

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7608896号
(P7608896)

(45)発行日 令和7年1月7日(2025.1.7)

(24)登録日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 S 5/18 (2021.01)	H 0 1 S 5/18			
H 0 1 S 5/343(2006.01)	H 0 1 S 5/343	6 1 0		
H 0 1 S 5/20 (2006.01)	H 0 1 S 5/20	6 1 0		
G 0 3 B 21/00 (2006.01)	G 0 3 B 21/00		D	
G 0 3 B 21/14 (2006.01)	G 0 3 B 21/14		A	
請求項の数 12 (全22頁)				

(21)出願番号	特願2021-42110(P2021-42110)	(73)特許権者	000002369
(22)出願日	令和3年3月16日(2021.3.16)		セイコーエプソン株式会社
(65)公開番号	特開2022-142100(P2022-142100		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
	A)	(74)代理人	100179475
(43)公開日	令和4年9月30日(2022.9.30)		弁理士 仲井 智至
審査請求日	令和6年3月8日(2024.3.8)	(74)代理人	100216253
			弁理士 松岡 宏紀
		(74)代理人	100225901
			弁理士 今村 真之
		(72)発明者	青田 雅明
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ
			コーエブソン株式会社内
		審査官	村井 友和
最終頁に続く			

(54)【発明の名称】 発光装置およびプロジェクター

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第1導電型の第1半導体層と、
前記第1導電型とは異なる第2導電型の第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発光層と、
を有し、
前記第1半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第2半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、
前記第1半導体層における前記柱状部の径は、前記積層体の積層方向における第1位置で、前記第2半導体層における前記柱状部の最小径よりも小さく、かつ、前記積層方向における前記第1位置と異なる第2位置で最大であり、
前記第1半導体層の前記第1位置における屈折率は、前記第2半導体層の屈折率および前記第1半導体層の前記第2位置における屈折率よりも高く、
前記第1半導体層における前記柱状部の径は、前記発光層から遠ざかるにつれて小さくなり、
前記第1半導体層の屈折率は、前記発光層から遠ざかるにつれて高くなる、発光装置。

【請求項2】

請求項1において、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の径は、前記第 1 位置で最小であり、
前記第 1 半導体層の屈折率は、前記第 1 位置で最も高い、発光装置。

【請求項 3】

複数の柱状部を有する積層体を有し、

複数の前記柱状部の各々は、

第 1 導電型の第 1 半導体層と、

前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、

を有し、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、

10

前記第 1 半導体層における前記柱状部の径は、前記積層体の積層方向における第 1 位置で、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径よりも小さく、かつ、前記積層方向における前記第 1 位置と異なる第 2 位置で最大であり、

前記第 1 半導体層の前記第 1 位置における屈折率は、前記第 2 半導体層の屈折率および前記第 1 半導体層の前記第 2 位置における屈折率よりも高く、

前記第 1 半導体層は、InGa_N層と、Ga_N層と、を有し、

前記第 1 位置には前記 InGa_N層が設けられ、

前記第 2 位置には前記 Ga_N層が設けられている、発光装置。

【請求項 4】

20

請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項において、

前記積層方向において、前記第 2 半導体層における前記柱状部の径、および前記第 2 半導体層の屈折率は、一定ではなく、

前記第 2 半導体層における前記柱状部の径は、前記積層方向における第 3 位置で最小であり、

前記第 2 半導体層の屈折率は、前記第 3 位置で最も高い、発光装置。

【請求項 5】

請求項 4 において、

前記第 2 半導体層における前記柱状部の径は、前記発光層から遠ざかるにつれて大きくなる、発光装置。

30

【請求項 6】

請求項 5 において、

前記第 2 半導体層の屈折率は、前記発光層から遠ざかるにつれて低くなる、発光装置。

【請求項 7】

請求項 4 ないし 6 のいずれか 1 項において、

前記第 2 半導体層における前記柱状部の径は、前記積層方向において前記第 3 位置と異なる第 4 位置で最大であり、

前記第 2 半導体層は、Ga_N層と、AlGa_N層と、を有し、

前記第 3 位置には前記 Ga_N層が設けられ、

前記第 4 位置には前記 AlGa_N層が設けられている、発光装置。

40

【請求項 8】

複数の柱状部を有する積層体を有し、

複数の前記柱状部の各々は、

第 1 導電型の第 1 半導体層と、

前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、

を有し、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、

前記第 1 半導体層は、

50

第 1 層と、
 前記第 1 層と前記発光層との間に設けられた第 2 層と、
 前記第 1 層と前記第 2 層との間に設けられた第 3 層と、
 を有し、
 前記第 1 層における前記柱状部の径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径、
 および前記第 2 層における前記柱状部の径よりも小さく、
 前記第 1 層の屈折率は、前記第 2 半導体層の屈折率および前記第 2 層の屈折率よりも高く、
 前記第 2 層の屈折率は、前記第 3 層の屈折率よりも高い、発光装置。

【請求項 9】

10

複数の柱状部を有する積層体を有し、
 複数の前記柱状部の各々は、
 第 1 導電型の第 1 半導体層と、
 前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、
 を有し、
 前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、
 前記第 1 半導体層は、第 1 InGa_N層を有し、
 前記第 1 InGa_N層における前記柱状部の径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径よりも小さく、
 前記第 2 半導体層は、Ga_N層およびAlGa_N層の少なくとも一方を有する、発光装置。

20

【請求項 10】

請求項 9 において、
 前記第 1 半導体層は、
 前記第 1 InGa_N層と前記発光層との間に設けられた第 2 InGa_N層と、
 前記第 1 InGa_N層と前記第 2 InGa_N層との間に設けられたGa_N層と、
 を有し、
 前記第 1 InGa_N層における前記柱状部の径は、前記第 2 InGa_N層における前記柱状部の径よりも小さく、
 前記第 1 InGa_N層の組成式は、In_xGa_{1-x}Nであり、
 前記第 2 InGa_N層の組成式は、In_yGa_{1-y}Nであり、
 前記 x、前記 y は、 $0 < y < x < 1$ を満たす、発光装置。

30

【請求項 11】

請求項 8 ないし 10 のいずれか 1 項において、
 前記第 2 半導体層は、
 第 1 AlGa_N層と、
 前記第 1 AlGa_N層と前記発光層との間に設けられた第 2 AlGa_N層と、
 前記第 1 AlGa_N層と前記第 2 AlGa_N層との間に設けられたGa_N層と、
 を有し、
 前記第 1 AlGa_N層における前記柱状部の径は、前記第 2 AlGa_N層における前記柱状部の径よりも大きく、
 前記第 1 AlGa_N層の屈折率は、前記第 2 AlGa_N層の屈折率よりも低い、発光装置。

40

【請求項 12】

請求項 1 ないし 11 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】

50

本発明は、発光装置およびプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

半導体レーザーは、高輝度の次世代光源として期待されている。特に、ナノコラムを適用した半導体レーザーは、ナノコラムによるフォトリソグラフィ結晶の効果によって、狭放射角で高出力の発光が実現できると期待されている。

