

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4935676号
(P4935676)

(45) 発行日 平成24年5月23日(2012.5.23)

(24) 登録日 平成24年3月2日(2012.3.2)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 S 5/40 (2006.01) HO 1 S 5/40
 HO 1 S 5/022 (2006.01) HO 1 S 5/022

請求項の数 7 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2007-535441 (P2007-535441)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成18年9月8日(2006.9.8)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/317837		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02007/032268	(74) 代理人	100110928
(87) 国際公開日	平成19年3月22日(2007.3.22)		弁理士 速水 進治
審査請求日	平成20年1月11日(2008.1.11)	(72) 発明者	小林 隆二
(31) 優先権主張番号	特願2005-268691 (P2005-268691)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
(32) 優先日	平成17年9月15日(2005.9.15)	(72) 発明者	菅生 繁男
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
		審査官	松崎 義邦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに異なる波長のレーザ光を発振する少なくとも二つのレーザ構造体を含む半導体発光素子であって、

第一基板と、

前記第一基板の所定の面に配置される第二基板と、

前記第一基板の一方の面に設けられるとともに、第一活性層を含む第一レーザ構造体と

、
前記第二基板の一方の面に設けられるとともに、第二活性層を含む第二レーザ構造体と

、
を含み、

前記第一レーザ構造体と前記第二レーザ構造体とが、共振器長の方向が略平行になるように配置されており、前記第一レーザ構造体の共振器長が、前記第二レーザ構造体の共振器長よりも短く、

前記第一レーザ構造体の共振器長をL1、前記第二レーザ構造体の共振器長をL2、前記第一基板の共振器長方向の長さをL0としたときに、 $L1 < L2$ であるとともに、L0がL2よりも大きい半導体発光素子。

【請求項2】

請求項1に記載の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体の前端面または後端面が、前記第一基板の端面よりも、前記第一基板の内側に後退している半導体発光素子。

【請求項3】

請求項2に記載の半導体発光素子において、前記第一活性層の一部をエッチング除去することにより、前記第一レーザ構造体の前端面または後端面が、前記第一基板の内側に後退して形成された半導体発光素子。

【請求項4】

請求項1乃至3いずれかに記載の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体が、GaN系レーザであって、前記第二レーザ構造体が、AlGaInP系、AlGaAs系、GaInAs系、AlGaInAs系、InGaAsP系、InGaAsN系またはInGaAsNSb系のレーザである半導体発光素子。

10

【請求項5】

請求項4に記載の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体が、リッジ型の上部クラッドを含むGaN系レーザである半導体発光素子。

【請求項6】

請求項1乃至5いずれかに記載の半導体発光素子において、前記第一基板がIII族窒化物半導体基板である半導体発光素子。

【請求項7】

請求項1乃至6いずれかに記載の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体の前端面と、前記第二レーザ構造体の前端面とが、いずれも前記第一基板の同一の端面に一致する半導体発光素子。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光素子に関し、特に、複数の半導体発光素子を集積した集積型の半導体レーザ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

400nm帯GaN(ガリウム・ナイトライド)系青紫色レーザと、650nm帯AlGaInP(アルミニウム・ガリウム・インジウム・リン)系赤色レーザまたは780nm帯AlGaAs(アルミニウム・ガリウム・ヒ素)系赤外レーザを集積した2波長または3波長半導体レーザは、部品点数の削減による光ピックアップの小型化、低コスト化が可能であるため、HD-DVDやブルーレイディスクなどの次世代高密度光ディスク用光源として今後主流になると考えられる。

30

【0003】

こうした多波長レーザが、特許文献1に記載されている。同文献には、波長650nmで発光するレーザ素子と波長780nmで発光するレーザ素子とをアノード側の電極同士で接合した2波長レーザが記載されている。そして、この構成により、発光点を近接させることができるとされている。また、装置構成を簡素化して、その小型化を図ることができる。とされている。

【0004】

ところで、多波長レーザを構成する個々のレーザについてみると、AlGaInP系赤色レーザは、その熱伝導率が低いために共振器長を長くして放熱性を高めることにより高出力化を図ってきた。その結果、非特許文献1に記載されているように、16倍速の書き込みに使われるパルス動作240mWレーザでは、共振器長が1500μmと非常に長い。また、2層ディスクへの書き込みに対応した高出力レーザでは、光出力のアップのためにさらなる長共振器化がなされると考えられる。

40

【0005】

一方、GaN系青紫色レーザは、その熱伝導率が高いために、比較的短い共振器長で高出力化が可能である。たとえば、非特許文献2には、GaN系青紫色レーザについて、共振器長が600μmで200mW(CW(連続波)動作)の高出力特性が報告されている

50

。

【特許文献1】特開平11-112091号公報

【特許文献2】特開昭61-280693号公報

【非特許文献1】我妻 新一、他7名、「モノリシック・デュアルウエイブレンクス・レーザ・フォア・CD-R/DVD±RW/R/RW (Monolithic Dual-Wavelength Lasers for CD-R/DVD±RW/R/RW)」、19th アイ・イー・イー・イー・インターナショナル・セミコンダクター・レーザ・カンファレンス (19th IEEE International Semiconductor Laser Conference)、2004年9月、カンファレンスダイジェスト、p.123-124

10

【非特許文献2】池田 昌夫、他7名、「ハイパワー・ガリウムナイトライド・ベースドウ・セミコンダクター・レーザ (High-power GaN-based semiconductor lasers)」、フィジカ・ステイタス・ソリッド (c) (Physica Status Solidi (c))、2004年、第1巻、第6号、p.1461-1467

【非特許文献3】内田 史朗、他8名、「リセント・プログレス・イン・ハイパワー・ブルーバイオレット・レーザ (Recent Progress in High-Power Blue-Violet Lasers)」、アイ・イー・イー・イー・ジャーナル・オブ・セレクトイド・トピックス・イン・カンタム・エレクトロニクス (IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics)、2003年、第9巻、第5号、p.1252-1259

20

【非特許文献4】八木 哲也、他7名、「ハイパワー・ハイフィシェンシー・660-nm・レーザ・ダイオードズ・フォア・DVD-R/RW (High-Power High-Efficiency 660-nm Laser Diodes for DVD-R/RW)」、アイ・イー・イー・イー・ジャーナル・オブ・セレクトイド・トピックス・イン・カンタム・エレクトロニクス (IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics)、2003年、第9巻、第5号、p.1260-1264

【発明の開示】

【0006】

30

ここで、2波長または3波長半導体レーザにおいて、上述した各レーザの特性を踏まえた場合、GaN系青紫色レーザをヒートシンクとしてその上に高出力AlGaInP系赤色レーザ、高出力AlGaAs系赤外レーザを集積する構成が考えられる。こうした2波長または3波長レーザを作製する場合、放熱性を確保するために、AlGaInP系赤色レーザやAlGaAs系赤外レーザの共振器長にあわせて、GaN系青紫色レーザの基板の共振器長方向の長さを確保しなければならない。このため、GaN系青紫色レーザの共振器長が、長くなる。たとえば、16倍速書き込みのAlGaInP系赤色レーザ（たとえば共振器長1500μm）と32倍速書き込みのAlGaAs系赤外レーザ（たとえば共振器長900μm）を集積する場合、GaN系青紫色レーザは1500μm以上の共振器長となる。

40

【0007】

ところが、GaN系青紫色レーザの内部損失は、 $10 \sim 30 \text{ cm}^{-1}$ 程度であり、AlGaInP系赤色レーザ（内部損失 5 cm^{-1} 以下）の場合に比べて大きい（非特許文献3および非特許文献4）。このため、GaN系青紫色レーザの長共振器化は、スロープ効率、つまり外部微分量子効率の低下により、駆動電流の増加をもたらす懸念があった。

【0008】

また、GaN系青紫色レーザは、転位密度が $10^5 \sim 10^7 \text{ cm}^{-2}$ のGaN基板上や、サファイア基板上に成長した横方向成長GaN層上に作製される。ここで、前述した非特許文献2には、GaN基板や横方向成長GaN層中の転位が素子寿命に関係していることが記載されている。これより、GaN系青紫色レーザにおいては、共振器長を長くすると、

50

発光部である導波路に含まれる転位の数が増加し、信頼性が低下する懸念がある。実際、共振器長が $700\ \mu\text{m}$ を越える素子における良好な信頼性に関する報告は、現状なされていない。

【0009】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、複数の半導体レーザを集積した多波長半導体レーザにおいて、レーザ特性および信頼性を向上させる技術を提供する。

【0010】

本発明によれば、

互いに異なる波長のレーザ光を発振する少なくとも二つのレーザ構造体を含む半導体発光素子であって、

第一基板と、

前記第一基板の所定の面に配置される第二基板と、

前記第一基板の一方の面に設けられるとともに、第一活性層を含む第一レーザ構造体と

、

前記第二基板の一方の面に設けられるとともに、第二活性層を含む第二レーザ構造体と

、

を含み、

前記第一レーザ構造体と前記第二レーザ構造体とが、共振器長の方向が略平行になるように配置されており、前記第一レーザ構造体の共振器長が、前記第二レーザ構造体の共振器長よりも短く、

前記第一レーザ構造体の共振器長を L_1 、前記第二レーザ構造体の共振器長を L_2 、前記第一基板の共振器長方向の長さを L_0 としたときに、 $L_1 < L_2$ であるとともに、 L_0 が L_2 よりも大きい半導体発光素子が提供される。

【0011】

なお、本発明において、レーザ構造体とは、両クラッド層とこれらのクラッド層に挟まれた層から構成される積層体を指し、活性層を含む。本発明によれば、第一基板の一方の面に第二基板が配置されるため、第一基板をヒートシンクとして用いて第二レーザ構造体の放熱性を向上させることができる。そして、第一レーザ構造体の共振器長が第二レーザ構造体の共振器長よりも短いため、第二レーザ構造体の放熱性が十分に確保できる程度に第一基板の大きさを確保した場合にも、第一レーザ構造体の共振器長の増大に伴うレーザ特性および信頼性の低下を抑制することができる。このため、互いに異なる波長の第一レーザ構造体および第二レーザ構造体を含む構成において、レーザ特性および信頼性を向上させることができる。

