

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5624720号
(P5624720)

(45) 発行日 平成26年11月12日(2014.11.12)

(24) 登録日 平成26年10月3日(2014.10.3)

(51) Int.Cl.

H01S 5/323 (2006.01)

F 1

H01S 5/323 610

請求項の数 16 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-528144 (P2008-528144)
 (86) (22) 出願日 平成18年8月24日 (2006.8.24)
 (65) 公表番号 特表2009-506550 (P2009-506550A)
 (43) 公表日 平成21年2月12日 (2009.2.12)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2006/033058
 (87) 國際公開番号 WO2007/025032
 (87) 國際公開日 平成19年3月1日 (2007.3.1)
 審査請求日 平成20年4月21日 (2008.4.21)
 審判番号 不服2013-16770 (P2013-16770/J1)
 審判請求日 平成25年8月30日 (2013.8.30)
 (31) 優先権主張番号 60/710,882
 (32) 優先日 平成17年8月25日 (2005.8.25)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 507394787
 ピンオプティクス・コーポレイション
 アメリカ合衆国、ニュー・ヨーク・148
 50、イサカ、ブラウン・ロード・9
 (74) 代理人 110001173
 特許業務法人川口國際特許事務所
 (72) 発明者 ビーフナー、アレツクス・エイ
 アメリカ合衆国、カリフォルニア・926
 17、アーバイン、ロス・トランコス・ド
 ライブ・2014-ジー
 (72) 発明者 レンス、ウイルフリーード
 アメリカ合衆国、カリフォルニア・950
 60、サンタ・クルーズ、イスベル・ドラ
 イブ・426

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】低コストのInGaNに基づくレーザ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

低い欠陥密度の少なくとも1つの所定の領域および高い欠陥密度の少なくとも1つの所定の領域を有し、前記低い欠陥密度の領域および前記高い欠陥密度の領域が平行な帯にある基板と、

前記帯に平行以外の角度で前記基板に形成されるInGaNに基づく、長さI_cを有し、幅w_Iを有するレーザ導波路共振器と、を備え、前記レーザ共振器は、

下部クラッド層と、

前記低い欠陥密度の領域内に完全に含まれる活性領域と、

上部クラッド層と、

少なくとも1つのエッチングされたファセットと、を含み、

I_c < 400 μm および w_I = 4 μm である、レーザ。

【請求項2】

前記エッチングされたファセットは、基板に対して45°またはその付近の角度である、請求項1に記載のレーザ。

【請求項3】

前記エッチングされたファセットの上に形成されるレンズをさらに含む、請求項2に記載のレーザ。

【請求項4】

前記エッチングされたファセットのリソグラフィによって画定されたファセット反射率

10

20

の修正をさらに含む、請求項 1 に記載のレーザ。

【請求項 5】

基板平面に対して本質的に垂直な面をエッティングすることによって形成される第 2 のレーザファセットをさらに含む、請求項 1 に記載のレーザ。

【請求項 6】

前記基板は、GaN を含む、請求項 1 に記載のレーザ。

【請求項 7】

低い欠陥密度の少なくとも 1 つの所定の領域および高い欠陥密度の少なくとも 1 つの所定の領域を有し、前記低い欠陥密度の領域および前記高い欠陥密度の領域が平行な帯にある基板と、

10

前記帯に平行以外の角度で前記基板に形成される、InGaAlN に基づく共振器長さ I_c を有するレーザ導波路と、を備えたフォトニックデバイスであって、前記フォトニックデバイスは、

下部クラッド層と、

前記低い欠陥密度の領域内に完全に含まれる活性領域と、

上部クラッド層と、

少なくとも 1 つのエッティングされたファセットと、

前記エッティングされたファセットのリソグラフィによって画定されたファセット反射率の修正と、を含む、フォトニックデバイス。

【請求項 8】

20

前記エッティングされたファセットは、基板に対して 45° またはその付近の角度である、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 9】

前記エッティングされたファセットの上に形成されるレンズをさらに含む、請求項 8 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 10】

前記基板は、GaN を含む、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 11】

$I_c = 400 \mu m$ である、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

30

【請求項 12】

$I_c = 300 \mu m$ である、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 13】

$I_c = 200 \mu m$ である、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 14】

$I_c = 100 \mu m$ である、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 15】

基板平面に対して本質的に垂直な面をエッティングすることによって形成される第 2 のレーザファセットをさらに含む、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

【請求項 16】

前記エッティングされたファセットは、基板平面に対して本質的に垂直である、請求項 7 に記載のフォトニックデバイス。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2005年8月25日出願の米国仮出願第 60/710,882 号明細書の優先権を主張するものであり、その開示内容は、参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明は、半導体ダイオードレーザに関し、さらに具体的に言えば、エッティングされたファセットを備えた低コストの InGaAlN に基づくレーザに関する。

【背景技術】

50

【0003】

InGaNダイオードレーザは、複数の用途向け、例えば、高密度光学記憶、ディスプレイ、印刷および生体臨床医学における光源として関心がある。これらの用途に関連する多くのデバイスおよびシステムにおいて、高い波面品質を有する出力ビームを提供することができるレーザ源が必要とされる。さらに、これらのシステムおよびデバイスの多くの広範囲に及ぶ使用および商業的成功は、低コストでそれらを提供する能力に左右される。したがって、高い製造歩留りおよび低コストが、そのようなシステムおよびデバイスを構成するために必要とされる光源の重大な要件である。

【0004】

少なくともn型下部クラッド層、量子井戸および障壁を備えるドープされていない活性層、p型上部クラッド層およびp型の高ドープされた接触層から構成されるエピタキシャル成長層に基づく半導体ダイオードレーザは、In_xGa_yAl_zNから作製されている。ここで、0 <= x <= 1、0 <= y <= 1、0 <= z <= 1およびx + y + z = 1である。これらのレーザは、少なくとも紫色の波長から青緑色の波長に及ぶ波長の範囲で放射され得る。このタイプのレーザは、例えば、S Nakamuraら著、「The Blue Laser Diode: The Complete Story」、Springer-Verlag、2000年参照の従来技術において作製および記載されてきたが、そのようなレーザは、高い製造歩留りおよび低コスト、高い信頼性、出力放射線の高い光学品質の要件を満たす際に多くの問題点に直面する。