【0003】

例えば特許文献1には、n型のGa_{0.5}In_{0.5}N層と、発光層と、p型のGa_{0.5}In_{0.5}N層と、を備えた柱状部を複数有する発光装置が記載されている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2018-133517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、特許文献1では、p型のGa_{0.5}In_{0.5}N層における柱状部の径がn型のGa_{0.5}In_{0.5}N層における柱状部の径よりも大きいため、p型のGa_{0.5}In_{0.5}N層における積層体の面内方向の平均屈折率は、n型のGa_{0.5}In_{0.5}N層における積層体の面内方向の平均屈折率よりも大きくなる。そのため、発光層で発生する光がp型のGa_{0.5}In_{0.5}N層側に漏れてしまい、光閉じ込め係数が低下する場合がある。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る発光装置の一態様は、
複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第1導電型の第1半導体層と、
前記第1導電型とは異なる第2導電型の第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発光層と、
を有し、

30

前記第1半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第2半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、

前記第1半導体層における前記柱状部の径は、前記積層体の積層方向における第1位置で、前記第2半導体層における前記柱状部の最小径よりも小さく、かつ、前記積層方向における前記第1位置と異なる第2位置で最大であり、

前記第1半導体層の前記第1位置における屈折率は、前記第2半導体層の屈折率および前記第1半導体層の前記第2位置における屈折率よりも高い。

【0007】

本発明に係る発光装置の一態様は、
複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第1導電型の第1半導体層と、
前記第1導電型とは異なる第2導電型の第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発光層と、
を有し、

40

前記第1半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第2半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、

前記第1半導体層は、

第1層と、

前記第1層と前記発光層との間に設けられた第2層と、

50

前記第 1 層と前記第 2 層との間に設けられた第 3 層と、
を有し、
前記第 1 層における前記柱状部の径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径
、および前記第 2 層における前記柱状部の径よりも小さく、
前記第 1 層の屈折率は、前記第 2 半導体層の屈折率および前記第 2 層の屈折率よりも高
く、
前記第 2 層の屈折率は、前記第 3 層の屈折率よりも高い。

【0008】

本発明に係る発光装置の一態様は、
複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第 1 導電型の第 1 半導体層と、
前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、
を有し、
前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状
部の最大径よりも小さく、
前記第 1 半導体層は、第 1 InGa_N層を有し、
前記第 1 InGa_N層における前記柱状部の径は、前記第 2 半導体層における前記柱状
部の最小径よりも小さく、
前記第 2 半導体層は、Ga_N層およびAlGa_N層の少なくとも一方を有する。

【0009】

本発明に係るプロジェクターの一態様は、
前記発光装置の一態様を有する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【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の柱状部を模式的に示す断面図。
【図 3】参考例に係る発光装置の柱状部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工程を模式的に示す断面図。
【図 5】第 2 実施形態に係る発光装置を模式的に示す断面図。
【図 6】第 2 実施形態に係る発光装置の第 1 半導体層を模式的に示す断面図。
【図 7】第 2 実施形態に係る発光装置の第 2 半導体層を模式的に示す断面図。
【図 8】第 3 実施形態に係るプロジェクターを模式的に示す図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

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。

【0012】

1. 第 1 実施形態

1.1. 発光装置

1.1.1. 全体の構成

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。

【0013】

発光装置 100 は、図 1 に示すように、例えば、基板 10 と、積層体 20 と、第 1 電極
40 と、第 2 電極 42 と、を有している。発光装置 100 は、半導体レーザーである。

【0014】

基板 10 は、例えば、Si 基板、Ga_N 基板、サファイア基板、SiC 基板などである。

【 0 0 1 5 】

積層体 2 0 は、基板 1 0 に設けられている。図示の例では、積層体 2 0 は、基板 1 0 上に設けられている。積層体 2 0 は、例えば、バッファ層 2 2 と、柱状部 3 0 と、を有している。

【 0 0 1 6 】

本明細書では、積層体 2 0 の積層方向（以下、単に「積層方向」ともいう）において、発光層 3 4 を基準とした場合、発光層 3 4 から第 2 半導体層 3 6 に向かう方向を「上」とし、発光層 3 4 から第 1 半導体層 3 2 に向かう方向を「下」として説明する。また、積層方向と直交する方向を「面内方向」ともいう。また、「積層体 2 0 の積層方向」とは、柱状部 3 0 の第 1 半導体層 3 2 と発光層 3 4 との積層方向のことである。

10

【 0 0 1 7 】

バッファ層 2 2 は、基板 1 0 上に設けられている。バッファ層 2 2 は、例えば、S i がドーピングされた n 型の G a N 層である。バッファ層 2 2 上には、柱状部 3 0 を形成するためのマスク層 2 4 が設けられている。マスク層 2 4 は、例えば、酸化シリコン層、チタン層、酸化チタン層、酸化アルミニウム層などである。

【 0 0 1 8 】

柱状部 3 0 は、バッファ層 2 2 上に設けられている。柱状部 3 0 は、バッファ層 2 2 から上方に突出した柱状の形状を有している。言い換えれば、柱状部 3 0 は、バッファ層 2 2 を介して基板 1 0 から上方に突出している。柱状部 3 0 は、例えば、ナノコラム、ナノワイヤー、ナノロッド、ナノピラーとも呼ばれる。柱状部 3 0 の平面形状は、例えば、六角形などの多角形、円である。

20

【 0 0 1 9 】

柱状部 3 0 の径は、例えば、5 0 n m 以上 5 0 0 n m 以下である。柱状部 3 0 の径を 5 0 0 n m 以下とすることによって、高品質な結晶の発光層 3 4 を得ることができ、かつ、発光層 3 4 に内在する歪を低減することができる。これにより、発光層 3 4 で発生する光を高い効率で増幅することができる。

【 0 0 2 0 】

なお、「柱状部の径」とは、柱状部 3 0 の平面形状が円の場合は、直径であり、柱状部 3 0 の平面形状が円ではない形状の場合は、最小包含円の直径である。例えば、柱状部 3 0 の径は、柱状部 3 0 の平面形状が多角形の場合、該多角形を内部に含む最小の円の直径であり、柱状部 3 0 の平面形状が楕円の場合、該楕円を内部に含む最小の円の直径である。

30

【 0 0 2 1 】

柱状部 3 0 は、複数設けられている。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。複数の柱状部 3 0 は、積層方向からみて、所定の方に所定のピッチで配列されている。複数の柱状部 3 0 は、例えば、三角格子状、正方格子状に配置されている。複数の柱状部 3 0 は、フォトリソグラフィ効果を実現することができる。

【 0 0 2 2 】

なお、「柱状部のピッチ」とは、所定の方に沿って隣り合う柱状部 3 0 の中心間の距離である。「柱状部の中心」とは、柱状部 3 0 の平面形状が円の場合は、該円の中心であり、柱状部 3 0 の平面形状が円ではない形状の場合は、最小包含円の中心である。例えば、柱状部 3 0 の中心は、柱状部 3 0 の平面形状が多角形の場合、該多角形を内部に含む最小の円の中心であり、柱状部 3 0 の平面形状が楕円の場合、該楕円を内部に含む最小の円の中心である。

40

【 0 0 2 3 】

柱状部 3 0 は、第 1 半導体層 3 2 と、発光層 3 4 と、第 2 半導体層 3 6 と、を有している。

【 0 0 2 4 】

第 1 半導体層 3 2 は、バッファ層 2 2 上に設けられている。第 1 半導体層 3 2 は、基板 1 0 と発光層 3 4 との間に設けられている。第 1 半導体層 3 2 は、第 1 導電型の半導体層である。第 1 半導体層 3 2 は、例えば、S i がドーピングされた n 型の半導体層である。第

