

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-508420

(P2014-508420A)

(43) 公表日 平成26年4月3日 (2014. 4. 3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 S 5/042 (2006.01)</b>	H O 1 S 5/042 6 1 0	5 F 1 7 3
<b>H O 1 S 5/22 (2006.01)</b>	H O 1 S 5/22	
<b>H O 1 S 5/343 (2006.01)</b>	H O 1 S 5/343	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 14 頁)

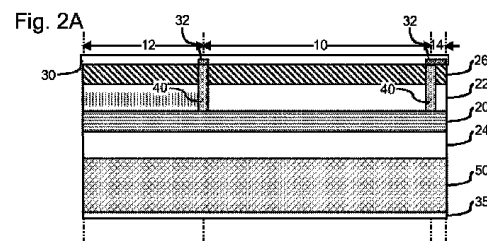
(21) 出願番号	特願2013-558032 (P2013-558032)	(71) 出願人	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 31 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(86) (22) 出願日	平成24年3月1日 (2012. 3. 1)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(85) 翻訳文提出日	平成25年11月15日 (2013. 11. 15)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/027192	(72) 発明者	カヌー, キャサリン ジー アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 30 コーニング カトラー アヴェニュー ー 183
(87) 国際公開番号	W02012/125299		
(87) 国際公開日	平成24年9月20日 (2012. 9. 20)		
(31) 優先権主張番号	13/050, 058		
(32) 優先日	平成23年3月17日 (2011. 3. 17)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体量子カスケードレーザのファセットに隣接する p 型分離領域

## (57) 【要約】

量子カスケードレーザ及びその作製方法が提供される。量子カスケードレーザは、上層 n 型クラッド (22, 26) 及び下層 n 型クラッド (24) の間に挟み込まれた活性導波路コア (29) を有し、上層及び下層の n 型クラッドはレーザの導波路軸に沿って延びる。上層 n 型クラッドの一部分 (40) は、p 型になって電気的分離領域になるに十分な p 型ドーパントを含んでいる。分離領域はレーザの窓ファセット段 (13, 14) の一方または両方に、ファセット段に縦型 (横方向) 分離を与えるため及びレーザのファセット領域内への電流を低減するために設けることができ、おこり得る有害なファセット加熱を最小限に抑えるに役立ち得る。レーザの導波路軸に沿って延びている電気的に分離されたレーザ段 (10, 12, 16) を形成するため、別の p 型電気的分離領域 (40) を設けることができる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

上層 n 型クラッドと下層 n 型クラッドの間に挟み込まれた活性導波路コアを有する半導体レーザにおいて、

前記活性導波路コアが前記量子カスケードレーザの両端のファセットの間を延び、前記ファセットの一方は前記レーザの出力窓を定める、

前記上層 n 型クラッドの一部が前記レーザの前記両端のファセットの内の少なくとも一方に隣接する p 型分離領域を定めるに十分な p 型ドーパントを含む、

前記 p 型分離領域が前記レーザの前記両端のファセットの少なくとも一方に隣接する前記上層 n 型クラッドの厚さの少なくとも一部にわたって延びる、及び

前記コア層が、同じエネルギーバンド内のエネルギー準位間のキャリア遷移により発光される光を増幅するように構成された、交互する半導体層を有する、  
ことを特徴とする半導体レーザ。

10

## 【請求項 2】

前記上層 n 型クラッド及び前記下層 n 型クラッドが InP を含み、前記 p 型ドーパントが、前記 InP 上層クラッド内の前記 p 型ドーパントの最高安定濃度が、n を 3 未満の数として、ほぼ  $n \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  より低くなるように、選ばれることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ。

## 【請求項 3】

前記上層 n 型クラッド及び前記下層 n 型クラッドが、GaAs, AlGaAs またはこれらの組合せを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の半導体レーザ。

20

## 【請求項 4】

前記 p 型分離領域が、

(a) 前記レーザ出力窓を定める前記ファセットの反対側の前記ファセットに隣接する、または

(b) 前記レーザ出力窓を定める前記ファセットに隣接する、  
の一方であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の半導体レーザ。

## 【請求項 5】

前記上層 n 型クラッドの付加部分が、前記レーザ出力窓を定める前記ファセットの反対側の前記ファセットに隣接する付加 p 型分離領域を定めるに十分な p 型ドーパントを含むことを特徴とする請求項 4 に記載の半導体レーザ。

30

## 【請求項 6】

前記半導体レーザがレーザ発振波長 における発光のために構成される、及び

前記 p 型分離領域が、前記レーザの前記両端のファセットの少なくとも一方に隣接する、前記レーザの領域内の電流を低減するように構成される、  
ことを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の半導体レーザ。

## 【請求項 7】

前記量子カスケードレーザが、前記活性導波路コアへの電流注入を開始するように構成された、パターンが形成された電気コンタクト層を有する、及び

前記 p 型分離領域が前記レーザの前記両端のファセットの少なくとも一方に隣接する前記活性導波路コアの領域への電流注入を阻止するための縦型（横方向）分離のために構成される、

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の半導体レーザ。

40

## 【請求項 8】

前記両端のファセットが前記量子カスケードレーザの共振キャビティを形成する、及び

前記上層 n 型クラッドの付加部分が前記両端のファセットのそれぞれにおいて p 型分離領域を定めるに十分な p 型ドーパントを含む、

前記付加 p 型分離領域が前記上層 n 型クラッドの厚さの少なくとも一部にわたって延びる、及び

前記両端のファセットに反射防止膜、高反射膜またはこれらの組合せが設けられる、

50

ことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項 9】

(a) 前記上層 n 型クラッド内の p 型ドーパントの濃度がほぼ  $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  をこえない、

