

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-99435  
(P2023-99435A)

(43)公開日 令和5年7月13日(2023.7.13)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 S 5/183(2006.01)	H 0 1 S 5/183	5 F 1 7 3
G 0 1 S 7/481(2006.01)	G 0 1 S 7/481	A 5 J 0 8 4
G 0 1 S 7/484(2006.01)	G 0 1 S 7/484	
G 0 1 S 17/931(2020.01)	G 0 1 S 17/931	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全22頁)

(21)出願番号 特願2022-160460(P2022-160460)	(71)出願人 000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日 令和4年10月4日(2022.10.4)	
(31)優先権主張番号 特願2022-25(P2022-25)	(74)代理人 110002860 弁理士法人秀和特許事務所
(32)優先日 令和4年1月1日(2022.1.1)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)	(72)発明者 須賀 貴子 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社 内
	(72)発明者 内田 武志 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社 内
	(72)発明者 内田 達朗 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社 内
	Fターム(参考) 5F173 AC03 AC13 AC35 AC42 最終頁に続く

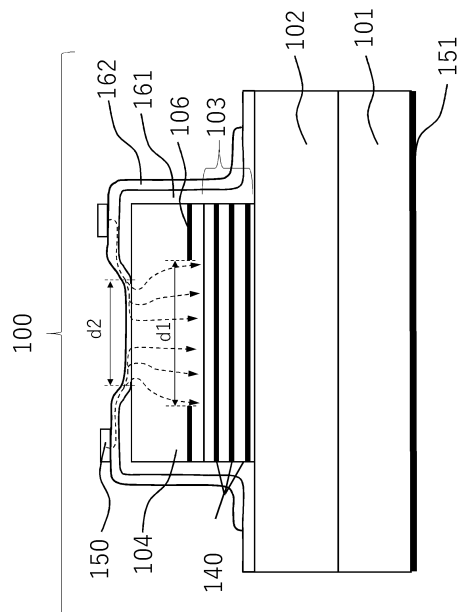
(54)【発明の名称】 半導体発光素子、発光装置、及び測距装置

(57)【要約】

【課題】素子全体の電圧上昇を抑えつつ、高出力で遠視野のビーム制御が容易な半導体発光素子を提供する。

【解決手段】基板、第一の反射鏡、活性層を含む共振器部、第二の反射鏡、および透明導電膜がこの順に積層された構造を有する半導体発光素子であって、酸化狭窄層によって構成される第一の電流狭窄部と、前記第二の反射鏡の上面に形成され開口を有する絶縁膜、および、前記透明導電膜と前記透明導電膜が接する半導体層とのコンタクト部によって構成される第二の電流狭窄部と、をさらに備え、前記第二の電流狭窄部の幅d2は、前記第一の電流狭窄部の幅d1よりも小さい、ことを特徴とする半導体発光素子。

【選択図】図1



10

20

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板、第一の反射鏡、活性層を含む共振器部、第二の反射鏡、および透明導電膜がこの順に積層された構造を有する半導体発光素子であって、

酸化狭窄層によって構成される第一の電流狭窄部と、

前記第二の反射鏡の上面に形成され開口を有する絶縁膜、および、前記透明導電膜と前記透明導電膜が接する半導体層とのコンタクト部によって構成される第二の電流狭窄部と

を含み、

前記第二の電流狭窄部の幅  $d_2$  は、前記第一の電流狭窄部の幅  $d_1$  よりも小さい、  
ことを特徴とする、半導体発光素子。 10

## 【請求項 2】

前記第二の電流狭窄部における前記絶縁膜の前記開口は、平面視において、前記第一の電流狭窄部における前記酸化狭窄層の内側の非酸化部分に含まれる、

請求項 1 に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 3】

前記第一の電流狭窄部の幅  $d_1$  は、

$30 \mu\text{m} < d_1 < 70 \mu\text{m}$

を満たす、請求項 1 に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 4】 20

前記第二の反射鏡の最上部にトンネル接合層が設けられ、

当該トンネル接合層の上に、前記絶縁膜および前記透明導電膜が設けられ、前記透明導電膜は前記トンネル接合層を介して前記第二の反射鏡とコンタクトしている、

請求項 1 に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 5】

前記トンネル接合層は、前記第二の反射鏡の最上部のうち平面視において、少なくとも、前記第一の電流狭窄部における前記酸化狭窄層の内側の非酸化部分を含むように設けられる、

請求項 4 に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 6】 30

前記第一の電流狭窄部の幅  $d_1$  は、

$50 \mu\text{m} < d_1 < 100 \mu\text{m}$

を満たす、請求項 4 に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 7】

前記透明導電膜の上に、透明絶縁膜が設けられている、

請求項 1 に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 8】

前記第二の反射鏡の上に、さらに、誘電体により形成された第三の反射鏡が設けられている、

請求項 1 に記載の半導体発光素子。 40

## 【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子が複数並べて配置されている、ことを特徴とする、発光装置。

## 【請求項 10】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子を含む光源と、

前記光源から発生された光の反射光を検出するセンサと、

前記反射光の検出タイミングに基づいて距離情報を取得する処理部と、

を備える、測距装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】 50

## 【0001】

本発明は、半導体発光素子、発光装置、及び測距装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

ToF（飛行時間、Time of Flight）方式のLiDAR（光検出と測距、Light Detection and Ranging）用光源として、VCSEL（垂直共振器型面発光レーザ、Vertical Cavity Surface Emitting LASER）が注目されている。

## 【0003】

測距精度や測距可能距離向上のため、光源の高出力化が求められる。

10

## 【0004】

VCSELにおいて高出力を実現する方法として、発光径を増大させることが考えられる。しかしながら、単純に発光径だけを増大させると、発光径の中心付近の電流密度が下がり、周縁部の電流密度が上がってしまう。このため、単純に発光径を増大させるだけでは、遠視野のビーム制御や耐久性に課題が生じる。

## 【0005】

特許文献1では、酸化狭窄とは異なる電流狭窄構造を基板表面側に設けた基板裏面出射型VCSELを開示する。この構成により、発光径を増大しつつ、周縁部のみではなく発光径の中心付近の電流密度も上げられる。しかしながら、基板裏面出射型VCSELでは、基板による光の吸収があるため、波長によっては実現ができなかったり、高出力化ができなかったりという課題がある。

20

## 【0006】

特許文献2では、拡散やイオン注入により、酸化狭窄とは異なる電流狭窄構造を、光の出射側であるデバイス表面に設けた基板表面出射型のVCSELを開示する。この構成により、発光径を増大させても、周縁部のみではなく発光径の中心付近の電流密度も上げられる。

## 【0007】

特許文献2では、基板表面の周辺部分にイオン注入することで周囲を高抵抗化して、中央部分のみに電流が流れる電流狭窄構造を形成する手法が開示されている。このようにして電流狭窄構造を形成する場合に生じる課題を、図13を用いて説明する。

30

## 【0008】

図13に示すVCSELは、電極層701、n-GaAs基板702、n-DBR層704、活性領域706、絶縁層（例えば、酸化層）707、p-DBR層708、p-GaAs層710、上部電極714を有する。このようなVCSELにおいて、p-GaAs層710内の周辺部にイオン注入によって高抵抗化領域712を形成し、更にp-GaAs層710内の上部に、第二電極714から電流注入領域720への電流パスを残す。また、電流注入領域720から開口部716への電流パスをp-DBR708に形成する。これらの理由から、p-GaAs層710の厚さは $\mu\text{m}$ オーダーで形成する必要がある。電流注入領域720の基板垂直方向の距離が $\mu\text{m}$ オーダーと厚くなるので、抵抗が上昇し、その結果、半導体発光素子全体の電圧が上昇する。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0009】

【特許文献1】国際公開第2019/107273号

【特許文献2】特開2006-114915号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0010】

本発明は、上記の課題を考慮して、素子全体の電圧上昇を抑えつつ、高出力で遠視野のビーム制御が容易な半導体発光素子を提供することを目的とする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

本発明の一態様は、基板、第一の反射鏡、活性層を含む共振器部、第二の反射鏡、および透明導電膜がこの順に積層された構造を有する半導体発光素子であって、酸化狭窄層によって構成される第一の電流狭窄部と、前記第二の反射鏡の上面に形成され開口を有する絶縁膜、および、前記透明導電膜と前記透明導電膜が接する半導体層とのコンタクト部によって構成される第二の電流狭窄部と、をさらに備え、前記第二の電流狭窄部の幅  $d_2$  は、前記第一の電流狭窄部の幅  $d_1$  よりも小さい、ことを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、素子全体の電圧上昇を抑えつつ、高出力で遠視野のビーム制御が容易な半導体発光素子を提供できる。またこの半導体発光素子を使用することで、測距精度や測距可能距離が向上した測距装置を提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0013】