【0012】

本発明の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体の共振器長を L_1 、前記第二レーザ構造体の共振器長を L_2 、前記第一基板の共振器長方向の長さを L_0 としたときに、 $L_1 < L_2$ であるとともに、 L_0 が L_2 と同等かまたは L_2 よりも大きい構成とすることができる。つまり、第一基板の共振器長方向の長さを、第一基板の所定の面に集積される第二レーザ構造体の共振器長と同等かまたはこれより長くすることができる。 L_0 が L_2 と同等かまたは L_2 よりも大きい構成とすることにより、第二レーザ構造体の放熱性をさらに向上させることができる。なお、 L_0 が L_2 と同等かまたは L_2 よりも大きいとは、第二レーザ構造体の放熱性が十分に確保される程度に L_0 の長さが確保されていることをいい、たとえば L_0 が L_2 の 90% 以上であることをいう。

【0013】

また、本発明において、 $L_0 > L_1$ としてもよい。つまり、第一基板の共振器長方向の長さを、第一基板の一方の面に設けられる第一レーザ構造体の共振器長より長くしてもよい。たとえば、前記第一レーザ構造体の前端面または後端面が、前記第一基板の端面よりも、前記第一基板の内側に後退させる。こうすれば、第一基板をヒートシンクとしてさらに効果的に機能させるとともに、第一レーザ構造体のレーザ発振に必要な共振器長を、第一基板の長さより短くして高効率、低動作電流、高信頼性をさらに十分に確保できる。

10

20

30

40

50

【0014】

本発明の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体の前端面と、前記第二レーザ構造体の前端面とが、いずれも前記第一基板の同一の端面に一致していてもよい。こうすれば、第二レーザ構造体の放熱性を向上させつつ、半導体発光素子全体を小型化することができる。

【0015】

また、本発明の半導体発光素子において、前記第一活性層の一部をエッチング除去することにより、前記第一レーザ構造体の前端面または後端面が、前記第一基板の内側に後退して形成されていてもよい。こうすることにより、第一レーザ構造体の前端面または後端面の製造安定性を向上させることができる。また、端面位置の制御性を向上させて、第一レーザ構造体の共振器長の製造時のばらつきを抑制することができる。

10

【0016】

本発明の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体が、GaN系レーザであって、前記第二レーザ構造体が、AlGaInP系、AlGaAs系、GaInAs系、AlGaInAs系、InGaAsP系、InGaAsN系またはInGaAsNSb系のレーザであってもよい。また、本発明の半導体発光素子において、前記第一レーザ構造体が、リッジ型の上部クラッドを含むGaN系レーザであってもよい。

【0017】

本発明の半導体レーザは、たとえば、青紫色レーザと赤色レーザとを集積した2波長半導体レーザや、青紫色レーザ、赤色レーザおよび赤外レーザを集積した3波長半導体レーザとすることができる。2波長半導体レーザとしては、たとえば、GaN系青紫色レーザにAlGaInP系赤色レーザまたはAlGaAs系赤外レーザを集積した構成が挙げられる。また、3波長半導体レーザとしては、たとえば、GaN系青紫色レーザにAlGaInP系赤色レーザおよびAlGaAs系赤外レーザを集積した構成が挙げられる。本発明によれば、これらの多波長レーザを構成する各レーザ構造体のレーザ特性および信頼性を向上させることができる。

20

【0018】

さらに具体的には、GaN系青紫色レーザの第一基板の長さを、これに集積されるAlGaInP系赤色レーザまたはAlGaAs系赤外レーザの第二基板の長さと同等かまたはより長くすることにより、集積したAlGaInP系赤色レーザまたはAlGaAs系赤外レーザの放熱性を確保することができ、それ単体と同等の高出力特性を実現することができる。一方、GaN系青紫色レーザについては、ドライエッチングなどで端面を形成することによりレーザ発振に必要な共振器長を第二基板の共振器長方向の長さより短くする。その結果、導波路損失の低減や基板から導波路ストライプへ伝播する転位の数が低減し、高効率、低動作電流でのレーザ発振と高信頼性を実現することができる。

30

【0019】

本発明の半導体発光素子において、前記第一基板が、GaN基板やAlGaN基板等のIII族窒化物半導体基板であってもよい。こうすれば、第一基板の熱伝導率をさらに十分に確保し、第二レーザ構造体の放熱性を向上させることができる。

【0020】

以上説明したように、本発明によれば、複数の半導体レーザを集積した多波長半導体レーザにおいて、レーザ特性および信頼性を向上させる技術が実現される。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図2】図1の2波長半導体レーザの断面図である。

【図3】図1の2波長半導体レーザのGaN系青紫色レーザの製造工程を示す図である。

【図4】図1の2波長半導体レーザのGaN系青紫色レーザの製造工程を示す図である。

【図5】図1の2波長半導体レーザのAlGaInP系赤色レーザの製造工程を示す断面図である。

50

【図6】図1の2波長半導体レーザのAlGaInP系赤色レーザの製造工程を示す断面図である。

【図7】図1の2波長半導体レーザが組み込まれたパッケージの構成を示す図である。

【図8】本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図9】本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図10】本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図11】本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図12】図11の2波長半導体レーザに用いるGaN系青紫色レーザの構成を示す斜視図である。

【図13】本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

10

【図14】本実施の形態の3波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図15】図14の3波長半導体レーザの断面図である。

【図16】図14の3波長半導体レーザのGaN系青紫色レーザの構成を示す斜視図である。

【図17】図14の3波長半導体レーザのAlGaAs系赤外レーザの製造工程を示す断面図である。

【図18】図14の3波長半導体レーザが組み込まれたパッケージの構成を示す図である。

【図19】本実施の形態の3波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。

【図20】本実施の形態の3波長半導体レーザの構成を示す断面図である。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、GaN系青紫色レーザの基板上に、異なる波長のレーザ光を発振する他のレーザを集積する場合を例に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、すべての図面において、共通の構成要素には同一の符号を付し、以下の説明において共通する説明を適宜省略する。また、以下の実施の形態では、各半導体レーザのチップの長さが、当該半導体レーザの基板の長さに対応する場合を例に説明する。

【0023】

(第1の実施の形態)

図1は、本実施形態における2波長半導体レーザ1の斜視図である。また、図2は、図1に示した2波長半導体レーザ1を共振器方向に対して垂直に切断したときの断面図である。

30

2波長半導体レーザ1は、互いに異なる波長のレーザ光を発振する少なくとも二つのレーザ構造体を含む半導体発光素子である。

2波長半導体レーザ1は、第一基板(n型GaN基板101)、n型GaN基板101の所定の面に配置される第二基板(n型GaAs基板201)、n型GaN基板101の一方の面に設けられるとともに、第一活性層(多重量子井戸活性層105)を含む第一レーザ構造体(青紫色レーザ100)、およびn型GaAs基板201の一方の面に設けられるとともに、第二活性層(多重量子井戸活性層205)を含む第二レーザ構造体(赤色レーザ200)を含む。共振器長の短いGaN系の青紫色レーザ100のチップつまりn型GaN基板101上に、共振器長の長いAlGaInP系の赤色レーザ200が集積されている。多重量子井戸活性層105および多重量子井戸活性層205は、n型GaN基板101に対して同じ側に設けられている。赤色レーザ200は、青紫色レーザ100の側方に配置されている。

40

【0024】

青紫色レーザ100と赤色レーザ200とは、共振器長の方向が略平行になるように配置されており、青紫色レーザ100の共振器長が、赤色レーザ200の共振器長よりも短い。

青紫色レーザ100の共振器長をL1、赤色レーザ200の共振器長をL2、n型GaN基板101の共振器長方向の長さをL0としたときに、L1<L2であるとともに、L

50

0がL2と同等かまたはL2よりも大きく、赤色レーザ200の放熱性が十分に確保される程度にn型GaN基板101の長さが確保されている。また、2波長半導体レーザ1において、 $L0 > L1$ である。

青紫色レーザ100の熱伝導率は、赤色レーザ200の熱伝導率よりも大きい。なお、レーザ構造体の熱伝導率とは、レーザ構造体において、基板上に形成された半導体層の熱伝導率であり、たとえば両クラッド層とそれにはさまれた活性層とから構成される積層体の熱伝導率である。

【0025】

赤色レーザ200は、n型GaN基板101に所定の層を介して接合されている。たとえば、赤色レーザ200がn型GaN基板101上にたとえば熱融着により接着されている。赤色レーザ200はp側ダウンの形態で青紫色レーザ100のp側に融着されている。赤色レーザ200を構成する層の中で最も熱抵抗の高いp型クラッド層207(p型($Al_{0.7}Ga_{0.3}$) $In_{0.53}P$ 層)の側をn型GaN基板101に対向させることにより、赤色レーザ200の放熱性をさらに高めることができる。赤色レーザ200においては、p型クラッド層207の熱抵抗が高く、p型クラッド層207の全面をn型GaN基板101の所定の面に所定の層を介して接着することにより、放熱特性が向上する。

10

【0026】

青紫色レーザ100の前端面および後端面のうち、ここでは後端面123がエッチングにより形成されている。また、多重量子井戸活性層105の一部をエッチング除去することにより、青紫色レーザ100の後端面123が、n型GaN基板101の端面よりもn型GaN基板101の内側に後退して形成されているとともに、赤色レーザ200の後端面223よりもn型GaN基板101の内側に後退して形成されている。

20

一方、レーザの前端面については、青紫色レーザ100の前端面124と、赤色レーザ200の前端面224とが、いずれもn型GaN基板101の同一の端面に一致する。

【0027】

また、青紫色レーザ100の平面形状は矩形であって、青紫色レーザ100の一方の面において、多重量子井戸活性層105の一部がエッチングにより除去された領域を有する。多重量子井戸活性層105の平面形状は略L字型である。赤色レーザ200は、多重量子井戸活性層105が除去されていない領域において、n型GaN基板101の当該一方の面に配置されている。こうすれば、n型GaN基板101の上部の多重量子井戸活性層105が除去された領域を放熱領域として機能させることができるため、素子全体の放熱特性を向上させることができる。また、青紫色レーザ100の後端面123が、多重量子井戸活性層105が欠損した領域の外周縁により規定されているため、青紫色レーザ100の種類に応じて青紫色レーザ100の共振器長を所定の長さに設定可能な構成となっている。

30

【0028】

青紫色レーザ100は、リッジ型の上部クラッド(p型クラッド層108)を含むGaN系レーザである。青紫色レーザ100のチップ、ここではn型GaN基板101の大きさは、たとえば幅400 μm 、長さ1600 μm である。なお、本実施の形態および以下の実施の形態において、チップの幅は、導波路方向(共振器長方向)に対する断面方向の基板の長さを指し、チップの長さは、導波路方向に平行な方向の基板の長さを指す。