(b) 前記上層 n 型クラッドの、前記ドーパントがそれを通して拡散する、部分がほぼ  $0.1 \mu\text{m}$  とほぼ  $2.5 \mu\text{m}$  の間の層厚を定める、

(c) 前記上層 n 型クラッド部がほぼ  $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  までの n 型ドーピング密度を有し、前記上層 n 型クラッドの、前記ドーパントがそれを通して拡散する、前記部分が p 型領域を定める、または

(d) 前記 p 型分離領域が前記レーザ出力窓を定めている前記ファセットに隣接する前記上層 n 型クラッドの厚さの少なくとも一部にわたって延び、前記 p 型ドーパントが、前記上層クラッドの n 型ドーピング濃度より高い、前記分離領域内の p 型ドーピング濃度を定める、

の内の少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項 10】

(a) 前記交互する半導体層が、前記コア内のドーパントの最高安定濃度が前記上層 n 型クラッド内の p 型ドーパントの最高安定濃度より少なくとも 10 倍は高いように選ばれる、交互する III-V 族材料を含む、

(b) 前記コアが交互する III-V 族井戸層及び III-V 族バリア層を含む、または

(c) 前記コアが交互する GaInAs 井戸層及び AlInAs バリア層を含む、  
の内の少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれかに記載の半導体レーザ。

【請求項 11】

前記 p 型電氣的分離領域がイオン注入によって形成されることを特徴とする請求項 1 から 9 に記載の半導体レーザ。

【請求項 12】

半導体レーザ内に 1 つ以上の p 型分離領域を作製する方法において、

上層 n 型クラッドと下層 n 型クラッドの間に挟み込まれた活性導波路コアであって、前記量子カスケードレーザの両端のファセットの間を延びている活性導波路コアを有する半導体レーザを提供する工程であって、前記両端のファセットの一方が前記レーザの出力窓を定めている工程、及び

前記両端のファセットの少なくとも一方に隣接する p 型分離領域を定めるに十分な p 型ドーパントを添加することによって前記上層 n 型クラッドの一部分に、前記両端のファセットの少なくとも一方に隣接する前記上層 n 型クラッドの厚さの一部にわたって延びている p 型分離領域を形成する工程、

を含み、

前記コア層が同じエネルギーバンド内のエネルギー準位間のキャリア遷移によって発光される光を増幅するように構成された交互する半導体層を有する、

ことを特徴とする方法。

【請求項 13】

前記上層 n 型クラッド及び前記下層 n 型クラッドが InP を含み、前記 p 型ドーパントが、前記 InP 上層クラッド内の前記 p 型ドーパントの最高安定濃度が、n を 3 未満の数として、ほぼ  $n \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  より低くなるように、選ばれることを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記 p 型電氣的分離領域がイオン注入によるかまたは拡散によって形成されることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本出願は、2011年3月17日に出願された米国特許出願第13/050058号の米国特許法第120条の下の特許優先権の恩恵を主張し、2011年3月17日に出願された、名称を「QCL領域間のp型分離(P-Type Isolation Between QCL Regions)」とする、米国特許出願第13/050026号に関連する。上記2つの特許出願の明細書の内容は本明細書に参照として含まれる。

## 【 技術分野 】

## 【 0 0 0 2 】

量子カスケードレーザ(QCL)は、電磁スペクトルの中赤外光及びテラヘルツ領域を含むがこれには限定されない、様々な波長にわたって発光するように容易に加工することができる単極性半導体デバイスである。デバイスの製作及びプロセスは確立された手法及び、InP及びGaAs及びその他のIII-V族半導体材料のような、広く入手できる材料に基づくことができる。本開示は量子カスケードレーザ(QCL)に関し、さらに詳しくは、QCLの作製方法及び対応するQCL構造に関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 3 】

本発明の発明者等は、バンド間レーザ遷移を利用する半導体レーザにおいては、活性領域を構成する量子井戸及びバリア層が活性領域のそれぞれの側のn型層とp型層の間に挟み込まれることが多く、一般にp型層が活性層の上にあることを認識していた。これらのp型層は一般に導電度はそれほど高くはない。したがって、pドープ層上面の電気コンタクト層または金属の中絶は一般にレーザ構造の相異なる領域間の十分な電気的分離を与える。対照的に、本発明の発明者等はQCLが、活性コアの下側及び上側のいずれの層も同じ、一般にはn型の、導電型である単極性デバイスであり、n型層は導電度が極めて高いことを認識していた。したがって、活性コアの上側の一つの領域から隣接領域への電子拡散は電気的に分離されるべきn型層のそれぞれの区画の間で電気コンタクト層または金属を単に中断するだけでは防ぐことができない。

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 4 】

本開示の方法は様々な半導体レーザ構成への適合性を有しているが、本発明の発明者等は、活性領域、波長選択領域及び、必要に応じて、位相領域を有する、分布ブラッグ反射器(DBR)QCLに関しては、有効な分離の必要が特に深刻であることを認識した。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 5 】

