(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7110580号
(P7110580)

(45)発行日 令和4年8月2日(2022.8.2)
(24)登録日 令和4年7月25日(2022.7.25)

(51)国際特許分類

		FI		
H01S	5/20 (2006.01)	H01S	5/20	610
H01S	5/30 (2006.01)	H01S	5/30	
G02F	1/13357(2006.01)	G02F	1/13357	
G03B	21/14 (2006.01)	G03B	21/14	A
G03B	21/00 (2006.01)	G03B	21/00	D

請求項の数 6 (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)
(65)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)
審査請求日 令和2年10月5日(2020.10.5)

(73)特許権者 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 大渕 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
審査官 村川 雄一

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)【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量子井戸層と、

前記第１半導体層と前記量子井戸層との間に設けられた第１ガイド層と、

前記第２半導体層と前記量子井戸層との間に設けられた第２ガイド層と、

を有し、

前記第１半導体層は、前記基体と前記量子井戸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、前記第２ガイド層と、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、

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、前記第１ガイド層と、前記量子井戸層と、前記第２

ガイド層と、前記第２半導体層と、を有し、
前記低屈折率部は、空隙であり、
複数の前記柱状部によって、平面視で複数の前記柱状部が設けられた領域に、光を閉じ込め、
前記凹部は、前記第２半導体層で規定され、
前記低屈折率部の前記基体側とは反対側、および前記凹部の内側面に、前記電極が設けられ、
前記電極は、前記凹部の内側面と接触し、かつ前記凹部の底面と離隔している、発光装置。
【請求項２】
請求項１において、
前記凹部の底面は、前記第２ガイド層の面である、発光装置。
【請求項３】
請求項１または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】
基体に、第１半導体層、第１ガイド層、量子井戸層、第２ガイド層、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、
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、前記第２ガイド層と、の間の距離以下となるように、前記凹部を形成し、
前記凹部を前記第２半導体層で規定し、
前記積層体を形成する工程では、
複数の柱状部を有する前記積層体を形成し、
前記柱状部は、前記第１半導体層と、前記第１ガイド層と、前記量子井戸層と、前記第２ガイド層と、前記第２半導体層と、を有し、
前記低屈折率部は、空隙であり、
複数の前記柱状部によって、平面視で複数の前記柱状部が設けられた領域に、光を閉じ込め、
前記電極を形成する工程では、
前記低屈折率部の前記基体側とは反対側、および前記凹部の内側面に、前記電極を形成し、
前記電極を、前記凹部の内側面と接触させ、かつ前記前記凹部の底面と離隔させる、発光装置の製造方法。
【請求項５】
請求項４において、
前記凹部の底面は、前記第２ガイド層の面である、発光装置の製造方法。
【請求項６】
請求項１ないし３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）。
【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】
【文献】特開２００７－４９０６２号公報
【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。
【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。
【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電極側への漏れ量こと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。

【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。

【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。

【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、

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。

【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。

【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、
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。

【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】

【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。
【図１１】第２実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。
【図１２】参考例に係る発光装置を模式的に示す断面図。
【図１３】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１４】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１５】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１６】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１７】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１８】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１９】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２０】第１モデルのシミュレーションの結果。
【図２１】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

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。

【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、バッファー層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る。

【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）のことである。

【００３３】

バッファー層２２は、基体１０上に設けられている。バッファー層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】

バッファー層２２は、第１上面２２ａと、第２上面２２ｂと、を有している。第１上面２２ａ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２２ｂ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２２ｂは、第１上面２２ａ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２２ａと重なっている第１領域２と、第２上面２２ｂと重なっている第２領域４と、を有している。

【００３５】

なお、図１では、発光装置１００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、バッファー層２２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（バッファー層２２の屈折率）である。

【００３６】

また、便宜上、図２では、発光装置１００の第２領域４の図示を省略している。

【００３７】

第１半導体層２４は、バッファー層２２上に設けられている。第１半導体層２４は、基体１０と活性層２６との間に設けられている。第１半導体層２４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）、ＡｌＧａＮ層などである。

【００３８】

活性層２６は、第１半導体層２４上に設けられている。活性層２６は、第１半導体層２４と第２半導体層２８との間に設けられている。活性層２６は、第１側面２６ａと、第２側面２６ｂと、を有している。側面２６ａ，２６ｂ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２６は、第１ガイド層６ａと、量子井戸層６ｂと、第２ガイド層６ｃと、を有している。

