

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5382289号
(P5382289)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 33/08 (2010.01)	H O 1 L 33/00 1 2 O
H O 1 L 33/20 (2010.01)	H O 1 L 33/00 1 7 O
H O 1 L 33/14 (2010.01)	H O 1 L 33/00 1 5 O

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-80041 (P2008-80041)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成20年3月26日(2008.3.26)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2009-238828 (P2009-238828A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成21年10月15日(2009.10.15)	(74) 代理人	100090387
審査請求日	平成23年3月8日(2011.3.8)		弁理士 布施 行夫
		(74) 代理人	100090398
			弁理士 大淵 美千栄
		(74) 代理人	100113066
			弁理士 永田 美佐
		(72) 発明者	中山 人司
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		(72) 発明者	今井 保貴
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1クラッド層と、

第2クラッド層と、

前記第1クラッド層と前記第2クラッド層とに挟まれる活性層と、
を含み、

前記活性層は、電流が注入されて光を発生する利得領域を構成し、

前記利得領域は、第1利得部分と、該第1利得部分にて発生する光を受ける位置に前記第1利得部分と離間して位置する第2利得部分と、を有し、

前記第2利得部分は、光を出射する出射端面を有し、

前記利得領域は、前記活性層の第1側面側の端面と、前記第1側面と平行な前記活性層の第2側面側の端面と、を有し、

前記利得領域では、前記第1側面側から見て、前記第1側面側の端面と、前記第2側面側の端面とは、重なっておらず、

前記第2側面側の端面は、前記出射端面であり、

前記出射端面から出射される光は、レーザ光でない光であり、

前記第2利得部分を構成する量子井戸構造は、前記第1利得部分を構成する量子井戸構造と異なり、

前記第2利得部分を構成する量子井戸構造のウェル層およびバリア層の数は、前記第1利得部分を構成する量子井戸構造のウェル層およびバリア層の数と異なり、

10

20

前記第 2 利得部分の利得定数は、前記第 1 利得部分の利得定数より大きい、発光装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、

前記第 2 利得部分の面積は、前記第 1 利得部分の面積より小さい、発光装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、

前記第 1 側面の反射率は、前記利得領域に生じる光の波長帯において、前記第 2 側面の反射率よりも高く、

前記利得領域は、一方向に向かって設けられた第 1 利得領域と、前記一方向とは異なる他の方向に向かって設けられた第 2 利得領域と、を含み、

前記第 1 利得領域の前記第 1 側面側の端面のうちの少なくとも一部と、前記第 2 利得領域の前記第 1 側面側の端面のうちの少なくとも一部とは、重なって利得領域対をなす、発光装置。

【請求項 4】

請求項 3 において、

前記利得領域対は、複数配列されている、発光装置。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかにおいて、

前記第 1 クラッド層に電氣的に接続された第 1 電極と、

前記第 2 クラッド層に電氣的に接続された第 2 電極と、

前記第 1 電極とオーミックコンタクトする第 1 層と、

前記第 2 電極とオーミックコンタクトする第 2 層と、

をさらに有し、

前記第 1 電極と前記第 1 層との接触面、および、前記第 2 電極と前記第 2 層との接触面のうちの少なくとも一方は、前記利得領域と同じ平面形状を有する、発光装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記活性層は、前記第 1 利得部分と前記第 2 利得部分とに挟まれた接続部分を有し、

前記第 1 層および前記第 2 層のうちの少なくとも一方は、柱状部の少なくとも一部を構成し、

前記柱状部は、前記利得領域の平面形状と、前記接続部分の平面形状と、を合わせた平面形状を有し、

前記柱状部の側方には、絶縁部が設けられており、

前記絶縁部は、平面的に見て、前記第 1 側面と前記第 2 側面との間において、前記柱状部の側面に接している、発光装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかにおいて、

前記第 1 利得部分と前記第 2 利得部分とは、一直線上に位置する、発光装置。

【請求項 8】

請求項 5 または 6 において、

前記第 1 電極および前記第 2 電極の少なくとも一方は、第 1 部分、前記第 1 部分と電氣的に分離された第 2 部分、を有する、発光装置。

【請求項 9】

請求項 8 において、

前記第 1 電極および前記第 2 電極の各々が、前記第 1 部分、前記第 2 部分、を有する、発光装置。

【請求項 10】

請求項 5 または 6 において、

前記第 1 電極および前記第 2 電極のいずれか一方は、第 1 部分、前記第 1 部分と電氣的に分離された第 2 部分、を有する、発光装置。

10

20

30

40

50

【請求項 11】

請求項 8 ないし 10 のいずれかにおいて、
前記第 1 部分および前記第 2 部分は、一直線上に位置する、発光装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、発光装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

スーパーluminescentダイオード（SLD）は、発光ダイオードと同様に低コヒーレント性を示しながら、半導体レーザと同程度の出力を得ることが可能な発光装置である。しかしながら、SLDは、一般的に素子長が数百 μm ～数mmに及ぶため、寄生容量が大きく、出射される光の強度を高速で変化させることが必要な用途には不向きである。この問題に対し、例えば特許文献1では、光出射面の後方に、制御電流注入領域を設けている。

【特許文献1】特開平10-84130号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

本発明の目的の1つは、出射される光の強度を効率よく制御することができる発光装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0004】**

本発明に係る発光装置は、
第1クラッド層と、
前記第1クラッド層の上方に形成された活性層と、
前記活性層の上方に形成された第2クラッド層と、
前記第1クラッド層に電氣的に接続された第1電極と、
前記第2クラッド層に電氣的に接続された第2電極と、
を含み、
前記活性層の一部は、利得領域を構成し、
前記利得領域は、第1利得部分と、前記第1利得部分と接続部分を介して分離された第2利得部分と、を有し、
前記第2利得部分は、光を出射する出射端面を有し、
前記第1電極および前記第2電極の少なくとも一方は、第1部分と、前記第1部分と電氣的に分離された第2部分と、を有し、
前記第1部分は、前記第1利得部分に電流を注入するための電極であり、
前記第2部分は、前記第2利得部分に電流を注入するための電極である。

【0005】

本発明に係る発光装置は、出射される光の強度を、効率よく制御することができる。

【0006】

なお、本発明に係る記載では、「上方」という文言を、例えば、「特定のもの（以下「A」という）の「上方」に他の特定のもの（以下「B」という）を形成する」などと用いている。本発明に係る記載では、この例のような場合に、A上に直接Bを形成する場合と、A上に他のものを介してBを形成する場合とが含まれるものとして、「上方」という文言を用いている。

【0007】

また、本発明に係る記載では、「電氣的に接続」という文言を、例えば、「特定の部材（以下「C部材」という）に「電氣的に接続」された他の特定の部材（以下「D部材」という）」などと用いている。本発明に係る記載では、この例のような場合に、C部材とD

部材とが、直接接して電氣的に接続されているような場合と、C部材とD部材とが、他の部材を介して電氣的に接続されているような場合とが含まれるものとして、「電氣的に接続」という文言を用いている。

