

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-83232  
(P2019-83232A)

(43) 公開日 令和1年5月30日(2019.5.30)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
HO1S	5/20	(2006.01)	HO1S	5/20	610	2H391
HO1S	5/30	(2006.01)	HO1S	5/30		2K203
GO2F	1/13357	(2006.01)	GO2F	1/13357		5F173
GO3B	21/14	(2006.01)	GO3B	21/14	A	
GO3B	21/00	(2006.01)	GO3B	21/00	D	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2017-208551 (P2017-208551)  
(22) 出願日 平成29年10月27日(2017.10.27)

(71) 出願人 000002369  
セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
(74) 代理人 100090387  
弁理士 布施 行夫  
(74) 代理人 100090398  
弁理士 大淵 美千栄  
(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  
(72) 発明者 石沢 峻介  
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  
Fターム(参考) 2H391 BA03 BA12 BA13 BA29

最終頁に続く

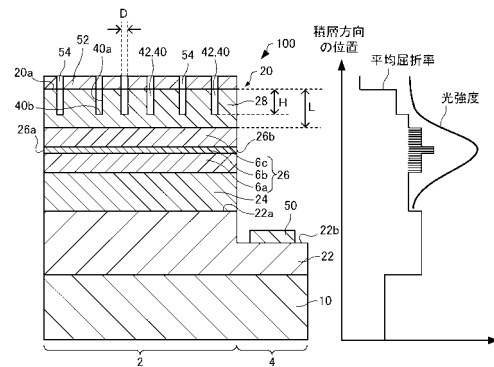
(54) 【発明の名称】 発光装置およびその製造方法、ならびにプロジェクター

(57) 【要約】

【課題】電極による光の吸収を低減することができる発光装置を提供する。

【解決手段】基体と、前記基体に設けられた積層体と、を有し、前記積層体は、第1半導体層と、前記第1半導体層と導電型の異なる第2半導体層と、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられた活性層と、を有し、前記第1半導体層は、前記基体と前記活性層との間に設けられ、前記積層体の前記基体側とは反対側に、凹部が設けられ、前記凹部に、前記第2半導体層より屈折率の低い低屈折率部が設けられ、前記凹部の深さは、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の距離以下であり、前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極が設けられている、発光装置。

【選択図】 図1



- 【特許請求の範囲】
- 【請求項 1】  
 基体と、  
 前記基体に設けられた積層体と、  
 を有し、  
 前記積層体は、  
 第 1 半導体層と、  
 前記第 1 半導体層と導電型の異なる第 2 半導体層と、  
 前記第 1 半導体層と前記第 2 半導体層との間に設けられた活性層と、  
 を有し、  
 前記第 1 半導体層は、前記基体と前記活性層との間に設けられ、  
 前記積層体の前記基体側とは反対側に、凹部が設けられ、  
 前記凹部に、前記第 2 半導体層より屈折率の低い低屈折率部が設けられ、  
 前記凹部の深さは、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の  
 距離以下であり、  
 前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極が設けられている、発光装置。 10
- 【請求項 2】  
 請求項 1 において、  
 前記積層体は、複数の柱状部を有し、  
 前記柱状部は、前記第 1 半導体層と、前記活性層と、前記第 2 半導体層と、を有する、  
 発光装置。 20
- 【請求項 3】  
 請求項 2 において、  
 前記凹部は、複数設けられ、  
 複数の前記凹部は、所定の方向に第 1 ピッチで配列され、  
 複数の前記柱状部は、前記所定の方向に第 2 ピッチで配列され、  
 前記第 1 ピッチは、前記第 2 ピッチよりも小さい、発光装置。
- 【請求項 4】  
 請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項において、  
 前記低屈折率部の前記基体側とは反対側に、前記電極が設けられている、発光装置。 30
- 【請求項 5】  
 請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項において、  
 前記低屈折率部は、空隙である、発光装置。
- 【請求項 6】  
 基体に、第 1 半導体層、活性層、および前記第 1 半導体層と導電型の異なる第 2 半導体  
 層をこの順で形成して、積層体を形成する工程と、  
 前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極を形成する工程と、  
 前記電極をパターニングする工程と、  
 パターニングされた前記電極をマスクとして前記積層体をパターニングし、前記積層体  
 に、前記第 2 半導体層より屈折率の低い低屈折率部が設けられた凹部を形成する工程と、  
 を有し、  
 前記凹部を形成する工程では、  
 前記凹部の深さが、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の  
 距離以下となるように、前記凹部を形成する、発光装置の製造方法。 40
- 【請求項 7】  
 基体に、第 1 半導体層、活性層、および前記第 1 半導体層と導電型の異なる第 2 半導体  
 層をこの順で形成して、積層体を形成する工程と、  
 前記積層体の前記基体とは反対側に、前記第 2 半導体層より屈折率の低い低屈折率部が  
 設けられた凹部を形成する工程と、  
 前記凹部を形成する工程の後に、前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極を形成す 50

る工程と、  
を有し、

前記凹部を形成する工程では、

前記凹部の深さが、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の距離以下となるように、前記凹部を形成する、発光装置の製造方法。

【請求項 8】

請求項 6 または 7 において、

前記凹部を形成する工程では、エッチングによって前記凹部を形成し、

前記積層体を形成する工程では、

前記活性層と前記第 2 半導体層との間に、エッチングストッパー層を形成する、発光装置の製造方法。 10

【請求項 9】

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の発光装置を有する、プロジェクター。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光装置およびその製造方法、ならびにプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザーや LED (Light Emitting Diode) などの半導体発光装置では、GaN 系や GaAs 系などの材料が用いられている (例えば特許文献 1 参照)。 20

【0003】

例えば半導体レーザーの活性層に光を閉じ込めることは、しきい値電流密度など素子の性能を大きく左右する重要な要素である。活性層とクラッド層との屈折率差を大きくすることにより光閉じ込め係数を高めることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 49062 号公報 30

【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、上記のような発光装置では、活性層の材料や基板の材料に基づいて格子整合などの条件を考慮する必要があり、材料の選択肢は大幅に制限される。そのため、活性層とクラッド層との屈折率の差がとり難く、光閉じ込め係数を高くすることが難しい。光閉じ込め係数を高くできないと、例えば活性層で発生した光が電極側に漏れて電極において吸収され損失となる。

【0006】

本発明のいくつかの態様に係る目的の 1 つは、電極による光の吸収を低減することができる発光装置を提供することにある。あるいは、本発明のいくつかの態様に係る目的の 1 つは、電極による光の吸収を低減することができる発光装置の製造方法を提供することにある。あるいは、本発明のいくつかの態様に係る目的の 1 つは、上記発光装置を有するプロジェクターを提供することにある。 40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る発光装置は、

基体と、

前記基体に設けられた積層体と、

を有し、

前記積層体は、  
 第1半導体層と、  
 前記第1半導体層と導電型の異なる第2半導体層と、  
 前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられた活性層と、  
 を有し、  
 前記第1半導体層は、前記基体と前記活性層との間に設けられ、  
 前記積層体の前記基体側とは反対側に、凹部が設けられ、  
 前記凹部に、前記第2半導体層より屈折率の低い低屈折率部が設けられ、  
 前記凹部の深さは、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の  
 距離以下であり、  
 前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極が設けられている。

10

## 【0008】

このような発光装置では、積層体の凹部が設けられた部分の平面方向（積層体の積層方向と直交する方向）の平均屈折率を低くすることができる。そのため、このような発光装置では、活性層で発生した光の第2電極側への漏れ量を低減することができる。したがって、このような発光装置では、第2電極による光の吸収を低減することができる。

## 【0009】

本発明に係る発光装置において、  
 前記積層体は、複数の柱状部を有し、  
 前記柱状部は、前記第1半導体層と、前記活性層と、前記第2半導体層と、を有しても  
 よい。

20

## 【0010】

このような発光装置では、基体の格子定数と積層体の格子定数とが異なることに起因して生じる転位が、活性層に存在する可能性を小さくすることができる。

## 【0011】

本発明に係る発光装置において、  
 前記凹部は、複数設けられ、  
 複数の前記凹部は、所定の方向に第1ピッチで配列され、  
 複数の前記柱状部は、前記所定の方向に第2ピッチで配列され、  
 前記第1ピッチは、前記第2ピッチよりも小さくてもよい。