本開示の一実施形態にしたがえば、量子カスケードレーザ及びその作製方法が提供される。本量子カスケードレーザは、1つ以上のp型電気的分離領域及び、レーザの導波路軸に沿って延びる、複数の電気的に分離されたレーザ段を有する。活性導波路コアは上層n型クラッドと下層n型クラッドの間に挟み込まれる。活性コア及び下層n型クラッドは、また上層n型クラッドの少なくとも一部分も、量子カスケードレーザの電気的に分離されたレーザ段を通して延びる。上層n型クラッドの1つまたは複数の領域は、量子カスケードレーザの各段を隔てている射影線に沿って上層n型クラッドの厚さの一部にわたって延びるp型電気的分離領域を定めるに十分なp型ドーパントを含む。上層n型クラッド及び下層n型クラッドは、InP, GaAs, AlGaAsまたは他のいずれかの従来の材料、あるいはQCLの作製に適するこれから開発されるであろうクラッド材料を含むことができる。限定としてではなく、例として、II-VI族半導体、Si-GeまたはGaNベース材料、等を含む。様々なクラッド材料がQCLに適し得るであろうと考えられる。

## 【 0 0 0 6 】

本開示の他の実施形態にしたがえば、縦型(横方向)分離及び電流低減を与え、おこり得る有害なファセット加熱の最小化に役立たせるため、分離領域がレーザファセットの一方または両方だけに設けられるレーザ構造も考えられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

本開示の特定の実施形態の以下の詳細な説明は、同様の構造が同様の参照数字で示される、以下の図面とともに読まれたときに最善に理解され得る。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 8 】

【図 1】図 1 は、活性利得段、波長選択段及び窓段を有する、D B R 量子カスケードレーザの略図である。

【図 2 A】図 2 A は p 型電気的分離領域を有する D B R 量子カスケードレーザの簡略な縦断面図である。

【図 2 B】図 2 B は図 2 A に示される窓構造の別形を示す。

10

【図 3】図 3 は p 型電気的分離領域を有する D B R 量子カスケードレーザの簡略な横断面図である。

【図 4 A】図 4 A は本開示の一実施形態にしたがう D B R 量子カスケードレーザの簡略な縦断面図である。

【図 4 B】図 4 B は図 4 A に示される窓構造の別形を示す。

【図 5 A】図 5 A は本開示の別の実施形態にしたがう D B R 量子カスケードレーザの簡略な縦断面図である。

【図 5 B】図 5 B は図 5 A に示される窓構造の別形を示す。

【図 6】図 6 は分離領域が半導体レーザのファセットに隣接して設けられているだけのレーザ構造の略図である。

20

【図 7】図 7 は分離領域が半導体レーザのファセットに隣接して設けられているだけのレーザ構造の略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 0 9 】

本開示の概念はいかなるタイプの多段 Q C L にも適用可能であるが、本開示の特定の実施形態は D B R 量子カスケードレーザを参照して本明細書に説明される。それにもかかわらず、本開示及び添付される特許請求の範囲は、そうではないことが明白に言明されない限り、D B R レーザに、または本説明に述べられる特定の材料に限定されるべきではない。限定ではなく、例として、図 1 は、活性利得段 1 0 , D B R 段と普通称される波長選択段 1 2 及び出力窓段 1 4 を有する、D B R 量子カスケードレーザの略図である。D B R 量子カスケードレーザに詳しい当業者には当然であろうように、D B R 量子カスケードレーザの活性利得段 1 0 はレーザの主光利得を与え、波長選択段 1 2 は波長選択を与える。例えば、波長選択段 1 2 は、ブラッググレーティングを用いても用いなくても差し支えない、多くの適する構成で設けられ得るが、多くの場合、波長選択段 1 2 はレーザキャビティの活性利得段 1 0 の外側に配置される一次または二次のブラッググレーティングを有する。このグレーティングは、その反射係数が波長に依存する、ミラーとしてはたらく。

30

## 【 0 0 1 0 】

図 4 A , 4 B , 5 A 及び 5 B は、D B R 量子カスケードレーザの波長選択段 1 2 と活性利得段 1 0 の間に位相段 1 6 が設けられている、3 段 D B R レーザを示す。位相段 1 6 は利得段 1 0 と波長選択段 1 2 の間に調節可能な位相シフトを発生させる。位相段 1 6 は利得段 1 0 と波長選択段 1 2 の間の熱結合を減じて熱クロストークによるレーザ発振波長シフトを減じるためにも用いることができる。本開示の概念は、D B R 量子カスケードレーザが 2 段、3 段または 4 段の D B R レーザのいずれであるかに関わらず、全てのタイプの D B R 量子カスケードレーザに適用することができる。

40

## 【 0 0 1 1 】

図 1 及び 2 A に示される D B R 量子カスケードレーザはそれぞれ上層 n 型クラッド 2 2 , 2 6 と下層 n 型クラッド 2 4 の間に挟み込まれた活性導波路コア 2 0 を有する。付加上層 n 型クラッド 2 6 は、比較的低濃度の n 型ドープ層である n 型クラッド 2 2 に比較して高濃度の n 型ドープ層である。活性コア 2 0 及び上層と下層の n 型クラッドは D B R 量子カスケードレーザの活性利得段 1 0 を通り、波長選択段 1 2 を通って延びる。量子カスケ

50

ードレーザ (QCL) において、コア層 20 は、同じエネルギーバンド内のエネルギー準位間のキャリア遷移中に発光される光を増幅するように構成された、交互する半導体層を有する。QCL は、単一キャリアタイプの量子井戸遷移を利用するため、単極性デバイスと称されることが多い。ほとんどの QCL は電子遷移を用い、この場合コアの上下の層はいずれも n 型クラッド層である。活性利得段 10 及び波長選択段 12 は、レーザの相異なる段 10, 12 に専用のそれぞれの制御電極を有する、パターン形成された電気コンタクト層 30 で覆われる。レーザ構造の個々の領域を電氣的に分離するため、パターン形成された電気コンタクト層 30 の適切な領域に絶縁誘電体材料 32 が被着される。それにもかかわらず、本発明の発明者等は、DBR 量子カスケードレーザが非誘電体被覆領域から隣接する誘電体分離領域へのかなりの電子拡散を受けることを認識した。