40

また、青紫色レーザ100においては、共振器長が600 μm になるように後端面をエッチングで形成し、不必要な発光層を除去してある。青紫色レーザ100においては、光が出射する前端面124に、反射率が10%の低反射コーティング(不図示)が施されている。また、青紫色レーザ100の後端面123には、反射率が90%の高反射コーティング(不図示)が施されている。

この青紫色レーザ100は、CWでたとえば200mW以上の光出力が可能な構造である。

【0029】

また、赤色レーザ200は、リッジ型の上部クラッド(p型クラッド層207)を含む

50

AlGaInP系のレーザである。赤色レーザ200のチップ、ここではn型GaAs基板201の大きさは、たとえば幅250 μm 、長さ1500 μm である。

赤色レーザ200においては、光が出射する前端面224には、7%の低反射コーティングが施されている。また、赤色レーザ200の後端面223には、95%の高反射コーティングが施されている。

この赤色レーザ200はパルス動作（たとえばパルス幅30ns、デューティ比30%）でたとえば240mW以上の光出力が可能な構造である。

【0030】

以下、図2を参照して、青紫色レーザ100および赤色レーザ200の構成をさらに詳細に説明する。

10

【0031】

青紫色レーザ100においては、n型Ga_{0.99}N基板101（たとえば、厚さ約100 μm 、 $n = 3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）上に、n型バッファ層102（たとえば、n型Ga_{0.99}N層、厚さ1 μm 、 $n = 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）、n型クラッド層103（たとえば、n型Al_{0.07}Ga_{0.93}N層、厚さ1.3 μm 、 $n = 7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）、n側光閉じ込め層104（たとえば、n型Ga_{0.99}N層、厚さ50nm、 $n = 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）、In_{0.1}Ga_{0.9}Nウエル（たとえば、厚さ3.5nm）とIn_{0.02}Ga_{0.98}Nバリア（たとえば、厚さ8.5nm）からなる多重量子井戸活性層105、p側光閉じ込め層106（たとえば、Ga_{0.99}N層、厚さ80nm）、オーバーフロー防止層として機能するp型電子障壁層107（たとえば、p型Al_{0.16}Ga_{0.84}N層、厚さ10nm、 $p = 5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）、p型クラッド層108（たとえば、p型AlGa_{0.99}N層、厚さ500nm、 $p = 7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）およびp型コンタクト層109（たとえば、p型Ga_{0.99}N層、厚さ100nm、 $p = 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）が積層されている。

20

なお、本明細書において、「 $n =$ 」および「 $p =$ 」とは、それぞれ、層中のn型キャリア（電子）の濃度およびp型キャリア（正孔）の濃度を示す。

【0032】

また、横モード制御のために、p型クラッド層108の厚さ方向に途中までエッチングされ、リッジ121が形成されている。p型コンタクト層109は、リッジ121の頂部すなわちp型クラッド層108の上面に設けられている。さらに、リッジ121の外側には、p型クラッド層108の側面から底面を被覆する酸化シリコン膜110が積層されている。

30

【0033】

また、p型コンタクト層109には、コンタクト層側から順にパラジウム/白金/金（Pd/Pt/Au）で構成されるp側電極111が設けられている。また、n型Ga_{0.99}N基板101の裏面には、基板側から順にチタン/白金/金（Ti/Pt/Au）で構成されるn側電極112が形成されている。

【0034】

一方、赤色レーザ200においては、n型GaAs基板201（たとえば、厚さ約120 μm 、 $n = 2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）上に、n型バッファ層202（たとえば、n型GaAs層、厚さ500nm、 $n = 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）、n型クラッド層203（たとえば、n型（Al_{0.7}Ga_{0.3}）_{0.47}In_{0.53}P層、厚さ2 μm 、 $n = 8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）、n側光閉じ込め層204（たとえば、（Al_{0.5}Ga_{0.5}）_{0.47}In_{0.53}P層、厚さ30nm）、GaInPウエルとAlGaInPバリアからなる多重量子井戸活性層205、p側光閉じ込め層206（たとえば、（Al_{0.5}Ga_{0.5}）_{0.47}In_{0.53}P層、厚さ30nm）、p型クラッド層207（たとえば、p型（Al_{0.7}Ga_{0.3}）_{0.47}In_{0.53}P層、厚さ1.5 μm 、 $p = 8 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）およびp型コンタクト層208（たとえば、p型GaAs層、厚さ400nm、 $p = 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）が積層されている。

40

【0035】

また、赤色レーザ200においては、横モード制御のために、p型クラッド層207が厚さ方向に途中までエッチングされ、リッジ221が形成されている。p型コンタクト層

50

208は、リッジ221の頂部すなわちp型クラッド層207の下面に設けられている。さらに、リッジ221の外側には、p型クラッド層207の側面から上面を被覆する酸化シリコン膜209が積層されている。

【0036】

また、p型コンタクト層208には、コンタクト層側から順にTi/Pt/Auで構成されるp側電極210が設けられている。また、n型GaAs基板201の裏面には、基板側から順に金・ゲルマニウム/ニッケル/金(AuGe/Ni/Au)で構成されるn側電極211が形成されている。

【0037】

赤色レーザ200は、p側ダウンの形態で、青紫色レーザ100上に金(Au)とすず(Sn)からなる融着材113を介して融着されている。なお、青紫色レーザ100と赤色レーザ200との発光点間隔は、できるだけ近い方が光ピックアップの光軸調整に有利である。従って、各々のレーザのチップの中におけるリッジの形成位置を調整して、発光点ができるだけ近づくようにするとよい。

【0038】

次に、2波長半導体レーザ1の製造方法について説明する。図3～図6は、それぞれ、2波長半導体レーザ1の製造方法を示す図である。図3(a)～図3(c)、図4(a)および図4(b)は、GaN系の青紫色レーザ100の製造工程を示す図であり、図5(a)、図5(b)、図6(a)および図6(b)は、AlGaInP系の赤色レーザ200の製造工程を示す断面図である。

【0039】

まず、図3(a)～図3(c)、図4(a)および図4(b)を参照して、GaN系の青紫色レーザ100の製造工程について説明する。この製造工程では、後端面123をドライエッチングで形成する一方、光を取り出す前端面124をへき開で形成する。

【0040】

はじめに、たとえば厚さ400μm程度のn型GaN基板101上に、n型バッファ層102、n型クラッド層103、n側光閉じ込め層104、多重量子井戸活性層105、光閉じ込め層106すなわちノンドープp側GaN層、p型AlGaN電子障壁層107、p型クラッド層108およびp型コンタクト層109を順次結晶成長させる(図3(a))。なお、図3(b)および図3(c)では、これらの成長層のうち、一部の層の図示を省略する。

【0041】

結晶成長には、たとえば有機金属気相成長(MOVPE)法を用い、原料として、たとえばトリメチルアルミニウム(TMAI)、トリメチルガリウム(TMGa)、トリエチルガリウム(TEGa)、トリメチルインジウム(TMI n)およびアンモニア(NH₃)を用いる。また、n型およびp型のドーパントには、それぞれ、たとえばシリコン(Si)およびマグネシウム(Mg)を用い、これらの原料として、それぞれ、たとえばシラン(SiH₄)およびシクロペンタジエチルマグネシウム(Cp₂Mg)を用いる。また、キャリアガスには各成長層の組成に応じて水素または窒素を用いる。

【0042】

次に、ドライエッチングにより、青紫色レーザ100の後端面123を形成する。まず、熱化学気相堆積(熱CVD)法、プラズマCVD法、スパッタ法または電子ビーム蒸着法等の方法を用いて、酸化シリコン膜114を堆積し、ステッパーや密着露光などのフォトリソグラフィを用いて、酸化シリコン膜114の所定の領域を選択的にエッチング除去する。エッチング後の酸化シリコン膜114の平面形状は、たとえばL字型とする。そして、酸化シリコン膜114をマスクとして、ドライエッチングにより、n型GaN基板101に達するまで成長層を除去し、成長層長を短くする(図3(b))。なお、図3(b)に示すように、エッチングされた側面は、青紫色レーザ100の後端面123となるので、できるだけ平滑にかつ基板面内方向に対して垂直になるようにエッチングすることが望ましい。

10

20

30

40

50

【0043】

つづいて、リッジ121を形成する。まず、p型コンタクト層109に、たとえば幅1.5 μm のストライプ状の酸化シリコン膜115を形成する。酸化シリコン膜115は、図3(b)を参照して前述した工程により成長層が短くなっている領域に、共振器長方向に延在するように形成される。また、酸化シリコン膜115は、酸化シリコン膜114を除去後、再度、別の酸化シリコン膜を堆積し、これをフォトリソグラフィにより所定の領域のみ選択的に残存させることにより形成される。または、別の酸化シリコン膜を設ける方法に代えて、図3(b)に示した工程の後、酸化シリコン膜114をさらにフォトリソグラフィを用いて所定の形状に加工して形成してもよい。

【0044】

そして、酸化シリコン膜115をマスクとして、ドライエッチングにより、p型コンタクト層109およびp型クラッド層108の一部をエッチングし、リッジ121を形成する(図3(c))。

【0045】

ついで、p側電極111を形成する。まず、ストライプ状の酸化シリコン膜115を除去後、n型Ga_{0.9}N基板101の表面全面に、再度、別の酸化シリコン膜110を堆積する。次に、リッジトップの酸化シリコン膜110をエッチングにより除去し、p型コンタクト層109を露出させる。そして、p型コンタクト層109上に、p側電極111を構成する金属膜を堆積する(図4(a))。

【0046】

そして、へき開を容易にするために、n型Ga_{0.9}N基板101を研磨し、たとえば100 μm 程度に薄化する。そして、研磨した面をクリーニング処理した後、研磨面に接しこれを被覆するn側電極112を形成する(図4(b))。次に、端面コーティングのために、ウェハをリッジ121が横に並んだバー状態となるようにへき開する。このとき、ドライエッチングで形成した後端面123の位置から600 μm の位置でへき開し、前端面124とする。これにより、Ga_{0.9}N系の青紫色レーザ100の共振器長が600 μm となる。