【００３９】
　第１ガイド層６ａは、第１半導体層２４上に設けられている。第１ガイド層６ａは、例えば、ＧａＮ層とＩｎＧａＮ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６ａを構成するＧａＮ層およびＩｎＧａＮ層の数は、特に限定されない。第１ガイド層６ａを構成するＧａＮ層の屈折率とＩｎＧａＮ層の屈折率との平均は、第１半導体層２４の屈折率よりも高い。
【００４０】
　量子井戸層６ｂは、第１ガイド層６ａ上に設けられている。量子井戸層６ｂ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６ｂは、例えば、ＧａＮ層とＩｎＧａＮ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６ｂを構成するＧａＮ層およびＩｎＧａＮ層の数は、特に限定されない。量子井戸層６ｂを構成するＧａＮ層の屈折率とＩｎＧａＮ層の屈折率との平均は、第１ガイド層６ａを構成するＧａＮ層の屈折率とＩｎＧａＮ層の屈折率との平均、および第２ガイド層６ｃを構成するＧａＮ層の屈折率とＩｎＧａＮ層の屈折率との平均よりも高い。
【００４１】
　第２ガイド層６ｃは、量子井戸層６ｂ上に設けられている。第２ガイド層６ｃは、例えば、ＧａＮ層とＩｎＧａＮ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６ｃを構成するＧａＮ層およびＩｎＧａＮ層の数は、特に限定されない。第２ガイド層６ｃを構成するＧａＮ層の屈折率とＩｎＧａＮ層の屈折率との平均は、第２半導体層２８の屈折率よりも高い。ガイド層６ａ，６ｃは、量子井戸層６ｂ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。
【００４２】
　第２半導体層２８は、活性層２６上に設けられている。第２半導体層２８は、第１半導体層２４と導電型の異なる層である。第２半導体層２８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）、ＡｌＧａＮ層などである。半導体層２４，２８は、活性層２６に光を閉じ込める（活性層２６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。
【００４３】
　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。凹部４０は、積層体２０の上面２０ａに開口を有している。上面２０ａは、積層体２０の基体１０側とは反対側の面である。図示の例では、上面２０ａ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２０ａと、凹部４０の内側面４０ａおよび底面４０ｂ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４０ａおよび底面４０ｂ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２０ａ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。
【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、５ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。隣り合う凹部４０の間隔は、例えば、５ｎｍ以上５００ｎ

ｍ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。

【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。

【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、ε_1は、第２半導体層２８の誘電率である。ε_2は、低屈折率部４２の誘電率である。φ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Ｓ１と、低屈折率部４２の断面積Ｓ２と、の比（Ｓ１／（Ｓ１＋Ｓ２）））である。低屈折率部４２が空隙の場合は、ε_2は空気の誘電率となる。

【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、バッファー層２２上に設けられている。図示の例では、第１電極５０は、バッファー層２２の第２上面２２ｂに設けられている。バッファー層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と電気的に接続されている。図示の例では、第１電極５０は、バッファー層２２を介して、第１半導体層２４と電気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、バッファー層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。

【００５４】

なお、図示はしないが、積層体２０は、第１電極５０とバッファー層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。

【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。

【００５７】

また、上記では、ＩｎＧａＮ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、ＡｌＧａＮ系、ＡｌＧａＡｓ系、ＩｎＧａＡｓ系、ＩｎＧａＡｓＰ系、ＩｎＰ系、ＧａＰ系、ＡｌＧａＰ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。

【００６０】

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、バッファー層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。

【００６１】

さらに、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。

【００６２】

発光装置１００では、低屈折率部４２は、空隙である。そのため、発光装置１００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。

【００６３】

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１００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１００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１００の製造工程を模式的に示す断面図である。

【００６４】

図５に示すように、基体１０に、バッファー層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、バッファー層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。

【００６５】

なお、バッファー層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、バッファー層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、バッファー層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、バッファー層２２の第２上面２２ｂを露出させてもよい。

【００６６】

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。

【００６７】

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ー、コロイドリソグラフィー（ｃｏｌｌｏｉｄａｌ ｌｉｔｈｏｇｒａｐｈｙ）などを用いて行われる。コロイドリソグラフィーは、大量生産に適した簡便な方法である。