【図1】本発明の実施の形態を説明する図である。

【図2】本発明の実施の形態について、電流密度の分布、変化の様子を示す図である。

【図3】実施例1を説明する図である。

【図4】実施例2を説明する図である。

【図5】実施例3を説明する図である。

【図6】実施例3に関して、電流密度の分布、変化の様子を示す図である。

【図7】実施例4を説明する図である。

【図8】実施例5を説明する図である。

【図9】実施例6を説明する図である。

【図10】実施例7を説明する図である。

【図11】実施例8を説明する図である。

【図12】実施例9を説明する図である。

【図13】比較例を説明する図である

## 【発明を実施するための形態】

## 【0014】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、以下の実施の形態に対して適宜変更、改良等が加えられたものも本発明の範囲に含まれる。

## 【0015】

図1を用いて、本発明の一形態に係る半導体発光素子100について説明する。半導体発光素子100は、基板101、第一のDBR(Distributed Bragg Reflector、ブラッグ分布反射器)102、半導体共振器部103、第二のDBR104を含む。第一のDBR102および第二のDBR104がそれぞれ、本発明の第一の反射鏡および第二の反射鏡に相当する。

## 【0016】

共振器部103の中には、複数の量子井戸層140が配置されている。また、第二のDBR104の一部に、Al組成が他の層よりも高いAlGaAs層が含まれている。これを水蒸気酸化することにより周囲に絶縁性を持たせた酸化狭窄層106が形成されている。酸化狭窄層106が第一の電流狭窄部に相当する。なお、図1では、絶縁性部分のみに引き出し線を記載して、符号106を付与しているが、中央部分の酸化されていない半導体層の部分も酸化狭窄層106に相当する。

## 【0017】

ここで、第二のDBR104は半導体により形成されている。本発明の別の形態として、第二のDBRの上に更に第二のDBRとは異なる第三のDBRを有する構成も可能であ

10

20

30

40

50

るが、その詳細については、後述する実施例 5 中に記載する。

【0018】

共振器部 103 および第二の DBR 104 は筒状のメサ状に加工されており、その上から絶縁膜 161 で覆われている。絶縁膜 161 の上には透明導電層 162 が形成されている。

【0019】

上部電極 150 は、透明導電層 162 の一部に電氣的に接触している。下部電極 151 は、基板 101 裏面とオーミックコンタクトしている。

【0020】

図 1 に示すように、メサ状に加工された第二の DBR 104 の上面には、中央部分が部分的に除去された絶縁膜 161 が形成されている。以下、絶縁膜 161 が除去された部分を絶縁開口と称する。絶縁開口において透明導電層 162 が第二の DBR 104 の上面と接している。この絶縁開口によって透明導電層 162 と第二の DBR 104 上面とで構成されるコンタクト部が規定されている。絶縁開口の形状は、円形、楕円形、多角形、またはそれに近い形であっても良い。絶縁開口の形状としては、鋭角な部分があると、その部位に電流が集中しやすくなるため、電流プロファイルや耐久性の観点からは好ましくなく、円形に近い形が好ましい。上部電極 150 から供給されるキャリアは、絶縁開口におけるコンタクト部を通じてのみ第二の DBR 104 に流入する。すなわち、絶縁開口部を有する絶縁膜 161 および第二の DBR 104 と透明導電層 162 のコンタクト部により、第二の電流狭窄部が形成される。第二の電流狭窄部の大きさは、例えば円形の場合は、その直径が  $d_2$  である。

【0021】

ここで、図 1 に示すように、絶縁膜 161 の断面形状が、中央部分ほど薄くなるテーパを有している形状の場合は、第二の狭窄構造の大きさは、その先端部分の間の距離  $d_2$  として定義できる。つまり、 $d_2$  が、第二の狭窄構造により、電流が狭窄される実質の大きさとなる。

【0022】

図 1 では、メサ形状は、第二の DBR 104 から共振器部 103 まで形成されているが、メサ形状は酸化狭窄層 106 よりも下まで形成されていれば良い。そのため、メサ形状は、例えば共振器部 103 の途中までとしても良く、また、第一の DBR 102 の途中までとしても良い。

【0023】

本実施の形態は、発光素子が筒状のメサ状に加工されている構造について説明しているが、本発明はこれに限定されない。例えば筒状のように周囲を一様に加工するのではなく、同様の深さまで一部をエッチングにより除去し、そこから水蒸気酸化することにより、周囲に絶縁性を持たせた酸化狭窄層 106 を形成しても良い。

【0024】

また、図 1 では透明導電層 162 を 1 層としているが、必要に応じてその上に 1 層または複数層の透明絶縁膜 ( $SiO_x$ 、 $SiN_x$ 、 $TiO_x$  等) を積層しても良い。その場合は、上部電極 150 下の一部の絶縁膜は除去し、上部電極 150 と透明導電層 162 が電氣的に接続するように構成する。

【0025】

第一の DBR 102 は光学膜厚が  $c/4$  の高屈折率層と低屈折率層を 1 ペアとして、そのペアを複数積層して構成されている。 $c$  とは、第一の DBR 102 の高反射帯域の中心波長である。

【0026】

量子井戸層 140 は井戸層を障壁層で挟んだ構成であり、共振器部 103 の活性層である。

【0027】

第二の DBR 104 は、基本的には、光学膜厚が  $c/4$  の高屈折率層と低屈折率層を

1ペアとして、そのペアを複数積層して構成されている。ただし、最上層の高屈折率層の一部は、キャリア濃度が他よりも高いコンタクト層に置き換わっており、透明導電層162との電気的なコンタクト性を改善している。また、第二のDBR104のうち、量子井戸層（活性層）140に最も近い高屈折率層の一部が、他よりもAl組成の高いAlGaAs層に置き換わっている。このAlGaAs層は、VCSEL100のメサ形成後に、メサ側壁より水蒸気酸化によりメサ側壁から所定の長さを酸化することで、周囲に絶縁性を持たせた酸化狭窄層106が形成されている。

【0028】

絶縁膜161が除去された絶縁開口部分、つまり第二の電流狭窄の幅 $d_2$ は、第一の電流狭窄である酸化狭窄層106の内側の半導体部分（つまり、電流が流れることが可能な部分、以下、非酸化部分と呼ぶ）の幅 $d_1$ より小さい。すなわち、 $d_1$ と $d_2$ は下記式（1）を満たす大きさとなっている。

$$d_2 < d_1 \quad (1)$$

【0029】

以下、非酸化部分（酸化狭窄層106の内側の半導体部分）と、第二の電流狭窄の形状が円形の場合について記載するが、これらの形状は円形に限定されるものではなく、楕円形、多角形、それらに近い形であっても良い。その場合は、ある断面で切った場合の各幅 $d_1$ 、 $d_2$ が、式（1）を満たす大きさとなっている。

【0030】

上記の構成による効果について、図2（A）の計算結果を元に説明する。なお、この計算モデルとなる素子構成は、後述する実施例1の構成に基づく。

【0031】

図2（A）に酸化狭窄径 $d_1$ が $30\mu\text{m}$ での、絶縁開口部の直径 $d_2$ が $5\mu\text{m}$ から $29\mu\text{m}$ まで変わった際の量子井戸層140に流れ込む電流密度の分布を示す。図2（A）の横軸は、メサ中心（つまり非酸化部分の中心でもある）を位置0とした時の半径方向位置である。

【0032】

また、中央部分の電流密度を $J_c$ 、周縁部（ $d_1$ の周縁から中央部分に $10\mu\text{m}$ までの部分）の電流密度の極小値を $J_e$ としたときの変化の様子を図2（B）に実線で示す。

【0033】

量子井戸層に流れ込む電流密度分布を、周縁部に比べて中央部が高くなるようにすることにより、遠視野像を制御することが出来る。つまり、

$$J_c > J_e \quad (2)$$

となることが好ましい。

【0034】

更に、

$$J_c > 2 \times J_e \quad (3)$$

となることがより好ましい。

【0035】

図2（A）（B）より、絶縁開口部分の直径 $d_2$ が $25\mu\text{m}$ より小さい範囲、つまり式2を満たす範囲であれば、中央に凸型の電流密度分布を作ることが出来ることが分かる。また、 $d_2$ が $15\mu\text{m}$ 程度よりも小さい範囲、つまり式3を満たす範囲では、電流密度プロファイルがより中央部分で凸になることがわかる。

【0036】

また、酸化狭窄径の周縁部に集中していた電流密度を中央部に広げることで、周縁部から広がる非発光再結合部の発生等が抑制されるため、素子の耐久性が向上する。ここで非酸化部分における電流密度において、最高値を $J_{max}$ 、最小値を $J_{min}$ としたときの $J_{max}/J_{min}$ の変化の様子を図2（B）に点線で示す。なお、 $d_2$ が $20\mu\text{m}$ より小さい範囲では、 $J_{max}/J_{min}$ （点線）は $J_c/J_e$ （実線）とほぼ一致している。