【0005】

InGaNに基づくレーザ活性層のエピタキシャル成長のために現在利用可能である基板材料は、高い製造歩留りおよび低コストを実現するための実質的な障害を提供する独特の問題の原因となる。例えば、利用可能な基板は、レーザ活性材料層において異常に高い欠陥密度を生じ、さらに、不可能ではないとしても、基板材料の機械的特性のために、レーザミラーの形成のために機械的な劈開を用いることは、きわめて困難になる。SiCおよびサファイアから構成される基板は、InGaNレーザの作製のために用いられているが、これらの材料は、InGaN層の格子整合型成長を可能にせず、きわめて高い欠陥密度、低い製造歩留りおよび信頼性に関連する問題点を結果として生じる。Kensaku Motokiらによる2003年8月7日に公開された米国特許出願公開番号第2003/0145783A1号に記載されたように、近年、自立GaN基板がGaNレーザの作製に用いるために利用可能になっている。しかし、最高品質のGaN基板が用いられる場合であっても、レーザ活性層は、約10⁵ cm⁻²の欠陥密度を呈し、この欠陥密度は、他の材料システムに基づく一般的に市販されている半導体レーザの場合より数桁高い。さらに、これらのGaN基板のサイズは現在、大きくとも直径2インチに限定されており、コストはきわめて高い。低成本が実現されることになっている場合には、歩留りを著しく向上させるためには、レーザ作製歩留りにおける欠陥密度の影響を限定することが重要である。

【0006】

米国特許第4,851,368号およびBehfar-Radら著、「IEEE Journal of Quantum Electronics」、第28巻、1227-1231頁、1992年に記載されているように、ミラーファセットがエッチング技術によってダイオードレーザに形成され得ることが知られており、これらの開示内容は、参照により本明細書に組み込まれる。しかし、エッチングによるGaNミラーファセットにおける初期の成果は、高品質のファセットを結果として生じなかった。例えば、Adesidaら著、「Applied Physics Letters」、第65巻、889-891頁、1994年に記載されたように、基板に対して垂直であることが所望であったエッチング面は、垂直から一定の角度をなすという結果に終わり、Stockeरら著、「Applied Physics Letters」、第73巻、1925-1927頁、1998年に記載されたように、ファセットは粗すぎて、貧弱な反射率を結果として生じた。

10

20

30

40

50

【0007】

近年、高品質のミラーファセットをGaN材料システムに形成することを可能にする新規な工程が、2006年6月20日出願のBehfarらによる米国特許出願第11/455,636号に記載されており、この特許は本出願の譲受人に譲渡されており、その開示内容は参照により本明細書に組み込まれる。その出願に記載されたように、劈開動作に必要とされる機械的な処理のために、従来の劈開技術を用いて、ウェハに短い共振器長さの複数のレーザを形成することはきわめて難しい。さらに、劈開は、ミラーファセットの同時形成と、個別のレーザチップへのウェハ基板の個片化を結果として生じる。GaN結晶の劈開は、CD、DVDおよび遠距離通信用に用いられている大量生産のダイオードレーザ用に既に用いられているGaN基板およびInP基板の劈開より困難であるため、劈開されたファセットの上首尾の形成は、GaN基板で成長されるInGaAlNに基づくレーザの場合には特に難しい。

10

【0008】

他方、レーザファセットの形成のために、米国特許出願第11/455,636号に記載されたエッチング工程を用いることは、次のデバイス個片化に関係なく、ファセット形成の最適化を可能にする。この工程において、レーザは、集積回路チップがシリコンに作製される場合と略同様のやり方で、ウェハ上に作製されることから、チップは、フルウェハの形態に形成される。レーザミラーは、エッチングされたファセットによる技術(EFT)を用いて、ウェハ上にエッチングされ、電気接点がレーザで作製される。レーザは、ウェハ上で試験が行われた後、実装のためにレーザを分離するためにウェハが個片化される。エッチングされたAlGaNNに基づくファセットの走査型電子顕微鏡画像は、高度の垂直性および平滑性が、EFT工程を用いて実現され得ることを示しており、このことはまた、AlGaNNに基づく材料によって利用可能になった波長要件を有する種々の用途向けに、レーザおよび集積デバイスを作製することもする。

20

【0009】

レーザを作製するための前述の工程は、AlGaNNに基づく構造を有するウェハに多数の導波路デバイスをリソグラフィックによって画定するステップと、ウェハ上に多数のレーザ導波路共振器を作製するために結果として生じるマスクを介してエッチングするステップと、を備えるものとして要約され得る。続いてエッチングを伴う別のリソグラフィックスステップは、導波路の端部にレーザファセットまたはレーザミラーを形成し、それらが依然としてウェハ上にあるようにするために用いられる。その後、電気接点が、レーザ共振器に形成され、個別のレーザはウェハ上で試験が行われ、実装のためにレーザを分離するためにウェハが個片化される。ファセットをエッチングするこの方法は、ウェハ上のAlGaNNに基づくレーザ導波路構造のpドープキャップ層に高温安定マスクを用いて、ファセットの位置を画定し、このマスクがキャップ層の導電率を維持することと、次に、500Vを超える温度およびCAIBEにおいて500Vを超えるイオンビーム電圧を用いて、マスクを介してレーザ構造にファセットをエッチングすることと、を含む。

30

【0010】

半導体のエッチングとマスキング材料との間の選択性は、フォトニクスにおいて用いるためのまっすぐな面を得る際にはきわめて重要である。マスクとGaNに基づく基板との間の高い選択性は、高温でCAIBEを実行することによって得られる。CAIBEにおける大きなイオンビーム電圧もまた、選択性を強化するために作り出された。マスク材料は、高温エッチングに耐え、さらにGaNに基づく構造のp接点に対する損傷も防ぐために選択された。