30

## 【0012】

このような発光装置では、活性層で発生した光を閉じ込める効果が、複数の凹部の影響を受けることを抑制することができる。

## 【0013】

本発明に係る発光装置において、  
 前記低屈折率部の前記基体側とは反対側に、前記電極が設けられていてもよい。

## 【0014】

このような発光装置では、第2電極の平面方向における抵抗を小さくすることができる。

## 【0015】

本発明に係る発光装置において、  
 前記低屈折率部は、空隙であってもよい。

40

## 【0016】

このような発光装置では、低屈折率部が空隙でない場合に比べて、積層体の凹部が設けられた部分の平面方向の平均屈折率を低くすることができる。

## 【0017】

本発明に係る発光装置の製造方法は、  
 基体に、第1半導体層、活性層、および前記第1半導体層と導電型の異なる第2半導体層をこの順で形成して、積層体を形成する工程と、  
 前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極を形成する工程と、

50

前記電極をパターンニングする工程と、  
 パターンニングされた前記電極をマスクとして前記積層体をパターンニングし、前記積層体に、前記第2半導体層より屈折率の低い低屈折率部が設けられた凹部を形成する工程と、  
 を有し、

前記凹部を形成する工程では、

前記凹部の深さが、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の距離以下となるように、前記凹部を形成する。

【0018】

このような発光装置の製造方法では、第2電極による光の吸収を低減することができる発光装置を製造することができる。

10

【0019】

本発明に係る発光装置の製造方法は、

基体に、第1半導体層、活性層、および前記第1半導体層と導電型の異なる第2半導体層をこの順で形成して、積層体を形成する工程と、

前記積層体の前記基体とは反対側に、前記第2半導体層より屈折率の低い低屈折率部が設けられた凹部を形成する工程と、

前記凹部を形成する工程の後に、前記積層体の前記基体側とは反対側に、電極を形成する工程と、  
 を有し、

前記凹部を形成する工程では、

20

前記凹部の深さが、前記積層体の前記基体側とは反対側の面と、前記活性層と、の間の距離以下となるように、前記凹部を形成する。

【0020】

このような発光装置の製造方法では、第2電極による光の吸収を低減することができる発光装置を製造することができる。

【0021】

本発明に係る発光装置の製造方法において、

前記凹部を形成する工程では、エッチングによって前記凹部を形成し、

前記積層体を形成する工程では、

前記活性層と前記第2半導体層との間に、エッチングストッパー層を形成してもよい。

30

【0022】

このような発光装置の製造方法では、凹部を形成するためのエッチングによって、活性層がエッチングされることを抑制することができる。

【0023】

本発明に係る発光装置にプロジェクターは、

本発明に係る発光装置を有する。

【0024】

このようなプロジェクターでは、本発明に係る発光装置を有することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

40

【図1】第1実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図2】第1実施形態に係る発光装置を模式的に示す平面図。

【図3】参考例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図4】第1実施形態に係る発光装置の製造方法を説明するためのフローチャート。

【図5】第1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。

【図6】第1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。

【図7】第1実施形態の第1変形例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図8】第1実施形態の第2変形例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図9】第1実施形態の第3変形例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図10】第1実施形態の第4変形例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

50

【図 1 1】第 2 実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図 1 2】参考例に係る発光装置を模式的に示す断面図。

【図 1 3】第 2 実施形態に係る発光装置の製造方法を説明するためのフローチャート。

【図 1 4】第 2 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。

【図 1 5】第 2 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。

【図 1 6】第 2 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。

【図 1 7】第 2 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。

【図 1 8】第 2 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。

【図 1 9】第 3 実施形態に係るプロジェクターを模式的に示す図。

【図 2 0】第 1 モデルのシミュレーションの結果。

10

【図 2 1】第 2 モデルのシミュレーションの結果。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の好適な実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また、以下で説明される構成の全てが本発明の必須構成要件であるとは限らない。

【0027】

1. 第 1 実施形態

1.1. 発光装置

20

まず、第 1 実施形態に係る発光装置について、図面を参照しながら説明する。図 1 は、第 1 実施形態に係る発光装置 100 を模式的に示す断面図である。図 2 は、第 1 実施形態に係る発光装置 100 を模式的に示す平面図である。なお、図 1 は、図 2 の I - I 線断面図である。

【0028】

発光装置 100 は、図 1 および図 2 に示すように、基体 10 と、積層体 20 と、第 1 電極 50 と、第 2 電極 52 と、を有している。

【0029】

基体 10 は、例えば、板状の形状を有している。基体 10 は、例えば、Si 基板、GaN 基板、サファイア基板などである。

30

【0030】

積層体 20 は、基体 10 に（基体 10 上に）設けられている。積層体 20 は、バッファ層 22 と、第 1 半導体層 24 と、活性層 26 と、第 2 半導体層 28 と、を有している。

【0031】

なお、本発明において、「上」とは、積層体 20 の積層方向（以下、単に「積層方向」ともいう）において、活性層 26 からみて基体 10 から遠ざかる方向のことであり、「下」とは、積層方向において、活性層 26 からみて基体 10 に近づく方向のことであり、

【0032】

また、本発明において、「積層体 20 の積層方向」とは、第 1 半導体層 24 と活性層 26 との積層方向（図示の例では上下方向）のことであり、

40

【0033】

バッファ層 22 は、基体 10 上に設けられている。バッファ層 22 は、例えば、第 1 導電型（例えば n 型）の GaN 層（具体的には Si がドープされた GaN 層）などである。

【0034】

バッファ層 22 は、第 1 上面 22 a と、第 2 上面 22 b と、を有している。第 1 上面 22 a は、例えば、第 1 半導体層 24 が設けられている面である。第 2 上面 22 b は、例えば、第 1 電極 50 が設けられている面である。図示の例では、第 2 上面 22 b は、第 1 上面 22 a よりも下方に位置している面である。発光装置 100 は、例えば、平面視において、第 1 上面 22 a と重なっている第 1 領域 2 と、第 2 上面 22 b と重なっている第 2

50

領域 4 と、を有している。

【 0 0 3 5 】

なお、図 1 では、発光装置 1 0 0 の第 1 領域 2 における平面方向の平均屈折率および光強度を模式的に示している。ここで「平面方向の平均屈折率」とは、積層方向の所定の位置において、積層方向と直交する方向の平均屈折率である。例えば、バッファ層 2 2 のように、平面方向において均一な材料からなる層では、平面方向の平均屈折率は、単に層を構成する材料の屈折率（バッファ層 2 2 の屈折率）である。

【 0 0 3 6 】

また、便宜上、図 2 では、発光装置 1 0 0 の第 2 領域 4 の図示を省略している。

【 0 0 3 7 】

第 1 半導体層 2 4 は、バッファ層 2 2 上に設けられている。第 1 半導体層 2 4 は、基体 1 0 と活性層 2 6 との間に設けられている。第 1 半導体層 2 4 は、例えば、第 1 導電型（例えば n 型）の GaN 層（具体的には Si がドープされた GaN 層）、AlGaIn 層などである。

【 0 0 3 8 】

活性層 2 6 は、第 1 半導体層 2 4 上に設けられている。活性層 2 6 は、第 1 半導体層 2 4 と第 2 半導体層 2 8 との間に設けられている。活性層 2 6 は、第 1 側面 2 6 a と、第 2 側面 2 6 b と、を有している。側面 2 6 a , 2 6 b は、互いに対向している面（図示の例では互いに平行な面）である。活性層 2 6 は、第 1 ガイド層 6 a と、量子井戸層 6 b と、第 2 ガイド層 6 c と、を有している。

【 0 0 3 9 】

第 1 ガイド層 6 a は、第 1 半導体層 2 4 上に設けられている。第 1 ガイド層 6 a は、例えば、GaN 層と InGaIn 層とから構成された半導体超格子 (SL) 構造を有している。第 1 ガイド層 6 a を構成する GaN 層および InGaIn 層の数は、特に限定されない。第 1 ガイド層 6 a を構成する GaN 層の屈折率と InGaIn 層の屈折率との平均は、第 1 半導体層 2 4 の屈折率よりも高い。

【 0 0 4 0 】

量子井戸層 6 b は、第 1 ガイド層 6 a 上に設けられている。量子井戸層 6 b は、電流が注入されることで光を発することが可能な層である。量子井戸層 6 b は、例えば、GaN 層と InGaIn 層とから構成された量子井戸 (MQW) 構造を有している。量子井戸層 6 b を構成する GaN 層および InGaIn 層の数は、特に限定されない。量子井戸層 6 b を構成する GaN 層の屈折率と InGaIn 層の屈折率との平均は、第 1 ガイド層 6 a を構成する GaN 層の屈折率と InGaIn 層の屈折率との平均、および第 2 ガイド層 6 c を構成する GaN 層の屈折率と InGaIn 層の屈折率との平均よりも高い。