。

10

20

30

40

50

## 【0037】

耐久性の面からは、

$$J_{max} < 3.3 \times J_{min} \quad (4)$$

となることが好ましい。耐久性は、一般的に電流密度の二乗に反比例すると言われるため、式4の条件を満たすことで、非酸化部分における局所耐久性の面内ばらつきを一桁以内に収めることができる。

## 【0038】

ここで、耐久性よりも遠視野プロファイルを重視する場合は、

$$J_{max} < 10 \times J_{min} \quad (5)$$

であってもよい。式(5)の条件を満たすことで、非酸化部分における局所耐久性のばらつきを二桁以内に収めることができる。 10

## 【0039】

好適なデバイス構成、非酸化狭窄径  $d_1$ 、絶縁開口部の直径  $d_2$  の3つの要素は、お互いに影響を及ぼし、用途あるいは要求に応じて決定される。一例として、図1に示すデバイス構成が、後述する実施例1のように、非酸化狭窄径  $d_1$  が  $30 \mu\text{m}$  の場合には、絶縁開口部の直径  $d_2$  は、耐久性を重視した場合は  $12 \sim 18 \mu\text{m}$  が好適な値となる。また、耐久性よりも遠視野プロファイルを重視する用途に対しては、 $d_2$  の値は  $12 \mu\text{m}$  以下であっても良い。

## 【0040】

デバイス構成が変わると、適する  $d_1$ 、 $d_2$  の範囲はそれに伴い変化するため、用途に応じて好適範囲を選択する。 20

## 【0041】

第二の電流狭窄構造を形成するために、本発明では、第二のDBR104上に透明導電層162を設けている。透明導電層162は、従来技術(図13)で用いているp-GaAs層よりも薄くすることができるので、第二狭窄構造の抵抗を小さくすることができる。このため、VCSEL100全体に対して、第二の電流狭窄構造部における電圧上昇は、イオン注入による形成法と比較すると一桁程度小さくすることができる。この素子を光源として用いることで、測距精度や測距可能距離の向上のみならず、小型化、軽量化を実現する測距装置を提供することが可能となる。

## 【0042】

以下、本発明の実施例について、発光素子の具体的な層構成等を示しながら、より詳細に説明する。 30

## 【0043】

(実施例1)

図3を用いて、本実施例に係るVCSEL300の説明を行う。図3は実施例1のVCSEL300の断面図である。VCSEL300は、GaAs基板301、第一のDBR302、半導体共振器部303、第二のDBR304がこの順で積層されて構成されている。なお、図3においてこれらの部材は直接接しているが、間に他の部材が設けられていてもよい。また、上記の記載は、構造を表す説明であり、各部材の製造の順序を限定するものではない。 40

## 【0044】

共振器部303の中には3つの量子井戸層340が配置されている。第二のDBR304の一部に、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$ を水蒸気酸化により酸化することにより周囲に絶縁性を持たせた酸化狭窄層306が形成されている。

## 【0045】

共振器部303および第二のDBR304は筒状のメサ状に加工されており、その上から絶縁膜361で覆われている。さらに、絶縁膜361の上にITO(Indium Tin Oxide)層362が形成されている。

## 【0046】

図3に示すように、メサ状に加工された第二のDBR304の上面には、中央部が部分 50

的に除去された絶縁膜 361 が設けられ、当該除去された部分において ITO 層 362 が第二の DBR 304 の上面と接している。絶縁膜 361 が除去された部分のことを、本開示では絶縁開口と称する。ITO 層 362 は、絶縁開口部分において第二の DBR 304 の上面と接しているといえる。絶縁開口の形状は本実施例では円形である。また、ITO 層 362 の一部には上部リング電極 350 が電氣的に接触している。下部共通電極 351 は GaAs 基板 301 裏面とオーミックコンタクトしている。

【0047】

第一の DBR 302 は、光学膜厚が  $c/4$  の  $Al_{0.1}GaAs$  層と  $Al_{0.9}GaAs$  層を 1 ペアとして、それが 35 ペア積層されて構成されている。 $c$  とは、第一の DBR 302 の高反射帯域の中心波長であり、本実施例では 940 nm である。

10

【0048】

量子井戸層 340 は厚さ 8 nm の  $In_{0.1}GaAs$  層を 10 nm の  $Al_{0.1}GaAs$  障壁層で挟んだ構成となっている。本実施例では、共振器部 303 に 3 つの量子井戸層を配置している。

【0049】

第二の DBR 304 は、光学膜厚が  $c/4$  の  $Al_{0.1}GaAs$  層と  $Al_{0.9}GaAs$  層を 1 ペアとして、それが 20 ペア積層されて構成されている。そして、最上層の  $Al_{0.1}$

$GaAs$  層の一部は、厚さ 50 nm、キャリア濃度  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の  $GaAs$  コンタクト層に置き換わっており、透明導電層 (ITO 層) 362 との電氣的なコンタクト性を改善している。第二の DBR 304 内の量子井戸層 340 に最も近い  $Al_{0.1}GaAs$  層の一部は、厚さ 30 nm の  $Al_{0.9}GaAs$  層に置き換わっている。この  $Al_{0.9}GaAs$  層には、VCSEL 300 のメサ形成後に、メサ側壁より水蒸気酸化によりメサ端から所定の長さを酸化することで周囲に絶縁性を持たせた酸化狭窄層 306 が形成されている。

20

【0050】

ITO 層 362 の光学膜厚は  $c/2$  とする。

【0051】

絶縁膜 361 が除去された絶縁開口部分の直径  $d_2$  は 10  $\mu\text{m}$  であり、酸化狭窄層 306 の内側の半導体部分 (つまり、電流が流れることが可能な部分、非酸化部分) の直径  $d_1$  は 30  $\mu\text{m}$  となっている。上記非酸化部分が共振器部 103 において電流が流れることができる部分であるため、非酸化部分の径が VCSEL の発光径となる。これは本実施例及び実施例 2 以下においても同じである。

30

【0052】

本実施例では、図 2 (A)、図 2 (B) で示したように、量子井戸層 340 に流れ込む電流密度分布の形状を中央に凸の形状を形成し、遠視野像を制御することが出来る。本実施例の構成では、 $J_c/J_e$ 、 $J_{max}/J_{min}$  の値は 4.2 である。本実施例は短時間での使用を想定しているため、 $J_{max}/J_{min}$  の値として、3.3 より大きい値を選択した。一方、寿命特性を重要視する場合は、 $d_2$  を例えば 15  $\mu\text{m}$  とすることができる。この場合には、 $J_c/J_e$ 、 $J_{max}/J_{min}$  の値は 2.4 となる。

40

【0053】

更に、第二の狭窄構造は、300 nm 厚程度の薄い透明導電層 362 を第二の DBR 304 上に設けることで形成される。このため、VCSEL 300 全体に対して、第二の狭窄構造における電圧上昇は、イオン注入による形成法と比較すると一桁程度小さくすることができる。そのため、本実施例の発光素子を光源として用いることで、測距精度や測距可能距離の向上のみならず、小型化、軽量化を実現する測距装置を提供することが可能となる。

【0054】

(実施例 2)

図 4 を用いて、実施例 2 に係る VCSEL 400 を説明する。本実施例では、絶縁開口

50



を設けることなく、実施例 1 と同様のコンタクト領域の制限による第二の DBR 上面での電流狭窄機能を実現する。

【0055】

図 4 は、実施例 2 の VCSEL 400 の断面図である。図 4 においては、下部共通電極 351 から第二の DBR 304 までは実施例 1 と同様の構成であるので同じ部番を付しており、説明は省略する。

【0056】

第二の DBR 304 の上には、トンネル接合層 442 が配置されている。トンネル接合層 442 は図 4 に示すように第二の DBR 304 の最表面のうち、メサ中心を含む直径  $d_4$  の部分のみに存在している。直径  $d_4$  は酸化狭窄層 106 の非酸化部分の直径  $d_1$  よりも小さい。そして、トンネル接合層 442 の上面、及び第二の DBR 304 の上面のうち、トンネル接合層 442 が配置されていない部分には、ITO 層 462 が設けられる。ITO 層 462 の光学厚さは、 $c/2$  の整数倍であれば良いが、ITO 層でも多少なりとも光が吸収されるため、基板横方向の導電性に問題がなければ、 $c/2$  であることが好ましい。ITO 層 462 上には上部リング電極 450 が配置されている。