50

1 半導体層 3 2 は、G a および N を含む。

【 0 0 2 5 】

発光層 3 4 は、第 1 半導体層 3 2 と第 2 半導体層 3 6 との間に設けられている。発光層 3 4 は、電流が注入されることで光を発生させる。発光層 3 4 は、例えば、ウェル層と、バリア層と、を有している。ウェル層およびバリア層は、不純物が意図的にドーピングされていない i 型の半導体層である。ウェル層は、例えば、I n G a N 層である。バリア層は、例えば、G a N 層である。発光層 3 4 は、ウェル層とバリア層とから構成された M Q W (Multiple Quantum Well) 構造を有している。

【 0 0 2 6 】

なお、発光層 3 4 を構成するウェル層およびバリア層の数は、特に限定されない。例えば、ウェル層は、1 層だけ設けられていてもよく、この場合、発光層 3 4 は、S Q W (Single Quantum Well) 構造を有している。

10

【 0 0 2 7 】

第 2 半導体層 3 6 は、発光層 3 4 上に設けられている。第 2 半導体層 3 6 は、第 1 導電型と異なる第 2 導電型の半導体層である。第 2 半導体層 3 6 は、例えば、M g がドーピングされた半導体層である。第 2 半導体層 3 6 は、G a および N を含む。第 1 半導体層 3 2 および第 2 半導体層 3 6 は、発光層 3 4 に光を閉じ込める機能を有するクラッド層である。

【 0 0 2 8 】

なお、図示はしないが、第 1 半導体層 3 2 と発光層 3 4 との間、および発光層 3 4 と第 2 半導体層 3 6 との間の少なくとも一方に、i 型の I n G a N 層および G a N 層からなる O C L (Optical Confinement Layer) が設けられていてもよい。また、第 2 半導体層 3 6 は、p 型の A l G a N 層からなる E B L (Electron Blocking Layer) を有してもよい。

20

【 0 0 2 9 】

発光装置 1 0 0 では、p 型の第 2 半導体層 3 6、i 型の発光層 3 4、および n 型の第 1 半導体層 3 2 により、p i n ダイオードが構成される。発光装置 1 0 0 では、第 1 電極 4 0 と第 2 電極 4 2 との間に、p i n ダイオードの順バイアス電圧を印加すると、発光層 3 4 に電流が注入されて発光層 3 4 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。発光層 3 4 で発生した光は、面内方向に伝搬し、複数の柱状部 3 0 によるフォトリソグラフィ効果により定在波を形成して、発光層 3 4 で利得を受けてレーザー発振する。そして、発光装置 1 0 0 は、+ 1 次回折光および - 1 次回折光をレーザー光として、積層方向に出射する。

30

【 0 0 3 0 】

なお、図示はしないが、基板 1 0 とバッファ層 2 2 との間、または基板 1 0 の下に反射層が設けられていてもよい。該反射層は、例えば、D B R (Distributed Bragg Reflector) 層である。該反射層によって、発光層 3 4 において発生した光を反射させることができ、発光装置 1 0 0 は、第 2 電極 4 2 側からのみ光を出射することができる。

【 0 0 3 1 】

第 1 電極 4 0 は、バッファ層 2 2 上に設けられている。バッファ層 2 2 は、第 1 電極 4 0 とオーミックコンタクトしていてもよい。第 1 電極 4 0 は、第 1 半導体層 3 2 と電氣的に接続されている。図示の例では、第 1 電極 4 0 は、バッファ層 2 2 を介して、第 1 半導体層 3 2 と電氣的に接続されている。第 1 電極 4 0 は、発光層 3 4 に電流を注入するための一方の電極である。第 1 電極 4 0 としては、例えば、バッファ層 2 2 側から、C r 層、N i 層、A u 層の順序で積層したものなどを用いる。

40

【 0 0 3 2 】

第 2 電極 4 2 は、第 2 半導体層 3 6 上に設けられている。第 2 半導体層 3 6 は、第 2 電極 4 2 とオーミックコンタクトしていてもよい。第 2 電極 4 2 は、発光層 3 4 に電流を注入するための他方の電極である。第 2 電極 4 2 としては、例えば、I T O (indium tin oxide) などを用いる。

【 0 0 3 3 】

50

なお、上記では、InGa_N系の発光層34について説明したが、発光層34としては、出射される光の波長に応じて、電流が注入されることで発光可能な様々な材料系を用いることができる。例えば、AlGa_N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。

【0034】

1.1.2. 柱状部の詳細な説明

図2は、柱状部30を模式的に示す断面図である。なお、上述した図1では、柱状部30を簡略化して図示している。

【0035】

柱状部30の径は、例えば、図1および図2に示すように、基板10から第2電極42に向かにつれて大きくなる。柱状部30の径は、例えば、基板10から第2電極42に向かって漸増している。柱状部30は、例えば、基板10から第2電極42に向かにつれて径が大きくなるテーパ形状を有している。

【0036】

第1半導体層32は、積層方向における第1位置P1および第2位置P2を有する。第2位置P2は、積層方向において第1位置P1と異なる位置である。図示の例では、第1位置P1は、第1半導体層32の基板10側の端の位置である。第2位置P2は、第1半導体層32の発光層34側の端の位置である。

【0037】

第1半導体層32における柱状部30の径は、第1位置P1で最小である。第1半導体層32における柱状部30の径は、第2位置P2で最大である。柱状部30は、第1位置P1において、第1半導体層32における最小径D1を有する。柱状部30は、第2位置P2において、第1半導体層32における最大径D2を有する。第1半導体層32の径は、積層方向において、一定ではない。第1半導体層32における柱状部30の径は、発光層34から遠ざかるにつれて小さくなる。すなわち、第1半導体層32における柱状部30の径は、基板10から発光層34に向かうにつれて大きくなる。

【0038】

第1半導体層32の第1位置P1における屈折率は、第1半導体層32の第2位置P2における屈折率よりも高い。第1半導体層32の屈折率は、例えば、第1位置P1で最も高い。第1半導体層32の屈折率は、例えば、第2位置P2で最も低い。第1半導体層32の屈折率は、積層方向において、一定ではない。第1半導体層32の第1位置P1における屈折率は、第2半導体層36の屈折率よりも高い。第1半導体層32の屈折率は、発光層34から遠ざかるにつれて高くなる。すなわち、第1半導体層32の屈折率は、基板10から発光層34に向かうにつれて低くなる。

【0039】

第1半導体層32は、InGa_N層50と、Ga_N層52と、を有している。第1位置P1には、InGa_N層50が設けられている。第2位置P2には、Ga_N層52が設けられている。InGa_N層50のInの組成は、発光層34から遠ざかるにつれて高くなる。そのため、第1半導体層32の屈折率は、発光層34から遠ざかるにつれて高くなる。InGa_N層50の屈折率は、第2半導体層36の屈折率よりも高い。ここでいう「組成が高い」とは、構成材料の組成式において当該元素の数が大きいことを意味する。例えば、InGa_Nの組成式がIn_xGa_{1-x}Nである場合において、Inの組成が高いとは、組成式In_xGa_{1-x}Nにおいてxの値が大きいことを意味する。

【0040】

第2半導体層36は、積層方向における第3位置P3および第4位置P4を有する。第4位置P4は、積層方向において第3位置P3と異なる位置である。図示の例では、第3位置P3は、第2半導体層36の発光層34側の端の位置である。第4位置P4は、第2半導体層36の第2電極42側の端の位置である。