【 0 0 4 1 】

第 2 ガイド層 6 c は、量子井戸層 6 b 上に設けられている。第 2 ガイド層 6 c は、例えば、GaN 層と InGaIn 層とから構成された半導体超格子 (SL) 構造を有している。第 2 ガイド層 6 c を構成する GaN 層および InGaIn 層の数は、特に限定されない。第 2 ガイド層 6 c を構成する GaN 層の屈折率と InGaIn 層の屈折率との平均は、第 2 半導体層 2 8 の屈折率よりも高い。ガイド層 6 a , 6 c は、量子井戸層 6 b と、平面方向に伝搬する光と、の重なりを大きくする（光閉じ込め係数を大きくする）機能を有している。

【 0 0 4 2 】

第 2 半導体層 2 8 は、活性層 2 6 上に設けられている。第 2 半導体層 2 8 は、第 1 半導体層 2 4 と導電型の異なる層である。第 2 半導体層 2 8 は、例えば、第 2 導電型（例えば p 型）の GaN 層（具体的には Mg がドープされた GaN 層）、AlGaIn 層などである。半導体層 2 4 , 2 8 は、活性層 2 6 に光を閉じ込める（活性層 2 6 から光が漏れることを抑制する）機能を有するクラッド層である。

【 0 0 4 3 】

積層体 2 0 の基体 1 0 側とは反対側に、凹部 4 0 が設けられている。凹部 4 0 は、積層体 2 0 の上面 2 0 a に開口を有している。上面 2 0 a は、積層体 2 0 の基体 1 0 側とは反

10

20

30

40

50

対側の面である。図示の例では、上面 20 a は、第 2 半導体層 28 の面であって、第 2 電極 52 と接触している。積層体 20 は、上面 20 a と、凹部 40 の内側面 40 a および底面 40 b と、によって構成された凹凸形状を有している。図示の例では、内側面 40 a および底面 40 b は、凹部 40 を規定する第 2 半導体層 28 の面である。

【0044】

凹部 40 の深さ（積層方向の大きさ）H は、積層体 20 の上面 20 a と、活性層 26 と、の間の距離 L 以下である。図示の例では、凹部 40 の深さ H は、距離 L より小さい。

【0045】

凹部 40 の平面形状（積層方向からみた形状）は、例えば、円である。凹部 40 は、例えば、複数設けられている。複数の凹部 40 は、所定の方向に所定のピッチで配列されていてもよいし、図示のように、ランダムに設けられていてもよい。第 2 半導体層 28 は、複数の凹部 40 によって、多孔質となる部分を有していてもよい。

10

【0046】

なお、図示はしないが、凹部 40 は、ストライプ状に設けられていてもよいし、メッシュ状に設けられていてもよい。ただし、第 2 電極 52 の平面方向の抵抗を考慮すると、開口径の小さい凹部 40 を複数設けることが好ましい。

【0047】

凹部 40 の開口径（例えば凹部 40 の平面形状が多角形の場合は、該多角形を内部に含む最小の円（最小包含円）の直径、図示のように円の場合は、直径）D は、例えば、5 nm 以上 500 nm 以下である。隣り合う凹部 40 の間隔は、例えば、5 nm 以上 500 nm 以下である。凹部 40 の深さ H と、凹部 40 の開口径 D と、の比（H / D）は、5 倍以上であってもよい。

20

【0048】

凹部 40 には、第 2 半導体層 28 よりも屈折率の低い低屈折率部 42 が設けられている。図示の例では、低屈折率部 42 は、空隙（空気）である。低屈折率部 42 上には、第 2 電極 52 は設けられていない。

【0049】

低屈折率部 42 が設けられている部分（第 2 半導体層 28 の凹部 40 が設けられている部分）の平面方向の平均屈折率は、第 2 半導体層 28 の凹部 40 が設けられていない部分の平面方向の平均屈折率よりも低い。ここで、積層方向において低屈折率部 42 が設けられている部分の平面方向の平均屈折率  $n_{AVE}$  は、下記式（1）として表される。

30

【0050】

【数 1】

$$n_{AVE} = \sqrt{\varepsilon_1 \cdot \phi + \varepsilon_2(1 - \phi) \cdot \cdot \cdot (1)}$$

【0051】

ただし、式（1）において、 $\varepsilon_1$  は、第 2 半導体層 28 の誘電率である。 $\varepsilon_2$  は、低屈折率部 42 の誘電率である。 $\phi$  は、低屈折率部 42 が設けられている部分の平面方向における第 2 半導体層 28 の充填率（平面方向と平行な平面で切断した場合に、第 2 半導体層 28 の断面積  $S_1$  と、低屈折率部 42 の断面積  $S_2$  と、の比（ $S_1 / (S_1 + S_2)$ ））である。低屈折率部 42 が空隙の場合は、 $\varepsilon_2$  は空気の誘電率となる。

40

【0052】

発光装置 100 では、p 型の第 2 半導体層 28、不純物がドーピングされていない活性層 26、および n 型の第 1 半導体層 24 により、pin ダイオードが構成される。第 1 半導体層 24 および第 2 半導体層 28 の各々は、活性層 26 よりもバンドギャップが大きい層である。発光装置 100 では、第 1 電極 50 と第 2 電極 52 との間に、pin ダイオードの順バイアス電圧を印加すると（電流を注入すると）、活性層 26 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。活性層 26 で発生した光は、半導

50

体層 24, 28 により平面方向に伝搬し、活性層 26 の第 1 側面 26a と第 2 側面 26b との間で多重反射して定在波を形成し、活性層 26 において利得を受けてレーザー発振する。そして、発光装置 100 は、第 1 側面 26a または第 2 側面 26b からレーザー光を出射する。

【0053】

第 1 電極 50 は、バッファ層 22 上に設けられている。図示の例では、第 1 電極 50 は、バッファ層 22 の第 2 上面 22b に設けられている。バッファ層 22 は、第 1 電極 50 とオーミックコンタクトしていてもよい。第 1 電極 50 は、第 1 半導体層 24 と電氣的に接続されている。図示の例では、第 1 電極 50 は、バッファ層 22 を介して、第 1 半導体層 24 と電氣的に接続されている。第 1 電極 50 は、活性層 26 に電流を注入するための一方の電極である。第 1 電極 50 としては、例えば、バッファ層 22 側から、Ti 層、Al 層、Au 層の順序で積層したものなどを用いる。

10

【0054】

なお、図示はしないが、積層体 20 は、第 1 電極 50 とバッファ層 22 との間に、第 1 コンタクト層を有していてもよい。第 1 コンタクト層は、第 1 電極 50 とオーミックコンタクトしていてもよい。第 1 コンタクト層は、n 型の GaN 層であってもよい。また、基体 10 が導電性の場合には、図示はしないが、第 1 電極 50 は、基体 10 の下に設けられていてもよい。

【0055】

第 2 電極 52 は、第 2 半導体層 28 の基体 10 側とは反対側に設けられている。第 2 電極 52 は、第 2 半導体層 28 上に設けられている。図示の例では、第 2 電極 52 は、凹部 40 の内側面 40a および底面 40b には、設けられていない。第 2 電極 52 には、複数の貫通孔 54 が設けられている。貫通孔 54 は、凹部 40 上に位置し、凹部 40 と連通している。第 2 電極 52 は、活性層 26 に電流を注入するための他方の電極である。第 2 電極 52 としては、例えば、上方、あるいは下方から、Au 層、Pt 層の順序で積層したものや、Au 層、Ni 層の順序で積層したものなどを用いる。

20

【0056】

なお、図示はしないが、積層体 20 は、第 2 電極 52 と第 2 半導体層 28 との間に、第 2 コンタクト層を有していてもよい。第 2 コンタクト層は、第 2 電極 52 とオーミックコンタクトしていてもよい。第 2 コンタクト層は、p 型の GaN 層であってもよい。

30

【0057】

また、上記では、InGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>系の活性層 26 について説明したが、活性層 26 としては、電流が注入されることで発光可能なあらゆる材料系を用いることができる。例えば、AlGa<sub>x</sub>N<sub>1-x</sub>系、AlGa<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub>系、InGa<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub>系、InGa<sub>x</sub>As<sub>1-x</sub>P<sub>1-x</sub>系、InP<sub>1-x</sub>系、GaP<sub>1-x</sub>系、AlGa<sub>x</sub>P<sub>1-x</sub>系などの半導体材料を用いることができる。

