図 5】



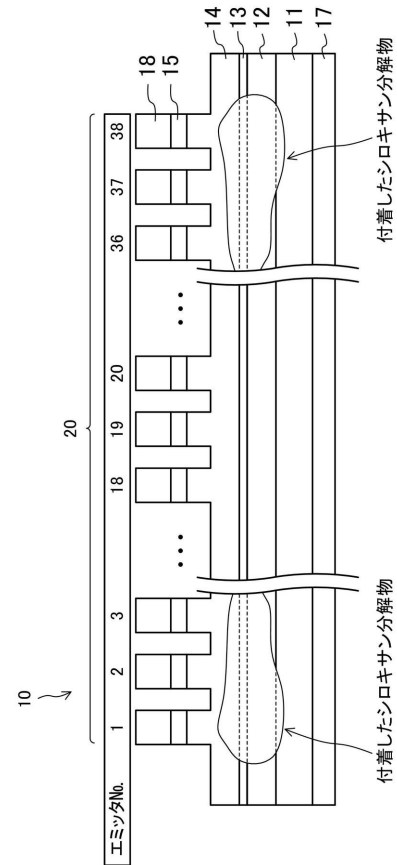
【図 6】



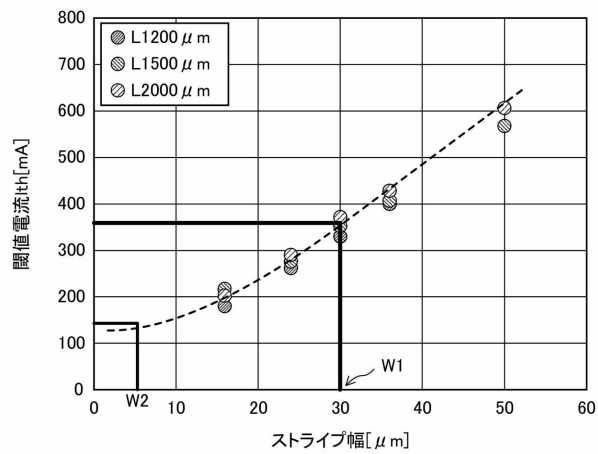
【図 7】



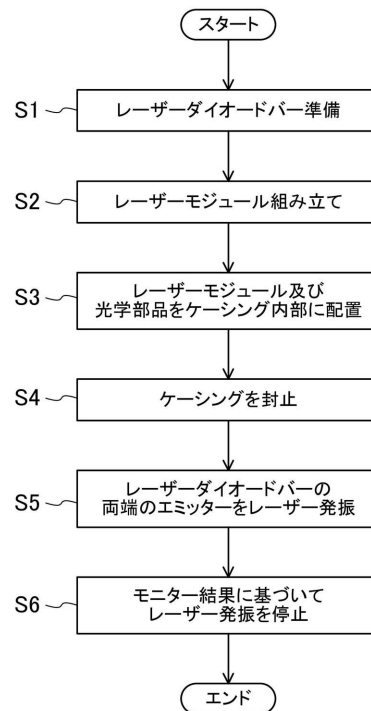
【図 8】



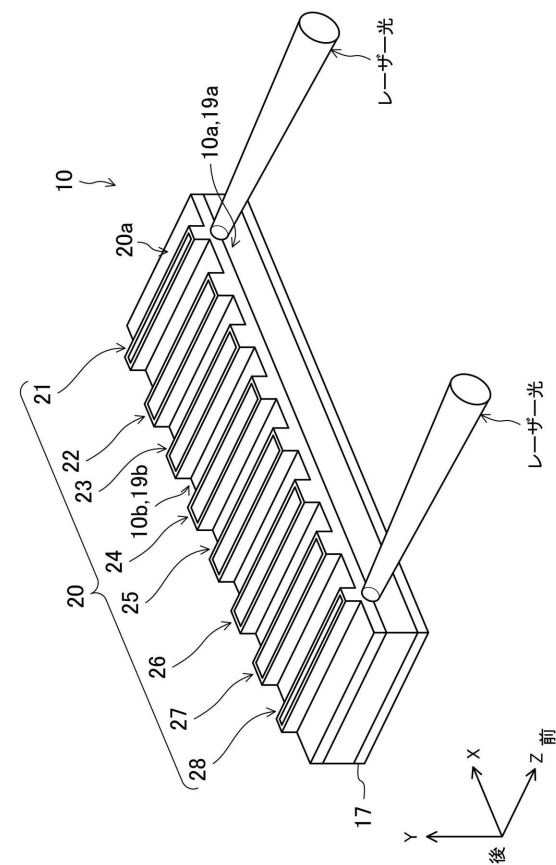
【図 9】



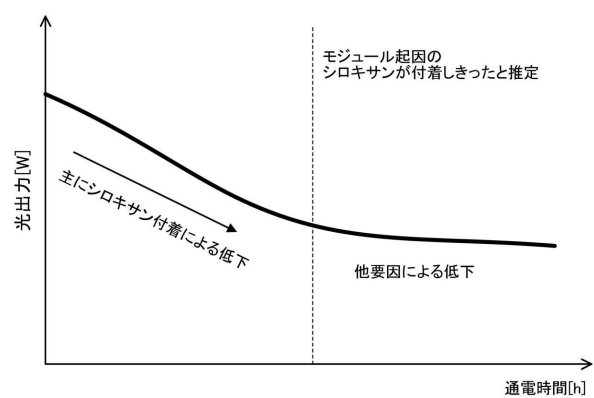
【図 10】



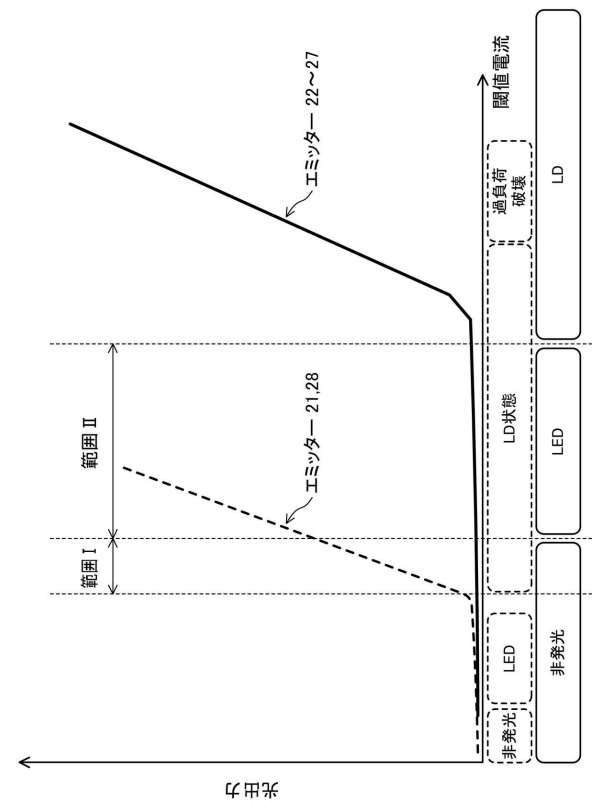
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