【0047】

また、チップの長さすなわちn型Ga_{0.9}N基板101の共振器長方向の長さが1600 μm となるように、反対側をへき開する。そして、前端面124には反射率10%の低反射コーティングを施し、後端面123には90%の高反射コーティングを施す。コーティング材のうち、低屈折率の材料としては、たとえば、アルミナや酸化シリコン、窒化アルミニウム、フッ化マグネシウム、またはフッ化カルシウムを用いる。また、コーティング材のうち、高屈折率の材料としては、たとえば、酸化チタンや酸化ジルコニウム、酸化ハフニウムなどを用いる。最後に、複数のリッジ121がバー状態に平行に並んだウェハを複数のチップに個片化するへき開を行う。以上の手順により、青紫色レーザ100が得られる。

【0048】

次に、図5(a)、図5(b)、図6(a)および図6(b)を参照して、AlGaInP系の赤色レーザ200の製造工程を説明する。

はじめに、たとえば厚さ350 μm 程度のn型GaAs基板201上に、n型GaAs202、n型クラッド層203、n側光閉じ込め層204(たとえばAlGaInP層)、多重量子井戸活性層205、p側光閉じ込め層206(たとえばAlGaInP層)、p型クラッド層207およびp型コンタクト層208を順次結晶成長させる(図5(a))。

【0049】

結晶成長には、たとえばMOVPE法を用い、原料として、たとえばTMAl、TEGa、TMIn、アルシン(AsH₃)およびホスフィン(PH₃)を用いる。また、n型およびp型のドーパントには、それぞれ、たとえばSiおよび亜鉛(Zn)を用い、これらの原料として、それぞれ、たとえばジシラン(Si₂H₆)およびジエチル亜鉛(DEZn

10

20

30

40

50

)を用いる。また、キャリアガスには、たとえば水素を用いる。

【0050】

次に、リッジ221を形成する。まず、熱CVD法またはプラズマCVD法またはスパッタ法または電子ビーム蒸着法等を用いて、酸化シリコン膜212を堆積する。そして、ステッパーや密着露光などのフォトリソグラフィを用いて酸化シリコン膜212の所定の領域を選択的に除去することにより、共振器長方向に延在する幅1.5μmのストライプ形状に酸化シリコン膜212を加工する。そして、ドライエッチング等により、酸化シリコン膜212をマスクとして、p型コンタクト層208およびp型クラッド層207の一部を選択的にエッチング除去し、リッジ221を形成する(図5(b))。

【0051】

次に、p側電極210を形成する。まず、ストライプ状の酸化シリコン膜212を除去した後、再度、別の酸化シリコン膜209を堆積する。次に、リッジトップの酸化シリコン膜209をエッチングにより選択的に除去し、p型コンタクト層208を露出させる。そして、p型コンタクト層208上に、p側電極210を構成する各金属膜を堆積する(図6(a))。

【0052】

そして、へき開を容易にするために、n型GaAs基板201を研磨によりたとえば120μm程度に薄化する。そして、研磨した面をクリーニング処理した後、研磨面に接しこれを被覆するn側電極211を形成する(図6(b))。次に、端面コーティングのために共振器長が1500μmになるようにへき開を行う。そして、前端面224には反射率7%の低反射コーティングを、後端面223には95%の高反射コーティングを施す。最後に、複数のリッジ221がバー状態に並んだウェハを複数のチップに個片化するへき開を行う。以上の手順により、赤色レーザー200が得られる。

【0053】

なお、赤色レーザー200では、端面劣化を防止するために窓構造と電流非注入構造が採用されている。

【0054】

こうして得られた赤色レーザー200は、図2に示すように融着材113を用いてp側ダウンの形態で青紫色レーザー100のp側に融着される。以上により、図1に示した2波長半導体レーザー1が得られる。

【0055】

次に、2波長半導体レーザー1を含むパッケージについて説明する。図7は、本実施の形態に示した2波長半導体レーザー1を直径5.6mmのパッケージに組み込んだ状態を示す斜視図である。

【0056】

パッケージの本体10の材料は、たとえば鉄とし、支持体11ならびにフィードスルー12、13および14の材料は、たとえば銅とする。また、本体10、支持体11および各フィードスルーは表面が金でコーティングされている。

【0057】

また、フィードスルー12およびフィードスルー13は、セラミック等の絶縁体15を介して本体10に取り付けられている。こうすることにより、これらのフィードスルーと本体10との絶縁性が確保される。また、フィードスルー14は、本体10に接続され、支持体11と電氣的に接続されている。

【0058】

2波長半導体レーザー1は、青紫色レーザー100のn側電極112の面において、融着材16を介して支持体11に融着されている。融着材16としては、たとえば、低融点の金・すずや鉛・すずなどが用いられる。さらに、フィードスルー12と青紫色レーザー100のp側電極111とが、またフィードスルー13と赤色レーザー200のn側電極211とが、それぞれ、金のワイヤー17でボンディングされている。

【0059】

本実施の形態の2波長半導体レーザ1において、フィードスルー12にプラス電圧を印加し、フィードスルー14にマイナス電圧を印加することにより、青紫色レーザ100がレーザ発振する。また、フィードスルー12にプラス電圧を印加し、フィードスルー13にマイナス電圧を印加することにより、赤色レーザ200がレーザ発振する。

【0060】

青紫色レーザ100と赤色レーザ200とを集積した2波長半導体レーザ1では、ヒートシンクの役割をなすGaN系の青紫色レーザ100のチップの長さが、これに融着されるAlGaInP系の赤色レーザ200のチップと同等かまたは長くなっている。このため、赤色レーザ200のチップで発生した熱は青紫色レーザ100を介して支持体11から効率よく放熱される。よって、共振器長が1500 μm と長い赤色レーザ200の放熱性が確保され、高出力特性を実現することができる。

10

【0061】

ここで、背景技術の項で前述した特許文献1においては、波長650nmの半導体発光体素子の基板に、波長780nmの半導体発光素子の基板を貼り合わせた構成において、これらの半導体発光素子の前端面の位置をそろえて、後端面をオフセットすることにより、ボンディング領域を確保している。ところが、この構成の場合、各半導体発光素子の共振器長がいずれも基板の長さと同しく、基板の厚さに依存して決まる構成となっている。このため、本実施の形態の場合のように、面積の大きい基板にGaN系の青紫色レーザ等を用いようとした場合にも、その共振器長が長くなってしまふ。このため、青紫色レーザのレーザ特性および信頼性が十分に確保されない懸念があった。

20

【0062】

これに対し、本実施の形態においては、青紫色レーザ100においては、チップの長さが1600 μm と長い、共振器長が600 μm となるように後端面123がドライエッチングにより形成されている。ドライエッチングなどで後端面123を形成し、レーザ発振に必要な共振器長をチップの長さより短くすることにより、導波路損失の低減や、n型GaN基板101から導波路ストライプへ伝播する転位の数が低減し、高効率・低動作電流でのレーザ発振と高信頼性を実現することができる。このため、600 μm 共振器長の通常のGaN系青紫色レーザと同等のレーザ特性と信頼性を実現できる。

【0063】

以上のように、2波長半導体レーザ1によれば、熱伝導性と共振器長のバランスを確保し、レーザ特性と信頼性に優れた集積レーザが実現される。

30

【0064】

また、本実施の形態においては、青紫色レーザ100の後端面123が、エッチングにより形成されるため、後端面123を制御性よく形成し、製造時の青紫色レーザ100の共振器長のばらつきを好適に抑制することができる。

【0065】

なお、技術分野は異なるが、特許文献2には、モノリシックに形成された二つのレーザのエッチドミラー面を、同一のエッチング工程により形成し、ミラー面の位置を共振器長方向に異ならせる技術が記載されている。この場合、同一のエッチング工程によりエッチング可能な材料で二つのレーザが構成されている必要がある。

40

【0066】

これに対し、本実施の形態においては、それぞれの半導体レーザを別個の基板上に形成した後、一方を他方の基板と接合する。このため、それぞれの半導体レーザの特性に応じて、端面の位置および共振器長をさらに高い自由度で設計し、安定的に製造することができる。そして、GaN系の青紫色レーザ100に、多重量子井戸活性層105の形成領域とこれが除去された欠損領域が設けられており、赤色レーザ200が多重量子井戸活性層105の形成領域に配置されている。このため、青紫色レーザ100および赤色レーザ200の放熱領域として欠損領域を効果的に利用することができる。

【0067】

また、2波長半導体レーザ1においては、青紫色レーザ100の前端面124と赤色レ

50

ーザ 200 の前端面 224 とが、いずれも n 型 GaN 基板 101 の端面に一致し、これらの端面が同一直線上に配置されている。このため、青紫色レーザ 100 からの出射光の焦点と赤色レーザ 200 からの出射光との焦点が同一平面内に位置する構成となっている。このため、受光系の装置構成を簡素化することができる。

【0068】

なお、本実施の形態では、GaN 系の青紫色レーザ 100 と AlGaInP 系の赤色レーザ 200 を集積した場合を例に説明した。n 型 GaN 基板 101 上に集積されるレーザ構造体は、AlGaInP 系には限られず、たとえば、AlGaAs 系、GaInAs 系、AlGaInAs 系、InGaAsP 系、InGaAsN 系または InGaAsNSb 系のレーザとしてもよい。

10

【0069】

さらに具体的には、AlGaInP 系の赤色レーザ 200 の代わりに AlGaAs 系の赤外レーザを集積した 2 波長半導体レーザとしてもよい。この場合、AlGaAs は AlGaInP に比べて熱伝導率が高いため、たとえば共振器長が $900\ \mu\text{m}$ と AlGaInP 系の場合よりも短い構成においても、たとえばパルス動作（パルス幅 $50\ \text{ns}$ 、デューティ比 50% ） $200\ \text{mW}$ が可能である。従って、GaN 系の青紫色レーザ 100 のチップ、つまり n 型 GaN 基板 101 の共振器長方向の長さを $900\ \mu\text{m}$ 以上と短くすることができる。この場合にも、n 型 GaN 基板 101 上に AlGaAs 系赤外レーザを集積し、放熱性を十分に確保することができる。

【0070】

また、本実施の形態では、GaN 系の青紫色レーザ 100 の導波路方向（共振器長方向）のチップの長さが $1600\ \mu\text{m}$ で、チップ上に融着する AlGaInP 系の赤色レーザ 200 のチップの長さより長い 2 波長半導体レーザ 1 の場合を例に説明した。さらに具体的には、赤色レーザ 200 のチップの長さが導波路の長さおよび共振器長に等しく、 $1500\ \mu\text{m}$ である場合を例示した。