【0058】

発光装置 100 は、例えば、以下の特徴を有する。

【0059】

発光装置 100 では、積層体 20 の基体 10 側とは反対側に、凹部 40 が設けられ、凹部 40 に、第 2 半導体層 28 より屈折率の低い低屈折率部 42 が設けられ、凹部 40 の深さ H は、積層体 20 の上面 20a と活性層 26 との間の距離 L 以下であり、積層体 20 の基体 10 側とは反対側に、第 2 電極 52 が設けられている。そのため、発光装置 100 では、積層体 20 の凹部 40 が設けられた部分の平面方向の平均屈折率を低くすることができる。そのため、発光装置 100 では、活性層 26 で発生した光の、平面方向に伝搬する際の、第 2 電極 52 側への漏れ量を低減することができる。したがって、発光装置 100 では、第 2 電極 52 による光の吸収を低減することができ、第 2 電極 52 による光の損失を抑制することができる。その結果、発光装置 100 では、例えば第 2 半導体層 28 を厚くしなくても、第 2 電極 52 による光の吸収を低減することができるので、第 2 半導体層 28 の低抵抗化を図ることができ、高性能化が可能となる。発光装置 100 では、図 1 に示すように、例えば、活性層 26 に光強度のピークを位置させることができる。

40

50

## 【 0 0 6 0 】

図3に示すように、積層体1020に凹部が設けられていない発光装置1000（参考例に係る発光装置1000）では、積層体1020は、平面方向の平均屈折率が低くなる部分を有していないため、活性層1026で発生した光が第2電極1052側に漏れる場合がある。そして、活性層1026で発生した光が第2電極1052において吸収され、損失となる場合がある。なお、発光装置1000は、基体1010と、積層体1020と、第1電極1050と、第2電極1052と、を有している。積層体1020は、バッファ層1022と、第1半導体層1024と、活性層1026と、第2半導体層1028と、を有している。

## 【 0 0 6 1 】

さらに、発光装置1000では、積層体20の基体10側とは反対側に、凹部40が設けられているので、例えば、積層体の基体側に凹部を設ける場合に比べて、凹部40を形成しやすい。

## 【 0 0 6 2 】

発光装置1000では、低屈折率部42は、空隙である。そのため、発光装置1000では、低屈折率部42が空隙でない場合に比べて、積層体20の凹部40が設けられた部分の平面方向の平均屈折率を低くすることができる。

## 【 0 0 6 3 】

## 1.2. 発光装置の製造方法

次に、第1実施形態に係る発光装置1000の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図4は、第1実施形態に係る発光装置1000の製造方法を説明するためのフローチャートである。図5および図6は、第1実施形態に係る発光装置1000の製造工程を模式的に示す断面図である。

## 【 0 0 6 4 】

図5に示すように、基体10に、バッファ層22、第1半導体層24、活性層26、および第2半導体層28をこの順で形成して、積層体20を形成する（ステップS11）。具体的には、基体10上に、バッファ層22、第1半導体層24、活性層26、および第2半導体層28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）法などが挙げられる。

## 【 0 0 6 5 】

なお、バッファ層22の第2領域4には、マスク層（図示せず）を設けることにより、バッファ層22の第2領域4上に、半導体層24、28および活性層26を形成させないようにしてもよい。または、バッファ層22の第2領域4上に、半導体層24、28および活性層26を形成した後に、第2領域4の半導体層24、28および活性層26を除去して、バッファ層22の第2上面22bを露出させてもよい。

## 【 0 0 6 6 】

次に、第2半導体層28上に第2電極52を形成する（ステップS12）。第2電極52は、例えば、真空蒸着法、スパッタ法などにより形成される。

## 【 0 0 6 7 】

図6に示すように、第2電極52をパターニングする（ステップS13）。これにより、第2電極52に複数の貫通孔54を形成することができる。パターニングは、例えば、電子ビームリソグラフィ、コロイドリソグラフィ（colloidal lithography）などを用いて行われる。コロイドリソグラフィは、大量生産に適した簡便な方法である。

## 【 0 0 6 8 】

図1に示すように、パターニングされた第2電極52をマスクとして、積層体20をパターニングし（エッチングし）、積層体20に、低屈折率部42が設けられた凹部40を形成する（ステップS14）。本工程では、凹部40の深さHが距離L以下となるように

10

20

30

40

50

、凹部 40 を形成する。

【0069】

次に、バッファ層 22 の第 2 上面 22b に、第 1 電極 50 を形成する（ステップ S15）。第 1 電極 50 は、例えば、真空蒸着法、スパッタ法などにより形成される。なお、第 1 電極 50 を形成する工程（ステップ S15）は、第 2 電極 52 を形成する工程（ステップ S12）の前に行われてもよい。その後、例えば、基体 10 を所定の形状に切出す。

【0070】

以上の工程により、発光装置 100 を製造することができる。

【0071】

発光装置 100 の製造方法では、パターニングされた第 2 電極 52 をマスクとして、積層体 20 をパターニングし、積層体 20 に凹部 40 を形成する。そのため、発光装置 100 の製造方法では、凹部 40 を形成するために別途マスクを形成する必要がなく、容易に凹部 40 を形成することができる。さらに、発光装置 100 の製造方法では、凹部 40 に第 2 電極 52 が侵入することを抑制することができる。凹部 40 に第 2 電極 52 が侵入すると、凹部 40 に進入した第 2 電極 52 によって、活性層 26 で発生した光が吸収されてしまう場合がある。

10

【0072】

1.3. 発光装置の変形例

1.3.1. 第 1 変形例

次に、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る発光装置について、図面を参照しながら説明する。図 7 は、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る発光装置 110 を模式的に示す断面図である。

20

【0073】

以下、第 1 実施形態の第 1 変形例に係る発光装置 110 において、上述した第 1 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。このことは、後述する第 1 実施形態の第 2、第 3、第 4 変形例に係る発光装置において、同様である。

【0074】

上述した発光装置 100 では、図 1 に示すように、凹部 40 の底面 40b は、第 2 半導体層 28 の面であった。これに対し、発光装置 110 では、図 7 に示すように、凹部 40 の底面 40b は、活性層 26 の面である。凹部 40 の深さ H は、積層体 20 の上面 20a と、活性層 26 と、の間の距離 L と同じである。

30

【0075】

発光装置 110 は、上述した発光装置 100 と同様の効果を有することができる。

【0076】

発光装置 110 では、凹部 40 の深さ H は、距離 L と同じである。そのため、発光装置 110 では、凹部 40 の底面 40b が第 2 半導体層 28 の面である場合に比べて、より活性層 26 に近い位置での平面方向の平均屈折率を低くすることができる。したがって、発光装置 110 では、活性層 26 から漏れる光の量を、より低減することができる。

【0077】

1.3.2. 第 2 変形例

次に、第 1 実施形態の第 2 変形例に係る発光装置について、図面を参照しながら説明する。図 8 は、第 1 実施形態の第 2 変形例に係る発光装置 120 を模式的に示す断面図である。

40

【0078】

上述した発光装置 100 では、図 1 に示すように、凹部 40 の底面 40b は、第 2 半導体層 28 の面であった。これに対し、発光装置 120 では、図 8 に示すように、凹部 40 の底面 40b は、エッチングストッパー層 29 の面である。

【0079】

発光装置 120 では、積層体 20 は、エッチングストッパー層 29 を有している。エッ

50

エッチングストッパー層 29 は、活性層 26 と第 2 半導体層 28 との間に設けられている。エッチングストッパー層 29 は、例えば、第 2 導電型（例えば p 型）の AlGaIn 層（具体的には Mg がドーパされた GaIn 層）などである。第 2 半導体層 28 およびエッチングストッパー層 29 がともに AlGaIn 層である場合、エッチングストッパー層 29 は、第 2 半導体層 28 よりも多くの Al を含んでいる。エッチングストッパー層 29 が Al を含むことにより、エッチングストッパー層 29 は、凹部 40 を形成する工程（ステップ S14）において、エッチングストッパーとして機能することができる。

【0080】

凹部 40 は、エッチングによって形成される。凹部 40 をドライエッチングによって形成する場合、凹部 40 を形成するためのエッチングに用いられるエッチングガスに対する、エッチングストッパー層 29 のエッチング速度は、第 2 半導体層 28 のエッチング速度よりも小さい。または、凹部 40 をウェットエッチングによって形成する場合、凹部 40 を形成するためのエッチングに用いられるエッチング液に対する、エッチングストッパー層 29 のエッチング速度は、第 2 半導体層 28 のエッチング速度よりも小さい。

