

(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2010-109331  
(P2010-109331A)

(43) 公開日 平成22年5月13日 (2010.5.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1S 5/343 (2006.01)	HO1S 5/343 610	5F173
HO1S 5/22 (2006.01)	HO1S 5/22 610	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2009-198146 (P2009-198146)	(71) 出願人	000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(22) 出願日	平成21年8月28日 (2009.8.28)	(74) 代理人	100104433 弁理士 官園 博一
(31) 優先権主張番号	特願2008-254553 (P2008-254553)	(74) 代理人	100131071 弁理士 ▲角▼谷 浩
(32) 優先日	平成20年9月30日 (2008.9.30)	(72) 発明者	久納 康光 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	野村 康彦 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内
		Fターム(参考)	5F173 AA08 AD06 AF04 AH22 AP05 AR07 AR42

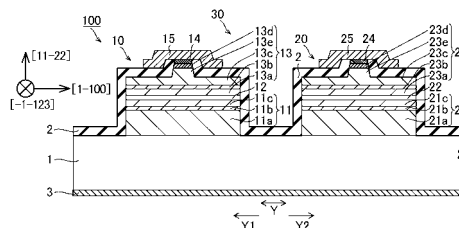
(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置および表示装置

(57) 【要約】

【課題】同一の基板の表面上に、半極性面の主面を有する活性層を含む青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子を形成する場合において、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることが可能な半導体レーザ装置を提供する。

【解決手段】この半導体レーザ装置100は、n型GaN基板1と、n型GaN基板1の表面上に形成され、(111-22)面の主面を有する活性層22を含む緑色半導体レーザ素子20と、n型GaN基板1の表面上に形成され、(111-22)面の主面を有する活性層12を含む青色半導体レーザ素子10とを備え、活性層22は、圧縮歪を有するとともに3nm以上の厚みを有する井戸層22bを含み、活性層12は、圧縮歪を有する井戸層12bを含む。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、

前記基板の表面上に形成され、半極性面の主面を有する第 1 活性層を含む緑色半導体レーザー素子と、

前記基板の表面上に形成され、前記半極性面と略同一の面方位の主面を有する第 2 活性層を含む青色半導体レーザー素子とを備え、

前記第 1 活性層は、圧縮歪を有するとともに約 3 nm 以上の厚みを有する第 1 井戸層を含み、前記第 2 活性層は、圧縮歪を有する第 2 井戸層を含む、半導体レーザー装置。

## 【請求項 2】

前記第 1 活性層の第 1 井戸層は、InGaN からなる、請求項 1 に記載の半導体レーザー装置。

## 【請求項 3】

前記第 2 活性層の第 2 井戸層は、InGaN からなる、請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザー装置。

## 【請求項 4】

前記第 1 井戸層の厚みは、前記第 2 井戸層の厚みよりも大きい、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザー装置。

## 【請求項 5】

前記半極性面は、(0001) 面または (000-1) 面に対して約 10 度以上約 70 度以下傾いた面である、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザー装置。

## 【請求項 6】

前記緑色半導体レーザー素子および前記青色半導体レーザー素子は、それぞれ、前記半極性面の主面に [0001] 方向を投影した方向に延びる光導波路をさらに含む、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の半導体レーザー装置。

## 【請求項 7】

基板と、前記基板の表面上に形成され、半極性面の主面を有する第 1 活性層を含む緑色半導体レーザー素子と、前記基板の表面上に形成され、前記半極性面と略同一の面方位の主面を有する第 2 活性層を含む青色半導体レーザー素子とを含む半導体レーザー装置と、

前記半導体レーザー装置からの光の変調を行う変調手段とを備え、

前記第 1 活性層は、圧縮歪を有するとともに約 3 nm 以上の厚みを有する第 1 井戸層を有し、前記第 2 活性層は、圧縮歪を有する第 2 井戸層を有する、表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、半導体レーザー装置および表示装置に関し、特に、同一の基板の表面上に形成された、青色半導体レーザー素子と緑色半導体レーザー素子とを備えた半導体レーザー装置およびそれを備える表示装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、プロジェクタ装置などを小型化する要求がますます高まる中、白色光を得るための R (赤色光) G (緑色光) B (青色光) の光源として半導体レーザー素子を用いたプロジェクタ装置およびディスプレイ装置の開発が進められている。すなわち、装置のさらなる小型化や構成部品の削減のために、光源の波長が直接利用可能な半導体レーザー素子を光源に用いることが検討されている。また、半導体レーザー素子を光源に用いる場合、RGB の 3 色の半導体レーザー素子のうちの青色半導体レーザー素子および緑色半導体レーザー素子 (たとえば、特許文献 1 参照) を同一の基板上に形成したモノリシック型の 2 波長半導体レーザー素子を用いることも検討されている。

## 【0003】

上記特許文献 1 には、同一の基板の表面上に、InGaN からなる第 1 活性層を含む緑

10

20

30

40

50

色半導体レーザ素子と、InGaNからなる第2活性層を含む青色半導体レーザ素子とが形成されたモノリシック型の2波長半導体発光装置(半導体レーザ装置)が開示されている。なお、特許文献1では、緑色半導体レーザの第1活性層および青色半導体レーザの第2活性層を形成する際の主面としてどのような結晶面を用いているかについて開示も示唆もされていない。

【0004】

しかしながら、上記特許文献1が開示された2波長半導体発光装置では、極性面であるc面((0001)面)上に第1活性層および第2活性層が形成された場合においては、結晶格子の歪みに起因する圧電分極により生ずるピエゾ電界が増大するため、緑色半導体レーザ素子および青色半導体レーザ素子の発光効率が低下するという不都合がある。

10

【0005】

そこで、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子の発光効率の低下を抑制するために、基板の(11-22)面や(1-101)面などの半極性面(c面に対して傾いた面)を主面として活性層を形成する方法がある。しかしながら、半極性面を主面として活性層を形成すると、半極性面はc面と比較して面内の結晶構造の対称性が小さいので、面内に偏光した光に対して、振動子強度は異方性を有する。さらに、青色半導体発光素子よりもIn含有量が多いために面内に異方性を有する圧縮歪が大きく、かつ、発振波長の長い緑色半導体発光素子については、振動子強度の大きい偏光方向が90°回転する場合がある。この点については、非特許文献1に、青色半導体発光素子よりも長い発振波長(約490nm)を有する青緑色半導体発光素子において、活性層における井戸層の厚みが小さい場合に偏光方向が90°回転することが報告されている。この報告から、青緑色半導体発光素子と同様、青色半導体発光素子よりもIn含有量が多く、かつ、長い発振波長(約500nm~約565nm)を有する緑色半導体発光素子についても、活性層における井戸層の厚みが小さい場合に偏光方向が回転する可能性があると考えられる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2007-227652号公報

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】第55回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 29a-B-8

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記した場合に、同一の基板の表面上に、半極性面の主面を有する活性層を含む青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子を形成してモノリシック型の2波長半導体レーザ素子を形成すると、青色半導体レーザ素子の活性層からの発光における主面内の振動子強度の大きい偏光方向と緑色半導体レーザ素子の活性層からの発光における主面内の振動子強度の大きい偏光方向とが異なる。したがって、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子が最大化される光導波路の延びる方向とが一致しないという問題点が生じると考えられる。なお、光学利得が最大化される光導波路の延びる方向は、面内で振動子強度の最大の偏光方向と垂直な方向となる。

40

【0009】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の1つの目的は、同一の基板の表面上に、半極性面の主面を有する活性層を含む青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子を形成する場合において、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることが可能な半導体レーザ装置を提供することである。

【0010】

50

この発明のもう1つの目的は、同一の基板の表面上に、半極性面の主面を有する活性層を含む青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子を形成する場合において、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることが可能な半導体レーザ装置を備える表示装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本願発明者が鋭意検討した結果、半極性面の主面を有する第1活性層を含む緑色半導体レーザ素子において、圧縮歪を有する第1井戸層の厚みを約3nm以上にすることによって、緑色半導体レーザ素子と青色半導体レーザ素子とで光学利得が最大化される光導波路の延びる方向を略一致させることができることを種々の考察により見出した。すなわち、この発明の第1の局面による半導体レーザ装置は、基板と、基板の表面上に形成され、半極性面の主面を有する第1活性層を含む緑色半導体レーザ素子と、基板の表面上に形成され、半極性面と略同一の面方位の主面を有する第2活性層を含む青色半導体レーザ素子とを備え、第1活性層は、圧縮歪を有するとともに約3nm以上の厚みを有する第1井戸層を含み、第2活性層は、圧縮歪を有する第2井戸層を含む。

10

【0012】

ここで、「緑色半導体レーザ素子」とは、発振波長が約500nm~約565nmの範囲にある半導体レーザ素子を指す。また、本発明における「厚み」とは、活性層の量子井戸構造が単一量子井戸(SQW)構造を有する場合は、単一の井戸層の厚みであり、活性層の量子井戸構造が多重量子井戸(MQW)構造を有する場合は、MQW構造を構成する多層の井戸層のそれぞれの井戸層の厚みを示している。また、圧縮歪とは、下地層と井戸層との間の格子定数の差に起因して発生する圧縮力による歪のことである。たとえば、井戸層の無歪での面内格子定数が、基板の無歪での面内格子定数に比べて大きい状態で、井戸層が基板に擬似格子整合して成長されている場合や、歪のない井戸層の面内格子定数に比べて小さい面内格子定数を有する層(クラッド層や障壁層など)の上に井戸層が擬似格子整合して成長されている場合などにおいて、圧縮歪は発生する。

20

【0013】

この発明の第1の局面による半導体レーザ装置では、上記のように、緑色半導体レーザ素子の半極性面の主面を有する第1活性層の第1井戸層を、約3nm以上の厚みを有するように構成することによって、同一の基板の表面上に形成された緑色半導体レーザ素子の第1活性層および青色半導体レーザ素子の第2活性層が、それぞれ、略同一の面方位を有する半極性面を主面とする場合において、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることができる。