20

【0071】

しかし、赤色レーザ 200 の放熱性が十分に確保できる形態であれば、 L_0 が L_2 よりも大きい構成には限られず、 L_2 と同等である構成とすることも可能であり、厳密なチップの長さの大小関係は逆（ $L_0 < L_2$ ）の構成を採用してもよい。放熱性をさらに確実に得る観点では、たとえば、n 型 GaN 基板 101 の共振器長方向の長さを n 型 GaAs 基板 201 の共振器長方向の長さの 90% 以上、好ましくは 95% 以上とすることができる。さらに具体的には、n 型 GaN 基板 101 の長さを $1500\ \mu\text{m}$ とし、n 型 GaAs 基板 201 の長さを $1520\ \mu\text{m}$ としてもよい。この場合、青紫色レーザ 100 のチップ上に、赤色レーザ 200 を集積したときに、赤色レーザ 200 の前端面側 $10\ \mu\text{m}$ と後端面側 $10\ \mu\text{m}$ とが青紫色レーザ 100 のチップからはみ出すことになる。こうした構成においても、赤色レーザ 200 の基板 201 の大部分が青紫色レーザ 100 に接しており、実用上問題ない程度の十分な放熱性が確保される。このような場合も、チップの長さは同等と考えることができる。

30

【0072】

また、赤色レーザ 200 の後端面 223 の位置と、n 型 GaN 基板 101 の端面の位置とが一致するとともに、青紫色レーザ 100 の前端面 124 および赤色レーザ 200 の前端面 124 がいずれも n 型 GaN 基板 101 の同一の端面に一致していてもよい。これは、 $L_0 = L_2$ となる構成である。このようにすれば、赤色レーザ 200 の放熱特性を十分に確保しつつ、2 波長半導体レーザ 1 全体の小型化が可能である。

40

【0073】

以下、第 1 の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

（第 2 の実施の形態）

図 8 は、本実施の形態の 2 波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。この 2 波長半導体レーザの基本構成は、第 1 の実施の形態における 2 波長半導体レーザ 1 と同様であるが、青紫色レーザ 100 の後端面 123 をドライエッチングで作製する時に、後端面 12

50

3に対向する面を後端面に対して45°に傾斜した反射ミラー116が形成された点が異なる。

【0074】

図8においては、n型GaN基板101の一方の面において、多重量子井戸活性層105の除去された領域に反射ミラー116を設けて、多重量子井戸活性層105の除去された領域を有効活用することができる。青紫色レーザ100の後端面123から出射された光を反射ミラー116にて反射させてチップの側方に取りだし、受光素子(不図示)で受光する構成とし、レーザ動作のモニター光として利用することができる。

【0075】

(第3の実施の形態)

図9は、本実施の形態の2波長半導体レーザ3の構成を示す斜視図である。この2波長半導体レーザの基本構成は、第1の実施の形態における2波長半導体レーザ1と同様であり、GaN系の青紫色レーザ100のチップ上にAlGaInP系の赤色レーザ200が集積されている。第1の実施の形態との違いは、青紫色レーザ100のn側電極112が、n型GaN基板101の裏面ではなく、後端面123を作製するためにエッチングした領域のn型GaN基板101上に形成されていることである。

【0076】

このような構成とすることにより、p側電極111とn側電極112に同じ電極材料(たとえば、Ti/Pt/Auなど)を用いて、p側電極111とn側電極112とを同時に形成することができる。その結果、電極形成のプロセス工程を減らすことができる。また、n型GaN基板101の一方の面において、多重量子井戸活性層105の除去された領域を有効活用することができる。

【0077】

また、p側電極111とn側電極112の材料が異なる場合にも、作製順序を任意に選ぶことができる。その結果、それぞれの電極について、アロイ条件などコンタクト抵抗が最小になる最適プロセスが適用できるという利点がある。なお、図3を参照して前述したプロセスでは、リッジ側の電極形成(図3の場合、p側電極111)が先に行われる。こうすれば、酸化シリコン膜110の堆積、パターンニングなどのプロセスが必要なリッジ側の電極形成を基板研磨前の状態で行うことができるため、製造安定性を向上させることができる。

【0078】

また、本実施の形態においては、青紫色レーザ100をパッケージに組み込む際に、支持体11を電氣的に分離するか、または、窒化アルミニウムのヒートシンク等の半絶縁性のサブマウントを介して青紫色レーザ100を支持体11に融着することにより、青紫色レーザ100を電氣的にフローティング状態にすることができるという利点もある。

【0079】

(第4の実施の形態)

図10は、本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。この2波長半導体レーザの基本構成は、第1の実施の形態における2波長半導体レーザ1と同様であり、GaN系の青紫色レーザ100のチップ上にAlGaInP系の赤色レーザ200がp側ダウンの形態で融着材を介して集積されている。図10においては、青紫色レーザ100の前端面124と後端面123とが、いずれもドライエッチングにより形成された面である点が、第1の実施の形態と異なる。また、前端面124が前端面224よりもn型GaN基板101の内側に後退している。

【0080】

この構成によれば、共振器長がエッチングプロセスで決定されるため、ウェハからチップにへき開する際に、厳密な共振器長の制御をする必要がない。また、青紫色レーザ100のGaN基板は非常に硬いために、研磨後のウェハ厚が不均一であったりへき開の条件が悪かったりする場合、へき開面に傷(段差)が形成される懸念がある。これに対し、本実施の形態においては、そのような懸念がなく、エッチングにより青紫色レーザ100の

10

20

30

40

50

共振器長の制御性をさらに向上させることができる。

【0081】

また、n型Ga_{0.1}N基板101の後端面123の側と前端面124の両方に多重量子井戸活性層105の除去された領域が設けられているため、2波長半導体レーザ1内における放熱されやすさのばらつきを抑制することができる。

【0082】

(第5の実施の形態)

図11は、本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。図12は、図11の2波長半導体レーザに用いた青紫色レーザ100の構成を示す斜視図である。

【0083】

この2波長半導体レーザの基本構成は、第1の実施の形態における2波長半導体レーザ1と同様であり、Ga_{0.1}N系の青紫色レーザ100のチップ上にAlGaInP系の赤色レーザ200がp側ダウンの形態で融着材113を介して集積されている。図11においては、青紫色レーザ100のリッジ導波路(図12のリッジ121)の直上に赤色レーザ200が融着されている点が第1の実施の形態と異なる。

【0084】

また、図12に示したように、多重量子井戸活性層105が基板面内の中央付近の領域において欠損しており、その平面形状が略「口」の字型である。n型Ga_{0.1}N基板101の一方の面において、青紫色レーザ100の後端面123およびその近傍の多重量子井戸活性層105が除去されている。多重量子井戸活性層105は、青紫色レーザ100の後端面123から共振器長方向後方、つまり共振器長方向に青紫色レーザ100から遠ざかる方向に除去されている。

【0085】

リッジ121の直上に赤色レーザ200を融着することにより、青紫色レーザ100と赤色レーザ200との発光点間隔が近くなる。このため、光ピックアップの光軸調整の点で非常に有利な構成である。

【0086】

図12においても、青紫色レーザ100の共振器長を600μmとするために、第1の実施の形態で前述した方法を用いて後端面123をエッチングにより形成する。しかし、図12においては、エッチングする領域を幅約20μm、長さ約10μmと第1の実施の形態の場合よりも狭い領域にする。これにより、直上に融着する赤色レーザ200の放熱性を確保することができる。よって、より一層優れた出力特性を得ることができる。

【0087】

(第6の実施の形態)

図13は、本実施の形態の2波長半導体レーザの構成を示す斜視図である。この2波長半導体レーザの基本構成は、第1の実施の形態における2波長半導体レーザ1と同様であり、青紫色レーザ100のチップ上に赤色レーザ200がp側ダウンの形態で融着材を介して融着されている。青紫色レーザ100と赤色レーザ200の構造は、第4の実施の形態に用いた構造とする。第4の実施の形態との違いは、多重量子井戸活性層105と多重量子井戸活性層205とが、n型Ga_{0.1}N基板101に対して異なる側に設けられた点である。具体的には、赤色レーザ200が青紫色レーザ100の基板裏面側に融着されている。

【0088】

n型Ga_{0.1}N基板101の裏面は平坦であるため、この裏面に赤色レーザ200を融着すれば、赤色レーザ200のリッジに大きな歪を与えることなく、チップ全体を青紫色レーザ100に融着することが可能である。従って、組み立て時の歩留まり低下を抑制することができる。

【0089】

また、本実施の形態の2波長半導体レーザをパッケージに組み込む場合、青紫色レーザ100のp側ダウンの形態で、たとえば図5に示した直径5.6mmのパッケージに組み

10

20

30

40

50

込まれる。その場合、支持体 11 に、直接またはサブマウントを介して融着される。従って、第 4 の実施の形態の場合に比べて、青紫色レーザ 100 の放熱性が向上し、高出力特性や温度特性が向上するという利点がある。

【0090】

以上の実施の形態では、2 波長半導体レーザの場合を例に説明したが、本発明の実施の形態は 2 波長半導体レーザの場合に限られず、青紫色レーザ 100 のチップ、ここでは n 型 GaN 基板 101 上に、第 2、第 3、第 (n+1) の n 個の半導体レーザ (n=1、2、3、...) を接着した集積型半導体レーザとすることができる。このとき、集積する第 (n+1) の半導体レーザの共振器長を L(n+1) とすると、L0 が L(n+1) と同等かより大きい構成とすることができる。

10

以下、3 波長半導体レーザの実施の形態を説明する。

【0091】

(第 7 の実施の形態)

図 14 は、本実施の形態の 3 波長半導体レーザ 2 の構成を示す斜視図である。図 15 は、図 14 に示した 3 波長半導体レーザ 2 の断面図である。また、図 16 は、図 15 の 3 波長半導体レーザ 2 の青紫色レーザ 100 の斜視図である。

【0092】

3 波長半導体レーザ 2 は、第三半導体基板 (n 型 GaAs 基板 301) の一方の面に設けられた第三活性層 (多重量子井戸活性層 305) を含み、共振器長が L3 の第三レーザ構造体 (赤外レーザ 300) をさらに含む。赤色レーザ 200 および赤外レーザ 300 は、n 型 GaN 基板 101 に対して同じ側に設けられている。具体的には、GaN 系の青紫色レーザ 100 のチップ上に、AlGaInP 系の赤色レーザ 200 と AlGaAs 系の赤外レーザ 300 とが集積されている。赤色レーザ 200 および赤外レーザ 300 は、いずれも p 側ダウンの形態で青紫色レーザ 100 の p 側に融着されている。赤色レーザ 200、青紫色レーザ 100 および赤外レーザ 300 が、共振器長方向が互いに平行になるようにこの順に並置されている。