10

【0081】

エッチングストッパー層 29 は、例えば、MOCVD 法、MBE 法などにより形成される。

【0082】

発光装置 120 は、上述した発光装置 100 と同様の効果を有することができる。

【0083】

発光装置 120 では、積層体 20 は、活性層 26 と第 2 半導体層 28 との間に、エッチングストッパー層 29 を有している。そのため、発光装置 120 の製造方法では、凹部 40 を形成するためのエッチングによって、活性層 26 がエッチングされることを抑制することができる。活性層 26 の膜厚を所望の値にすることができる。

20

【0084】

1.3.3. 第 3 変形例

次に、第 1 実施形態の第 3 変形例に係る発光装置について、図面を参照しながら説明する。図 9 は、第 1 実施形態の第 3 変形例に係る発光装置 130 を模式的に示す断面図である。

【0085】

発光装置 130 では、図 9 に示すように、第 2 電極 52 上に導電層 56 が設けられている点において、上述した発光装置 100 と異なる。

30

【0086】

導電層 56 は、第 2 電極 52 に設けられた貫通孔 54 を覆っている。導電層 56 の厚さは、例えば、第 2 電極 52 の厚さよりも大きい。導電層 56 は、例えば、Au 層、Pt 層、Ni 層などである。

【0087】

導電層 56 は、積層体 20 に凹部 40 を形成した（ステップ S14）後に、例えば、斜め蒸着により形成される。これにより、導電層 56 が（導電層 56 を形成するための金属が）凹部 40 に進入することを抑制することができる。凹部 40 に導電層 56 が進入すると、凹部 40 に進入した導電層 56 によって、活性層 26 で発生した光が吸収されてしまう場合がある。

40

【0088】

発光装置 130 は、上述した発光装置 100 と同様の効果を有することができる。

【0089】

発光装置 130 では、第 2 電極 52 上に、貫通孔 54 を覆って導電層 56 が設けられている。そのため、第 2 電極 52 および導電層 56 を流れる電流に対して、平面方向の抵抗を低くすることができる。

【0090】

1.3.4. 第 4 変形例

50

次に、第1実施形態の第4変形例に係る発光装置について、図面を参照しながら説明する。図10は、第1実施形態の第4変形例に係る発光装置140を模式的に示す断面図である。

【0091】

上述した発光装置100では、図1に示すように、低屈折率部42は、空隙であった。これに対し、発光装置140では、図10に示すように、低屈折率部42は、空隙ではない。

【0092】

発光装置140では、低屈折率部42の材質は、AlGa<sub>N</sub>、AlN、InAlN、酸化シリコン、窒化シリコン、ポリイミドなどである。低屈折率部42は、例えば、MOCVD法、MBE法、CVD(Chemical Vapor Deposition)法などによって形成される。

【0093】

発光装置140は、上述した発光装置100と同様の効果を有することができる。

【0094】

2. 第2実施形態

2.1. 発光装置

次に、第2実施形態に係る発光装置について、図面を参照しながら説明する。図11は、第2実施形態に係る発光装置200を模式的に示す断面図である。

【0095】

以下、第2実施形態に係る発光装置200において、上述した第1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。

【0096】

上述した発光装置100では、図1に示すように、第2電極52には貫通孔54が設けられていた。これに対し、発光装置200では、図11に示すように、第2電極52には、貫通孔54は設けられていない。なお、図11では、発光装置200の第1領域2における平面方向の光強度を模式的に示している。

【0097】

発光装置200では、第2電極52は、第2半導体層28上、および低屈折率部42上に(低屈折率部42の基体10側とは反対側に)設けられている。第2電極52は、例えば、凹部40を封止するように設けられている。

【0098】

発光装置200では、積層体20は、複数の柱状部30を有している。第2半導体層28は、柱状部30を構成している柱状部形成部28aと、凹部40が設けられている凹部形成部28bと、を有している。凹部形成部28bは、柱状部形成部28a上に設けられている。

【0099】

柱状部30は、第1半導体層24と、活性層26と、第2半導体層28の柱状部形成部28aと、を有している。図示の例では、柱状部30は3つ設けられているが、その数は特に限定されない。柱状部30の平面パターンは、例えば、ストライプ状、ドット状、格子状であり、ドット状である場合、ドットの平面形状は、六角形など多角形、円などである。

【0100】

ドット状である場合の柱状部30の径(例えば、柱状部30の平面形状が多角形の場合は、該多角形を内部に含む最小の円(最小包含円)の直径、柱状部30の平面形状が円の場合は、直径)は、凹部40の開口径Dよりも大きい。隣り合う柱状部30の間隔は、隣り合う凹部40の間隔よりも大きい。複数の凹部40は、所定の方向(例えば活性層26の第1側面26aから第2側面26bに向かう方向)に第1ピッチP1で配列されている。複数の柱状部30は、所定の方向に(複数の凹部40が配列されている方向に)第2ピ

10

20

30

40

50

ッチ P 2 で配列されている。第 1 ピッチ P 1 は、第 2 ピッチ P 2 よりも小さい。

【 0 1 0 1 】

柱状部 3 0 の径は、例えば、1 0 n m 以上 1 μ m 以下である。柱状部 3 0 の積層方向の大きさは、例えば、0 . 1 μ m 以上 5 μ m 以下である。隣り合う柱状部 3 0 の間隔は、例えば、1 n m 以上 5 0 0 n m 以下である。

【 0 1 0 2 】

発光装置 2 0 0 では、活性層 2 6 で発生した光は、例えば、複数の柱状部 3 0 のうち最も一方側に位置している柱状部 3 0 a の一方側の側面 2 6 a と、複数の柱状部 3 0 のうち最も他方に位置している柱状部 3 0 b の他方側の側面 2 6 b と、の間で多重反射して定在波を形成する。発光装置 1 0 0 では、複数の柱状部 3 0 によって、平面視において複数の柱状部 3 0 が設けられた領域に、光を閉じ込めることができる。そして、活性層 2 6 で発生した光は、レーザー発振し、発光装置 2 0 0 は、第 1 側面 2 6 a または第 2 側面 2 6 b からレーザー光を出射する。なお、発光装置 2 0 0 では、複数の柱状部 3 0 を有していることにより、+ 1 次回折光および - 1 次回折光をレーザー光として、積層方向に出射してもよい。

10

【 0 1 0 3 】

発光装置 2 0 0 は、凹部 4 0 が設けられているため、上述した発光装置 1 0 0 と同様に、第 2 電極 5 2 による光の吸収を低減することができる。図 1 2 に示すように、積層体 1 0 2 0 に凹部が設けられていない発光装置 2 0 0 0 ( 参考例に係る発光装置 2 0 0 0 ) では、積層体 1 0 2 0 は、活性層 1 0 2 6 で発生した光が第 2 電極 1 0 5 2 側に漏れて、第 2 電極 1 0 5 2 において吸収され、損失となる場合がある。

20

【 0 1 0 4 】

柱状部 3 0 と柱状部 3 0 との間は例えば空隙であるため、柱状部 3 0 を設けることにより、柱状部 3 0 が設けられた部分の平面方向の平面屈折率が低くなる。しかし、発光装置 2 0 0 では、柱状部 3 0 が設けられていても、凹部 4 0 を設けることによって、活性層 2 6 で発生した光が第 2 電極 5 2 側へ漏れることを抑制することができる。

【 0 1 0 5 】

発光装置 2 0 0 では、第 1 ピッチ P 1 は、第 2 ピッチ P 2 よりも小さい。そのため、発光装置 2 0 0 では、活性層 2 6 で発生した光を閉じ込める効果が、複数の凹部 4 0 の影響を受けることを抑制することができる。

30

【 0 1 0 6 】

発光装置 2 0 0 では、低屈折率部 4 2 上に第 2 電極 5 2 が設けられている。そのため、発光装置 2 0 0 では、低屈折率部 4 2 上に第 2 電極 5 2 が設けられていない場合に比べて、第 2 電極 5 2 の平面方向における抵抗を小さくすることができる。

【 0 1 0 7 】

なお、図示はしないが、発光装置 2 0 0 は、図 1 に示す発光装置 1 0 0 のように、柱状部 3 0 を有していなくてもよい。

【 0 1 0 8 】

また、発光装置 2 0 0 は、図 7 に示す発光装置 1 1 0 のように、凹部 4 0 の底面 4 0 b が活性層 2 6 の面であってもよい。

40

【 0 1 0 9 】

また、発光装置 2 0 0 は、図 8 に示す発光装置 1 2 0 のように、積層体 2 0 は、活性層 2 6 と第 2 半導体層 2 8 との間に、エッチングストッパー層 2 9 を有していてもよい。