【００６８】

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、凹部４０を形成する。

【００６９】

次に、バッファー層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。

【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。

【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。

【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。

【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ＡｌＧａＮ層（具体的にはＭｇがドープされたＧａＮ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ＡｌＧａＮ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。

【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、活性層２６の膜厚を所望の値にすることができる。

【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。

【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。

【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

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、ＡｌＧａＮ、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ピッチＰ２で配列されている。第１ピッチＰ１は、第２ピッチＰ２よりも小さい。
【０１０１】
柱状部３０の径は、例えば、１０ｎｍ以上１μｍ以下である。柱状部３０の積層方向の大きさは、例えば、０．１μｍ以上５μｍ以下である。隣り合う柱状部３０の間隔は、例えば、１ｎｍ以上５００ｎｍ以下である。
【０１０２】
発光装置２００では、活性層２６で発生した光は、例えば、複数の柱状部３０のうち最も一方側に位置している柱状部３０ａの一方側の側面２６ａと、複数の柱状部３０のうち最も他方に位置している柱状部３０ｂの他方側の側面２６ｂと、の間で多重反射して定在波を形成する。発光装置２００では、複数の柱状部３０によって、平面視において複数の柱状部３０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２６で発生した光は、レーザー発振し、発光装置２００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。なお、発光装置２００では、複数の柱状部３０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。
【０１０３】
発光装置２００は、凹部４０が設けられているため、上述した発光装置１００と同様に、第２電極５２による光の吸収を低減することができる。図１２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２０００（参考例に係る発光装置２０００）で

は、積層体１０２０は、活性層１０２６で発生した光が第２電極１０５２側に漏れて、第２電極１０５２において吸収され、損失となる場合がある。

【０１０４】

柱状部３０と柱状部３０との間は例えば空隙であるため、柱状部３０を設けることにより、柱状部３０が設けられた部分の平面方向の平均屈折率が低くなる。しかし、発光装置２００では、柱状部３０が設けられていても、凹部４０を設けることによって、活性層２６で発生した光が第２電極５２側へ漏れることを抑制することができる。

【０１０５】

発光装置２００では、第１ピッチＰ１は、第２ピッチＰ２よりも小さい。そのため、発光装置２００では、活性層２６で発生した光を閉じ込める効果が、複数の凹部４０の影響を受けることを抑制することができる。

【０１０６】

発光装置２００では、低屈折率部４２上に第２電極５２が設けられている。そのため、発光装置２００では、低屈折率部４２上に第２電極５２が設けられていない場合に比べて、第２電極５２の平面方向における抵抗を小さくすることができる。

【０１０７】

なお、図示はしないが、発光装置２００は、図１に示す発光装置１００のように、柱状部３０を有していなくてもよい。

【０１０８】

また、発光装置２００は、図７に示す発光装置１１０のように、凹部４０の底面４０ｂが活性層２６の面であってもよい。

【０１０９】

また、発光装置２００は、図８に示す発光装置１２０のように、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を有していてもよい。

【０１１０】

また、発光装置２００は、図１０に示す発光装置１４０のように、低屈折率部４２は空隙でなくてもよい。

【０１１１】

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２００の製造方法について、図面を参照しながら説明する。図１３は、第２実施形態に係る発光装置２００の製造方法を説明するためのフローチャートである。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、バッファー層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）。

【０１１４】

具体的には、まず、図１４に示すように、基体１０上に、バッファー層２２をエピタキシャル成長させる。次に、バッファー層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ーなどによってレジスト層をパターニングした後、Ｔｉ層を、例えば、Cl_2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、バッファー層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。

【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_2層（図示せず）をスパッタ法などにより形成する。次に、該SiO_2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ーなどによってレジスト層をパターニングした後、SiO_2層を、例えば、CF_4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。

【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のパターニングは、リフトオフ法を用いてもよいし、フォトリソグラフィーおよびエッチングを用いてもよい。

【０１２０】

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

【０１２１】

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。

【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，９０

４Ｂ、および投射レンズ（投射装置）９０８を含む。

【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。

【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。

【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。

【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。

【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。

【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。

【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ξは、第２モデルでは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１μｍ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ｎｅｑ（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ξ／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。