40

【0011】

特に、InGaAlNレーザの場合には、レーザミラーのエッチングは、歩留りの向上およびコストの低減のために、複数の重要な利点を提供することができる。例えば、

(a) レーザ共振器導波路の寸法は、チップ長さ寸法と異なることができ、レーザ作製の歩留りを最大にするために最適化され得る。限定された長さの導波路を作製することによって、レーザ活性領域に生じる材料欠陥の確率が低減され、作製歩留りが増大される。

50

(b) 歩留りおよび信頼性の向上を生じるために、冗長なレーザが、1つの半導体チップ上に作製され得る。

(c) ウェハ平面において水平方向に向けられるレーザ共振器を用いた表面発光レーザは、ウェハ平面から上方向に放射線を指向するために、45°の面をエッティングすることによって作製され得る。

(d) 望ましい反射率修正のためのレーザファセットコーティングは、デバイスの分離前にフルウェハレベルで施され得る。

(e) レーザ試験は、フルウェハレベルで経済的に実行され得る。

(f) フォトダイオード、レンズおよび格子などのさらなる構成要素は、レーザとモノリシック構造として集積され得る。 10

【0012】

GaAs基板およびInP基板に基づく今日の大量生産のダイオードレーザの歩留りおよびコストは、基板品質およびコストによって影響を受けない。これらのレーザデバイス用の基板は一般に、約 10^2 cm^{-2} の欠陥密度を有し、GaN基板のコストより数桁低いコストで、直径6インチまでのより大きなサイズのウェハにおいて利用可能である。GaAsおよびInPはいずれも、レーザ端部ミラーの形成およびチップ個片化の両方に関して劈開の利用を容易にする亜鉛混合結晶構造を有し、劈開は、これらの半導体レーザの大量生産で用いられる主要な方法である。さらに、遠距離通信などの分野におけるダイオードレーザ用途において、光学画像化は、一番の関心事ではなく、光学ビーム品質に関する要件もさらに緩和される。 20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

高い歩留り、低成本、高い信頼性および良好な波面品質でInGaAlNレーザを製作するために必要なことは、レーザ活性領域内およびその付近において基板に誘発される欠陥の発生を最小限に抑え、歪みのない光学ビームおよびそのようなレーザデバイスを作製するための方法を提供するデバイス設計である。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明によれば、InGaAlN半導体ダイオードレーザは、エッティングによって形成されるレーザミラーを装備される。レーザは、基板欠陥によって生じる望ましくない歩留り損失を減少させ、より低いデバイスコストを提供し、信頼性を向上し、高い光波面品質を有する出力ビームを提供する特別な設計特徴部を組み込む。ミラーまたはファセットのエッティングが、3ミクロンほどの短い導波路長さの作製を可能にすることは、従来技術で示されている。フルウェハ試験およびデバイス集積などのレーザファセットエッティングによって提供されるさらなる利点もまた、従来技術に記載されている。しかし、材料欠陥によって生じる歩留りの減少を最小限に抑えるためのレーザ導波路の長さおよび幅の特別な選択の必要性は、当分野では認識されてこなかった。高い光波面品質のレーザ光の提供のための特定の幾何構成に関する必要性も認識されてこなかった。 30

【0015】

簡単に言えば、本発明によれば、光学記憶のために必要とされる光波面特性などの良好な光波面特性を有するレーザを作製するための方法および構造が提供される。これらの目的のために、レーザのエッティングされたフロントファセットおよびその付近の幾何構成は、不利なビームの歪みを防止するために、レーザフロントファセットから出る出力ビームが、半導体チップの縁によって本質的に遮られないように設計される。この要件は、遠距離通信などの他の分野におけるダイオードレーザ用途とは対照的であり、光学画像化は、一番の関心事ではなく、光学ビーム品質に関する要件はさらに緩和される。 40

【0016】

本発明の一態様によれば、半導体レーザ構造は、基板上で、エピタキシャル成長され、少なくとも下部クラッド層、活性層、上部クラッド層および接触層を有する。リソグラフ 50

イによって画定されたマスクを介したドライエッティングは、長さ I_c および幅 b_m のレーザメサを作製する。リソグラフィおよびエッティングの別の手順は、本発明の好ましい形態では、メサの上部に幅 w のリッジ構造を形成するために用いられるが、本発明はリッジレーザ構造に限定されるわけではなく、エッティングステップはまた、レーザ導波路構造の端部にミラーまたはファセットを形成することを理解されたい。

【0017】

ウェハは、ソーイング、スクライビング後の劈開またはレーザに基づくダイシングなどの適切な個片化工程を用いて、単一のデバイスチップに分割される。チップの長さ I_s および幅 b_s はそれぞれ、導波路の長さ I_c およびメサの幅 b_m に等しいか、または長い好都合な値として選択され得る。

10

【0018】

エッティングがレーザミラーの形成のために用いられているため、レーザ導波路は、デバイスチップの長さより短いように設計され得、具体的に言えば、設計は、InGaAlN レーザの活性層で普通遭遇される異常に高い欠陥密度によって生じる歩留り損失を減少させるように選択され得る。レーザ活性導波路領域内に位置している材料欠陥の確率は、その長さ I_c および有効強度分布幅 w_I および欠陥密度 D に関連している。そのような欠陥のないレーザを作製するための歩留り Y_D は、この確率に反比例し、ポアソン統計を用いて表現され得る。本発明によれば、導波路の長さおよび幅は、所与の欠陥密度 D に関して、歩留り Y_D が 50 % を上回るように選択される。

【0019】

20

特に、高い光波面品質を有するレーザ光を必要とする用途の場合には、レーザ出力がチップの縁によって著しく遮断されることなく、出て伝搬することができるよう、レーザミラー、メサおよびデバイスチップの幾何構成を設計することが重要である。したがって、レーザビームが出るレーザメサの前部からきわめて小さな距離 a でデバイスチップの前面を形成することが望ましい。同時に、損傷を避けるために、個片化は、高品質ミラー面に近すぎないように実行されなければならない。個片化の寸法の精度は一般に、リソグラフィ制御エッティング工程に比べて、低減されなければならないため、レーザメサの長さ I_c より長いデバイスチップの長さ I_s を選択し、 a は小さいがゼロではないように導波路を位置決めすることが望ましい。