30

【0014】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、第1活性層および第2活性層は、それぞれ、窒化物系半導体からなる。このように構成すれば、より効率の高い緑色半導体レーザ素子および青色半導体レーザ素子を作製することができる。

40

【0015】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、第1井戸層は、Inを含む窒化物系半導体からなり、さらに好ましくは、第1井戸層は、InGaInからなる。このように構成することによって、さらに効率の高い緑色半導体レーザ素子を作製することができる。

【0016】

この場合、好ましくは、第1井戸層のIn組成は、約30%以上である。このように構成することによって、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることができる。

50

## 【0017】

上記第1井戸層のIn組成が約30%以上である半導体レーザ装置において、好ましくは、第1井戸層のIn組成は、約33%以上であり、第1井戸層は、約3.5nm以上の厚みを有する。このように構成すれば、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることができる。

## 【0018】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、第2井戸層は、Inを含む窒化物系半導体からなり、さらに好ましくは、第2井戸層は、InGaNからなる。このように構成することによって、さらに効率の高い青色半導体レーザ素子を作製することができる。

10

## 【0019】

上記第1活性層および第2活性層が窒化物系半導体からなる半導体レーザ装置において、好ましくは、第1井戸層および第2井戸層は、それぞれ、Inを含む窒化物系半導体からなり、第1井戸層のIn組成は、第2井戸層のIn組成よりも大きい。このように構成すれば、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させることができる。

## 【0020】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、第1井戸層の厚みは、第2井戸層の厚みよりも大きい。ここで、半極性面の主面を有する第1活性層を含む緑色半導体レーザ素子と、半極性面の主面を有する第2活性層を含む青色半導体レーザ素子とでは、緑色半導体レーザ素子よりも活性層における圧縮歪が小さく発振波長の短い青色半導体レーザ素子の方が、光学利得が最大化される光導波路の延びる方向の変化は起こりにくいと考えられるので、青色半導体レーザ素子の第2活性層の第2井戸層の厚みを、緑色半導体レーザ素子の第1活性層の第1井戸層の厚みよりも小さくすることができる。これにより、青色半導体レーザ素子の第2活性層において、第2井戸層の結晶格子と、第2井戸層が成長されている下地層の結晶格子との格子定数が異なることにより生じるミスフィット転位の発生を抑制することができる。

20

## 【0021】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、半極性面は、(0001)面または(000-1)面に対して約10度以上約70度以下傾いた面である。このように構成すれば、より確実に、緑色半導体レーザ素子と青色半導体レーザ素子とで光学利得が最大化される光導波路の延びる方向を略一致させることができる。

30

## 【0022】

この場合、好ましくは、半極性面は、略(11-22)面である。このように構成すれば、他の半極性面よりもピエゾ電界が小さいので、緑色半導体レーザ素子の発光効率と青色半導体レーザ素子の発光効率とが低下するのをより抑制することができる。

## 【0023】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、基板は、半極性面と略同一の面方位の主面を有する。このように構成すれば、緑色半導体レーザ素子の第1活性層および青色半導体レーザ素子の第2活性層と略同一の半極性面の面方位の主面を有する基板上に半導体層を成長させるだけで、半極性面の主面を有する第1活性層を含んだ緑色半導体レーザ素子および半極性面の主面を有する第2活性層を含んだ青色半導体レーザ素子を容易に形成することができる。

40

## 【0024】

上記第1活性層および第2活性層が窒化物系半導体からなる半導体レーザ装置において、好ましくは、基板は、窒化物系半導体からなる。このように構成すれば、窒化物系半導体からなる基板上に半導体層を成長させるだけで、窒化物系半導体からなる第1活性層を含んだ緑色半導体レーザ素子および窒化物系半導体からなる第2活性層を含んだ青色半導

50

体レーザ素子を容易に形成することができる。

【0025】

この場合、好ましくは、第1井戸層は、半極性面の主面を有するInGaNからなり、第2井戸層は、半極性面の主面を有するInGaNからなり、基板は、半極性面の主面を有するGaNからなる。このように構成すれば、緑色半導体レーザ素子の第1活性層および青色半導体レーザ素子の第2活性層と同一の半極性面の主面を有し、GaNからなる基板上に半導体層を成長させるだけで、半極性面の主面を有し、InGaNからなる第1活性層を含んだ緑色半導体レーザ素子および半極性面の主面を有し、InGaNからなる第2活性層を含んだ青色半導体レーザ素子を容易に形成することができる。

【0026】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子は、それぞれ、半極性面の主面に[0001]方向を投影した方向に延びる光導波路をさらに含む。ここで、半導体レーザ素子の光学利得を最大化するためには、光導波路を活性層からの発光の主たる偏光方向に対して垂直に形成することが必要とされる。すなわち、半極性面の主面に[0001]方向を投影した方向に光導波路を形成することによって、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子の光学利得をそれぞれ最大化することができるとともに、青色半導体レーザ素子の青色光と緑色半導体レーザ素子の緑色光とを共通の共振器面から出射させることができる。

【0027】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、緑色半導体レーザ素子は、第1活性層の一方表面側または他方表面側の少なくとも一方に形成され、Inを含有する第1光ガイド層をさらに含み、青色半導体レーザ素子は、第2活性層の一方表面側または他方表面側の少なくとも一方に形成され、Inを含有する第2光ガイド層をさらに含み、第1光ガイド層のIn組成は、第2光ガイド層のIn組成よりも大きい。このように構成すれば、第1光ガイド層は第2光ガイド層よりも光をより活性層内に閉じ込めることができるので、緑色半導体レーザ素子の緑色光をより活性層内に閉じ込めることができる。これにより、青色半導体レーザ素子と比べて発光効率が劣る緑色半導体レーザ素子において、青色半導体レーザ素子と同程度の光の閉じ込めを確保することができる。

【0028】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、緑色半導体レーザ素子は、第1活性層の一方表面側または他方表面側の少なくとも一方に形成され、Alを含有する第1キャリアブロック層をさらに含み、青色半導体レーザ素子は、第2活性層の一方表面側または他方表面側の少なくとも一方に形成され、Alを含有する第2キャリアブロック層をさらに含み、第1キャリアブロック層のAl組成は、第2キャリアブロック層のAl組成よりも大きい。このように構成すれば、第1キャリアブロック層は第2キャリアブロック層よりも光をより活性層内に閉じ込めることができるので、緑色半導体レーザ素子の緑色光をより活性層内に閉じ込めることができる。これにより、青色半導体レーザ素子と比べて発光効率が劣る緑色半導体レーザ素子において、青色半導体レーザ素子と同程度の光の閉じ込めを確保することができる。

【0029】

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、緑色半導体レーザ素子は、第1活性層の一方表面側または他方表面側の少なくとも一方に形成され、Alを含有する第1クラッド層をさらに含み、青色半導体レーザ素子は、第2活性層の一方表面側または他方表面側の少なくとも一方に形成され、Alを含有する第2クラッド層をさらに含み、第1クラッド層のAl組成は、第2クラッド層のAl組成よりも大きい。このように構成すれば、第1クラッド層は第2クラッド層よりも光をより活性層内に閉じ込めることができるので、緑色半導体レーザ素子の緑色光をより活性層内に閉じ込めることができる。これにより、青色半導体レーザ素子と比べて発光効率が劣る緑色半導体レーザ素子において、青色半導体レーザ素子と同程度の光の閉じ込めを確保することができる。

【0030】

10

20

30

40

50

上記第1の局面による半導体レーザ装置において、好ましくは、青色半導体レーザ素子、緑色半導体レーザ素子および基板の少なくともいずれかに対して接合される赤色半導体レーザ素子をさらに備える。ここで、「赤色半導体レーザ素子」とは、発振波長が約610nm～約750nmの範囲にある半導体レーザ素子を指す。このように構成すれば、光学利得が最大化される光導波路の延びる方向を一致させた青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子を含む青・緑2波長半導体レーザ素子部と、赤色半導体レーザ素子とを備えるRGB3波長半導体レーザ装置を得ることができる。

【0031】

この場合、好ましくは、赤色半導体レーザ素子は、基板に対してジャンクションダウンにより接合されている。このように構成すれば、赤色半導体レーザ素子の活性層において生じる熱を基板において放出することができるので、より赤色半導体レーザ素子の発光効率の高いRGB3波長半導体レーザ装置を作製することができる。

10

【0032】

この発明の第2の局面による表示装置は、基板と、基板の表面上に形成され、半極性面の主面を有する第1活性層を含む緑色半導体レーザ素子と、基板の表面上に形成され、半極性面と略同一の面方位の主面を有する第2活性層を含む青色半導体レーザ素子とを含む半導体レーザ装置と、半導体レーザ装置からの光の変調を行う変調手段とを備え、第1活性層は、圧縮歪を有するとともに約3nm以上の厚みを有する第1井戸層を有し、第2活性層は、圧縮歪を有する第2井戸層を有する。

20

【0033】

この発明の第2の局面による表示装置では、上記のように、緑色半導体レーザ素子の半極性面の主面を有する第1活性層の第1井戸層を、約3nm以上の厚みを有するように構成することによって、同一の基板の表面上に形成された緑色半導体レーザ素子の第1活性層および青色半導体レーザ素子の第2活性層が、それぞれ、略同一の面方位を有する半極性面を主面とする場合において、青色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向と緑色半導体レーザ素子の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向とを略一致させた半導体レーザ装置を用いて、変調手段により光を変調させて所望の画像を表示させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