【0008】

本発明に係る発光装置において、

前記利得領域は、前記活性層の第1側面側の端面と、前記第1側面と平行な前記活性層の第2側面側の端面と、を有し、

前記利得領域では、前記第1側面側から見て、前記第1側面側の端面と、前記第2側面側の端面とは、重なっておらず、

少なくとも前記第2側面側の端面は、前記出射端面であることができる。

10

【0009】

本発明に係る発光装置において、

レーザ光でない光を発することができる。

【0010】

本発明に係る発光装置において、

前記第2利得部分の面積は、前記第1利得部分の面積より小さいことができる。

【0011】

本発明に係る発光装置において、

前記第2利得部分を構成する層構造は、前記第1利得部分を構成する層構造と異なることができる。

20

【0012】

本発明に係る発光装置において、

前記第2利得部分を構成する量子井戸構造は、前記第1利得部分を構成する量子井戸構造と異なることができる。

【0013】

本発明に係る発光装置において、

前記第1側面の反射率は、前記利得領域に生じる光の波長帯において、前記第2側面の反射率よりも高く、

前記利得領域は、複数設けられ、

複数の前記利得領域は、少なくとも1つの利得領域の対をなし、

30

前記利得領域の対の一方の第1利得領域は、一方向に向かって設けられ、

前記利得領域の対の他方の第2利得領域は、前記一方向とは異なる他の方向に向かって設けられ、

前記第1利得領域の前記第1側面側の端面のうちの少なくとも一部と、前記第2利得領域の前記第1側面側の端面のうちの少なくとも一部とは、重なっていることができる。

【0014】

本発明に係る発光装置において、

前記利得領域の対は、複数配列されていることができる。

【0015】

本発明に係る発光装置において、

40

前記第1電極は、オーミックコンタクトする第1層と接しており、

前記第2電極は、オーミックコンタクトする第2層と接しており、

前記第1電極と前記第1層との接触面、および、前記第2電極と前記第2層との接触面のうちの少なくとも一方は、前記利得領域と同じ平面形状を有することができる。

【0016】

本発明に係る発光装置において、

前記第1層および前記第2層のうちの少なくとも一方は、柱状部の少なくとも一部を構成し、

前記柱状部は、前記利得領域の平面形状と、前記接続部分の平面形状と、を合わせた平面形状を有し、

50

前記柱状部の側方には、絶縁部が設けられており、

前記絶縁部は、平面的に見て、前記第1側面と前記第2側面との間において、前記柱状部の側面に接していることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を参照しながら説明する。

【0018】

1. 第1の実施形態

1.1. 第1の実施形態に係る発光装置

まず、第1の実施形態に係る発光装置100について説明する。図1は、発光装置100を概略的に示す斜視図であり、図2は、発光装置100を概略的に示す平面図であり、図3は、発光装置100を概略的に示す図2のIII-III線断面図であり、図4は、発光装置100を概略的に示す図2のIV-IV線断面図である。なお、図1では、活性層108以外の部材については、便宜上、その図示を省略している。また、ここでは、発光装置100がInGaAlP系（赤色）の半導体発光装置である場合について説明する。

【0019】

発光装置100は、図1～図4に示すように、第1クラッド層106と、活性層108と、第2クラッド層110と、第1電極120と、第2電極122と、を含む。発光装置100は、さらに、例えば、基板102と、バッファ層104と、コンタクト層112と、を含むことができる。

【0020】

基板102としては、例えば、第1導電型（例えばn型）のGaAs基板などを用いることができる。基板102は、第1電極120とオーミックコンタクトする層であることができる。

【0021】

バッファ層104は、例えば図3および図4に示すように、基板102上に形成されていることができる。バッファ層104としては、例えば、第1導電型のGaAs層、InGaP層などを用いることができる。バッファ層104は、例えば、第1クラッド層106の結晶性を向上させることができる。

【0022】

第1クラッド層106は、バッファ層104上に形成されている。第1クラッド層106は、例えば、第1導電型の半導体からなる。第1クラッド層106としては、例えばn型AlGaP層などを用いることができる。

【0023】

活性層108は、第1クラッド層106上に形成されている。活性層108は、例えば、InGaPウェル層とInGaAlPバリア層とから構成される量子井戸構造を3つ重ねた多重量子井戸（MQW）構造を有する。

【0024】

活性層108の形状は、例えば直方体（立方体である場合を含む）などである。活性層108は、図1および図2に示すように、第1側面107および第2側面109を有する。第1側面107と第2側面109とは、平行である。

【0025】

活性層108の一部は、利得領域180を構成する。利得領域180の数は、特に限定されない。利得領域180は、光を生じさせることができ、この光は、利得領域180内で利得を受けることができる。利得領域180は、図2に示すように平面的に見て、第1側面107の垂線Pに対して傾いた方向に向かって設けられている。これにより、利得領域180に生じる光のレーザ発振を抑制または防止することができる。利得領域180は、図示はしないが、曲線部を有していてもよい。

【0026】

10

20

30

40

50

利得領域 180 は、図 1 および図 2 に示すように、活性層 108 の第 1 側面 107 側に設けられた第 1 端面 170 と、活性層 108 の第 2 側面 109 側に設けられた第 2 端面 172 と、を有することができる。少なくとも第 2 端面 172 は、光を出射する出射端面である。また、図示はしないが、利得領域 180 は、第 1 側面 107 に設けられた第 1 端面 170 を有さなくてもよい。すなわち、利得領域 180 は、第 1 側面 107 に到達しないように設けられていることもできる。これにより、第 1 側面 107 からの光の出射は、抑制されることができる。また、利得領域 180 に生じる光の波長帯において、例えば、第 1 側面 107 の反射率を、第 2 側面 109 の反射率より高くすることができる。これにより、第 1 端面 170 からの光の出射は、抑制されることができる。

【0027】

利得領域 180 は、第 1 利得部分 181 と、第 1 利得部分 181 と接続部分 190 を介して分離された第 2 利得部分 182 と、を有する。第 1 利得部分 181 と、接続部分 190 と、第 2 利得部分 182 とは、図 1 および図 2 に示すように、一直線上に連続して設けられていることができる。第 1 利得部分 181 の幅 a と、第 2 利得部分 182 の幅 b とは、図 2 に示すように、同じであることができる。第 1 利得部分 181 および第 2 利得部分 182 の平面形状は、平行四辺形であることができる。第 1 利得部分 181 および第 2 利得部分 182 には、それぞれ異なる電圧を印加することができる。すなわち、第 1 利得部分 181 および第 2 利得部分 182 では、それぞれ独立に注入電流量を制御することができる。第 2 利得部分 182 は、光を出射する出射端面である第 2 端面 172 を有する。第 2 利得部分 182 の面積は、第 1 利得部分 181 の面積より小さくすることができる。これにより、理由は後述するが、発光装置 100 では、出射される光の強度を効率よく制御することができる。