【0041】

第2半導体層36における柱状部30の径は、第3位置P3で最小である。第2半導体

10

20

30

40

50

層 3 6 における柱状部 3 0 の径は、第 4 位置 P 4 で最大である。柱状部 3 0 は、第 3 位置 P 3 において、第 2 半導体層 3 6 における最小径 D 3 を有する。柱状部 3 0 は、第 4 位置 P 4 において、第 2 半導体層 3 6 における最大径 D 4 を有する。第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の最大径 D 2 は、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の最小径 D 3 よりも小さい。第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の最大径 D 2 は、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の最大径 D 4 よりも小さい。第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の径は、第 1 位置 P 1 で、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の最小径 D 3 よりも小さい。

【 0 0 4 2 】

第 2 半導体層 3 6 の径は、積層方向において、一定ではない。第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の径は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて大きくなる。すなわち、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の径は、発光層 3 4 から第 2 電極 4 2 に向かうにつれて大きくなる。

10

【 0 0 4 3 】

第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、例えば、第 3 位置 P 3 で最も高い。第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、例えば、第 4 位置 P 4 で最も低い。第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、積層方向において、一定ではない。第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて低くなる。すなわち、第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、発光層 3 4 から第 2 電極 4 2 に向かうにつれて低くなる。

【 0 0 4 4 】

第 2 半導体層 3 6 は、Ga N 層 6 0 と、Al Ga N 層 6 2 と、を有している。第 3 位置 P 3 には、Ga N 層 6 0 が設けられている。第 4 位置 P 4 には、Al Ga N 層 6 2 が設けられている。Al Ga N 層 6 2 の In の組成は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて高くなる。そのため、第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて低くなる。Al Ga N 層 6 2 の屈折率は、第 1 半導体層 3 2 の屈折率よりも低い。

20

【 0 0 4 5 】

1 . 1 . 3 . 作用効果

発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の最大径 D 2 は、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の最大径 D 4 よりも小さい。第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の径は、積層方向における第 1 位置 P 1 で、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の最小径 D 3 よりも小さく、かつ、積層方向における第 1 位置 P 1 と異なる第 2 位置 P 2 で最大である。第 1 半導体層 3 2 の第 1 位置 P 1 における屈折率は、第 2 半導体層 3 6 の屈折率、および第 1 半導体層 3 2 の第 2 位置 P 2 における屈折率よりも高い。

30

【 0 0 4 6 】

そのため、発光装置 1 0 0 では、図 2 に示すように、第 1 位置 P 1 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、第 2 半導体層 3 6 おける積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率（第 2 半導体層 3 6 が設けられた部分の積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率）と、の差を小さくすることができる。さらに、第 1 位置 P 1 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、第 2 位置 P 2 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。そのため、図 2 に示すように、積層方向における光強度のピークを、発光層 3 4 の位置に合わせることができる。図示の例では、第 1 位置 P 1 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率、第 2 位置 P 2 の位置における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率、および第 2 半導体層 3 6 おける積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率は、互いに等しい。

40

【 0 0 4 7 】

例えば、図 3 に示すように、第 1 半導体層 1 0 3 2 の第 1 位置 P 1 における屈折率、第 1 半導体層 1 0 3 2 の第 2 位置 P 2 における屈折率、および第 2 半導体層 1 0 3 6 の屈折率が互いに等しい場合、第 1 位置 P 1 における積層体の面内方向の平均屈折率は、第 2 位置 P 2 における積層体の面内方向の平均屈折率、第 2 半導体層 1 0 3 6 における積層体の面内方向の平均屈折率よりも低くなる。そのため、積層方向における光強度のピークは、発光層 1 0 3 4 の位置に合わず、第 2 電極側にずれる。なお、図 3 は、参考例に係る発光装置 1 0 0 0 の柱状部 1 0 3 0 を模式的に示す図である。

50

【 0 0 4 8 】

以上のように、発光装置 1 0 0 では、発光装置 1 0 0 0 に比べて、発光層 3 4 に光を閉じ込めることができ、光閉じ込め係数を向上させることができる。その結果、利得の高い半導体レーザーを実現することができる。

【 0 0 4 9 】

発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の径は、第 1 位置 P 1 で最小であり、第 1 半導体層 3 2 の屈折率は、第 1 位置 P 1 で最も高い。そのため、発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層の屈折率が第 1 位置 P 1 で最も高くない場合に比べて、第 1 位置 P 1 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、第 1 位置 P 1 以外の位置における第 1 半導体層 3 2 が設けられた部分（積層体 2 0 の部分）の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。

10

【 0 0 5 0 】

発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層 3 2 における柱状部 3 0 の径は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて小さくなり、第 1 半導体層 3 2 の屈折率は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて高くなる。そのため、発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層 3 2 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率を、例えば、積層方向において一定にすることができる。

【 0 0 5 1 】

発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層 3 2 は、InGa_N層 5 0 と、Ga_N層 5 2 と、を有し、第 1 位置 P 1 にはInGa_N層 5 0 が設けられ、第 2 位置 P 2 にはGa_N層 5 2 が設けられている。そのため、発光装置 1 0 0 では、第 1 半導体層 3 2 の第 1 位置 P 1 の屈折率を、第 1 半導体層 3 2 の第 2 位置 P 2 の屈折率よりも、高くすることができる。

20

【 0 0 5 2 】

発光装置 1 0 0 では、積層方向において、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の径、および第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、一定ではなく、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の径は、積層方向における第 3 位置 P 3 で最小であり、第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、第 3 位置 P 3 で最も高い。そのため、発光装置 1 0 0 では、図 2 に示すように、第 3 位置 P 3 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、第 3 位置 P 3 以外の位置における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。図 2 に示す例では、当該差は、ゼロである。

【 0 0 5 3 】

発光装置 1 0 0 では、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の径は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて大きくなり、第 2 半導体層 3 6 の屈折率は、発光層 3 4 から遠ざかるにつれて低くなる。そのため、発光装置 1 0 0 では、第 2 半導体層 3 6 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率を、例えば、積層方向において一定にすることができる。例えば、第 1 半導体層 3 2 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率、および第 2 半導体層 3 6 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率を、積層方向において一定にできれば、発光層 3 4 に関して、第 1 半導体層 3 2 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、第 2 半導体層 3 6 における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、を対称にすることができる。これにより、光閉じ込め係数を、より向上させることができる。

30

【 0 0 5 4 】

発光装置 1 0 0 では、第 2 半導体層 3 6 における柱状部 3 0 の径は、積層方向において第 3 位置 P 3 と異なる第 4 位置 P 4 で最大であり、第 2 半導体層 3 6 は、Ga_N層 6 0 と、AlGa_N層 6 2 と、を有し、第 3 位置 P 3 にはGa_N層 6 0 が設けられ、第 4 位置 P 4 にはAlGa_N層 6 2 が設けられている。そのため、発光装置 1 0 0 では、第 2 半導体層 3 6 の第 4 位置 P 4 の屈折率を、第 2 半導体層 3 6 の第 3 位置 P 3 の屈折率よりも、低くすることができる。

40

【 0 0 5 5 】

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 1 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 4 は、第 1 実施形態に係る発光装置 1 0 0 の製造工程を模式的に示す断面図で

50

ある。

【 0 0 5 6 】

図 4 に示すように、基板 1 0 上に、バッファ層 2 2 を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 5 7 】

次に、バッファ層 2 2 上に、マスク層 2 4 を形成する。マスク層 2 4 は、例えば、電子ビーム蒸着法やスパッタ法などによる成膜、およびパターニングによって形成される。パターニングは、フォトリソグラフィおよびエッチングによって行われる。

