

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6662013号
(P6662013)

(45) 発行日 令和2年3月11日 (2020.3.11)

(24) 登録日 令和2年2月17日 (2020.2.17)

(51) Int.Cl.	F I	
H O 1 S 5/183 (2006.01)	H O 1 S 5/183	
H O 1 S 5/42 (2006.01)	H O 1 S 5/42	
H O 1 S 5/02 (2006.01)	H O 1 S 5/02	
H O 1 S 5/14 (2006.01)	H O 1 S 5/14	
F O 2 P 23/04 (2006.01)	F O 2 P 23/04	A
請求項の数 20 (全 34 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2015-241895 (P2015-241895)	(73) 特許権者	000006747
(22) 出願日	平成27年12月11日 (2015.12.11)		株式会社リコー
(65) 公開番号	特開2017-108038 (P2017-108038A)		東京都大田区中馬込1丁目3番6号
(43) 公開日	平成29年6月15日 (2017.6.15)	(74) 代理人	100102901
審査請求日	平成30年11月8日 (2018.11.8)		弁理士 立石 篤司
		(72) 発明者	原田 慎一
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		(72) 発明者	軸谷 直人
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
		(72) 発明者	泉谷 一磨
			東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
			会社リコー内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 面発光レーザ、面発光レーザアレイ、レーザ装置、点火装置、内燃機関、光走査装置、画像形成装置、光伝送モジュール、及び光伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

活性層と、

前記活性層上にスペーサ層を介して設けられ、被選択酸化層が選択酸化されて形成された電流狭窄層を含む反射鏡とを備え、

前記電流狭窄層の中心は、前記活性層で発振した光の電界の定在波分布における節の位置であって、前記スペーサ層と前記反射鏡との境界からの光学的距離が前記活性層での発振波長の $1/4$ 倍となる位置であり、

前記被選択酸化層は、A l G a A s からなる層であり、

前記反射鏡は、前記被選択酸化層に接する A l G a I n P 層を含む面発光レーザ。

10

【請求項2】

前記 A l G a I n P 層は、前記被選択酸化層の両側に設けられ、

該両側の A l G a I n P 層と前記被選択酸化層とを合わせた光学的厚さが、前記活性層での発振波長を λ とすると、 $(2n+1)\lambda/4$ (n は自然数) であることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。

【請求項3】

前記 A l G a I n P 層は、前記被選択酸化層の前記活性層側にのみ設けられていることを特徴とする請求項1に記載の面発光レーザ。

【請求項4】

前記被選択酸化層は、A l _{x1} G a _{1-x1} A s からなり、

20

Al含有量 x_1 が、 $0.95 \leq x_1 \leq 1$ の関係を満足し、
 前記AlGaInP層は、 $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ からなり、
 Al含有量 x_2 が、 $0.04 \leq x_2 \leq 2.80x_1 - 1.92$ の関係を満足することを
 特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の面発光レーザ。

【請求項5】

前記スペーサ層は $(Al_{x_3}Ga_{1-x_3})_{0.5}In_{0.5}P$ からなり、
 Al含有量 x_3 が、 $0 \leq x_3 \leq 0.55$ の関係を満足し、
 前記AlGaInP層のバンドギャップエネルギーと前記スペーサ層のバンドギャップ
 エネルギーとの差分が、 102 [meV] 以上であることを特徴とする請求項1～4のい
 ずれか一項に記載の面発光レーザ。

10

【請求項6】

前記スペーサ層と前記AlGaInP層との価電子帯におけるバンド不連続量 ΔE_v が
 134 [meV] 以下であることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の面
 発光レーザ。

【請求項7】

前記活性層は、基板上に複数の半導体層を介して設けられ、
 前記基板は傾斜基板であり、法線方向が結晶方位 $[1\ 0\ 0]$ 方向に対して、結晶方
 位 $[1\ 1\ 1]$ 方向、結晶方位 $[1\ -1\ -1]$ 方向、結晶方位 $[1\ 1\ -1]$ 方
 向、結晶方位 $[1\ -1\ 1]$ 方向のいずれかの方向に向かって傾斜していることを特徴
 とする請求項1～6のいずれか一項に記載の面発光レーザ。

20

【請求項8】

請求項1～7のいずれか一項に記載の面発光レーザを、複数有する面発光レーザアレイ
 。

【請求項9】

対象物にレーザ光を照射するレーザ装置であって、
 請求項8に記載の面発光レーザアレイと、
 前記面発光レーザアレイから射出されるレーザ光を前記対象物に導光する光学系と、を
 備えるレーザ装置。

【請求項10】

請求項8に記載の面発光レーザアレイと、
 前記面発光レーザアレイから射出されるレーザ光を集光する光学系と、を備えるレーザ
 装置。

30

【請求項11】

前記面発光レーザアレイと前記光学系との間に設けられたマイクロレンズアレイを有す
 ることを特徴とする請求項10に記載のレーザ装置。

【請求項12】

前記光学系を介した光を伝送する伝送部材を有することを特徴とする請求項10又は1
 1に記載のレーザ装置。

【請求項13】

請求項8に記載の面発光レーザアレイと、
 前記面発光レーザアレイからのレーザ光が入射されるレーザ共振器と、を備えるレーザ
 装置。

40

【請求項14】

請求項13に記載のレーザ装置と、
 前記レーザ装置から射出されるレーザ光を集光する光学系と、を備える点火装置。

【請求項15】

燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成する内燃機関において、
 前記燃料に点火するための請求項14に記載の点火装置を備えていることを特徴とする
 内燃機関。

【請求項16】

50

光によって被走査面上を走査する光走査装置であって、
請求項１～７のいずれか一項に記載の面発光レーザを有する光源と、
前記光源からの光を偏向する光偏向器と、
前記光偏向器で偏向された光を被走査面上に集光する走査光学系と、を備える光走査装置。

【請求項１７】

光によって被走査面上を走査する光走査装置であって、
請求項８に記載の面発光レーザアレイを有する光源と、
前記光源からの光を偏向する光偏向器と、
前記光偏向器で偏向された光を被走査面上に集光する走査光学系と、を備える光走査装置。 10

【請求項１８】

像担持体と、
前記像担持体に対して画像情報に応じて変調された光を走査する請求項１６又は１７に記載の光走査装置と、を備える画像形成装置。

【請求項１９】

入力される電気信号に応じた光信号を生成する光伝送モジュールであって、
請求項８に記載の面発光レーザアレイと、
前記面発光レーザアレイを、前記入力される電気信号に応じて駆動する駆動装置と、を備える光伝送モジュール。 20

【請求項２０】

請求項１９に記載の光伝送モジュールと、
前記光伝送モジュールで生成された光信号を伝達する光伝達媒体と、
前記光伝達媒体を介した光信号を電気信号に変換する変換器と、を備える光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、面発光レーザ、面発光レーザアレイ、レーザ装置、点火装置、内燃機関、光走査装置、画像形成装置、光伝送モジュール、及び光伝送システムに係り、更に詳しくは、垂直共振器型の面発光レーザ、該面発光レーザを複数有する面発光レーザアレイ、該面発光レーザアレイを有するレーザ装置、該レーザ装置を有する点火装置、該点火装置を備える内燃機関、前記面発光レーザあるいは前記面発光レーザアレイを有する光走査装置、該光走査装置を備える画像形成装置、前記面発光レーザアレイを有する光伝送モジュール、及び該光伝送モジュールを備える光伝送システムに関する。 30

【背景技術】

【０００２】

垂直共振器型の面発光レーザ（VCSEL：Vertical Cavity Surface Emitting Laser）は、基板に垂直な方向に光を射出するレーザである。面発光レーザは、基板に平行な方向に光を射出する端面発光型の半導体レーザよりも低価格、低消費電力であり、また２次元アレイに好適であることから注目されている。 40

【０００３】

面発光レーザは、電流流入効率を高めるために、被選択酸化層の選択酸化によって形成された電流狭窄層を有している（例えば、特許文献１～４、非特許文献１及び２参照）。

【０００４】

面発光レーザの応用分野の一例としては、プリンタにおける光書き込み系の光源（例えば、発振波長：７８０nm帯）や、光ディスク装置における読み込み及び書き込み用光源（例えば、発振波長：７８０nm帯、８５０nm帯）等がある。また、面発光レーザアレ 50

イは、固体レーザの励起用光源としても期待されている。これらの応用に対し、面発光レーザには低閾値、高出力が求められる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の面発光レーザでは、低閾値化と高出力化とを両立させるのが困難であった。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、活性層と、前記活性層上にスペーサ層を介して設けられ、被選択酸化層が選択酸化されて形成された電流狭窄層を含む反射鏡とを備え、前記電流狭窄層の中心は、前記活性層で発振した光の電界の定在波分布における節の位置であって、前記スペーサ層と前記反射鏡との境界からの光学的距離が前記活性層での発振波長の $1/4$ 倍となる位置であり、前記被選択酸化層は、AlGaAsからなる層であり、前記反射鏡は、前記被選択酸化層に接するAlGaInP層を含む面発光レーザである。

【発明の効果】

【0007】

本発明の面発光レーザによれば、低閾値化と高出力化とを両立させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1(A)及び図1(B)は、それぞれ面発光レーザアレイを説明するための図である。

【図2】面発光レーザアレイチップを説明するための図である。

【図3】1つの発光部のYZ断面図である。

【図4】図4(A)及び図4(B)は、それぞれ基板を説明するための図である。

【図5】半導体層の積層状態を説明するための図である。

【図6】電界の定在波分布を説明するための図である。

【図7】図7(A)及び図7(B)は、それぞれ放熱部材を説明するための図である。

【図8】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その1)である。

【図9】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その2)である。

【図10】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その3)である。

【図11】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その4)である。

【図12】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その5)である。

【図13】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その6)である。

【図14】面発光レーザアレイの製造方法を説明するための図(その7)である。

【図15】図15(A)及び図15(B)は、それぞれ面発光レーザアレイチップと放熱部材との接合を説明するための図である。

【図16】図16(A)及び図16(B)は、それぞれワイヤボンディングを説明するための図である。

【図17】比較例の面発光レーザを説明するための図である。

【図18】 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 及び $Al_xGa_{1-x}As$ におけるAl組成とバンドギャップエネルギーの関係を説明するための図である。

【図19】比較例の面発光レーザにおける上部スペーサ層から被選択酸化層までのバンド構造を説明するための図である。

【図20】実施例の面発光レーザにおける上部スペーサ層から被選択酸化層までのバンド構造を説明するための図である。

【図21】低屈折率層107cが $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるときに、そのAl組成 $x2$ と ΔE_{v5} との関係を説明するための図である。

【図22】上部スペーサ層の $(Al_{x3}Ga_{1-x3})_{0.5}In_{0.5}P$ におけるAl含有量 $x3$ に対し、 $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のAl含有量 $x2$ を

10

20

30

40

50

変化させたときの上部スペーサ層と $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のバンドギャップの差分 $E_{g_5} - E_{g_4}$ を説明するための図である。

【図23】上部スペーサ層 $(Al_{x_3}Ga_{1-x_3})_{0.5}In_{0.5}P$ 層における Al 含有量 x_3 に対し、 $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層の Al 含有量 x_2 を変化させたときの上部スペーサ層と $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層の価電子帯におけるバンド不連続量の変化を説明するための図である。

【図24】上部スペーサ層 $(Al_{x_3}Ga_{1-x_3})_{0.5}In_{0.5}P$ 層における Al 含有量 x_3 と $AlGaInP$ 層の Al 含有量 x_2 のバンドギャップ差を説明するための図である。

【図25】面発光レーザアレイチップの変形例を説明するための図である。

10

【図26】マイクロレンズアレイの付加を説明するための図（その1）である。

【図27】マイクロレンズアレイの付加を説明するための図（その2）である。

【図28】面発光レーザアレイの変形例を説明するための図である。

【図29】変形例の面発光レーザアレイにおける電界の定在波分布を説明するための図である。

【図30】本発明の一実施形態に係るエンジンの概略を説明するための図である。

【図31】点火装置を説明するための図である。

【図32】レーザ共振器を説明するための図である。

【図33】図33（A）及び図33（B）は、それぞれレーザアニール装置を説明するための図である。

20

【図34】レーザ加工機を説明するための図である。

【図35】レーザプリンタを説明するための図である。

【図36】光走査装置を説明するための図である。

【図37】面発光レーザアレイ201Aを説明するための図である。

【図38】面発光レーザアレイ201Aにおける複数の発光部の配列状態を説明するための図である。

【図39】光伝送システムを説明するための図である。

【図40】光通信システムを説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

30

以下、本発明の一実施形態を図面を用いて説明する。

【0010】

図1（A）及び図1（B）には、一実施形態に係る面発光レーザアレイ201が示されている。この面発光レーザアレイ201は、面発光レーザアレイチップ230及び放熱部材231などを有している。なお、本明細書では、XYZ3次元直交座標系を用い、面発光レーザアレイ201からの光の射出方向を+Z方向として説明する。

【0011】

面発光レーザアレイチップ230は、図2に示されるように、複数の発光部、及び該複数の発光部が形成されている発光部領域240の周囲に設けられた電極パッド241を有している。

40

【0012】

図3に、1つの発光部のYZ断面図が示されている。各発光部は、基板101、バッファ層102、下部半導体DBR103、下部スペーサ層104、活性層105、上部スペーサ層106、上部半導体DBR107、コンタクト層109、保護層111、上部電極113、下部電極114などを有している。

【0013】

基板101は、図4（A）に示されるように、基板表面の法線方向が、結晶方位 $[1\ 0\ 0]$ 方向に対して、結晶方位 $[1\ 1\ 1]$ A方向に向かって15度（ $\theta = 15^\circ$ ）傾斜したn-GaAs単結晶基板である。すなわち、基板101は、いわゆる傾斜基板である。ここでは、図4（B）に示されるように、結晶方位 $[0\ -1\ 1]$ 方向が+X方