30

【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザ装置の構造を示した断面図である。

【図2】GaNの結晶構造、面方位および半導体レーザ素子の偏光方向を説明するための図である。

【図3】図1に示した第1実施形態による半導体レーザ装置の青色半導体レーザ素子の活性層の構造を示した拡大断面図である。

【図4】図1に示した第1実施形態による半導体レーザ装置の緑色半導体レーザ素子の活性層の構造を示した拡大断面図である。

【図5】図1に示した第1実施形態による半導体レーザ装置の緑色半導体レーザ素子の活性層の構造を示した拡大断面図である。

【図6】図1に示した第1実施形態による半導体レーザ装置の製造プロセスを説明するための図である。

40

【図7】図1に示した第1実施形態による半導体レーザ装置の製造プロセスを説明するための図である。

【図8】本発明の第2実施形態による半導体レーザ装置の構造を示した断面図である。

【図9】図8に示した第2実施形態による半導体レーザ装置を備え、半導体レーザ素子が時系列的に交互に点灯されるプロジェクタ装置を示した模式図である。

【図10】図9に示した第2実施形態によるプロジェクタ装置の制御部が時系列的に信号を発信する状態を示したタイミングチャートである。

【図11】図8に示した第2実施形態による半導体レーザ装置を備え、半導体レーザ素子が略同時に点灯されるプロジェクタ装置を示した模式図である。

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0035】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

## 【0036】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態による半導体レーザ装置の構造を示した断面図である。図2は、GaNの結晶構造、面方位および半導体レーザ素子の偏光方向を説明するための図である。図3および図4は、図1に示した半導体レーザ装置の構造の詳細を示した拡大断面図である。まず、図1～図4を参照して、本発明の第1実施形態による半導体レーザ装置100の構造について説明する。

10

## 【0037】

本発明の半導体レーザ装置100では、図1に示すように、約450nmの発振波長を有する青色半導体レーザ素子10と、約530nmの発振波長を有する緑色半導体レーザ素子20とからなる、モノリシック型の青・緑2波長半導体レーザ素子部30が、約100 $\mu$ mの厚みを有するn型GaN基板1上に形成されている。なお、青色半導体レーザ素子10は、約435nm～約485nmの範囲の発振波長を有する。また、緑色半導体レーザ素子20は、約500nm～約565nmの範囲の発振波長を有する。なお、n型GaN基板1は、本発明の「基板」の一例である。

## 【0038】

ここで、モノリシック型の青・緑2波長半導体レーザ素子部30は、(11-22)面(図2参照)の主面を有するn型GaN基板1上に形成されている。ここで、図2に示すように、(11-22)面は、c面((0001)面)から[11-20]方向に向かって約58°傾いた面からなる半極性面である。なお、半極性面として、c面から約10°以上約70°以下傾いた面を用いるのが、緑色半導体レーザ素子20と青色半導体レーザ素子10とで光学利得が最大化される後述する光導波路の延びる方向を略一致させるために好ましい。また、(11-22)面は、他の半極性面と比べてピエゾ電界がより小さいので、青色半導体レーザ素子10および緑色半導体レーザ素子20の発光効率が低下するのを抑制することが可能である。よって、(11-22)面を用いるのがより好ましい。

20

## 【0039】

また、図1に示すように、青色半導体レーザ素子10は、n型GaN基板1の上面上の[-1100]方向(Y1方向)側の領域に、半導体層としてn型半導体層11、活性層12およびp型半導体層13がこの順に積層された構造を有している。また、緑色半導体レーザ素子20は、青色半導体レーザ素子10と同一の基板であるn型GaN基板1の上面上の[1-100]方向(Y2方向)側の領域に、半導体層としてn型半導体層21、活性層22およびp型半導体層23がこの順に積層された構造を有している。なお、活性層12および22は、それぞれ、本発明の「第2活性層」および「第1活性層」の一例である。

30

## 【0040】

また、青色半導体レーザ素子10のn型半導体層11は、n型GaN基板1の上面上に形成された約2 $\mu$ mの厚みを有するSiドープn型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nからなるn型クラッド層11aと、n型クラッド層11a上に形成された約5nmの厚みを有するSiドープn型Al<sub>0.16</sub>Ga<sub>0.84</sub>Nからなるn型キャリアブロック層11bと、n型キャリアブロック層11b上に形成された約100nmの厚みを有するSiドープn型In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなるn型光ガイド層11cとを有している。なお、n型クラッド層11aは、本発明の「第2クラッド層」の一例であり、n型キャリアブロック層11bは、本発明の「第2キャリアブロック層」の一例である。また、n型光ガイド層11cは、本発明の「第2光ガイド層」の一例である。

40

## 【0041】

ここで、図3に示すように、青色半導体レーザ素子10の活性層12は、n型GaN基板1と同一の主面である(11-22)面(図2参照)の主面を有するInGa

50



るとともに、MQW構造を有する。具体的には、活性層12は、n型半導体層11の上面上に、それぞれ約20nmの厚みを有するアンドープIn<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなる4層の障壁層12aと、約3nmの厚みt<sub>1</sub>を有するアンドープIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nからなる3層の井戸層12bとが交互に積層されたMQW構造を有している。すなわち、青色半導体レーザ素子10の活性層12の井戸層12bは、約20%のIn組成を有するInGa<sub>0.80</sub>Nからなる。ここで、極性面であるc面((0001)面：図2参照)および他の半極性面を活性層12の主面にする場合と比べて、(11-22)面を活性層12の主面とすることによって、活性層12におけるピエゾ電界を小さくすることが可能である。

#### 【0042】

また、青色半導体レーザ素子10の主面内で振動子強度の最大となる偏光方向は、図2に示す無極性面であるm面((1-100)面)に対して垂直な方向である[1-100]方向になるように構成されている。

#### 【0043】

また、図1に示すように、p型半導体層13は、活性層12の上面上に形成された約100nmの厚みを有するMgドープp型In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなるp型光ガイド層13aと、p型光ガイド層13a上に形成された約20nmの厚みを有するMgドープp型Al<sub>0.16</sub>Ga<sub>0.84</sub>Nからなるp型キャリアブロック層13bと、p型キャリアブロック層13b上に形成された約700nmの厚みを有するMgドープp型Al<sub>0.07</sub>Ga<sub>0.93</sub>Nからなるp型クラッド層13cと、p型クラッド層13c上に形成された約10nmの厚みを有するMgドープp型In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなるp型コンタクト層13dとを有している。なお、p型光ガイド層13aは、本発明の「第2光ガイド層」の一例である。また、p型キャリアブロック層13bは、本発明の「第2キャリアブロック層」の一例であり、p型クラッド層13cは、本発明の「第2クラッド層」の一例である。

#### 【0044】

また、p型クラッド層13cとp型コンタクト層13dとによって、青色半導体レーザ素子10のY方向(Y1方向およびY2方向)の略中央部に形成されたストライプ状のリッジ13eが形成されている。このリッジ13eによって光導波路が構成されている。また、リッジ13eは、(11-22)面に[0001]方向を投影した方向である光導波路の延びる方向([-1-123]方向)に沿って延びるように形成されている。また、p型クラッド層13cは、リッジ13eの両側(Y方向)に延びる平坦部を有している。

#### 【0045】

また、p型クラッド層13cの平坦部の上面と、リッジ13eの側面と、n型半導体層11、活性層12、p型光ガイド層13a、p型キャリアブロック層13bおよびp型クラッド層13cの側面とを覆い、リッジ13eの上面が露出するように、絶縁膜である電流ブロック層2が形成されている。この電流ブロック層2は、SiO<sub>2</sub>からなるとともに、約250nmの厚みを有する。また、電流ブロック層2は、n型Ga<sub>0.98</sub>N基板1の上面の所定領域(青色半導体レーザ素子10および緑色半導体レーザ素子20から露出された領域)と、緑色半導体レーザ素子20の後述するp型クラッド層23cの平坦部の上面と、後述するリッジ23eの側面と、n型半導体層21、活性層22およびp型半導体層23の一部の側面とを覆い、リッジ23eの上面が露出するように形成されている。また、p型コンタクト層13dの上面には、p型コンタクト層13dから近い順に、約5nmの厚みを有するPt層と、約100nmの厚みを有するPd層と、約150nmの厚みを有するAu層とが積層されたp側オーミック電極14が形成されている。また、電流ブロック層2の所定領域(p型クラッド層13cの平坦部上およびリッジ13eの側面上に位置する領域)およびp側オーミック電極14の上面には、p側オーミック電極14と電氣的に接続されるように、p側オーミック電極14から近い順に、約100nmの厚みを有するTi層と、約100nmの厚みを有するPd層と、約3μmの厚みを有するAu層とが積層されたp側パッド電極15が形成されている。

10

20

30

40

50

## 【0046】

また、緑色半導体レーザ素子20は、後述する活性層22の後述する井戸層22bを除いて、青色半導体レーザ素子10と同様の構造を有している。具体的には、緑色半導体レーザ素子20のn型半導体層21は、n型Ga<sub>0.10</sub>N基板1の上面上に形成された約2μmの厚みを有するSiドープn型Al<sub>0.10</sub>Ga<sub>0.90</sub>Nからなるn型クラッド層21aと、n型クラッド層21a上に形成された約5nmの厚みを有するSiドープn型Al<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nからなるn型キャリアブロック層21bと、n型キャリアブロック層21b上に形成された約100nmの厚みを有するSiドープn型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nからなるn型光ガイド層21cとを有している。なお、n型クラッド層21aは、本発明の「第1クラッド層」の一例であり、n型キャリアブロック層21bは、本発明の「第1キャリアブロック層」の一例である。また、n型光ガイド層21cは、本発明の「第1光ガイド層」の一例である。

10

## 【0047】

ここで、図4に示すように、緑色半導体レーザ素子20の活性層22は、n型Ga<sub>0.10</sub>N基板1と同一の主面である(11-22)面(図2参照)の主面を有するInGa<sub>0.98</sub>Nからなるとともに、SQW構造を有する。具体的には、活性層22は、n型半導体層21の上面上に、それぞれ約20nmの厚みを有するアンドープIn<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなる2層の障壁層22aと、約3.5nmの厚みt<sub>2</sub>を有するアンドープIn<sub>0.33</sub>Ga<sub>0.67</sub>Nからなる1層の井戸層22bとが交互に積層されたSQW構造を有している。すなわち、緑色半導体レーザ素子20の活性層22の井戸層22bは、青色半導体レーザ素子10の活性層12の井戸層12bのIn組成(約20%)よりも大きい約33%のIn組成を有するInGa<sub>0.33</sub>Nからなる。これにより、緑色半導体レーザ素子20の利得が最大化される後述する光導波路の延びる方向と青色半導体レーザ素子10の利得が最大化される光導波路の延びる方向とが同一な方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)になるように構成されている。