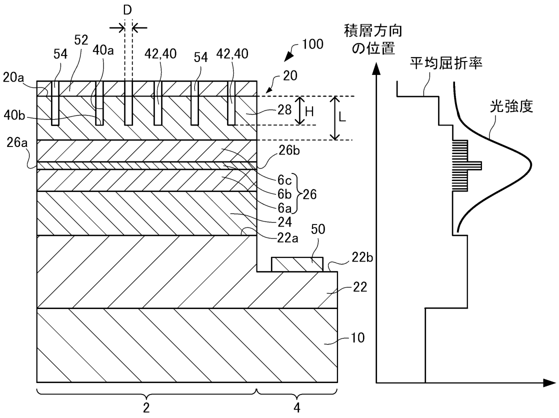
【符号の説明】

【０１４３】

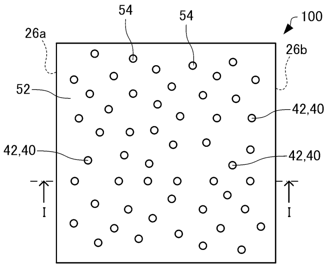
２…第１領域、４…第２領域、６ａ…第１ガイド層、６ｂ…量子井戸層、６ｃ…第２ガイド層、１０…基体、２０…積層体、２０ａ…上面、２２…バッファー層、２２ａ…第１上面、２２ｂ…第２上面、２４…第１半導体層、２６…活性層、２６ａ…第１側面、２６ｂ…第２側面、２８…第２半導体層、２８ａ…柱状部形成部、２８ｂ…凹部形成部、２９…エッチングストッパー層、３０，３０ａ，３０ｂ…柱状部、４０…凹部、４０ａ…内側面、４０ｂ…底面、４２…低屈折率部、５０…第１電極、５２…第２電極、５２ａ，５２ｂ…金属、５４…貫通孔、５６…導電層、１００…発光装置、１００Ｒ，１００Ｇ，１００Ｂ…光源、１１０，１２０，１３０，１４０，２００…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