【 0 1 1 0 】

また、発光装置 2 0 0 は、図 1 0 に示す発光装置 1 4 0 のように、低屈折率部 4 2 は空隙でなくともよい。

【 0 1 1 1 】

2 . 2 . 発光装置の製造方法

次に、第 2 実施形態に係る発光装置 2 0 0 の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図 1 3 は、第 2 実施形態に係る発光装置 2 0 0 の製造方法を説明するためのフロ

50

ーチャートである。図14～図18は、第2実施形態に係る発光装置200の製造工程を模式的に示す断面図である。なお、図17および図18は、凹部40近傍の拡大図である。

【0112】

以下、第2実施形態に係る発光装置200の製造方法において、上述した第1実施形態に係る発光装置100の例と異なる点について説明し、同様の点については説明を省略または簡略する。

【0113】

基体10に、バッファ層22、第1半導体層24、活性層26、および第2半導体層28をこの順で形成して、積層体20を形成する(ステップS21)。

10

【0114】

具体的には、まず、図14に示すように、基体10上に、バッファ層22をエピタキシャル成長させる。次に、バッファ層22上に、例えばTi層(図示せず)をスパッタ法などにより形成する。次に、該Ti層上にレジスト層(図示せず)を塗布し、電子線リソグラフィなどによってレジスト層をパターンングした後、Ti層を、例えば、Cl<sub>2</sub>ガスをエッチングガスとしてICP(Inductively Coupled Plasma)装置を用いてエッチングする。

【0115】

次に、図15に示すように、エッチングされたTi層をマスクとして、バッファ層22上に、第1半導体層24、活性層26、および第2半導体層28をこの順でエピタキシャル成長させて、柱状部30を形成する。例えば、第2半導体層28の成長温度を調整することによって、第2半導体層28の上部では、柱状部30が互いに連続した形状とすることができる。以上により、積層体20を形成することができる。

20

【0116】

次に、図16に示すように、積層体20の上面20aに、低屈折率部42が設けられた凹部40を形成する(ステップS22)。

【0117】

具体的には、積層体20上に、例えばSiO<sub>2</sub>層(図示せず)をスパッタ法などにより形成する。次に、該SiO<sub>2</sub>層上にレジスト層(図示せず)を塗布し、電子線リソグラフィなどによってレジスト層をパターンングした後、SiO<sub>2</sub>層を、例えば、CF<sub>4</sub>などのフッ素系ガスでエッチングする。次に、フッ素系ガスで第2半導体層28に凹部40を形成する。以上により、低屈折率部42が設けられた凹部40を形成することができる。

30

【0118】

次に、積層体20上および低屈折率部42上に第2電極52を形成する(ステップS23)。

【0119】

具体的には、図17に示すように、積層体20の上面20aに、真空蒸着法により第2電極52となる金属52aを蒸着させる。真空蒸着法での成膜は、直進性が高いため、金属52aは、凹部40の内側面40aには、ほとんど回り込まない。また、金属52aが上面20aに付着すると、付着した金属52aがマスクとして作用して、金属52aの断面は球状となって、金属52aの堆積が進行する。そして、蒸着を続けていくと、金属52a同士が接続して、図18に示すように、膜状の金属52bとなる。一旦、金属52a同士が接続して膜状の金属52bとなると、その後は、凹部40に金属が入り込むことはなくなる。以上の工程により、図11に示すように、第2電極52を形成することができる。なお、第2電極52のパターンングは、リフトオフ法を用いてもよいし、フォトリソグラフィおよびエッチングを用いてもよい。

40

【0120】

次に、バッファ層22の第2上面22bに、第1電極50を形成する(ステップS24)。

【0121】

50

以上の工程により、発光装置 200 を製造することができる。

【0122】

3. 第3実施形態

次に、第3実施形態に係るプロジェクターについて、図面を参照しながら説明する。図19は、第3実施形態に係るプロジェクター900を模式的に示す図である。

【0123】

本発明に係るプロジェクターは、本発明に係る発光装置を含む。以下では、本発明に係る発光装置として発光装置100を含むプロジェクター900について説明する。

【0124】

プロジェクター900は、筐体（図示せず）と、筐体内に備えられている赤色光、緑色光、青色光をそれぞれ出射する赤色光源100R、緑色光源100G、青色光源100Bと、を含む。赤色光源100R、緑色光源100G、および青色光源100Bの各々は、例えば、複数の発光装置100を積層方向と直交する方向にアレイ状に配置させ、複数の発光装置100において基体10を共通基板としたものである。光源100R、100G、100Bの各々を構成する発光装置100の数は、特に限定されない。なお、便宜上、図19では、プロジェクター900を構成する筐体を省略し、さらに光源100R、100G、100Bを簡略化している。

10

【0125】

プロジェクター900は、さらに、筐体内に備えられているレンズアレイ902R、902G、902B、透過型の液晶ライトバルブ（光変調装置）904R、904G、904B、および投射レンズ（投射装置）908を含む。

20

【0126】

光源100R、100G、100Bから出射された光は、各レンズアレイ902R、902G、902Bに入射する。光源100R、100G、100Bから出射された光は、レンズアレイ902R、902G、902Bによって、集光され、例えば重畳（一部重畳）されることができる。これにより、均一性よく液晶ライトバルブ904R、904G、904Bを照射することができる。

【0127】

各レンズアレイ902R、902G、902Bによって集光された光は、各液晶ライトバルブ904R、904G、904Bに入射する。各液晶ライトバルブ904R、904G、904Bは、入射した光をそれぞれ画像情報に応じて変調する。そして、投射レンズ908は、液晶ライトバルブ904R、904G、904Bによって形成された像（画像）を拡大してスクリーン（表示面）910に投射する。

30

【0128】

また、プロジェクター900は、液晶ライトバルブ904R、904G、904Bから出射された光を合成して投射レンズ908に導くクロスダイクロイックプリズム（色光合成手段）906を、含むことができる。

【0129】

各液晶ライトバルブ904R、904G、904Bによって変調された3つの色光は、クロスダイクロイックプリズム906に入射する。このプリズムは、4つの直角プリズムを貼り合わせて形成され、その内面に赤色光を反射する誘電体多層膜と青色光を反射する誘電体多層膜とが十字状に配置されている。これらの誘電体多層膜によって3つの色光が合成され、カラー画像を表す光が形成される。そして、合成された光は、投射光学系である投射レンズ908によりスクリーン910上に投射され、拡大された画像が表示される。

40

【0130】

なお、光源100R、100G、100Bは、光源100R、100G、100Bを構成する発光装置100を映像の画素として画像情報に応じて制御する（変調する）ことで、液晶ライトバルブ904R、904G、904Bを用いずに、直接的に映像を形成してもよい。そして、投射レンズ908は、光源100R、100G、100Bによって形成

50

された映像を、拡大してスクリーン 910 に投射してもよい。

#### 【0131】

また、上記の例では、光変調装置として透過型の液晶ライトバルブを用いたが、液晶以外のライトバルブを用いてもよいし、反射型のライトバルブを用いてもよい。このようなライトバルブとしては、例えば、反射型の液晶ライトバルブや、デジタルマイクロミラーデバイス (Digital Micromirror Device) が挙げられる。また、投射光学系の構成は、使用されるライトバルブの種類によって適宜変更される。

#### 【0132】

また、光源 100R, 100G, 100B を、光源 100R, 100G, 100B からの光をスクリーン上で走査させることにより、表示面に所望の大きさの画像を表示させる画像形成装置である走査手段を有するような走査型の画像表示装置 (プロジェクター) の光源装置にも適用することが可能である。

10

#### 【0133】

本発明に係る発光装置の用途は、上述した実施形態に限定されず、プロジェクター以外にも、屋内外の照明、ディスプレイのバックライト、レーザープリンター、スキャナー、車載用ライト、光を用いるセンシング機器、通信機器等の光源としても用いることが可能である。

#### 【0134】

##### 4. 実験例

以下に実験例を示し、本発明をより具体的に説明する。なお、本発明は、以下の実験例によって何ら限定されるものではない。

20

#### 【0135】

##### 4.1. モデル

##### 4.1.1. 第1モデル

図1に示すような発光装置の第1領域2におけるモデルを第1モデルとして用いて、シミュレーションを行った。第1半導体層24を、 $Al_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層 (厚さ無限大) とした。第1ガイド層6aを、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層 (厚さ1.5nm) と GaN 層 (厚さ1.5nm) とを20ペア重ねたSL構造とした。量子井戸層6bを、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層 (厚さ3nm) と GaN 層 (厚さ12nm) とを5ペア重ねたMQW構造とした。第2ガイド層6cを、 $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層 (厚さ1.5nm) と GaN 層 (厚さ1.5nm) とを20ペア重ねたSL構造とした。第2半導体層28を、GaN層とし、凹部40の深さを無限大とした。凹部40の底面40bと活性層26との間の距離を100nmとした。凹部40を通る平面方向に平行な平面で切断した場合に、凹部40の断面積 $S_A$ と第2半導体層28の断面積 $S_B$ との比 ( $S_A / (S_A + S_B)$ ) が25%となるようにした。