【0028】

接続部分 190 は、活性層 108 の一部によって構成されている領域である。接続部分 190 は、図 1、図 2 および図 4 に示すように、第 1 利得部分 181 と第 2 利得部分 182 とに、挟まれた領域である。接続部分 190 の幅は、図 2 に示すように、第 1 利得部分 181 の幅 a および第 2 利得部分 182 の幅 b と同じであることができる。接続部分 190 の平面形状は、平行四辺形であることができる。接続部分 190 の上方には、図 2 および図 4 に示すように、第 2 電極 122 が形成されていないことができる。接続部分 190 は、第 1 利得部分 181 および第 2 利得部分 182 に比べて、面積が小さい領域であることができる。

【0029】

なお、第 1 利得部分 181、第 2 利得部分 182 および接続部分 190 の詳細な機能の説明は、後述する。

【0030】

図 5 は、図 1 ~ 図 4 の例における活性層 108 を第 1 側面 107 側から平面的に見た図である。利得領域 180 は、図 5 に示すように、第 1 端面 170 と第 2 端面 172 とが重なっていない。これにより、利得領域 180 に生じる光を、第 1 端面 170 と第 2 端面 172 との間で直接的に多重反射させないことができる。その結果、直接的な共振器を構成させないことができるため、利得領域 180 に生じる光のレーザ発振をより確実に抑制または防止することができる。したがって、発光装置 100 は、レーザ光ではない光を発することができる。なお、この場合には、図 5 に示すように、例えば利得領域 180 において、第 1 端面 170 と第 2 端面 172 とのずれ幅 c は、正の値であればよい。

【0031】

第 2 クラッド層 110 は、図 3 および図 4 に示すように、活性層 108 上に形成されている。第 2 クラッド層 110 は、例えば、第 2 導電型（例えば p 型）の半導体からなる。第 2 クラッド層 110 は、例えば p 型 AlGaP 層などを用いることができる。

【0032】

例えば、p 型の第 2 クラッド層 110、不純物がドーピングされていない活性層 108、および n 型の第 1 クラッド層 106 により、pin ダイオードが構成される。第 1 クラ

10

20

30

40

50

ッド層 106 および第 2 クラッド層 110 の各々は、活性層 108 よりも禁制帯幅が大きく、屈折率が小さい層である。活性層 108 は、光を増幅する機能を有する。第 1 クラッド層 106 および第 2 クラッド層 110 は、活性層 108 を挟んで、注入キャリア（電子および正孔）並びに光を閉じ込める機能を有する。

【0033】

発光装置 100 では、第 1 電極 120 と第 2 電極 122 との間に、pin ダイオードの順バイアス電圧を印加すると、活性層 108 の利得領域 180 において電子と正孔との再結合が起こる。この再結合により発光が生じる。この生じた光を起点として、連鎖的に誘導放出が起こり、利得領域 180 内で光の強度が増幅される。例えば、利得領域 180 に生じる光の一部 10 は、図 1 に示すように、第 2 端面 172 に到達するまで強度が増幅されることができる。そして、第 2 端面 172 から出射光 130 として出射される。

10

【0034】

ここで、第 1 利得部分 181、第 2 利得部分 182 および接続部分 190 の具体的な機能について説明する。

【0035】

上述のように、第 1 利得部分 181 および第 2 利得部分 182 では、それぞれ独立に注入電流量を制御することができる。すなわち、例えば、第 1 利得部分 181 で生じる光の一部 10 は、第 1 利得部分 181 と第 2 利得部分 182 とで、異なる大きさの利得（利得量）を受けて、第 2 端面 172 から出射されることができる。具体的には、第 2 利得部分 182 への印加電圧を変化させることにより、第 2 利得部分 182 への注入電流量を変化させ、第 2 端面 172 から出射される光の強度を制御することができる。すなわち、第 2 利得部分 182 の利得量を調整することで、利得領域 180 全体の利得量を制御することができる。例えば、出射される光の強度を大きくしたい場合は、第 2 利得部分 182 に第 1 利得部分 181 より大きな電圧を印加する。例えば、出射される光の強度を小さくしたい場合は、第 2 利得部分 182 に第 1 利得部分 181 より小さな電圧を印加するか、もしくは第 2 利得部分 182 に電圧を印加しない。

20

【0036】

上述のように、第 1 利得部分 181 と第 2 利得部分 182 との間には、接続部分 190 が設けられている。接続部分 190 は、例えば、接続部分 190 内を通過する光に対して強度の低下を生じさせないほど、小さい面積であることができる。

30

【0037】

コンタクト層 112 は、例えば図 3 および図 4 に示すように、第 2 クラッド層 110 上に形成されていることができる。コンタクト層 112 としては、第 2 電極 122 とオーミックコンタクトする層を用いることができる。コンタクト層 112 は、例えば、第 2 導電型の半導体からなる。コンタクト層 112 としては、例えば、p 型 GaAs 層などを用いることができる。

【0038】

第 1 電極 120 は、基板 102 の下の全面に形成されている。第 1 電極 120 は、基板 102 およびバッファ層 104 を介して、第 1 クラッド層 106 と電氣的に接続されている。第 1 電極 120 は、発光装置 100 を駆動するための一方の電極である。第 1 電極 120 としては、例えば、基板 102 側から Cr 層、AuGe 層、Ni 層、Au 層の順序で積層したものなどを用いることができる。なお、第 1 クラッド層 106 とバッファ層 104 との間に、第 2 コンタクト層（図示せず）を設け、ドライエッチングなどにより第 2 コンタクト層を露出させ、第 1 電極 120 を第 2 コンタクト層上に設けることもできる。これにより、片面電極構造を得ることができる。この形態は、基板 102 が絶縁性である場合に特に有効である。この形態では、基板 102 としては、例えば、半絶縁性 GaAs 基板などを用いることができる。第 2 コンタクト層としては、例えば n 型 GaAs 層などを用いることができる。また、図示しないが、例えば、エピタキシャルリフトオフ（ELO）法、レーザリフトオフ法などを用いて、基板 102 とその上に設けられた部材とを切り離すことができる。すなわち、発光装置 100 は、基板 102 を有しないこともできる。

40

50

この場合には、例えば、バッファ層 104 の直接下に第 1 電極 120 を形成することができる。この形態も、基板 102 が絶縁性である場合に特に有効である。

【0039】

第 2 電極 122 は、コンタクト層 112 上に形成されている。第 2 電極 122 は、コンタクト層 112 を介して、第 2 クラッド層 110 と電氣的に接続されている。第 2 電極 122 は、発光装置 100 を駆動するための他方の電極である。第 2 電極 122 としては、例えば、コンタクト層 112 側から Cr 層、AuZn 層、Au 層の順序で積層したものなどを用いることができる。第 2 電極 122 の下面は、図 2 に示すように、利得領域 180 と同様の平面形状を有している。言い換えるならば、図示の例では、第 2 電極 122 の下面の平面形状によって、電極 120、122 間の電流経路が決定され、その結果、活性層 108 の利得領域 180 の平面形状が決定されるのである。あるいは、コンタクト層 112 上に絶縁層（図示せず）を形成した後に、利得領域 180 と同様の平面形状となるように該絶縁層を除去してコンタクト層 112 を露出させ、第 2 電極 122 を少なくとも露出したコンタクト層 112 と接触している形状となるように形成されていてもよい。また、図示しないが、例えば、第 1 電極 120 の上面が、利得領域 180 と同じ平面形状を有していてもよい。