【図面】

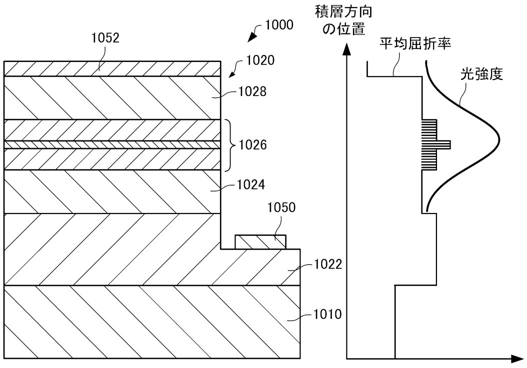
【図１】



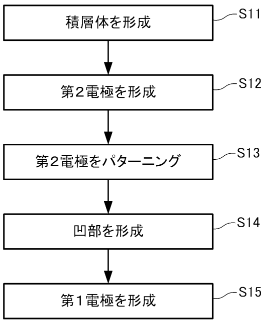
【図２】



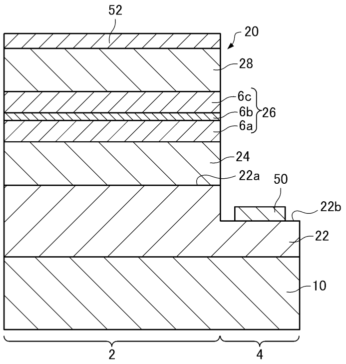
【図３】



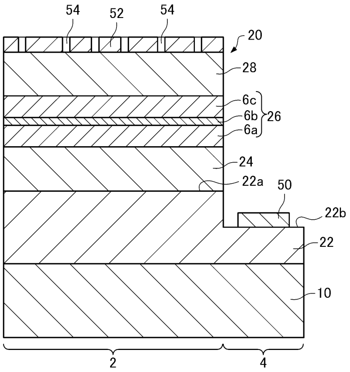
【図４】



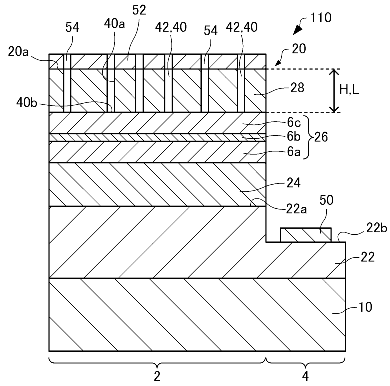
【図５】



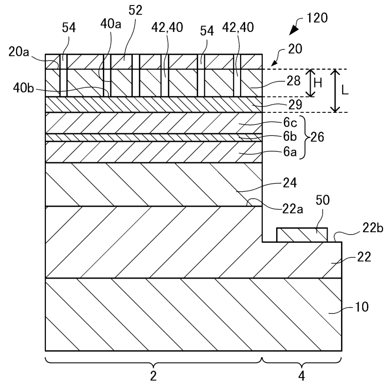
【図６】



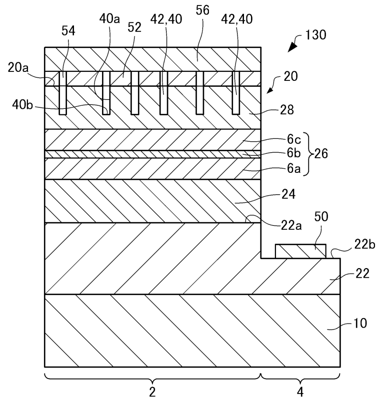
【図７】



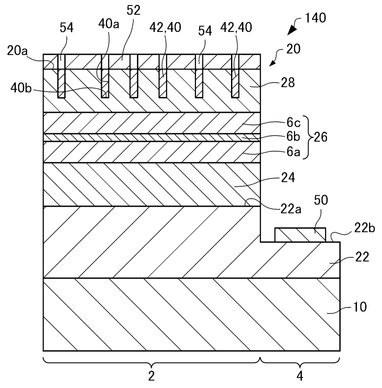
【図８】



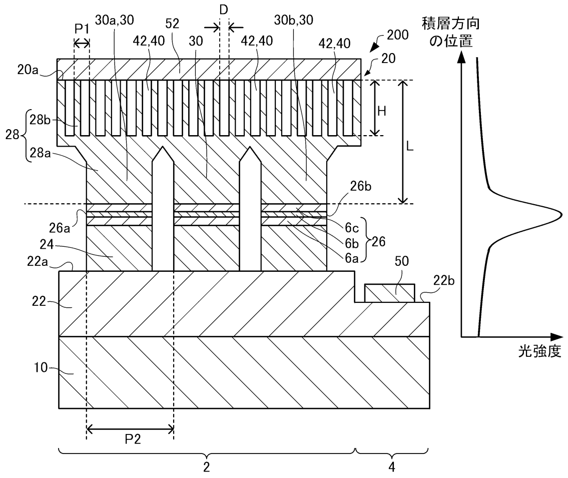
【図９】



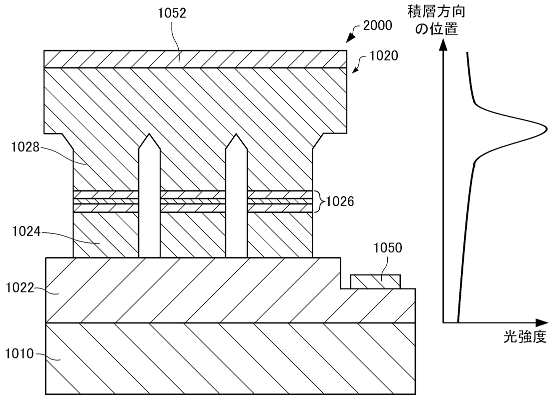
【図１０】



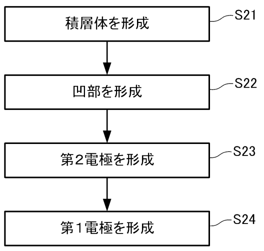
【図１１】



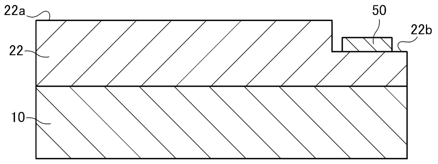
【図１２】



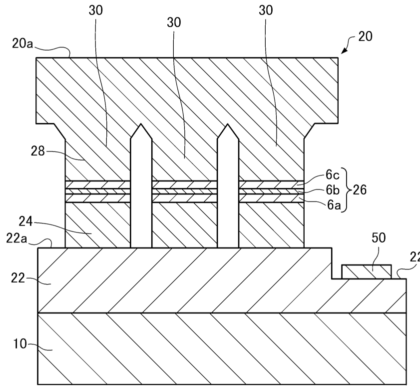
【図１３】



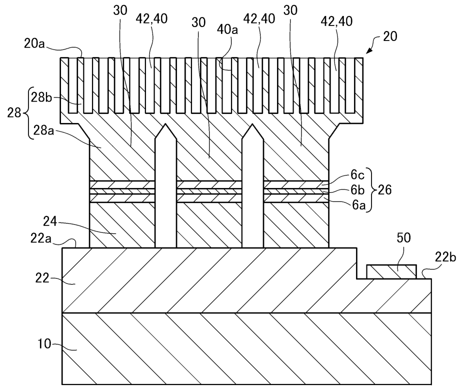
【図１４】



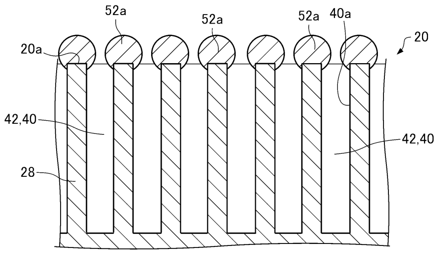
【図１５】



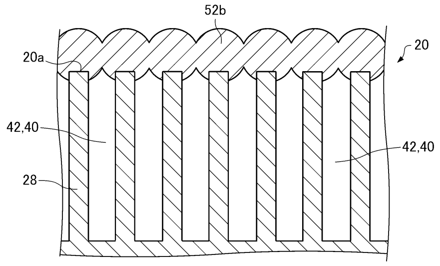
【図１６】



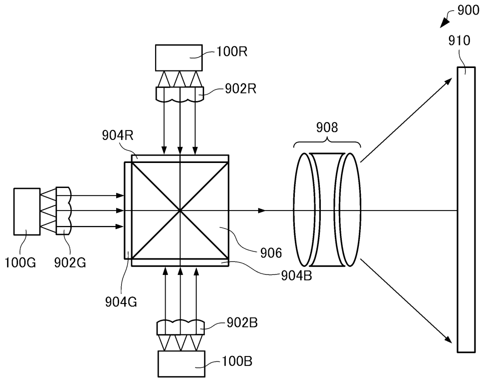
【図１７】