20

## 【0048】

なお、上記した緑色半導体レーザ素子20の利得が最大化される光導波路の延びる方向と青色半導体レーザ素子10の利得が最大化される光導波路の延びる方向とが同一な方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)になるのは、In組成が約30%以上の場合において、(11-22)面の主面を有するInGa<sub>0.33</sub>Nからなる井戸層の厚みが約3nm未満であれば、(11-22)面内における主たる偏光方向が90°回転([ 1 - 1 0 0 ]方向)から[ - 1 - 1 2 3 ]方向に回転)する現象が見い出されたことに基づいている。よって、井戸層22bが約30%以上のIn組成を有する場合、井戸層22bの厚みt<sub>2</sub>は、約3nm以上であることが好ましい。また、約33%のIn組成を有するとともに、(11-22)面の主面を有するInGa<sub>0.33</sub>Nからなる井戸層22bの厚みを約3.5nm(約3nm以上)の厚みt<sub>2</sub>を有するように構成することによって、緑色半導体レーザ素子20の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向が、青色半導体レーザ素子10の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向に対して90°変化しないように構成することが可能である。また、極性面であるc面((0001)面:図2参照)および他の半極性面を活性層22の主面にする場合と比べて、(11-22)面を活性層22の主面とすることによって、活性層22におけるピエゾ電界を小さくすることが可能である。

30

40

## 【0049】

また、図4に示す緑色半導体レーザ素子20の活性層22の井戸層22bの厚みt<sub>2</sub>(約3.5nm)は、図3に示す青色半導体レーザ素子10の活性層12の井戸層12bの各層の厚みt<sub>1</sub>(約3nm)よりも大きくなるように構成されている。

## 【0050】

また、図1に示すように、p型半導体層23は、活性層22の上面上に形成された約100nmの厚みを有するMgドープp型In<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nからなるp型光ガイド層23aと、p型光ガイド層23a上に形成された約20nmの厚みを有するMgドープp型Al<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.80</sub>Nからなるp型キャリアブロック層23bと、p型キャ

50

リアブロック層 23b 上に形成された約 700 nm の厚みを有する Mg ドープ p 型 Al<sub>0.10</sub>Ga<sub>0.90</sub>N からなる p 型クラッド層 23c と、p 型クラッド層 23c 上に形成された約 10 nm の厚みを有する Mg ドープ p 型 In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>N からなる p 型コンタクト層 23d とを有している。なお、p 型光ガイド層 23a は、本発明の「第 1 光ガイド層」の一例である。また、p 型キャリアブロック層 23b は、本発明の「第 1 キャリアブロック層」の一例であり、p 型クラッド層 23c は、本発明の「第 1 クラッド層」の一例である。

#### 【0051】

また、p 型クラッド層 23c と p 型コンタクト層 23d とによって、緑色半導体レーザ素子 20 の Y 方向の略中央部に形成されたストライプ状のリッジ 23e が形成されている。このリッジ 23e によって光導波路が構成されている。また、リッジ 23e は、(11-22) 面に [0001] 方向を投影した方向である光導波路の延びる方向 ([ - 1 - 1 23 ] 方向) に沿って延びるように形成されている。また、p 型クラッド層 23c は、リッジ 23e の両側 (Y 方向) に延びる平坦部を有している。

10

#### 【0052】

また、緑色半導体レーザ素子 20 の n 型クラッド層 21a および p 型クラッド層 23c の Al 組成 (約 10%) は、青色半導体レーザ素子 10 の n 型クラッド層 11a および p 型クラッド層 13c の Al 組成 (約 7%) に比べて大きくなるように構成されている。また、緑色半導体レーザ素子 20 の n 型キャリアブロック層 21b および p 型キャリアブロック層 23b の Al 組成 (約 20%) は、青色半導体レーザ素子 10 の n 型キャリアブロック層 11b および p 型キャリアブロック層 13b の Al 組成 (約 16%) に比べて大きくなるように構成されている。また、緑色半導体レーザ素子 20 の n 型光ガイド層 21c および p 型光ガイド層 23a の In 組成 (約 5%) は、青色半導体レーザ素子 10 の n 型光ガイド層 11c および p 型光ガイド層 13a の In 組成 (約 2%) に比べて大きくなるように構成されている。これらによって、屈折率の小さい緑色の光を青色の光と同程度クラッド層およびキャリアブロック層と光ガイド層との間に閉じ込めることが可能になるので、緑色半導体レーザ素子 20 において、青色半導体レーザ素子 10 と同程度の光の閉じ込めを確保することが可能である。

20

#### 【0053】

また、緑色半導体レーザ素子 20 の n 型クラッド層 21a、n 型キャリアブロック層 21b、p 型キャリアブロック層 23b および p 型クラッド層 23c の Al 組成は、それぞれ、青色半導体レーザ素子 10 の n 型クラッド層 11a、n 型キャリアブロック層 11b、p 型キャリアブロック層 13b および p 型クラッド層 13c の Al 組成と比べて大きい方が好ましい。一方、青色半導体レーザ素子 10 および緑色半導体レーザ素子 20 の Al 組成を小さくすることによって、光の閉じ込め機能は低下するものの、AlGaIn と n 型 GaN 基板 1 との結晶格子の格子定数が異なることに起因する亀裂や反りの発生を低減することが可能である。

30

#### 【0054】

また、緑色半導体レーザ素子 20 の n 型光ガイド層 21c および p 型光ガイド層 23a の In 組成は、青色半導体レーザ素子 10 の n 型光ガイド層 11c および p 型光ガイド層 13a の In 組成と比べて大きい方が好ましい。

40

#### 【0055】

また、p 型コンタクト層 23d の上面上には、青色半導体レーザ素子 10 の p 側オーミック電極 14 と同様の p 側オーミック電極 24 が形成されている。また、電流ブロック層 2 の所定領域 (p 型クラッド層 23c の平坦部上およびリッジ 23e の側面上に位置する領域) および p 側オーミック電極 24 の上面上には、青色半導体レーザ素子 10 の p 側パッド電極 15 と分離して、青色半導体レーザ素子 10 の p 側パッド電極 15 と同様の p 側パッド電極 25 が形成されている。

#### 【0056】

また、n 型 GaN 基板 1 の下面上には、n 型 GaN 基板 1 側から近い順に、約 10 nm

50

の厚みを有する Al 層と、約 20 nm の厚みを有する Pt 層と、約 300 nm の厚みを有する Au 層とからなる n 側電極 3 が形成されている。

【0057】

また、青色半導体レーザ素子 10 および緑色半導体レーザ素子 20 には、それぞれ、光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）に対して垂直な共振器面が形成されている。つまり、青色半導体レーザ素子 10 と緑色半導体レーザ素子 20 とは、同一の面方位からなる共振器面を有するように構成されている。

【0058】

図 5 ~ 図 7 は、図 1 に示した第 1 実施形態による半導体レーザ装置の製造プロセスを説明するための図である。次に、図 1 ~ 図 7 を参照して、第 1 実施形態による半導体レーザ装置 100 の製造プロセスについて説明する。

10

【0059】

図 5 に示すように、 $(11-22)$  面（図 2 参照）の主面を有する n 型 GaN 基板 1 の上面上の  $[-1100]$  方向（Y1 方向）側の領域に、幅約 400  $\mu\text{m}$  の開口部 4a を有し、約 500 nm の厚みを有する SiO<sub>2</sub> からなるマスク層 4 を形成する。

【0060】

そして、図 6 に示すように、有機金属気相成長（MOCVD）法により、マスク層 4 の開口部 4a 内に露出された n 型 GaN 基板 1 の上面上に、n 型半導体層 11、活性層 12 およびリッジ 13e が形成される前の p 型半導体層 13 をこの順に選択成長させる。

20

【0061】

その後、マスク層 4 を除去する。そして、n 型 GaN 基板 1 の上面上と、p 型半導体層 13 の上面上と、n 型半導体層 11、活性層 12 および p 型半導体層 13 の側面上とに、約 500 nm の厚みを有する SiO<sub>2</sub> からなるマスク層 5 を形成する。

【0062】

次に、図 7 に示すように、n 型 GaN 基板 1 の上面上の  $[1-100]$  方向（Y2 方向）側の領域上のマスク層 5 を除去することにより、幅約 400  $\mu\text{m}$  の開口部 5a を形成する。その後、MOCVD 法により、マスク層 5 を除去した位置の開口部 5a 内に露出された n 型 GaN 基板 1 の上面上に、n 型半導体層 21、活性層 22、およびリッジ 23e が形成される前の p 型半導体層 23 をこの順に選択成長させる。

30

【0063】

その後、マスク層 5 を除去する。そして、光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）に沿って延びるリッジ 13e および 23e を形成する。この結果、p 型半導体層 13 および 23 がそれぞれ形成される。次に、電流ブロック層 2 を形成する。そして、p 型コンタクト層 13d および 23d の上面上の電流ブロック層 2 を除去して、p 型コンタクト層 13d および 23d をそれぞれ露出させる。その後、真空蒸着法を用いて、p 型コンタクト層 13d および 23d の上面上に、それぞれ、p 側オーミック電極 14 および 24 を形成した後、p 側パッド電極 15 および 25 を形成する。ここで、青色半導体レーザ素子 10 を形成した後、青色半導体レーザ素子 10 が形成された n 型 GaN 基板 1 と同一の n 型 GaN 基板 1 の表面上に、緑色半導体レーザ素子 20 を形成することによって、In 組成が大きいことにより熱によって劣化しやすい緑色半導体レーザ素子 20 の活性層 22 が、青色半導体レーザ素子 10 を形成する際の熱の影響を受けないようにすることが可能である。