10

【0040】

第 2 電極 122 は、例えば、第 1 部分 124 と、第 1 部分 124 と電氣的に分離された第 2 部分 126 と、を有する。第 1 部分 124 は、第 1 利得部分 181 に電流を注入するための電極である。第 2 部分 126 は、第 2 利得部分 182 に電流を注入するための電極である。第 1 部分 124 は、第 1 利得部分 181 の上方に形成されていることができる。第 2 部分 126 は、第 2 利得部分 182 の上方に形成されていることができる。なお、図示はしないが、第 2 電極 122 ではなく、第 1 電極 120 が、第 1 部分 124 および第 2 部分 126 を有していてもよい。また、第 1 電極 120 および第 2 電極 122 の両電極が、第 1 部分 124 および第 2 部分 126 を有していてもよい。

20

【0041】

本実施形態に係る発光装置は、例えば、プロジェクタ、ディスプレイ、照明装置、計測装置、通信用装置などの光源に適用されることができる。このことは、後述する実施形態についても同様である。

【0042】

発光装置 100 の例では、InGaAlP 系の場合について説明したが、本発明では、発光利得領域が形成可能なあらゆる材料系を用いることができる。半導体材料であれば、例えば、AlGaIn 系、InGaIn 系、GaAs 系、InGaAs 系、GaInNAs 系、ZnCdSe 系などの半導体材料も用いることができる。基板 102 としては、例えば GaN 基板なども用いることができる。また、例えば有機材料などを用いることもできる。このことは、後述の変形例および実施形態についても同様である。

30

【0043】

発光装置 100 は、例えば、以下の特徴を有する。

【0044】

発光装置 100 では、第 2 利得部分 182 への印加電圧を変化させることにより、第 2 利得部分 182 への注入電流量を変化させ、第 2 端面 172 から出射される光の強度を制御することができる。すなわち、第 2 利得部分 182 の利得量を調整することで、利得領域 180 全体の利得量を制御することができる。第 2 利得部分 182 は、光の出射端面である第 2 端面 172 を有することができる。つまり、第 2 利得部分 182 は、第 2 端面 172 に接して設けられている。これにより、発光装置 100 は、出射される光の強度の変化量（例えば、後述する消光比）を大きくすることができる。すなわち、発光装置 100 では、出射される光の強度を効率よく制御することができる。後述する実験例のように、発光装置 100 は、第 2 利得部分 182 が第 2 端面 172 に接して設けられていると、出射される光の強度を、効率よく制御できることがわかっている。

40

【0045】

50

発光装置１００では、第２利得部分１８２の面積が第１利得部分１８１の面積に比べて小さい。そのため、第２利得部分１８２は、第１利得部分１８１に比べて、寄生容量が小さい。これにより、発光装置１００では、面積が小さい第２利得部分１８２への注入電流量を変化させるため、出射される光の強度を高速で変化させることができる。すなわち、発光装置１００では、出射される光の強度を効率よく制御することができる。また、面積が小さい第２利得部分１８２の電流注入量を制御するので、例えば、大電流用の駆動ＩＣが不要となる。そのため、発光装置１００は、低コストで出射される光の強度を制御することができる。

【００４６】

発光装置１００では、上述したように、利得領域１８０，１８２に生じる光のレーザ発振を抑制または防止することができる。したがって、スペckルノイズを低減させることができる。

【００４７】

１．２． 第１の実施形態に係る発光装置の製造方法

次に、第１の実施形態に係る発光装置１００の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図６は、発光装置１００の製造工程を概略的に示す断面図であり、図３に示す断面図に対応している。

【００４８】

図６に示すように、例えば、基板１０２上に、バッファ層１０４、第１クラッド層１０６、活性層１０８、第２クラッド層１１０およびコンタクト層１１２を、この順でエピタキシャル成長させる。エピタキシャル成長させる方法としては、例えば、ＭＯＣＶＤ（Metal-Organic Chemical Vapor Deposition）法、ＭＢＥ（Molecular Beam Epitaxy）法などを用いることができる。

【００４９】

図３に示すように、例えば、コンタクト層１１２上に第２電極１２２を形成する。第２電極１２２は、例えば、真空蒸着法により全面に導電層を形成した後、該導電層をフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いてパターンニングすることにより形成される。第２電極１２２は、例えば、第１部分１２４と、第２部分１２６と、を有するようにパターンニングされる。第２電極１２２は、例えば、真空蒸着法およびリフトオフ法の組み合わせなどにより、所望の形状に形成されることもできる。

【００５０】

次に、基板１０２の下面下に第１電極１２０を形成する。第１電極１２０の製法は、例えば、上述した第２電極１２２の製法の例示と同じ製法で形成される。なお、第１電極１２０と第２電極１２２との形成順序は、特に限定されない。

【００５１】

以上の工程により、発光装置１００が得られる。

【００５２】

発光装置１００の製造方法によれば、出射される光の強度を、効率よく制御することができる発光装置１００を得ることができる。

【００５３】

１．３． 第１の実施形態に係る発光装置の実験例

次に、第１の実施形態に係る発光装置１００の実験例について、図面を参照しながら説明する。具体的には、発光装置１００の利得領域１８０をモデル化したモデルＭにおけるシュミレーションについて、説明する。図７は、シュミレーションに用いたモデルＭを概略的に示す断面図であり、図１のⅤⅡ-ⅤⅡ線断面図に相当する。図８は、モデルＭにおけるシュミレーションの結果を示すグラフである。

【００５４】

まず、シュミレーションに用いたモデルＭについて説明する。

【００５５】

モデルＭとしては、図７に示すように、第１利得部分１８１と第２利得部分１８２とが

10

20

30

40

50

らなる利得領域 180 を用いた。モデル M では、接続部分 190 は省略した。モデル M では、利得領域 180 の長さを L (つまり、モデル M の長さを L) とした。すなわち、モデル M は、利得領域 180 に沿った X 軸において、原点 0 で第 1 端面 170 が位置し、距離 L で第 2 端面 172 が位置するとした。第 2 端面 172 は、出射光 130 を出射する出射端面とした。モデル M では、第 2 利得部分 182 の長さを d とし、第 2 利得部分 182 を原点 0 から距離 ($L - d$) まで、利得領域 180 内を移動させた。すなわち、第 2 利得部分 182 は、原点 0 で第 1 端面 170 と接し、距離 ($L - d$) で第 2 端面 172 と接することとした。第 1 利得部分 181 および第 2 利得部分 182 の利得定数は、それぞれ G_1 および G_2 とした。各パラメータの値は、 L を $1000\ \mu\text{m}$ 、 d を $100\ \mu\text{m}$ と設定し、 G_1 および G_2 は可変とした。