【 0 0 5 8 】

図 1 に示すように、マスク層 2 4 をマスクとしてバッファ層 2 2 上に、第 1 半導体層 3 2、発光層 3 4、および第 2 半導体層 3 6 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 法などが挙げられる。本工程により、複数の柱状部 3 0 を形成することができる。

【 0 0 5 9 】

第 1 半導体層 3 2 の成長は、例えば、1 原子層または 2 原子層ずつ InGa_N のエピタキシャル成長を繰り返しながら、所定の成膜温度、および In を放出するためのシャッターの開放時間を適宜選択することにより、基板 1 0 から発光層 3 4 に向かうにつれて In の組成が低くなるように行われる。

【 0 0 6 0 】

第 2 半導体層 3 6 の成長は、例えば、1 原子層または 2 原子層ずつ AlGa_N のエピタキシャル成長を繰り返しながら、所定の成膜温度、および Al を放出するためのシャッターの開放時間を適宜選択することにより、発光層 3 4 から第 2 電極 4 2 に向かうにつれて Al の組成が高くなるように行われる。ここでいう「組成が高い」とは、構成材料の組成式において当該元素の数が大きいことを意味する。例えば、AlGa_N の組成式が Al_xGa_{1-x}N である場合において、Al の組成が高いとは、組成式 Al_xGa_{1-x}N において x の値が大きいことを意味する。

【 0 0 6 1 】

柱状部 3 0 は、基板 1 0 から第 2 電極 4 2 に向かうにつれて径が大きくなるような成膜温度および成膜速度で成長される。

【 0 0 6 2 】

次に、バッファ層 2 2 上に第 1 電極 4 0 を形成し、第 2 半導体層 3 6 上に第 2 電極 4 2 を形成する。第 1 電極 4 0 および第 2 電極 4 2 は、例えば、真空蒸着法などにより形成される。なお、第 1 電極 4 0 および第 2 電極 4 2 の形成順序は、特に限定されない。

【 0 0 6 3 】

以上の工程により、発光装置 1 0 0 を製造することができる。

【 0 0 6 4 】

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 5 は、第 2 実施形態に係る発光装置 2 0 0 を模式的に示す断面図である。図 6 は、図 5 に示す第 1 半導体層 3 2 の領域の拡大図である。図 7 は、図 5 に示す第 2 半導体層 3 6 の領域の拡大図である。なお、便宜上、図 5 では、柱状部 3 0 を簡略化して図示している。

【 0 0 6 5 】

以下、第 2 実施形態に係る発光装置 2 0 0 において、上述した第 1 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。

【 0 0 6 6 】

発光装置 2 0 0 では、図 6 に示すように、第 1 半導体層 3 2 は、InGa_N 層および Ga_N 層の多層積層構造を有する点において、上述した発光装置 1 0 0 と異なる。さらに、

10

20

30

40

50

発光装置 200 では、図 7 に示すように、第 2 半導体層 36 は、AlGaIn 層および GaN 層の多層積層構造を有する点において、上述した発光装置 100 と異なる。

【0067】

第 1 半導体層 32 は、図 6 に示すように、例えば、第 1 層としての第 1 InGaIn 層 210 と、第 2 層としての第 2 InGaIn 層 212 と、第 3 InGaIn 層 214 と、第 4 InGaIn 層 216 と、第 3 層としての第 1 GaN 層 220 と、第 2 GaN 層 222 と、第 3 GaN 層 224 と、第 4 GaN 層 226 と、を有している。InGaIn 層 210, 212, 214, 216 の屈折率は、GaN 層 220, 222, 224, 226 の屈折率よりも高い。

【0068】

第 1 InGaIn 層 210 は、基板 10 と第 2 InGaIn 層 212 との間に設けられている。第 1 InGaIn 層 210 における柱状部 30 の径は、InGaIn 層 212, 214, 216 における柱状部 30 の径よりも小さい。第 1 InGaIn 層 210 における柱状部 30 の径は、第 2 半導体層 36 における柱状部 30 の最小径 D3 よりも小さい。

【0069】

第 1 InGaIn 層 210 の屈折率は、第 2 半導体層 36 の屈折率よりも高い。第 1 InGaIn 層 210 の屈折率は、InGaIn 層 212, 214, 216 の屈折率よりも高い。第 1 InGaIn 層 210 の In の組成は、InGaIn 層 212, 214, 216 の In の組成よりも高い。第 1 InGaIn 層 210 の屈折率は、第 2 半導体層 36 の屈折率よりも高い。第 1 InGaIn 層 210 の組成式は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}$ であり、第 2 InGaIn 層 212 の組成式は、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{In}$ であり、 x, y は、 $0 < y < x < 1$ を満たす。

【0070】

第 2 InGaIn 層 212 は、第 1 InGaIn 層 210 と発光層 34 との間に設けられている。第 2 InGaIn 層 212 は、第 1 InGaIn 層 210 と第 3 InGaIn 層 214 との間に設けられている。第 2 InGaIn 層 212 は、第 1 GaN 層 220 と第 2 GaN 層 222 とに挟まれている。第 1 GaN 層 220 は、第 1 InGaIn 層 210 と第 2 InGaIn 層 212 との間に設けられている。第 2 InGaIn 層 212 における柱状部 30 の径は、InGaIn 層 214, 216 における柱状部 30 の径よりも小さい。第 2 InGaIn 層 212 の屈折率は、InGaIn 層 214, 216 の屈折率よりも高い。第 2 InGaIn 層 212 の In の組成は、InGaIn 層 214, 216 の In の組成よりも高い。

【0071】

第 3 InGaIn 層 214 は、第 2 InGaIn 層 212 と第 4 InGaIn 層 216 との間に設けられている。第 3 InGaIn 層 214 は、第 2 GaN 層 222 と第 3 GaN 層 224 とに挟まれている。第 3 InGaIn 層 214 における柱状部 30 の径は、第 4 InGaIn 層 216 における柱状部 30 の径よりも小さい。第 3 InGaIn 層 214 の屈折率は、第 4 InGaIn 層 216 の屈折率よりも高い。第 3 InGaIn 層 214 の In の組成は、第 4 InGaIn 層 216 の In の組成よりも高い。

【0072】

第 4 InGaIn 層 216 は、第 3 InGaIn 層 214 と発光層 34 との間に設けられている。第 4 InGaIn 層 216 は、第 3 GaN 層 224 と第 4 GaN 層 226 とに挟まれている。

【0073】

上記のように、第 1 半導体層 32 は、基板 10 から発光層 34 に向けて、In の組成が低くなる複数の InGaIn 層を有している。InGaIn 層の数は、2 層以上であれば、特に限定されない。第 1 半導体層 32 の InGaIn 層および GaN 層は、超格子 (SL) 疑似混晶を構成していてもよい。

【0074】

第 2 半導体層 36 は、図 7 に示すように、GaN 層および AlGaIn 層の少なくとも一方を有している。図示の例では、第 2 半導体層 36 は、第 1 AlGaIn 層 230 と、第 2 AlGaIn 層 232 と、第 3 AlGaIn 層 234 と、第 4 AlGaIn 層 236 と、第 5 G

10

20

30

40

50

a N層240と、第6 Ga N層242と、第7 Ga N層244と、第8 Ga N層246と、を有している。Al Ga N層230, 232, 234, 236の屈折率は、Ga N層240, 242, 244, 246の屈折率よりも低い。