10

#### 【0012】

図 2A において、1 つ以上の p 型電氣的分離領域 40 を定めるに十分な p 型ドーパントが上層 n 型クラッド 22, 26 の各部分に与えられている。これらの電氣的分離領域 40 は、DBR 量子カスケードレーザの活性利得段 10, 波長選択段 12, 及び出力窓段 14 を隔てているそれぞれの射影線に沿って上層 n 型クラッド 22, 26 の厚さの一部にわたって延びる。それぞれの電氣的分離領域 40 は、上層 n 型クラッド 22, 26 の厚さの一部に、さらに詳しくは、大半にわたって延びると考えられる。図 2B に示されているように、窓段 14 は活性コア 20 の上側の全 p ドープ領域とすることができると考えられる。さらに、対応する窓段をレーザ構造の入力ファセットに設けることができると考えられる。さらに、レーザ構造に窓段を設ける必要は全く無いとも考えられる。

20

#### 【0013】

p 型分離領域を実現する様々な方法がある。そのような方法の中には、選択成長、イオン注入及び p 型ドーパントの拡散がある。p 型ドーパント拡散が選ばれる場合、上層及び下層の n 型クラッド 22, 24, 26 及び活性導波路コア 20 はドーパント拡散による p 型電氣的分離領域 40 の形成を容易にするように選ぶことができる。さらに詳しくは、上層及び下層の n 型クラッド 22, 24, 26 は InP を含むことができ、p 型ドーパントは InP 上層 n 型クラッド内の最高安定濃度がほぼ  $n \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  より低くなるように選ぶことができる。ここで n は 3 より小さい。

#### 【0014】

限定ではなく、例として、上層及び下層の n 型クラッド 22, 24, 26 は、代わりに GaAs ベースクラッド層とすることができると考えられる。クラッド層のいくつかは、単なる GaAs または InP とする代わりに、AlGaAs または (Al)GaInP とすることができる。GaAs ベースクラッド層に対して、コアは、GaAs/AlGaAs, AlGaAs/AlGaAs, (Al)GaInP/(Al)GaInP または GaInAs/(Al)GaAs とすることができる。構造の残りの層に対しては同様の組成の別の層が考えられ、それらの層は GaInAs と GaAs 基板の間の格子不整合を補償するように選ばれるべきである。限定ではなく、例として、他の考え得る層には、GaInP, AlGaInP, GaAsP 及び GaInAsP がある。GaAs ベースクラッド層に対して半絶縁性 (Al)GaAs を作製するために用いるに適するドーパントには Cr 及び O があるが、これらには限定されない。非常に低い温度での成長においては、ドーパントを全く用いずに半絶縁性 (Al)GaAs を得ることができる。

30

40

#### 【0015】

いくつかの実施形態において、活性導波路領域 20 の交互する半導体層は、コア内のドーパントの最高安定濃度が上層 n 型クラッド内の p 型ドーパントの最高安定濃度より少なくとも 10 倍は高い、交互する III-V 族材料を含む。いくつかの場合、実質的に異なる最高安定ドーパント濃度を定めるコア及びクラッド層を有する、得られるデバイスが、本開示の p 型電氣的分離領域 40 の形成に、ドーパントをコアの中に入れないことが望ましい場合には特に、良く適し得る。コア 20 へのドーパント拡散を可能にすることが好ましい場合もあり得る。

#### 【0016】

50

p型電気的分離領域40はイオン注入によって形成することもでき、この場合は、p型ドーパントが上層クラッドのnドーピング濃度より高いpドーブ濃度を定めることを保証することだけが必要であろう。

#### 【0017】

さらに詳しくは、図2Aに示されるQCLはInP基板50上に成長され、コア20はInPクラッド層22, 24, 26によって囲まれる。Zn, Cd, Be, Mg及びMnのようなp型ドーパントのInP内の最高安定濃度は比較的低い。p型ドーパントはその最高安定濃度より高い濃度では比較的急速に拡散し、その拡散係数はその濃度にもなつて超線形態様で大きくなる。例えば、InP内のZnの最高安定濃度はほぼ $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とほぼ $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の間である。したがって、Znの拡散が本開示のp型電気的分離領域40の形成に用いられる場合、拡散によってp型に転換される領域のZnドーパント濃度はほぼ $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ をこえないであろう。本発明の発明者等は、光損失はキャリア濃度にもなつて大きくなり、したがって損失を低く抑えるためには高濃度のp型ドーパントを導入してはならないから、低ドーパントレベルが有利であることを認識していた。さらに、この濃度レベルにおいて、ある程度は、拡散しているZnの濃度がコア20内のドーパントの最高安定濃度より1/10は低いことから、例えば、GaInAs及びAlInAsからなることができるQCLコア20をZnが拡散することはほとんどない。限定ではなく、例として、GaInAs及びAlInAsからなるコア内の一般的なドーパントの最高安定濃度はほぼ $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ とほぼ $6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の間である。したがって、Znがコア20まで拡散していけば、Znはコア20の上層内部で極めて迅速に止められるであろう。一般にp型電気的分離領域40はコアの上面からコア層20内部のほぼ1.5 µmまで延びる。