20

【0093】

青紫色レーザ 100 のチップの大きさは、たとえば幅 400 μm、長さ 1600 μm である。青紫色レーザ 100 においては、共振器長が 600 μm になるように後端面 123 がエッチングにより形成されている (図 16)。また、エッチングにより、不必要な発光層が除去されている。多重量子井戸活性層 105 の平面形状は略「コ」の字型である。また、青紫色レーザ 100 において、光が出射する前端面 124 には反射率が 10% の低反射コーティングが施されており、後端面 123 (図 16 中に図示) には 90% の高反射コーティングが施されている。

30

【0094】

図 15 に示したように、青紫色レーザ 100 の積層構造は、第 1 の実施の形態で示した青紫色レーザ 100 (図 2) と同様である。しかし、図 15 においては、図 2 の場合と異なり、青紫色レーザ 100 のリッジ構造 (リッジ 121) がチップのほぼ中央に形成されている。これにより、赤色レーザ 200 の発光点と赤外レーザ 300 の発光点が、青紫色レーザ 100 の発光点を中心に左右対称になるように配置される。

40

【0095】

赤色レーザ 200 の構造は、第 1 の実施の形態で示した素子と同様であり、そのチップの大きさは、たとえば幅 150 μm、長さ 1500 μm である。また、赤色レーザ 200 において、光が出射する前端面 224 には 7% の低反射コーティングが施されており、後端面 223 には 95% の高反射コーティングが施されている。

【0096】

赤外レーザ 300 のチップの大きさは、たとえば幅 150 μm、長さ 900 μm である。また、赤外レーザ 300 において、光が出射する前端面 324 には 5% の低反射コーティングが施されており、後端面 323 には 95% の高反射コーティングが施されている。

【0097】

50

また、図15に示したように、赤外レーザ300においては、n型GaAs基板301（たとえば厚さ120 μm 、 $n = 2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）上に、n型バッファ層302（たとえば、n型GaAs層、厚さ1 μm 、 $n = 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）、n型クラッド層303（たとえば、n型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 層、厚さ2.2 μm 、 $n = 7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）、n側光閉じ込め層304（たとえば、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層、厚さ10nm）、AlGaAsウェルとAlGaAsバリアとからなる多重量子井戸活性層305、p側光閉じ込め層306（たとえば、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層、厚さ10nm）、p型クラッド層307（たとえば、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 層、厚さ1.8 μm 、 $p = 7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）およびp型コンタクト層308（たとえば、p型GaAs層、厚さ400nm、 $p = 5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）が積層されている。

10

【0098】

また、赤外レーザ300において、横モード制御のために、p型コンタクト層308およびp型クラッド層307の一部が厚さ方向にエッチングにより除去され、リッジ321が形成されている。さらに、リッジ321はn型AlGaAs電流ブロック層309（たとえば厚さ1 μm 、 $n = 7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ ）とn型GaAs電流ブロック層310（たとえば厚さ800nm、 $n = 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）で埋め込まれている。また、p型コンタクト層308上に、コンタクト層側から順にTi/Pt/Auで構成されるp側電極311が形成されている。また、n型GaAs基板301上に、AuGe/Ni/Auで構成されるn側電極312が形成されている。赤外レーザ300は赤色レーザ200と同様にp側ダウンの形態で青紫色レーザ100上にAuとSnからなる融着材113を介して融着

20

【0099】

次に、3波長半導体レーザ2の製造方法を説明する。青紫色レーザ100および赤色レーザ200は、第1の実施の形態で前述した方法を用いて得ることができる。

また、赤外レーザ300は、たとえば以下の手順で得られる。図17(a)~図17(c)、図18(a)および図18(b)は、赤外レーザ300の製造工程を示す断面図である。

【0100】

はじめに、n型GaAs基板301上に、n型バッファ層302、n型クラッド層303、n側光閉じ込め層304、多重量子井戸活性層305、p側光閉じ込め層306、p型クラッド層307およびp型コンタクト層308を順次結晶成長させる（図17(a)）。

30

【0101】

結晶成長には、たとえばMOVPE法を用い、原料として、たとえばTMAl、TMGa、TEGaおよびAsH₃を用いる。また、n型およびp型のドーパントには、それぞれSiおよびZnを用いる。また、これらの原料として、それぞれ、たとえばSi₂H₆およびジメチル亜鉛（DMZn）を用いる。また、キャリアガスには、たとえば水素を用いる。

【0102】

次に、リッジ321を形成する。まず、p型コンタクト層308上に酸化シリコン膜313を堆積する。そして、フォトリソグラフィを用いて、酸化シリコン膜313の所定の領域を選択的に除去し、酸化シリコン膜313を幅1.5 μm のストライプ状に成形する。そして、酸化シリコン膜313をマスクとしてドライエッチングを行い、p型コンタクト層308からp型クラッド層307の途中までエッチングし、リッジ321を形成する（図17(b)）。

40

【0103】

そして、たとえば選択MOVPE法により、n型AlGaAs電流ブロック層309およびn型GaAs電流ブロック層310を形成し、これらでリッジ321を埋め込む（図17(c)）。

【0104】

50

ついで、p側電極311を形成する。まず、ストライプ状の酸化シリコン膜313を除去してp型コンタクト層308を露出させ、その表面にp側電極311を堆積する(図18(a))。次に、へき開を容易にするために、n型GaAs基板301を研磨によりたとえば120 μ m程度に薄化する。そして、研磨した面を軽くエッチングした後、研磨面上にn側電極312を形成する(図18(b))。

【0105】

次に、端面コーティングのために、共振器長が900 μ mになるようにへき開を行う。そして、前端面324には反射率5%の低反射コーティングを施し、後端面323には反射率95%の高反射コーティングを施す。最後に、へき開により、複数のリッジ321がバー状態に平行に並んだウェハから複数のチップへと個片化する。以上により、赤外レーザ300が得られる。

10

【0106】

こうして得られた赤外レーザ300および赤色レーザ200を、融着材113を用いてp側ダウンの形態で図16で示した青紫色レーザ100のp側に融着する。これにより、図14および図15に示した3波長半導体レーザ2が得られる。

【0107】

次に、3波長半導体レーザ2を含むパッケージについて説明する。図19は、3波長半導体レーザ2を直径5.6mmのパッケージに取り付けた状態を示す斜視図である。

【0108】

パッケージの本体10の材料は、たとえば鉄とする。また、支持体11とフィードスルー18、19、20、21の材料は、たとえば銅とする。本体10、支持体11およびフィードスルー18、19、20、21の表面は金でコーティングされている。

20

【0109】

また、フィードスルー18、フィードスルー19およびフィードスルー20は、セラミック等の絶縁体15を介して本体10に取り付けられている。これにより、これらのフィードスルーと本体10とが確実に絶縁される。

【0110】

また、フィードスルー21は本体10に接続され、支持体11と電気的に接続されている。

【0111】

3波長半導体レーザ2は、青紫色レーザ100のn側電極112の面において、融着材を介して支持体11に融着されている。融着材の材料として、たとえば、低融点の金・すずや鉛・すずが挙げられる。

30

【0112】

さらに、フィードスルー18と青紫色レーザ100のp側電極111とが、またフィードスルー19と赤色レーザ200のn側電極211とが、またフィードスルー20と赤外レーザ300のn側電極312とが、それぞれ金のワイヤー17でボンディングされている。

【0113】

本実施の形態の3波長半導体レーザ2において、フィードスルー18にプラス電圧を印加し、フィードスルー21にマイナス電圧を印加することにより青紫色レーザ100がレーザ発振する。また、フィードスルー18にプラス電圧を印加し、フィードスルー19にマイナス電圧を印加することにより赤色レーザ200がレーザ発振する。また、フィードスルー18にプラス電圧を印加し、フィードスルー20にマイナス電圧を印加することにより赤外レーザ300がレーザ発振する。

40

【0114】

3波長半導体レーザ2では、赤色レーザ200と赤外レーザ300を単独の素子として作製されて、これらが青紫色レーザ100上へ集積される。このため、目的の光出力に対応した最適な共振器長の素子を独立に集積することができる。

【0115】

50

また、3波長半導体レーザー2においては、GaN系の青紫色レーザー100のn型GaN基板101の共振器長方向の長さが、n型GaN基板101上に集積されるAlGaInP系の赤色レーザー200の設けられるn型GaAs基板201の長さおよびAlGaAs系の赤外レーザー300の設けられる赤外レーザー300の長さと同等かまたはより長くなっている。これにより、n型GaN基板101上に集積される赤色レーザー200および赤外レーザー300の放熱性を向上させて、それ単体と同等の高出力特性を実現することができる。

【0116】

一方、GaN系の青紫色レーザー100においては、ドライエッチングなどで後端面123が形成されている。また、レーザー発振に必要な共振器長が、n型GaN基板101の長さならびに赤色レーザー200および赤外レーザー300の共振器長よりも短くなっている。その結果、導波路損失を低減することができる。また、n型GaN基板101から導波路ストライプへ伝播する転位の数を低減させることができる。このため、高効率・低動作電流でのレーザー発振と高信頼性を実現することができる。

10

【0117】

なお、本実施の形態では、GaN系の青紫色レーザー100、AlGaInP系の赤色レーザー200およびAlGaAs系の赤外レーザー300を集積した3波長レーザーの場合を例に説明したが、同じ波長の半導体レーザーを複数個集積する組み合わせも可能である。こうした構成として、具体的にはGaN系の青紫色レーザー100上に、共振器長の長い書き込み専用のAlGaInP系の高出力赤色レーザーと共振器長の短い読み取り専用のAlGa

20

【0118】

(第8の実施の形態)

図20は、本実施の形態の3波長半導体レーザーの構成を示す断面図である。図20に示した3波長半導体レーザーは、n型GaAs基板401の一方の面に設けられた多重量子井戸活性層305を含み、共振器長がL3の赤外レーザー300をさらに含み、赤色レーザー200と赤外レーザー300とが、n型GaAs基板201に対して同じ側に設けられている。

この3波長半導体レーザーの基本構成は、第7の実施の形態における3波長半導体レーザー2と同様であり、GaN系の青紫色レーザー100のチップ上に、AlGaInP系の赤色レーザー200およびAlGaAs系の赤外レーザー300がp側ダウンの状態では融着材113を介して融着されている。第7の実施の形態との違いは、AlGaInP系の赤色レーザー200とAlGaAs系の赤外レーザー300とが単一のn型GaAs基板401上に作製されているモノリシック2波長レーザー400を用いていることである。