10

【0056】

次に、シミュレーションの結果について説明する。

【0057】

図 8 は、横軸が上述した第 2 利得部分 182 の移動距離 X 、縦軸がモデル M の消光比 R である。すなわち、図 8 は、モデル M において、第 2 利得部分 182 が原点 0 から距離 ($L - d$) まで移動したときの、消光比 R をプロットしたグラフである。消光比 R は、 G_1 を $30\ \text{cm}^{-1}$ および G_2 を $-10\ \text{cm}^{-1}$ と設定したときの出射される光の強度 I_{of} に対する、 G_1 を $30\ \text{cm}^{-1}$ および G_2 を $30\ \text{cm}^{-1}$ と設定したときの出射される光の強度 I_{on} の値である。消光比 R を式で表すと、下記式となる。

【0058】

$$R = [I_{on}(G_1; 30, G_2; 30)] / [I_{of}(G_1; 30, G_2; -10)]$$

20

すなわち、消光比 R が大きいほど、出射される光の強度の変化量が大きいといえる。つまり、消光比 R が大きいほど、モデル M は、出射される光の強度を効率よく制御することができることになる。

【0059】

図 8 に示すように、距離 X が大きいほど、消光比 R は大きくなり、距離 ($L - d$) のとき消光比 R は最大となった。すなわち、本シミュレーションにより、第 2 利得部分 182 が出射端面である第 2 端面 172 に接すると、出射される光の強度を、最も効率よく制御することができることがわかった。

【0060】

30

1.4. 第 1 の実施形態の変形例に係る発光装置

次に、第 1 の実施形態の変形例に係る発光装置 150 について、図面を参照しながら説明する。図 9 は、発光装置 150 を概略的に示す平面図であり、図 10 は、発光装置 100 を概略的に示す図 9 の $X-X$ 線断面図である。以下、第 1 の実施形態の変形例に係る発光装置 150 において、第 1 の実施形態に係る発光装置 100 の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【0061】

発光装置 150 では、図 9 および図 10 に示すように、活性層 108 と異なる層構造により構成された活性層 158 を有することができる。活性層 108 のうち少なくとも一部は、第 1 利得部分 181 を構成し、活性層 158 のうち少なくとも一部は、第 2 利得部分 182 を構成することができる。すなわち、第 2 利得部分 182 を構成する層構造は、第 1 利得部分 181 を構成する層構造と異なることができる。例えば、第 2 利得部分 182 を構成する量子井戸構造は、第 1 利得部分 181 を構成する量子井戸構造と異なることができる。より具体的には、第 1 利得部分 181 は、 InGaP ウェル層と InGaAlP バリア層とから構成される量子井戸構造を 3 つ重ねた多重量子井戸構造を有するのに対し、第 2 利得部分 182 は、1 つの量子井戸構造、もしくは、量子井戸構造を 5 つ重ねた多重量子井戸構造を有することができる。さらに、第 2 利得部分 182 は、例えば、 InGaAlP 層の単層のみからなることができる。また、例えば、第 1 利得部分 181 と第 2 利得部分 182 とは、互いに異なる材料で構成されていてもよい。なお、図示はしないが、活性層 158 の平面形状は、第 2 利得部分 182 の平面形状と同じであってもよい。ま

40

50

た、接続部分 190 は、図示のように活性層 108 および活性層 158 の両層から構成されていてもよいし、どちらか一方のみから構成されていてもよい。

【0062】

次に、発光装置 150 の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図 11 は、発光装置 150 の製造工程を概略的に示す断面図であり、図 10 に示す断面図に対応している。

【0063】

図 11 に示すように、コンタクト層 112 上であって、活性層 158 が形成される領域以外の領域を、フォトレジスト等のマスク層 152 で覆う。次に、公知のエッチング技術などにより、例えば、コンタクト層 112、第 2 クラッド層 110、活性層 108 および第 1 クラッド層 106 を除去して、開口部 154 を形成する。なお、図示はしないが、バッファ層 104 および基板 102 の一部を除去してもよい。その後、マスク層 152 は、例えば公知の方法で除去される。

【0064】

図 10 に示すように、開口部 154 に、例えば、第 1 クラッド層 106、活性層 158、第 2 クラッド層 110 およびコンタクト層 112 を、この順でエピタキシャル成長させる。エピタキシャル成長させる方法としては、例えば、MOCVD 法、MBE 法などを用いることができる。エピタキシャル成長は、活性層 158 が活性層 108 と異なる層構造を有するように行われることができる。

【0065】

以上の工程により、発光装置 150 が得られる。

【0066】

発光装置 150 は、発光装置 100 の特徴に加えて、例えば、以下の特徴を有する。

【0067】

発光装置 150 では、第 2 利得部分 182 を構成する層構造は、第 1 利得部分 181 を構成する層構造と異なることができる。そのため、第 2 利得部分 182 の利得定数および内部損失などを変化させることができる。例えば、第 2 利得部分 182 の利得定数を、第 1 利得部分 181 の利得定数より大きくすることにより、さらに効率よく出射される光の強度を制御することができる。

【0068】

2. 第 2 の実施形態

2.1. 第 2 の実施形態に係る発光装置

次に、第 2 の実施形態に係る発光装置 200 について説明する。図 12 は、発光装置 200 を概略的に示す斜視図であり、図 13 は、発光装置 200 を概略的に示す平面図である。以下、第 2 の実施形態に係る発光装置 200 において、第 1 の実施形態に係る発光装置 100 の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。なお、図 12 では、活性層 108 および反射部 227 以外の部材については、便宜上、その図示を省略している。

【0069】

第 1 側面 107 の反射率は、利得領域 180 に生じる光の波長帯において、第 2 側面 109 の反射率より高いことができる。例えば、図示のように、第 1 側面 107 を反射部 227 によって覆うことにより、高い反射率を得ることができる。反射部 227 は、例えば誘電体多層膜ミラーなどである。より具体的には、反射部 227 としては、例えば、第 1 側面 107 側から Al_2O_3 層、 TiO_2 層の順序で 4 ペア積層したミラーなどを用いることができる。この場合の第 1 側面 107 の反射率は、例えば 90% である。第 1 側面 107 の反射率は、100%、あるいはそれに近いことが望ましい。これに対し、第 2 側面 109 の反射率は、0%、あるいはそれに近いことが望ましい。例えば、第 2 側面 109 を反射防止部（図示せず）によって覆うことにより、低い反射率を得ることができる。反射防止部としては、例えば Al_2O_3 単層などを用いることができる。反射部 227 および反射防止部は、例えば、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、スパッタ法、イオ