【0057】

トンネル接合層 442 は、基板側から、キャリア濃度  $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  にドーパされた p 型 GaAs 層 440 と、その上にキャリア濃度  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  にドーパされた n 型 GaAs 層 441 の少なくとも二つの層で構成されている。この二つの層を合わせた光学膜厚は、 $c/2$  の整数倍となるよう設定される。例えば、n 型 GaAs 層 441 の実厚さを、190 nm とする。

【0058】

ハイドーパされた p 型 GaAs 層での吸収が問題となる場合は、p 型 GaAs 層 440 を複数の層で構成しても良い。例えば、基板側の層はキャリア密度  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  にドーパし、その上の層 (n 型 GaAs 層 441 と接する層) を、キャリア密度  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  の薄い (例えば厚さ 20 nm) 層とする、2 層構成としても良い。

【0059】

また、トンネル接合層 442 のパターニングにおいて、エッチングストップ層が必要な場合は、第二の DBR 304 と、トンネル接合層 442 との間に、エッチングストップ層を挟んだ構成としても良い。エッチングストップ層の光学膜厚は、 $c/2$  の整数倍となるよう設定する。

【0060】

このように、トンネル接合層はキャリア濃度が  $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  を超える p 型層と n 型層が接合されているため、いわゆるトンネルダイオードとなっており、トンネル効果により pn 界面に生じる薄い空乏層を介して逆方向にも電流が流れる。そのため、上部リング電極 450 と下部電極 151 との間に、上部リング電極 450 が正となるように電圧を印加すると、上部リング電極 450 から ITO 層 462、トンネル接合層 442 を通して第二の DBR 304 へと電流が流れる。第二の DBR 304 へと流れ込んだ電流は、実施例 1 の図 3 の構成と同様に、第二の DBR 304 内で電流が拡散し、活性層に注入される電流密度分布は、中央が高い凸状の電流密度分布となる。

【0061】

このように本実施例の構成によっても、実施例 1 と同様に遠視野像を制御することが出来る。また、酸化狭窄径の周縁部に集中していた電流密度を中央部に広げることで、周縁部から広がる非発光再結合部の発生等が抑制されるため、素子の耐久性が向上する。

【0062】

更に、第二の狭窄構造は、薄い透明導電膜 462 とトンネル接合層 442 を第二の DBR 304 上に設けることで形成される。トンネル接合層は、p 型層も n 型層もキャリア濃度が  $10^{19}$  オーダーのハイドーパ層となっており低抵抗である。このため、VCSEL 400 全体に対して、第二の狭窄構造における電圧上昇は、イオン注入による形成法と比較すると一桁程度小さくすることができる。そのため、本実施例の発光素子を光源として

10

20

30

40

50

用いることで、測距精度や測距可能距離の向上のみならず、小型化、軽量化を実現する測距装置を提供することが可能となる。

【0063】

(実施例3)

図5を用いて、実施例3のVCSEL500を説明する。絶縁開口を設ける点で実施例1と共通し、トンネル接合層を設ける点で実施例2と共通する。以下、実施例1, 2との相違を主に説明する。

【0064】

図5は、実施例3のVCSEL500の断面図である。VCSEL500は、GaAs基板301、第一のDBR302、半導体共振器部303、第二のDBR504、トンネル接合層542がこの順で積層されて構成されている。 10

【0065】

共振器部303、第二のDBR504、およびトンネル接合層542は筒状のメサ状に加工されており、その上から絶縁層561で覆われている。絶縁層561の上にITO層562が形成されている。

【0066】

図5に示すように、メサ状に加工された第二のDBR504の上面には、中央部が部分的に除去された絶縁層561が設けられ、この絶縁開口においてITO層562がトンネル接合層542の上面と接している。絶縁開口の形状は本実施例では円形である。また、ITO562の一部には上部リング電極550が電氣的に接触している。下部共通電極551はGaAs基板501裏面とオーミックコンタクトしている。 20

【0067】

トンネル接合層542は、キャリア濃度 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ にドーピングされたp型GaAs層540と、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ にドーピングされたn型GaAs層541で構成されている。このように、トンネル接合層はキャリア濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ を超えるp型層とn型層が接合されているため、いわゆるトンネルダイオードとなっている。したがって、実施例2のトンネル接合層442と同様に、トンネル効果によりpn界面に生じる薄い空乏層を介して逆方向にも電流が流れるようになっている。

【0068】

本実施例は、メサ上部の絶縁膜の一部に開口が存在している構成は実施例1と同じであるが、本実施例ではトンネル接合層542が存在しているため、好ましい絶縁開口の直径d6および非酸化部の直径d5が実施例1とは異なる。この効果について以下で説明する。 30

【0069】

本実施例において、絶縁層561が除去された絶縁開口部分の直径d6は、 $20 \mu\text{m}$ であり、酸化狭窄層506の内側の非酸化部分の直径d5は $70 \mu\text{m}$ となっている。

【0070】

これによる効果について、図6(A)の計算結果を元に説明する。図6(A)では、横軸に非酸化部における半径方向の位置を、縦軸に電流密度を、図中の数値に絶縁開口部分の直径d6の値を示している。図6(A)は、d5を $70 \mu\text{m}$ に固定して、d5を $10 \mu\text{m}$ から $69 \mu\text{m}$ の範囲で変化させたときの電流密度の分布を示す。図6(A)より、d6が $30 \mu\text{m}$ までであれば、電流密度分布は中央が凸の形状を維持している。そして、酸化部と非酸化部の境界、つまり図6(A)の横軸 $35 \mu\text{m}$ の位置まで電流を注入できていることが分かる。 40

【0071】

図6(B)に、d5を $70 \mu\text{m}$ に固定してd6を変化させた場合の $J_c / J_e$ の比を実線で示す。図6(B)より、d6が $35 \mu\text{m}$ 程度より小さい場合に、式3を満たすことがわかる。

【0072】

また、比較として、実施例1の場合を点線で示す。ここで示す実施例1の場合とは、実 50

施例 1 の構造において、 $d_1$  が  $70 \mu\text{m}$  の場合である。 $J_{\text{max}} / J_{\text{min}}$  については、 $d_6$  または  $d_2$  が  $30 \mu\text{m}$  以上で  $J_c / J_e$  とほぼ一致するため、記載を省略する。

【0073】

同様に計算を行うことで、 $d_1$  または  $d_5$  が任意の値をとるときに、式 3 と式 5 を同時に満たす  $d_2$  または  $d_6$  の値を求めることができる。表 1 に、 $d_1$  または  $d_5$  が  $30$ 、 $50$ 、 $70$ 、 $100 \mu\text{m}$  の時に、式 3 と式 5 を同時に満たす  $d_2$  または  $d_6$  の値を記載する。

【表 1】

第一狭窄部の径 $d_1$ または $d_5$ ( $\mu\text{m}$ )	実施例 1 第二狭窄部の径 $d_2$ ( $\mu\text{m}$ )	実施例 3 第二狭窄部の径 $d_6$ ( $\mu\text{m}$ )
30	13~17	なし
50	30~36	10~19
70	40~52	25~35
100	- (未計算)	50~59

10

【0074】

表 1 より、実施例 1 の場合は、 $d_1$  が  $30 \sim 70 \mu\text{m}$  の間において、好ましい  $d_2$  の範囲の最小が  $4 \mu\text{m}$  であり、また、 $d_1$  が  $50 \mu\text{m}$  の時に許容される  $d_2$  の範囲が最大 ( $6 \mu\text{m}$ ) となる。一方、本実施例では、 $d_5$  が少なくとも  $50 \sim 100 \mu\text{m}$  の間において、好ましい  $d_6$  の範囲が少なくとも  $9 \mu\text{m}$  以上あることがわかる。

20

【0075】

このように、本実施例では、メサ最上部にトンネル接合層 542 を設けており、特にトンネル接合層 542 内の  $n$  型  $\text{GaAs}$  層 541 により、キャリアが基板と平行な方向に広がる。したがって、実施例 1 と比較して、発光面積をより大きくしても、望ましい電流密度分布を実現することができる。

【0076】

本実施例によれば、実施例 1 と比較して、非酸化部の直径を大きく設定することが可能となるため、より高出力となる発光素子を実現できる。

30

【0077】

なお、本実施例では、トンネル接合層 542 は、第二の DBR 504 の上側に位置するよう記載したが、第二の DBR 504 の最上層である高屈折率層の代わりに、トンネル接合層を配置しても良い。その場合は、トンネル接合層の光学膜厚が  $c/4$  の奇数倍となるよう、膜厚を設定する。本実施例の場合は、 $n$  型  $\text{GaAs}$  層 541 にて横方向のキャリアが拡散するため、この膜厚をある程度以上厚く設定する必要がある。例えば、 $190 \text{nm}$  とし、トンネル接合層の光学膜厚を、 $3c/4$  とすることができる。