30

【0119】

本実施の形態の3波長半導体レーザーでは、モノリシック2波長レーザー400を用いることにより、レーザー同士の融着が1回だけで済む。つまり、1回の発光点間隔の制御で3波長の発光点間隔が決定できるという利点がある。その理由は、モノリシック2波長レーザーにおいては、その発光点間隔が作製プロセスによって容易に決定されるからである。

【0120】

ここで、モノリシック2波長半導体レーザーを用いた場合、プラス電圧を印加するn型GaAs基板401が共通である。従って、赤色レーザー200と赤外レーザー300を別々に駆動させるためには、p側電極を電氣的に分離する必要がある。そこで、本実施の形態の青紫色レーザー100では、図2におけるp側電極111がp側電極117と2つのp側電極118とに分離された構成となっている。青紫色レーザー100のその他の構造に関しては、第7の実施の形態で示した青紫色レーザー(図14~図16)と同様である。

40

【0121】

図20で示した3波長半導体レーザーにおいて、p側電極117にプラス電圧を印加し、n側電極112にマイナス電圧を印加することにより青紫色レーザー100がレーザー発振する。また、p側電極210にプラス電圧を印加し、n側電極402にマイナス電圧を印加

50

することにより赤色レーザ 200 がレーザ発振する。また、p 側電極 311 にプラス電圧を印加し、n 側電極 402 にマイナス電圧を印加することにより赤外レーザ 300 がレーザ発振する。

【0122】

以上、図面を参照して本発明の実施形態について述べたが、これらは本発明の例示であり、上記以外の様々な構成を採用することもできる。

【0123】

たとえば、以上の実施の形態では、各半導体レーザの基板として n 型基板を用いたが、導電性の異なる基板や高抵抗の基板を用いてもよい。この場合、適宜、極性を逆転した構造や表面電極構造を採用することができる。また、n 型 GaN 基板 101 に代えて、AlGaInP 系赤色レーザを
10

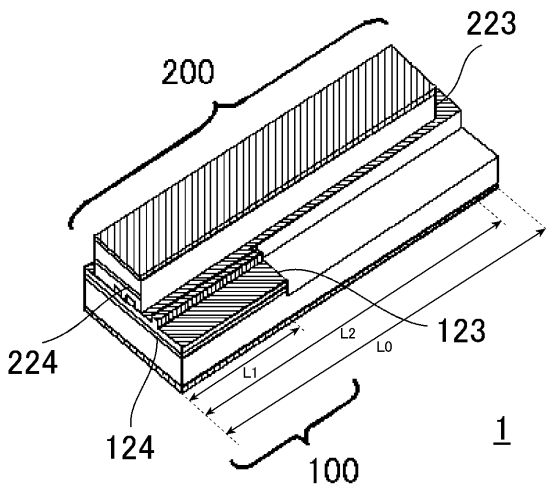
【0124】

また、第 1 の実施の形態から第 6 の実施の形態においては、GaN 系青紫色レーザチップ上に AlGaInP 系赤色レーザを集積した 2 波長半導体レーザの場合を例に説明したが、赤色レーザの代わりに AlGaAs 系赤外レーザや他の波長帯のレーザを集積した 2 波長半導体レーザとすることもできる。

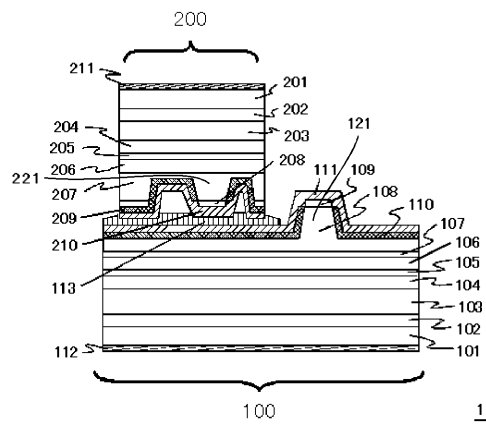
【0125】

また、第 7 の実施の形態および第 8 の実施の形態においては、GaN 系青紫色レーザチップ上に AlGaInP 系赤色レーザと AlGaAs 系赤外レーザを集積した 3 波長半導体レーザを例に挙げたが、ZnMgSSe 系緑青色レーザや InP 基板上に作製した長波
20