【0075】

第1 Al Ga N層230は、第2 Al Ga N層232と第2電極42との間に設けられている。第1 Al Ga N層230における柱状部30の径は、Al Ga N層232, 234, 236における柱状部30の径よりも大きい。第1 Al Ga N層230の屈折率は、Al Ga N層232, 234, 236の屈折率よりも低い。第1 Al Ga N層230のAlの組成は、Al Ga N層232, 234, 236のAlの組成よりも高い。

【0076】

第2 Al Ga N層232は、第1 Al Ga N層230と発光層34との間に設けられている。第2 Al Ga N層232は、第1 Al Ga N層230と第3 Al Ga N層234との間に設けられている。第2 Al Ga N層232は、第5 Ga N層240と第6 Ga N層242とに挟まれている。第5 Ga N層240は、第1 Al Ga N層230と第2 Al Ga N層232との間に設けられている。第2 Al Ga N層232における柱状部30の径は、Al Ga N層234, 236における柱状部30の径よりも大きい。第2 Al Ga N層232の屈折率は、Al Ga N層234, 236の屈折率よりも低い。第2 Al Ga N層232のAlの組成は、Al Ga N層234, 236のAlの組成よりも高い。

【0077】

第3 Al Ga N層234は、第2 Al Ga N層232と第4 Al Ga N層236との間に設けられている。第3 Al Ga N層234は、第6 Ga N層242と第7 Ga N層244とに挟まれている。第3 Al Ga N層234における柱状部30の径は、第4 Al Ga N層236における柱状部30の径よりも大きい。第3 Al Ga N層234の屈折率は、第4 Al Ga N層236の屈折率よりも低い。第3 Al Ga N層234のAlの組成は、第4 Al Ga N層236のAlの組成よりも高い。

【0078】

第4 Al Ga N層236は、第3 Al Ga N層234と発光層34との間に設けられている。第4 Al Ga N層236は、第7 Ga N層244と第8 Ga N層246とに挟まれている。

【0079】

上記のように、第2半導体層36は、発光層34から第2電極42に向けて、Alの組成が高くなる複数のAl Ga N層を有している。Al Ga N層の数は、2層以上であれば、特に限定されない。第2半導体層36のAl Ga N層およびGa N層は、超格子(SL)疑似混晶を構成していてもよい。

【0080】

発光装置200は、例えば、以下の作用効果を有する。

【0081】

発光装置200では、第1半導体層32は、第1 In Ga N層210と、第1 In Ga N層210と発光層34との間に設けられた第2 In Ga N層212と、第1 In Ga N層210と第2 In Ga N層212との間に設けられた第1 Ga N層220と、を有する。第1 In Ga N層210における柱状部30の径は、第2半導体層36における柱状部30の最小径D3、および第2 In Ga N層212における柱状部30の径よりも小さい。第1 In Ga N層210の屈折率は、第2半導体層36の屈折率および第2 In Ga N層212の屈折率よりも高く、第2 In Ga N層212の屈折率は、第1 Ga N層220の屈折率よりも高い。

【0082】

そのため、発光装置200では、例えば、第1 In Ga N層の屈折率、第2半導体層の屈折率、および第2 In Ga N層の屈折率が互いに等しい場合に比べて、第1 In Ga N層210における積層体20の面内方向の平均屈折率と、第2半導体層36における積層体20の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。さらに、第1 In G

10

20

30

40

50

a N層210における積層体20の面内方向の平均屈折率と、第2 InGa N層212における積層体20の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。これにより、積層方向における光強度のピークを、発光層34の位置に合わせることができる。その結果、発光層34に光を閉じ込めることができ、光閉じ込め係数を向上させることができる。

【0083】

発光装置200では、第1半導体層32は、第1 InGa N層210と発光層34との間に設けられた第2 InGa N層212と、第1 InGa N層210と第2 InGa N層212との間に設けられた第1 Ga N層220と、を有する。第1 InGa N層210における柱状部30の径は、第2 InGa N層212における柱状部30の径よりも小さく、第1 InGa N層210の組成式は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ であり、第2 InGa N層212の組成式は、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ であり、 x 、 y は、 $0 < y < x < 1$ を満たす。

10

【0084】

そのため、発光装置200では、第1 InGa N層210の屈折率を第2 InGa N層212の屈折率よりも高くすることができる。これにより、第1 InGa N層210の屈折率と第2 InGa N層212の屈折率とが互いに等しい場合に比べて、第1 InGa N層210における積層体20の面内方向の平均屈折率と、第2 InGa N層212における積層体20の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。

【0085】

さらに、発光装置200では、第1 InGa N層210と第2 InGa N層212との間に設けられた第1 Ga N層220を有するため、1層のInGa N層を薄くすることができる。これにより、InGa N層に欠陥が発生する可能性を小さくすることができる。

20

【0086】

発光装置200では、第2半導体層36は、第1 AlGa N層230と、第1 AlGa N層230と発光層34との間に設けられた第2 AlGa N層232と、第1 AlGa N層230と第2 AlGa N層232との間に設けられた第5 Ga N層240と、を有する。第1 AlGa N層230における柱状部30の径は、第2 AlGa N層232における柱状部30の径よりも大きく、第1 AlGa N層230の屈折率は、第2 AlGa N層232の屈折率よりも低い。

【0087】

30

そのため、発光装置200では、第1 AlGa N層230の屈折率と第2 AlGa N層232の屈折率とが互いに等しい場合に比べて、第1 AlGa N層230における積層体20の面内方向の平均屈折率と、第2 AlGa N層232における積層体20の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。さらに、1層のAlGa N層を薄くすることができるため、AlGa N層に欠陥が発生する可能性を小さくすることができる。

【0088】

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、説明する。第2実施形態に係る発光装置200の製造方法では、第1半導体層32を成長させる際に、短周期でシャッターを切り替えて、InGa N層およびGa N層を積層させる。さらに、第2半導体層36を成長させる際に、短周期でシャッターを切り替えて、AlGa N層およびGa N層を積層させる。以上のこと以外は、第2実施形態に係る発光装置200の製造方法は、上述した第1実施形態に係る発光装置100の製造方法と、基本的に同じである。

40

【0089】

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8は、本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。

【0090】

プロジェクター900は、例えば、光源として、発光装置100を有している。

【0091】

50

プロジェクター 900 は、図示しない筐体と、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、を有している。なお、便宜上、図 8 では、赤色光源 100R、緑色光源 100G、および青色光源 100B を簡略化している。

【0092】

プロジェクター 900 は、さらに、筐体内に備えられている、第 1 光学素子 902R と、第 2 光学素子 902G と、第 3 光学素子 902B と、第 1 光変調装置 904R と、第 2 光変調装置 904G と、第 3 光変調装置 904B と、投射装置 908 と、を有している。第 1 光変調装置 904R、第 2 光変調装置 904G、および第 3 光変調装置 904B は、例えば、透過型の液晶ライトバルブである。投射装置 908 は、例えば、投射レンズである。

10

【0093】

赤色光源 100R から出射された光は、第 1 光学素子 902R に入射する。赤色光源 100R から出射された光は、第 1 光学素子 902R によって集光される。なお、第 1 光学素子 902R は、集光以外の機能を有していてもよい。後述する第 2 光学素子 902G および第 3 光学素子 902B についても同様である。

【0094】

第 1 光学素子 902R によって集光された光は、第 1 光変調装置 904R に入射する。第 1 光変調装置 904R は、入射した光を画像情報に応じて変調させる。そして、投射装置 908 は、第 1 光変調装置 904R によって形成された像を拡大してスクリーン 910 に投射する。