【0078】

また、本実施例では、トンネル接合層 542 を、第二の DBR 304 の上面全体に設けているが、少なくともメサ構造の周辺部にはトンネル接合層 542 を設けなくてもよい。例えば、トンネル接合層 542 は、メサ中心を含み直径が  $d_5$  より大きくして、平面視において酸化狭窄層 306 の非酸化部分の全体を含むような形成してもよい。

40

【0079】

(実施例 4)

図 7 を用いて、実施例 4 の VCSEL 700 を説明する。本実施例では、ITO 層の膜厚を薄くすることで、ITO 層での光の吸収を低減する。

【0080】

本実施例での説明は上述の実施例 1 をベースに記載する。実施例 1 と同様の構成には同じ符号を付し説明は省く。また図 7 では、第一の DBR 302 以上の構成のみ記載する。

【0081】

50

実施例 1 において、ITO 層の吸収が多く、VCSEL の発振や出力に影響がある場合は、本実施例のように、ITO 層の膜厚を  $c/2$  よりも薄くし、その上に透明絶縁体単層、または複数の層を設置することが可能である。

【0082】

本実施例で説明する VCSEL 700 は、メサ状に加工された第二の DBR 304 の上面には、中央部が部分的に除去された絶縁膜 361 が設けられ、この絶縁開口において ITO 層 762 が第二の DBR 304 の上面と接している。ここで、ITO 層 762 の膜厚を  $100\text{ nm}$  とする。その上に透明絶縁膜層 763 (例えば  $\text{SiO}_x$ ) を、ITO 層 762 と透明絶縁膜層 763 の 2 層を足した光学膜厚が、 $c/2$  の整数倍となるよう形成する。ITO 層 762 の一部には、透明絶縁膜層 763 を一部除去した部分において、上部リング電極 750 が電氣的に接続している。

10

【0083】

ここで、ITO 層 762 の光学膜厚が  $c/2$  からずれたことにより、絶縁開口部における反射率が低下することが問題となる場合には、透明絶縁膜層 763 の上に更に複数の透明絶縁膜層を形成しても良い。ITO 層 762 と接する透明絶縁膜の厚さを、ITO 層 762 と合わせて  $c/2$  としたあと、屈折率の異なる 2 種類の層を、その光学膜厚が  $c/4$  となるように交互積層することにより、絶縁開口部における反射率を向上させることが可能となる。

【0084】

透明絶縁膜層 763 の上に、さらに透明絶縁膜を形成する場合は、これらの透明絶縁層にも透明絶縁膜層 763 と同様の開口を形成して、上部リング電極 750 と ITO 層 762 が電氣的に接続するようにする。

20

【0085】

本実施例によれば、実施例 1 の効果に加えて、ITO による吸収を低減できるため、更に発光効率を向上させることができる。また、反射率低減により発振しなくなるリスクを低減することが可能となる。

【0086】

なお、本実施例は実施例 1 をベースに記載したが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の実施例や実施の形態の構成にも適用可能である。

【0087】

本実施例では、ITO 層 762 の厚さを  $100\text{ nm}$  としたが、ITO 層の厚さは、その電気伝導率により上部リング電極からトンネル接合部までの抵抗値上昇が問題とならない程度まで薄くすることが可能である。一方、絶縁開口部の段差による断線の可能性を考慮すると、 $10\text{ nm}$  以上とすることが好ましい。

30

【0088】

(実施例 5)

図 8 を用いて、実施例 5 の VCSEL 800 を説明する。VCSEL 800 は実施例 1 と比較し、ITO 層 362 上に、更に第三の DBR 801 を有している。第三の DBR は、 $\text{SiO}_x$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{TiO}_x$  等の誘電体の多層膜により構成されうる。

【0089】

第一の実施例では、 $d_2$  の大きさを  $10\text{ }\mu\text{ m}$  または  $15\text{ }\mu\text{ m}$  とした。  $15\text{ }\mu\text{ m}$  は、耐久性を重視した場合の設計である。ここで、プロセスの制約等により、 $d_2$  の大きさを  $15\text{ }\mu\text{ m}$  以下にできないことも想定される。このような場合に、 $J_c/J_e$ 、 $J_{\text{max}}/J_{\text{min}}$  の値を大きくするために、本実施例では、第二の DBR 804 の厚さを、第一の実施例で設定した厚さよりも薄くし、それにより減った反射率を、第三の DBR を設けることで補償する。

40

【0090】

具体的には、第二の DBR 804 の厚さを、実施例 1 と比較して  $3/5$  とすると、 $d_2$  が  $15\text{ }\mu\text{ m}$  であっても、 $J_c/J_e$ 、 $J_{\text{max}}/J_{\text{min}}$  の値として、 $4.4$  が得られる。

50

## 【0091】

なお、第三のDBR801の紙面横方向の大きさとしては、活性層よりも上の共振器として、光学的に十分大きい必要がある。図8では、第三のDBR801の大きさを、上部リング電極350の内径よりも小さくd1よりも大きくしているが、これに限定されるものではない。第三のDBR801の大きさは、上部リング電極350内径と同程度かそれ以上であっても、上部リング電極350に電流供給できるような構成であれば良い。

## 【0092】

本実施例では、第二のDBR804の厚さを、実施例1よりも薄く設定したが、望ましい電流密度分布を得るために、第二のDBR804の厚さを実施例1よりも厚くしてもよい。その場合は、例えば、第二のDBRのうち1層或いは複数の層を $3/4c$ とすることができる。

10

## 【0093】

(実施例6)

図9を用いて、本発明の実施例6のVCSEL900を説明する。VCSEL900は実施例1と比較し、 $c$ を850nmとする点が異なる。そのため、第一のDBR502、第二のDBR504において、各層の光学膜厚を、 $c/4 (= 212.5 \text{ nm})$ となるよう変更する。また、量子井戸層540、共振部503の組成や光学膜厚も適宜調整する。

## 【0094】

具体的には、量子井戸層540は、厚さ8nmのGaAs層を、8nmの $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 障壁層で挟んだ構成とする。本実施例では、共振部503に3つの量子井戸層を配置している。

20

## 【0095】

このようにすることで、基板での吸収率が高く、裏面出射では高出力化が難しい850nm帯の波長に対しても、基板による吸収の影響を抑え、高出力な半導体発光素子を提供できる。

## 【0096】

本実施例は、実施例1に対して発振波長を変更した構成としたが、本発明が提供する例としては、実施例2～5記載のどの例に対しても同様に適応可能である。

## 【0097】

(実施例7)

図10を用いて、本実施例に係るVCSEL3300の説明を行う。図10は実施例7のVCSEL3300の断面図である。本実施例は、実施例1のVCSEL300とは異なり、第二のDBR304とITO層362の間に厚膜コンタクト層3400が設けられている。本実施例において厚膜コンタクト層3400は、光学膜厚 $c/2$ のp型GaAs層である。

30

## 【0098】

VCSEL3300は、GaAs基板301、第一のDBR302、半導体共振器部303、第二のDBR304、厚膜コンタクト層3400がこの順で積層されて構成されている。なお、図10においてこれらの部材は直接接しているが、間に他の部材が設けられていてもよい。また、上記の記載は、構造を表す説明であり、各部材の製造の順序を限定するものではない。

40

## 【0099】

共振器部303の中には3つの量子井戸層340が配置されている。第二のDBR304の一部に、 $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{As}$ を水蒸気酸化により酸化することにより周囲に絶縁性を持たせた酸化狭窄層306が形成されている。

## 【0100】

共振器部303および第二のDBR304、厚膜コンタクト層3400は筒状のメサ状に加工されており、その上から絶縁膜361で覆われている。さらに、絶縁膜361の上にITO (Indium Tin Oxide) 層362が形成されている。

50

## 【0101】

図10に示すように、メサ状に加工された厚膜コンタクト層3400の上面には、中央部が部分的に除去された絶縁膜361が設けられ、当該除去された部分においてITO層362が厚膜コンタクト層3400の上面と接している。絶縁膜361が除去された部分を、本明細書では絶縁開口と称する。ITO層362は、絶縁開口部分において厚膜コンタクト層3400の上面と接している。すなわち、ITO層362と、ITO層362とが接する半導体層によって、コンタクト部が構成されている。絶縁開口の形状は本実施例では円形である。また、ITO層362の一部には上部リング電極350が電氣的に接触している。下部共通電極351はGaAs基板301の裏面とオーミックコンタクトしている。