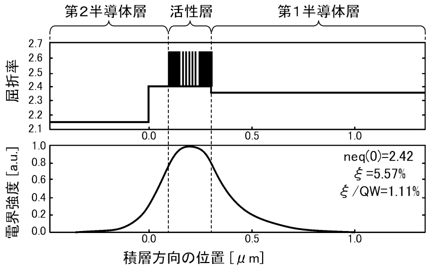
【図１８】



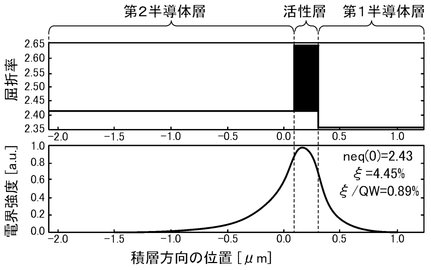
【図１９】


900
910
100R
902R
904R
908
100G
902G
906
904B
904G
902B
100B

【図２０】


第2半導体層
活性層
第1半導体層
屈折率
電界強度 [a.u.]
neq(0)=2.42
ξ=5.57%
ξ/QW=1.11%
積層方向の位置 [μm]

【図２１】


第2半導体層
活性層
第1半導体層
屈折率
電界強度 [a.u.]
neq(0)=2.43
ξ=4.45%
ξ/QW=0.89%
積層方向の位置 [μm]

フロントページの続き

(56)参考文献
特開２００６－１７９５７３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０５９７９０（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１３／０７３４８５（WO，Ａ１）
国際公開第２０１０／０４７０７２（WO，Ａ１）
特開２００７－３２４４１１（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－３５２１４８（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０９５８３７（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２３１７７３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１０／１４０４０４（WO，Ａ１）
特開２００８－９８３７９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ３３／００－３３／６４
Ｈ０１Ｓ５／００－５／５０