

(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2004-535058  
(P2004-535058A)

(43) 公表日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(51) Int.C1.<sup>7</sup>HO1S 5/183  
HO1S 5/042

F1

HO1S 5/183  
HO1S 5/042 614

テーマコード(参考)

5FO73

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2002-564807 (P2002-564807)  
 (86) (22) 出願日 平成14年2月15日 (2002.2.15)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年8月14日 (2003.8.14)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2002/001656  
 (87) 國際公開番号 WO2002/065599  
 (87) 國際公開日 平成14年8月22日 (2002.8.22)  
 (31) 優先権主張番号 101 07 349.6  
 (32) 優先日 平成13年2月15日 (2001.2.15)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

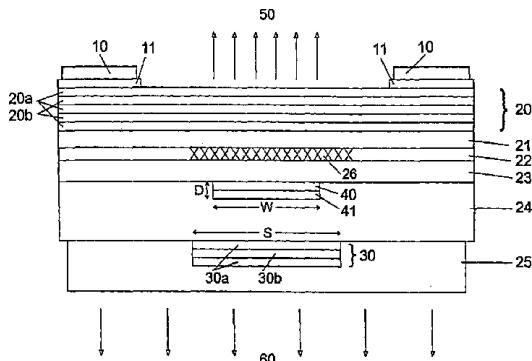
(71) 出願人 503294533  
 フエルティラス ゲーエムベーハー  
 ドイツ連邦共和国、ガルヒンク、リヒテン  
 ベルクシュトラーセ 8  
 (74) 代理人 100066692  
 弁理士 浅村 皓  
 (74) 代理人 100072040  
 弁理士 浅村 肇  
 (74) 代理人 100091339  
 弁理士 清水 邦明  
 (74) 代理人 100094673  
 弁理士 林 銘三  
 (72) 発明者 アマン、マルクス — クリストアン  
 ドイツ連邦共和国 ミュンヘン、アロンス  
 タブシュトラーセ 6

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】表面放射型半導体レーザ

## (57) 【要約】

本発明は、表面放射型の半導体レーザに関する。本発明の目的は、通常の雰囲気温度で動作しそして長期間にわたって安定に動作する半導体レーザを得ることである。この目的のために、前記半導体レーザは、P N接合を備えた活性領域と、活性領域のN形側に第1のN形不純物が添加された半導体の層と、活性領域のP形側にトンネル接触構造体と、ここで前記トンネル接触構造体は活性領域のP形側の第2のN形不純物が添加された半導体の層に対して導電性の接合を形成し、第2のN形不純物が添加された半導体の層の上に配置された誘電体ミラー構造体と、誘電体ミラーが配置されていない位置において第2のN形不純物が添加された半導体の層と接触を行う接触体層と、接触体層と第2のN形不純物が添加された半導体の層との間に拡散障壁体とを有する。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

PN遷移（PN接合）を備えた活性領域と、活性領域のN形側に第1のN形不純物が添加された半導体の層と、活性領域のP形側に配置され、活性領域のP形側の第2のN形不純物が添加された半導体の層に対して導電性の遷移（導電性の接合）を形成するトンネル接触構造体（トンネル接合）と、第2のN形不純物が添加された半導体の層に取り付けられた誘電体ミラー構造体と、誘電体ミラーが取り付けられていない点において第2のN形不純物が添加された半導体の層と接触体を形成する接触体層と、接触体層と第2のN形不純物が添加された半導体の層との間の拡散障壁体と、を有する表面放射型の半導体レーザ。10

**【請求項 2】**

請求項1記載の半導体レーザにおいて、拡散障壁体と第2の半導体の層との間に接着増進剤が備えられることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 3】**

請求項2記載の半導体レーザにおいて、接着増進剤がチタンの層から成ることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 4】**

請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、拡散障壁体が白金の層から成ることを特徴とする半導体レーザ。20

**【請求項 5】**

請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、反射率を増大するために誘電体ミラーと接触体層との間に金属被覆層が備えられることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 6】**

請求項5記載の半導体レーザにおいて、金属被覆層が拡散障壁体と接触体層との間を通り正しく備えられることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 7】**

請求項5および請求項6のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、金属被覆層が金から成ることを特徴とする半導体レーザ。30

**【請求項 8】**

請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、接触体層が金または銀から成ることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 9】**

請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、誘電体ミラーが半導体材料よりも小さな熱抵抗値を有することを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 10】**

請求項1ないし請求項9のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、第2のN形不純物が添加された半導体の層がInPの半導体から成ることを特徴とする半導体レーザ。40

**【請求項 11】**

請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、接触体層が十分に厚く取り付けられて熱シンクとして作用することを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 12】**

請求項11記載の半導体レーザにおいて、接触体層の厚さが10μm以上であることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 13】**

請求項1ないし請求項12のいずれか1項に記載の半導体レーザにおいて、光の減結合が活性領域のN形側で起こることを特徴とする半導体レーザ。

**【請求項 14】**

請求項 1 3 記載の半導体レーザにおいて、活性領域の N 形側において基板が除去されることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 記載の半導体レーザにおいて、基板の除去にもかかわらず半導体レーザの機械的安定度を確実に得るために接触体層が十分に厚く取り付けられることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 1 6】

P N 遷移 ( P N 接合 ) を備えた活性領域と、活性領域の N 形側に第 1 の N 形不純物が添加された半導体の層と、活性領域の P 形側にトンネル接触構造体 ( トンネル接合 ) とを有する半導体レーザの中に拡散障壁体を製造する処理工程であって、ここで前記トンネル接触体が活性領域の P 形側の第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層に対し導電性の遷移 ( 導電性の接合 ) を形成し、ここで

第 1 の領域において拡散障壁体が第 2 の N 形不純物が添加された半導体層に取り付けられ、

第 2 の領域において誘電体ミラーが第 2 の N 形不純物が添加された半導体層に取り付けられ、

接触体層が少なくとも拡散障壁体の上に取り付けられる処理工程。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 記載の処理工程において、拡散障壁体が取り付けられる前に誘電体ミラーが取り付けられることを特徴とする処理工程。

【請求項 1 8】

請求項 1 6 記載の処理工程において、拡散障壁体が取り付けられた後に誘電体ミラーが取り付けられることを特徴とする処理工程。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 記載の処理工程において、誘電体ミラーが拡散障壁体と重なるように誘電体ミラーが取り付けられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 0】

請求項 1 6 ないし請求項 1 9 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、第 1 の領域中の拡散障壁体の前に接着増進剤が取り付けられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 1】

請求項 1 6 ないし請求項 2 0 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、接着増進剤としてチタンが用いられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 2】

請求項 1 6 ないし請求項 2 1 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、白金が拡散障壁体として用いられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 3】

請求項 1 6 ないし請求項 2 2 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、拡散障壁体および誘電体ミラーの表面の全体にわたって金属の接触体層が取り付けられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 記載の処理工程において、金または銀が接触体層として用いられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 5】

請求項 1 6 ないし請求項 2 4 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、接触体層が誘電体ミラーの上に取り付けられる前に金属被覆層が取り付けられることを特徴とする処理工程。

【請求項 2 6】

請求項 1 6 ないし請求項 2 4 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、誘電体ミラーおよび拡散障壁体の表面の全体に接触体層が取り付けられる前に金属被覆層が取り付けられることを特徴とする処理工程。

10

20

30

40

50

**【請求項 27】**

請求項 25 および請求項 26 のいずれか 1 項に記載の処理工程において、金属被覆層が金から成ることを特徴とする処理工程。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、PN遷移（PN接合）を有する活性領域を備えた表面放射型の半導体レーザに関する。

**【背景技術】****【0002】**

半導体レーザは、原理的には、誘導放射によって小さなスペクトル幅を有するコヒーレント光を発生しそして指定された方式でコヒーレント光を放射する流れの方向に動作する半導体ダイオードである。レーザ過程のために必要である分布の反転は、PN遷移の中に電流を注入することによって達成される。このことを支援する目安としては、出発の材料は不純物が多量に添加されている材料であることであるであろう。電子とホールが空間的に相互に隣接しているPN遷移の領域の中において、誘導放射を行う再結合が起こる。

**【0003】**

最も単純な場合には、PN遷移に対して直角に配置された2つの対向するミラーによって光共振器が形成される。この構造では、光の放射は注入される電流に対して垂直な平面の中で起こる。

**【0004】**

またはそれとは異なって、活性領域の面に垂直に放射が起こる表面放射型の半導体レーザ・ダイオードは既に知られている。（英語では：垂直共振器表面放射型レーザ・ダイオード、VCSEL（vertical-cavity surface-emitting laser diode））。

**【0005】**

米国特許第5,936,266号は表面放射型の半導体レーザを開示している。この開示されている半導体レーザでは、活性領域のP形側とN形不純物が添加された半導体レーザとの間に導電性の遷移を生ずるために、表面全体の上にトンネル接触体が用いられている。このことは、N形不純物が添加された半導体の層がまた活性領域のP形側に用いることができるることを意味し、そしてその結果、N形不純物が添加された半導体の改良された導電率のために10倍～30倍も小さな直列電気抵抗値が得られる。けれども、表面全体の上のトンネル接触体の1つの欠点は、電流を制御して導くために付加的な酸化物層を備えなければならないことである。その結果、半導体レーザは全体として構造が複雑になり、そして熱的に好ましくない構造になる。

