

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3989244号
(P3989244)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月27日(2007.7.27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 S 5/323 (2006.01)

H O 1 S 5/323 G 1 O

H O 1 S 5/22 (2006.01)

H O 1 S 5/22

G 1 1 B 7/125 (2006.01)

G 1 1 B 7/125 A

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2001-393297 (P2001-393297)
 (22) 出願日 平成13年12月26日(2001.12.26)
 (65) 公開番号 特開2003-198065 (P2003-198065A)
 (43) 公開日 平成15年7月11日(2003.7.11)
 審査請求日 平成16年7月26日(2004.7.26)

(73) 特許権者 000005049
 シャープ株式会社
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 (74) 代理人 100085501
 弁理士 佐野 静夫
 (72) 発明者 大野 智輝
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内
 (72) 発明者 伊藤 茂穂
 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
 シャープ株式会社内

審査官 高橋 健司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体レーザ素子および光記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

窒化物半導体及び窒化物半導体を挟む2個の電極より成るレーザ素子であって、2個の電極の一方から他方へ至る素子内の電流路のうち電極の一方から活性層までの部分に狭窄した部分を形成する、活性層における光の共振方向に延びるリッジ構造と、リッジ構造の側方に位置してリッジ構造に接する絶縁膜と、を備え、活性層における光の共振方向が電流路に垂直なものにおいて、

金属又は半導体からなり、活性層で生成されるレーザ光の波長を含む波長範囲の光を吸収する特性を有し、絶縁膜と活性層との間に位置し、リッジ構造の下部から0.3 μm以上離間して活性層における光の共振方向に延びる光吸収部を備えることを特徴とするレーザ素子。

10

【請求項2】

絶縁膜と活性層との間の層が活性層に達しない溝を有し、
 光吸収部が絶縁膜と活性層との間の層の溝を埋めていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ素子。

【請求項3】

活性層で生成されるレーザ光の波長の光に対する光吸収部の吸収係数が0.1以上であることを特徴とする請求項1および請求項2のいずれかに記載のレーザ素子。

【請求項4】

電流路の狭窄した部分の幅が0.5 μm以上かつ5 μm以下であることを特徴とする請

20

求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載のレーザ素子。

【請求項 5】

光吸収部が Mo、Si、Ge および GaAs のいずれかで構成されていることを特徴とする請求項 1 および請求項 2 のいずれかに記載のレーザ素子。

【請求項 6】

絶縁膜が SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sb_2O_3 、 CeO_2 、ZnS および Bi_2O_3 のいずれかで構成されていることを特徴とする請求項 1 および請求項 2 のいずれかに記載のレーザ素子。

【請求項 7】

光源からの光を光記録媒体に導いて情報の記録と再生を行う光記録再生装置において、請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載のレーザ素子を光源として備えることを特徴とする光記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、窒化物半導体より成るレーザ素子に関し、特に、自然放出光を抑える構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

次世代の光記録再生装置用の光源には、高記録密度の実現のため、より集光径を小さくすることが可能な短波長の光を発するものが用いられる。しかし、コスト低減のために、光記録再生装置におけるレンズや記録媒体である光ディスク等に安価なプラスチック系の材料を用いることが望ましく、一般にそのような材料は吸収端が 390nm 程度であるため、光源が発する光の波長を 400nm 前後とすることが求められる。このような短波長光源には、窒化ガリウムに代表される窒化物より成る半導体レーザ素子が適する。

【0003】

窒化物半導体レーザ素子の代表的な構造は特開平 9 - 289358 号に開示されており、図 13 に示したようになっている。このレーザ素子は、基板側から順に、N 電極 111、SiC 基板 101、AlN バッファ層 102、n - GaN 層 103、n - AlGaIn クラッド層 104、InGaIn 活性層 105、p - AlGaIn クラッド層 106、p - GaN コンタクト層 107、 Al_2O_3 保護膜 109、P 電極 110、 SiO_2 絶縁膜 112 を有する。InGaIn より成る活性層 105 を有するこのレーザ素子が発するレーザ光の波長は 405nm 程度である。なお、レーザ素子の上部には、素子内を流れる電流の流路を活性層 105 における光の共振方向に対して垂直な方向に狭窄するために、一般の長波長のレーザ素子と同様に、リッジ構造 (p - クラッド層の凸部) が形成され、その傍らに絶縁性の SiO_2 膜 112 が設けられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記レーザ素子における窒化物半導体層 102 ~ 107 および SiC 基板 101 は、発振波長に対してほとんど透明であって、レーザ発振時に発生する自然放出光の吸収が少ない。基板としてサファイアを使用することもあるが、これらも同様である。そのため、レーザ素子の出射端面からレーザ光と共に出射する自然放出光の割合が高い。本発明者が上記構造のレーザ素子を作製して、一方の出射端面からの出力強度を測定したところ、自然放出光成分の強度は 0.5 ~ 1mW であった。

【0005】

自然放出光は波長範囲 (スペクトル幅) が広いため雑音が大きいの。このため、レーザ素子を例えば 10mW 以下の低出力で動作させるときには、自然放出光成分が相対的に多くなって、全体の雑音も大きくなる。また、レーザ光の出力をステム等と共にパッケージングされたモニター用 PD (フォトダイオード) の検知電流によって制御する場合、自然放出

10

20

30

40

50

光成分の割合が大きいと、出力の揺らぎが大きくなって制御が困難になる。レーザ素子の後方に直接設置される内部PDでは、自然放出光を多く受光することになり、レーザ素子の前方に集光光学系を介して設置される外部PDでは、相対的に雑音が高くなるからである。さらに、ホログラムレーザにおいては、レーザ素子の側面等から出射する自然放出光が迷光となって、制御が困難になることもある。

【0006】

リッジ構造を有する窒化物半導体レーザ素子においては、リッジ構造の側方に設けられる絶縁膜の屈折率は一般に窒化物半導体の屈折率よりも小さく、このため、活性層からリッジ構造の側方に向かう自然放出光は、絶縁膜と窒化物半導体層の界面で反射され易い。例えば、屈折率の大きいGaNから屈折率の小さいSiO₂に光が入射する場合、入射角が40°程度以上になると全反射する。こうして反射された自然放出光は活性層側に戻ることになり、本来のレーザ光と共に出射端面から出射し易い。