【0020】

30

本発明によれば、チップの縁とレーザメサの底部との距離 a およびレーザ出力ビームの中心とレーザメサの上部との高さ h は、前部レーザミラーから放射されるレーザ放射線のビーム発散に注目して選択されなければならない。基板に対して垂直な方向において、前部レーザミラーから出る放射線は、ビーム中心で高い強度を有し、ビーム中心から離れて広がる距離にわたって減少する。放射されるレーザビームの垂直発散は一般に、強度がその中心値の 50 % まで低減される光線間の角度の広がりを表す半値全幅の遠視野 (full field) 角

【数6】



40

によって特徴付けられる。デバイスチップの縁は、伝搬するレーザビームの下部分の部分的な遮断を生じる可能性がある。これが生じる場合には、上面に当たる光の一部が反射されて、レーザビームの上部分と干渉し、チップの縁によって生じた回折と共に、放射線分布の望ましくない歪みおよびレーザ強度の空間的に変化する変調を生じる結果となる可能性がある。高い光波面品質を必要とする用途の場合には、個片化工程を介して形成されるチップの縁によるレーザ光の遮断を最小限に抑えることが重要である。

【0021】

本発明の前述の目的およびさらなる目的、特徴および利点は、添付図面を利用した本発明の以下の詳細な説明から、当業者には明白となるであろう。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

ここで、本発明の詳細な説明を始めると、図1Aから図1Cは、端部ファセット16および18を有し、エピタキシャル成長およびエッチングの施されたリッジレーザ14を支持する基板12を含むダイオードレーザチップ10を示している。リッジレーザは、当分野において知られているように、レーザ端部ファセットのエッチングによって形成されるが、本レーザは特別な設計幾何構成を有する。本発明によれば、半導体レーザ構造14は、基板12の上にエピタキシャル成長され、少なくとも下部クラッド層20、活性層22、上部クラッド層24および接触層26を備える。リソグラフィによって画定されたマスクを介したドライエッチングは、長さ I_c および幅 b_m のレーザメサ30を作製する。リソグラフィおよびエッチングの別の手順は、メサの上部に幅 w のリッジ構造32を形成するために用いられる。図1Aから図1Cに概略的に示され、上述したレーザはリッジ型設計であるが、本発明はリッジ型レーザ構造に限定されるわけではなく、他の半導体レーザ設計に適用することを理解されたい。

【0023】

図2に示されているように、基板12は、知られているマスキングおよびエッチングステップによって、複数のレーザ14、14(a)、14(b)、14(c)、...、14(n)がその上に作製される従来のウェハ40の形態であってもよい。これらのレーザの形成および試験後に、ウェハは、水平劈開線42および垂直劈開線44に沿って、ソーリング、スクライビング後の劈開またはレーザに基づくダイシングなどの適切な個片化工程を用いて、複数の単一のデバイスチップ12、12(a)、12(b)、12(c)、...、12(n)に分離される。各チップの長さ I_s および幅 b_s はそれぞれ、各対応するレーザ14の導波路の長さ I_c およびメサの幅 b_m に等しいか、または長い好都合な値を有するように選択され得る。

【0024】

レーザおよびミラーまたはファセット16および18などのファセットの形成のために、エッチング工程を用いることによって、各レーザ導波路は、対応するチップデバイスの長さより短く設計され得る。具体的に言えば、設計は、InGaAlNレーザの活性層で見つけられる異常に高い欠陥密度によって生じる歩留り損失を減少させるように選択され得る。図1Aおよび図1Cに示されている領域などのレーザ活性導波路領域46内に位置している材料欠陥の確率は、その領域の長さ I_c および有効強度分布幅 w_I および欠陥密度Dに関連している。そのような欠陥のないレーザを作製するための歩留り Y_D は、この確率に反比例し、ポアソン統計を用いて表現され得る。

$$Y_D = e \times p (-D^* w_I^* I_c) \quad (1)$$

【0025】

歩留りは、欠陥の全くないInGaAlNレーザの作製に関して本明細書では以下に説明されるが、欠陥のあるInGaAlNレーザまたは特定の用途に関して適切に機能し得る共振器における欠陥を有することも可能である場合があることは理解されよう。しかし、活性領域46の中またはその付近でInGaAlNレーザにおける欠陥を減少させることは、レーザの歩留りおよび信頼性に対する肯定的な意味合いを有する。

【0026】

長手軸またはレーザ導波路14の方向に対して垂直な方向であり、かつ基板12の平面におけるレーザ強度分布は、中心で高く、側部に向かって減少する。一般に、レーザ強度分布は、ガウス分布によって適切に記載され得る。実際の目的のために、 w_I はここでは強度がその中心値の $1/e^3$ まで減少される点の間の幅として定義される。

【0027】

他の影響が全体的な製造歩留り Y に影響を及ぼすのに対し、 Y_D は密度Dの材料欠陥によって生じる歩留りの影響を示しているに過ぎないことを留意されたい。図3は、 $D = 10^5 \text{ cm}^{-2}$ で幅 $w_I = 4 \text{ ミクロン}$ の場合の I_c の関数として Y_D を示している。半導体ダイオードレーザ用に一般に用いられているような1000ミクロンまでのレーザ長さの

場合の歩留り値が、示されている。図3は、長さ100ミクロンのInGaAlNダイオードレーザが、一般に用いられる長さ500ミクロンのInGaAlNレーザの場合より5倍以上高い歩留り Y_D で作製され得ることを明確に示している。