50

向、結晶方位 $[0 \ 1 \ -1]$ 方向が $-X$ 方向となるように配置されている。そこで、傾斜基板の傾斜軸は、 X 軸方向に平行である。なお、基板表面の法線方向及び傾斜軸方向のいずれにも直交する方向を「傾斜方向」という。ここでは、 Y 軸方向が傾斜方向である。

【0014】

図3に戻り、バッファ層102は、基板101の $+Z$ 側の面上に積層され、 $n\text{-GaAs}$ からなる層である。

【0015】

下部半導体DBR103は、バッファ層102の $+Z$ 側の面上に積層され、 $n\text{-Al}_{0.9}\text{As}_{0.1}$ からなる低屈折率層と $n\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなる高屈折率層のペアが低屈折率層から始まり、該ペアを40.5ペア有している。

10

【0016】

各屈折率層の間には、電気抵抗を低減するため、一方の組成から他方の組成へ向かって組成を徐々に変化させた組成傾斜層が設けられている。

【0017】

そして、各屈折率層はいずれも、隣接する組成傾斜層の $1/2$ を含んで、発振波長を λ とすると $\lambda/4$ の光学的厚さとなるように設定されている。なお、光学的厚さが $\lambda/4$ のとき、その層の実際の厚さ D は、 $D = \lambda/4n$ (但し、 n はその層の媒質の屈折率) である。

【0018】

下部スペーサ層104は、下部半導体DBR103の $+Z$ 側に積層され、ノンドープの $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層である。

20

【0019】

活性層105は、下部スペーサ層104の $+Z$ 側に積層されている。活性層105は、例えば、3層の量子井戸層と4層の障壁層とを有する3重量子井戸構造の活性層である。各量子井戸層は例えば GaAs からなり、各障壁層は例えば $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなる。

【0020】

上部スペーサ層106は、活性層105の $+Z$ 側に積層され、ノンドープの $(\text{Al}_{x3}\text{Ga}_{1-x3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層、例えば、ノンドープの $(\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層である。

30

【0021】

下部スペーサ層104と活性層105と上部スペーサ層106とからなる部分は、共振器構造体とも呼ばれており、その厚さが1波長の光学的厚さとなるように設定されている。なお、活性層105は、高い誘導放出確率が得られるように、電界の定在波分布における腹に対応する位置である共振器構造体の中央に設けられている。

【0022】

上部半導体DBR107は、図5に示されるように、上部スペーサ層106の $+Z$ 側に積層された低屈折率層107cと、高屈折率層107bと低屈折率層107aのペアを25ペアと、を有している。

【0023】

40

ここでは、低屈折率層107aは、 $p\text{-Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ からなる層であり、高屈折率層107bは、 $p\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ からなる層である。また、低屈折率層107cは、 $p\text{-(Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層、例えば、 $p\text{-(Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層である。なお、以下では、 $p\text{-(Al}_{x2}\text{Ga}_{1-x2})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ からなる層を、「 AlGaInP 層」ともいう。

【0024】

各屈折率層の間には組成傾斜層が設けられている。そして、各屈折率層はいずれも、隣接する組成傾斜層の $1/2$ を含んで、 $\lambda/4$ の光学的厚さとなるように設定されている。

【0025】

50

上部半導体DBR107における低屈折率層107cと低屈折率層107aとの間には、被選択酸化層108が厚さ30nmで挿入されている。被選択酸化層208は、 $p\text{-Al}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}$ ($0.95 \leq x_1 \leq 1$) からなる層、例えば、 $p\text{-AlAs}$ からなる層である。この被選択酸化層108の挿入位置は、電界の定在波分布における節の位置であって、活性層105から光学的に $3\lambda/4$ の距離だけ離れた位置である（図6参照）。

【0026】

被選択酸化層108の+Z側には、酸化ストップ層115が積層されている。この酸化ストップ層115は、 $p\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ からなる層である。

【0027】

また、低屈折率層107cと被選択酸化層108と酸化ストップ層116と最初の低屈折率層107aとからなる層の光学的厚さが $3\lambda/4$ となるように設定されている（図5参照）。

【0028】

コンタクト層109は、上部半導体DBR107の+Z側に積層され、 $p\text{-GaAs}$ からなる層である。

【0029】

保護層111は、 SiN 、 SiON あるいは SiO_2 からなる層である。

【0030】

上部電極113は、コンタクト層109の一部及び保護層111上に形成される。

【0031】

下部電極114は、基板101の裏面（-Z側の面）上に形成される。

【0032】

なお、このように基板101上に複数の半導体層が積層されたものを、以下では、便宜上「積層体」ともいう。

【0033】

放熱部材231は、窒化アルミニウム（ AlN ）からなり、その+Z側の面に、厚さ1 μm のAuによるパターン231aとパターン231bが形成されている（図7（A）及び図7（B）参照）。パターン231aとパターン231bとは、電氣的に非接続である。

【0034】

ここで、面発光レーザアレイ201の製造方法について説明する。

【0035】

（1）上記積層体を、有機金属気相成長法（MOCVD法）あるいは分子線エピタキシャル成長法（MBE法）による結晶成長によって作製する（図8参照）。以下では、MOCVD法を用いる場合について説明する。

【0036】

MOCVD法では、Gaの原料にトリメチルガリウム（TMG）を用い、Alの原料にトリメチルアルミニウム（TMA）を用い、Inの原料にトリメチルインジウム（TMI）を用い、Asの原料にアルシン（ AsH_3 ）を用い、Pの原料にホスフィン（ PH_3 ）を用いる。

【0037】

この際、 AlGaAs 層のn型ドーパントには H_2Se を用い、p型ドーパントには CBr_4 を用いる。また、 AlGaInP 層のp型ドーパントにはジメチルジンク（ DMZn ）を用いる。

【0038】

（2）積層体の表面にメサ形状に対応するレジストパターンをアレイ状に作製する。具体的には、コンタクト層109上にフォトリソを塗布し、露光装置による露光、現像を行うことにより、メサ形状に対応した1辺が25 μm の正形状のレジストパターンを形成する。

10

20

30

40

50

【0039】

(3) ICPドライエッチングによって、上記レジストパターンをフォトマスクとして四角柱のメサを形成する。

【0040】

(4) レジストパターンを除去する(図9参照)。

【0041】

(5) 積層体を水蒸気中で熱処理する。ここでは、メサの外周部から被選択酸化層108中のAlが選択的に酸化される。そして、メサの中央部に、Alの酸化層108aによって囲まれた酸化されていない領域108bを残留させる(図10参照)。これにより、発光部の駆動電流の経路をメサの中央部だけに制限する、酸化狭窄構造が形成される。上記酸化されていない領域108bが電流通過領域(電流注入領域)である。なお、酸化ストップ層116及び低屈折率層107cは、隣接する層の酸化を抑制する。

10

【0042】

(6) 外周部溝形成部、及び後の工程でアレイを電氣的に分離させるための領域、を露出させるようリソグラフィによりレジストパターンを形成する。

【0043】

(7) ICPドライエッチングを用いて分離溝を形成する。

【0044】

(8) レジストパターンを除去する。

【0045】

20

(9) 積層体を加熱処理用のチャンバーに入れ、窒素雰囲気中に380~400℃の温度で3分間保持する。これにより、大気中で表面に付着した酸素や水、もしくはチャンバー内の微量な酸素や水による自然酸化膜が、窒素雰囲気中での加熱処理により安定した不動態皮膜になる。

【0046】

(10) 気相化学堆積法(CVD法)を用いて、SiN、SiONあるいはSiO₂からなる保護層111を形成する(図11参照)。

【0047】

(11) メサ上面にコンタクトホールを形成するためのレジストパターンを作製する。

【0048】

30

(12) BHF(バッファード・フッ酸)を用いたウエットエッチングにより、レジストパターンの開口部における保護層111を除去する。このとき同時に、(7)で形成した分離溝の底面にあるスクライブする領域の保護層111も除去する。

【0049】

(13) レジストパターンを除去する(図12参照)。

【0050】

(14) メサ構造体上部の光射出部となる領域に一辺10μmの正形状のレジストパターンと、電極パッドと発光部を接続するレジストパターンとを作製する。

【0051】

(15) 上部電極113の材料を蒸着する。ここでは、Ti/Pt/Auからなる金属膜をEB(電子ビーム)蒸着により順次積層する。

40

【0052】

(16) リフトオフにより、レジストパターンの形成されている領域上の金属膜を除去する。これにより、上部電極113が形成される(図13参照)。

【0053】

(17) 基板101の裏側を所定の厚さ(例えば100μm程度)まで研磨した後、AuGe/Ni/Auからなる金属膜をEB(電子ビーム)蒸着により順次積層し、下部電極114を形成する(図14参照)。

【0054】

(18) 400℃で5分間アニールし、上部電極113と下部電極114のオーミック導

50

通をとる。これにより、メサは発光部となる。

【0055】

(19) スクライブ・ブレーキングにより、チップ毎に切断する。これにより、面発光レーザアレイチップ230が製造される。

【0056】

(20) 200～250℃に加熱したホットプレート上で、金錫(AuSn)合金を用いて放熱部材231と面発光レーザアレイチップ230を接合する。ここでは、パターン231a上に金錫(AuSn)合金が3μm成膜されている。そして、面発光レーザアレイチップ230は、金錫(AuSn)合金上に載置されるように位置決めされる(図15(A)及び図15(B)参照)。接合は、チップ全面で良好な接合を得るために適切な荷重を印加しながら行う。

10

【0057】

(21) 金(Au)からなる配線部材232を用いて、上部電極113とパターン231bを電氣的に接続する(図16参照)。

【0058】

これにより、面発光レーザアレイ201を製造することができる。

【0059】

ところで、面発光レーザにおいて低閾値化を図るには、被選択酸化層を活性層に最も近い上部半導体DBRの低屈折率層中であって、面発光レーザの発振波長がλのとき上部スペーサ層と上部半導体DBRの界面からの光学的距離がλ/4の位置であり、電界の定在波分布における節の位置とすることが有効である。

20

【0060】

しかし、従来の面発光レーザにおいて、被選択酸化層を活性層に近づけると、被選択酸化層 $Al_{x4}Ga_{1-x4}As$ ($0.95 \leq x4 \leq 1$)と酸化ストップ層 $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ 、酸化ストップ層 $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ と上部半導体DBRの低屈折率層 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 、上部半導体DBRの低屈折率層 $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ と上部スペーサ層 $Al_{0.6}Ga_{0.4}As$ 、の価電子帯におけるバンド不連続による発熱が生じる。これによって、活性層の温度が上昇し、面発光レーザの出力の低下及び信頼性の低下を招く場合があった。

【0061】

30

本実施形態では、上部スペーサ層106の+Z側に上部半導体DBR107の低屈折率層107cとしてAlGaInP層を設けており、この層が酸化ストップ層115と同様の役割を果たす構造となっている。この構造では、被選択酸化層108の位置は、上部スペーサ層106と上部半導体DBR107の界面から光学的距離がλ/4の位置であり(図5参照)、かつ電界の定在波分布における節の位置となっている(図6参照)。

【0062】

そこで、電流狭窄構造で狭窄された電流が再び広がる前に活性層105に電流を注入することができるため、低閾値発振と、無効電流の低減効果が得られる。

【0063】

また、被選択酸化層108を電界の定在波分布における節の位置に設けていることで光の散乱損失が低く抑えられ、低閾値電流を低減することができる。

40

【0064】

この際に、低屈折率層107cの材料としてAlGaAsの代わりにAlGaInPを用いることで、価電子帯におけるバンド不連続量を低減することができ、ヘテロ界面における抵抗を小さくすることができる。これにより、発熱を抑えることができ、活性層の近傍に被選択酸化層を設けた場合でも、活性層の温度上昇を抑制し、面発光レーザの高出力化と高信頼化を図ることができる。

【0065】

また、面発光レーザが高密度に集積された面発光レーザアレイ201では、これまでよりも高い出力を得ることができ、また面発光レーザアレイのサイズを小さくしても従来の

50

面発光レーザアレイと同等の出力を得ることができる。

【0066】

図17には、比較例の面発光レーザにおける下部スペーサ層1104から上部半導体DBR1107までの構成と電界の定在波分布との関係が示されている。この比較例では、活性層1105の+Z側に、上部スペーサ層1106として $Al_{0.6}Ga_{0.4}As$ 層、上部半導体DBRの低屈折率層1107aとして $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層、酸化ストップ層1115として $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ 層、被選択酸化層1108として $Al_{x4}Ga_{1-x4}As$ ($0.95 \leq x4 \leq 1$) 層、酸化ストップ層1115として $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ 層、上部半導体DBRの高屈折率層1107bとして $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ 層が積層されている。

10

【0067】

本実施形態では、活性層105の+Z側に、上部スペーサ層106として $(Al_{x3}Ga_{1-x3})_{0.5}In_{0.5}P$ 層、上部半導体DBRの低屈折率層107cとして $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層、被選択酸化層108として $Al_{x1}Ga_{1-x1}As$ ($0.95 \leq x1 \leq 1$) 層、酸化ストップ層115として $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ 層、上部半導体DBRの低屈折率層107aとして $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層、上部半導体DBRの高屈折率層107bとして $Al_{0.3}Ga_{0.7}As$ 層が積層されている。

【0068】

図18には、 $(Al_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P$ 及び $Al_xGa_{1-x}As$ におけるAl組成xと、伝導帯のエネルギー E_c 及び価電子帯のエネルギー E_v の関係が示されている。図18を参照すると、比較例のように、 $Al_{0.7}Ga_{0.3}As$ 層を酸化ストップ層とし、例えば、被選択酸化層をAlAs層とした構造では、価電子帯におけるバンド不連続量は134 [meV]であることが分かる。

20

【0069】

これに対し、酸化ストップ層 $(Al_{0.7}Ga_{0.3}As)$ の代わりに $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層を用いると、価電子帯におけるバンド不連続量はAl含有量0.4付近においてほぼ0 [meV]となることが分かる。