**【0006】**

米国特許第6,052,398号は、トンネル接触構造体を有する表面放射型の半導体レーザを開示している。この開示されている半導体レーザでは、共振器は2つの半導体ミラーによって形成される。ここでの問題点は、ミラーの1つを通して熱を放出しなければならないことである。これらのミラーは通常は3元または4元の混合結晶から成っており、したがってそれらの熱伝導率はあまりよくない。それとは異なって、米国特許第6,052,398号は活性領域のP形側に誘電体ミラーを用いることをまた開示しているが、このまた別の解決法に付随する特別の利点についてはなんら説明していない。実際、この解決法は利用されていない。その利用されていない理由は、反射性の接触体層（通常は金または銀）が隣接する半導体層の中に拡散することがあるからであり、その結果、長期間にわたる安定性が保証されないからである。

**【発明の開示】****【0007】**

本発明の目的は、通常の雰囲気温度で動作することができそして長期間にわたって特性が安定している半導体レーザを得ることである。

**【0008】**

10

20

30

40

50

この問題は、請求項 1 の特徴を有する半導体レーザによって解決される。具体的にいえば、本発明による特徴は、P N 遷移を有する活性領域と、この活性領域の N 形側に第 1 の N 形不純物が添加された半導体の層と、活性領域の P 形側にトンネル接触構造体（トンネル接合）と、ここでトンネル接触構造体（トンネル接合）は活性領域の P 形側の第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層に対して導電性の遷移すなわち導電性の接合を形成し、第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層に取り付けられた誘電体ミラー構造体と、誘電体ミラーが取り付けられていない点において第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層に対する接触体を形成する接触体層と、この接触体層と第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層との間の拡散障壁体と、を備えた表面放射型の半導体層を有することである。

【 0 0 0 9 】

10

本発明によるこの解決法は、活性領域の P 形側において、その上に配置された N 形不純物が添加された半導体の層が誘電体ミラーおよびまた拡散障壁体の両方によって接触体層から封止されることが発見されたことに基づいている。接触体層は熱シンクを形成し、そしてそれにより熱を効果的に取り除くことができる。具体的には、良好な熱シンクを作成するためには金または銀が適切である。けれども、これらの層からの成分が第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層の中に拡散することがあり、そして半導体の層を破壊することができる。したがって、拡散障壁体は誘電体ミラーと一緒にになって、接触体層からの成分が第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層の中に拡散することを防止し、そして最悪の場合でも、活性領域の中に入ることを防止そしてその中で放射再結合するのを抑止する。このようにして、半導体レーザが熱的に最適である構成を達成するために、熱シンクに対する材料を自由に選定することができる。

【 0 0 1 0 】

20

拡散障壁体を取り付けのための本発明による処理工程は、請求項 1 6 の特徴を有している。この処理工程では、第 1 の領域において拡散障壁体が第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層に取り付けられ、そして第 2 の領域において誘電体ミラーが第 2 の N 形不純物が添加された半導体の層に取り付けられ、そして接触体層が拡散障壁体の少なくとも上に取り付けられる。

【 0 0 1 1 】

30

要約をすれば、本発明による半導体レーザは下記の利点を有する。

【 0 0 1 2 】

30

- 活性領域の P 形側にトンネル接触構造体（トンネル接合）が配置される結果として、活性領域の P 形側の残りの半導体の層は N 形不純物が添加された層ができる。N 形不純物が添加された半導体の導電率が大幅に改良されるために、その直列電気抵抗値が約 10 倍～30 倍も小さくなるという結果が得られる。

【 0 0 1 3 】

- 活性領域の N 形側の第 1 の N 形不純物が添加された半導体の層は、帶電したキャリアを含む層としての役割を果たす。

【 0 0 1 4 】

40

- P 形側に、反射率の大きい誘電体ミラーが用いられる。反射率を増大するために、金属の被覆層を備えることができる。

【 0 0 1 5 】

- 热は P 形側を通して取り除かれる。すなわち本質的には、热抵抗値の小さい誘電体ミラーおよびトンネル接触体、すなわちトンネル接合、を通して热が取り除かれる。

【 0 0 1 6 】

- 热の拡散と除去のために、活性領域と誘電体ミラーとの間に热伝導性の層（例えば、2 元 InP 層）を用いることができる。

【 0 0 1 7 】

50

- 集積化された金属の热シンク、例えば、ガルバニ電気的に作成された金属の热シンクが P 形側の大きな面積領域にわたって備えられ、それにより効率的な热の除去を得ることができる。この金属の層により、機械的な安定性も同時に得られる。この機械的な安定性は

、例えばエピタクシャルなミラーと空気との間の屈折率の違いを大きくするために、N形側の上で基板が完全に除去される時に特に利点が得られる。

#### 【0018】

- 光の減結合が（活性層に基づいて）N形側を通して実行されることが好ましく、それにより部分的に吸収するトンネル接触体が光の減結合とは反対側に配置され、その結果、大きな照明パワーを達成することができる。

#### 【0019】

独立した保護が探索されることに対するまた別の本発明の解決法は、誘電体ミラーの中に構成にある。従来の誘電体ミラーは3元または4元の混成結晶から成っていて、それに対応して熱伝導率は良くない。この熱伝導率を改良するために、米国特許第6,052,398号はエピタクシャルなGaAs/AlAsの変性ミラーを用いることを提案している。この2元材料は、実際に、良好な熱伝導率を有している。しかし、この2元材料は隣接する層に対する格子の整合は良くない。このことは結晶のずれの結果として、長期間にわたっては限定的な安定性だけが達成される。

#### 【0020】

したがって、独立した本発明の解決法として、2元材料の層が隣接する層に対して平均として良好な格子整合が得られるように、交代するシリーズの2元材料の層を誘電体ミラーに対して備えることが提案される。例えば、2元材料の層の平均の格子間隔が隣接する半導体の層の格子間隔に対応するように、2元材料の層は、それぞれの場合に厚さが3nmの層を有するInAsおよびGaAsの交代する層から成ることができる。

#### 【0021】

この解決法はそれ自身で実施することができる、または請求項1および請求項16に従つて前記で説明した解決法と共に実施することができる。

#### 【0022】

その他の好ましい実施例は補助的な請求項から明らかになるであろう。これらの補助的な請求項に列挙されている特徴および後で説明される特徴は、当然に、指定された組合せだけでなくまた他の組合せまたはそれ自身で用いることができる。

#### 【0023】

1つの好ましい実施例により、拡散障壁体と第2の半導体の層との間に接着増進剤が備えられる。この接着増進剤はチタンの層から成ることが好ましい。そして、拡散障壁体は白金の層から成ることが好ましい。それに加えて、誘電体ミラーと接触体層との間の反射率を増大するために、金属の被覆層を備えることができる。製造工程を簡単にするために、金属の被覆層は拡散障壁体と接触体層との間を通して正しく備えることができる。金属被覆層に対する適切な材料は金であり、そして接触体層に対する適切な材料は金または銀である。

#### 【0024】

誘電体ミラーは、例えば誘電体の/4の層の複数の対から成り、そして例えばMgF<sub>2</sub>およびSiのような屈折率が大幅に異なる材料から作成されることが好ましい。

#### 【0025】

もし誘電体ミラーの熱抵抗値が半導体材料の熱抵抗値よりも小さいならば、このことは指示された熱の伝導を確実に起こさせるので特に利点である。この目的のために、例えば第2のN形不純物が添加された半導体の層はInP半導体から成ることができる。

#### 【0026】

また別の好ましい実施例により、接触体層は熱シンクとして作用するように十分に厚く取り付けられる。接触体層は表面の全体に取り付けられることが好ましく、そしてまた接触体層は誘電体ミラーを被覆することが好ましい。接触体層の厚さは、例えば10μmであることができる。また別の好ましい実施例により、光の減結合は活性領域のN形側で起こる。この理由のために、活性領域のN形側から基板を除去することが好ましい。

#### 【0027】

下記において添付図面を参照しながら種々の実施例について本発明をさらに詳細に説明す

10

20

30

40

50

る。

【実施例】

【0028】

まず図1～図5を参照して本発明の5つの実施例を説明する。これらのすべての実施例に共通していることは、活性領域のP形側に、N形不純物が添加された半導体と接触体層との間に拡散障壁層を有していることである。この拡散障壁層を作成する処理工程の段階は、図6および図7を参照して説明する。

【0029】

図1は、本発明の第1の実施例を示した図である。電流は、N形の接触体(10)と下側のP形の接触体(25)とを通して供給される。P形の接触体(25)は、同時に、集積化された熱シンクとしても動作する。N形の接触体(10)は、オプションとして、不純物が多量に添加された接触体層(11)に取り付けることができる。光は上方向(50)に放射され、一方、熱は集積化された熱シンク(25)を通して、例えば銅のハウジングに下方向(60)に取り去られる。活性層(22)の中に活性レーザ領域(26)が配置される。活性層(22)は、強化された多重層構造(英語では、多重量子ウエル、すなわちMQW (Multiquantum well) 構造)であることが好ましい。活性レーザ領域の横方向の寸法は、P形不純物が多量に添加された層(40)とN形不純物が多量に添加された層(41)とから成るトンネル接触構造体すなわちトンネル接合を通して流れる電流と、層(23)の中の電流の横方向の広がりと、活性層(22)の中の電荷キャリアの拡散によって決定される。P形不純物が多量に添加された層(40)およびN形不純物が多量に添加された層(41)は、横方向には例えば円形(直径W)の構造を有している。活性領域の中に注入された電子およびホールの垂直方向の限界は、それぞれ、N形不純物が添加された境界層(21)およびP形不純物が添加された境界層(23)によって与えられる。

【0030】

先行技術によりエピタクシャルに作成されたミラー(20)が、N形側の上に配置される。ミラー(20)は、例えば、異なる屈折率を有する2つの半導体材料(20a)および(20b)の1/4の層の複数の対(例えば36対)を有する。下側のミラー(30)は、例えばMgF<sub>2</sub>(30a)およびSi(30b)のような1/4の誘電体の層の対(30a)および(30b)の複数の対(例えば1.5対または2.5対)から成る。集積化された熱シンク(25)との下側インタフェースによる反射によって、特に集積化された熱シンク(25)がもし金または銀のような反射率の大きい材料から成るならば、その反射率は付加的に増大する。