【0028】

図3はまた、Al_{1-x}Ga_xAs材料層から本質的に構成される大量生産の780nmのレーザの場合の Y_D の一般値を示しており、10²cm⁻²未満の欠陥密度を呈する。InGaAlNレーザの場合には、基板欠陥は、増大するレーザ長さ I_c で実質的に歩留りの劣化を生じるのに対し、780nmのレーザの場合には歩留りの劣化を生じない。したがって、式(1)によって示される設計の制約条件は、AlGaNレーザの場合には考慮される必要がないのに対して、InGaAlNレーザの場合には実質的に歩留りの向上をもたらす。10

【0029】

本発明によれば、所与の欠陥密度Dの場合には、式(1)によって決定されるような Y_D は50%より大きいように導波路の長さおよび幅を選択することが望ましい。限定された導波路の長さの選択は、全体的な内部レーザ損失を低減するというさらなる利点を有する。

【0030】

特に、高い光波面品質を有するレーザ光を必要とする用途の場合には、ファセット16からのレーザ出力光ビームが、チップ10の縁50によって著しく遮断されることなく、出て外側に伝搬することができるよう、レーザミラー16、メサ30およびデバイスチップ10の幾何構成を設計することが重要である。したがって、レーザビーム56が出るレーザメサ30のフロントファセット16からきわめて小さな距離aでデバイスチップの前面52を形成することが望ましい(図1Aおよび図1B参照)。同時に、損傷を避けるために、チップの個片化は、劈開線42(図2)が高品質ミラー面16に近すぎないように実行されなければならない。個片化の寸法の精度は一般に、リソグラフィ制御エッティング工程に比べて、低減されなければならないため、図1Aおよび図1Bに示されているように、レーザメサ30、したがってレーザ導波路32の長さ I_c より長いデバイスチップ10の長さ I_s を選択し、aは小さいがゼロではないように導波路32を位置決めすることが望ましい。20

【0031】

本発明によれば、チップ10の縁50とレーザメサ30の底部との距離aおよびレーザ出力ビーム56の中心線54とレーザメサ30の上部58との間の高さhは、前部レーザミラー16から放射されるレーザ放射線56のビーム発散に特に注目するように選択されなければならない(図1Bおよび図4)。基板52の上面60に対して垂直な方向において、前部レーザミラー16から出る放射線56は、ビーム中心54で高い強度を有し、ビーム中心からの距離に応じて減少する。図5は、ガウス強度分布曲線70を示しており、レーザによって放射される垂直放射線分布を示して近似している。放射されるレーザビーム56の垂直発散は一般に、ビーム56の中心値の50%まで低減される強度を有する光線間の角度の広がりを表す半値全幅(FWHM)の遠視野角30

【数7】



によって特徴付けられる。図4において、ビームの境界72および74は、強度が中心領域54における最大強度の50%まで低減される場所を表しているが、総レーザ出力の相当の部分は、これらの境界の外側に伝搬する。図4および図5から理解され得るように、デバイスチップ10の縁50は、伝搬するレーザビーム56の下部分を部分的に遮断する。これが生じると、上面58に当たる光の一部が反射されて、レーザビーム56の上部分と干渉し、この影響がこれもまたチップの縁によって生じる回折と組み合わされると、結果は、放射線分布の望ましくない歪みおよびレーザ強度の空間的に変化する変調となる。40

【0032】

10

20

30

40

50

高い光波面品質を必要とする用途の場合には、個片化工程を介して形成されるチップの縁 5 0 によるレーザ光 5 6 の遮断を最小限に抑えることが重要である。

【数 8】

9

は放射されるレーザ放射線の半値全幅 (F W H M) の遠視野角を示し、ビーム遮断の著しい低減は、式 (2) に基づくチップ 1 0 の幾何構成を構成することによって得られ得る。

【数 9】

$$\frac{h}{a} \geq \tan\left(\sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \times \frac{\theta}{2}\right) \quad (2)$$

10

【0 0 3 3】

チップの縁で真のガウス強度分布を仮定すると、式 (2) によって記載される幾何構成設計は、約 5 % 未満までデバイスチップによって遮断されるレーザ強度を低減するであろう。この設計は、十分に深いエッ칭ングを通じてレーザファセットを形成し、距離 a を決定する個片化工程の注意深い制御によって、実装され得る。

【0 0 3 4】

本発明の実施形態において、寸法 a のために必要とされる精度は、図 6 A および図 6 B に示されているように、長さ I_m の相対的に背の高い補助メサを作製することによって緩和され得る。これらの図は、図 1 A から図 1 C に上述した態様において、基板 1 2 上に作製されるチップデバイス 8 0 を示しており、類似の構成要素は、同一の符号によって示される。チップデバイス 8 0 は、下に補助メサ 8 2 を設けて、前のデバイスのメサ 3 0 を支持する点で、図 1 A から図 1 C のチップデバイスとは異なる。当業者には知られている複数の技術が、そのような背の高いメサの作製に利用可能である。これらの工程は、メサ 8 2 の場合には、レーザ導波路の端部における反射ミラー 1 6 および 1 8 に必要とされるような平坦で滑らかな高品質面を作製する必要はない。所望の構造を作製するのに適した 1 つの工程は、前述のように、基板 5 2 の上でエピタキシャル成長されるレーザ活性層 2 2 の上に補助メサ 8 2 の位置、長さおよび幅の印を付けるためのフォトリソグラフィを含む。メサ境界の周囲の材料が、次に深さ b まで除去される。レーザミラー 1 6 および 1 8 が、上記で言及した工程によって次に形成され、この工程はまた、補助メサの前縁 8 4 に対するレーザ前部ミラー 1 6 の正確な位置決めを可能にするために、レーザ導波路の長さ I_c および端部位置も写真によって (p h o t o g r a p h i c a l l y) 画定する。図 6 A では距離 a は相対的小さいように選択されるが、相対的に浅いエッ칭ングの深さは、比 h / a が式 (2) の要件を満たすことを保証する程度に十分であり、それによって、補助メサの縁によるレーザビームの好ましくない遮断を防止する。