#### 【0018】

本開示にしたがうQCLは様々な材料及び層構成を用いて作製することができるが、それを通してZnが拡散することになるクラッド層22の領域は0.5 µmと3 µmの間であり、元のn型ドーピング濃度は $0.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 未満であると考えられる。同様に、コア20は交互するIII-V族井戸層とIII-V族バリア層から、さらに詳しくは、交互するGaInAs井戸層とAlInAsバリア層またはSb含有材料層からなることができる。コア領域は一般に、特定の所望のレーザ発振波長周りを中心とする波長範囲におけるレーザ発振のために選ばれた複数の(例えば10以上、ただし一般に20より多い)基本的に同等の多層半導体反復ユニットを含む。

#### 【0019】

図4A及び5Aを参照すれば、本開示にしたがうp型電気的分離領域40は、DBR量子カスケードレーザの活性利得段10, 波長選択段12, 出力窓段14及び位相段16を隔てる射影線に沿って、上層n型クラッド22にわたって延び得ることに注意されたい。QCLの波長選択段、位相段及び窓段は、電気コンタクト層30の専用パターン部とともに図4A及び5Aに示されるが、これらの段は能動または受動とすることができると考えられる。図4Bに示されるように、窓段14は活性コア20の上側全てをp型にすることができる。図5Bは図5Aに示される窓構成への別形を示し、図5Aのトレンチが用いられておらず、窓段14が活性コア20の上側で部分的にpドーブされ、より良いヒートシンクのため、部分的にドーブされた領域の上部を覆って電気コンタクトが配置される。

#### 【0020】

多くの実施形態において、本明細書に説明される窓段14には、特にレーザの窓段に縦型(横方向)分離を与えることが望まれない場合には、p型電気的分離領域は設けられないであろうと考えられる。逆に、半導体レーザの一方または両方の窓段に縦型(横)方向分離を与えるためだけに分離領域が設けられるレーザ構造も考えられる。さらに詳しくは、図6及び7を参照すれば、本開示の概念を実施する当業者には当然であろうように、半導体レーザは、レーザの共振キャビティを形成するに適する反射特性をもつように構成されたファセット13, 14を両側に有するであろう。ここではファセット13がレーザの出力窓を形成している。本発明の発明者等は半導体レーザ、特に深刻なファセット加熱及

10

20

30

40

50

び、レーザ出力窓の近傍において、レーザの活性領域へのかなりの電流注入を受ける半導体レーザに強固なレーザファセットを与えるための継続的課題を認識した。これらの問題は比較的高い出力パワーを特徴とするレーザに関して特に深刻であり、本開示は、DBR型または非DBR型の量子カスケードレーザ、ファブリ・ペロレーザあるいは上述した劣化が問題になる入力/出力ファセットを有するいずれの半導体レーザも含むが、これらには限定されない、様々な半導体レーザに強固なファセットを作製するための継続的課題に対処する。

#### 【0021】

この目的のため、両側のファセット13, 14の少なくとも一方にまたはいずれにも隣接するp型分離領域40を定めるに十分なp型ドーパントを上層n型クラッドに与えることができると考えられる。この分離領域40は、レーザ出力窓を定めるファセット13に、レーザ入力窓を定めることができる。両側のファセット14に、またはファセット13, 14のいずれにも、隣接する上層n型クラッド22の厚さの一部に、さらに詳しくは大半に、わたって延びることができる。レーザは、DBR型または非DBR型の量子カスケードレーザ、ファブリ・ペロレーザあるいは入力/出力ファセットを有するいずれかの半導体レーザとすることができる。この態様で構成すれば、p型分離領域40は、活性導波路コア20の構造を損なうことなく、レーザのファセット13, 14に隣接する領域への電流を低減し、おこり得る有害なファセット加熱を最小限に抑えるに役立つであろうと考えられる。さらに、活性導波路コア20への電流注入を開始するように構成されたパターン形成された電気コンタクト層30をレーザが有する場合に、p型分離領域40は、ファセット誘電体32の補助の有無にかかわらず、活性導波路コア20のファセット領域への電流注入を抑制するであろうと考えられる。

#### 【0022】

反射防止膜、高反射膜またはこれらの組合せを両側のファセットに設けることも考えられる。

#### 【0023】

本開示の図面には、パターン形成された電気コンタクト層30と上層n型クラッド22の間に挟み込まれた付加n型InPクラッド層26も示される。付加n型InPクラッド層26は上層n型クラッド22よりも高濃度に、例えば約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ まで、ドーパされる。比較的高濃度にドーパされたn型InPクラッド層26は注目する動作波長において比較的低い屈折率を有し、これはモードのさらなる広がり及びレーザ構造のコンタクト層及び金属による吸収を防止する。レーザの構成及び動作に詳しい当業者には当然であろうように、電気コンタクト金属は電流のレーザ流過を容易にするために用いられる。図2A及び4Aにおいて、p型電氣的分離領域40は上層n型クラッド22及び付加n型InPクラッド層26にわたって延びる。

#### 【0024】

図5Aに示されるように、付加n型InPクラッド層26の少なくとも一部または全体を通してトレンチ36をエッチングすることができる。トレンチ36は、p型電氣的分離領域40が層22及び26へのp型ドーパントの拡散によって形成されている場合に、特に有益である。付加層26を通してトレンチをエッチングすることにより、上層n型クラッド層22に到達して上層n型クラッド層22内に拡散するためにドーパントが付加n型クラッド層26全体を拡散する必要はないから、p型絶縁領域40が、Znのような、p型ドーパントを用いて一層迅速に拡散形成される。付加誘電体分離層34が、必要に応じて、付加n型InPクラッド層26に形成されたトレンチ36の壁上に設けられる。この構成により、p型電氣的分離領域40が付加n型InPクラッド層26のかなりの部分にわたって広がることがない。分離領域40を短絡し得るであろう金属またはその他の導電材料がトレンチ36内に存在すべきではない。あるいは、p型絶縁領域は、付加n型クラッド層26の形成に先立ち、注入または拡散によって上層n型クラッド22に形成することができる。次いでp型絶縁領域40の上部を、注入または拡散によって付加n型クラッド層26に形成することができる。あるいは、上層n型クラッド22に形成されたp型分