10

## 【0102】

ところで、DBRを構成する層は  $c/4$  の奇数倍の光学膜厚を有することが好ましく、光学膜厚が  $c/2$  に近づくと、反射層として機能しなくなる。本実施例の厚膜コンタクト層3400はその光学膜厚が  $c/2$  となっているため、DBRの層とはなっていない。このように、本実施例のVCSEL3300は第一実施例VCSEL300とは異なり、VCSELを構成するDBRとして機能する部分とITO層が直接接していない。しかし、本実施例でも実施例1と同様に、量子井戸層に流れ込む電流分布を好適な形状に制御することが出来る。それは、本発明で量子井戸層に流れ込む電流分布を好適な形状に制御しているのは、2つの電流狭窄層とその間にある半導体層であるためである。本実施例では酸化狭窄層306と絶縁膜361に構成されている絶縁開口で規定される電流狭窄構造が2つの電流狭窄層であり、その間にある半導体層での電流の広がりを利用している。そのため、ITO層がDBRとして機能している層と直接接しているか否かを問わず、発明の効果を奏する。

20

## 【0103】

ITOは一般にn型半導体であり、本実施例のITO層362もn型半導体である。そのため、p型半導体層である厚膜コンタクト層3400との界面はp-n接合となっており、空乏層が生じることになる。このため、p型の半導体層側の膜厚のうち、正孔が存在する幅は、空乏層の幅だけ狭くなる。さらに、ITO層362との界面に存在する欠陥準位に起因して、界面付近では正孔の減少が生じる。

## 【0104】

したがって、ITO層を用いたコンタクトの場合には、ITO層のキャリア濃度の条件などによっては、通常のp型のコンタクト電極を用いたコンタクトと比較して厚い膜厚を有するコンタクト層が必要となることもある。そのような場合に、本実施例の様に、VCSELの上部反射率を変えずに光学膜厚  $c/2$  の整数倍でコンタクト層の厚膜化が可能な本実施例の構成は有利である。

30

## 【0105】

また、上記実施例で説明したように、本発明は、2つの電流狭窄構造とその間の半導体層を利用してキャリアの広がりを制御している。そのため、2つの電流狭窄構造の間の半導体層の総膜厚も重要なパラメータとなる。例えば、DBRの反射率を確保するという観点から好適なペア数分の膜厚を設定すると、好適なキャリアの広がりが必要な膜厚が不足している場合がある。この場合に、ITO層とDBRとの間に  $c/2$  の整数倍の光学膜厚を有する半導体層を設け、適切な膜厚を有する構成とすることができる。これにより、DBRの反射率確保とキャリアの広がり制御の両立を図ることができる。

40

## 【0106】

また、本実施例は、実施例1のVCSELに厚膜コンタクト層3400を設けた構成を示したが、実施例2~6記載のどのVCSELに厚膜コンタクト層3400を設けても構わない。いずれの場合も、上記で説明したように、DBRの反射率確保とキャリアの広がり制御の両立を実現できる。

## 【0107】

(実施例8)

50

図 1 1 を用いて、本発明の実施例 8 である V C S E L アレイ 1 0 0 0 を説明する。ここまでの実施例では V C S E L 発光部が 1 つの場合について記載したが、本発明はこれに限定されるものではなく、複数の V C S E L 発光部を有するように構成してもよい。

【 0 1 0 8 】

図 1 1 に示すように、本実施例の V C S E L アレイ 1 0 0 0 では、実施例 1 記載の V C S E L 3 0 0 がアレイ状に複数並んでいる。円 9 1 0 は、上部リング電極の内径を表している。一点鎖線 9 1 1 は、発光エリアを示しており、この内径が  $d_1$  である。また、点線で示された部分が上部電極の P a d 部 9 2 0 である。

【 0 1 0 9 】

図 1 1 に示されるように、複数の発光点が同一電極に接続されており、複数の発光点は同時に発光する。このような構成とすることで、発光素子からの出力を更に高出力とすることができる。

【 0 1 1 0 】

本実施例は、16 点の発光点が  $4 \times 4$  に三角格子状に並んでいる例を示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、用途に応じて、発光点の個数や発光点の配置を適宜変更することができる。また、複数の発光点が一括で同時に駆動する例を示したが、用途に応じて、発光点とそれに対応する上部電極を複数のまとまり、または個別に分割し、発光するタイミングを変えても良い。

【 0 1 1 1 】

また、本実施例は、実施例 1 の V C S E L をアレイ化した構成を示したが、実施例 2 ~ 7 記載のどの V C S E L をアレイ化しても構わない。実施例 3 を元にした V C S E L を用いてアレイ化することにより、実施例 1、2 を元にした V C S E L を用いた場合に比べて、非酸化部の直径を大きく設定することが可能となるため、アレイ化した際により小さい面積で高出力化が実現できる。

【 0 1 1 2 】

( 実施例 9 )

図 1 2 に実施例 9 の測距装置 2 0 0 0 を示す。図 1 2 は、上述の実施例に記載の V C S E L を光源部に使用したレーザ画像検出と測距 (light detection and ranging, LiDAR)

装置である。

【 0 1 1 3 】

図 1 2 に示すように、測距装置 2 0 0 0 は、全体制御部 1 0 1 0、V C S E L ドライバ 1 0 2 0、V C S E L 1 0 3 0、発光側光学系 1 0 4 0、受光側光学系 1 0 6 0、受光イメージセンサ 1 0 7 0、距離データ処理部 1 0 8 0 で構成されている。

【 0 1 1 4 】

本実施例では、V C S E L 1 0 3 0 は、実施例 1 で説明した V C S E L を用いているが、本発明はこれに限られることはなく、実施例 1 ~ 8 で説明した V C S E L あるいは V C S E L アレイが適宜適用される。

【 0 1 1 5 】

V C S E L 1 0 3 0 は上記実施例で説明した V C S E L がパッケージに実装され構成されたものである。発光側光学系 1 0 4 0、受光側光学系 1 0 6 0 は、1 枚の凸レンズ形状の部材であっても、複数のレンズを組み合わせたレンズ群から構成されていてもよい。受光イメージセンサ 1 0 7 0 は、S P A D ( S i n g l e P h o t o n A v a l a n c h e D i o d e ) 光センサを 2 次元アレイ状に配列したイメージセンサである。

【 0 1 1 6 】

測距装置 2 0 0 0 の動作の概要は以下である。まず、全体制御部 1 0 1 0 から V C S E L ドライバ 1 0 2 0 に駆動信号が出る。駆動信号を受けて、V C S E L ドライバ 1 0 2 0 は V C S E L 1 0 3 0 に所定の電流値の電流を注入し、V C S E L 1 0 3 0 を発振させる。

【 0 1 1 7 】

10

20

30

40

50

VCSEL 1030で発生したレーザ光は発光側光学系1040を通して、測定対象物1200にあたり、測定対象物1200で反射した反射光は受光側光学系1060を通して受光イメージセンサ1070に入射する。このようにして、VCSEL 1030から出射した光の反射光が受光イメージセンサ1070の各画素によって検出される。距離データ処理部1080は、受光イメージセンサ1070と電氣的に接続されていればよい。そのため、受光イメージセンサ1070と同じパッケージ内に配置されていても、別パッケージに実装されていて、回路基板などで電氣的に接続されていても良い。

【0118】

受光イメージセンサ1070の各画素から出力される電気信号パルスは距離データ処理部1080に入力される。距離データ処理部1080では、受光側光学系1060の各画素から出力される電気信号パルスの時間（検出タイミング）から、光伝搬方向の距離情報を算出し、3次元情報が生成、出力される。

10

【0119】

このようにして測距装置2000は3次元情報を取得して出力することができる。

【0120】

測距装置2000は、自動車分野において、他の車両と衝突しない制御、他の車両に追従して自動運転する制御などに適用可能である。さらに、船舶、航空機或いは産業用ロボットなどの移動体（移動装置）および、移動体検出システムなどに使用できる。さらに、広く物体を距離情報を含めて3次元的に認識を利用する機器に適用することができる。

【0121】

3次元情報の用途は上記以外に限定されない。例えば、距離情報を画像処理に利用してもよい。現実空間の画像を取得して仮想物体を重畳して表示する際に、現実空間の3次元情報を使用することで、仮想物体を現実世界の上に違和感なく表示できる。また、画像取得時に3次元情報を合わせて取得することで、撮影後に3次元情報に基づいてボケ味を修正することができる。

20

【0122】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【0123】

（付記）

30

本開示は以下の構成および方法を含む。

[構成1]

基板、第一の反射鏡、活性層を含む共振器部、第二の反射鏡、および透明導電膜がこの順に積層された構造を有する半導体発光素子であって、

酸化狭窄層によって構成される第一の電流狭窄部と、

前記第二の反射鏡の上面に形成され開口を有する絶縁膜、および、前記透明導電膜と前記透明導電膜が接する半導体層とのコンタクト部によって構成される第二の電流狭窄部と

、

を含み、  
前記第二の電流狭窄部の幅 $d_2$ は、前記第一の電流狭窄部の幅 $d_1$ よりも小さい、  
ことを特徴とする、半導体発光素子。

40

[構成2]