30

#### 【0136】

##### 4.1.2. 第2モデル

第2モデルでは、凹部40を設けなかったこと以外は、第1モデルと同じである。すなわち、第2モデルでは、比 ( $S_A / (S_A + S_B)$ ) は、0%である。

40

#### 【0137】

##### 4.2. 計算結果

上記のような第1モデルおよび第2モデルにおいて、一次元転送行列法により、積層方向の光閉じ込めについて計算した。図20は、第1モデルのシミュレーションの結果である。図21は、第2モデルのシミュレーションの結果である。図20および図21では、横軸は、積層方向の位置を示し、縦軸は、積層方向の位置における平面方向の平均屈折率および電界強度を示している。なお、活性層は、屈折率の異なる2種類の層が多数積層されて構成されているため、図20および図21に示す屈折率のグラフでは黒く塗りつぶされたようになっている。

#### 【0138】

図20および図21に示すように、量子井戸層への閉じ込め係数は、第2モデルでは

50

4.45%であったのに対し、第1モデルでは5.57%に改善されていることがわかった。さらに、第2モデルでは、第2半導体層側に1 $\mu$ m程度光が漏れているのに対し、第1モデルでは第2半導体層側への光の漏れを、200nm~300nm程度に抑えることができた。したがって、凹部を設けることにより、第2半導体層側への光の漏れを抑制できることがわかった。

【0139】

なお、図20および図21では、有効屈折率 $n_{eq}(0)$ 、および量子井戸層における $In_{0.2}Ga_{0.8}N$ 層とGaN層との1ペア当たりの閉じ込め係数 $\Gamma/QW$ も示している。

【0140】

例えば第2半導体層を厚くすることで第2電極での光の損失を抑制することもできるが、第2半導体層の厚膜化は抵抗の増大に直結する。比 $(S_A / (S_A + S_B))$ を25%とすることによって第2半導体層の抵抗率が1.3倍に増大したとしても、第2半導体層の厚さを、凹部を形成しない場合に比べて1/4程度に抑えることができれば、第2半導体層の抵抗の増大を抑制することができる。

【0141】

本発明は、本願に記載の特徴や効果を有する範囲で一部の構成を省略したり、各実施形態や変形例を組み合わせたりしてもよい。

【0142】

本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的でない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

【符号の説明】

【0143】

2...第1領域、4...第2領域、6a...第1ガイド層、6b...量子井戸層、6c...第2ガイド層、10...基体、20...積層体、20a...上面、22...バッファー層、22a...第1上面、22b...第2上面、24...第1半導体層、26...活性層、26a...第1側面、26b...第2側面、28...第2半導体層、28a...柱状部形成部、28b...凹部形成部、29...エッチングストッパー層、30, 30a, 30b...柱状部、40...凹部、40a...内側面、40b...底面、42...低屈折率部、50...第1電極、52...第2電極、52a, 52b...金属、54...貫通孔、56...導電層、100...発光装置、100R, 100G, 100B...光源、110, 120, 130, 140, 200...発光装置、900...プロジェクター、902R, 902G, 902B...レンズアレイ、904R, 904G, 904B...液晶ライトバルブ、906...クロスダイクロイックプリズム、908...投射レンズ、910...スクリーン、1000...発光装置、1010...基体、1020...積層体、1022...バッファー層、1024...第1半導体層、1026...活性層、1028...第2半導体層、1050...第1電極、1052...第2電極、2000...発光装置