10

20

30

40

50

ンアシスト蒸着 (Ion Assisted Deposition) 法などにより形成される。なお、反射部 227 および反射防止部の形成順序は、特に限定されない。また、反射部および反射防止部の材質も特に限定されず、例えば、 SiO_2 、 SiN 、 Ta_2O_5 などを用いることができる。

【0070】

発光装置 200 では、利得領域 180 は、複数設けられている。図示の例では、2つの利得領域 180 (第1利得領域 281 および第2利得領域 282) を示したが、その数は特に限定されない。第1利得領域 281 および第2利得領域 282 は、利得領域の対 280 を構成している。第1利得領域 281 および第2利得領域 282 は、図 13 に示すように平面的に見て、第1側面 107 の垂線 P に対して傾いた方向に向かって設けられている。第1利得領域 281 と第2利得領域 282 とは、異なる方向に向かって設けられている。図示の例では、第1利得領域 281 は、垂線 P に対して一方に傾いており、角度 θ の傾きを有する第1方向 A に向かって設けられている。また、第2利得領域 282 は、垂線 P に対して他方に傾いており、角度 θ の傾きを有する第2方向 B に向かって設けられている。第1利得領域 281 の第1端面 170 と、第2利得領域 282 の第1端面 170 とは、重なり面 270 において、重なっていることができる。図示の例では、第1利得領域 281 の第1端面 170 と、第2利得領域 282 の第1端面 170 とは、完全に重なっているが、少なくとも一部が重なっていることもできる。第1利得領域 281 および第2利得領域 282 の各々は、第1利得部分 181 および第2利得部分 182 を有することができる。

【0071】

発光装置 200 では、例えば、図 12 に示すように、第1利得領域 281 に生じる光の一部 20 は、重なり面 270 において反射して、第2利得領域 282 の第2端面 172 から出射光 130 として出射されるが、その間に光強度が増幅される。同様に、第2利得領域 282 に生じる光の一部は、重なり面 270 において反射して、第1利得領域 281 の第2端面 172 から出射光 130 として出射されるが、その間に光強度が増幅される。なお、第1利得領域 281 に生じる光には、直接、第1利得領域 281 の第2端面 172 から出射されるものもある。同様に、第2利得領域 282 に生じる光には、直接、第2利得領域 282 の第2端面 172 から出射されるものもある。

【0072】

発光装置 200 は、発光装置 100 の特徴に加えて、例えば、以下の特徴を有する。

【0073】

発光装置 200 では、利得領域の対 280 を構成する第1利得領域 281 および第2利得領域 282 を有する。第1利得領域 281 の第1端面 170 と、第2利得領域 282 の第1端面 170 とは、重なり面 270 において、重なっていることができる。これにより、例えば、第1利得領域 281 に生じる光の一部 20 は、第1利得領域 281 内および第2利得領域 282 内において利得を受けながら進行して、外部に出射されることができる。そのため、発光装置 200 は、1つの利得領域 180 内でしか利得を受けることができない場合に比べて、出射される光の強度を大きくすることができる。

【0074】

2. 2. 第2の実施形態に係る発光装置の製造方法

第2の実施形態に係る発光装置 200 の製造方法は、基本的に、第1の実施形態に係る発光装置 100 の製造方法と同じである。よって、その説明を省略する。

【0075】

3. 第3の実施形態

3. 1. 第3の実施形態に係る発光装置

次に、第3の実施形態に係る発光装置 300 について説明する。図 14 は、発光装置 300 を概略的に示す斜視図であり、図 15 は、発光装置 300 を概略的に示す平面図である。以下、第3の実施形態に係る発光装置 300 において、第2の実施形態に係る発光装置 200 の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な

説明を省略する。なお、図 1 4 では、活性層 1 0 8 および反射部 2 2 7 以外の部材については、便宜上、その図示を省略している。

【 0 0 7 6 】

発光装置 3 0 0 は、複数の利得領域の対 2 8 0 を有することができる。発光装置 3 0 0 は、利得領域の対 2 8 0 を複数配列させることにより構成されていることができる。図示の例では、第 1 利得領域 2 8 1 の第 2 端面 1 7 2 と、第 2 利得領域 2 8 2 の第 2 端面 1 7 2 とは、重なっているが、重なっていなくてよい。

【 0 0 7 7 】

発光装置 3 0 0 では、複数の利得領域の対 2 8 0 を有するため、出射される光の強度をさらに大きくすることができる。

10

【 0 0 7 8 】

3 . 2 . 第 3 の実施形態に係る発光装置の製造方法

第 3 の実施形態に係る発光装置 3 0 0 の製造方法は、基本的に、第 1 の実施形態に係る発光装置 1 0 0 の製造方法と同じである。よって、その説明を省略する。

【 0 0 7 9 】

4 . 第 4 の実施形態

4 . 1 . 第 4 の実施形態に係る発光装置

次に、第 4 の実施形態に係る発光装置 4 0 0 について説明する。図 1 6 は、発光装置 4 0 0 を概略的に示す平面図であり、図 1 7 は、発光装置 4 0 0 を概略的に示す断面図であり、図 1 6 の X V I I - X V I I 線断面図である。以下、第 4 の実施形態に係る発光装置 4 0 0 において、第 1 の実施形態に係る発光装置 1 0 0 の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

20

【 0 0 8 0 】

発光装置 4 0 0 は、図 1 6 および図 1 7 に示すように、第 1 クラッド層 1 0 6 と、活性層 1 0 8 と、第 2 クラッド層 1 1 0 と、第 1 電極 1 2 0 と、第 2 電極 1 2 2 と、絶縁部 4 0 2 と、を含む。発光装置 4 0 0 は、さらに、例えば、基板 1 0 2 と、バッファ層 1 0 4 と、コンタクト層 1 1 2 と、を含むことができる。

【 0 0 8 1 】

利得領域 1 8 0 および接続部分 1 9 0 は、図 1 6 に示すように、活性層 1 0 8 を構成している。少なくとも活性層 1 0 8 は、利得領域 1 8 0 の平面形状と、接続部分 1 9 0 の平面形状と、を合わせた平面形状を有している。例えば、第 1 クラッド層 1 0 6、活性層 1 0 8、第 2 クラッド層 1 1 0 およびコンタクト層 1 1 2 は、利得領域 1 8 0 の平面形状と、接続部分 1 9 0 の平面形状と、を合わせた平面形状を有している。例えば、図 1 7 に示すように、第 1 クラッド層 1 0 6、活性層 1 0 8、第 2 クラッド層 1 1 0 およびコンタクト層 1 1 2 は、柱状の半導体堆積体（以下「柱状部」という）4 1 0 を構成することができる。