【0070】

また、バンドギャップエネルギーに注目すると、上部半導体DBRの低屈折率層107aである $Al_{0.9}Ga_{0.1}As$ 層のバンドギャップエネルギーが212 [meV]であるのに対し、低屈折率層107cである $(Al_{0.4}Ga_{0.6})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のバンドギャップエネルギーは215 [meV]であり、価電子帯におけるバンド不連続量を低減しながら、比較例よりもバンドギャップエネルギーを大きくすることができる。

30

【0071】

スペーサ層に隣接する低屈折率層のバンドギャップエネルギーを大きくできると、スペーサ層からの電子のオーバーフローを抑制することができるため、低抵抗化とキャリアブロックとを同時に実現することが可能になる。

【0072】

本実施形態では、AlGaInP層は被選択酸化層の活性層側のみに設けられている。

40

【0073】

AlGaInP層(低屈折率層107c)を被選択酸化層108の活性層105側のみに設けた場合、発熱を低減する効果がある。また、この場合、+Z方向に関して、被選択酸化層108からAs系の層となるため、上部半導体DBR107の積層が容易になるという利点がある。

【0074】

また、上部スペーサ層106から $\lambda/4$ の光学的距離であって、電界の定在波における節に当たる位置に被選択酸化層108を設け、被選択酸化層108の中心から $n\lambda/2$ (n は自然数)の光学的距離に当たる節の位置まで上部半導体DBRの低屈折率層107a

50

を設けているため、高屈折率層 107b との界面に組成傾斜層を設けることができ、ヘテロ界面における抵抗を低減することが可能となる。

【0075】

更に、被選択酸化層 108 から活性層 105 側における低屈折率層 107c を AlGaInP 層、被選択酸化層 108 から射出側における低屈折率層 107a を AlGaAs 系としている。これにより、被選択酸化層 108 から射出面までの半導体 DBR の材料が全て AlGaAs 系となる。

【0076】

選択酸化型の面発光レーザーでは、被選択酸化層の選択酸化のために被選択酸化層の側面が露出する様にエッチングを行う。このエッチング工程で、エッチングの面内異方性があると、側面が露出する部分と露出されない部分とが発生し、酸化工程での歩留まりが低下する。

10

【0077】

一般にエッチングには塩素系のガスが用いられるが、In（インジウム）の塩化物は蒸気圧が低くエッチング表面から離脱しにくいいため、エッチングレートが低くなる。

【0078】

本実施形態では、被選択酸化層 108 から射出面までの材料が In を組成に含まない AlGaAs 系材料から構成され、被選択酸化層 108 から活性層 105 側の材料が In 組成を含む AlGaInP 系材料から構成されている。

20

【0079】

このため、AlGaAs 系材料のエッチング中に発生したエッチング異方性は、エッチング底面が AlGaInP 系材料に到達した時点で吸収され、面内に渡って均一なエッチングとなる。この結果、被選択酸化層 108 の端面を面内に渡って確実に露出させることができ、高い歩留まりを得ることができる。

【0080】

図 19 には、比較例の面発光レーザーにおける上部スペーサ層 1106 から被選択酸化層 1108 までのバンド構造が示されている。Ec は各層における伝導帯のエネルギーであり、Ev は各層における価電子帯のエネルギーである。

【0081】

また、Eg₁ は上部スペーサ層 1106 におけるバンドギャップであり、Eg₂ は上部半導体 DBR の低屈折率層 1107a におけるバンドギャップである。具体的には、Eg₂ - Eg₁ は 102 meV である。

30

【0082】

さらに、ΔEv₁ は価電子帯における上部スペーサ層 1106 と上部半導体 DBR の低屈折率層 1107a のバンド不連続量であり、ΔEv₂ は上部半導体 DBR の低屈折率層 1107a と酸化ストップ層 1115 のバンド不連続量であり、ΔEv₃ は酸化ストップ層 1115 と被選択酸化層 1108 のバンド不連続量である。

【0083】

具体的には、被選択酸化層 1108 が AlAs からなる場合、ΔEv₁ は 134 meV であり、ΔEv₂ は 89 meV であり、ΔEv₃ は 134 meV である。また、被選択酸化層 1108 が Al_{0.95}Ga_{0.05}As からなる場合、ΔEv₁ は 134 meV であり、ΔEv₂ は 89 meV であり、ΔEv₃ は 112 meV である。

40

【0084】

図 20 には、本実施形態の面発光レーザーにおける上部スペーサ層 106 から被選択酸化層 108 までのバンド構造が示されている。

【0085】

Eg₄ は上部スペーサ層 106 におけるバンドギャップであり、Eg₅ は上部半導体 DBR の低屈折率層 107c におけるバンドギャップである。

【0086】

さらに、ΔEv₄ は価電子帯における上部スペーサ層 106 と上部半導体 DBR の低屈

50

折率層 107c のバンド不連続量であり、 ΔE_{v5} は上部半導体 DBR の低屈折率層 107c と被選択酸化層 108 のバンド不連続量である。

【0087】

図 21 には、図 20 における低屈折率層 107c が $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ からなるときに、その Al 組成 $x2$ と ΔE_{v5} との関係が示されている。なお、被選択酸化層 108 は、 $Al_{0.95}Ga_{0.05}As$ からなる場合と $AlAs$ からなる場合とについて示されている。

【0088】

ここで、図 21 を参照し、 ΔE_{v5} の値を ΔE_{v3} の値よりも小さくすることができる範囲について調べる。なお、比較例では、被選択酸化層 1108 が $AlAs$ からなる場合、 ΔE_{v3} は 134 meV であり、被選択酸化層 1108 が $Al_{0.95}Ga_{0.05}As$ からなる場合、 ΔE_{v3} は 112 meV である。

10

【0089】

図 21 における●印は、本実施形態での価電子帯におけるバンド不連続量が、比較例と一致する箇所を示している。そこで、 ΔE_{v5} の値が ΔE_{v3} の値よりも小さくなる範囲は、Al 含有量 $x2$ が低い側では 0.04 で固定となる。また、Al 含有量 $x2$ が高い側では被選択酸化層 $(Al_{x1}Ga_{1-x1}As (0.95 \leq x1 \leq 1))$ の Al 含有量 $x1$ に依存する。その範囲について $x1$ を用いて表記する。

【0090】

まず、座標の表記として (x 座標 (Al 含有量 $x2$)、y 座標 (バンド不連続量)) を定義する。例えば、 $x2$ の値が 0.74 であり、そのときのバンド不連続量が 112 [meV] であるとき、その座標は (0.74、112) と表記される。

20

【0091】

ΔE_{v5} の値と ΔE_{v3} の値とが一致する箇所は、座標 (0.74、112) と座標 (0.88、134) を結ぶ直線上にあり、被選択酸化層 $(Al_{x1}Ga_{1-x1}As (0.95 \leq x1 \leq 1))$ における Al 含有量 $x1$ の値に依存する。 $x1$ の値が 0.95 から 1 まで変化すると、 $x2$ の値は 0.74 から 0.88 まで変化する。これを数式で表すと次の式 (1) となる。

【0092】

【数 1】

$$x = \frac{0.88 - 0.74}{1.00 - 0.95}(x1 - 1.00) + 0.88$$

$$\cong 2.80x1 - 1.92 \quad \dots\dots (1)$$

30

【0093】

上記 (1) 式から求まる x の値は ΔE_{v5} の値と ΔE_{v3} の値とが一致する箇所を示している。そこで、 $x2$ の値を上記 (1) 式で求まる x の値よりも低い範囲とすることで、 ΔE_{v5} の値を ΔE_{v3} の値よりも小さくすることができる。

【0094】

従って、 $x2$ の範囲は、次の (2) 式で示される。但し、 $0.95 \leq x1 \leq 1$ 、である。

40

$$0.04 \leq x2 \leq 2.80x1 - 1.92 \quad \dots\dots (2)$$

【0095】

上記 (2) 式が満足されるように $x2$ を選択することで、比較例に比べて、被選択酸化層と $(Al_{x2}Ga_{1-x2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層との間でのバンド不連続量が低減される。そのため、面発光レーザでは、発熱が抑えられ、寿命の低下及び出力の低下を招くことなく低閾値を得ることが可能となる。

【0096】

図 22 には、上部スペーサ層 106 の $(Al_{x3}Ga_{1-x3})_{0.5}In_{0.5}P$ に

50

におけるAl含有量 x_3 に対し、 $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のAl含有量 x_2 を変化させたときの上部スペーサ層と $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のバンドギャップの差分 $E_{g5} - E_{g4}$ が示されている。図22の横軸は $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層におけるAl含有量 x_2 であり、縦軸は $E_{g5} - E_{g4}$ である。

【0097】

面発光レーザの高出力化に向けては、活性層への電子の閉じ込めが重要であり、上部スペーサ層のみでなく $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層も電子の閉じ込めに関与する。そのため、比較例における上部スペーサ層1106と上部半導体DBRの低屈折率層1107aよりもバンドギャップ差を大きくすることで、活性層への電子の閉じ込めをより強くすることができ高出力化を図ることができる。

10

【0098】

比較例におけるバンドギャップ差 $E_{g2} - E_{g1}$ は102 [meV]である。本実施形態におけるバンドギャップ差 $E_{g5} - E_{g4}$ を102 [meV]よりも大きくとれる範囲で選択することにより、活性層への電子の閉じ込めを比較例よりも強くすることができ、高い出力の面発光レーザを得ることができる。

【0099】

この際、被選択酸化層と $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のバンド不連続量 ΔE_{v5} は、比較例におけるバンド不連続量 ΔE_{v3} よりも低く設けるという制限を受ける。言い換えれば、Al含有量 x_2 を0.88以下で選択する必要がある。

20

【0100】

図22によると、 x_3 の値が0.05から0.50までは、 x_2 の値を変化させると102 [meV]を超えることができる。例えば、 x_3 の値が0.40のときは、 x_2 が0.55のときバンドギャップ差が約102 [meV]となり、 x_2 が0.55よりも小さくなると、バンドギャップ差は比較例よりも小さくなる。

【0101】

このことから、比較例に対し優位性を持たせるためには、上記(2)式で示される x_2 の制限に加え、上部スペーサ層 $(Al_{x_3}Ga_{1-x_3})_{0.5}In_{0.5}P$ 層におけるAl含有量 x_3 を、 $0 \leq x_3 \leq 0.55$ の範囲で選択すれば良く、かつ $E_{g5} - E_{g4}$ が102 [meV]を超える範囲で x_2 、 x_3 を選択すれば良い。

30

【0102】

これにより、上部スペーサ層と低屈折率層のバンドギャップ差を比較例よりも大きくすることができる。また、被選択酸化層と $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層と間での発熱を比較例よりも抑制ができる。

【0103】

つまり、価電子帯におけるバンド不連続量を低減しながら、比較例よりもバンドギャップエネルギーを大きくすることができる。これにより、低閾値でありながら高出力な面発光レーザを実現することができる。

【0104】

図23には、上部スペーサ層 $(Al_{x_3}Ga_{1-x_3})_{0.5}In_{0.5}P$ 層におけるAl含有量 x_3 に対し、 $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層のAl含有量 x_2 を変化させたときの上部スペーサ層と $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層の価電子帯におけるバンド不連続量の変化が示されている。

40

【0105】

図23における縦軸は ΔE_{v4} であり、横軸は $(Al_{x_2}Ga_{1-x_2})_{0.5}In_{0.5}P$ 層におけるAl含有量 x_2 である。

【0106】

上部スペーサ層106とAlGaInP層107cとの間での発熱を、比較例よりも小さくするには、比較例における ΔE_{v1} (= 134 [meV])よりも ΔE_{v4} を低くすれば良い。

50

【0107】

図23には、各 x_3 に対し ΔE_{v_4} の値が134 [meV]となる点が▲印で示されている。この▲点よりも x_2 が小さければ、 ΔE_{v_4} の値を134 [meV]よりも小さくすることができる。

【0108】

図24には、上部スペーサ層（ $(Al_{x_3}Ga_{1-x_3})_{0.5}In_{0.5}P$ 層）とAlGaInP層のバンドギャップ差が示されている。

【0109】

そして、図24には、 ΔE_{v_4} の値が134 [meV]となるときの x_2 の点が▲印で示されている。 x_2 の値を▲点よりも小さい範囲で選ぶことで、 ΔE_{v_4} の値を ΔE_{v_1} の値よりも小さくすることができる。

10

【0110】

AlGaInP層と被選択酸化層との間でのバンド不連続量 ΔE_{v_5} 、及び上部スペーサ層とAlGaInP層との間でのバンド不連続量 ΔE_{v_4} を、比較例におけるバンド不連続量よりも小さくすることができる範囲は、

(1) $E_{g_5} - E_{g_4}$ が102 [meV]以上であり、かつ

(2) 上部スペーサ層のAl含有量 x_3 が0.55以下であり、かつ

(3) AlGaInP層のAl含有量 x_2 が $\Delta E_{v_4} \leq 134$ [meV]となる範囲（図24に示される▲点よりもAl含有量が低い側）であり、かつ

(4) AlGaInP層のAl含有量 x_2 が上記(2)式を満足することとなる。

20

【0111】

この範囲でそれぞれの層のAl組成を選択することで、比較例に比べ、上部スペーサ層から被選択酸化層までの間での発熱を押さえることができ、かつ活性層への電子の閉じ込めを強めることが可能となる。よって、低閾値であり高出力かつ信頼性に優れた面発光レーザを得ることができる。

【0112】

以上説明したように、本実施形態に係る面発光レーザアレイ201では、各発光部において、被選択酸化層108はAlGaAsからなり、その位置は、発振光の電界の定在分布における節の位置であり、かつ発振波長が λ のとき上部スペーサ層106と上部半導体DBR107の界面から光学的距離が $\lambda/4$ である。また、被選択酸化層108に接して、AlGaInP層107cが設けられている。