10

【0007】

一方、現在光記録再生装置の光源として用いられている比較的長波長のレーザ素子におけるGaAs等の半導体は、発振波長に対して吸収があり、現在のレーザ素子のレーザ発振時の自然放出光は、窒化物半導体レーザ素子に比べて著しく少ない。上記のように自然放出光の多い窒化物半導体レーザ素子を光記録再生装置の光源としてそのまま用いると、光出力の微調節が難しくなったり、低出力発振時の雑音特性が低下したりする。

【0008】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたもので、自然放出光の少ない窒化物半導体レーザ素子を提供することを目的とする。また、そのようなレーザ素子を備えた高性能の光記録再生装置を提供することを目的とする。

20

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、窒化物半導体より成るレーザ素子であって、素子内の電流路のうちレーザ光を生成する活性層に達する一方の部分が、活性層における光の共振方向に対して垂直な方向に狭窄しているものにおいて、活性層で生成されるレーザ光の波長を含む波長範囲の光を吸収する特性を有し、電流路の狭窄した部分から僅かに離間して活性層における光の共振方向に延びる光吸収部を備えるようにする。

【0010】

30

このレーザ素子では、活性層から全方位に向かう自然放出光の一部は、光吸収部に入射して吸収される。しかも、光吸収部は電流路の狭窄した部分に近接しており、したがって活性層のうち光を共振させてレーザ光とする部分に近いから、光吸収部に入射する自然放出光は多く、レーザ素子の外部に出る自然放出光は少ない。また、光吸収部はレーザ光の波長を含む波長範囲の光を吸収するから、レーザ素子の外部に出る自然放出光のうち、レーザ光と同じ波長のものは特に少ない。したがって、レーザ光の利用に際して悪影響を及ぼし易い自然放出光が大きく低減される。

【0011】

上記のレーザ素子は、電流路の狭窄した部分を形成するために、活性層における光の共振方向に延びるリッジ構造と、リッジ構造の側方に位置してリッジ構造に接する絶縁膜を備え、光吸収部が絶縁膜と活性層との間に位置する構成とすることができる。リッジ構造と絶縁膜によって電流路に狭窄した部分を形成することは確立された優れた手法であるが、前述のように、絶縁膜と窒化物半導体層の屈折率の関係によっては、両者の界面で反射される自然放出光が多くなり、反射された自然放出光はレーザ光と共に出射端面から出射し易い。しかし、光吸収部が絶縁膜と活性層との間に位置するこの構成では、絶縁膜に達する前に自然放出光は吸収されることになり、絶縁膜で反射されてレーザ光と共に出射する自然放出光は少ない。

40

【0012】

電流路の狭窄した部分を形成するために、活性層における光の共振方向に延びるリッジ構造と、リッジ構造の側方に位置してリッジ構造に接する絶縁膜を備え、絶縁膜と活性層と

50

の間の層が溝を有し、光吸収部が絶縁膜と活性層との間の層の溝を埋めている構成とすることもできる。この構成では、絶縁膜と活性層との間の層の溝を深くすることにより、光吸収部を活性層に近づけて、活性層に対する角度の小さい自然放出光も吸収することが可能になる。

【0013】

電流路の狭窄した部分を形成するために、活性層における光の共振方向に延びるリッジ構造と、リッジ構造の側方に位置してリッジ構造に接する絶縁膜を備え、光吸収部が絶縁体より成り、絶縁膜の側方に位置して絶縁膜に接している構成とすることもできる。この構成では、リッジ構造の下端よりも深い部位を加工する必要がなく、製造が容易である。光吸収部は、絶縁体であるから、電流路に狭窄した部分を形成するために兼用することができ、リッジ構造の側方に位置する絶縁膜の幅を狭くすることが可能である。したがって、光吸収部が絶縁膜と活性層との間に位置する構成と同様に、光吸収部によって多くの自然放出光を吸収することができる。

10

【0014】

活性層で生成されるレーザ光の波長の光に対する光吸収部の吸収係数は0.1以上とするとよい。このようにすると、光吸収部をあまり厚くする必要がなく、製造が容易になる。

【0015】

電流路の狭窄した部分と光吸収部との離間距離は0.3 μm 以上とするとよい。光吸収部が電流路に近すぎるとレーザ発振の閾値電流が上昇するが、この距離であれば閾値の上昇を低く抑えることができる。

20

【0016】

本発明ではまた、光源からの光を光記録媒体に導いて情報の記録と再生を行う光記録再生装置に、上記のいずれかのレーザ素子を光源として備えるようにする。レーザ光が短波長であって微小なスポットを形成することが可能であるから、記録密度が高い上、自然放出光による雑音が少ないため、情報の記録と再生を正確に行うことができ、レーザ光の強度の微調節も容易になる。

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の窒化物半導体レーザ素子および光記録再生装置の実施形態について、図面を参照しながら説明する。第1の実施形態のレーザ素子1の構成を図1の縦断面図に模式的に示す。レーザ素子1は、N電極10、n-GaN基板11、n-GaN層12、n-InGaNクラック防止層13、n-AlGaNクラッド層14、n-GaNガイド層15、n-InGaN活性層16、p-AlGaNバリア層17、p-GaNガイド層18、p-AlGaNクラッド層19、p-GaNコンタクト層20、絶縁膜21、吸収膜22、およびP電極23より成る。

30

【0018】

n-GaN層12からp-GaNコンタクト層20までの窒化物半導体の各層は、n-GaN基板11の上面にこの順で積層されており、そのうちp-クラッド層19の上部とp-コンタクト層20は、ストライプ状のリッジ構造とされている。図1はこのリッジ構造に対して垂直な断面を表している。絶縁膜21は、リッジ構造の側面とリッジ構造の側方に位置するp-クラッド層19の上面を覆うように設けられており、吸収膜22は、p-クラッド層19と絶縁膜21の間に設けられている。N電極10は基板11の下面の略全体を覆うように、また、P電極23はリッジ構造の上面と側面の全体とp-クラッド層19の上面の略全体を覆うように設けられている。