30

【 0 0 8 2 】

絶縁部 4 0 2 は、例えばバッファ層 1 0 4 上に形成されている。絶縁部 4 0 2 は、例えば、活性層 1 0 8 の側面のうち、第 1 端面 1 7 0 および第 2 端面 1 7 2 以外の側面を覆っている。絶縁部 4 0 2 は、例えば、活性層 1 0 8 の第 1 側面 1 0 7 と第 2 側面 1 0 9 との間において、少なくとも活性層 1 0 8 の側面を覆うことができる。例えば、柱状部 4 1 0 の側面のうち、第 1 側面 1 0 7 側および第 2 側面 1 0 9 側以外の側面は、絶縁部 4 0 2 により覆われている。電極 1 2 0、1 2 2 間の電流は、この絶縁部 4 0 2 を避けて、該絶縁部 4 0 2 に挟まれた柱状部 4 1 0 を流れることができる。図示はしないが、例えば複数の利得領域 1 8 0 が設けられている場合、活性層 1 0 8 の側面が絶縁部 4 0 2 により覆われていることにより、利得領域 1 8 0 間のクロストークを防ぐことができる。

40

【 0 0 8 3 】

絶縁部 4 0 2 は、例えば、活性層 1 0 8 の屈折率よりも低い屈折率を有することができる。これにより、活性層 1 0 8 内に効率良く光を閉じ込めることができる。絶縁部 4 0 2 としては、例えば、S i N 層、S i O₂ 層、ポリイミド層などを用いることができる。

50

【 0 0 8 4 】

発光装置 4 0 0 は、発光装置 1 0 0 と同様に、出射される光の強度を効率よく制御することができる。

【 0 0 8 5 】

4 . 2 . 第 4 の実施形態に係る発光装置の製造方法

次に、第 4 の実施形態に係る発光装置 4 0 0 の製造方法について、図面を参照しながら説明する。以下、第 4 の実施形態に係る発光装置 4 0 0 の製造方法において、第 1 の実施形態に係る発光装置 1 0 0 製造方法の構成部材と同様の機能を有する部材については同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

【 0 0 8 6 】

図 1 8 は、図 1 6 および図 1 7 に示す発光装置 4 0 0 の製造工程を概略的に示す断面図であり、図 1 7 に示す断面図に対応している。

【 0 0 8 7 】

図 1 8 に示すように、基板 1 0 2 上に、バッファ層 1 0 4、第 1 クラッド層 1 0 6、活性層 1 0 8、第 2 クラッド層 1 1 0 およびコンタクト層 1 1 2 を形成する。

【 0 0 8 8 】

次に、例えば、第 1 クラッド層 1 0 6、活性層 1 0 8、第 2 クラッド層 1 1 0 およびコンタクト層 1 1 2 をパターンニングすることができる。パターンニングによる開口は、例えば、少なくとも第 1 クラッド層 1 0 6 の上面に達する深さまで行われることができる。パターンニングは、例えば、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術などを用いて行われる。本工程により、柱状部 4 1 0 を形成することができる。

【 0 0 8 9 】

図 1 7 に示すように、柱状部 4 1 0 の側面を覆うように絶縁部 4 0 2 を形成することができる。具体的には、まず、例えば、CVD法、塗布法などにより、バッファ層 1 0 4 の上方（コンタクト層 1 1 2 上を含む）の全面に絶縁層（図示せず）を成膜する。次に、例えば、エッチング技術などを用いて、コンタクト層 1 1 2 の上面を露出させる。以上の工程により、絶縁部 4 0 2 を得ることができる。

【 0 0 9 0 】

次に、第 1 電極 1 2 0 および第 2 電極 1 2 2 を形成する。なお、図示はしないが、第 2 電極 1 2 2 は、コンタクト層 1 1 2 上その他、絶縁部 4 0 2 上に形成されていてもよい。

【 0 0 9 1 】

以上の工程により、発光装置 4 0 0 が得られる。

【 0 0 9 2 】

発光装置 4 0 0 の製造方法によれば、発光装置 1 0 0 の製造方法と同様に、出射される光の強度を効率よく制御することができる発光装置 4 0 0 を得ることができる。

【 0 0 9 3 】

なお、上述した実施形態および変形例は一例であって、これらに限定されるわけではない。例えば、各実施形態および各変形例を適宜組み合わせることも可能である。

【 0 0 9 4 】

上記のように、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できよう。従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 5 】

【図 1】第 1 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す斜視図。

【図 2】第 1 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す平面図。

【図 3】第 1 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図 4】第 1 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図 5】第 1 の実施形態に係る発光装置の一部を模式的に示す断面図。

【図 6】第 1 の実施形態に係る発光装置の製造工程を模式的に示す断面図。

10

20

30

40

50

【図 7】第 1 の実施形態に係る発光装置の実験例に用いたモデルを模式的に示す断面図。

【図 8】第 1 の実施形態に係る発光装置の実験例の結果を示すグラフ。

【図 9】第 1 の実施形態の変形例に係る発光装置を模式的に示す平面図。

【図 10】第 1 の実施形態の変形例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図 11】第 1 の実施形態の変形例に係る発光装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【図 12】第 2 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す斜視図。

【図 13】第 2 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す平面図。

【図 14】第 3 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す斜視図。

【図 15】第 3 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す平面図。

【図 16】第 4 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す平面図。

【図 17】第 4 の実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。

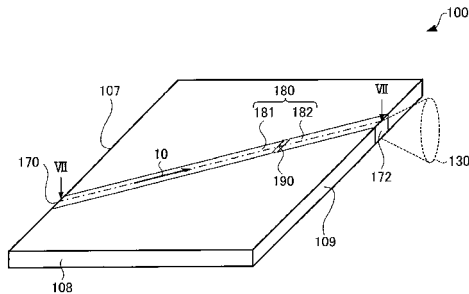
【図 18】第 4 の実施形態に係る発光装置の製造工程を模式的に示す断面図。

【符号の説明】

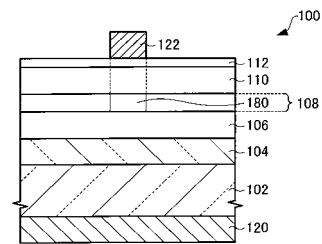
【0096】

10 光の一部、20 光の一部、100 発光装置、102 基板、104 バッファ層、106 第 1 クラッド層、107 第 1 側面、108 活性層、109 第 2 側面、110 第 2 クラッド層、112 コンタクト層、120 第 1 電極、122 第 2 電極、124 第 1 部分、126 第 2 部分、130 出射光、150 発光装置、152 マスク層、154 開口部、158 活性層、170 第 1 端面、172 第 2 端面、180 利得領域、181 第 1 利得部分、182 第 2 利得部分、190 接続部分、200 発光装置、227 反射部、230 出射光、270 重なり面、280 利得領域の対、281 第 1 利得領域、282 第 2 利得領域、300 発光装置、400 発光装置、402 絶縁部、410 柱状部