40

【0064】

その後、n 型 GaN 基板 1 の下面を、n 型 GaN 基板 1 の厚みが約 100  $\mu\text{m}$  になるように研磨する。そして、真空蒸着法を用いて、n 型 GaN 基板 1 の下面上に、n 側電極 3 を形成する。これにより、ウェハ状態のモノリシック型の青・緑 2 波長半導体レーザ素子部 30 が形成される。その後、エッチングにより所定の位置において、光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）に対して垂直な共振器面を形成するとともに、素子分割を行う。これにより、図 1 に示すように、半導体レーザ装置 100 を構成する個々のモノリシック型の青・緑 2 波長半導体レーザ素子部 30 が形成される。なお、共振器面の形成は

50

、ウェハの所定の位置を劈開することによって行ってもよい。

【0065】

第1実施形態では、上記のように、緑色半導体レーザ素子20の、(11-22)面の主面を有する活性層22の井戸層22bを、約3.5nmの厚みを有するように構成することによって、青色半導体レーザ素子10の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)と緑色半導体レーザ素子20の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)とを一致させることができる。

【0066】

また、第1実施形態では、井戸層22bのIn組成を約30%にするとともに、井戸層22bの厚みを約3nmにすることによって、青色半導体レーザ素子10の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)と緑色半導体レーザ素子20の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)とを一致させることができる。

10

【0067】

また、第1実施形態では、緑色半導体レーザ素子20の活性層22の井戸層22bが、青色半導体レーザ素子10の活性層12の井戸層12bのIn組成よりも大きいIn組成を有するInGaNからなるように構成することによって、青色半導体レーザ素子10の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)と緑色半導体レーザ素子20の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)とを一致させることができる。

20

【0068】

また、第1実施形態では、井戸層22bの厚みt2(約3.5nm)を、井戸層12bの厚みt1(約3nm)よりも大きくすることによって、青色半導体レーザ素子10の活性層12において、In組成の大きい井戸層12bの結晶格子と、井戸層12bが成長されているIn組成の小さい下地層(障壁層12a)の結晶格子との格子定数が異なることにより生じるミスフィット転位の発生を抑制することができる。

【0069】

また、第1実施形態では、半極性面として約58°傾いた面である(11-22)面を用いることによって、より確実に、緑色半導体レーザ素子20と青色半導体レーザ素子10とで光学利得が最大化される光導波路の延びる方向を略一致させることができる。また、(11-22)面は、他の半極性面よりもピエゾ電界が小さいので、緑色半導体レーザ素子20の発光効率と青色半導体レーザ素子10の発光効率とが低下するのをより抑制することができる。

30

【0070】

また、第1実施形態では、青色半導体レーザ素子10の活性層12がn型GaN基板1と同一の主面である(11-22)面の主面を有するInGaNからなるとともに、緑色半導体レーザ素子20の活性層22がn型GaN基板1と同一の主面である(11-22)面の主面を有するInGaNからなることによって、緑色半導体レーザ素子20の活性層22および青色半導体レーザ素子10の活性層12と同一の(11-22)面の主面を有し、GaNからなるn型GaN基板1上に半導体層を成長させるだけで、(11-22)面の主面を有し、InGaNからなる活性層22を含んだ緑色半導体レーザ素子20および(11-22)面の主面を有し、InGaNからなる活性層12を含んだ青色半導体レーザ素子10を容易に形成することができる。

40

【0071】

また、第1実施形態では、青色半導体レーザ素子10および緑色半導体レーザ素子20に、それぞれ、(11-22)面に[0001]方向を投影した方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)に延びる光導波路を設けることによって、青色半導体レーザ素子10および緑色半導体レーザ素子20のそれぞれの光学利得を最大化できるとともに、青色半導体レーザ素子10の青色光と緑色半導体レーザ素子20の緑色光とを共通の共振器面から出射させることができる。

50

## 【 0 0 7 2 】

また、第 1 実施形態では、緑色半導体レーザ素子 2 0 の n 型光ガイド層 2 1 c および p 型光ガイド層 2 3 a の In 組成 ( 約 5 % ) が、青色半導体レーザ素子 1 0 の n 型光ガイド層 1 1 c および p 型光ガイド層 1 3 a の In 組成 ( 約 2 % ) に比べて大きくなるように構成することによって、n 型光ガイド層 2 1 c および p 型光ガイド層 2 3 a は n 型光ガイド層 1 1 c および p 型光ガイド層 1 3 a よりも光をより活性層 ( 活性層 1 2 および 2 2 ) 内に閉じ込めることができるので、緑色半導体レーザ素子 2 0 の緑色光をより活性層 2 2 内に閉じ込めることができる。これにより、青色半導体レーザ素子 1 0 と比べて発光効率が劣る緑色半導体レーザ素子 2 0 において、青色半導体レーザ素子 1 0 と同程度の光の閉じ込めを確保することができる。

10

## 【 0 0 7 3 】

また、第 1 実施形態では、緑色半導体レーザ素子 2 0 の n 型キャリアブロック層 2 1 b および p 型キャリアブロック層 2 3 b の Al 組成 ( 約 2 0 % ) が、青色半導体レーザ素子 1 0 の n 型キャリアブロック層 1 1 b および p 型キャリアブロック層 1 3 b の Al 組成 ( 約 1 6 % ) に比べて大きくなるように構成することによって、n 型キャリアブロック層 2 1 b および p 型キャリアブロック層 2 3 b は n 型キャリアブロック層 1 1 b および p 型キャリアブロック層 1 3 b よりも光をより活性層 ( 活性層 1 2 および 2 2 ) 内に閉じ込めることができるので、緑色半導体レーザ素子 2 0 の緑色光をより活性層 2 2 内に閉じ込めることができる。これにより、青色半導体レーザ素子 1 0 と比べて発光効率が劣る緑色半導体レーザ素子 2 0 において、青色半導体レーザ素子 1 0 と同程度の光の閉じ込めを確保することができる。

20

## 【 0 0 7 4 】

また、第 1 実施形態では、緑色半導体レーザ素子 2 0 の n 型クラッド層 2 1 a および p 型クラッド層 2 3 c の Al 組成 ( 約 1 0 % ) が、青色半導体レーザ素子 1 0 の n 型クラッド層 1 1 a および p 型クラッド層 1 3 c の Al 組成 ( 約 7 % ) に比べて大きくなるように構成することによって、n 型クラッド層 2 1 a および p 型クラッド層 2 3 c は n 型クラッド層 1 1 a および p 型クラッド層 1 3 c よりも光をより活性層 ( 活性層 1 2 および 2 2 ) 内に閉じ込めることができるので、緑色半導体レーザ素子 2 0 の緑色光をより活性層 2 2 内に閉じ込めることができる。これにより、青色半導体レーザ素子 1 0 と比べて発光効率が劣る緑色半導体レーザ素子 2 0 において、青色半導体レーザ素子 1 0 と同程度の光の閉じ込めを確保することができる。

30

## 【 0 0 7 5 】

( 第 2 実施形態 )

図 8 は、本発明の第 2 実施形態による半導体レーザ装置の構造を示した断面図である。図 9 は、図 8 に示した第 2 実施形態による半導体レーザ装置を備え、半導体レーザ素子が時系列的に交互に点灯されるプロジェクタ装置を示した模式図である。図 1 0 は、図 9 に示した第 2 実施形態によるプロジェクタ装置の制御部が時系列的に信号を発信する状態を示したタイミングチャートである。図 1 1 は、図 8 に示した第 2 実施形態による半導体レーザ装置を備え、半導体レーザ素子が略同時に点灯されるプロジェクタ装置を示した模式図である。次に、図 8 ~ 図 1 1 を参照して、第 2 実施形態について説明する。この第 2 実施形態による半導体レーザ装置 2 0 0 では、上記第 1 実施形態と異なり、モノリシック型の青・緑 2 波長半導体レーザ素子部 3 0 が形成された n 型 GaN 基板 1 上に、赤色半導体レーザ素子 2 4 0 が接合されている場合について説明する。また、半導体レーザ装置 2 0 0 を備えるプロジェクタ装置 2 5 0 および 2 6 0 について説明する。

40

## 【 0 0 7 6 】

まず、図 8 を参照して、本発明の第 2 実施形態による半導体レーザ装置 2 0 0 の構造について説明する。

## 【 0 0 7 7 】

本発明の第 2 実施形態による半導体レーザ装置 2 0 0 では、図 8 に示すように、青色半導体レーザ素子 1 0 および緑色半導体レーザ素子 2 0 が形成されていない n 型 GaN 基板

50

1の[1-100]方向(Y2方向)の上面上に、約640nmの発振波長を有する赤色半導体レーザ素子240が、pn接合部分が下向きになるようにジャンクションダウンにより接合されている。なお、赤色半導体レーザ素子240は、約610nm~約750nmの範囲の発振波長を有する。具体的には、n型GaN基板1上に形成されている電流ブロック層2のY2方向側の上面上に、緑色半導体レーザ素子20と所定の間隔を隔ててp側電極206が形成されている。このp側電極206は、図示しないワイヤとワイヤボンディング可能なように設けられている。また、p側電極206の上面上に、導電性を有する半田などからなる融着層207によって、赤色半導体レーザ素子240が接合されている。

#### 【0078】

また、赤色半導体レーザ素子240は、AuGe層、Ni層およびAu層がこの順に積層されたn側電極241の下面上に、n型半導体層242、活性層243およびp型半導体層244がこの順に積層された構造を有している。また、n型半導体層242は、n側電極241の下面上に、Siドープn型AlGaInPからなるn型クラッド層242aと、アンドープAlGaInPからなるn型キャリアブロック層242bと、アンドープAlGaInPからなるn型光ガイド層242cとがこの順に積層された構造を有している。

#### 【0079】

また、赤色半導体レーザ素子240の活性層243は、n型半導体層242の下面上に、アンドープAlGaInPからなる2つの障壁層とアンドープInGaPからなる3つの井戸層とが交互に積層されたMQW構造を有している。なお、活性層243は、単層またはSQW構造などにより構成されてもよい。