30

【0113】

この場合は、AlGaInP層107cが、酸化ストップ層としての役割と、上部半導体DBR107における低屈折率層としての役割を果たす。そして、活性層105から被選択酸化層108にかけての価電子帯におけるバンド不連続量を低減することができ、活性層105に最も近い上部半導体DBR107の低屈折率層107c（AlGaInP層）上に被選択酸化層108を設けることで発熱による特性への影響を低減することが可能となる。また、活性層105への電子の閉じ込めを強めることができ、高出力化を図ることができる。すなわち、低閾値化と高出力化とを両立させることができる。

40

【0114】

また、本実施形態では、基板101として傾斜基板を用いている。傾斜基板を用いると、無傾斜基板では表面のモフォロジーが問題となるAlGaInPなどのP系材料も表面のモフォロジーが良い状態で成長することができる。すなわち、結晶品質に優れた積層体を容易に作製することができる。

【0115】

また、傾斜基板上に活性層を成長させることで、光学利得の異方性を備えた活性層を得ることができ、偏光特性の調整も行うことができる。そして、単位面積当たりの出力を、無傾斜基板を用いた場合に比べ、大きくすることが可能となる。

【0116】

50

なお、上記実施形態では、基板101の表面の法線方向が、結晶方位 $[1\ 0\ 0]$ 方向に対して、結晶方位 $[1\ 1\ 1]$ A方向に向かって傾斜している場合について説明したが、これに限定されるものではない。基板101の表面の法線方向が、結晶方位 $[1\ 0\ 0]$ 方向に対して、結晶方位 $[1\ 1\ 1]$ 方向、結晶方位 $[1\ -1\ -1]$ 方向、結晶方位 $[1\ 1\ -1]$ 方向、及び結晶方位 $[1\ -1\ 1]$ 方向のいずれかの方向に向かって傾斜していれば良い。

【0117】

また、上記実施形態では、基板101の傾斜角度が15度の場合について説明したが、これに限定されるものではない。

【0118】

また、上記実施形態では、発光部の発振波長が808nm帯の場合について説明したが、これに限定されるものではない。レーザ媒質の吸収する波長帯など、その用途に応じて、発光部の発振波長を変更しても良い。

【0119】

また、被選択酸化層108の厚さは、設計に応じて変更しても良い。

【0120】

また、上記実施形態では、金錫(AuSn)合金を含む材料を用いて放熱部材231と面発光レーザアレイチップ230とを接合する場合について説明したが、これに限定されるものではない。

【0121】

例えば、ペースト状のはんだを用いて放熱部材231と面発光レーザアレイチップ230とを接合しても良い。

【0122】

また、例えば、銀(Ag)を含む焼結材料を用いて放熱部材231と面発光レーザアレイチップ230とを接合しても良い。この場合は、放熱部材231と面発光レーザアレイチップ230の熱膨張率の差に起因する熱応力を緩和することができる。

【0123】

また、上記実施形態では、複数の発光部が形成される領域の形状が矩形形状の場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、図25に示されるように、複数の発光部が形成される領域の形状が円形状であっても良い。一般に集光レンズは円形のものが多く、複数の面発光レーザが円形に配置された面発光レーザアレイを用いることで、出力の無駄がなく、効率的に集光することが可能となる。

【0124】

また、上記実施形態では、メサの横断面の外形形状が略正方形の場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、メサの横断面の外形形状を、円形、楕円形あるいは長方形など任意の形状とすることができる。

【0125】

また、上記実施形態において、一例として図26及び図27に示されるように、面発光レーザアレイチップ230の+Z側の、面発光レーザアレイチップ230と光学的に対応する位置に、マイクロレンズアレイ250が設けられても良い。この場合は、高密度に集積された複数の面発光レーザから射出された光をマイクロレンズアレイ250によって出力密度の大きい平行光とすることができる。なお、マイクロレンズアレイ250は、紫外線硬化樹脂を用いて取り付けることができる。

【0126】

また、上記実施形態では、被選択酸化層108の+Z側に酸化ストップ層115と上部半導体DBR107の低屈折率層107aを設け、AlGaInP層107cを含めて $3\lambda/4$ の光学的厚さとなる形態としたが、図28及び図29に示されるように、酸化ストップ層115と上部半導体DBRの低屈折率層107aをAlGaInP層(低屈折率層107c)で置き換えても良い。すなわち、AlGaInP層が、被選択酸化層の両側に設けられても良い。このとき、両側のAlGaInP層と被選択酸化層とを合わせた光学

10

20

30

40

50

的厚さが、活性層での発振波長を λ とすると、 $(2n+1)\lambda/4$ (n は自然数)となるように設定される。

【0127】

AlGaInP層を被選択酸化層の両端に設けることで、被選択酸化層とAlGaInP層の価電子帯におけるバンド不連続量を低くすることができ、比較例よりも発熱を抑えることができ、面発光レーザの高出力化と高信頼化を図ることができる。

【0128】

具体的には、上部スペーサ層から $\lambda/4$ の光学的距離で、電界の定在波における節に当たる位置に被選択酸化層を設け、被選択酸化層の中心から $n\lambda/2$ の光学的距離に当たる節の位置までにAlGaInP層（低屈折率層207c）を設けている。

10

【0129】

この場合は、低屈折率層107cと高屈折率層107bの界面に、従来の上部半導体DBRにおける界面の様に組成傾斜層を設けることができるため、ヘテロ界面における抵抗を低減することができる。

【0130】

被選択酸化層とAlGaInP層の光学的厚さを、仮に $\lambda/4$ とした場合は、被選択酸化層に接して高屈折率層を設ける必要があるため、価電子帯の不連続量は大きくなり、抵抗が高くなってしまいが、被選択酸化層とAlGaInP層の光学的厚さを $(2n+1)\lambda/4$ とすることによりこれを回避することができる。

20

【0131】

この場合は、被選択酸化層108よりも+Z側の層における発熱を低減することができる。

【0132】

なお、被選択酸化層108の+Z側に積層されたAlGaInP層（低屈折率層107c）と上部半導体DBRの高屈折率層107bとの界面には、電気抵抗を低減するため、一方の組成から他方の組成へ向かって組成を徐々に変化させた組成傾斜層が設けられている。

【0133】

また、上記実施形態では、放熱部材231の材料として窒化アルミニウム（AlN）が用いられる場合について説明したが、これに限定されるものではない。放熱部材231の材料は、面発光レーザアレイチップ230を構成する半導体材料よりも熱伝導率の高い材料であれば良い。

30

【0134】

《内燃機関》

図30には、一実施形態に係る内燃機関としてのエンジン300の主要部が模式図的に示されている。

【0135】

このエンジン300は、点火装置301、燃料噴出機構302、排気機構303、燃焼室304、及びピストン305などを備えている。

【0136】

40

エンジン300の動作について簡単に説明する。

(1) 燃料噴出機構302が、燃料と空気の可燃性混合気を燃焼室304内に噴出させる（吸気）。

(2) ピストン305が上昇し、可燃性混合気を圧縮する（圧縮）。

(3) 点火装置301が、燃焼室304内にレーザ光を射出する。これにより、燃料に点火される（着火）。

(4) 燃焼ガスが発生し、ピストン305が降下する（燃焼）。

(5) 排気機構303が、燃焼ガスを燃焼室304外へ排気する（排気）。

【0137】

このように、吸気、圧縮、着火、燃焼、排気からなる一連の過程が繰り返される。そし

50

て、燃焼室 304 内の気体の体積変化に対応してピストン 305 が運動し、運動エネルギーを生じさせる。燃料には例えば天然ガスやガソリン等が用いられる。

【0138】

なお、エンジン 300 は、該エンジン 300 の外部に設けられ、該エンジン 300 と電氣的に接続されているエンジン制御装置の指示に基づいて、上記動作を行う。

【0139】

点火装置 301 は、一例として図 31 に示されるように、レーザ装置 200、射出光学系 210、及び保護部材 212などを有している。

【0140】

射出光学系 210 は、レーザ装置 200 から射出される光を集光する。これにより、集光点で高いエネルギー密度を得ることができる。射出光学系 210 は、1つの光学素子で構成されても良いし、複数の光学素子で構成されても良い。

10

【0141】

保護部材 212 は、燃焼室 304 に臨んで設けられた透明の窓である。ここでは、一例として、保護部材 212 の材料としてサファイアガラスが用いられている。

【0142】

レーザ装置 200 は、面発光レーザアレイ 201、第 1 集光光学系 203、光ファイバ 204、第 2 集光光学系 205、及びレーザ共振器 206 を備えている。

【0143】

レーザ装置 200 から射出される光の Z 軸方向に関する集光位置の調整は、射出光学系 210 の焦点距離、及び Z 軸方向に関する射出光学系 210 の配置位置を調整することにより、行うことができる。

20

【0144】

面発光レーザアレイ 201 は、励起用光源であり、複数の発光部を有している。各発光部は、発振波長が 808 nm 帯の垂直共振器型の面発光レーザ (VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser) である。

【0145】

面発光レーザアレイは、射出される光の、温度による波長ずれが非常に少ないため、励起波長のずれによって特性が大きく変化する Q スイッチレーザを励起するのに有利な光源である。そこで、面発光レーザアレイを励起用光源に用いると、環境の温度制御を簡易なものにできるという利点がある。

30

【0146】

第 1 集光光学系 203 は、面発光レーザアレイ 201 から射出される光を集光する。第 1 集光光学系 203 は、1つの光学素子で構成されても良いし、複数の光学素子で構成されても良い。

【0147】

光ファイバ 204 は、第 1 集光光学系 203 によって光が集光される位置にコアの - Z 側端面の中心が位置するように配置されている。

【0148】

光ファイバ 204 を設けることによって、面発光レーザアレイ 201 をレーザ共振器 206 から離れた位置に置くことができる。これにより配置設計の自由度を増大させることができる。また、レーザ装置 200 を点火装置に用いる際に、熱源から面発光レーザアレイ 201 を遠ざけることができるため、エンジン 300 を冷却する方法の幅を広げることが可能である。

40

【0149】

光ファイバ 204 に入射した光はコア内を伝播し、コアの + Z 側端面から射出される。

【0150】

第 2 集光光学系 205 は、光ファイバ 204 から射出された光の光路上に配置され、該光を集光する。第 2 集光光学系 205 は、1つの光学素子で構成されても良いし、複数の光学素子で構成されても良い。第 2 集光光学系 205 で集光された光は、レーザ共振器 2

50

06に入射する。

【0151】

レーザ共振器206は、Qスイッチレーザであり、一例として図32に示されるように、レーザ媒質206a、及び可飽和吸収体206bを有している。

【0152】

なお、ここでは、Nd:YAG結晶とCr:YAG結晶は接合されており、いわゆるコンポジット結晶となっている。また、Nd:YAG結晶及びCr:YAG結晶は、いずれもセラミックスである。

【0153】

第2集光光学系205からの光は、レーザ媒質206aに入射される。すなわち、第2集光光学系205からの光によってレーザ媒質206aが励起される。なお、面発光レーザアレイ201から射出される光の波長は、YAG結晶において最も吸収効率の高い波長808nmであることが望ましい。そして、可飽和吸収体206bは、Qスイッチの動作を行う。

【0154】

レーザ媒質206aの入射側（-Z側）の面、及び可飽和吸収体206bの射出側（+Z側）の面は光学研磨処理がなされ、ミラーの役割を果たしている。なお、以下では、便宜上、レーザ媒質206aの入射側の面を「第1の面」ともいい、可飽和吸収体206bの射出側の面を「第2の面」ともいう（図32参照）。

【0155】

そして、第1の面及び第2の面には、面発光レーザアレイ201から射出される光の波長、及びレーザ共振器206から射出される光の波長に応じた誘電体膜がコーティングされている。

【0156】

具体的には、第1の面には、波長が808nmの光に対して十分に高い透過率を示し、波長が1064nmの光に対して十分に高い反射率を示すコーティングがなされている。また、第2の面には、波長が1064nmの光に対して所望のしきい値が得られるように選択された反射率を示すコーティングがなされている。

【0157】

これにより、レーザ共振器206内で光が共振し増幅される。ここでは、レーザ共振器206の共振器長は10mmである。

【0158】

図31に戻り、駆動装置220は、エンジン制御装置222の指示に基づいて、面発光レーザアレイ201を駆動する。すなわち、駆動装置220は、エンジン300の動作における着火のタイミングで点火装置301から光が射出されるように、面発光レーザアレイ201を駆動する。なお、面発光レーザアレイ201における複数の発光部は、同時に点灯及び消灯される。

【0159】

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ装置200によると、面発光レーザアレイ201を有しているため、効率良く高出力のレーザ光を射出することができる。

【0160】

そして、高密度にメサ構造体が集積された面発光レーザアレイでは、面発光レーザアレイのサイズを小さくしても従来の面発光レーザアレイと同等の出力を得ることができるため、集光レンズを介して光を集光する際にそのスポット径を小さくすることができるという利点がある。

【0161】

これにより、光ファイバのコア径を小さくすることが可能となり、高いビーム品質を保ったまま出力の大きい光を取り出すことが可能となる。すなわち、出力の大きい光を高いビーム品質を保ったまま伝送し、取り出すことができるレーザ装置を実現できる。

【0162】

10

20

30

40

50

さらに、点火装置 301 は、レーザ装置 200 を備えているため、安定した点火を行うことができる。

【0163】

また、エンジン 300 は、点火装置 301 を備えているため、結果として、安定性を向上させることができる。

【0164】

なお、複数の発光部が形成される領域の形状を円形状（図 25 参照）にすると、光ファイバに励起光を効率良く入射させることができる。

【0165】

また、上記実施形態において、面発光レーザアレイ 201 をレーザ共振器 206 から離れた位置に置く必要がない場合は、光ファイバ 204 が設けられなくても良い。