【0031】

垂直方向には、トンネル接触体は最少量の電磁界の中にあるように配置される。それにより、不純物が多量に添加された層および吸収性の層(41)および(42)の中の光損失はない、または無視できる位に非常に小さい。同じ理由により、トンネル接触体はできるだけ薄くなければならない。好ましい全体の厚さDは、1.3μmないし1.55μmのVCSELに対して、20nmないし60nmである。P形側の第2の半導体の層(24)には、トンネル接触体の特徴によりN形不純物を(多量に)添加することができる、または層(23)の近くでは不純物添加濃度が小さいがミラー(30)および集積化された熱シンク(25)に向かって下側では不純物添加濃度が大きくなるように、N形不純物の添加濃度が勾配を有することができる。いずれの場合にも、トンネル接触体の近傍には阻止用のNPN構造体が存在し、このNPN構造体はこの点において電流を阻止し、それにより全電流はトンネル接触体を通って活性層の中に流れる。活性領域からの熱の流れを改善するためにおよび熱の流れを(例えば、直径Sの数倍に)に拡大するために、層(24)は好ましくは良好な熱伝導率を有しなければならない。それにより、全体的に加熱されることが小さくなるという利点が得られる。

【0032】

N形不純物が添加された層(24)のインピーダンスが小さいために、絶縁性の誘電体ミ

10

20

30

40

50

ラー(30)の近傍の電流の横方向の供給は、大幅な電気的損失がなくそして熱の発生もなく行うことができる。誘電体ミラー(30)の横方向の寸法Sは、トンネル接触体の横方向の寸法Wと少なくとも同程度には大きいように選定されることが好ましい。活性レーザ領域(26)の増幅および熱レンズ作用による導波作用の結果として、光の電界の横方向の拡大が活性レーザ領域の寸法にほぼ限定されるので、もし寸法SがW(1.3μmおよび1.55μmのVCSELに対して典型的には2μm~20μmである)よりも約3μm~8μm大きいならば、それは特に有用である。

【0033】

図2は、本発明の第2の実施例を示した図である。図1とは異なって、製造工程はトンネル接触体の構造が層(24)の表面の中にエピタクシャルに過剰成長することに投影されるような製造工程である。この結果、横方向導波作用が増大する。この横方向導波作用は、トンネル接触体および活性層(26)と自己調整方式で精密に整合している。処理工程のコースに応じて、トンネル接触体の投影を広げるまたは縮小することができ、したがって光の電界の横方向の限界が広い範囲にわたって影響されることが可能になる。レーザの性質を最適化するために、この方法は下記で説明される種々の変更構造体と組み合わせることができる。

【0034】

図3は、本発明の第3の実施例を示した図である。ここで明らかに強調されていることは、反射率の大きい金属の層(30c)を誘電体ミラー(30)の全体に付加的に取り付けられていることであり、それにより大きな反射率を生ずることができることである。この大きな反射率は、この実施例では、集積化された熱シンクおよび接触体層(25)の性質に応じて変化することはない。

【0035】

図4は、本発明の第4の実施例を示した図である。この実施例では、N形不純物が多量に添加された中間の接触体層(70)を横方向に挿入することによって、P形側の接触体層(25)に対する接触抵抗値を小さくすることができる。例えば、層(24)はN形不純物が添加された熱伝導率の大きなInPから成ることができ、そして中間の接触体層(70)はN形不純物が多量に添加されたInGaAsから成ることができる。このN形不純物が多量に添加されたInGaAsの中間の接触体層は、非常に小さな接触抵抗値を有する。

【0036】

図5は、本発明の第5の実施例を示した図である。図4によるN形不純物が添加された中間の接触体層はInGaAsの場合のように熱の伝導はあまりよくなないので、この第5の実施例により、中間の接触体層(70)による小さなインピーダンスの接触体および窓(71)を通してまた熱を良好に放出することの両方が可能になる。このことは、誘電体ミラー(30)と中間の接触体層(70)との間に中間のスペースが備えられてそれを通して熱が流出することができるという事実によっている。したがって、領域(71)の横方向の幅は層(24)の厚さよりも大きいことが好ましい。

【0037】

図6は、第1の実施例による拡散障壁体を製造する3つの処理工程段階を示した図である。

【0038】

第1の段階(a)では、拡散障壁体601が第1の領域に取り付けられ、一方、第2の領域602はマスクされる。拡散障壁体は例えば白金(Pt)から成ることができる。下側のN形不純物が添加された半導体の層に対する良好な接着を得るために、白金の層のすぐ下にチタンの層を取り付けることができる。最後に、白金の層に対して金の層を取り付けることができる。したがってこの形式においては、拡散障壁体はTi/Pt/Auの層で構成される。

【0039】

第2の段階(b)では、誘電体ミラー603が第2の領域602に取り付けられる。点6

10

20

30

40

50

05、606において、拡散障壁体601との一定量の重なりが許容される。このような重なりの利点は、誘電体ミラーと拡散障壁体との間の密封を保証することができることであり、それにより接触体層からN形不純物が添加された半導体の層の中に拡散する可能性を安全に排除することができる。

【0040】

最後に第3の段階(c)では、金の層604が誘電体ミラー603に取り付けられる。

【0041】

図7は、第2の実施例による拡散障壁体の作成のための3つの処理工程段階を示した図である。図6による処理工程段階との主要な違いは次の通りである。すなわち、第1の処理工程段階(a)ではまず誘電体ミラーが取り付けられ、そして次に第2の処理工程段階(b)では次に拡散障壁体702が取り付けられる。拡散障壁体は、前記で説明したように層Ti/Pt/Auのシーケンスで順番に構成されることができる。次に第3の処理工程段階(c)では、金の層703が誘電体ミラーに取り付けられる。図7に示された処理工程のシーケンスでは、前記のように、誘電体ミラーとそのすぐ下のN形不純物が添加された半導体の層との間の拡散を防止するために、マスキングを精密に調整しなければならない。

10

【0042】

最後に、表1は本発明による半導体ダイオードに対するいくつかの典型的にデータを示した表である。この表の第1の列の番号は、図の中の参照番号を示している。

20

【0043】

表1：波長が $1.55\mu m$ の場合の本発明による半導体ダイオードに対する典型的なデータ。

$g$ はバンド・スペーシングに対応する波長を表す。

【表1】

番号	材料	不純物添加濃度 (cm <sup>-3</sup> )	厚さ (nm)	直径 (μm)	注
10	Ti:10nm Pt:20nm Au:500nm		約 530	内側に55 外側に240	
11	InGaAs (InPに整合した 格子)	$n=5 \times 10^{19}$	100	内側に50 外側に250	
20	InAlAs (屈折率約3.48)	$n=2 \times 10^{18}$	111	250	
	20a 20b	InAlAs (屈折率約 3.2)	$n=2 \times 10^{18}$	121	250 36回繰 返し
21	InAlAs	$n=5 \times 10^{17}$	50	250	
22	InGaAlAs ( $\lambda g=1.1 \mu m$ ):20nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.7 \mu m$ ):8nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.1 \mu m$ ):7nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.7 \mu m$ ):8nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.1 \mu m$ ):7nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.7 \mu m$ ):8nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.1 \mu m$ ):7nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.7 \mu m$ ):8nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.1 \mu m$ ):7nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.7 \mu m$ ):8nm InGaAlAs ( $\lambda g=1.1 \mu m$ ):20nm	添加せず	108	250	
23	InAlAs	$p=5 \times 10^{17}$	50	250	
24	InP	$n=1 \sim 5 \times 10^{18}$			
25	Ti:10nm Pt:20nm Au:50μm		約50μm	250	
30	MgF <sub>2</sub>		280	12	2×
	30b Si		110	12	1×
40	InGaAlAs ( $\lambda g=1.4 \mu m$ )	$p=10^{20}$	20	8	
41	InGaAs (InPに整合した 格子)	$n=10^{20}$	20	8	
50	光出力開口部		約50μm		
60	熱の放出		約250μm		

10

20

30

40

【 0 0 4 4 】

【図1】本発明の第1の実施例の図である。

【図2】本発明の第2の実施例の図である。

【図3】本発明の第3の実施例の図である。

【図4】本発明の第4の実施例の図である。

【図5】本発明の第5の実施例の図である。

【図6】第1の実施例により拡散障壁体を作成する3つの処理工程段階を示した図である

。

【図7】第2の実施例により拡散障壁体を作成する3つの処理工程段階を示した図である

。

## 【国際公開パンフレット】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. August 2002 (22.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/065599 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: H01S 5/183

Markus-Christian [DE/DE]; Aronsalstrasse 6, 80935

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/01656

München (DE); ORTSIEFER, Markus [DE/DE]; Am Waldhübel 3, 94227 Zwiesel (DE)

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. Februar 2002 (15.02.2002)

(74) Anwalt: JOPPICH, Martin; Hössle &amp; Kudlek, Holzstrasse 26, 80469 München (DE)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AI, AM, AT,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CI, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(30) Angaben zur Priorität:  
101 07 349.6 15. Februar 2001 (15.02.2001) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): VERTILAS GMBH [DE/DE]; Karl-Richter-Strasse 4, 80939 München (DE).