#### 【0080】

また、p型半導体層244は、活性層243の下面上に、アンドープAlGaInPからなるp型光ガイド層244aと、アンドープAlGaInPからなるp型キャリアブロック層244bと、Znドープp型AlGaInPからなるp型クラッド層244cと、Znドープp型GaInP層とZnドープp型GaAs層との積層構造からなるp型コンタクト層244dとがこの順に積層された構造を有している。また、p型クラッド層244cとp型コンタクト層244dとによって、赤色半導体レーザ素子240のY方向(Y1方向およびY2方向)の略中央部に形成されたストライプ状のリッジ244eが形成されるとともに、p型クラッド層244cは、リッジ244eの両側(Y方向)に延びる平坦部とを有している。このリッジ244eによって、光導波路が構成されている。

#### 【0081】

また、p型クラッド層244cの平坦部の下面とリッジ244eの側面とを覆い、リッジ244eの下面が露出するように、絶縁膜である電流ブロック層245が形成されている。また、p型コンタクト層244dの下面上には、Cr層およびAu層がこの順に積層されたp側オーミック電極246が形成されている。また、電流ブロック層245の所定領域およびp側オーミック電極246の下面上には、p側オーミック電極246と電氣的に接続されるように、Auなどからなるp側電極247が形成されている。また、p側電極247および電流ブロック層245の所定領域は、融着層207を介して、p側電極206に接合されている。なお、第2実施形態の半導体レーザ装置200のその他の構造は、上記第1実施形態と同様である。

#### 【0082】

次に、図8~図11を参照して、本発明の第2実施形態による半導体レーザ装置200を備えるプロジェクタ装置250および260について説明する。

#### 【0083】

まず、図8~図10を参照して、半導体レーザ素子が時系列的に点灯されるプロジェクタ装置250について説明する。

#### 【0084】

本発明の第2実施形態によるプロジェクタ装置250には、図9に示すように、青色半

10

20

30

40

50

導体レーザ素子 10 (図 8 参照)、緑色半導体レーザ素子 20 (図 8 参照) および赤色半導体レーザ素子 240 (図 8 参照) が設けられた半導体レーザ装置 200 と、複数の光学部品からなる光学系 251 と、半導体レーザ装置 200 および光学系 251 を制御する制御部 252 とが設けられている。これにより、半導体レーザ装置 200 からの光が、光学系 251 により変調された後、スクリーン 253 などに投影されるように構成されている。なお、光学系 251 は、本発明の「変調手段」の一例である。

【0085】

また、光学系 251 において、半導体レーザ装置 200 から出射された光は、それぞれ、レンズ 251 a により平行光に変換された後、ライトパイプ 251 b に入射される。

【0086】

ライトパイプ 251 b は内面が鏡面となっており、光は、ライトパイプ 251 b の内面で反射を繰り返しながらライトパイプ 251 b 内を進行する。この際、ライトパイプ 251 b 内での多重反射作用によって、ライトパイプ 251 b から出射される各色の光の強度分布が均一化される。また、ライトパイプ 251 b から出射された光は、リレー光学系 251 c を介してデジタルマイクロミラーデバイス (DMD) 素子 251 d に入射される。

【0087】

DMD 素子 251 d は、マトリクス状に配置された微小なミラー群からなる。また、DMD 素子 251 d は、各画素位置の光の反射方向を、投写レンズ 251 e に向かう第 1 の方向 A と投写レンズ 251 e から逸れる第 2 の方向 B とに切り替えることにより各画素の階調を表現 (変調) する機能を有している。各画素位置に入射される光のうち第 1 の方向 A に反射された光 (ON 光) は、投写レンズ 251 e に入射されて被投写面 (スクリーン 253) に投写される。また、DMD 素子 251 d によって第 2 の方向 B に反射された光 (OFF 光) は、投写レンズ 251 e には入射されずに光吸収体 251 f によって吸収される。

【0088】

また、プロジェクタ装置 250 では、制御部 252 によってパルス電圧が半導体レーザ装置 200 に供給されるように制御されることによって、半導体レーザ装置 200 の青色半導体レーザ素子 10、緑色半導体レーザ素子 20 および赤色半導体レーザ素子 240 は、それぞれ、時系列的に分割されて 1 素子ずつ交互 (cyclic) に駆動されるように構成されている。また、制御部 252 によって、光学系 251 の DMD 素子 251 d は、青色半導体レーザ素子 10、緑色半導体レーザ素子 20 および赤色半導体レーザ素子 240 の駆動とそれぞれ同期しながら、各画素の階調を変調するように構成されている。

【0089】

具体的には、図 10 に示すように、青色半導体レーザ素子 10 の駆動に関する B 信号、緑色半導体レーザ素子 20 の駆動に関する G 信号および赤色半導体レーザ素子 240 の駆動に関する R 信号が、それぞれ互いに重ならないように時系列的に分割され、制御部 252 によって半導体レーザ装置 200 に供給される。また、この B 信号、G 信号、R 信号に同期して、制御部 252 から B 画像信号、G 画像信号、R 画像信号が DMD 素子 251 d に出力される。

【0090】

これにより、B 信号に基づいて、青色半導体レーザ素子 10 の青色光が発光されるとともに、このタイミングで、B 画像信号に基づいて、DMD 素子 251 d により青色光が変調される。また、B 信号の次に出力される G 信号に基づいて、緑色半導体レーザ素子 20 の緑色光が発光されるとともに、このタイミングで、G 画像信号に基づいて、DMD 素子 251 d により緑色光が変調される。さらに、G 信号の次に出力される R 信号に基づいて、赤色半導体レーザ素子 240 の赤色光が発光されるとともに、このタイミングで、R 画像信号に基づいて、DMD 素子 251 d により赤色光が変調される。その後、R 信号の次に出力される B 信号に基づいて、青色半導体レーザ素子 10 の青色光が発光されるとともに、このタイミングで、再度、B 画像信号に基づいて、DMD 素子 251 d により青色光が変調される。上記の動作が繰り返されることによって、B 画像信号、G 画像信号および

10

20

30

40

50



R画像信号に基づいたレーザ光照射による画像が、被投写面（スクリーン253）に投写される。このようにして、本発明の第2実施形態による半導体レーザ装置200が時系列的に交互に点灯されるプロジェクタ装置250が構成されている。

【0091】

次に、図8および図11を参照して、半導体レーザ素子が略同時に点灯されるプロジェクタ装置260について説明する。

【0092】

まず、本発明の第2実施形態によるプロジェクタ装置260には、図11に示すように、青色半導体レーザ素子10（図8参照）、緑色半導体レーザ素子20（図8参照）および赤色半導体レーザ素子240（図8参照）が設けられた半導体レーザ装置200と、複数の光学部品からなる光学系261と、半導体レーザ装置200および光学系261を制御する制御部262とが設けられている。これにより、半導体レーザ装置200から出射されたレーザ光が、光学系261により変調された後、外部のスクリーン263などに投影されるように構成されている。なお、光学系261は、本発明の「変調手段」の一例である。

10

【0093】

また、光学系261において、半導体レーザ装置200から出射されたレーザ光は、凹レンズと凸レンズとからなる分散角制御レンズ261aにより所定光束径を有する平行光に変換された後、フライアイインテグレート261bに入射される。また、フライアイインテグレート261bでは、蠅の目状のレンズ群からなる2つのフライアイレンズが向き合うように構成されており、液晶パネル261g、261jおよび261pに入射する際の光量分布が均一となるように分散角制御レンズ261aから入射される光に対してレンズ作用を付与する。すなわち、フライアイインテグレート261bを透過した光は、液晶パネル261g、261jおよび261pのサイズに対応したアスペクト比（たとえば16：9）の広がりをもって入射できるように調整されている。

20

【0094】

また、フライアイインテグレート261bを透過した光は、コンデンサレンズ261cによって集光される。また、コンデンサレンズ261cを透過した光のうち、赤色光のみがダイクロイックミラー261dによって反射される一方、緑色光および青色光はダイクロイックミラー261dを透過する。

30

【0095】

そして、赤色光は、ミラー261eを経てレンズ261fによる平行化の後に液晶パネル261gに入射される。この液晶パネル261gは、赤色用の駆動信号（R画像信号）に応じて駆動されることにより、赤色光を変調する。なお、レンズ261fを透過した赤色光は、入射側偏光板p1を介して液晶パネル261gに入射される。

【0096】

また、ダイクロイックミラー261hでは、ダイクロイックミラー261dを透過した光のうちの緑色光のみが反射される一方、青色光はダイクロイックミラー261hを透過する。

【0097】

そして、緑色光は、レンズ261iによる平行化の後に液晶パネル261jに入射される。この液晶パネル261jは、緑色用の駆動信号（G画像信号）に応じて駆動されることにより、緑色光を変調する。なお、レンズ261iを透過した緑色光は、入射側偏光板p2を介して液晶パネル261jに入射される。

40

【0098】

また、ダイクロイックミラー261hを透過した青色光は、レンズ261k、ミラー261l、レンズ261mおよびミラー261nを経て、さらにレンズ261oによって平行化がなされた後、液晶パネル261pに入射される。この液晶パネル261pは、青色用の駆動信号（B画像信号）に応じて駆動されることにより、青色光を変調する。なお、レンズ261oを透過した青色光は、入射側偏光板p3を介して液晶パネル261pに入

50

射される。

【0099】

その後、液晶パネル261g、261jおよび261pによって変調された赤色光、緑色光および青色光は、ダイクロミックプリズム261qによって合成された後、出射側偏光板p4を介して投写レンズ261rへと入射される。また、投写レンズ261rは、投写光を被投写面(スクリーン263)上に結像させるためのレンズ群と、レンズ群の一部を光軸方向に変位させて投写画像のズームおよびフォーカスを調整するためのアクチュエータを内蔵している。

【0100】

また、プロジェクタ装置260では、制御部262によって、青色半導体レーザ素子10の駆動に関するB信号、緑色半導体レーザ素子20の駆動に関するG信号および赤色半導体レーザ素子240の駆動に関するR信号としての定常的な電圧が半導体レーザ装置200の各レーザ素子に供給されるように制御される。これによって、半導体レーザ装置200の青色半導体レーザ素子10、緑色半導体レーザ素子20および赤色半導体レーザ素子240は、それぞれ、実質的に同時に発振されるように構成されている。また、制御部262によって半導体レーザ装置200の青色半導体レーザ素子10、緑色半導体レーザ素子20および赤色半導体レーザ素子240の各々の光の強度を制御することによって、スクリーン263に投写される画素の色相や輝度などが制御されるように構成されている。