20

【0095】

緑色光源 100G から出射された光は、第 2 光学素子 902G に入射する。緑色光源 100G から出射された光は、第 2 光学素子 902G によって集光される。

【0096】

第 2 光学素子 902G によって集光された光は、第 2 光変調装置 904G に入射する。第 2 光変調装置 904G は、入射した光を画像情報に応じて変調させる。そして、投射装置 908 は、第 2 光変調装置 904G によって形成された像を拡大してスクリーン 910 に投射する。

【0097】

30

青色光源 100B から出射された光は、第 3 光学素子 902B に入射する。青色光源 100B から出射された光は、第 3 光学素子 902B によって集光される。

【0098】

第 3 光学素子 902B によって集光された光は、第 3 光変調装置 904B に入射する。第 3 光変調装置 904B は、入射した光を画像情報に応じて変調させる。そして、投射装置 908 は、第 3 光変調装置 904B によって形成された像を拡大してスクリーン 910 に投射する。

【0099】

また、プロジェクター 900 は、第 1 光変調装置 904R、第 2 光変調装置 904G、および第 3 光変調装置 904B から出射された光を合成して投射装置 908 に導くクロスダイクロイックプリズム 906 を有することができる。

40

【0100】

第 1 光変調装置 904R、第 2 光変調装置 904G、および第 3 光変調装置 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。クロスダイクロイックプリズム 906 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、投射装置 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。

【0101】

50

なお、赤色光源 1 0 0 R、緑色光源 1 0 0 G、および青色光源 1 0 0 B は、発光装置 1 0 0 を映像の画素として画像情報に応じて制御することで、第 1 光変調装置 9 0 4 R、第 2 光変調装置 9 0 4 G、および第 3 光変調装置 9 0 4 B を用いずに、直接的に映像を形成してもよい。そして、投射装置 9 0 8 は、赤色光源 1 0 0 R、緑色光源 1 0 0 G、および青色光源 1 0 0 B によって形成された映像を、拡大してスクリーン 9 1 0 に投射してもよい。

【 0 1 0 2 】

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 Micro Mirror Device) が挙げられる。また、投射装置の構成は、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。

10

【 0 1 0 3 】

また、光源を、光源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の光源装置にも適用することが可能である。

【 0 1 0 4 】

上述した実施形態に係る発光装置は、プロジェクター以外にも用いることが可能である。プロジェクター以外の用途には、例えば、屋内外の照明、ディスプレイ、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、通信機器等の光源がある。

20

【 0 1 0 5 】

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 1 0 6 】

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。

30

【 0 1 0 7 】

上述した実施形態および変形例から以下の内容が導き出される。

【 0 1 0 8 】

発光装置の一態様は、
複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第 1 導電型の第 1 半導体層と、
前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、
を有し、
前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、
前記第 1 半導体層における前記柱状部の径は、前記積層体の積層方向における第 1 位置で、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径よりも小さく、かつ、前記積層方向における前記第 1 位置と異なる第 2 位置で最大であり、
前記第 1 半導体層の前記第 1 位置における屈折率は、前記第 2 半導体層の屈折率および前記第 1 半導体層の前記第 2 位置における屈折率よりも高い。

40

【 0 1 0 9 】

この発光装置によれば、光閉じ込め係数を向上させることができる。

50

【 0 1 1 0 】

発光装置の一態様において、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の径は、前記第 1 位置で最小であり、

前記第 1 半導体層の屈折率は、前記第 1 位置で最も高くてもよい。

【 0 1 1 1 】

この発光装置によれば、第 1 位置における積層体 2 0 の面内方向の平均屈折率と、第 1 位置以外の位置における第 1 半導体層が設けられた部分（積層体の部分）の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。

【 0 1 1 2 】

発光装置の一態様において、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の径は、前記発光層から遠ざかるにつれて小さくなってもよい。

【 0 1 1 3 】

発光装置の一態様において、

前記第 1 半導体層の屈折率は、前記発光層から遠ざかるにつれて高くなってもよい。

【 0 1 1 4 】

この発光装置によれば、第 1 半導体層における積層体の面内方向の平均屈折率を、例えば、積層方向において一定にすることができる。

【 0 1 1 5 】

発光装置の一態様において、

前記第 1 半導体層は、InGa_N層と、Ga_N層と、を有し、

前記第 1 位置には前記 InGa_N層が設けられ、

前記第 2 位置には前記 Ga_N層が設けられていてもよい。

【 0 1 1 6 】

この発光装置によれば、第 1 半導体層の第 1 位置の屈折率を、第 1 半導体層の第 2 位置の屈折率よりも、高くすることができる。

【 0 1 1 7 】

発光装置の一態様において、

前記積層方向において、前記第 2 半導体層における前記柱状部の径、および前記第 2 半導体層の屈折率は、一定ではなく、

前記第 2 半導体層における前記柱状部の径は、前記積層方向における第 3 位置で最小であり、

前記第 2 半導体層の屈折率は、前記第 3 位置で最も高くてもよい。

【 0 1 1 8 】

この発光装置によれば、第 3 位置における積層体の面内方向の平均屈折率と、第 3 位置以外の位置における積層体の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。

【 0 1 1 9 】

発光装置の一態様において、

前記第 2 半導体層における前記柱状部の径は、前記発光層から遠ざかるにつれて大きくなってもよい。

【 0 1 2 0 】

発光装置の一態様において、

前記第 2 半導体層の屈折率は、前記発光層から遠ざかるにつれて低くなってもよい。

【 0 1 2 1 】

この発光装置によれば、第 2 半導体層における積層体の面内方向の平均屈折率を、例えば、積層方向において一定にすることができる。

【 0 1 2 2 】

発光装置の一態様において、

前記第 2 半導体層における前記柱状部の径は、前記積層方向において前記第 3 位置と異なる第 4 位置で最大であり、

10

20

30

40

50

前記第 2 半導体層は、G a N 層と、A l G a N 層と、を有し、
前記第 3 位置には前記 G a N 層が設けられ、
前記第 4 位置には前記 A l G a N 層が設けられていてもよい。

【 0 1 2 3 】

この発光装置によれば、第 2 半導体層の第 4 位置の屈折率を、第 2 半導体層の第 3 位置の屈折率よりも、低くすることができる。

【 0 1 2 4 】

発光装置の一態様は、
複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第 1 導電型の第 1 半導体層と、
前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、
を有し、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、

前記第 1 半導体層は、

第 1 層と、

前記第 1 層と前記発光層との間に設けられた第 2 層と、

前記第 1 層と前記第 2 層との間に設けられた第 3 層と、

を有し、

前記第 1 層における前記柱状部の径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径、および前記第 2 層における前記柱状部の径よりも小さく、

前記第 1 層の屈折率は、前記第 2 半導体層の屈折率および前記第 2 層の屈折率よりも高く、

前記第 2 層の屈折率は、前記第 3 層の屈折率よりも高い、発光装置。

【 0 1 2 5 】

この発光装置によれば、光閉じ込め係数を向上させることができる。

【 0 1 2 6 】

発光装置の一態様は、
複数の柱状部を有する積層体を有し、
複数の前記柱状部の各々は、
第 1 導電型の第 1 半導体層と、
前記第 1 導電型とは異なる第 2 導電型の第 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発光層と、
を有し、

前記第 1 半導体層における前記柱状部の最大径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最大径よりも小さく、