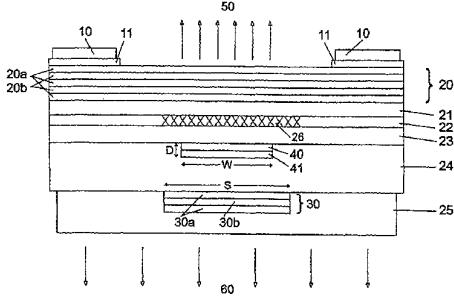
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER

(54) Bezeichnung: OBERFLÄCHENEMITTIERENDER HALBLEITERLASER



WO 02/065599 A2



(57) Abstract: The invention relates to a surface-emitting type semiconductor laser. The invention aims at providing a semiconductor laser that is to be operated under normal ambient temperatures and that has a stable long-term behavior. To this end, said semiconductor laser comprises an active zone having a pn junction; a first n-doped semiconductor layer on the n side of the active zone; a structured tunnel contact on the p side of the active zone, which forms a conductive junction to a second n-doped semiconductor layer on the p side of the active zone; a structured dielectric mirror that is placed on the second n-doped semiconductor layer; a contact layer establishing contact to the second n-doped semiconductor layer at the site in which the dielectric mirror is not located; and a diffusion barrier between the contact layer and the second n-doped semiconductor layer.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

## WO 02/065599 A2



TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:** — ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**  
— hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstaaten

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ. Um einen Halbleiterlaser bereitzustellen, der unter normalen Umgebungstemperaturen zu betreiben ist und ein stabiles Langzeitverhalten aufweist, umfasst der Halbleiterlaser eine einen p-n-Übergang aufweisende aktive Zone, eine erste n-dotierte Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, einen strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen Ionenübergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet, einen strukturierten dielektrischen Spiegel, der auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht aufgebracht ist, eine Kontaktsschicht, die einen Kontakt zur zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und eine Diffusionsbarriere zwischen der Kontaktsschicht und der zweiten n-dotierten Halbleiterschicht.

**Oberflächenemittierender Halbleiterlaser**

Die Erfindung betrifft einen Halbleiterlaser vom  
15 oberflächenemittierenden Typ mit einer einen pn-Übergang  
aufweisenden aktiven Zone.

Halbleiterlaser stellen im Prinzip eine in Flussrichtung  
betriebene Halbleiterdiode dar, die durch stimuliertes  
20 Emission kohärentes, spektral schmalbandiges Licht erzeugt  
und gerichtet abstrahlt. Die für den Laserprozess  
notwendige Besetzungsinversion wird durch eine  
Strominjektion in den pn-Übergang erreicht. Als  
unterstützende Maßnahme kann eine hohe Dotierung des  
25 Ausgangsmaterials vorgesehen sein. Im Bereich des pn-  
Übergangs, in dem die Elektronen und Löcher räumlich  
benachbart vorliegen, erfolgt dann die induzierte  
strahlende Rekombination.

30 Der optische Resonator wird im einfachsten Fall aus zwei  
gegenüberliegenden, zum pn-Übergang senkrecht stehenden  
optischen Spiegeln gebildet. In dieser Bauform findet eine  
Emission in der Ebene senkrecht zur Strominjektion statt.

35 Alternativ dazu sind auch bereits oberflächenemittierende  
Halbleiterlaserdioden bekannt geworden, bei denen eine

- 5 Emission senkrecht zur Ebene der aktiven Zone erfolgt.  
(engl: vertical-cavity surface-emitting laser diode,  
VCSEL).
- 10 Aus US 5 936 266 ist ein Halbleiterlaser vom  
oberflächenemittierenden Typ bekannt, bei dem ein  
ganzflächiger Tunnelkontakt dazu verwendet wird, um einen  
leitenden Übergang zwischen der p-Seite der aktiven Zone  
und einer n-dotierten Halbleiterschicht zu schaffen.  
Hierdurch wird die Verwendung von n-dotierten  
15 Halbleiterschichten auch auf der p-Seite der aktiven Zone  
möglich, wodurch sich aufgrund der besseren elektrischen  
Leitfähigkeit n-dotierter Halbleiter 10-30fach niedrigere  
elektrische Serienwiderstände ergeben. Ein Nachteil des  
ganzflächigen Tunnelkontakte bestehen allerdings darin, dass  
20 zusätzliche Oxidschichten zur gezielten Stromführung  
vorgesehen sein müssen, die insgesamt zu einem aufwendigen  
und thermisch ungünstigen Aufbau des Halbleiterlasers  
führen.
- 25 Aus US 6 052 398 ist ein Halbleiterlaser vom  
oberflächenemittierenden Typ bekannt, der einen  
strukturierten Tunnelkontakt aufweist, wobei der Resonator  
durch zwei Halbleiterspiegel gebildet wird. Hierbei besteht  
das Problem, dass die Wärme über einen der Spiegel  
30 abgeführt werden muss, die üblicherweise aus ternären oder  
quaternären Mischkristallen mit dementsprechend schlechter  
thermischer Leitfähigkeit bestehen. Alternativ nennt die US  
6 052 398 auch die Verwendung eines dielektrischen Spiegels  
auf der p-Seite der aktiven Zone, ohne dass für diese  
35 Alternativlösung besondere Vorteile genannt werden. In der  
Praxis wird diese Lösung zudem nicht eingesetzt, da

- 5 reflektierende Kontaktsschichten (in der Regel Gold oder Silber) in die angrenzenden Halbleiterschichten eindiffundieren können, so dass eine Langzeitstabilität nicht gewährleistet ist.
- 10 Aufgabe der Erfindung ist es, einen Halbleiterlaser bereitzustellen, der unter normalen Umgebungstemperaturen zu betreiben ist und ein stabiles Langzeitverhalten aufweist.
- 15 Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiterlaser mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Im einzelnen umfassen die erfindungsgemäßen Merkmale einen Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ, mit einer 20 ersten n-dotierten Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, mit einem strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet, mit einem strukturierten 25 dielektrischen Spiegel, der auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht aufgebracht ist, mit einer Kontaktsschicht, die einen Kontakt zur zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und mit einer Diffusionsbarriere 30 zwischen der Kontaktsschicht und der zweiten n-dotierten Halbleiterschicht.

Die erfindungsgemäße Lösung beruht auf der Erkenntnis, dass auf der p-Seite der aktiven Zone die dort befindliche n-dotierte Halbleiterschicht sowohl mit einem dielektrischen Spiegel, als auch mit einer Diffusionsbarriere gegenüber

5 einer Kontaktsschicht abgeschlossen wird. Die Kontaktsschicht bildet eine Wärmesenke und ermöglicht damit eine effektive Wärmeableitung. Zur Bildung einer guten Wärmesenke bieten sich insbesondere Gold oder Silber an. Es wurde allerdings festgestellt, dass Komponenten aus diesen Schichten in die 10 zweite n-dotierte Halbleiterschicht diffundieren und diese zerstören können. Die Diffusionsbarriere verhindert daher gemeinsam mit dem dielektrischen Spiegel, dass Komponenten aus der Kontaktsschicht in die zweite n-dotierte Halbleiterschicht diffundieren und dabei im schlimmsten 15 Fall in die aktive Zone geraten und dort die strahlende Rekombination unterdrücken. Damit besteht für die Materialwahl der Wärmesenke freie Hand, so dass insgesamt ein thermisch optimierter Aufbau eines Halbleiterlasers realisiert werden kann.

20

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Aufbringen einer Diffusionsbarriere besteht aus den Merkmalen des Patentanspruchs 16, bei dem in einem ersten Bereich auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht die Diffusionsbarriere 25 aufgebracht wird, bei dem in einem zweiten Bereich auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht ein dielektrischer Spiegel aufgebracht wird, und bei dem die Kontaktsschicht zumindest über die Diffusionsbarriere aufgebracht wird.

30

Zusammenfassend weist der erfindungsgemäße Halbleiterlaser die folgenden Vorteile auf:

- Durch den strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone können die restlichen Halbleiterschichten auf der p-Seite der aktiven Zone 35 n-dotiert sein. Dadurch ergeben sich aufgrund der

- 5 wesentlich besseren elektrischen Leitfähigkeit n-dotierter Halbleiter ca. 10-30 fach niedrigere elektrische Serienwiderstände.
- 10 - Die erste n-dotierte Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone dient als Ladungsträgereinschlußschicht.
- 15 - Auf der p-Seite wird ein hochreflektierender dielektrischer Spiegel verwendet. Zur Reflektivitätssteigerung kann eine metallische Abschlußschicht vorgesehen sein.
- 20 - Die Wärmeabfuhr erfolgt über die p-Seite, d. h. im wesentlichen durch den Tunnelkontakt und den dielektrischen Spiegel, der einen niedrigen thermischen Widerstand aufweisen kann.
- 25 - Zwischen dem aktiven Bereich und dem dielektrischen Spiegel kann eine thermisch gut leitende Schicht (z. B. eine binäre InP-Schicht) zur Aufweitung und Abfuhr der Wärme eingesetzt werden.
- 30 - Eine integrierte, z.B. galvanisch hergestellte, metallische Wärmesenke, die auf der p-Seite großflächig aufgebracht wird, kann für eine effiziente Wärmeabfuhr sorgen. Die Metallschicht kann gleichzeitig als mechanische Stabilisation dienen, die insbesondere dann vorteilhaft ist, wenn auf der n-Seite das Substrat komplett entfernt wird, um z.B. einen erhöhten Brechzahlsprung zwischen dem epitaktischen Spiegel und Luft zu erhalten.
- 35

5

- Die Lichtauskopplung erfolgt vorzugsweise über die n-  
Seite (bezogen auf die aktive Schicht), so daß sich  
der teilweise absorbierende Tunnelkontakt auf der der  
Lichtauskopplung entgegengesetzten Seite befindet,  
10 wodurch höhere Lichtleistungen erzielt werden können.