40

【0019】

電流はP電極23とN電極10の間を流れるが、リッジ構造と絶縁膜21によって電流路は規制され、電流路のうちリッジ構造から活性層16までの部分は狭窄して、リッジ構造の下端の幅に略等しい幅となる。以下、電流路のうち狭窄したこの部分を電流狭窄領域という。活性層16のうち電流狭窄領域の下方に位置する部分がレーザ光の生成に関与する

50

部分となる。活性層 16 における光の共振方向は図 1 の紙面に対して垂直であり、生成したレーザ光は図 1 の紙面に平行な両端面から出射する。電流路が狭窄していることにより、生成したレーザ光の幅が狭くなるとともに、活性層 16 を流れる電流の密度が増大して、レーザ発振に必要な駆動電力が少なくなる。

【0020】

レーザ発振の際には共振せずに活性層 16 からあらゆる方向に出る自然放出光も生じるが、レーザ素子 1 では、その一部を吸収膜 22 によって吸収する。吸収膜 22 は Mo で作製されており、レーザ光の波長を含む波長範囲に対して所定の吸収率を有する。また、Mo より成る吸収膜 22 は AlGaIn より成る p - クラッド層 19 よりも屈折率が高い。吸収膜 22 の屈折率が p - クラッド層 19 の屈折率よりも小さいと、両者の界面での反射率が高くなり、入射角が大きければ全反射も生じるが、このように吸収膜 22 の屈折率を p - クラッド層 19 の屈折率と同等以上とすることで、そのような反射を防止することができる。

10

【0021】

リッジ構造の周辺部を拡大して図 2 に示す。吸収膜 22 はリッジ構造の下端から僅かに離間している。リッジ構造の下端の幅を W1、リッジ構造の両側方に位置する 2 つの吸収膜 22 の間の幅を W2 とすると、吸収膜 22 とリッジ構造下端の離間距離 D は

$$D = (W2 - W1) / 2$$

である。距離 D のこの領域では、絶縁膜 21 が直接 p - クラッド層 19 の上面に接している。なお、電流狭窄領域の幅はリッジ構造の下端の幅に略等しいから、D は吸収膜 22 と電流狭窄領域の離間距離でもある。リッジ構造の下端の幅すなわち電流狭窄領域の幅 W1 は、 $W1 = 2.0 \mu m$ である。

20

【0022】

自然放出光をより多く吸収するためには、離間距離 D は小さいほどよい。しかし、離間距離 D はレーザの発振特性に関係し、例えば、距離 D を小さくしすぎると、発振モードに吸収膜 22 が影響して、内部吸収 α_i が増大し、レーザ発振のための閾値電流が上昇する。そこで、レーザ素子 1 では $D = 0.5 \mu m$ としている。

【0023】

レーザ素子 1 の製造方法について図 1 を参照して説明する。なお、以下に述べるエピタキシャル成長法とは、基板上に結晶膜を成長させる方法であって、VPE (気相エピタキシャル) 法、CVD (化学気相デポジション) 法、MOVPE (有機金属気相エピタキシャル) 法、MOCVD (有機金属化学気相デポジション) 法、Halide - VPE (ハロゲン化学気相エピタキシャル) 法、MBE (分子線エピタキシャル) 法、MOMBE (有機金属分子線エピタキシャル) 法、GSMBE (ガス原料分子線エピタキシャル) 法、CBE (化学ビームエピタキシャル) 法を含む。

30

【0024】

まず、GaN 基板 11 とする GaN ウェハを作製する。GaN ウェハは、 $500 \mu m$ 程度の厚さの GaN 単結晶膜 (ウェハ基板) に数 μm 間隔で $10 \sim 50 nm$ 程度の段差を設け、新たに $4 \mu m$ 程度の GaN 層をエピタキシャル成長によって積層する。これは、単結晶膜のもつ貫通転移等の履歴を取り除くためであり、段差状の GaN 単結晶膜の横方向の選択成長を利用したものである。得られた GaN ウェハは欠陥密度の高い領域と非常に低い領域が周期的に繰り返す構造となり、レーザ構造は欠陥密度の非常に低い領域の上に形成する。

40

【0025】

次に、上記の GaN ウェハ上に各窒化ガリウム半導体層をエピタキシャル成長させる。まず、MOCVD 装置にウェハをセットし、V 族原料の NH_3 と III 族原料の TMGa (トリメチルガリウム) を用いて、 $550^\circ C$ の基板 (ウェハ) 温度で低温 GaN バッファ層 (不図示) を $25 nm$ 成長させる。次いで、前記原料に SiH_4 を加え、 $1075^\circ C$ の基板温度で n - GaN 層 12 (Si 不純物濃度 $1 \times 10^{18} / cm^3$) を $3 \mu m$ 成長させる。

【0026】

50

続いて、III族原料としてTMIn（トリメチルインジウム）を追加し、基板温度を700～800 程度に下げて、 $n\text{-In}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラック防止層13を50nm成長させる。さらに、III族原料のTMInをTMAI（トリメチルアルミニウム）に替え、基板温度を再び1075 に上げて、 $n\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層14（Si不純物濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ）を0.95 μm 成長させ、続いて $n\text{-Ga}\text{N}$ ガイド層15を0.1 μm 成長させる。

【0027】

その後、基板温度を730 に下げ、3周期の厚さ4nmの $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 井戸層と厚さ6nmの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ バリア層から成る多重量子井戸構造の活性層16 を成長させる。層構成は、バリア層／井戸層／バリア層／井戸層／バリア層／井戸層／バリア層の順序である。なお、バリア層と井戸層の間、または井戸層とバリア層の間に、1秒以上180秒以下の成長中断を行ってもよい。このようにすると、各層の平坦性が向上し、発光半値幅が減少する。

【0028】

次いで、基板温度を再度1050 に上げ、 $p\text{-Al}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{N}$ バリア層17を18nm、 $p\text{-Ga}\text{N}$ ガイド層18を0.1 μm 成長させる。さらに、同じ基板温度で、 $p\text{-Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層19を0.5 μm 、 $p\text{-Ga}\text{N}$ コンタクト層20を0.1 μm 成長させる。これらの層の成長に際しては、 Cp_2Mg （ビスシクロペンタジエニルマグネシウム）を用いて、 p 型不純物としてMgを $5 \times 10^{19} \sim 2 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ の濃度で添加する。