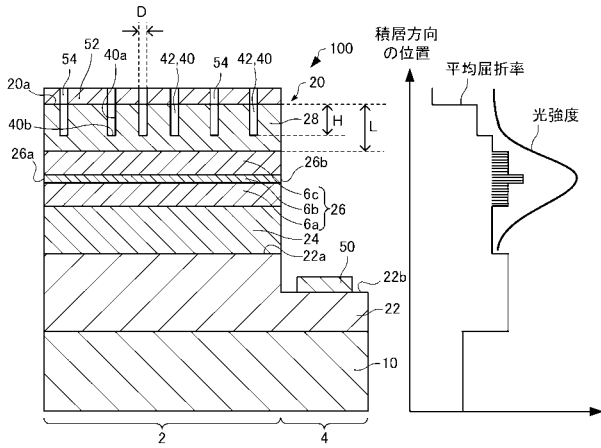
10

20

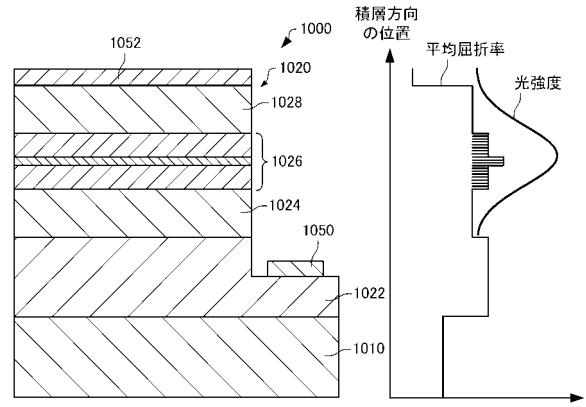
30

40

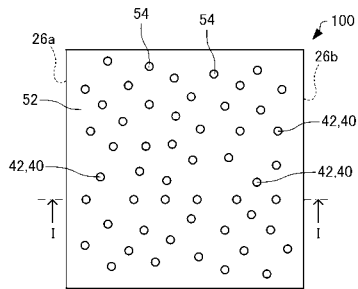
【図1】



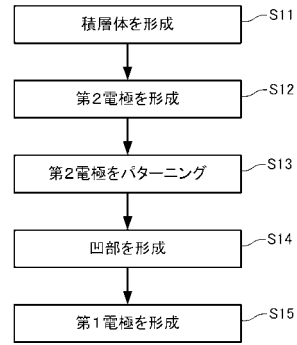
【図3】



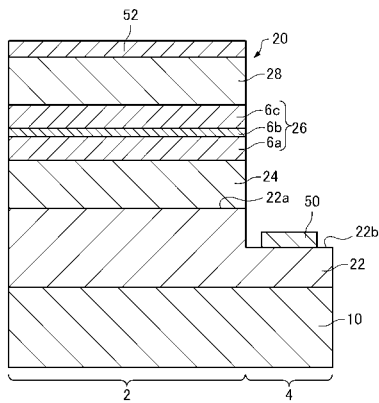
【図2】



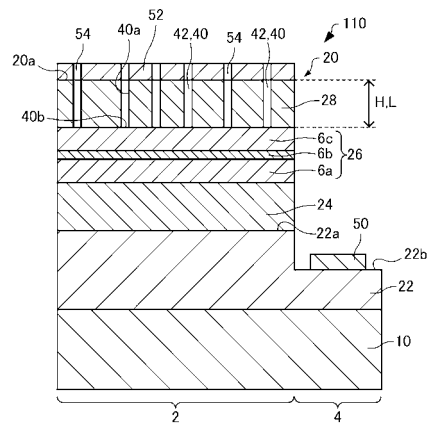
【図4】



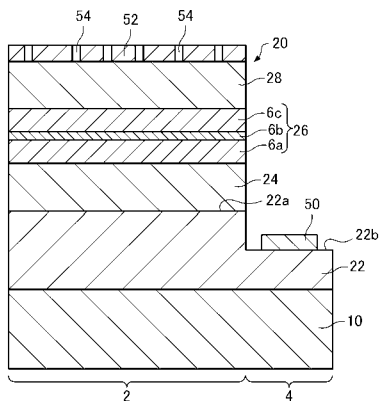
【図5】



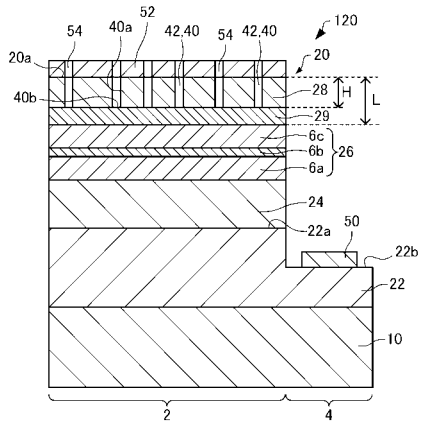
【図7】



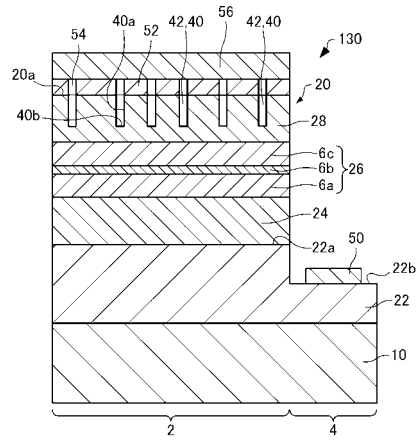
【図6】



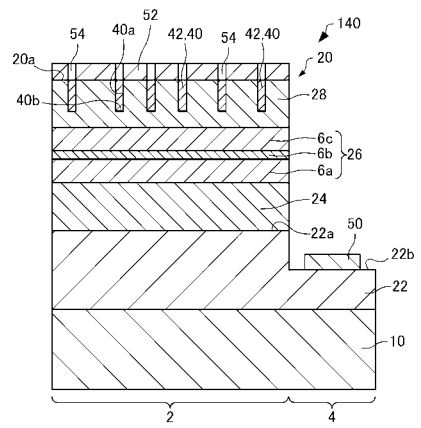
【 図 8 】



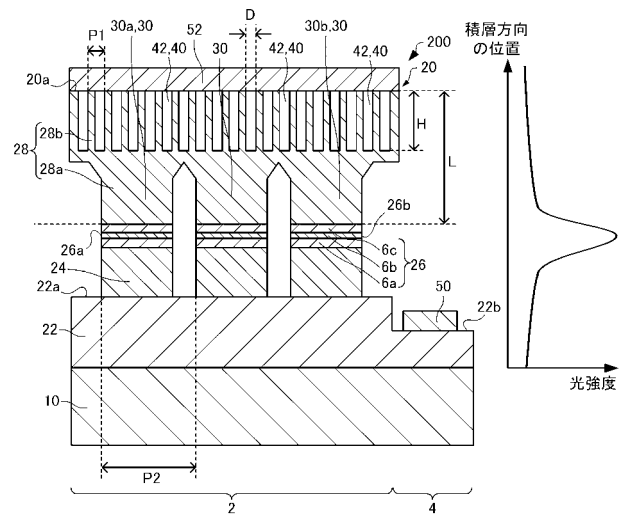
【 図 9 】



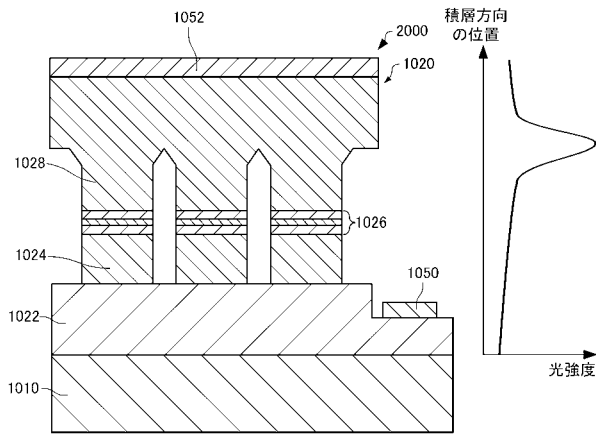
【 図 10 】



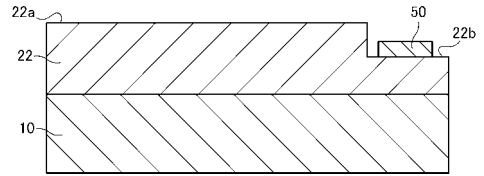
【 図 11 】



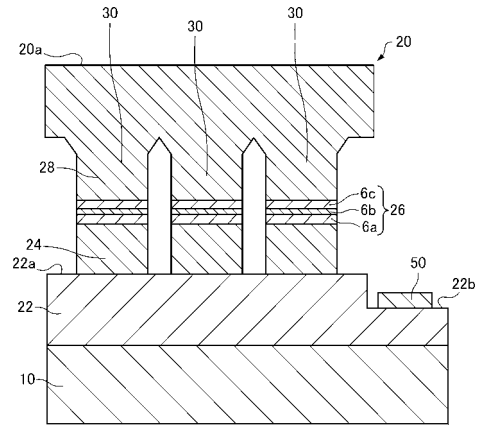
【図12】



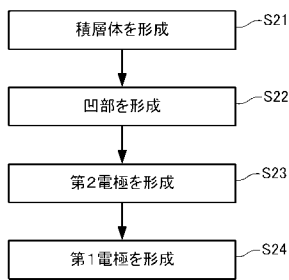
【図14】



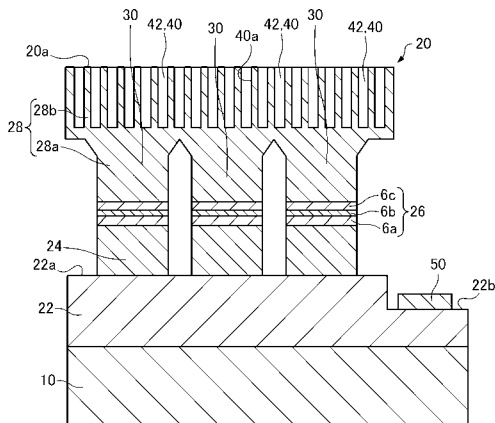
【図15】



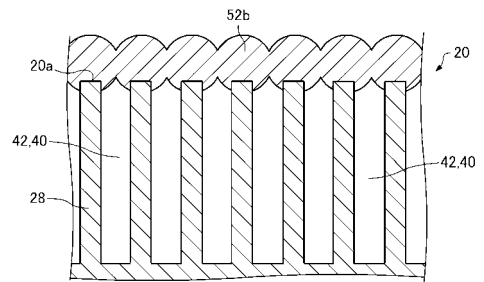
【図13】



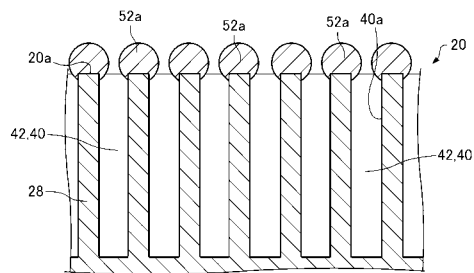
【図16】



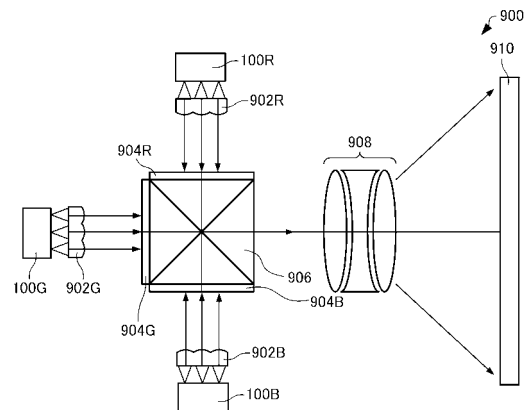
【図18】



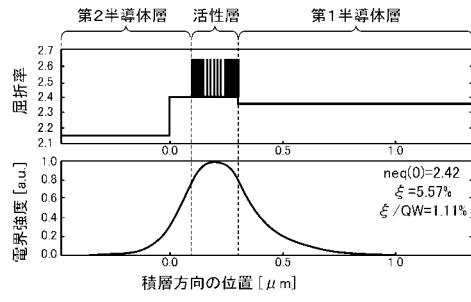
【図17】



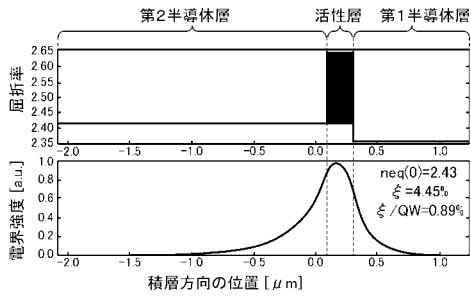
【図19】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2K203 FA03 FA23 FA34 FA44 FA54 FA62 GA19 MA04  
5F173 AA02 AB90 AF12 AF20 AF32 AF40 AF52 AF60 AG05 AH22  
AK21 AK22 AP05 AP09 AP13 AP20 AP33 AP47 AP71 AP81  
AR26 AR82 MA06 MA10