前記第二の電流狭窄部における前記絶縁膜の前記開口は、平面視において、前記第一の電流狭窄部における前記酸化狭窄層の内側の非酸化部分に含まれる、

構成1に記載の半導体発光素子。

[構成3]

前記第一の電流狭窄部の幅 $d_1$ は、

$30 \mu\text{m} < d_1 < 70 \mu\text{m}$

を満たす、構成1または2に記載の半導体発光素子。

[構成4]

50



前記第二の反射鏡の最上部にトンネル接合層が設けられ、  
 当該トンネル接合層の上に、前記絶縁膜および前記透明導電膜が設けられ、前記透明導電膜は前記トンネル接合層を介して前記第二の反射鏡とコンタクトしている、  
 構成 1 または 2 に記載の半導体発光素子。

[ 構成 5 ]

前記トンネル接合層は、前記第二の反射鏡の最上部のうち平面視において、少なくとも、前記第一の電流狭窄部における前記酸化狭窄層の内側の非酸化部分を含むように設けられる、

構成 4 に記載の半導体発光素子。

[ 構成 6 ]

前記第一の電流狭窄部の幅  $d_1$  は、

$$50 \mu\text{m} < d_1 < 100 \mu\text{m}$$

を満たす、構成 4 または 5 に記載の半導体発光素子。

[ 構成 7 ]

前記透明導電膜の上に、透明絶縁膜が設けられている、

構成 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

[ 構成 8 ]

前記第二の反射鏡の上に、さらに、誘電体により形成された第三の反射鏡が設けられている、

構成 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

[ 構成 9 ]

構成 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子が複数並べて配置されている、  
 ことを特徴とする、発光装置。

[ 構成 10 ]

構成 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子を含む光源と、

前記光源から発生された光の反射光を検出するセンサと、

前記反射光の検出タイミングに基づいて距離情報を取得する処理部と、

を備える、測距装置。

【符号の説明】

【 0 1 2 4 】

1 0 1 : 基板、 1 0 2 : 第一の D B R ( 第一の反射鏡 )、 1 0 3 : 共振基部

1 0 4 : 第二の D B R ( 第二の反射鏡 )、 1 6 1 : 絶縁膜、 1 6 2 : 透明導電膜

10

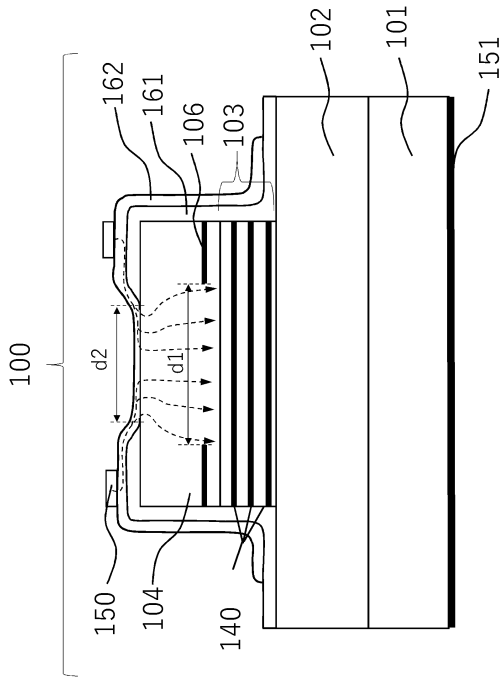
20

30

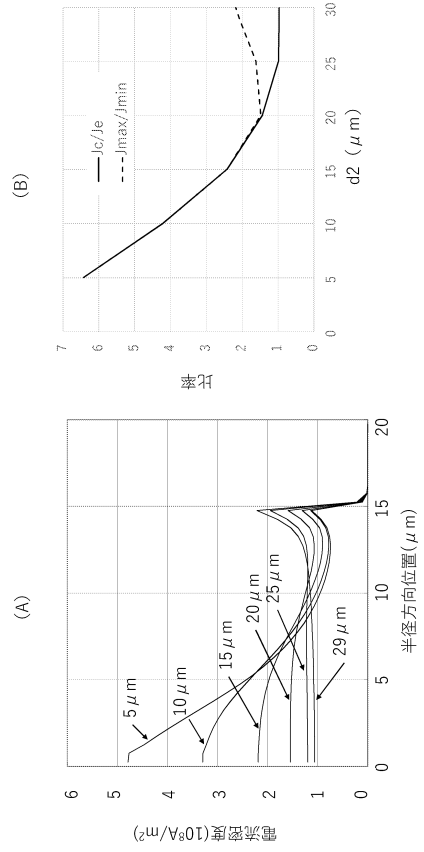
40

50

【 図 面 】  
【 図 1 】



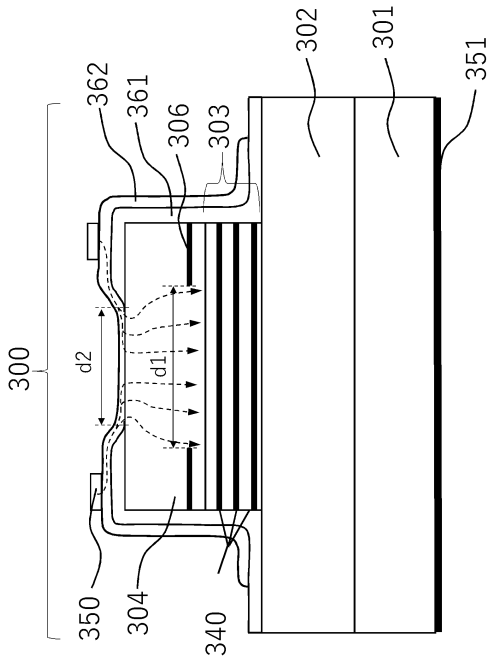
【 図 2 】



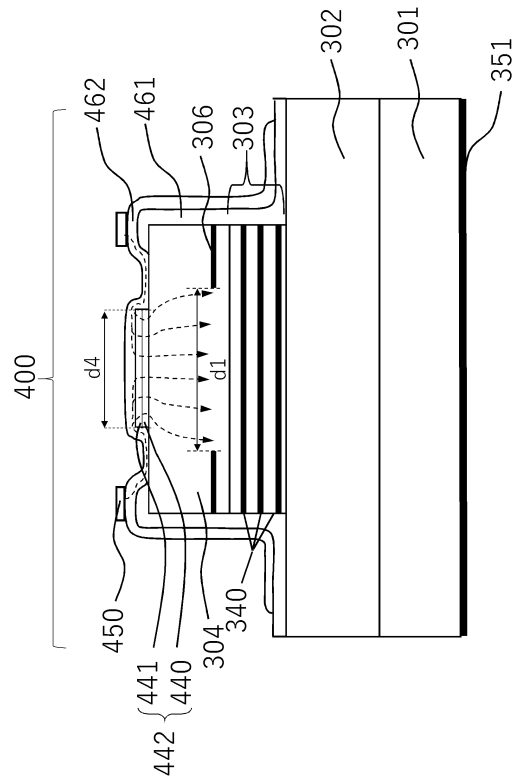
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