20

【0 0 3 5】

ウェハ上に完全に機能的なレーザを作製するために必要なリソグラフィステップおよびエッ칭ステップを完了した後、ウェハは、図 6 A および図 6 B に示されているように、補助メサの縁から適切な距離 a_s に個片化線 4 2 を位置決めすることによって、個別のデバイスに分離される。望ましくないビームの遮断を回避するために、距離 a_s には、以下のように選択される必要がある。

30

【数 1 0】

$$\frac{h + h_s}{a + a_s} \geq \tan\left(\sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \times \frac{\theta}{2}\right) \quad (3)$$

40

【0 0 3 6】

高さ b の背の高い補助メサの作製は、容易に h + h_s を大きくし、a_s に関して相対的に大きな値を有する場合であっても、高い比 (h + h_s) / (a + a_s) の実現を容易にすることに繋がることを理解することは重要である。これは、レーザの前部における個片化線の位置決めのために必要な精度の程度を緩和する。一般的な個片化方法はフォトリソ

50

グラフィによって制御されていないため、補助メサの記載された作製は、製造歩留りを向上し、デバイスコストを低減することができる。

【0037】

図1Aから図1Cおよび図6Aから図6Bにおいて、個片化面は平坦であるように示されているが、個片化面がレーザ共振器に光学フィードバックを提供するために用いられない場合には、レーザ闘値または効率に不利な影響をもたらすことなく、粗さを有し、凹凸があつてもよい。

【0038】

レーザ構造の説明はこれまで、ファセット16からの出力レーザ光を利用するシステムまたはデバイスに、レーザビームを提供するレーザデバイスの前部に焦点を置いてきた。図1Bに示されているように、光学ビーム品質に関する厳しい要件は通常ないため、後部レーザミラー18とチップの後縁88との間の距離pは大きく構成され得、後部ミラーあるいはデバイスから出る任意のレーザ放射線は、後端部からあまり放射線が出ないように設計される。

10

【0039】

上述した本発明の実施形態において、レーザ前部ミラー16は、基板ウェハの平面に本質的に平行であるレイジング方向に対して本質的に垂直である方向において、ファセット面をエッティングすることによって形成される。しかし、図1Dに示されているように、面発光レーザは、角度をなしてエッティングされたフロントファセット16'を提供することによって形成され得る。このフロントファセット16'は、基板の平面に対して垂直な方向にレーザから放射される光56'を指向する。そのようなレーザ構造は、水平共振器型面発光レーザまたはH C S E Lとも呼ばれる。H C S E Lの場合には、出てくる放射線56'のビーム形状は、もはや個片化に影響せず、距離aは、上述したほど重要ではない。所望であれば、同時係属中の2004年10月14日に出願された米国特許出願第10/963,739号および2005年1月19日に出願された米国特許出願第11/037,334号に記載されたように、レンズ89が、レーザの上面の上に設けられてもよい。尚、これらの特許出願はいずれも、本出願の譲受人に譲渡されている。

20

【0040】

上述および図1Aおよび図1Bに示されているように、レーザミラーのエッティングは、短い導波路長さI_cの作製を可能にし、チップ長さI_sはI_cに関係なく選択され得る。コストを低減するために、チップの長さI_sおよび幅b_sは可能な限り低減すると同時に、許容可能なレベルにおける個片化、ボンディングおよび実装中に扱いが困難な状態を維持するほど十分に大きい寸法を選択することが好都合である。

30

【0041】

本発明の別の実施形態において、導波路の長さI_cおよびレーザメサの幅b_mは、複数のレーザが寸法I_sおよびb_sの1つのチップの上に配置され得るように選択され得る。エッティングがレーザミラーの形成のために用いられると、チップの分離、ワイヤボンディングおよび実装の前に、各レーザの機能性および特性の試験が行われ得る。これは、特定の狙いを持った用途向けの最大の好適な特性を有するレーザの決定および選択を可能にする。各指定されたデバイスチップにおける冗長なレーザの作製は、有益な歩留りの向上および性能の最適化を可能にする。レーザは、垂直にエッティングされたファセットを備えたエッジ放射体であつてもよく、またはH C S E L構造を用いて垂直に放射されてもよい。複数の異なる幾何配置および放射方向において、チップ上に複数の冗長なレーザが配置され得ることが理解されると同時に、図7は、4つの冗長なエッジ放射デバイス92、94、96および98を有するチップ90の実施例を示している。図7に示されているように、各個別のレーザデバイスのそれぞれの導波路共振器102、104、106および108は、チップの長さまたは幅の半分未満である。歩留りを強化するために、これらの複数のレーザが、单一のチップ90の上に配置され、図7に示された4つのレーザは異なる方向に光を放射する。そのようなチップは、例えば、T O型に実装され、レーザの1つは、レーザに電流を提供するために実装の内側で選択的にワイヤボンディングされ得る。

40

50

【 0 0 4 2 】

知られているように、いくつかの自立型GaN基板は、欠陥密度の高い材料の帯に隣接する欠陥密度の低いGaNの帯を有する。劈開を通じて作製されるレーザ共振器は、欠陥密度の低い帯に平行かつその中に配置される。短い共振器のエッチングされたファセットによるレーザは、欠陥密度の低い帯に対して任意の角度で作製され得、欠陥密度の低い領域内に含まれる全体的に活性の領域を有することができる。

【 0 0 4 3 】

エッチングされたファセットによるレーザの利点は、それらの反射率を修正するために、コーティングが前部レーザミラーおよび後部レーザミラーに施され得ることである。

【 0 0 4 4 】

本発明の低成本のInGaNレーザの1つの用途は、光学データ記憶システムに用いられる光学ピックアップデバイスにある。そのような光学ピックアップデバイスおよびデータ記憶システムは、設計の詳細において変更することは理解されると同時に、図8は、120で全体を示したピックアップデバイスの一般的な構成要素および機能を示している。このデバイスにおいて、光学ビーム整形システム122が、レーザ124によって放射された放射線を収集して、整形する。整形構成要素および機能は、平行光線化用のレンズ、橢円レーザビーム形状の円形化用のプリズム、主要ビームの左右に隣接する2つのサイドビームを形成するための格子を含むことができる。次に、レーザ光は、四分の一波長板を後に備えた偏光ビームスプリッタであってもよいビームスプリッタ126を通過する。ミラー128は、光を対物レンズ130の方に指向し、対物レンズ130は光を記憶媒体132に集束する。