【0029】

こうして窒化物半導体を積層した後、 $p\text{-Ga}\text{N}$ コンタクト層20と $p\text{-Al}\text{Ga}\text{N}$ クラッド層19をドライエッチングして、リッジ構造を形成する。その後、真空蒸着法によって、吸収膜22を100nm程度の厚さで設け、さらに、絶縁膜21を設ける。吸収膜22の材料としてはMoを、絶縁膜21の材料としては SiO_2 を用いる。なお、吸収膜22はどのような方法で設けてもよく、例えばスパッタ法を採用することもできる。また、絶縁膜21は、発振波長に対して吸収がほとんどなければよく、 SiO_2 のほかに、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 In_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Sb_2O_3 、 CeO_2 、 ZnS 、 Bi_2O_3 等を用いることもできる。

【0030】

絶縁膜21を設けた後、蒸着によりP電極23を設ける。P電極23は、例えば、絶縁膜21側からPd/Mo/Auとする。絶縁膜21とP電極23の間に、密着性を向上させるための膜を設けるようにしてもよい。

【0031】

P電極23を設けた後、 GaN ウェハの下面側を機械的加工またはエッチングにより一部除去し、ウェハの厚さを80～200 μm 程度とする。これは、後に個々のレーザ素子1とするために分割する工程を容易にするためである。特に、活性層16のレーザ光出射端面を分割と同時に形成する場合には、80～150 μm 程度に薄くしておくのが好ましい。一部除去後のウェハの下面は、N電極10の密着性を高めるために平滑にしておく。機械的加工を採用する場合、初めから研磨を行ってもよいが、研削によりある程度の厚さとした後に研磨を行うのが能率がよい。

【0032】

その後、 GaN ウェハの下面に、N電極10を薄く設ける。N電極10は、例えば、基板11側からTi/Al/W/Pt/Auとする。このような薄い金属膜を制御性よく設けるには真空蒸着法が適しているが、イオンプレーティング法、スパッタ法等の他の方法を用いてもよい。N電極10を設けた後、500 程度の温度でアニーリングを行って、P電極23とN電極10を良好なオーミック電極とする。

【0033】

アニーリングを行った後、 GaN ウェハを分割して、個々のレーザ素子1とする。ウェハの分割は、例えば、下面にダイヤモンドポイントでスクライブラインを入れ、スクライブ

10

20

30

40

50

ラインに沿って適宜力を加えて破断することにより行う。スクライブラインの形成には、ワイヤソーまたは薄板ブレードを用いる方法、エキシマレーザ等のレーザ光の照射により加熱し、急冷してレーザ光照射部位にクラックを生じさせるレーザスクライビング法、高エネルギー密度のレーザ光を照射して、照射部位を蒸発させるレーザアブレーション法を採用することもできる。また、ワイヤソーまたは薄板ブレードによって直接切断ことも可能である。

【0034】

分割によって得られた個々のレーザ素子1は、ダイボンディング法によってヒートシンク上にマウントし、ワイヤボンディング法によってP電極23を電源に接続することで、実用に供される形態となる。ヒートシンクへのマウントは、N電極10側を接合面とするジャンクアップで強固に行う。なお、ヒートシンクとはステム等のことである。

10

【0035】

上記のようにして製造したレーザ素子1の特性を調べたところ、雰囲気温度25において40mAで連続発振し、発振波長は 405 ± 5 nmであった。また、発振モードは基本モードであった。なお、共振器長は500 μ m、出射端面の反射率は約20%である。

【0036】

注入電流Iとレーザ光の出力Lとの関係を図3に示す。図3において、実線で表したI-L曲線がレーザ素子1のものである。レーザ発振時の自然放出光は0.5 mW以下であった。また、出力Lが2 mWのときの雑音特性を測定したところ、 $RIN_{max} < -125$ dB/Hzであった。

20

【0037】

比較のために吸収膜22のみを省いた構成のレーザ素子を製造し、その特性を調べた。この比較例のレーザ素子は、レーザ素子1と同様に、雰囲気温度25において40mAで連続発振したが、そのI-L曲線は図3に破線で表したようになった。すなわち、レーザ発振時の自然放出光は1 mW程度であり、レーザ素子1の約2倍であった。また、出力Lが2 mWのときの雑音特性は、 $RIN_{max} < -115$ dB/Hzであり、悪化した。

【0038】

吸収膜22とリッジ構造の下端との離間距離Dが特性に及ぼす影響を調べるべく、離間距離Dの異なるいくつかのレーザ素子1を製造した。距離D = 0.15 μ mとしたところ、雰囲気温度25において45mAで連続発振し、閾値電流が上昇する結果となった。レーザ発振時の自然放出光は0.5 mW以下であり、出力Lが2 mWのときの雑音特性も $RIN_{max} < -125$ dB/Hzであって、変化は見られなかった。閾値電流の上昇は、離間距離Dを小さくしたことにより内部吸収が増加したためと考えられる。また、距離D = 2.0 μ mとしたところ、雰囲気温度25において40mAで連続発振し、レーザ発振時の自然放出光は0.6 mW以下であった。

30

【0039】

離間距離Dと自然放出光の強度の関係を図4に示す。図4において、各点がレーザ素子1のものであり、実線で表した直線(1 mW)は上述の比較例のレーザ素子のものである。自然放出光の量は、離間距離Dが大きくなるほど増加する傾向にあるが、離間距離Dが10 μ mであっても、吸収膜22がない構成の半分程度にとどまる。

40

【0040】

離間距離Dとレーザ発振に必要な閾値電流との関係を図5に示す。測定は雰囲気温度25で行った。離間距離Dが極端に小さくなると閾値電流は上昇するが、D = 0.3 μ mであれば閾値電流が抑えられることが判る。

【0041】

以上の結果をまとめると、吸収膜22とリッジ構造の下端との離間距離Dは、閾値電流の観点から

D = 0.3 μ m

を満たすことが好ましく、自然放出光の低減の観点から、この範囲内で下限に近い方が好ましい。

50

【 0 0 4 2 】

レーザ素子 1 は、自然放出光が少ないから、照射対象上の微小な範囲にレーザ光を収束させる装置の光源として適している。ただし、自然放出光の出射角度はレーザ光の出射角度と同じではないから、レーザ素子 1 から照射対象までの光路長が非常に短いときには、レーザ光が形成するスポットの周囲に自然放出光が集光されることになる。レーザ光と共に射出する自然放出光のうち周辺部の光は、主として吸収膜 2 2 とリッジ構造の間に位置する絶縁膜 2 1 で反射された光であり、したがって、自然放出光が形成するパターンのサイズは距離 D に依存する。