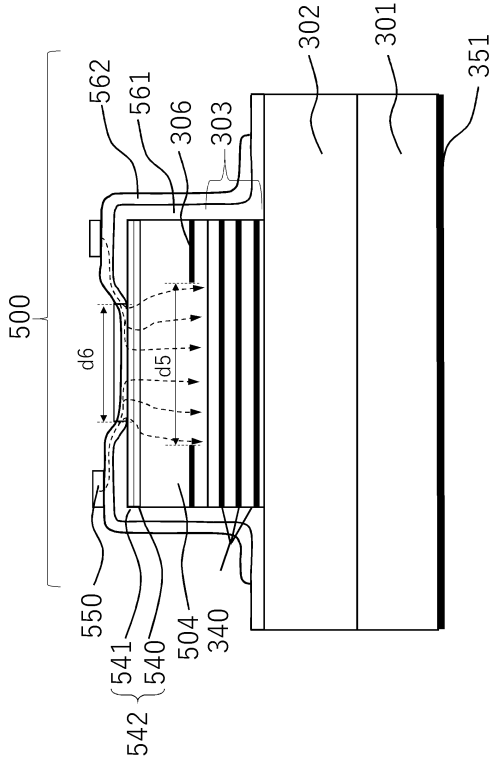


30

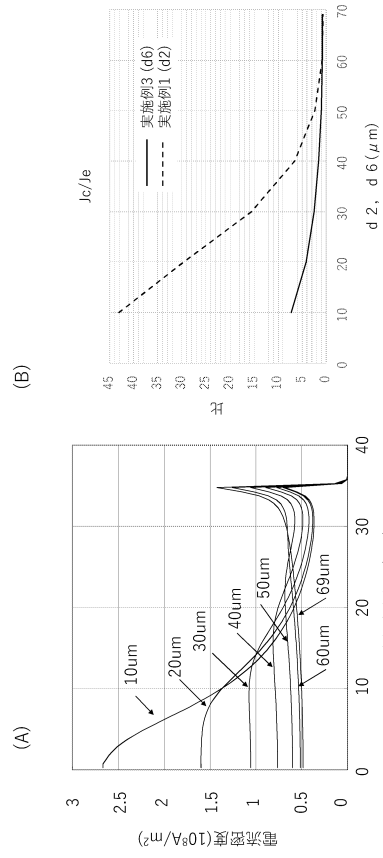
40

50

【 図 5 】



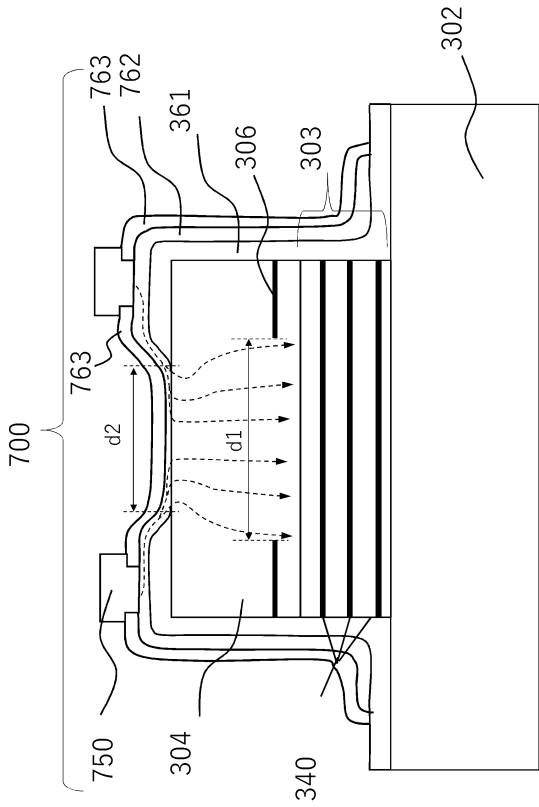
【 図 6 】



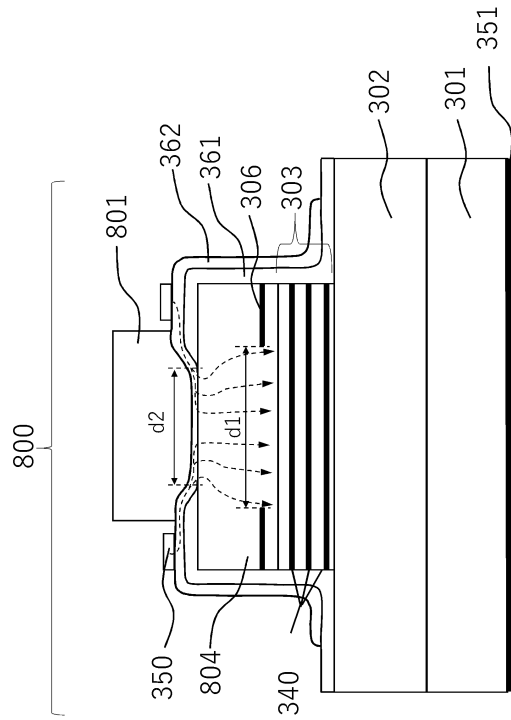
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

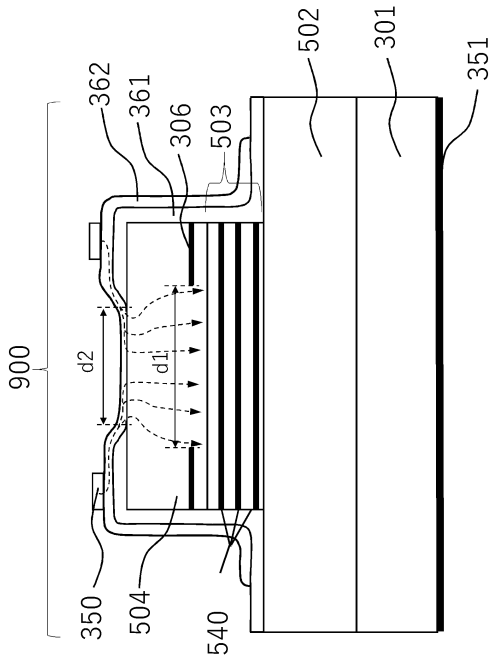


30

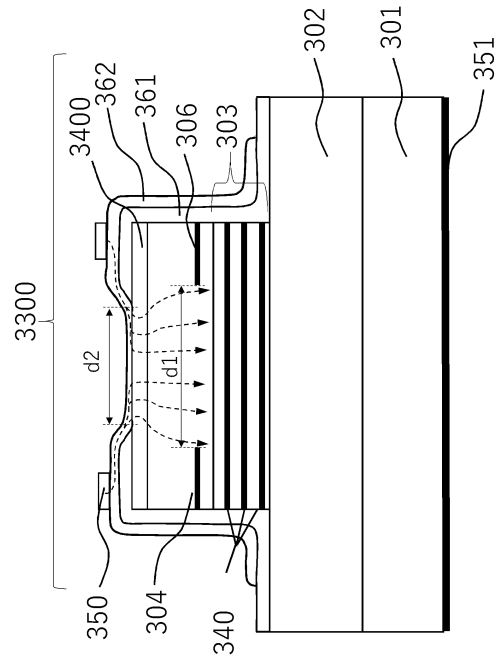
40

50

【 図 9 】



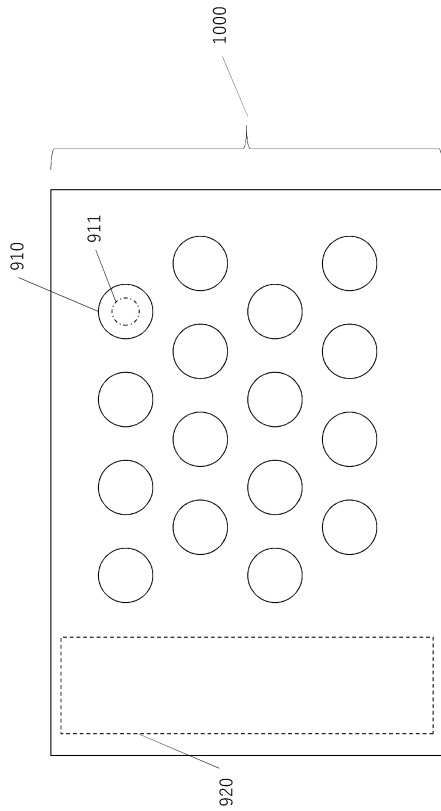
【 図 10 】



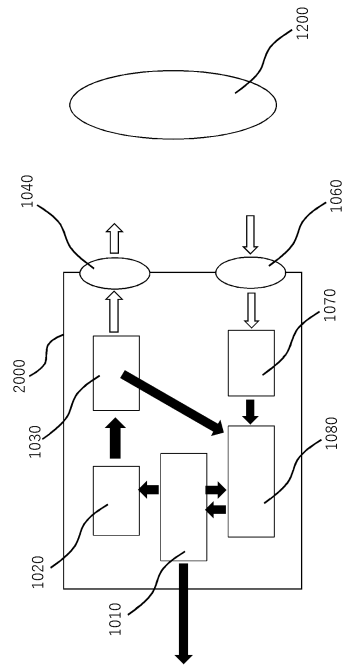
10

20

【 図 11 】



【 図 12 】

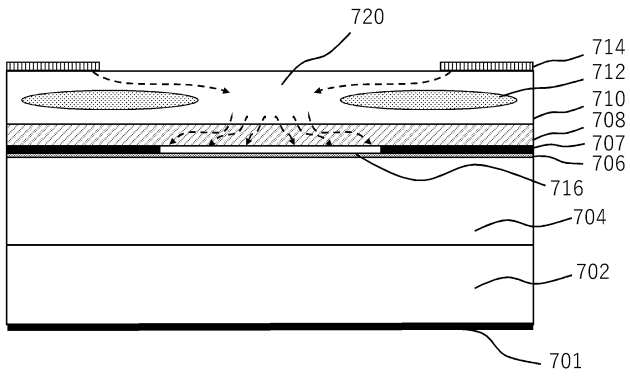


30

40

50

【 図 13 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

Fターム(参考) AF80 AH03 AK04 AP67 AR14 AR56 AR61  
5J084 AA05 AB01 AC02 AC03 AC04 AC07 AD01 BA04 BA36 BA40  
BB01 DA01 EA04 EA07 EA31 FA03