離領域 40 の上に付加 n 型クラッド層 26 にドーピングによって領域を形成するのではなく、本明細書で先に説明したように、上層 n 型クラッド 22 内の p 型分離領域 40 の上の付加 n 型クラッド層 26 内の領域をエッチング除去してトレンチ 36 を形成することができる。

#### 【0025】

図示される構成のそれぞれにおいて、DBR 量子カスケードレーザは基板 50 上に付加電気コンタクト層 35 を有する。基板 50 は n ドープ InP または DBR 量子カスケードレーザに適する様々な III-V 族材料のいずれかとする可以考虑。下層 n 型クラッド 24 は中程度に n 型ドープされた InP とすることができる。さらに、DBR 量子カスケードレーザは活性導波路コア 20 と上層及び下層の n 型ドープクラッド 22, 24 の間に配置された 1 つ以上の付加介在層を有することができる。例えば、DBR 量子カスケードレーザは InP に格子整合される GaInAs の層を有することができ、この GaInAs 層にグレーティングを定めることができる。コアの上側だけまたは下側だけに、あるいは上側及び下側のいずれにも、配置される GaInAs 層または別の組成の層は導波路層としてはたらくこともできる。別の例として、DBR 量子カスケードレーザは下層 n 型クラッド 24 と InP 基板 50 の間に配されたバッファ層を有することができる。バッファ層は一般に、当業者には当然であろうように、半導体材料のエピタキシャル成長において高品質デバイス構造の成長のための平滑で清浄な表面を形成するために用いられる。バッファ層は、InP、インジウム - ガリウム - ヒ素 - リン (InGaAsP)、インジウム - アルミニウム - ヒ素 - リン (InAlAsP)、インジウム - アルミニウム - ガリウム - リン (InAlGaAs) またはその他の III-V 族材料で構成することができ、あるいは、別の実施形態において、バッファ層は全く存在する必要はない。バッファ層が InP の場合、バッファ層は層 24 の一部である。QCL が分子ビームエピタキシー (MBE) によって成長される場合、MBE は一般に InP を成長させることができないから、下層及び上層のクラッドはヒ素系材料 (GaInAs, AlInAs) とすることができ、この場合、クラッド層 22, 24 またはクラッド層 22 と 24 の間の層はヒ素系材料であろう。

#### 【0026】

図 3 を参照すれば、上層及び下層の n 型 InP クラッド 22, 24 及び活性導波路コア 20 は半絶縁性 InP 領域 28 で境界が定められたリッジ導波路として構成することができる。半絶縁性 InP は一般に Fe ドーピングによって成長させることができる。しかし、本発明の発明者等は、上層クラッドにおける Fe と p 型ドーパントの著しい相互拡散がリッジ導波路構造の境界を定める半絶縁性領域の信頼できるは絶縁特性を達成する上で問題になり得ることを認識した。したがって、本開示では、Fe をそれほど拡散しない深いトラップと置き換えるかまたは、例えば遷移金属の Rh または Ru または Ti を含む、別の深トラップ元素を Fe に添加することによる、一層安定な半絶縁性 InP 領域の形成が考えられる。

#### 【0027】

コア及び、それを通して p 型領域が延びることになる厚さの、上層クラッド 22 の成長後、例えば SiO<sub>2</sub> のような、マスクでウエハの一部をマスクし、ウエハ全体を Zn 拡散にかけることによって、領域選択性 Zn 拡散を実施することができる。Zn は露出半導体層内だけに入り込み、したがって、SiO<sub>2</sub> で保護されていない領域だけに拡散する。p 型ドーパント拡散のための可能な手法の 1 つは、ウエハの表面に p 型ドーパントを含有するゲルを被着した後にウエハを加熱することである。Zn 拡散は、例えば Zn<sub>x</sub>As<sub>y</sub> または Zn<sub>x</sub>P<sub>y</sub> のような、材料が入っている密封アンプル内で実施することもできる。

#### 【0028】

一例において、Zn 拡散は有機金属蒸気相エピタキシー (MOCVE) 反応装置内で実施され、マスクは二酸化シリコンである。本例の方法にしたがえば、以下の作製手順が考えられる：

1. InP 下層クラッド及び、GaInAs ウエル及び AlInAs バリアを有する、

コアが成長される。続いて、選ばれた厚さの  $n$  型  $\text{InP}$  が成長され、 $n$  型  $\text{InP}$  層の厚さ及びドーピング密度はそれぞれ、ほぼ  $0.5 \mu\text{m}$  とほぼ  $1.5 \mu\text{m}$  の間及びほぼ  $2 \sim 10 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$  に選ばれる；

2．比較的薄い、 $\text{SiO}_2$  のような、マスク材料の層が被着され、 $\text{Zn}$  拡散が所望されない領域を保護するようにパターンニングされる。パターンニングはフォトレジストマスクのフォトリソグラフィ、続いて、フォトレジストで保護されていない  $\text{SiO}_2$  層のウエットエッチングまたはドライエッチングによって実現される；