【0166】

また、上記実施形態では、内燃機関として燃焼ガスによってピストンを運動させるエンジン（ピストンエンジン）の場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、ロータリーエンジンや、ガスタービンエンジンや、ジェットエンジンであっても良い。要するに、燃料を燃焼させて燃焼ガスを生成するものであれば良い。

【0167】

また、排熱を利用して、動力や温熱や冷熱を取り出し、総合的にエネルギー効率を高めるシステムであるコジェネレーションに、点火装置 301 を用いても良い。

【0168】

また、上記実施形態では、点火装置 301 が内燃機関に用いられる場合について説明したが、これに限定されるものではない。

【0169】

また、上記実施形態では、レーザ装置 200 が点火装置に用いられる場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、レーザ加工機、レーザピーニング装置、テラヘルツ発生装置などに用いることができる。

【0170】

また、上記実施形態では、面発光レーザアレイ 201 が励起用光源としてレーザ装置 200 に用いられる場合について説明したが、これに限定されるものではない。面発光レーザアレイ 201 が励起用ではない光源としてレーザ装置に用いられても良い。

【0171】

《レーザアニール装置》

一例として図 33（A）及び図 33（B）にレーザ装置としてのレーザアニール装置 2500 の概略構成が示されている。このレーザアニール装置 2500 は、光源 2510、光学系 2520、テーブル装置 2530、及び不図示の制御装置などを備えている。

【0172】

光源 2510 は、上記実施形態で説明した面発光レーザアレイ 201 を有している。光学系 2520 は、光源 2510 から射出された光を対象物 P の表面に導光する。テーブル装置 2030 は、対象物 P が載置されるテーブルを有している。該テーブルは、少なくとも Y 軸方向に沿って移動することができる。

【0173】

例えば、対象物 P がアモルファスシリコン（a-Si）の場合、光源 2510 からの光が照射されると、アモルファスシリコン（a-Si）は、温度が上昇し、その後、徐々に冷却されることによって結晶化し、ポリシリコン（p-Si）になる。

【0174】

この場合、レーザアニール装置 2500 は、光源 2510 が面発光レーザアレイ 201 を有しているため、処理効率を向上させることができる。

【0175】

《レーザ加工機》

一例として図 34 にレーザ装置としてのレーザ加工機 3000 の概略構成が示されてい

10

20

30

40

50

る。このレーザ加工機 3000 は、光源 3010、光学系 3100、対象物 P が載置されるテーブル 3150、テーブル駆動装置 3160、操作パネル 3180 及び制御装置 3200などを備えている。

【0176】

光源 3010 は、面発光レーザアレイ 201 を有し、制御装置 3200 の指示に基づいて光を射出する。光学系 3100 は、光源 3010 から射出された光を対象物 P の表面近傍で集光させる。テーブル駆動装置 3160 は、制御装置 3200 の指示に基づいて、テーブル 3150 を X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向に移動させる。

【0177】

操作パネル 3180 は、作業者が各種設定を行うための複数のキー、及び各種情報を表示するための表示器を有している。制御装置 3200 は、操作パネル 3180 からの各種設定情報に基づいて、光源 3010 及びテーブル駆動装置 3160 を制御する。

10

【0178】

この場合、レーザ加工機 3000 は、光源 3010 が面発光レーザアレイ 201 を有しているため、加工（例えば、切断や溶接）の処理効率を向上させることができる。

【0179】

なお、レーザ加工機 3000 は、光源 3010 を複数有しても良い。

【0180】

また、面発光レーザアレイ 201 は、レーザアニール装置及びレーザ加工機以外のレーザ光を利用する装置にも好適である。例えば、面発光レーザアレイ 201 を表示装置の光源に用いても良い。

20

【0181】

《画像形成装置》

図 35 には、画像形成装置としてのレーザプリンタ 500 の概略構成が示されている。

【0182】

このレーザプリンタ 500 は、光走査装置 900、感光体ドラム 901、帯電チャージャ 902、現像ローラ 903、トナーカートリッジ 904、クリーニングブレード 905、給紙トレイ 906、給紙コロ 907、レジストローラ対 908、転写チャージャ 911、除電ユニット 914、定着ローラ 909、排紙ローラ 912、及び排紙トレイ 910などを備えている。

30

【0183】

感光体ドラム 901 の表面には、感光層が形成されている。ここでは、感光体ドラム 901 は、図 35 における矢印方向に回転するようになっている。

【0184】

帯電チャージャ 902、現像ローラ 903、転写チャージャ 911、除電ユニット 914 及びクリーニングブレード 905 は、それぞれ感光体ドラム 901 の表面近傍に配置されている。そして、感光体ドラム 901 の回転方向に沿って、帯電チャージャ 902 → 現像ローラ 903 → 転写チャージャ 911 → 除電ユニット 914 → クリーニングブレード 905 の順に配置されている。

【0185】

帯電チャージャ 902 は、感光体ドラム 901 の表面を均一に帯電させる。

40

【0186】

光走査装置 900 は、帯電チャージャ 902 で帯電された感光体ドラム 901 の表面を、上位装置（例えばパソコン）からの画像情報に基づいて変調された光によって走査する。これにより、画像情報に対応した潜像が感光体ドラム 901 の表面に形成される。すなわち、感光体ドラム 901 の表面が被走査面である。そして、感光体ドラム 901 が像担持体である。ここで形成された潜像は、感光体ドラム 901 の回転に伴って現像ローラ 903 の方向に移動する。なお、この光走査装置 900 の構成については後述する。

【0187】

トナーカートリッジ 904 にはトナーが格納されており、該トナーは現像ローラ 903

50

に供給される。

【0188】

現像ローラ903は、感光体ドラム901の表面に形成された潜像にトナーカートリッジ904から供給されたトナーを付着させて画像情報を顕像化させる。ここでトナーが付着された潜像（以下では、便宜上「トナー像」ともいう）は、感光体ドラム901の回転に伴って転写チャージャ911の方向に移動する。

【0189】

給紙トレイ906には記録紙913が格納されている。この給紙トレイ906の近傍には給紙コロ907が配置されており、該給紙コロ907は、記録紙913を給紙トレイ906から1枚ずつ取り出し、レジストローラ対908に搬送する。該レジストローラ対908は、転写ローラ911の近傍に配置され、給紙コロ907によって取り出された記録紙913を一旦保持するとともに、該記録紙913を感光体ドラム901の回転に合わせて感光体ドラム901と転写チャージャ911との間隙に向けて送り出す。

10

【0190】

転写チャージャ911には、感光体ドラム901の表面上のトナーを電氣的に記録紙913に引きつけるために、トナーとは逆極性の電圧が印加されている。この電圧により、感光体ドラム901の表面のトナー像が記録紙913に転写される。ここで転写された記録紙913は、定着ローラ909に送られる。

【0191】

この定着ローラ909では、熱と圧力とが記録紙913に加えられ、これによってトナーが記録紙913上に定着される。ここで定着された記録紙913は、排紙ローラ912を介して排紙トレイ910に送られ、排紙トレイ910上に順次積み重ねられる。

20

【0192】

除電ユニット914は、感光体ドラム901の表面を除電する。

【0193】

クリーニングブレード905は、感光体ドラム901の表面に残ったトナー（残留トナー）を除去する。なお、除去された残留トナーは、再度利用されるようになっている。残留トナーが除去された感光体ドラム901の表面は、再度帯電チャージャ902に対向する位置に戻る。

【0194】

《光走査装置》

次に、前記光走査装置900の構成について説明する。

30

【0195】

光走査装置900は、一例として図36に示されるように、光源2200、カップリングレンズ2201、開口板2202、シリンドリカルレンズ2204、ポリゴンミラー2104、第1走査レンズ2105a、第2走査レンズ2105b、反射ミラー2106a、折り返しミラー2106b、及び不図示の走査制御装置などを備えている。

【0196】

以下では、便宜上、各光学部材において、主走査方向に対応する方向を「主走査対応方向」と略述し、副走査方向に対応する方向を「副走査対応方向」と略述する。

40

【0197】

カップリングレンズ2201は、光源2200から射出された光の光路上に配置され、該光を略平行光とする。

【0198】

開口板2202は、開口部を有し、カップリングレンズ2201を介した光を整形する。

【0199】

シリンドリカルレンズ2204は、開口板2202の開口部を通過した光を、反射ミラー2106aを介してポリゴンミラー2104の偏向反射面近傍にY軸方向に関して結像する。

50

【0200】

ポリゴンミラー2104は、Y軸方向に平行な回転軸まわりに回転する回転多面鏡であり、ここでは、6つの鏡面を有している。各鏡面が偏向反射面である。ポリゴンミラー2104は、シリンドリカルレンズ2204からの光を偏向する。

【0201】

ポリゴンミラー2104で偏向された光は、第1走査レンズ2105a、第2走査レンズ2105b、及び折り返しミラー2106bを介して、感光体ドラム901に照射され、光スポットが形成される。この光スポットは、ポリゴンミラー2104の回転に伴って感光体ドラム901の長手方向に移動する。なお、走査光学系2105は、1つのレンズで構成されていても良いし、複数のレンズで構成されていても良い。

10

【0202】

光源2200は、面発光レーザアレイ201と同様な構成、構造を有し、同様にして製造された面発光レーザアレイ201Aを有している。なお、電子写真の用途に向けては、濃度ムラなどの影響を最小限にするため、各発光部における偏光を調整する必要がある、その方法として活性層に歪みを導入する。そのため、活性層をGaAs/Al_{0.3}Ga_{0.7}AsではなくGaInPAs/GaInPへ変更することが好ましい。

【0203】

この面発光レーザアレイ201Aでは、一例として32個の発光部が2次元配列されている（図37参照）。

【0204】

20

32個の発光部は、図38に示されるように、全ての発光部を副走査対応方向に延びる仮想線上に正射影したときに、発光部間隔が等しく（図38では「d1」）なるように配置されている。なお、「発光部間隔」とは2つの発光部の中心間距離をいう。

【0205】

この場合、点灯のタイミングを調整することで感光体ドラム上では副走査方向に等間隔で発光部が並んでいる場合と同様な構成と捉えることができる。そこで、1回の走査で、複数の走査線を走査することができる（図36参照）。

【0206】

そして、例えば、上記間隔d1を2.65μm、光走査装置900の光学系の倍率を2倍とすれば、4800dpi（ドット／インチ）の高密度書込みができる。もちろん、主走査対応方向の発光部数を増加したり、副走査対応方向のピッチd2（図38参照）を狭くして間隔d1を更に小さくするアレイ配置としたり、光学系の倍率を下げる等を行えばより高密度化でき、より高品質の印刷が可能となる。なお、主走査方向の書き込み間隔は、発光部の点灯のタイミングで容易に制御できる。

30

【0207】

また、この場合に、レーザプリンタ500では、書きこみドット密度が上昇しても、各発光部は高い単一基本横モード出力ができるので、印刷速度を落とすことなく印刷することができる。また、同じ書きこみドット密度の場合には印刷速度を更に速くすることができる。

【0208】

40

光走査装置900は、光源2200が面発光レーザアレイ201Aを有しているため、感光体ドラム901の表面上に高精細な潜像を高速で形成することが可能となる。

【0209】

また、多色のカラー画像を形成する画像形成装置であっても、カラー画像に対応した光走査装置を用いることにより、高精細な画像を高速で形成することが可能となる。

【0210】

この多色のカラー画像を形成する画像形成装置として、例えばブラック（K）用の感光体ドラム、シアン（C）用の感光体ドラム、マゼンダ（M）用の感光体ドラム、イエロー（Y）用の感光体ドラムのように複数の感光体ドラムを備えるタンデムカラー機であっても良い。

50

【0211】

また、面発光レーザアレイ201は、入力される電気信号に応じた光信号を生成する光伝送モジュールに好適である。例えば、面発光レーザアレイ201と、該面発光レーザアレイ201を、入力される電気信号に応じて駆動する駆動装置と、を備える光伝送モジュールが可能である。そして、該光伝送モジュールと、光伝送モジュールで生成された光信号を伝達する光伝達媒体と、該光伝達媒体を介した光信号を電気信号に変換する変換器と、を備える光伝送システムも可能である。

【0212】

《光伝送システム》

図39には、光伝送システム1000の概略構成が示されている。この光伝送システム1000は、光伝送モジュールとしての光送信モジュール1001と、光受信モジュール1005とが光ファイバケーブル1004で接続されており、光送信モジュール1001から光受信モジュール1005への一方向の光通信が可能となっている。

10

【0213】

光送信モジュール1001は、面発光レーザアレイ201を含む光源1002と、外部から入力された電気信号に応じて、光源1002から出力されるレーザ光の光強度を変調する駆動回路1003とを有している。

【0214】

光源1002から出力された光信号は、光ファイバケーブル1004に結合し、該光ファイバケーブル1004を導波して光受信モジュール1005に入力される。

20

【0215】

光受信モジュール1005は、光信号を電気信号に変換する受光素子1006と、受光素子1006から出力された電気信号に対して信号増幅、及び波形整形等を行う受信回路1007とを有している。

【0216】

光送信モジュール1001は、光源1002が面発光レーザアレイ201を含んでいるため、効率良く高い出力で送信することができる。

【0217】

また、光伝送システム1000は、光送信モジュール1001を備えているため、結果として効率良く高い精度の通信が可能となる。

30

【0218】

なお、ここでは、単チャンネルの一方向通信の構成例を示しているが、双方向通信、並列伝送方式、波長分割多重伝送方式等の構成をとることもできる。要するに、光源1002が面発光レーザアレイ201を含んでいれば良い。

【0219】

図40には、光信号の送受信を行う光通信システム4000が示されている。この光通信システム4000は、光ファイバ4010と、該光ファイバ4010を介して配置された2つのボード(4003、4006)を備えている。各ボードは光送受信モジュールである。