【 0 0 4 3 】

この点を考慮すると、吸収膜 2 2 とリッジ構造の下端との離間距離 D は、

$D \geq 10 \mu m$

を満たすことが好ましい。距離 D がこの範囲の上限の $10 \mu m$ の場合、レーザ光のスポットの径が $2 \mu m$ で、レーザ素子 1 から照射対象までの実質的な光路長が $3 cm$ となるように光学系を設定するときでも、自然放出光の集光パターンのサイズは $3 \sim 4 \mu m$ 程度に抑えられる。したがって、離間距離 D が上記の範囲を満たせば、この光学系を備える光ディスク装置において、光ディスクのピット外に結合する光は僅かになり、検出される信号の強度が大きく変動するのを防止することができる。

【 0 0 4 4 】

吸収膜 2 2 の材質と厚さ、さらにはリッジ構造の下端部の幅 W 1 が特性に及ぼす影響を調べるべく、これらの異なるレーザ素子 1 を製造した。

【 0 0 4 5 】

その結果、吸収膜 2 2 の材料は、発振するレーザ光の波長に対して吸収があれば、何でもよいことが判明した。ただし、吸収膜 2 2 の厚さを $100 nm$ 程度に抑えるためには、吸収膜 2 2 の材料の吸収係数 α は

$\alpha \geq 0.1$

を満たすことが望ましい。なお、吸収係数 α は、複素数で表される屈折率の虚数成分である。

【 0 0 4 6 】

このような材料としては、Mo をはじめとする金属、Si、Ge、GaAs 等の半導体、 SiO_2 、 TiO_2 等の絶縁体、ポリアミド等が挙げられる。これらの材料は、高次モードの発振の抑制にも有効であり、また、p - クラッド層 1 9 と同等以上の屈折率を有し、p - クラッド層 1 9 との界面での反射を良好に抑えることもできる。 $\alpha < 0.1$ では、吸収膜 2 2 を $100 nm$ を超える厚さにしないと、レーザ発振時の自然放出光があまり減少せず、吸収膜 2 2 の形成に時間を要することになる。

【 0 0 4 7 】

リッジ構造の幅 W 1 については、離間距離 D が $D \geq 0.3 \mu m$ を満たす限り、

$0.5 \mu m \leq W_1 \leq 5 \mu m$

を満たせば、自然放出光の量やレーザ発振の閾値電流に影響しないことが判った。

【 0 0 4 8 】

自然放出光を低減させるレーザ素子 1 の構造の特徴は、活性層 1 6 から上の吸収膜 2 2 を含む部分にあり、活性層 1 6 よりも下の部分は、自然放出光の低減には関与しない。したがって、基板 1 0 をサファイア、SiC、Si 等の GaN 以外の材料で作製しても、自然放出光を低減し得ることに何らかわりはない。また、レーザ素子 1 では吸収膜 2 2 は p - クラッド層 1 9 と絶縁膜 2 1 の間に位置しているが、吸収膜 2 2 を p - ガイド層 1 8 と p - クラッド層 1 9 の間に設けるようにしてもよい。さらに、吸収膜 2 2 と p - クラッド層 1 9 の間、あるいは吸収膜 2 2 と p - ガイド層 1 8 の間に、プロセス過程で発生する酸化膜等が介在していても、自然放出光の低減に影響はない。

【 0 0 4 9 】

また、リッジ構造の近傍が平坦である必要はなく、吸収膜 2 2 が存在し、その吸収膜 2 2 が電流狭窄領域から離間していればよい。レーザ素子 1 の変形例の 1 つを図 6 に示す。こ

10

20

30

40

50

れは、p - クラッド層 19 および p - コンタクト層 20 のうちリッジ構造の側方に位置する部分全体をエッチングによって除去するのではなく、p - クラッド層 19 に達する断面 V 字状の 2 本の溝を設けて 2 本の溝の間の部分をリッジ構造としたものである。吸収膜 22 は、p - コンタクト層 20 の上面のうち、リッジ構造以外の部分全体に設けられている。

【0050】

第 2 の実施形態のレーザ素子 2 の構成を図 7 の縦断面図に模式的に示す。レーザ素子 2 は、N 電極 30、n - GaN 基板 31、n - GaN 層 32、n - InGa_N クラック防止層 33、n - AlGa_N クラッド層 34、n - GaN ガイド層 35、n - InGa_N 活性層 36、p - AlGa_N バリア層 37、p - GaN ガイド層 38、p - AlGa_N クラッド層 39、p - GaN コンタクト層 40、絶縁膜 41、吸収膜 42、および P 電極 43 より成る。絶縁膜 41 の形状と吸収膜 42 の材料を除き、レーザ素子 2 の各構成要素の材料や配置は第 1 の実施形態のレーザ素子 1 と同様である。

10

【0051】

絶縁膜 41 は、リッジ構造の側面を覆っているが、p - クラッド層 39 のうちのリッジ構造の側方の部分の上に位置する部分は僅かであり、吸収膜 42 が、絶縁膜 41 の側方に位置して絶縁膜 41 に接し、P 電極 43 にも接する形態となっている。また、吸収膜 42 は、n - Si で作製されており、絶縁体である。このような構成のレーザ素子 2 では、P 電極 43 と p - クラッド層 39 とを絶縁して電流狭窄領域を形成する構成の一部を、吸収膜 42 が兼ねている。

20

【0052】

吸収膜 42 とリッジ構造の下端との離間距離 D を $0.4 \mu\text{m}$ としたレーザ素子 2 について特性を調べたところ、雰囲気温度 25 °C において 41 mA で連続発振し、発振波長は $405 \pm 5 \text{ nm}$ であった。また、発振モードは基本モードであった。レーザ発振時の自然放出光は 0.5 mW 以下であり、出力を 2 mW としたときの雑音特性は、 $\text{RIN}_{\text{max}} < -125 \text{ dB/Hz}$ であった。