Eine weitere erfinderische Lösung, für die selbstständiger Schutz nachgesucht wird, besteht in der Ausgestaltung des dielektrischen Spiegels. Übliche dielektrische Spiegel  
15 bestehen aus ternären oder quaternären Mischkristallen mit dementsprechend schlechter thermischer Leitfähigkeit. Zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit wird in US 6,052,398 die Verwendung eines metamorphen Spiegels aus epitaktischem GaAs / AlAs vorgeschlagen. Dieser binäre Stoff weist zwar  
20 eine bessere Wärmeleitfähigkeit auf, verfügt allerdings über eine schlechte Gitteranpassung zu den angrenzenden Schichten, so dass infolge von Kristallversetzungen nur eine geringe Langzeitstabilität erreicht werden kann.

25 Als selbständige erfinderische Lösung wird daher vorgeschlagen, für den dielektrischen Spiegel eine abwechselnde Abfolge von binären Schichten derart vorzusehen, dass die binären Schichten im Mittel eine gute Gitteranpassung zu den angrenzenden Schichten aufweisen.

30 Beispielsweise können die binären Schichten abwechselnd aus InAs und GaAs mit Schichtdicken von jeweils 3nm bestehen, so dass der mittlere Gitterabstand der binären Schichten mit der angrenzenden Halbleiterschicht übereinstimmt.

5 Diese Lösung kann in Alleinstellung oder in Kombination mit der oben beschriebenen Lösung gemäß den Ansprüchen 1 und 16 verwirklicht werden.

10 Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Selbstverständlich sind die darin genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar.

15 Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist zwischen der Diffusionsbarriere und der zweiten Halbleiterschicht ein Haftvermittler vorgesehen. Vorzugsweise besteht der Haftvermittler dabei aus einer Titanschicht und die 20 Diffusionsbarriere aus einer Platinschicht. Außerdem kann zur Reflektivitätssteigerung zwischen dem dielektrischen Spiegel und der Kontaktsschicht eine metallische Abschlusssschicht vorgesehen sein. Zur Vereinfachung der Produktionsschritte kann die metallische Abschlußschicht 25 durchgängig auch zwischen der Diffusionsbarriere und der Kontaktsschicht vorgesehen sein.

30 Als Materialien eignen sich für die metallische Abschlusssschicht Gold und für die Kontaktsschicht Gold oder Silber.

Der dielektrische Spiegel besteht beispielsweise aus mehreren dielektrischen  $\lambda/4$ -Schichtpaaren, vorzugsweise gebildet aus Materialien mit großem 35 Brechungsindexunterschied wie z.B.  $\text{MgF}_2$  und Si.

5 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der dielektrische Spiegel einen gegenüber den Halbleitermaterialien niedrigeren Wärmewiderstand aufweist, da hierdurch eine gerichtete Wärmeleitung erzielt wird. Die zweite n-dotierte Halbleiterschicht kann hierzu beispielsweise aus einem InP-  
10 Halbleiter bestehen.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Kontaktsschicht derart dick aufgetragen ist, dass sie als Wärmesenke wirkt. Vorzugsweise ist dabei  
15 die Kontaktsschicht ganzflächig aufgetragen und überdeckt auch den dielektrischen Spiegel. Die Dicke der Kontaktsschicht kann beispielsweise 10 $\mu$ m betragen.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Lichtauskopplung auf der n-Seite der aktiven Zone erfolgt. Vorzugsweise wird hierzu das Substrat auf der n-Seite der aktiven Zone entfernt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand verschiedener Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung,  
30 Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung,  
Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung,  
Fig. 4 ein vieres Ausführungsbeispiel der Erfindung,  
35 Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung,

5

Fig. 6 drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer ersten Ausführungsform und

10 Fig. 7 drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer zweiten Ausführungsform.

15 Anhand der Figuren 1 bis 5 werden zunächst fünf Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Allen Ausführungsbeispielen gemeinsam ist eine Diffusionsbarriere zwischen der Kontaktsschicht und der n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone. Die Prozessschritte zur Ausbildung der Diffusionsbarriere werden anhand der Figuren 6 und 7 erläutert.

20 Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Stromzuführung erfolgt über den unteren p-Kontakt (25), der gleichzeitig als integrierte Wärmesenke fungiert, und die n-Kontakte (10), die optional auf einer hochdotierten Kontaktsschicht (11) aufgebracht sein können. Der Lichtaustritt erfolgt nach oben (50), während die Wärme über die integrierte Wärmesenke (25) nach unten (60) z. B. auf ein Kupfergehäuse abgeführt wird. Der laseraktive Bereich (26) befindet sich innerhalb der aktiven Schicht (22), die vorzugsweise aus einer verspannten Vielschichtstruktur besteht (engl.: Multiquantumwell: MQW-Struktur). Die seitlichen Abmessungen des laseraktiven Bereichs werden durch den Stromfluss durch den aus einer hoch p-dotierten Schicht (40) und einer hoch n-dotierten Schicht (41) bestehenden, seitlich z. B. kreisförmig

5 (Durchmesser W) strukturierten Tunnelkontakt, sowie durch die seitliche Stromaufweitung in der Schicht (23) und die Ladungsträgerdiffusion in der aktiven Schicht (22) bestimmt. Die vertikale Begrenzung der in den aktiven Bereich injizierten Elektronen und Löcher wird durch die n-  
10 bzw. p-dotierten Begrenzungsschichten (21) und (23) geleistet.

Auf der n-Seite befindet sich der gemäß dem Stand der Technik epitaktisch hergestellte Spiegel (20), der  
15 beispielsweise aus vielen (z. B. 36)  $\lambda/4$ -Schichtpaaren zweier Halbleitermaterialien (20a) und (20b) mit unterschiedlichen Brechzahlen besteht. Der untere Spiegel (30) besteht aus einigen (z. B. 1.5 oder 2.5) Paaren von dielektrischen  $\lambda/4$ -Schichtpaaren (30a) und (30b), wie z. B.  
20  $MgF_2$  (30a) und  $Si$  (30b). Seine Reflektivität wird zusätzlich durch die Reflexion an der unteren Grenzfläche zur integrierten Wärmesenke (25) erhöht, insbesondere dann, wenn diese aus hochreflektierenden Metallen wie Gold oder Silber besteht.

25 In vertikaler Richtung wird der Tunnelkontakt in ein Minimum des elektromagnetischen Feldes gelegt, damit keine bzw. vernachlässigbare optische Verluste in den hochdotierten und absorbierenden Schichten (41) und (42)  
30 auftreten. Aus demselben Grunde sollte der Tunnelkontakt möglichst dünn sein; günstige Werte für die Gesamtdicke D betragen 20 bis 60nm für 1.3-1.55 $\mu$ m VCSEL. Die zweite p-seitige Halbleiterschicht (24) kann aufgrund des Tunnelkontakte (hoch) n-dotiert sein oder einen Gradienten  
35 in der n-Dotierung mit niedrigeren Dotierungen an der Grenze zur Schicht (23) und höheren Dotierungen an der

- 5 Unterseite zum Spiegel (30) und der integrierten Wärmesenke (25) aufweisen. In jedem Fall besteht eine sperrende npn-Struktur neben dem Tunnelkontakt, die den Stromfluss dort blockiert, so dass der gesamte Strom durch den Tunnelkontakt in die aktive Schicht fließt. Die Schicht (24) sollte vorzugsweise eine gute thermische Leitfähigkeit besitzen, um den Wärmefluss aus dem aktiven Bereich zu verbessern und aufzuweiten (z. B auf ein Vielfaches des Durchmessers S) wodurch sich der Vorteil einer reduzierten Gesamterwärmung ergibt.
- 10
- 15 Aufgrund der Niederohmigkeit der n-dotierten Schicht (24) kann die seitliche Stromzuführung neben dem isolierenden dielektrischen Spiegel (30) ohne wesentliche elektrische Verluste bzw. ohne Wärmeerzeugung erfolgen. Die seitliche Abmessung S des dielektrischen Spiegels wird vorzugsweise mindestens so groß wie die seitliche Abmessung W des Tunnelkontakte gewählt. Besonders günstig ist es dabei, die Abmessung S um ca. 3-8µm größer als W (typ. 2-20µm bei 1.3µm und 1.55µm VCSELn) zu wählen, da die seitliche 20
- 25 Ausdehnung des optischen Feldes aufgrund der Wellenführung durch die Verstärkung und die thermische Linsenwirkung (thermal lensing) des laseraktiven Bereichs (26) etwa auf die Abmessung des laseraktiven Bereichs begrenzt wird.
- 30 Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung. Hier wird im Unterschied zu Fig. 1 der Herstellungsprozess so gestaltet, dass sich die Struktur des Tunnelkontakte bei der epitaktischen Überwachung in die Schichtoberfläche der Schicht (24) abbildet. Auf diese Weise entsteht eine verstärkte seitliche Wellenführung, die selbstjustierend 35 exakt auf den Tunnelkontakt und den aktiven Bereich (26)

5 ausgerichtet ist. Je nach Prozessführung kann dabei die Abbildung des Tunnelkontakte verbreitert oder verringert werden, womit sich die seitliche Begrenzung des optischen Feldes in weiten Grenzen beeinflussen lässt. Diese Methode lässt sich zur Optimierung der Lasereigenschaften 10 grundsätzlich mit den nachfolgend beschriebenen Strukturvarianten kombinieren.

Fig. 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Hier wird deutlich hervorgehoben, wie durch das Aufbringen 15 einer zusätzlichen hochreflektierenden metallischen Schicht (30c) auf den dielektrischen Spiegel (30) insgesamt eine hohe Reflektivität erzielt werden kann, die in dieser Ausführung nicht von den Eigenschaften der integrierten Wärmesenke und Kontaktsschicht (25) abhängt.