3．ウエハが  $\text{MOVPE}$  反応装置内に戻されて置かれ、マスクされていない領域に  $\text{Zn}$  の拡散がなされる。発明者等の好みの手法は最上層の重  $\text{Zn}$  ドープ  $\text{GaInAs}$  層からの  $\text{InP}$  への  $\text{Zn}$  の拡散である。 $\text{GaInAs}$  内の  $\text{Zn}$  濃度は、 $n$  型  $\text{InP}$  層への  $\text{Zn}$  拡散を可能にするため、最高安定濃度より高い。高  $\text{Zn}$  ドープ  $\text{GaInAs}$  層と  $\text{InP}$  層の間の界面において  $\text{Zn}$  濃度は  $\text{InP}$  内の最高安定濃度より高く、拡散を促進するであろう；

4． $\text{Zn}$  ドープ  $\text{GaInAs}$  表面層及び  $\text{SiO}_2$  マスクのいずれも、 $\text{SiO}_2$  を溶解するために希  $\text{HF}$  を用い、 $(10\text{H}_2\text{O} : 1\text{H}_2\text{SO}_4 : 1\text{H}_2\text{O}_2)$  または  $\text{GaInAs}$  に適するその他いずれかのエッチング剤を用いて、エッチング除去することができる；

5．埋込リッジ  $\text{QCL}$  は、例えば2つの選択肢、

i - ウエハ全体を覆う上部  $n^-/n^+$  層を成長させ、次いでストライプを定め、下方にコアを通してリッジをエッチングで形成し、リッジ側の上に半絶縁性層を再成長させるかまたは単にリッジ側面を絶縁性材料で被覆する（それぞれ、いわゆる埋込リッジレーザまたはリッジレーザ）、

ii - 上部  $n^-/n^+$  層の一部だけを成長させ、ストライプを定めてリッジを形成し、リッジ側の上に半絶縁性  $\text{InP}$  を被着し、リッジ上から  $\text{SiO}_2$  を除去してウエハ全体に最上  $n^-/n^+$  層を成長させる（いわゆるプレーナ型埋込ヘテロ構造レーザ、発明者等が採用した構造）、

の内の1つを含む、従来またはこれから開発されるであろういずれかの成長方法を用いて実現され得る；

6．2つの電極間の横方向電気的分離のため、誘電体膜の被着の前に、短い分離領域における  $p$  ドープ層の上側の  $n$  ドープ層がエッチング除去されることが好ましい。

【0029】

本明細書における「すくなくとも1つ」のコンポーネント、素子、等の叙述は、別途の冠詞「a」または「an」の使用が単一のコンポーネント、素子等に限定されるべきであるという結論を生じさせるために用いられるべきではないことに注意されたい。

【0030】

特定の仕方で、あるいは特定の特性を具現化するためまたは特定の態様で機能するように、「構成」されている本開示のコンポーネントの本明細書における叙述は、目的用途の叙述に対するものとしての、構造叙述であることに注意されたい。さらに詳しくは、コンポーネントが「構成」される態様への本明細書における言及はコンポーネントの既存の物理的状态を意味し、したがって、コンポーネントの構造特性の限定的叙述としてとられるべきである。

【0031】

本発明を説明し、定める目的のため、用語「実質的に」及び「ほぼ」は、いずれの定量的な比較、値、測定またはその他の表現にも帰因させ得る本質的な不確定性の度合いを表すために本明細書に用いられることに注意されたい。

【0032】

「好ましい（好ましくは）」、「普通に」及び「一般に」のような用語は、本明細書に用いられる場合、特許請求される発明の範囲を限定するため、あるいは、ある特徴が特許請求される発明の構造または機能に、絶対に必要であるか、肝要であるか、または重要であることも、意味するために用いられてはいないことに注意されたい。むしろ、これらの用語は、本開示の実施形態の特定の態様の識別または、本開示の特定の実施形態に利用されてもされなくても差し支えない、別のまたはさらなる特徴の強調が目的とされているに

10

20

30

40

50

過ぎない。

【 0 0 3 3 】

本開示の主題を詳細にまたその特定の実施形態を参照することで説明したが、本明細書に開示される様々な詳細が、本明細書に添付される図面のそれぞれに特定の要素が示される場合であってさえ、本明細書に説明される様々な実施形態の肝要コンポーネントである要素にそれらの詳細が関連しているにとられるべきではないことに注意されたい。むしろ、本明細書に添付される特許請求の範囲は本開示の範囲の単なる代表及び本明細書に説明される様々な発明の対応する範囲にとられるべきである。さらに、添付される特許請求の範囲に定められる本発明の範囲を逸脱することなく改変及び変形が可能であることは明らかであろう。さらに詳しくは、本開示のいくつかの態様が好ましいかまたは特に有利であると本明細書で識別されているが、本開示はかならずしもそれらの態様に限定されない。例えば、本開示の図面は、波長制御のために電流が D B R の波長選択段及び位相段に注入されるレーザダイオードを示す。レーザダイオードの構成及び動作に詳しい当業者には当然であろうように、レーザダイオードのそれらの段を制御するためにヒータまたは加熱素子を用いることもでき、この場合は、レーザダイオードの波長選択段及び位相段の上面の金属加熱素子の下に誘電体膜が配置されるであろう。

10

【 0 0 3 4 】

添付される特許請求項の 1 つ以上において「～を特徴とする(wherein)」が転換句として用いられていることに注意されたい。本発明を定める目的のため、この用語は構造の一連の特徴の叙述を導入するために用いられる制約の無い転換句として特許請求項に導入されており、より普通に用いられる制約の無い前置句「含む」と同様の態様で解されるべきであることに注意されたい。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