10

【0101】

これにより、制御部262によって所望の画像がスクリーン263に投写される。このようにして、本発明の第2実施形態による半導体レーザ装置200が略同時に点灯されるプロジェクタ装置260が構成されている。

20

【0102】

第2実施形態では、上記のように、n型GaN基板1に対して接合される赤色半導体レーザ素子240を備えることによって、光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)を一致させた青色半導体レーザ素子10と緑色半導体レーザ素子20とを含む青・緑2波長半導体レーザ素子部30を備えるRGB3波長の半導体レーザ装置200を得ることができる。

【0103】

また、第2実施形態では、n型GaN基板1のY2方向の上面上に、赤色半導体レーザ素子240をpn接合部分が下向きになるようにジャンクションダウンにより接合することによって、赤色半導体レーザ素子240の活性層243において生じる熱をn型GaN基板1において放出することができるので、より赤色半導体レーザ素子240の発光効率の高いRGB3波長の半導体レーザ装置200を作製することができる。

30

【0104】

また、第2実施形態では、プロジェクタ装置250において、制御部252によってパルス電圧を半導体レーザ装置200に供給するように制御することにより、半導体レーザ装置200の青色半導体レーザ素子10、緑色半導体レーザ素子20および赤色半導体レーザ素子240が、それぞれ、時系列的に分割されて1素子ずつ交互に駆動するように構成されている。このように構成することによって、時系列的に分割されて1素子ずつ交互に駆動されるような、半導体レーザ装置200の各素子における必要な輝度の確保が困難な場合においても、青色半導体レーザ素子10の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)と緑色半導体レーザ素子20の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向([ - 1 - 1 2 3 ]方向)とを一致させることができる。これにより、発光効率の低い緑色半導体レーザ素子20の効率を高めることができるので、より確実に、半導体レーザ装置200において必要な輝度を確保することができる。

40

【0105】

また、第2実施形態では、プロジェクタ装置260において、制御部262によって定常的な電圧を半導体レーザ装置200に供給するように制御することにより、半導体レー

50

装置 200 の青色半導体レーザ素子 10、緑色半導体レーザ素子 20 および赤色半導体レーザ素子 240 が、それぞれ、実質的に同時に発振するように構成されている。このように構成することによって、各素子が実質的に同時に発振するような、半導体レーザ装置 200 における消費電力が大きくなる場合においても、青色半導体レーザ素子 10 の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）と緑色半導体レーザ素子 20 の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）とを一致させることができる。これにより、発光効率の低い緑色半導体レーザ素子 20 の効率を高めることができるので、半導体レーザ装置 200 における消費電力を小さくすることができる。

【0106】

また、第 2 実施形態では、プロジェクタ装置 250 に、半導体レーザ装置 200 と光学系 251 とを設けるとともに、プロジェクタ装置 260 に、半導体レーザ装置 200 と光学系 261 とを設けることによって、青色半導体レーザ素子 10 の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）と緑色半導体レーザ素子 20 の光学利得が最大化される光導波路の延びる方向（ $[-1-123]$  方向）とを略一致させた半導体レーザ装置 200 を用いて、光学系 251 および 261 により光を変調させて所望の画像を表示させることができる。なお、第 2 実施形態のその他の効果は、上記第 1 実施形態と同様である。

【0107】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

【0108】

たとえば、上記第 1 および第 2 実施形態では、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層を、約 3.5 nm の厚みを有するように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層は、約 3 nm 以上の厚みを有するように構成すればよい。また、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層は、約 10 nm 以下の厚みを有するほうが好ましい。

【0109】

また、上記第 1 および第 2 実施形態では、青色半導体レーザ素子の MQW 構造を構成する多層の井戸層のそれぞれの井戸層（1 つの井戸層）を、約 3 nm の厚みを有するように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子の活性層の井戸層の厚みは、特に限定されない。ここで、青色半導体レーザ素子の活性層の井戸層の厚みは、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層の厚みよりも小さい方が好ましい。

【0110】

また、上記第 1 および第 2 実施形態では、青色半導体レーザ素子の活性層および緑色半導体レーザ素子の活性層の主面の面方位として、半極性面である（11-22）面を用いた例について示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、（11-2x）面（ $x = 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, -2, -3, -4, -5, -6, -8, -10$ ）および（1-10y）面（ $y = 1, 2, 3, 4, 5, 6, -1, -2, -3, -4, -5, -6$ ）などの他の半極性面を、青色半導体レーザ素子の活性層および緑色半導体レーザ素子の活性層の主面の面方位として用いてもよい。この際、青色半導体レーザ素子の活性層および緑色半導体レーザ素子の活性層の厚みおよび In 組成は適宜変更される。また、半極性面は、（0001）面または（000-1）面に対して約 10 度以上約 70 度以下傾いた面であることが好ましい。

【0111】

また、上記第 1 および第 2 実施形態では、青色半導体レーザ素子の活性層を MQW 構造を有するように構成するとともに、緑色半導体レーザ素子の活性層を SQW 構造を有する

10

20

30

40

50

ように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子の活性層をS Q W構造を有するように構成してもよいし、緑色半導体レーザ素子の活性層をM Q W構造を有するように構成してもよい。

【0112】

また、上記第1および第2実施形態では、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層を、約33%のIn組成を有するInGa<sub>n</sub>Nからなるように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層の組成は特に限定されない。この際、緑色半導体レーザ素子の活性層の井戸層は、約30%以上のIn組成を有するInGa<sub>n</sub>Nからなるように構成するのが好ましい。

【0113】

また、上記第1および第2実施形態では、n型Ga<sub>n</sub>N基板の表面上に、(11-22)面の主面を有するInGa<sub>n</sub>Nからなる活性層を形成した例について示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiC、LiAlO<sub>2</sub>およびLiGaO<sub>2</sub>などからなる基板の表面上に、(11-22)面の主面を有するInGa<sub>n</sub>Nからなる活性層を形成してもよい。

【0114】

また、上記第1および第2実施形態では、青色半導体レーザ素子の井戸層および緑色半導体レーザ素子の井戸層がInGa<sub>n</sub>Nからなる例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子の井戸層および緑色半導体レーザ素子の井戸層は、AlGa<sub>n</sub>N、AlInGa<sub>n</sub>NおよびInAl<sub>n</sub>NなどのInを含む窒化物系半導体からなるように構成してもよい。この際、青色半導体レーザ素子の活性層における厚みおよび組成は適宜変更される。

【0115】

また、上記第1および第2実施形態では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子の障壁層がInGa<sub>n</sub>Nからなる例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子の障壁層は、井戸層よりバンドギャップの大きいGa<sub>n</sub>N、AlGa<sub>n</sub>NやAlGaIn<sub>n</sub>Nなどの窒化物系半導体からなるように構成してもよい。

【0116】

また、上記第1および第2実施形態では、(11-22)面の主面を有するn型Ga<sub>n</sub>N基板上に(11-22)面の主面を有するInGa<sub>n</sub>Nからなる活性層を形成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、(11-22)面、(1103)面または(1-126)面の主面を有する窒化物系半導体(たとえばInGa<sub>n</sub>N)をあらかじめ成長させたr面((1-102)面)の主面を有するサファイア基板を用いてもよい。

【0117】

また、上記第1および第2実施形態では、n型Ga<sub>n</sub>N基板上にInGa<sub>n</sub>Nからなる活性層を形成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N基板にInGa<sub>n</sub>Nからなる活性層を形成してもよい。ここで、Al組成を大きくすることによって、垂直横モードにおける光強度分布の広がりを抑制することが可能である。これによって、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N基板から光が出射されるのを抑制することが可能になるので、レーザ素子から複数の垂直横モードの光が出射されるのを抑制することが可能である。また、In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N基板上にInGa<sub>n</sub>Nからなる活性層を形成してもよい。これによって、In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>N基板のIn組成を調整することによって、活性層における歪を低減させることが可能である。この際、青色半導体レーザ素子の活性層および緑色半導体レーザ素子における活性層の厚みおよびIn組成は適宜変更される。

【0118】

また、上記第1および第2実施形態では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子の半導体層を、それぞれ、n型Ga<sub>n</sub>N基板に形成したマスク層を用いて選択的に成長させて形成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半

10

20

30

40

50

導体レーザ素子をn型Ga<sub>0.9</sub>N基板の全面に形成した後、青色半導体レーザ素子の一部をエッチングすることによりn型Ga<sub>0.9</sub>N基板の一部を露出させて、その露出させた部分に、緑色半導体レーザ素子を形成するようにしてもよい。

【0119】

また、上記第1および第2実施形態では、平坦な活性層上に、リッジを有するp型クラッド層を形成し、絶縁膜である電流ブロック層をリッジの側面に形成することにより、リッジ導波型の光導波路を含む半導体レーザ素子を形成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、半導体の電流ブロック層を有するリッジ導波型の光導波路を含む半導体レーザ素子や、埋め込みヘテロ構造の光導波路を含む半導体レーザ素子や、平坦なp型クラッド層上にストライプ状の開口部を有する電流ブロック層を形成した利得導波型の光導波路を含む半導体レーザ素子を形成してもよい。

10

【0120】

また、上記第2実施形態では、赤色半導体レーザ素子を、n型Ga<sub>0.9</sub>N基板の上面上にpn接合部分が下向きになるようにジャンクションダウンにより接合した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、赤色半導体レーザ素子を、n型Ga<sub>0.9</sub>N基板の上面上にpn接合部分が上向きになるようにジャンクションアップにより接合してもよい。

【0121】

また、上記第1および第2実施形態では、n型Ga<sub>0.9</sub>N基板と、青色半導体レーザ素子の活性層および緑色半導体レーザ素子の活性層とが同一の半極性面の主面((11-22)面)を有するように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、n型Ga<sub>0.9</sub>N基板と、青色半導体レーザ素子の活性層および緑色半導体レーザ素子の活性層とが異なる面方位の主面を有するように構成してもよい。