40

【0220】

ボード4003には、面発光レーザアレイ4001、該面発光レーザアレイ4001を駆動する駆動回路、受光素子4002、該受光素子4002の出力信号を処理する処理回路等が実装されている。

【0221】

ボード4006には、面発光レーザアレイ4004、該面発光レーザアレイ4004を駆動する駆動回路、受光素子4005、該受光素子4005の出力信号を処理する処理回路等が実装されている。

【0222】

面発光レーザアレイ4001から射出された光は、光ファイバ4010を介して、受光素子4005で受光される。面発光レーザアレイ4004から射出された光は、光ファイ

50

バ４０１０を介して、受光素子４００２で受光される。

【０２２３】

各ボードは、図示しないコンピュータ装置等に接続され、データ処理が行われる。各面発光レーザアレイは、面発光レーザアレイ２０１と同様な構成、構造を有し、同様にして製造された面発光レーザアレイである。この場合は、光送受信モジュールの高性能化を図ることができ、かつ、それを用いた光通信システムの高性能化および高信頼化を図ることができる。

【符号の説明】

【０２２４】

１０１…基板、１０２…バッファ層、１０３…下部半導体ＤＢＲ、１０４…下部スペーサ層、１０５…活性層、１０６…上部スペーサ層、１０７…上部半導体ＤＢＲ、１０７ａ…低屈折率層、１０７ｂ…高屈折率層、１０７ｃ…低屈折率層（ＡｌＧａＩｎＰ層）、１０８…被選択酸化層、１０９…コンタクト層、１１１…保護層、１１３…上部電極、１１４…下部電極、１１５…酸化ストップ層、２００…レーザ装置、２０１…面発光レーザアレイ、２０３…第１集光光学系、２０４…光ファイバ（伝送部材）、２０５…第２集光光学系、２０６…レーザ共振器、２０６ａ…レーザ媒質、２０６ｂ…可飽和吸収体、２１０…射出光学系（レーザ装置から射出されるレーザ光を集光する光学系）、２１２…保護部材、２２０…駆動装置、２２２…エンジン制御装置、２３０…面発光レーザアレイチップ、２３１…放熱部材、２３２…配線部材、２４０…発光部領域、２４１…電極パッド、２５０…マイクロレンズアレイ、３００…エンジン（内燃機関）、３０１…点火装置、３０２…燃料噴出機構、３０３…排気機構、３０４…燃焼室、３０５…ピストン、５００…レーザープリンタ（画像形成装置）、９００…光走査装置、９０１…感光体ドラム（像担持体）、９０３…現像ローラ、９１１…転写チャージャ、１０００…光伝送システム、１００１…光送信モジュール（光伝送モジュール）、１００３…駆動回路（駆動装置）、１００４…光ファイバケーブル（光伝達媒体）、１００６…受光素子（変換器の一部）、１００７…受信回路（変換器の一部）、１１０６…上部スペーサ層、１１０７ａ…上部半導体ＤＢＲの低屈折率層、１１０８…被選択酸化層、１１１５…酸化ストップ層、２１０４…ポリゴンミラー、２１０５…走査光学系、２２００…光源、２５００…レーザアニール装置、２５１０…光源、２５２０…光学系、２５３０…テーブル装置、３０００…レーザ加工機、３０１０…光源、３１００…光学系、３１５０…テーブル、３１６０…テーブル駆動装置、３１８０…操作パネル、３２００…制御装置、４０００…光通信システム（光伝送システム）、４００１…面発光レーザアレイ、４００２…受光素子、４００３…ボード（光伝送モジュール）、４００４…面発光レーザアレイ、４００５…受光素子、４００６…ボード（光伝送モジュール）、４０１０…光ファイバ（光伝達媒体）、Ｐ…対象物。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０２２５】

【特許文献１】特許第４０６６６５４号公報

【特許文献２】特許第４４１５９２４号公報

【特許文献３】特許第５５２２４９０号公報

【特許文献４】特許第４０８５６５５号公報

【非特許文献】

【０２２６】

【非特許文献１】Ｇ．Ｍ．Ｙａｎｇ，ｅｔ ａｌ：”Ｕｌｔｒａｌｏｗ ｔｈｒｅｓｈｏｌｄ ｃｕｒｒｅｎｔ ｖｅｒｔｉｃａｌ－ｃａｖｉｔｙ ｓｕｒｆａｃｅ－ｅｍｉｔｔｉｎｇ ｌａｓｅｒｓ ｏｂｔａｉｎｅｄ ｗｉｔｈ ｓｅｌｅｃｔｉｖｅ ｏｘｉｄａｔｉｏｎ”，Ｅｌｅｃｔｒｏｎ．Ｌｅｔｔ．ｖｏｌ．３１，Ｎｏ．１１ ｐ．ｐ．８８６－８８８（１９９５）

【非特許文献２】Ａａｒｏｎ Ｅ．Ｂｏｎｄ，ｅｔ ａｌ：”Ｄｅｓｉｇｎ ｏｆ Ｌｏｗ－Ｌｏｓｓ Ｓｉｎｇｌｅ－Ｍｏｄｅ Ｖｅｒｔｉｃａｌ－Ｃａｖｉｔｙ Ｓｕｒｆａ

10

20

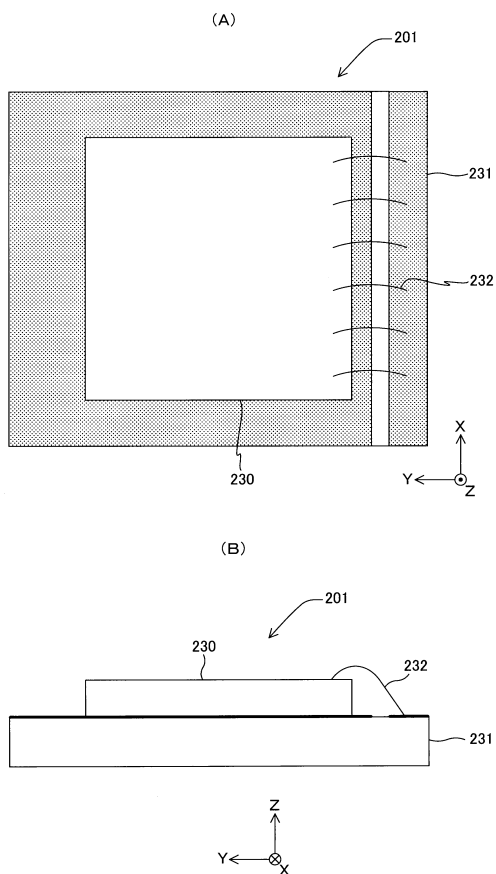
30

40

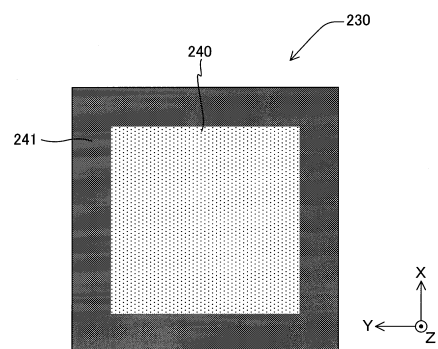
50

ce-Emitting Lasers”, IEEE Journal of selected topics in quantum electronics, vol. 5, No. 3, p. p. 574-581 (1999)