【0053】

さらに、第 1 の実施形態と同様に、離間距離 D や吸収膜 42 の材料の異なる種々のレーザ素子 2 を製造して、それらが特性に及ぼす影響を調べた。その結果、レーザ素子 1 と同じく、離間距離 D が

30

$D = 0.3 \mu\text{m}$

を満たし、発振波長に対する吸収膜 42 の吸収係数 α が

0.1

を満たせば、レーザ発振時の自然放出光は 0.5 mW 以下となり、出力が 2 mW のときの雑音特性も、 $\text{RIN}_{\text{max}} < -125 \text{ dB/Hz}$ となることが判った。

【0054】

レーザ素子 2 は、絶縁膜 41 を形成する際にマスクを使用するだけで、レーザ素子 1 と同様に製造することができる。絶縁膜 41 と吸収膜 42 の形成順序を逆にして、前者を先に形成することも可能である。このようにして製造したレーザ素子 2 の変形例を図 8 に示す。

40

【0055】

第 3 の実施形態のレーザ素子 3 の構成を図 9 の縦断面図に模式的に示す。レーザ素子 3 は、N 電極 50、n - GaN 基板 51、n - GaN 層 52、n - InGa_N クラック防止層 53、n - AlGa_N クラッド層 54、n - GaN ガイド層 55、n - InGa_N 活性層 56、p - AlGa_N バリア層 57、p - GaN ガイド層 58、p - AlGa_N クラッド層 59、p - GaN コンタクト層 60、絶縁膜 61、吸収壁 62、および P 電極 63 より成る。吸収膜 22 に代えて吸収壁 62 を備えたことを除き、レーザ素子 3 の各構成要素の材料や配置は第 1 の実施形態のレーザ素子 1 と同様である。

【0056】

p - クラッド層 59 および p - ガイド層 58 には電流狭窄領域に沿って 2 本の溝が形成さ

50

れており、これらの溝を充填するように吸収壁 62 が設けられている。溝は、 $20\ \mu\text{m}$ の幅を有し、p - クラッド層 59 の上面から p - ガイド層 58 の半ばまで達している。吸収壁 62 は、 TiO_2 で作製されており、絶縁体である。

【0057】

レーザ素子 3 はレーザ素子 1 とほぼ同様にして製造することができる。すなわち、p - クラッド層 59 を成長させた段階で、エッチングにより上記の溝を形成し、吸収壁 62 を設ける際に、溝に対向する窓を有するマスクを用いればよい。

【0058】

吸収壁 62 とリッジ構造の下端との離間距離 D を $0.8\ \mu\text{m}$ としたレーザ素子 3 について特性を調べたところ、雰囲気温度 25°C において $40\ \text{mA}$ で連続発振し、発振波長は $405 \pm 5\ \text{nm}$ であった。また、発振モードは基本モードであった。レーザ発振時の自然放出光は $0.5\ \text{mW}$ 以下であり、出力を $2\ \text{mW}$ としたときの雑音特性は、 $\text{RIN}_{\text{max}} < -125\ \text{dB/Hz}$ であった。

【0059】

さらに、第 1 の実施形態と同様にして、離間距離 D や吸収壁 62 の材料の異なる種々のレーザ素子 3 を製造して、それらが特性に及ぼす影響を調べた。その結果、レーザ素子 1 と同じく、離間距離 D が

$D = 0.3\ \mu\text{m}$

を満たし、発振波長に対する吸収壁 62 の吸収係数 α が

0.1

を満たせば、レーザ発振時の自然放出光は $0.5\ \text{mW}$ 以下となり、出力が $2\ \text{mW}$ のときの雑音特性も、 $\text{RIN}_{\text{max}} < -125\ \text{dB/Hz}$ となることが判った。

【0060】

絶縁壁 62 が活性層 56 に近いため、レーザ素子 3 では、活性層 56 に対する角度の小さい自然放出光を吸収することができる。絶縁壁 62 の下端の位置（溝の深さ）に制限はなく、活性層 56 に達していてもよい。ただし、活性層 56 に達する絶縁壁 62 は必ず絶縁体としなければならない。このような変形例を図 10 に示す。この構成は、吸収壁 62 が活性層 56 を貫通して n - GaN ガイド層 55 にまで達するようにしたものである。なお、活性層 56 に達しない場合は、吸収壁 62 を絶縁体とする必要はなく、n 型半導体としてもよい。

【0061】

吸収壁 62 の幅にも制限はなく、いくら幅を広くしてもよい。このような変形例を図 11 に示す。この構成では、吸収壁 62 がレーザ素子 3 の側面まで達しており、p - クラッド層 59 はリッジ構造と電流狭窄領域の周囲に存在するだけになっている。

【0062】

なお、反射を防止するために、吸収壁 62 の屈折率をこれに接する各層の屈折率と同程度以上にするのが望ましいことは前述のとおりであるが、吸収壁 62 の屈折率がリッジ構造と吸収壁 62 の間の垂直モード屈折率以上であれば、その条件は満たされる。

【0063】

第 4 の実施形態の光記録再生装置の概略構成を図 12 に示す。光記録再生装置 4 は、半導体レーザ素子 71、コリメートレンズ 72、ビームスプリッタ 73、集光レンズ 74、フォトダイオード 75、および光検出器 76 を備えている。レーザ素子 71 は、上述の各実施形態の窒化物半導体レーザ素子 1 ~ 3 のいずれかである。フォトダイオード 75 はレーザ素子 71 の外部に設けられており、ビームスプリッタ 73 で分けられたレーザ光 L の一部を受光する。レーザ光 L の出力強度はフォトダイオード 75 によって検出された強度に基づいて調節される。なお、このように外部フォトダイオード 75 を設けることに代えて、強度検出用のフォトダイオードをレーザ素子 71 の内部に設けるようにしてもよい。

【0064】

情報の再生に際し、レーザ素子 71 が発するレーザ光 L は、コリメートレンズ 72、ビームスプリッタ 73 および集光レンズ 74 を順に経て、光ディスク 77 の記録面のピット内

10

20

30

40

50

に集光し、ピットに記された信号を反映した反射光となる。この反射光は、再び集光レンズ74を経てビームスプリッタ73により光検出器76に導かれ、光検出器76によって信号が再生される。現状では、光ディスクの反射率や光検出器の検出効率が低く、レーザ光Lの出力強度は、例えば、記録時には30mW、再生時には5mW程度であるが、今度の改善により、必要なレーザ光Lの強度は低下すると考えられる。