10

【 0 0 4 5 】

媒体から反射され、レンズ130に戻った光は、ミラー128で反射され、ビームスプリッタ126によって検出システム134にそらされる。検出システム134は、幾何的なサイズおよび構成の複数の光感知素子に分割される光検出器136を備え、記憶媒体で符号化されたデータを表す電気信号と、横方向のデータトラッキングおよびデータに対する集束レーザスポットの垂直焦点位置を表すサーボエラー信号と、を生成する。光学処理システム138は、データ信号およびサーボエラー信号が光検出器136によって生成されるように、光を光学的に操作するために用いられてもよい。

【 0 0 4 6 】

20

一般に、電気機械設計から構成されるアクチュエータシステム140が、トラッキング信号に対する記憶媒体における集束レーザスポットの垂直位置および横方向の位置を制御し、サーボエラー信号を集束するために用いられる。

【 0 0 4 7 】

図9は、レーザ124を備えた光学ピックアップデバイス150と、モータ154で回転される光ディスク媒体152と、を用いた光学記憶システムを示している。データは、記憶媒体の光学的に検出可能な材料の変化として符号化され、ディスク媒体の周囲の円周方向に向けられたトラックに配置される。各データトラックは、電気機械的アクチュエータシステム156を用いることによって、集束レーザスポットの横方向の位置を移動して制御するために、光学ピックアップデバイス150によってアクセスされ得る。光学データ記憶システムは、個別のシステムによって光ディスクに予め記録されているデータパターンを読み返す読み出し専用システムであってもよい。光学データ記憶システムはまた、レーザ124およびレーザ強度を変調するための電気コントローラを用いて、ディスク媒体の上にデータを書き込むことができる能力を含んでもよい。

40

【 0 0 4 8 】

本発明は、好ましい実施形態に関して示してきたが、変更および修正は、請求項に記載されている本発明の真の精神および範囲を逸脱することなく行うことができることは理解されよう。

【 図面の簡単な説明 】**【 0 0 4 9 】**

50

【図1A】基板の平面に対して垂直なエッティングされたファセットを備えた個片化されたリッジ型半導体レーザを示す。

【図1B】レーザ導波路に沿った方向における個片化されたリッジ型レーザの断面を示す。

【図1C】レーザ導波路方向に対して垂直な方向における個片化されたリッジ型レーザの断面を示す。

【図1D】基板の平面に対して45°のエッティングされたファセットを備えた個片化されたリッジ型半導体レーザを示す。

【図2】個別のデバイスに分離する前のレーザウェハの一部の上面図を示す。

【図3】レーザ導波路の長さ I_c の関数としてレーザ歩留りを示しており、4ミクロンの有効幅 w_I が計算のために用いられ、InGaAlNダイオードレーザの場合に記録された最低の欠陥密度である $D = 10^5 \text{ cm}^{-2}$ と、大量生産のAlGaNレーザの場合の一般値である $D = 10^2 \text{ cm}^{-2}$ の2つの異なる欠陥密度に関する歩留り曲線が示されている。10

【図4】レーザ導波路に沿った方向における断面として個片化されたリッジ型レーザの放射体端部を示す。

【図5】ビームの伝搬方向に対して垂直な方向におけるレーザビームのガウス強度分布を示す。

【図6A】レーザ導波路に沿って断面として補助メサに関する方向におけるリッジ型レーザの放射体端部を示す。20

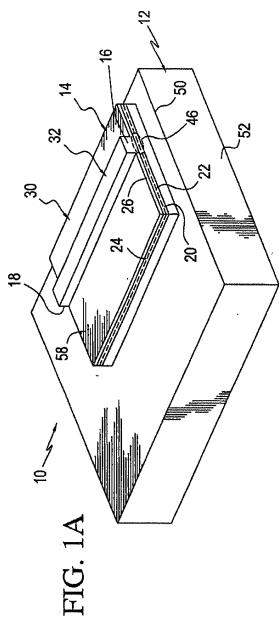
【図6B】長さ I_c のレーザメサ、長さ I_m の補助メサおよび個片化によって作製される長さ I_s のチップに関するデバイスの3次元図を示す。