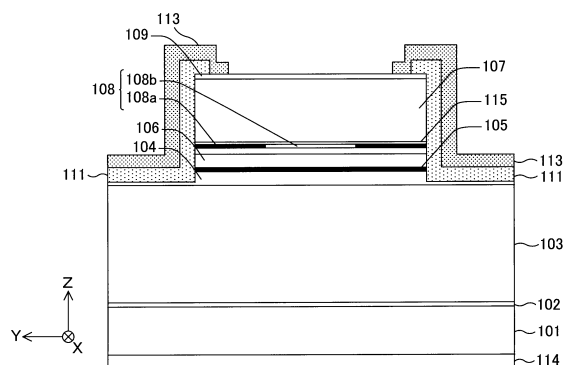
【図 1】



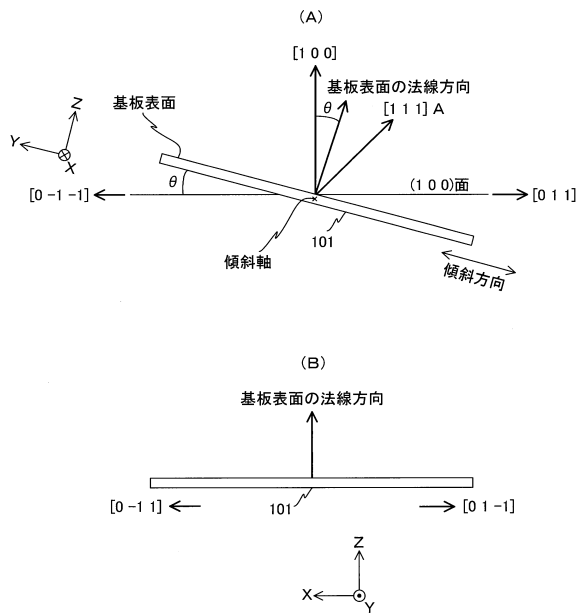
【図 2】



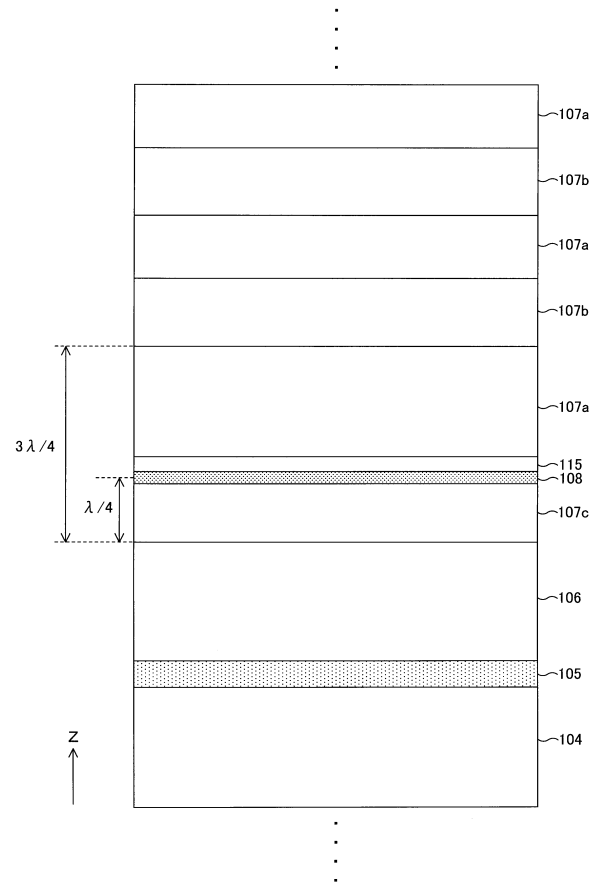
【図 3】



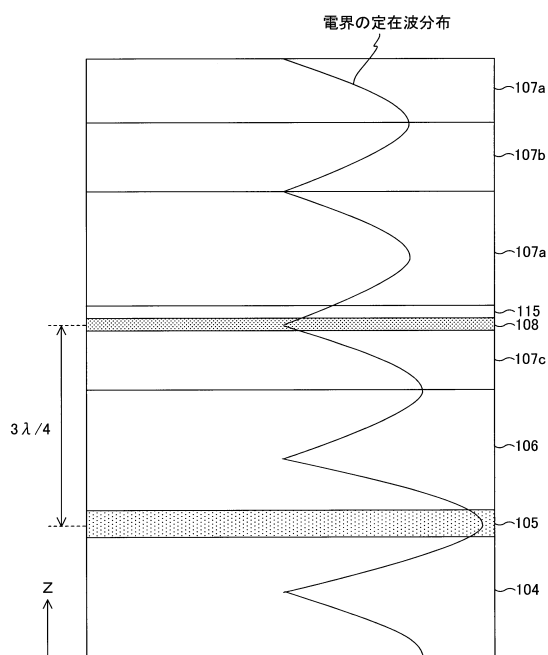
【図 4】



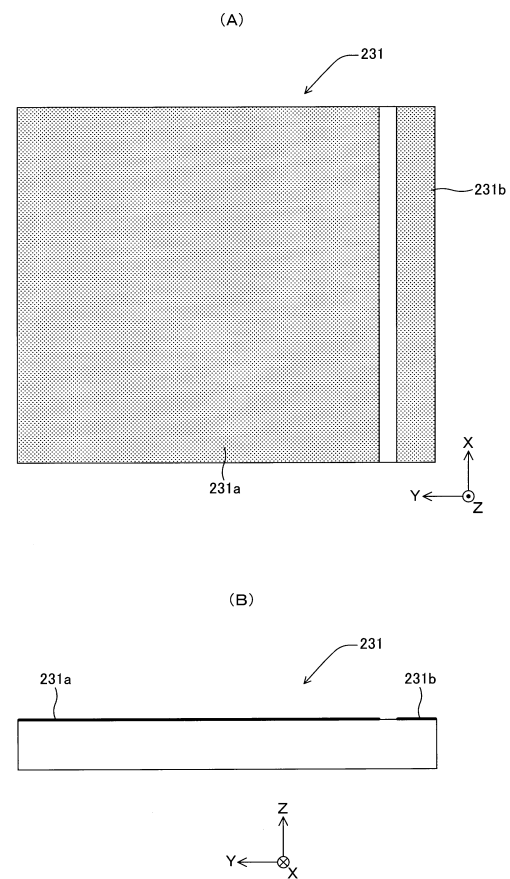
【図 5】



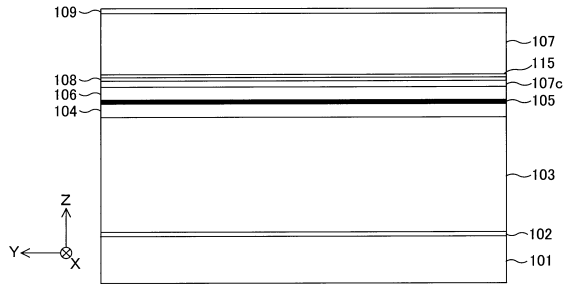
【図 6】



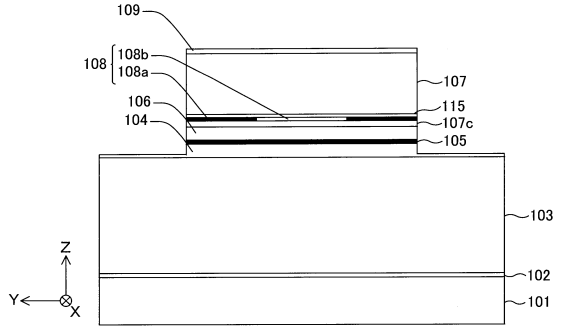
【図 7】



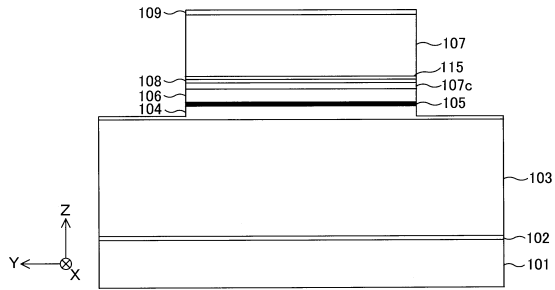
【図 8】



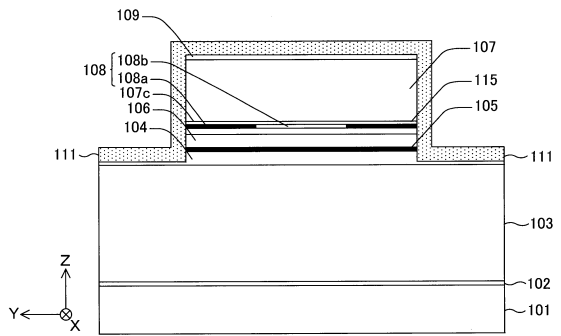
【図 10】



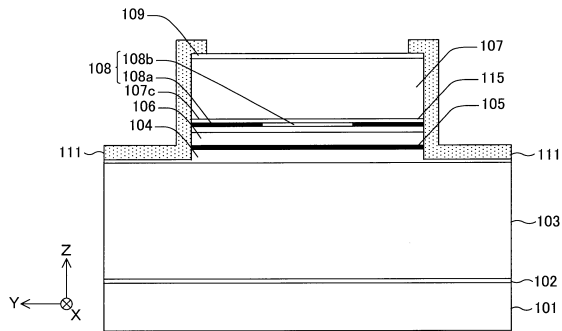
【図 9】



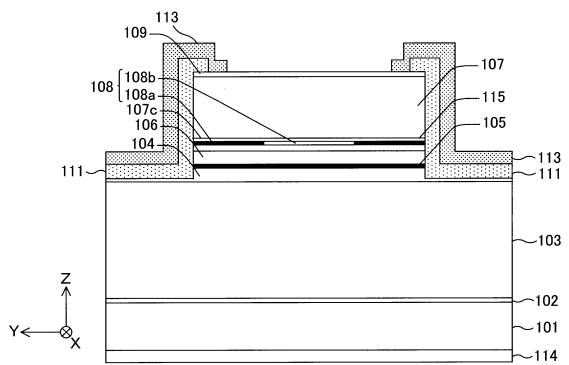
【図 11】



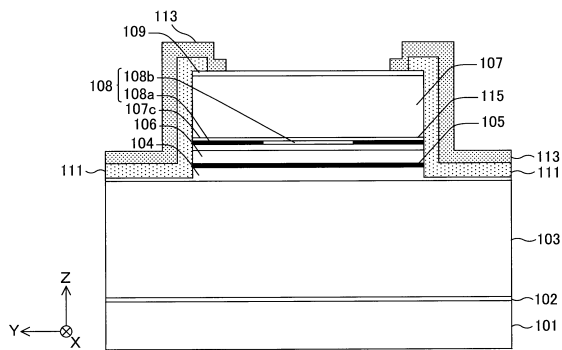
【図 12】



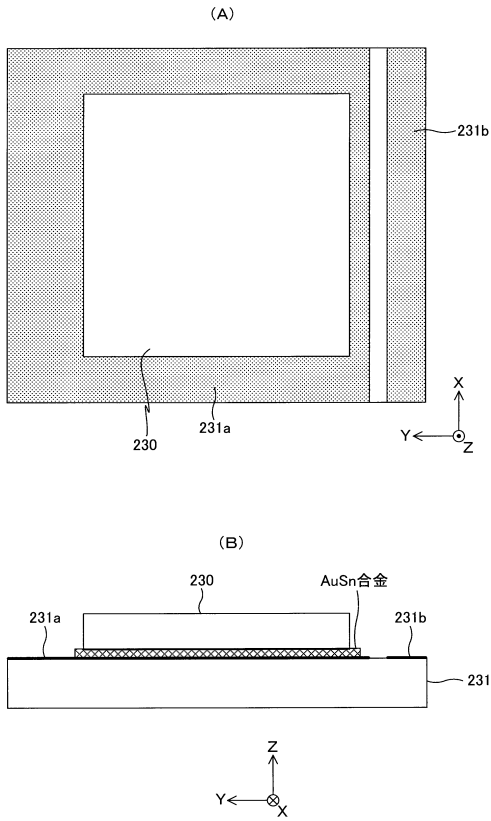
【図 14】



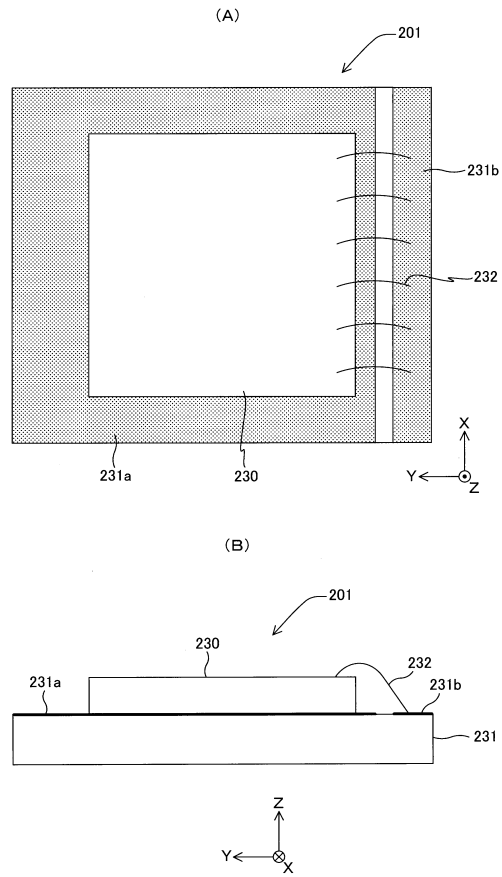
【図 13】



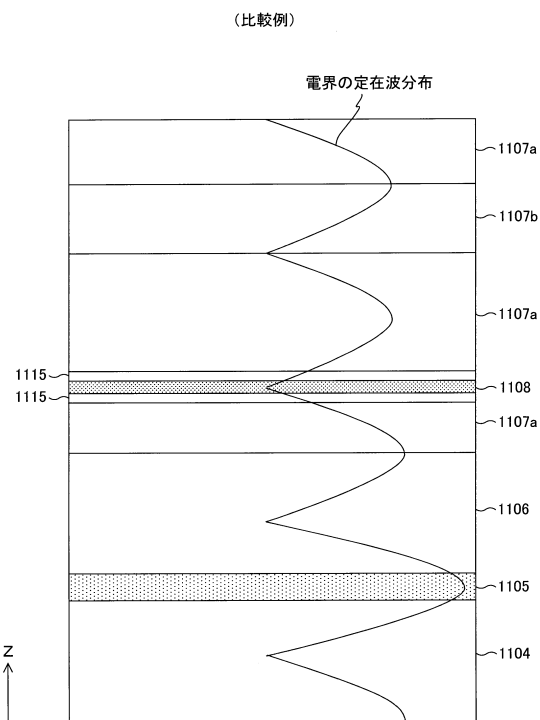
【図 15】



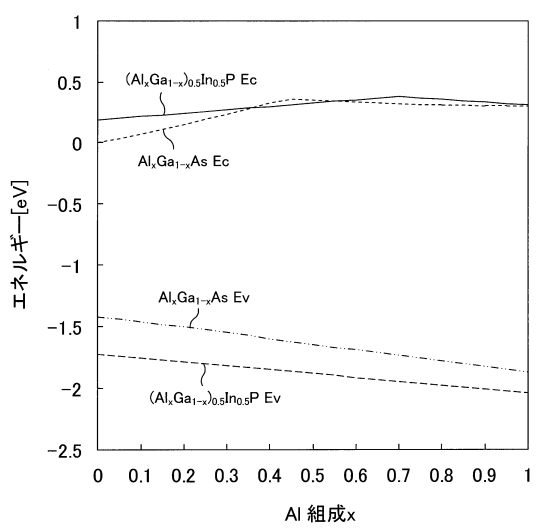
【図 16】



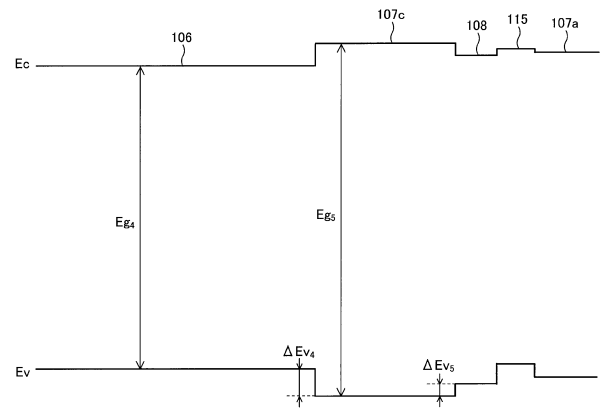
【図 17】



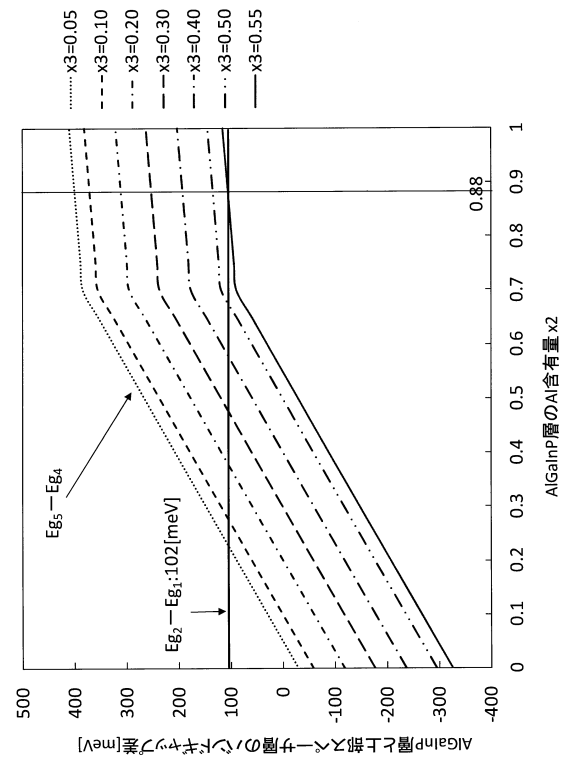
【図 18】



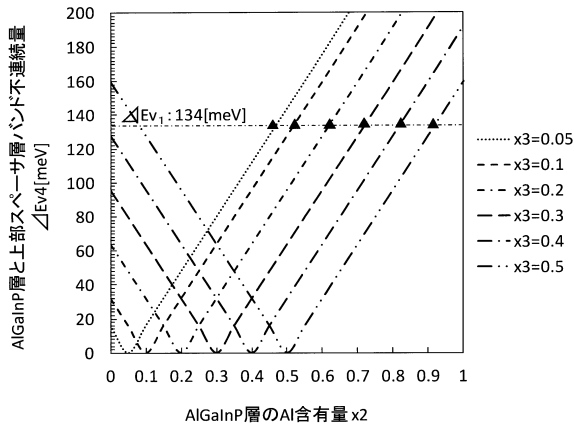
【図 20】



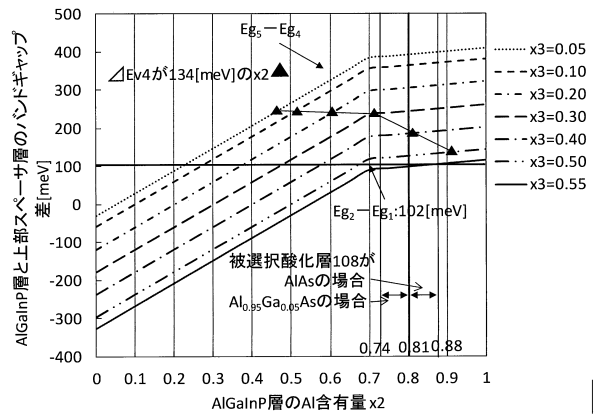
【图 2 2】



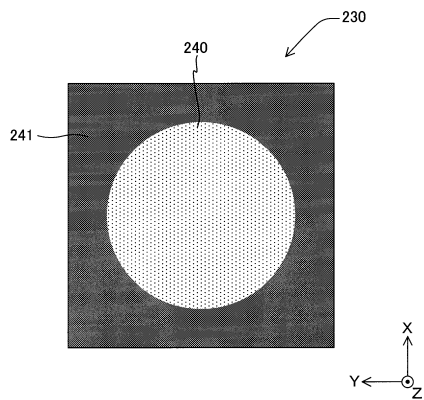
【図 2 3】



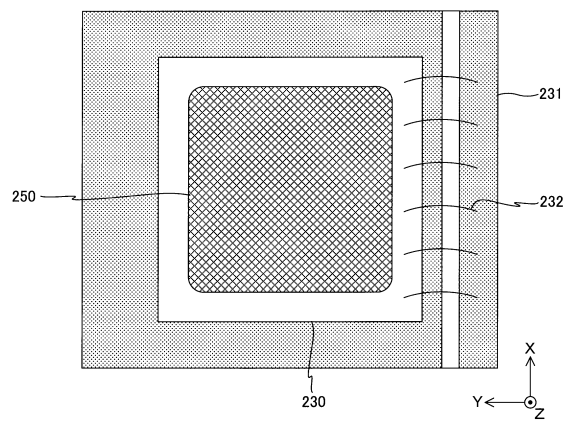
【図 2 4】