20 Fig. 4 zeigt ein vierter Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der p-seitige Kontaktwiderstand zur Kontaktsschicht (25) durch seitliches Einfügen einer hoch n-dotierten Zwischenkontakte schicht (70) 25 reduziert werden. Beispielsweise kann die Schicht (24) aus thermisch gut leitendem n-dotiertem InP und die Zwischenkontakte schicht (70) aus hoch n-dotiertem InGaAs bestehen, welches sehr niedrige Kontaktwiderstände ergibt.

30 Da die n-dotierte Zwischenkontakte schicht gem. Fig. 4 thermisch schlecht leitend sein kann, wie im Beispiel des InGaAs, zeigt Fig. 5 ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem sowohl ein niederohmiger Kontakt mittels der Zwischenkontakte schicht (70) als auch eine gute 35 Wärmeabfuhr durch das Fenster (71) ermöglicht wird, indem zwischen dem dielektrischen Spiegel (30) und der

- 5 Zwischenkontakte schicht (70) ein Zwischenraum geschaffen wird, über den die Wärme abfließen kann. Die seitliche Breite des Bereichs (71) ist daher vorzugsweise größer als die Dicke der Schicht (24).
- 10 Fig. 6 zeigt drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer ersten Ausführungsform.

In einem ersten Schritt (a) wird in einem ersten Bereich eine Diffusionsbarriere 601 aufgebracht, während ein zweiter Bereich 602 maskiert wird. Die Diffusionsbarriere kann beispielsweise aus Platin (Pt) bestehen. Um eine bessere Haftung mit der darunter liegenden n-dotierten Halbleiterschicht zu erreichen, kann unter der Platin schicht eine Titanschicht aufgebracht werden.

15 Schließlich kann auf die Platin schicht eine Goldschicht aufgebracht werden. In dieser Form besteht die Diffusionsbarriere dann aus der Schichtfolge Ti/Pt/Au.

20 In einem zweiten Schritt (b) wird in dem zweiten Bereich 602 ein dielektrischer Spiegel 603 aufgebracht. An den Stellen 605, 606 kann dabei eine gewisse Überlappung mit der Diffusionsbarriere 601 zugelassen werden. Diese Überlappung hat den Vorteil, dass ein dichter Abschluss zwischen dem dielektrischen Spiegel und der 25 Diffusionsbarriere gewährleistet werden kann, so dass eine mögliche Diffusion aus der Kontakt schicht in die n-dotierte Halbleiterschicht sicher ausgeschlossen werden kann.

30 In einem dritten Schritt (c) folgt schließlich das Aufbringen einer Goldschicht 604 auf den dielektrischen Spiegel 603.

5

Fig. 7 zeigt drei Prozessschritte für die Herstellung einer Diffusionsbarriere nach einer zweiten Ausführungsform. Der wesentliche Unterschied zu den Prozessschritten gem. Fig. 6 besteht darin, dass in einem ersten Prozessschritt (a) zunächst ein dielektrischer Spiegel aufgebracht wird, während in einem zweiten Prozessschritt (b) dann das Aufbringen der Diffusionsbarriere 702 erfolgt, die wiederum aus der bereits oben erwähnten Schichtfolge Ti/Pt/Au bestehen kann. In einem dritten Prozessschritt (c) folgt dann wieder das Aufbringen einer Goldschicht 703 auf den dielektrischen Spiegel. Bei der Prozessabfolge gem. Fig. 7 muss eine genaue Justage der Maskierung erfolgen, damit eine Diffusion zwischen dem dielektrischen Spiegel in die darunter liegende n-dotierten Halbleiterschicht nach wie vor verhindert wird.

In der Tabelle 1 sind schließlich typische Daten für eine erfindungsgemäße Halbleiterdiode aufgelistet, wobei sich die Nummern in der ersten Spalte auf die Bezugsziffern in den Figuren beziehen.

**Tabelle 1:** Typische Daten für eine erfindungsgemäße Halbleiterdiode mit  $1.55\mu\text{m}$  Wellenlänge. Mit  $\lambda_g$  ist die dem Bandabstand entsprechende Wellenlänge gemeint.

Nr.	Material	Dotierung ( $\text{cm}^{-3}$ )	Dicke (nm)	Durchmesser ( $\mu\text{m}$ )	Bemerkung
10	Ti: 10nm Pt: 20nm Au: 50nm		ca. 530	innen 55 außen 240	
11	InGaAs (gitterangepaßt auf InP)	$n=5 \times 10^{19}$	100	innen 50 außen 250	
20	InGaAlAs (Brechzahl ca. 3.48)	$n=2 \times 10^{18}$	111	250	36-mal wiederholt
	InAlAs (Brechzahl ca. 3.2)	$n=2 \times 10^{18}$	121	250	
21	InAlAs	$n=5 \times 10^{17}$	50	250	
22	InGaAlAs ( $\lambda_g=1.1\mu\text{m}$ ): 20nm InGaAlAs ( $\lambda_g=1.7\mu\text{m}$ ): 8nm InGaAlAs ( $\lambda_g=1.1\mu\text{m}$ ): 7nm InGaAlAs ( $\lambda_g=1.7\mu\text{m}$ ): 8nm InGaAlAs ( $\lambda_g=1.1\mu\text{m}$ ): 20nm	undotiert	108	250	
23	InAlAs	$p=5 \times 10^{17}$	50	250	
24	InP	$n=1-5 \times 10^{13}$			
25	Ti: 10nm Pt: 20nm Au: 50 $\mu\text{m}$		ca. 50 $\mu\text{m}$	250	
30	MgF <sub>2</sub>		280	12	2x
	a b Si		110	12	1x
40	InGaAlAs ( $\lambda_g=1.4\mu\text{m}$ ):	$p=10^{-3}$	20	8	
41	InGaAs (gitterangepaßt auf InP)	$n=10^{-3}$	20	8	
50	Lichtaustrittsöffnung		ca. 50 $\mu\text{m}$		
60	Wärmeabfluß		ca. 250 $\mu\text{m}$		

**Patentansprüche**

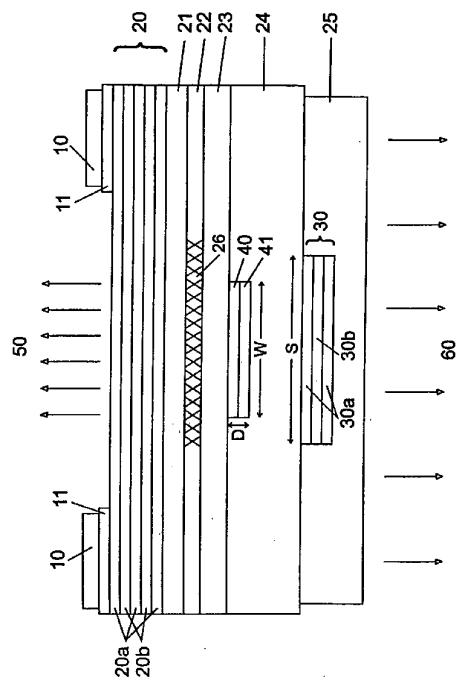
1. Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ,  
10 mit einer einen pn-Übergang aufweisenden aktiven Zone,  
mit einer ersten n-dotierten Halbleiterschicht auf der  
n-Seite der aktiven Zone,  
15 mit einem strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite  
der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu  
einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-  
Seite der aktiven Zone bildet,  
20 mit einem strukturierten dielektrischen Spiegel, der  
auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht  
aufgebracht ist,  
25 mit einer Kontaktsschicht, die einen Kontakt zur  
zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo  
der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und  
mit einer Diffusionsbarriere zwischen der  
Kontaktsschicht und der zweiten n-dotierten  
30 Halbleiterschicht.
2. Halbleiterlaser nach Anspruch 1, dadurch  
gekennzeichnet, dass zwischen der Diffusionsbarriere  
und der zweiten Halbleiterschicht ein Haftvermittler  
35 vorgesehen ist.

- 5 3. Halbleiterlaser nach Anspruch 2, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Haftvermittler aus einer  
Titanschicht besteht.
- 10 4. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Diffusionsbarriere  
aus einer Platinschicht besteht.
- 15 5. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem  
dielektrischen Spiegel und der Kontaktsschicht eine  
metallische Abschlusssschicht zur  
Reflektivitätssteigerung vorgesehen ist.
- 20 6. Halbleiterlaser nach Anspruch 5, dadurch  
gekennzeichnet, dass die metallische Abschlußschicht  
durchgängig auch zwischen der Diffusionsbarriere und  
der Kontaktsschicht vorgesehen ist.
- 25 7. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 5 - 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass die metallische  
Abschlußschicht aus Gold besteht.
- 30 8. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 7,  
dadurch gekennzeichnet, dass Kontaktsschicht aus Gold  
oder Silber besteht.
- 35 9. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass der dielektrische Spiegel  
einen gegenüber Halbleitermaterialien niedrigeren  
Wärmewiderstand aufweist.