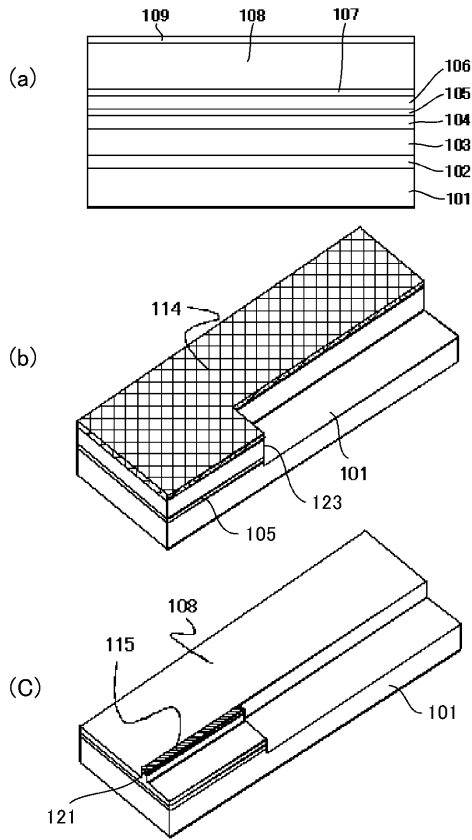
【図 1】



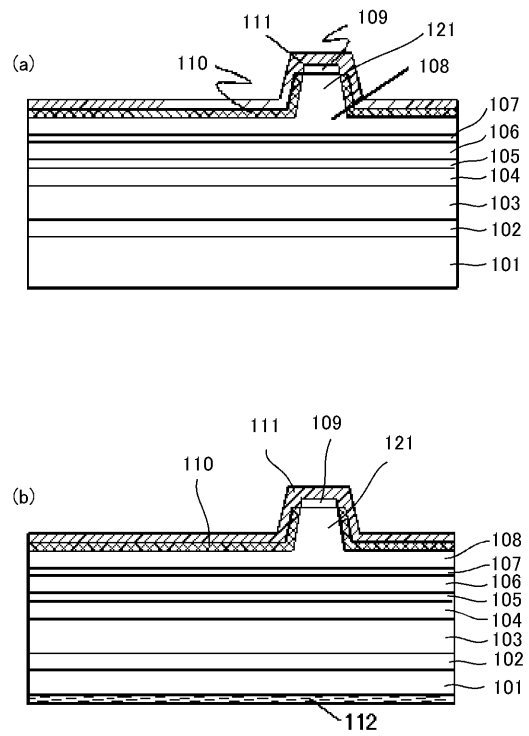
【図 2】



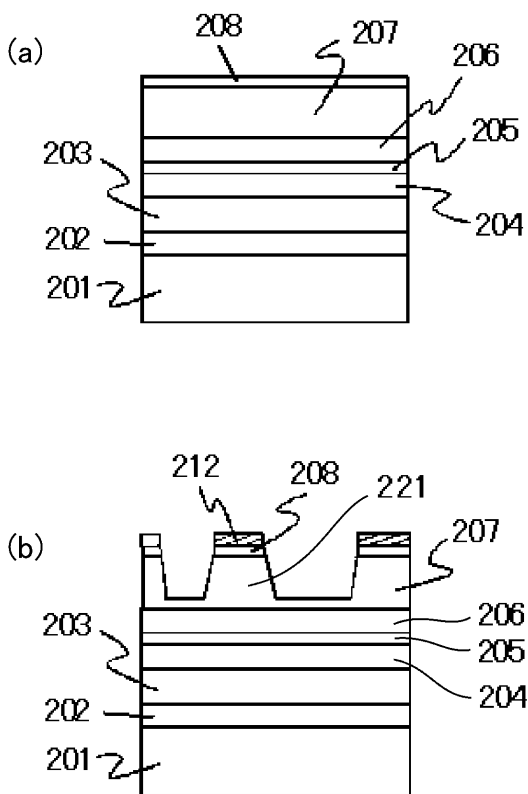
【 図 3 】



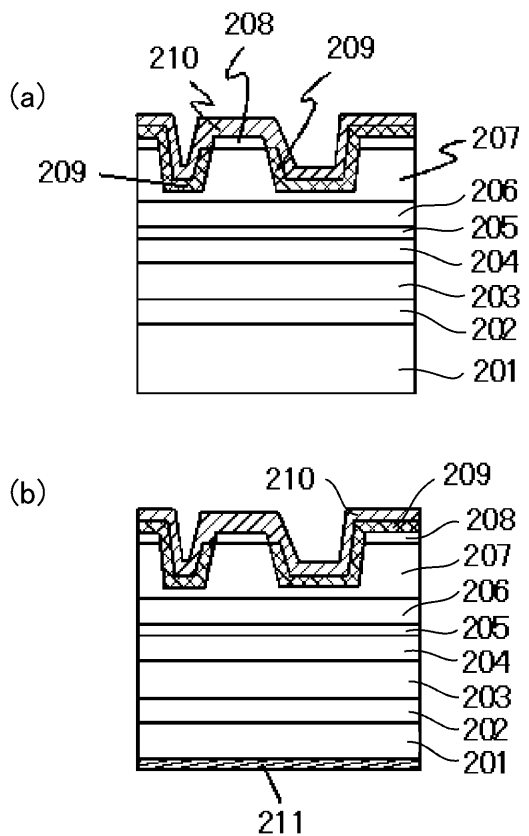
【 図 4 】



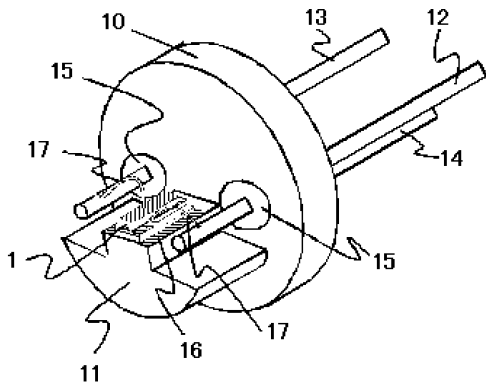
【 図 5 】



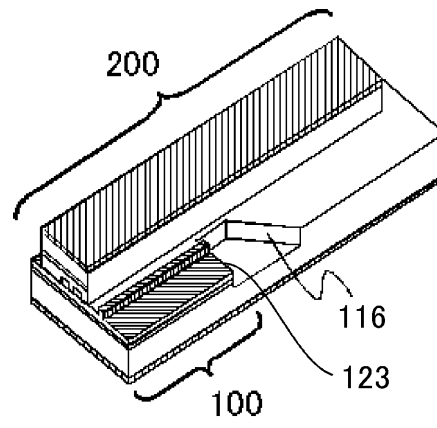
【 図 6 】



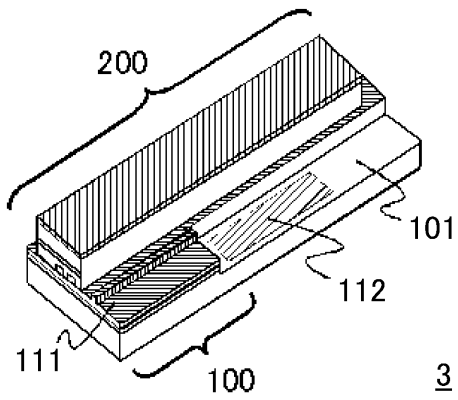
【図 7】



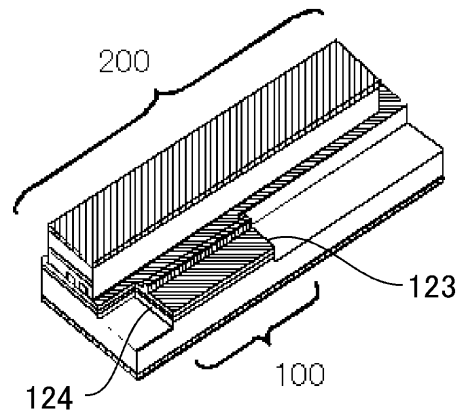
【図 8】



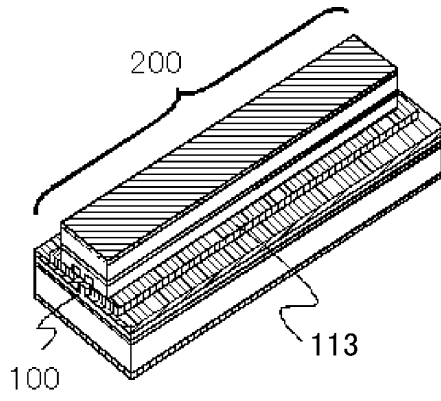
【図 9】



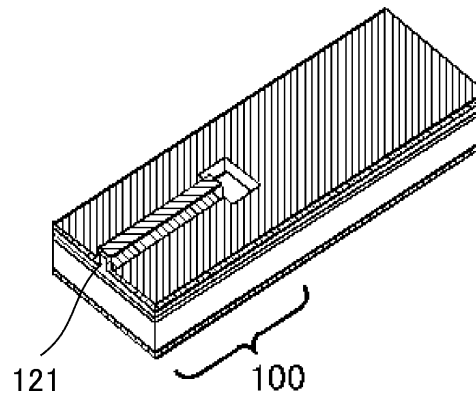
【図 10】



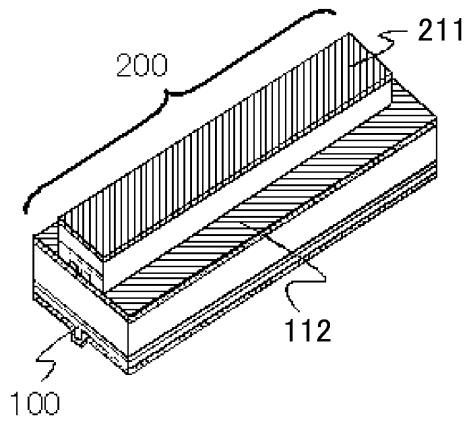
【図 1 1】



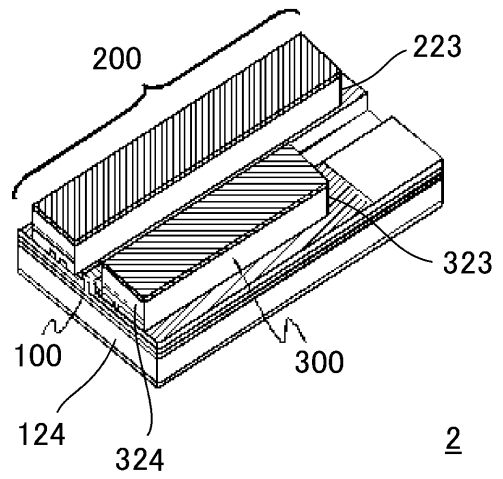
【図 1 2】



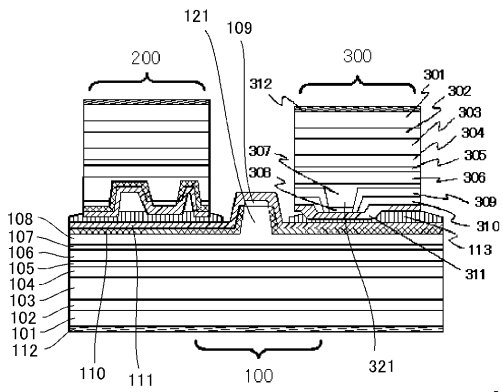
【図 1 3】



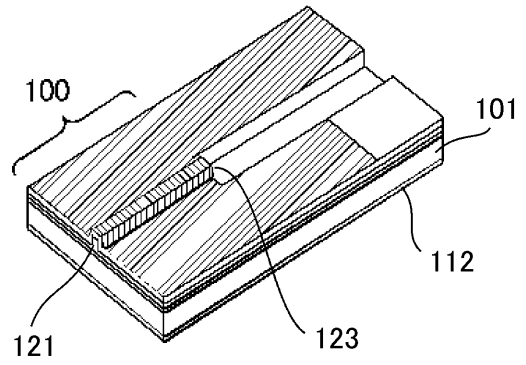
【図 1 4】



【図15】

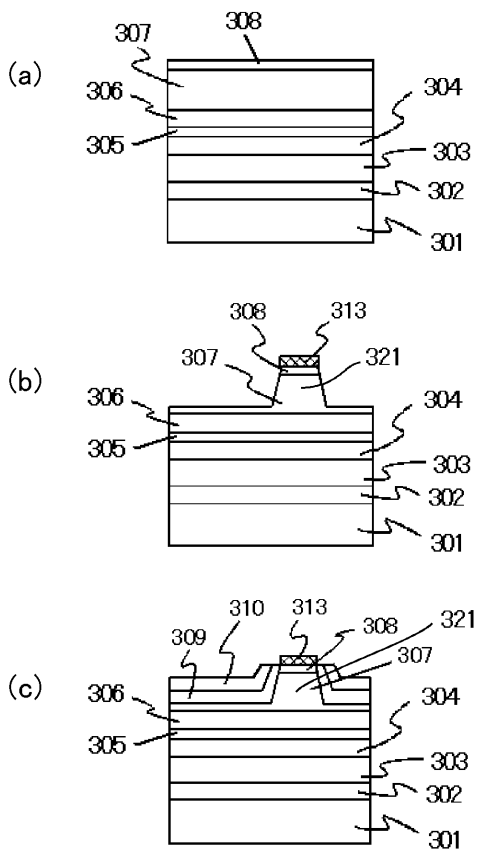


【図16】

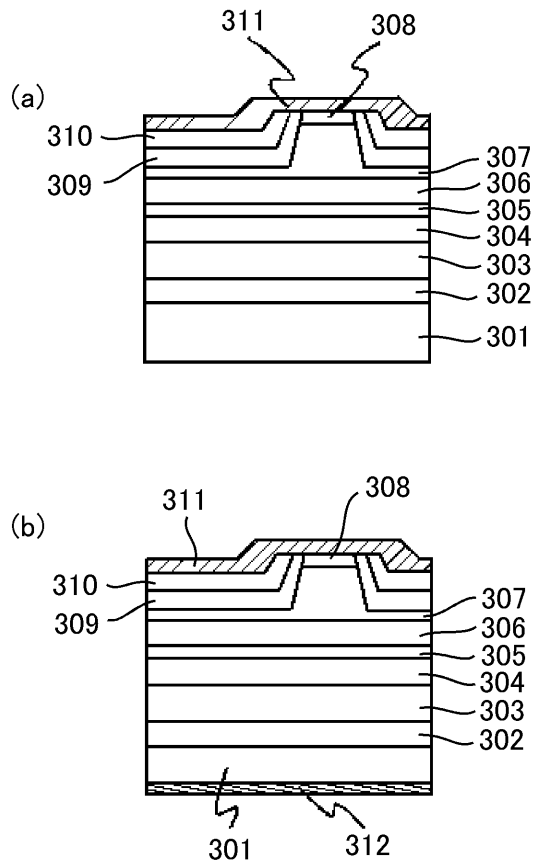


2

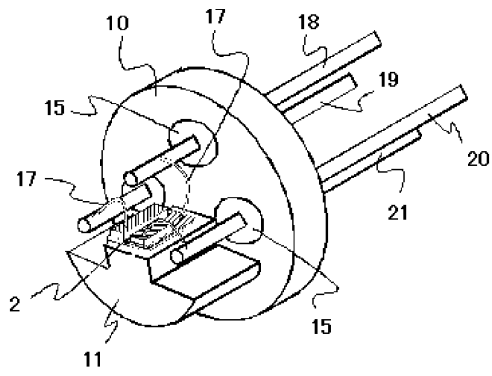
【図17】



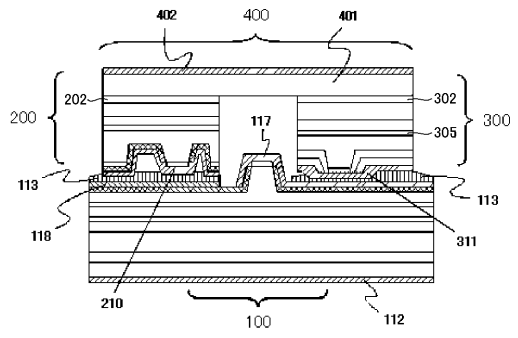
【図18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-286213(JP,A)
特開平11-112091(JP,A)
特開2001-230502(JP,A)
特開2000-252593(JP,A)

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