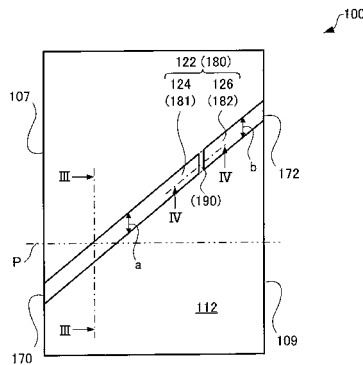
【図 1】



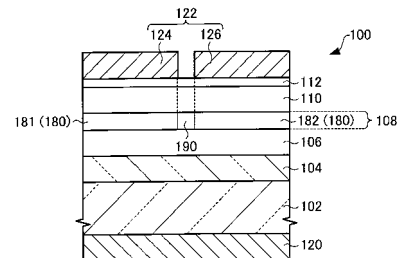
【図 3】



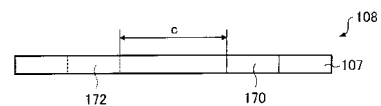
【図 2】



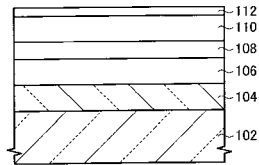
【図 4】



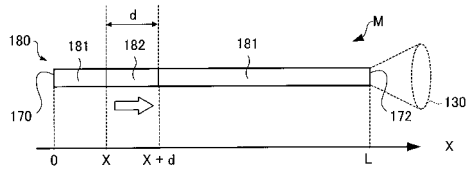
【図 5】



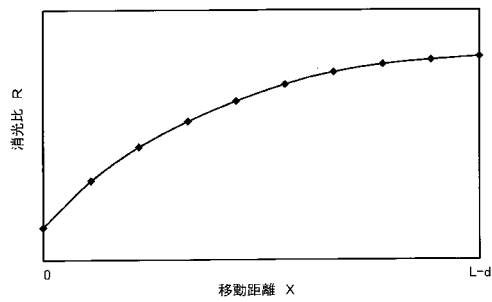
【図 6】



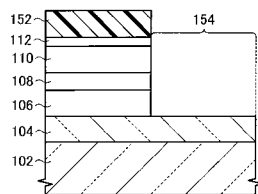
【図 7】



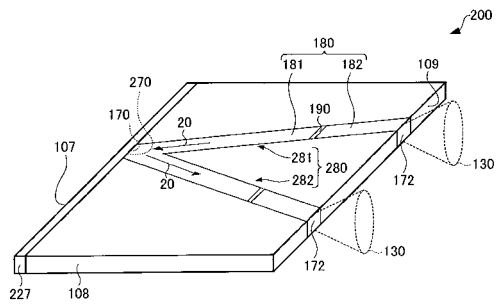
【図 8】



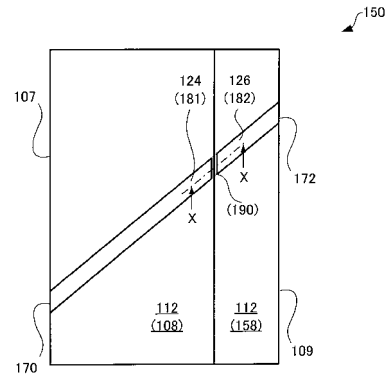
【図 11】



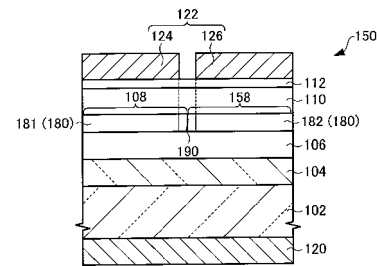
【図 12】



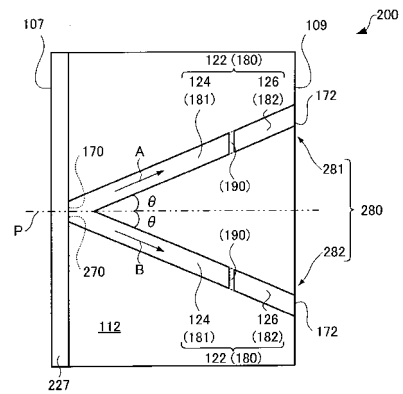
【図 9】



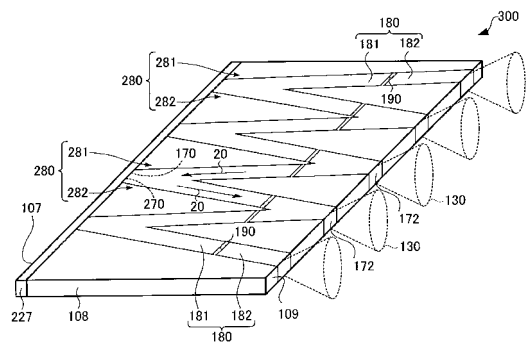
【図 10】



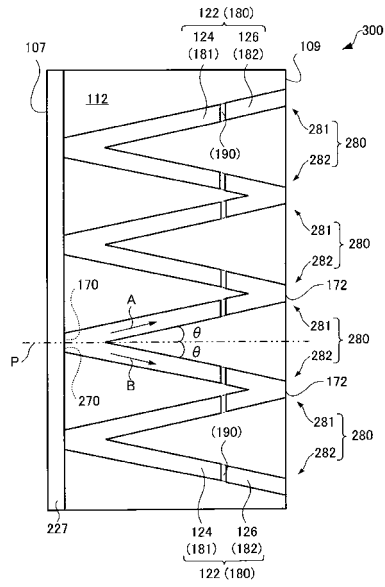
【図 13】



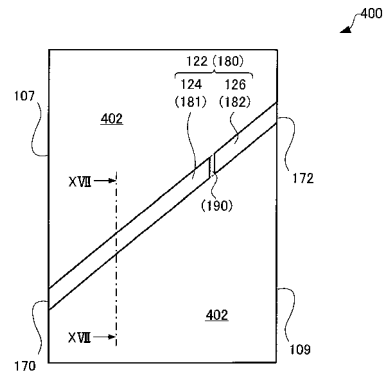
【図 14】



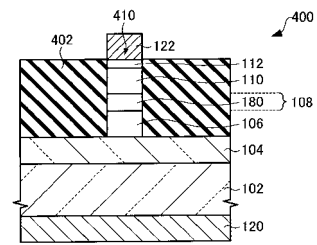
【図 15】



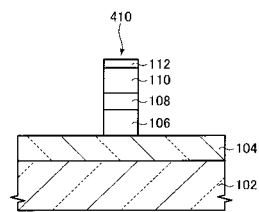
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

- (72)発明者 金子 剛
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 松土 達哉
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 木村 正一
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
- (72)発明者 名川 倫郁
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 百瀬 正之

- (56)参考文献 特開2006-032534(JP,A)
特開2003-060285(JP,A)
特開2008-053501(JP,A)
特開2002-324936(JP,A)
特開平04-131918(JP,A)
特開平04-097206(JP,A)
特開平06-069491(JP,A)
特開平05-007019(JP,A)
特開2005-129824(JP,A)
特開2007-184557(JP,A)
特開平9-74245(JP,A)
特開2007-165689(JP,A)
特開平10-70312(JP,A)
特開平3-163891(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00 - 33/64