- 5 10. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass zweite n-dotierte  
Halbleiterschicht aus einem InP-Halbleiter besteht.
- 10 11. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktsschicht derart  
dick aufgetragen ist, dass sie als Wärmesenke wirkt.
- 15 12. Halbleiterlaser nach Anspruch 11, dadurch  
gekennzeichnet, dass Kontaktsschicht über  $10\mu\text{m}$  dick  
ist.
- 20 13. Halbleiterlaser nach einem der Ansprüche 1 - 12,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtauskopplung auf  
der n-Seite der aktiven Zone erfolgt.
- 25 14. Halbleiterlaser nach Anspruch 13, dadurch  
gekennzeichnet, dass das Substrat auf der n-Seite der  
aktiven Zone entfernt wird.
- 30 15. Halbleiterlaser nach Anspruch 14, dadurch  
gekennzeichnet, dass die Kontaktsschicht derart dick  
aufgetragen wird, dass die mechanische Stabilität des  
Halbleiterlasers trotz des entfernten Substrats  
gewährleistet ist.
- 35 16. Verfahren zum Herstellen einer Diffusionsbarriere in  
einem Halbleiterlaser mit einer einen pn-Übergang  
aufweisenden aktiven Zone, mit einer ersten n-  
dotierten Halbleiterschicht auf der n-Seite der  
aktiven Zone, mit einem strukturierten Tunnelkontakt  
auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden

- 5       Übergang zu einer zweiten n-dotierten  
Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone  
bildet,
- 10      bei dem in einem ersten Bereich auf die zweite n-  
dotierte Halbleiterschicht eine Diffusionsbarriere  
aufgebracht wird,
- 15      bei dem in einem zweiten Bereich auf die zweite n-  
dotierte Halbleiterschicht ein dielektrischer Spiegel  
aufgebracht wird, und
- 20      bei dem eine Kontaktschicht zumindest über die  
Diffusionsbarriere aufgebracht wird.
- 25      17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,  
dass der dielektrische Spiegel vor dem Aufbringen der  
Diffusionsbarriere aufgebracht wird.
- 30      18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,  
dass der dielektrische Spiegel nach dem Aufbringen der  
Diffusionsbarriere aufgebracht wird.
- 35      19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet,  
dass der dielektrische Spiegel derart aufgebracht  
wird, dass der dielektrische Spiegel die  
Diffusionsbarriere überdeckt.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 - 19, dadurch  
gekennzeichnet, dass vor der Diffusionsbarriere in  
ersten Bereich ein Haftvermittler aufgebracht wird.

- 5 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 - 20, dadurch  
gekennzeichnet, dass als Haftvermittler Titan  
verwendet wird.
- 10 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 - 21, dadurch  
gekennzeichnet, dass als Diffusionsbarriere Platin  
verwendet wird.
- 15 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 - 22, dadurch  
gekennzeichnet, dass über der Diffusionsbarriere und  
dem dielektrischen Spiegel ganzflächig eine  
metallische Kontaktsschicht aufgebracht wird.
- 20 24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet,  
dass als Kontaktsschicht Gold oder Silber verwendet  
wird.
- 25 25. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 - 24, dadurch  
gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der  
Kontaktsschicht über dem dielektrischen Spiegel eine  
metallische Abschlusssschicht aufgebracht wird.
- 30 26. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 - 24, dadurch  
gekennzeichnet, dass vor dem Aufbringen der  
Kontaktsschicht ganzflächig über dem dielektrischen  
Spiegel und über die Diffusionsbarriere eine  
metallische Abschlusssschicht aufgebracht wird.
- 35 27. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 - 26, dadurch  
gekennzeichnet, dass die metallische Abschlusssschicht  
aus Gold besteht.



**Fig. 1**

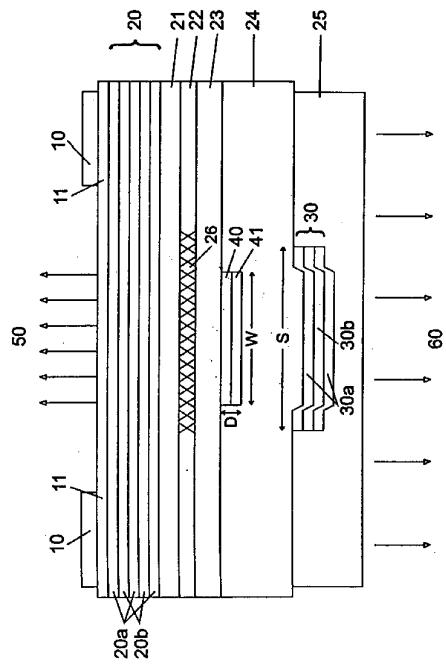


Fig. 2

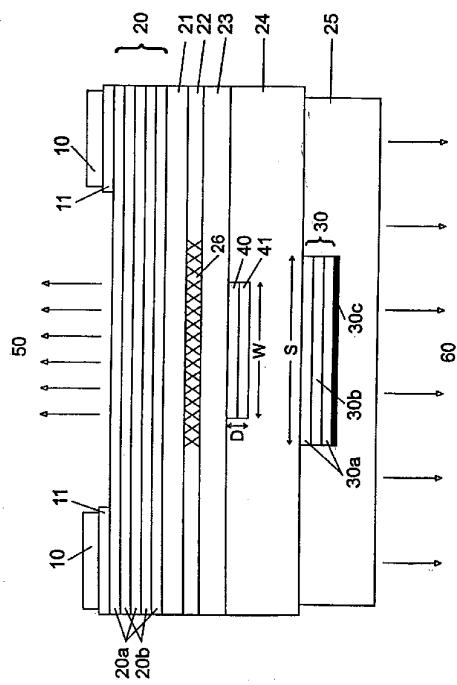


Fig. 3

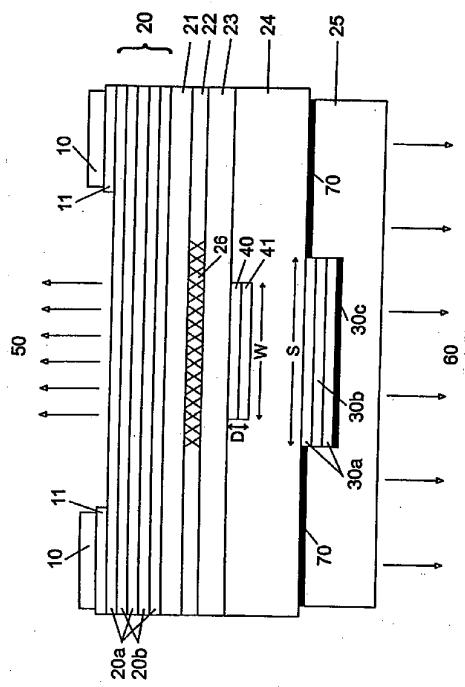


Fig. 4

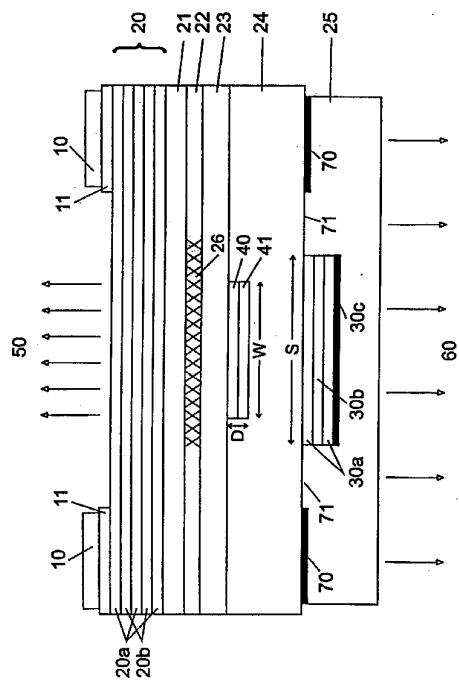


Fig. 5

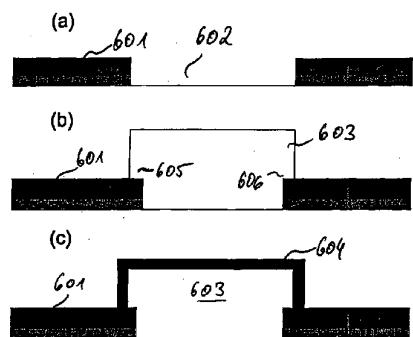


Fig. 6

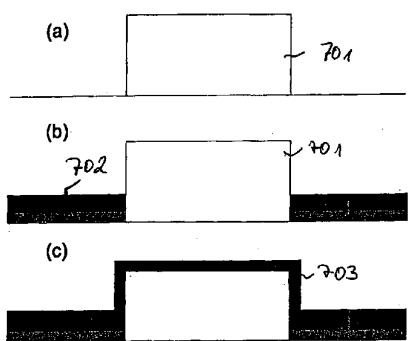


Fig. 7

## 【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. August 2002 (22.08.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/065599 A3

(51) Internationale Patentklassifikation\*: H01S 5/183

Markus-Christian [DB/DE]; Aronstahlstrasse 6, 80935

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/01656

München (DE); ORTSIEFER, Markus [DB/DE]; Am  
Waldbühl 3, 94227 Zwiesel (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. Februar 2002 (15.02.2002)(74) Anwalt: JOPPICH, Martin; Hössle & Kudlek, Holz-  
strasse 26, 80469 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DL, DK, DM, DZ, EC, EI, ES, H, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KU, KG, KP, KR,  
KZ, L, LK, LR, LS, LT, LU, JV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PL, PL, PT, RO, RU,  
SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

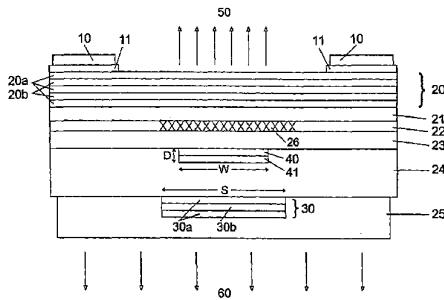
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
101 07 349.6 15. Februar 2001 (15.02.2001) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): VERTILAS GMBH [DE/DE]; Karl-Richter-Strasse  
4, 80939 München (DE).(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): AMANN,  
(44) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GI,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW);  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ);