【0065】

光源であるレーザ素子71として、吸収膜22、42または吸収壁62を有する窒化物半導体レーザ素子1、2または3を備えている光記録再生装置4では、レーザ光Lが光ディスク77上に形成するスポットの周囲に入射する自然放出光は少ない。このため、記録に際しても再生に際しても誤りが生じ難い。また、自然放出光によるノイズが少ないため、低出力で行う再生の正確さが一層高くなり、しかも、フォトダイオード75によって検出される強度が正確になって、レーザ光の出力強度を精度よく調節することが可能である。

10

【0066】

【発明の効果】

窒化物半導体より成るレーザ素子であって、素子内の電流路のうちレーザ光を生成する活性層に達する一方の部分、活性層における光の共振方向に対して垂直な方向に狭窄しているものにおいて、本発明のように、活性層で生成されるレーザ光の波長を含む波長範囲の光を吸収する特性を有し、電流路の狭窄した部分から僅かに離間して活性層における光の共振方向に延びる光吸収部を備えるようにすると、自然放出光の一部を光吸収部によって吸収することが可能であり、自然放出光に起因する雑音、制御の難しさ等の不都合を軽減することができる。

20

【0067】

特に、電流路の狭窄した部分を形成するために、活性層における光の共振方向に延びるリッジ構造と、リッジ構造の側方に位置してリッジ構造に接する絶縁膜を備える構成では、絶縁膜と窒化物半導体層の界面で反射されてレーザ光と共に射出端面から射出する自然放出光を減少させることができ、その構成の特長を生かしながら、レーザ光と共に射出する自然放出光に起因する不都合を確実に軽減することができる。

【0068】

活性層で生成されるレーザ光の波長の光に対する光吸収部の吸収係数を0.1以上とすると、光吸収部をあまり厚くする必要がなく、製造が容易である。

30

【0069】

電流路の狭窄した部分と光吸収部との離間距離を0.3μm以上とすると、レーザ発振の閾値の上昇を低く抑えることができ、駆動電力の増大が避けられ、素子の劣化も抑えられる。

【0070】

本発明のレーザ素子を光源として備える光記録再生装置では、レーザ光が短波長であって微小なスポットを形成することが可能であるから、記録密度が高い上、自然放出光による雑音が少ないため、情報の記録と再生を正確に行うことができ、レーザ光の強度の微調節も容易になる。

【図面の簡単な説明】

40

【図1】 第1の実施形態のレーザ素子の構成を模式的に示す縦断面図。

【図2】 第1の実施形態のレーザ素子のリッジ構造の周辺を拡大して示す縦断面図。

【図3】 第1の実施形態のレーザ素子および比較例における注入電流とレーザ光出力の関係を示す図。

【図4】 第1の実施形態のレーザ素子における吸収膜とリッジ構造の離間距離と自然放出光の強度との関係を示す図。

【図5】 第1の実施形態のレーザ素子における吸収膜とリッジ構造の離間距離とレーザ発振の閾値電流との関係を示す図。

【図6】 第1の実施形態のレーザ素子の變形例の構成を模式的に示す縦断面図。

【図7】 第2の実施形態のレーザ素子の構成を模式的に示す縦断面図。

50

【図 8】 第 2 の実施形態のレーザ素子の変形例の構成を模式的に示す縦断面図。

【図 9】 第 3 の実施形態のレーザ素子の構成を模式的に示す縦断面図。

【図 10】 第 3 の実施形態のレーザ素子の変形例の構成を模式的に示す縦断面図。

【図 11】 第 3 の実施形態のレーザ素子の別の変形例の構成を模式的に示す縦断面図。

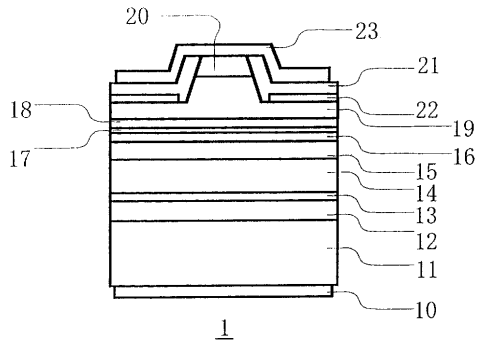
【図 12】 第 4 の実施形態の光記録再生装置の概略構成を模式的に示すブロック図。

【図 13】 従来のレーザ素子の構成を模式的に示す縦断面図。

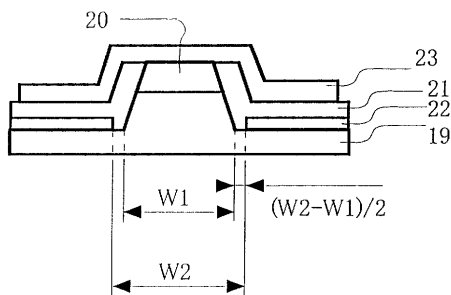
【符号の説明】

1、2、3	レーザ素子	
10、30、50	N電極	
11、31、51	n - GaN基板	10
12、32、52	n - GaN層	
13、33、53	n - InGa _{0.5} Nクラック防止層	
14、34、54	n - AlGa _{0.3} Nクラッド層	
15、35、55	n - GaNガイド層	
16、36、56	n - InGa _{0.5} N活性層	
17、37、57	p - AlGa _{0.3} Nバリア層	
18、38、58	p - GaNガイド層	
19、39、59	p - AlGa _{0.3} Nクラッド層	
20、40、60	p - GaNコンタクト層	
21、41、61	絶縁膜	20
22、42	吸収膜	
62	吸収壁	
23、43、63	P電極	
4	光記録再生装置	
71	レーザ素子	
72	コリメートレンズ	
73	ビームスプリッタ	
74	集光レンズ	
75	フォトダイオード	
76	光検出器	30
77	光ディスク	