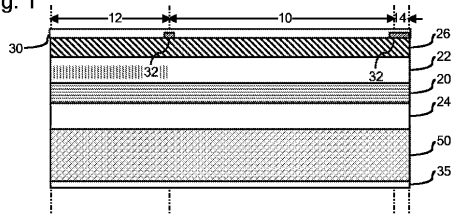
- 1 0 活性利得段
- 1 2 波長選択段
- 1 3 レーザ入力窓 (ファセット)
- 1 4 出力窓段 (ファセット)
- 1 6 位相段
- 2 0 活性導波路コア
- 2 2 , 2 6 上層 n 型クラッド
- 2 4 下層 n 型クラッド
- 2 8 半絶縁性 I n P 領域
- 3 0 電気コンタクト層
- 3 2 絶縁誘電体材料
- 3 4 誘電体絶縁層
- 3 5 基板電気コンタクト層
- 3 6 トレンチ
- 4 0 p 型電氣的分離領域
- 5 0 基板

30

40

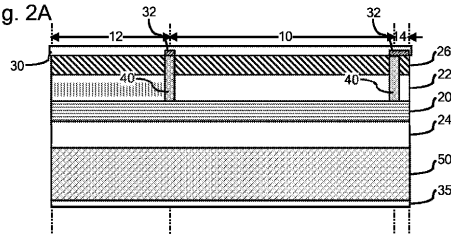
【 図 1 】

Fig. 1



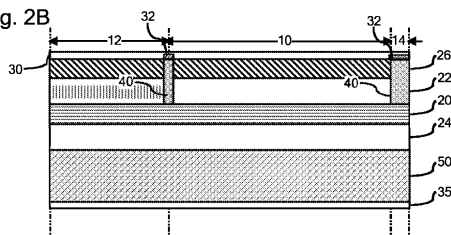
【 図 2 A 】

Fig. 2A



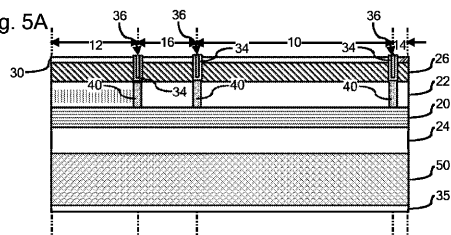
【 図 2 B 】

Fig. 2B



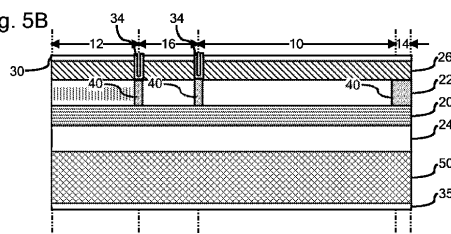
【 図 5 A 】

Fig. 5A



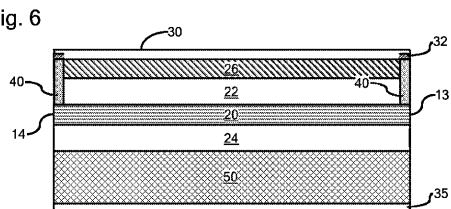
【 図 5 B 】

Fig. 5B



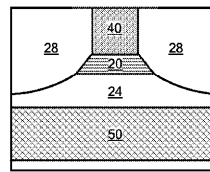
【 図 6 】

Fig. 6



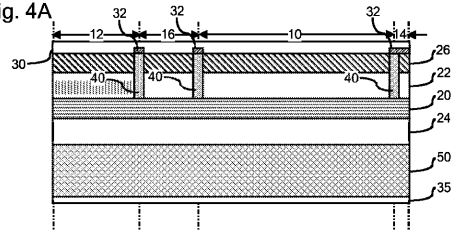
【 図 3 】

Fig. 3



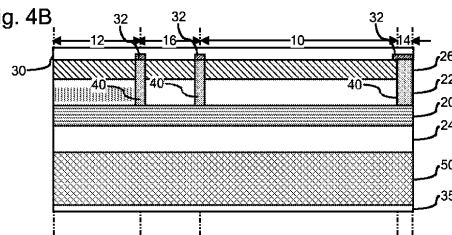
【 図 4 A 】

Fig. 4A



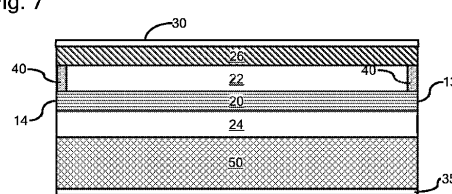
【 図 4 B 】

Fig. 4B



【 図 7 】

Fig. 7



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2012/027192

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H01S5/0625 H01S5/16 H01S5/34 ADD. H01S5/223		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, COMPENDEX, INSPEC		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WIENOLD M ET AL: "Fe-implantation for rear-facet coatings of InP-based quantum cascade lasers", ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 44, no. 4, 14 February 2008 (2008-02-14), pages 293-295, XP006030526, ISSN: 0013-5194 the whole document	1-22
A	D. WAWER ET AL: "Spatially resolved thermoreflectance study of facet temperature in quantum cascade lasers", PHYSICA STATUS SOLIDI (A), vol. 202, no. 7, 1 May 2005 (2005-05-01), pages 1227-1232, XP55028477, ISSN: 1862-6300, DOI: 10.1002/pssa.200460903 page 1227, last paragraph	1,18
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
31 May 2012		15/06/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer
		Riechel, Stefan

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN

(72)発明者 シエ, フォン

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト オーヴァーブルック ロード 3 9

(72)発明者 ザァ, チュン - エン

アメリカ合衆国 ニュージャージー州 0 7 7 3 3 ホルムデル パーガンディー ドライヴ 1

F ターム(参考) 5F173 AA23 AA47 AA56 AB72 AC46 AF98 AH03 AH14 AP05 AP09

AP52 AP54 AR96