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER

(54) Bezeichnung: OBERFLÄCHENEMITTIERENDER HALBLEITERLASER



(57) Abstract: The invention relates to a surface-emitting type semiconductor laser. The invention aims at providing a semiconductor laser that is to be operated under normal ambient temperatures and that has a stable long-term behavior. To this end, said semiconductor laser comprises an active zone having a pn junction; a first n-doped semiconductor layer on the n side of the active zone; a structured tunnel contact on the p side of the active zone, which forms a conductive junction to a second n-doped semiconductor layer on the p side of the active zone; a structured dielectric mirror that is placed on the second n-doped semiconductor layer; a contact layer establishing contact to the second n-doped semiconductor layer at the site in which the dielectric mirror is not located, and a diffusion barrier between the contact layer and the second n-doped semiconductor layer.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/065599 A3

## WO 02/065599 A3



TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SI, TR), OAPI-Patent (BP, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für alle Bestimmungsstädte*

**Veröffentlicht:**

— *mit internationalem Recherchebericht*

**(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen Rechercheberichts:**

24. Oktober 2002

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen Halbleiterlaser vom oberflächenemittierenden Typ. Um einen Halbleiterlaser herzustellen, der unter normalen Umgebungstemperaturen zu betreiben ist und ein stabiles Langzeitverhalten aufweist, umfasst der Halbleiterlaser eine einen pn-Übergang aufweisende aktive Zone, eine erste n-dotierte Halbleiterschicht auf der n-Seite der aktiven Zone, einen strukturierten Tunnelkontakt auf der p-Seite der aktiven Zone, der einen leitenden Übergang zu einer zweiten n-dotierten Halbleiterschicht auf der p-Seite der aktiven Zone bildet, einen strukturierten dielektrischen Spiegel, der auf die zweite n-dotierte Halbleiterschicht aufgebracht ist, eine Kontaktsschicht, die einen Kontakt zur zweiten n-dotierten Halbleiterschicht dort bildet, wo der dielektrische Spiegel nicht aufgebracht ist, und eine Diffusionsbarrierefalte zwischen der Kontaktsschicht und der zweiten n-dotierten Halbleiterschicht.

## 【手続補正書】

【提出日】平成15年5月9日(2003.5.9)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【請求項1】

PN遷移(PN接合)を有する活性領域と、

活性領域のN形側に第1のN形不純物が添加された半導体の層と、

活性領域のP形側に配置され、活性領域のP形側の第2のN形不純物が添加された半導体の層に対して導電性の遷移(導電性の接合)を形成するトンネル接触構造体(トンネル接合)と、

第2のN形不純物が添加された半導体の層に取り付けられた誘電体ミラー構造体と、

誘電体ミラーが取り付けられていない点において第2のN形不純物が添加された半導体の層と接触体を形成する接触体層と、

接触体層と第2のN形不純物が添加された半導体の層との間の拡散障壁体と、を有し、

誘電体ミラーが拡散障壁体と横方向に隣接するまたは誘電体ミラーが拡散障壁体と横方向に部分的に重なるようにした、

表面放射型の半導体レーザ。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項16

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【請求項16】

PN遷移(PN接合)を有する活性領域と、活性領域のN形側に第1のN形不純物が添加された半導体の層と、活性領域のP形側にトンネル接触構造体(トンネル接合)とを有し、前記トンネル接触体が活性領域のP形側の第2のN形不純物が添加された半導体の層に対し導電性の遷移(導電性の接合)を形成する、半導体レーザの中に拡散障壁体を製造する処理工程であつて、

第1の領域の中において拡散障壁体が第2のN形不純物が添加された半導体層に取り付けられ、および第2の領域の中において誘電体ミラーが第2のN形不純物が添加された半導体層に取り付けられ、しかも前記取り付けにおいて誘電体ミラーが拡散障壁体と横方向に隣接するようにまたは誘電体ミラーが拡散障壁体と横方向に部分的に重なるように取り付けられ、

接触体層が少なくとも拡散障壁体の上に取り付けられる処理工程。

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP 02/01656
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 HO1S5/183		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 HO1S		
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 practical, search terms used) INSPEC, EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category <sup>a</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	ORTSIEFER M ET AL: "Submilliamp long-wavelength InP-based vertical-cavity surface-emitting laser with stable linear polarisation" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 36, no. 13, 22 June 2000 (2000-06-22), pages 1124-1126, XP006015366 ISSN: 0013-5194 figure 1 ---	1,16
A	EP 0 184 117 A (SIEMENS AG) 11 June 1986 (1986-06-11) column 1, line 57-66 column 2, line 35-60 ---	5-14
Y	EP 0 184 117 A (SIEMENS AG) 11 June 1986 (1986-06-11) column 1, line 57-66 column 2, line 35-60 ---	1,16
A	---	17-22,26
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents :		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
*C* earlier document 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 demonstration		
*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 which may throw doubts on the novelty of the application but cited to understand the principle or state of the art underlying the invention		
*X* 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 or is otherwise used in combination being obvious to a person skilled in the art.		
*g* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  2 September 2002	Date of mailing of the International search report  11/09/2002	
Name and mailing address of the ISA  European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2 NL-2280 Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Claessen, L	

Form PCT/ISA210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/EP 02/01656
C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ORTSIEFER M ET AL: "LOW-THRESHOLD INDEX-GUIDED 1.5 MUM LONG-WAVELENGTH VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASER WITH HIGH EFFICIENCY" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, vol. 76, no. 16, 17 April 2000 (2000-04-17), pages 2179-2181, XP000950426 ISSN: 0003-6951 the whole document	1-10, 16-25
A	ORTSIEFER M ET AL: " CONTINUOUS-WAVE OPERATION OF 1.83-MUM VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC, NEW YORK, US, vol. 12, no. 11, November 2000 (2000-11), pages 1435-1437, XP000981055 ISSN: 1041-1135 page 1435, right-hand column, last line	1-10
A	SCHRAUD G ET AL: "Substrateless singlemode vertical cavity surface-emitting GaAs/GaAlAs laser diode" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 30, no. 3, 3 February 1994 (1994-02-03), pages 238-239, XP006000167 ISSN: 0013-5194 figure 1	1,11,15

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT			
Information on patent family members			International Application No
			PCT/EP 02/01656
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0184117	A 11-06-1986	DE 3444019 A1 DE 3577497 D1 EP 0184117 A2 JP 61135187 A	05-06-1986 07-06-1990 11-06-1986 23-06-1986

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/01656

<b>A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 H01S5/183		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Rechercheierte Mindestprästoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole) IPK 7 H01S		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprästoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) INSPEC, EPO-Internal		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGEGEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
Y	ORTSIEFER M ET AL: "Submilliamp long-wavelength InP-based vertical-cavity surface-emitting laser with stable linear polarisation" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 36, Nr. 13, 22. Juni 2000 (2000-06-22), Seiten 1124-1126, XP006015366 ISSN: 0013-5194 Abbildung 1	1,16
Y	EP 0 184 117 A (SIEMENS AG) 11. Juni 1986 (1986-06-11) Spalte 1, Zeile 57-66	5-14
A	EP 0 184 117 A (SIEMENS AG) 11. Juni 1986 (1986-06-11) Spalte 2, Zeile 35-60	17-22, 26
	---	-/-
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu zutreffen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die gezeigt ist, einen Prinzipiengrenzen zweckmäßig erfüllt, die eine Veröffentlichung im Vorförderungszeitraum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausführlich)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Beutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prüfungszeitraum veröffentlicht worden ist</p> <p>** Späteres Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prüfungszeitraum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie dient</p> <p>**X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder aus einer anderen Quelle stammend erkannt werden</p> <p>**Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als zufriedenstellender Tätigkeitsbericht betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Veröffentlichungen als Achtmann schliegend angesehen werden</p> <p>**G* Veröffentlichung, die Mitglied einer Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendeadatum des internationalen Recherchenberichts	
2. September 2002	11/09/2002	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchebehörde	Befolmächtiger Bedienste	
Europäisches Patentamt, P.O. Box 5010 Patentamtstrasse NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-0010, Fax: (+31-70) 340-0016	Claessen, L	

Formblatt PCT/ISA210 (Blatt 2) (Jul 1992)

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 02/01656

C.(Fortsetzung) ALS WEBENTLICH ANGEBEHNE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	ORTSIEFER M ET AL: "LOW-THRESHOLD INDEX-GUIDED 1.5 MUM LONG-WAVELENGTH VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASER WITH HIGH EFFICIENCY" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, NEW YORK, US, Bd. 76, Nr. 16, 17. April 2000 (2000-04-17), Seiten 2179-2181, XP000950426 ISSN: 0003-6951 das ganze Dokument ----	1-10, 16-25
A	ORTSIEFER M ET AL: "CONTINUOUS-WAVE OPERATION OF 1.83-MUM VERTICAL-CAVITY SURFACE-EMITTING LASERS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 12, Nr. 11, November 2000 (2000-11), Seiten 1435-1437, XP000981055 ISSN: 1041-1135 Seite 1435, rechte Spalte, letzte Zeile ----	1-10
A	SCHRAUD G ET AL: "Substrateless singlemode vertical cavity surface-emitting GaAs/GaAlAs laser diode" ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 30, Nr. 3, 3. Februar 1994 (1994-02-03), Seiten 238-239, XP006000167 ISSN: 0013-5194 Abbildung 1 -----	1,11,15

1

Formblatt PCT/ISA210 (Fortsetzung von Blatt 2) (AII 1992)

Seite 2 von 2

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aldenzeichen  
PCT/EP 02/01656

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0184117	A 11-06-1986	DE 3444019 A1	05-06-1986
		DE 3577497 D1	07-06-1990
		EP 0184117 A2	11-06-1986
		JP 61135187 A	23-06-1986

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Juli 1992)

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,P L,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 オルトジーフェル、マルクス

  ドイツ連邦共和国 ツバイセル、アム バルドヒューベル 3

F ターム(参考) 5F073 AA52 AA74 AB17 CA07 CB02 EA28