前記第 1 半導体層は、第 1 I n G a N 層を有し、

前記第 1 I n G a N 層における前記柱状部の径は、前記第 2 半導体層における前記柱状部の最小径よりも小さく、

前記第 2 半導体層は、G a N 層および A l G a N 層の少なくとも一方を有する。

【 0 1 2 7 】

この発光装置によれば、光閉じ込め係数を向上させることができる。

【 0 1 2 8 】

発光装置の一態様において、
前記第 1 半導体層は、
前記第 1 I n G a N 層と前記発光層との間に設けられた第 2 I n G a N 層と、
前記第 1 I n G a N 層と前記第 2 I n G a N 層との間に設けられた G a N 層と、
を有し、

10

20

30

40

50

前記第 1 InGa_N層における前記柱状部の径は、前記第 2 InGa_N層における前記柱状部の径よりも小さく、

前記第 1 InGa_N層の組成式は、In_xGa_{1-x}Nであり、

前記第 2 InGa_N層の組成式は、In_yGa_{1-y}Nであり、

前記 x、前記 y は、 $0 < y < x < 1$ を満たす。

この発光装置によれば、第 1 InGa_N層の屈折率を第 2 InGa_N層の屈折率よりも高くすることができ

【0129】

発光装置の一態様において、

前記第 2 半導体層は、

第 1 AlGa_N層と、

前記第 1 AlGa_N層と前記発光層との間に設けられた第 2 AlGa_N層と、

前記第 1 AlGa_N層と前記第 2 AlGa_N層との間に設けられた Ga_N層と、
を有し、

前記第 1 AlGa_N層における前記柱状部の径は、前記第 2 AlGa_N層における前記柱状部の径よりも大きく、

前記第 1 AlGa_N層の屈折率は、前記第 2 AlGa_N層の屈折率よりも低い、発光装置。

【0130】

この発光装置によれば、第 1 AlGa_N層における積層体の面内方向の平均屈折率と、
第 2 AlGa_N層における積層体の面内方向の平均屈折率と、の差を小さくすることができる。

【0131】

プロジェクターの一態様は、

前記発光装置の一態様を有する。

【符号の説明】

【0132】

10...基板、20...積層体、22...バッファ層、24...マスク層、30...柱状部、32...第 1 半導体層、34...発光層、36...第 2 半導体層、40...第 1 電極、42...第 2 電極、50...InGa_N層、52...Ga_N層、60...Ga_N層、62...AlGa_N層、100...発光装置、100R...赤色光源、100G...緑色光源、100B...青色光源、200...発光装置、210...第 1 InGa_N層、212...第 2 InGa_N層、214...第 3 InGa_N層、216...第 4 InGa_N層、220...第 1 Ga_N層、222...第 2 Ga_N層、224...第 3 Ga_N層、226...第 4 Ga_N層、230...第 1 AlGa_N層、232...第 2 AlGa_N層、234...第 3 AlGa_N層、236...第 4 AlGa_N層、240...第 5 Ga_N層、242...第 6 Ga_N層、244...第 7 Ga_N層、246...第 8 Ga_N層、900...プロジェクター、902R...第 1 光学素子、902G...第 2 光学素子、902B...第 3 光学素子、904R...第 1 光変調装置、904G...第 2 光変調装置、904B...第 3 光変調装置、906...クロスダイクロイックプリズム、908...投射装置、910...スクリーン、1000...発光装置、1030...柱状部、1032...第 1 半導体層、1034...発光層、1036...第 2 半導体層

10

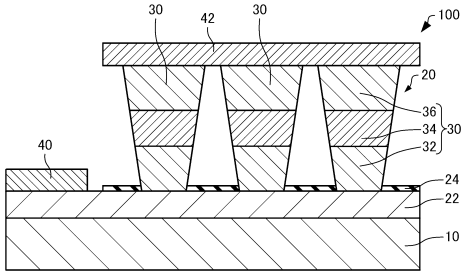
20

30

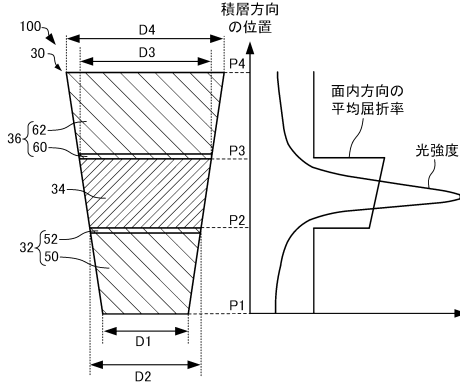
40

【図面】

【図 1】

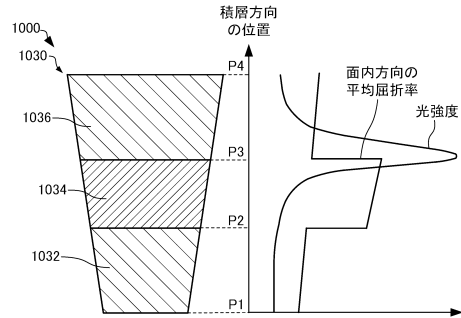


【図 2】

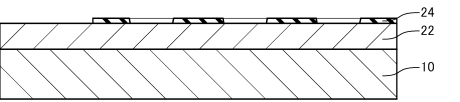


10

【図 3】

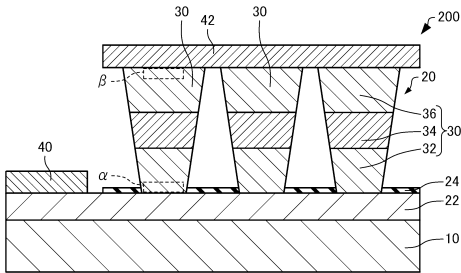


【図 4】

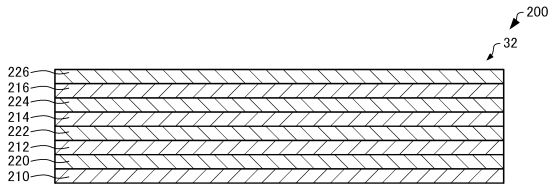


20

【図 5】



【図 6】

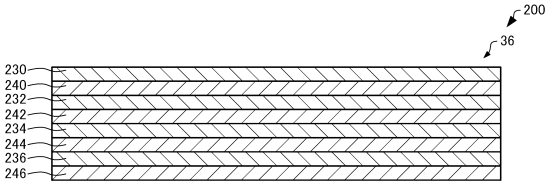


30

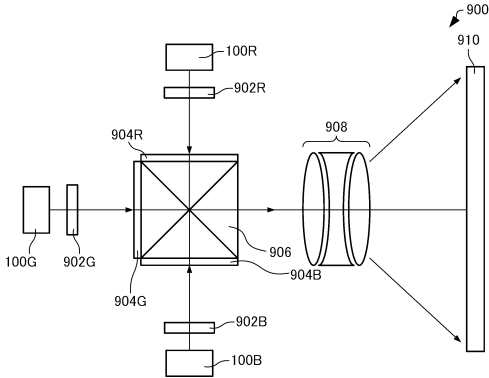
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 1 4 2 6 6 0 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 3 6 5 4 8 0 (U S , A 1)
特開 2 0 2 0 - 0 2 4 9 8 2 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 8 3 2 3 2 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- H 0 1 S 5 / 0 0 - 5 / 5 0
H 0 1 L 3 3 / 0 0 - 3 3 / 4 6