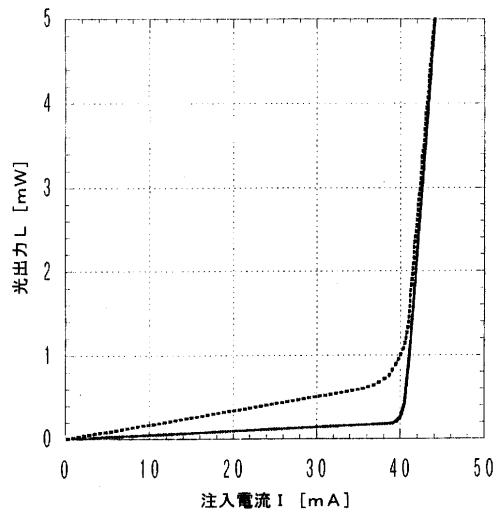
【図 1】



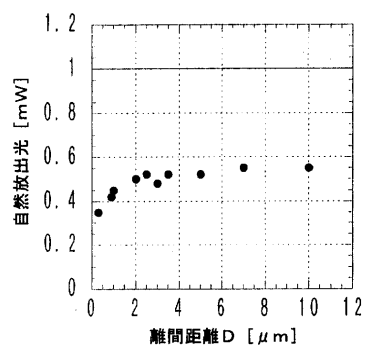
【図 2】



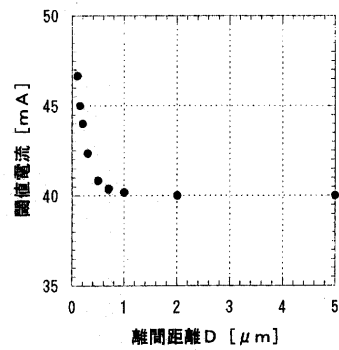
【図 3】



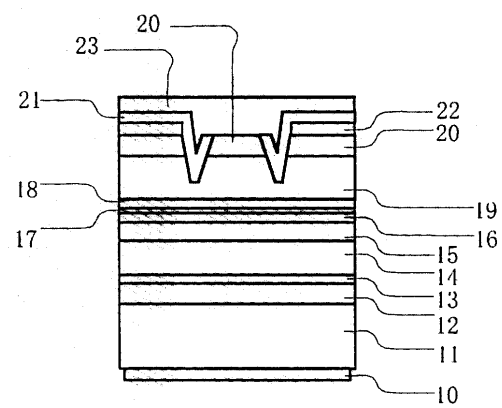
【図 4】



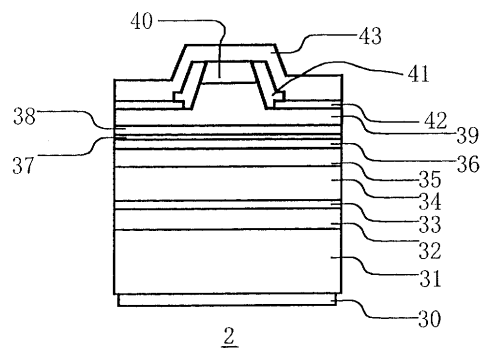
【図 5】



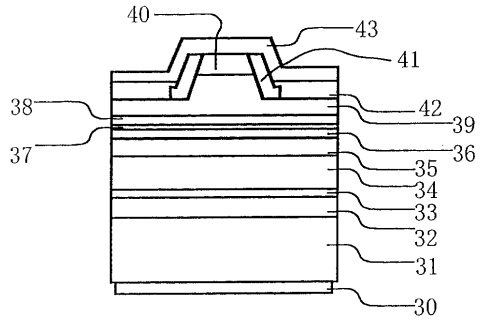
【図 6】



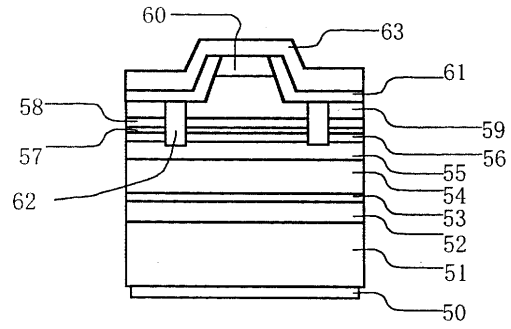
【図 7】



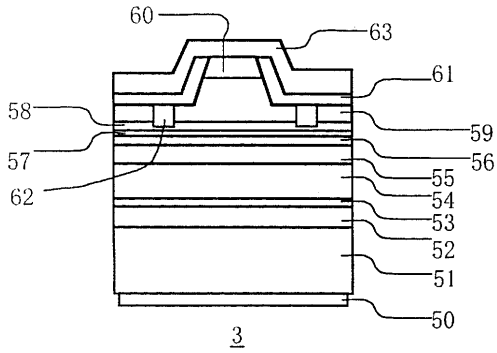
【図 8】



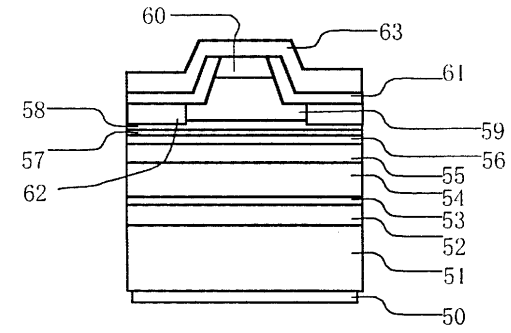
【図 10】



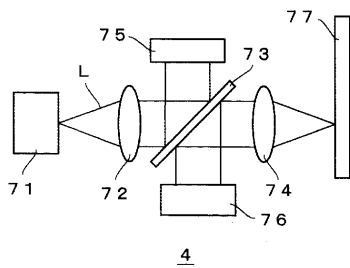
【図 9】



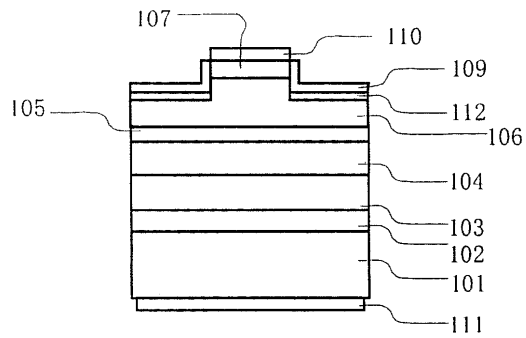
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2001-068784(JP,A)
特開2001-185802(JP,A)
特開2000-357842(JP,A)
国際公開第99/034488(WO,A1)
特開2002-314197(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 5/00-5/50