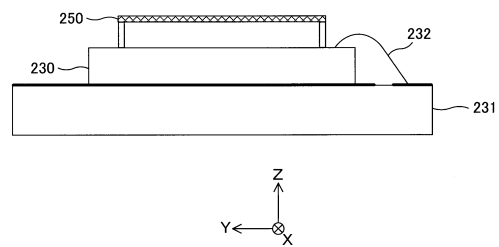
【図 2 5】



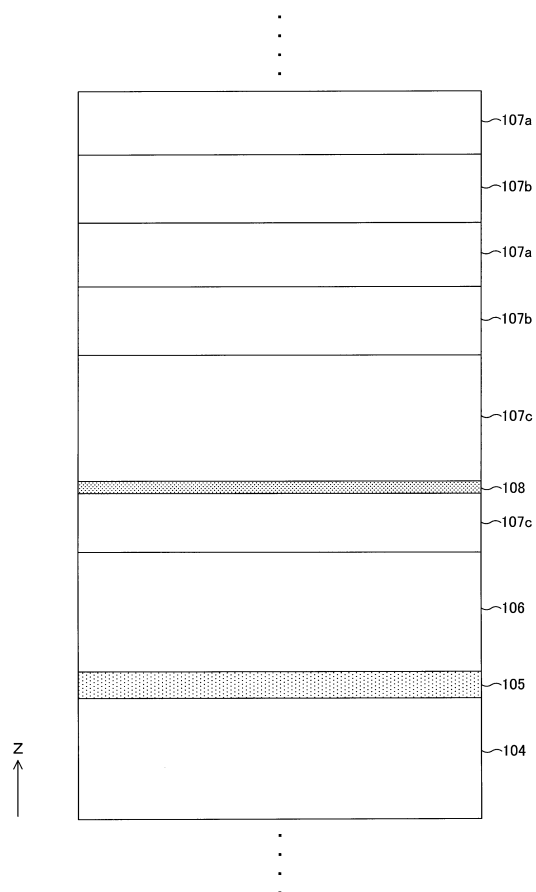
【図 2 6】



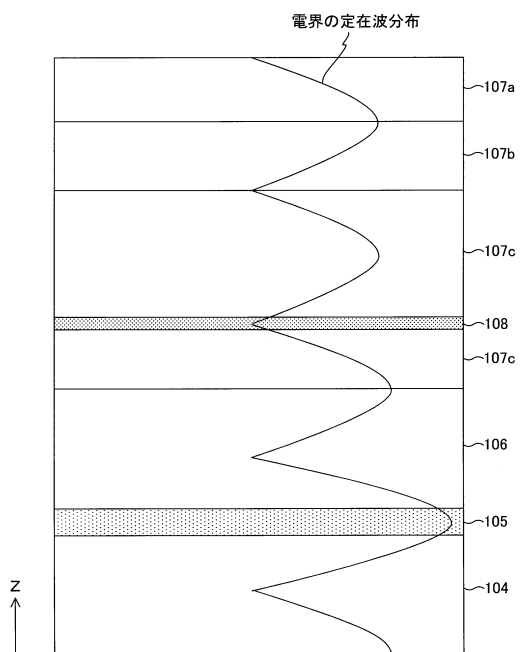
【図 2 7】



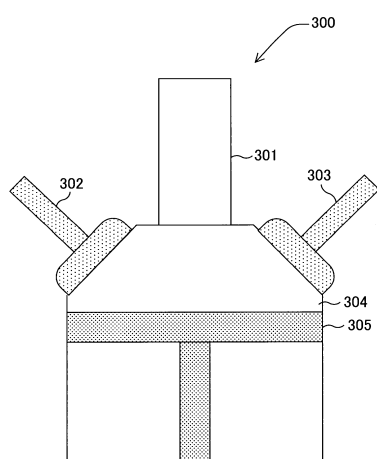
【图 28】



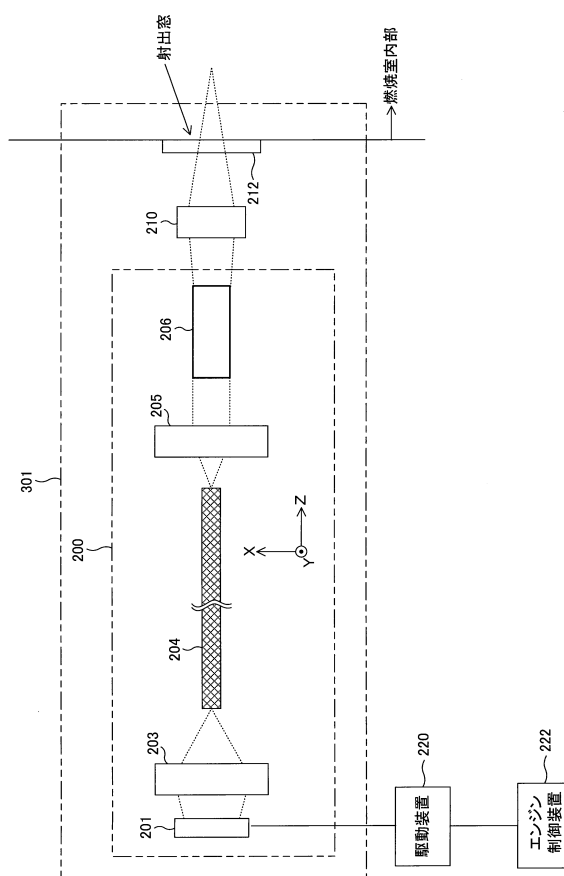
【图 29】



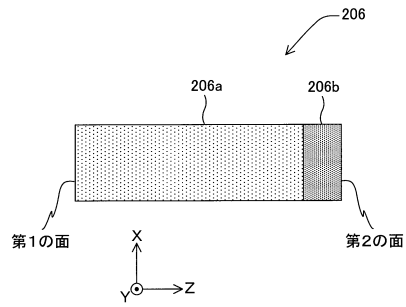
【図 30】



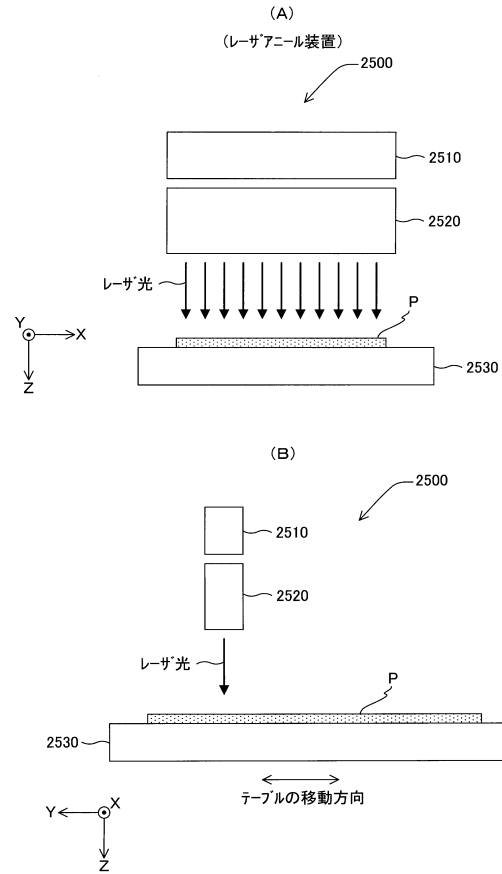
【図 3 1】



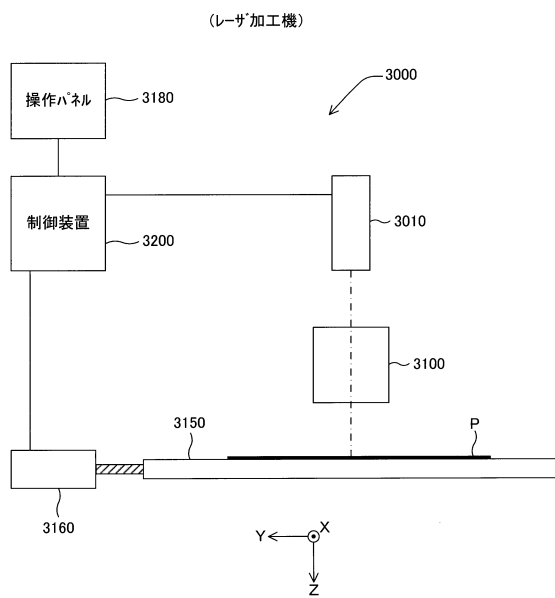
【図 3 2】



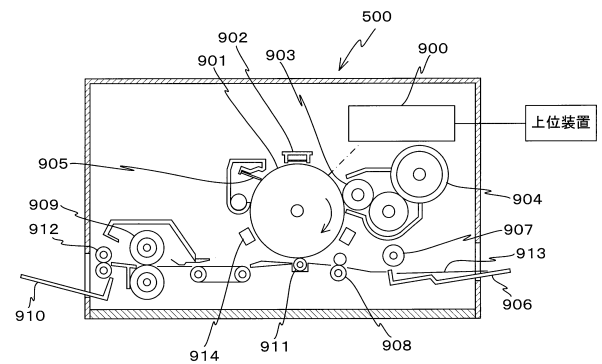
【図 3 3】



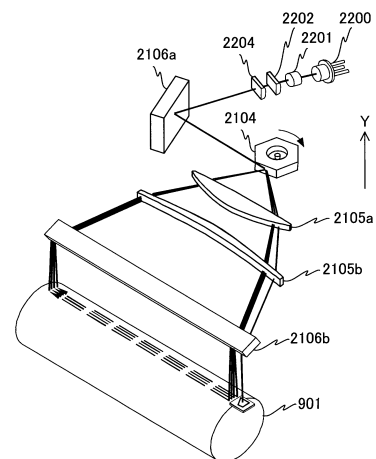
【図 3 4】



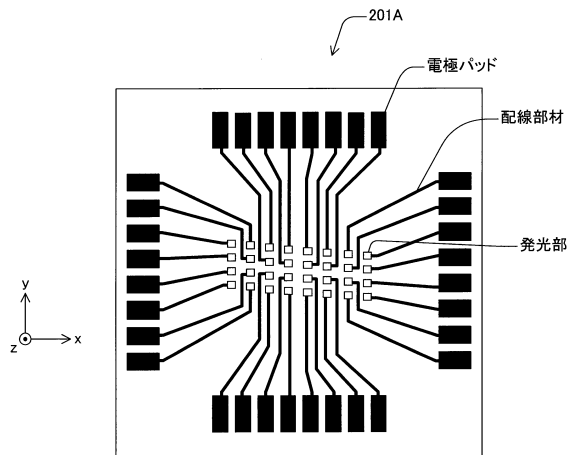
【図 3 5】



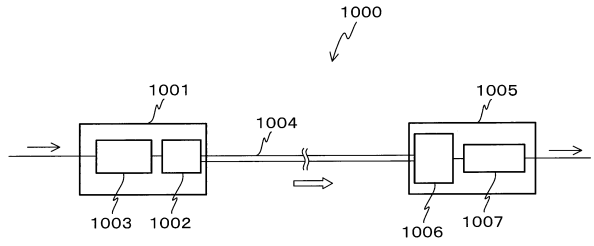
【図 3 6】



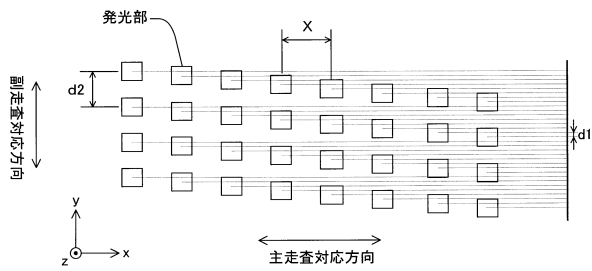
【図 37】



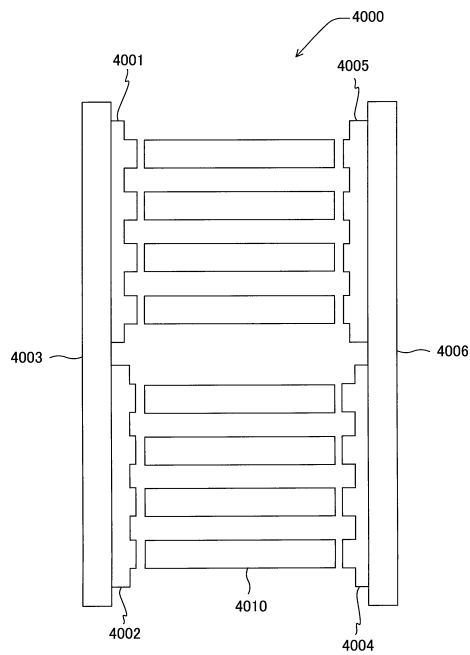
【図 39】



【図 38】



【図 40】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 4 1 J 2/47 (2006.01) B 4 1 J 2/47 1 0 1 D

(72)発明者 大倉 佑介
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開2003-324250 (JP, A)
特開2008-085301 (JP, A)
特開2014-192166 (JP, A)
特開2006-196852 (JP, A)
特開2011-127529 (JP, A)
特開2010-010646 (JP, A)
特開2007-027364 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 S 5/00-5/50