【図7】1つのチップに作製される4つのエッジ放射レーザを示す。

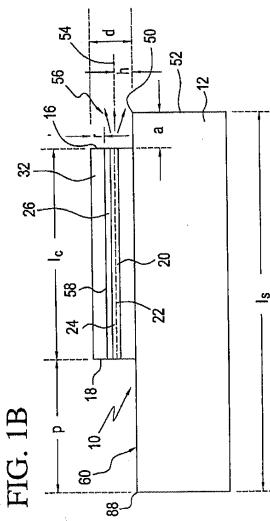
【図8】InGaAlNレーザを備える光学ピックアップシステムを示す。

【図9】光学ピックアップシステムおよびInGaAlNレーザを備える光学記憶システムを示す。

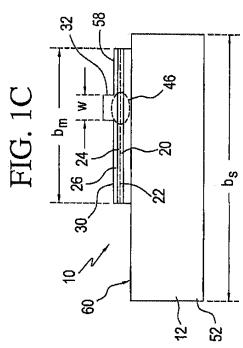
【図 1 A】



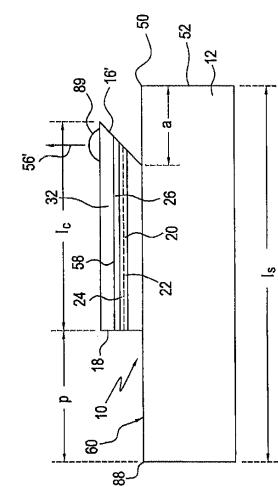
【図 1 B】



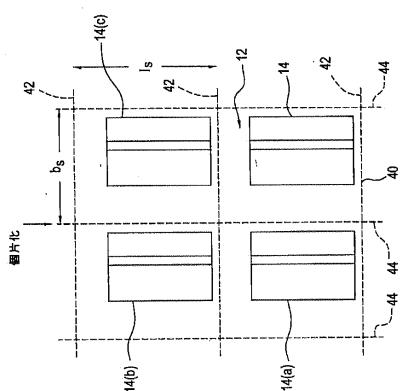
【図 1 C】



【図 1 D】



【図 2】



【図3】

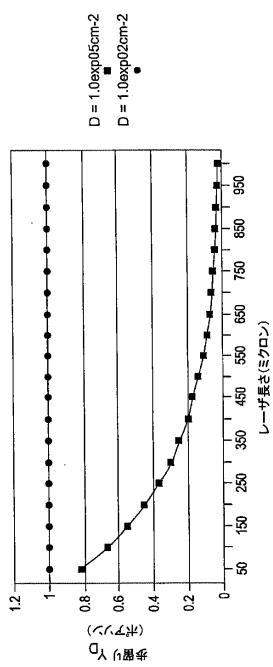


FIG. 3

【図4】

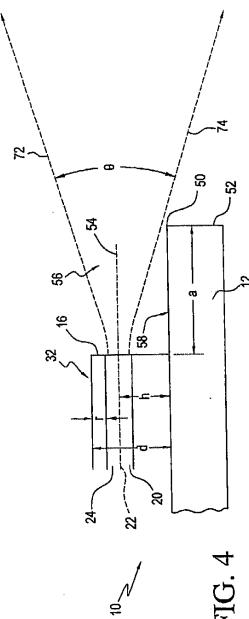


FIG. 4

【図5】

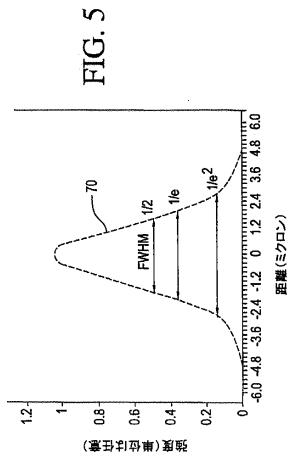


FIG. 5

【図6A】

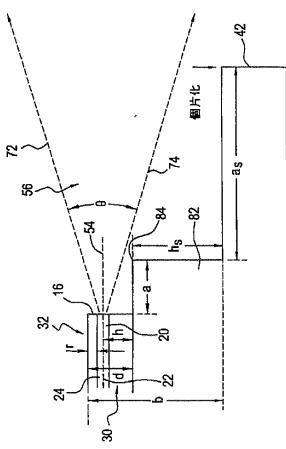


FIG. 6A

【図 6 B】

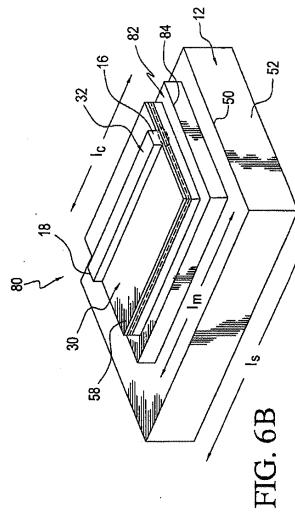


FIG. 6B

【図 7】

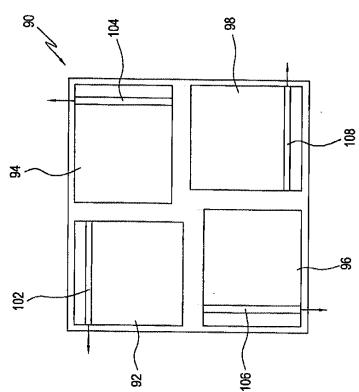


FIG. 7

【図 8】

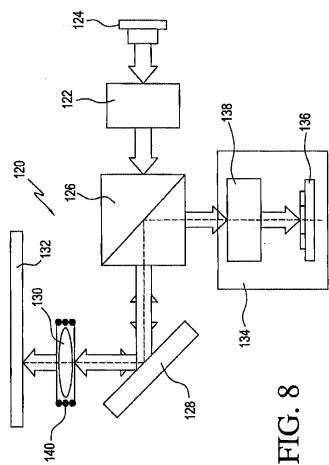


FIG. 8

【図 9】

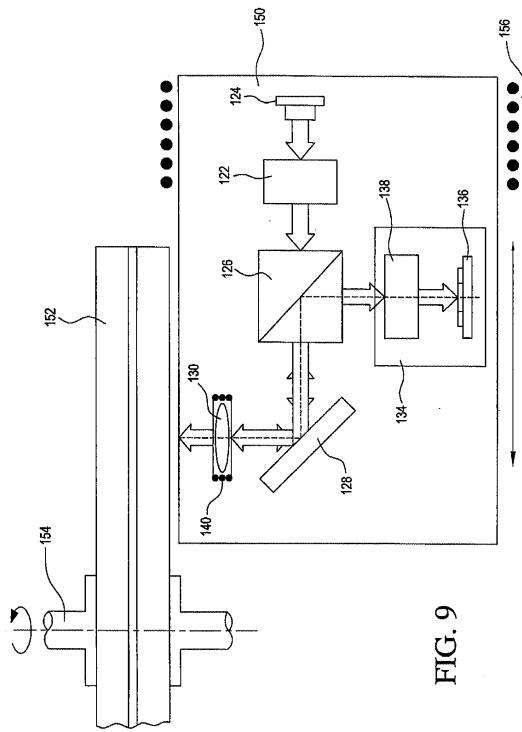


FIG. 9

フロントページの続き

合議体

審判長 吉野 公夫

審判官 近藤 幸浩

審判官 星野 浩一

(56)参考文献 特開昭61-40080(JP,A)

特開2000-4066(JP,A)

特開2001-274521(JP,A)

特開2004-71657(JP,A)

特開2002-335049(JP,A)

特開平10-22578(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00 - 5/50