20

【0122】

また、上記第1および第2実施形態では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子のn型クラッド層、n型キャリアブロック層、p型キャリアブロック層およびp型クラッド層をAlGa<sub>0.9</sub>Nからなるように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子のn型クラッド層、n型キャリアブロック層、p型キャリアブロック層およびp型クラッド層とをAlInGa<sub>0.9</sub>Nからなるように構成してもよい。この際、緑色半導体レーザ素子のn型クラッド層、n型キャリアブロック層、p型キャリアブロック層およびp型クラッド層のAl組成は、それぞれ、青色半導体レーザ素子のn型クラッド層、n型キャリアブロック層、p型キャリアブロック層およびp型クラッド層のAl組成と比べて大きい方が好ましい。

30

【0123】

また、上記第1および第2実施形態では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層をInGa<sub>0.9</sub>Nからなるように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子および緑色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層をAlInGa<sub>0.9</sub>Nからなるように構成してもよい。この際、緑色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層のIn組成は、それぞれ、青色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層のIn組成と比べて大きい方が好ましい。

40

【0124】

また、上記第1および第2実施形態では、緑色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層のIn組成を青色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層のIn組成よりも大きくなるように構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、緑色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層のIn組成を青色半導体レーザ素子のn型光ガイド層およびp型光ガイド層のIn組成よりも小さくなるように構成してもよい。

【0125】

また、上記第1および第2実施形態では、緑色半導体レーザ素子のn型キャリアブロッ

50

ク層およびp型キャリアブロック層のA1組成を青色半導体レーザ素子のn型キャリアブロック層およびp型キャリアブロック層のA1組成よりも大きくなるように構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、緑色半導体レーザ素子のn型キャリアブロック層およびp型キャリアブロック層のA1組成を青色半導体レーザ素子のn型キャリアブロック層およびp型キャリアブロック層のA1組成よりも小さくなるように構成してもよい。

【0126】

また、上記第1および第2実施形態では、緑色半導体レーザ素子のn型クラッド層およびp型クラッド層のA1組成を青色半導体レーザ素子のn型クラッド層およびp型クラッド層のA1組成よりも大きくなるように構成した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、緑色半導体レーザ素子のn型クラッド層およびp型クラッド層のA1組成を青色半導体レーザ素子のn型クラッド層およびp型クラッド層のA1組成よりも小さくなるように構成してもよい。

10

【0127】

また、上記第2実施形態では、Y1方向側から順に、青色半導体レーザ素子、緑色半導体レーザ素子および赤色半導体レーザ素子を配置した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、青色半導体レーザ素子、緑色半導体レーザ素子および赤色半導体レーザ素子の配置は特に限定されない。また、赤色半導体レーザ素子は、青色半導体レーザ素子の上部または緑色半導体レーザ素子の上部に接合されてもよい。

20

【0128】

また、上記第1および第2実施形態では、半導体レーザ装置を、1つの青色半導体レーザ素子と1つの緑色半導体レーザ素子と(1つの赤色半導体レーザ素子と)からなるように構成した例について示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、半導体レーザ装置は、複数の青色半導体レーザ素子と複数の緑色半導体レーザ素子と(複数の赤色半導体レーザ素子と)がアレイ状に配置されるように構成してもよい。

【0129】

また、上記第2実施形態では、プロジェクタ装置が液晶パネルを有する光学系を備える場合およびDMD素子を有する光学系を備える場合を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、プロジェクタ装置は変調手段を備えるものであればよく、たとえば、プロジェクタ装置がスキャンミラーを有する光学系を備えるように構成してもよい。

30

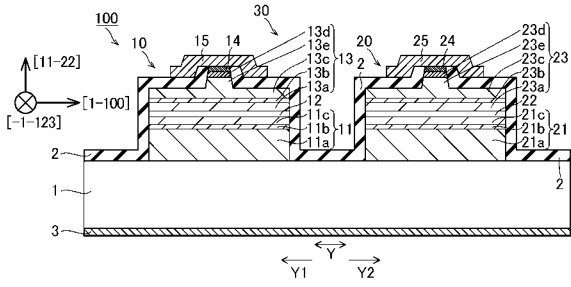
【符号の説明】

【0130】

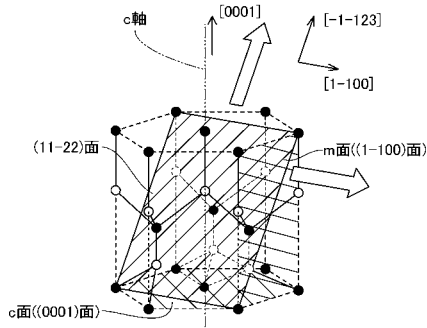
- 1 n型GaN基板(基板)
- 10 青色半導体レーザ素子
- 12 活性層(第2活性層)
- 12b 井戸層(第2井戸層)
- 20 緑色半導体レーザ素子
- 22 活性層(第1活性層)
- 22b 井戸層(第1井戸層)
- t1、t2 厚み

40

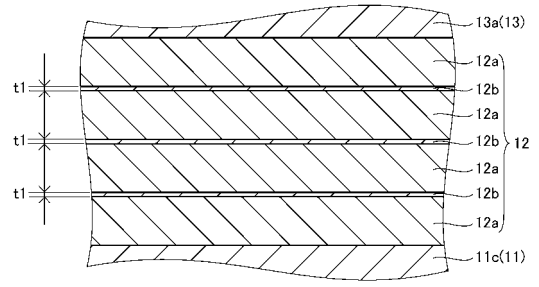
【 図 1 】



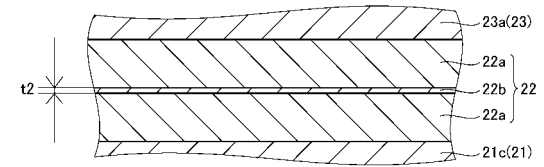
【 図 2 】



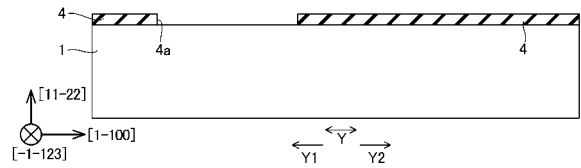
【 図 3 】



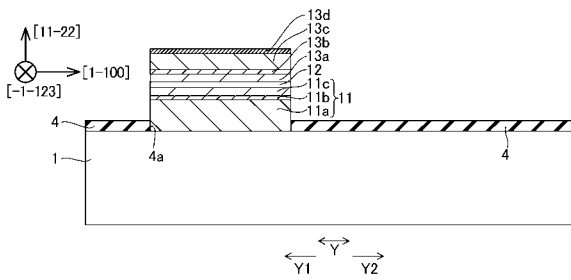
【 図 4 】



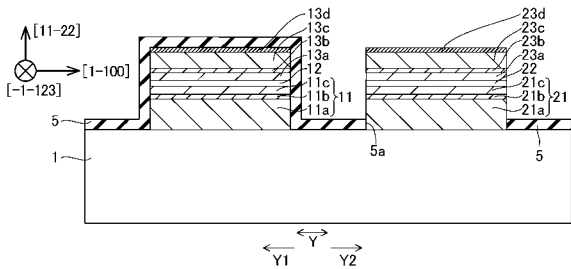
【 図 5 】



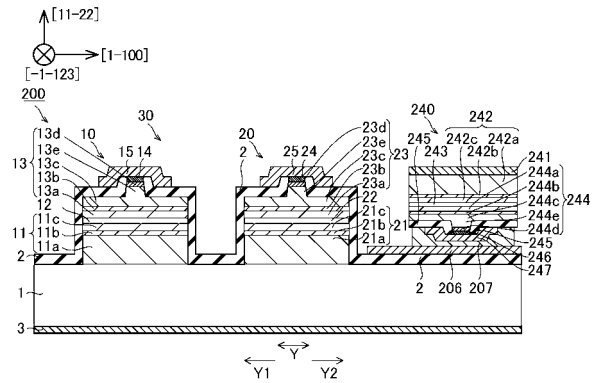
【 図 6 】



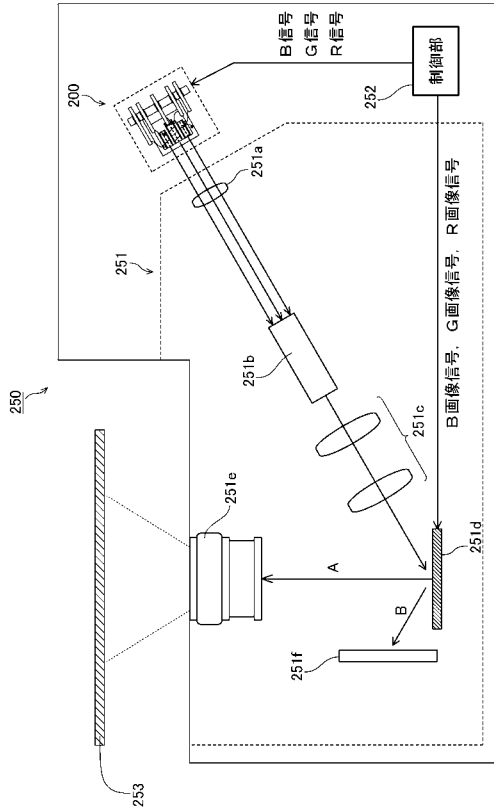
【 図 7 】



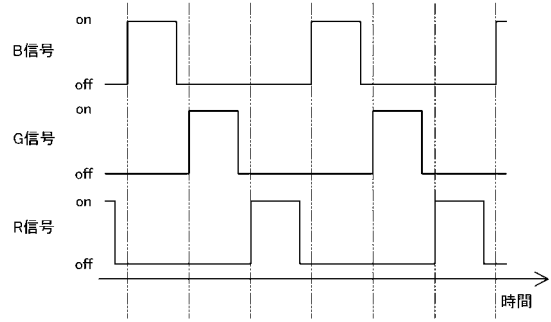
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】

