

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
7. September 2007 (07.09.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2007/098730 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**Nicht klassifiziert**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000244

(22) Internationales Anmeldedatum:  
8. Februar 2007 (08.02.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2006 009 237.6  
28. Februar 2006 (28.02.2006) DE  
10 2006 011 284.9 10. März 2006 (10.03.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Wernerwerkstrasse 2, 93049 Regensburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMID, Wolfgang**

[DE/DE]; Flurweg 6, 93180 Deuerling / Hillohe (DE).  
**MÜLLER, Martin** [DE/DE]; Ludwigstrasse 3, 93128 Regensburg (DE).

(74) **Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

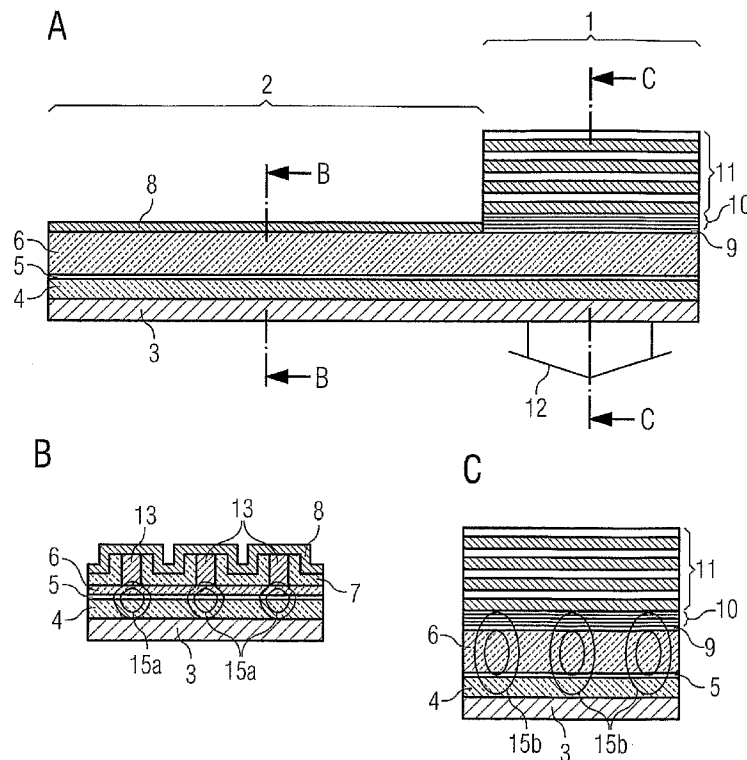
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(54) Bezeichnung: HALBLEITERLASERVORRICHTUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a semiconductor laser device comprising an optically pumped surface-emitting vertical emitter (1) which emits in a vertical main radiating direction, and at least one monolithically integrated pumping radiation source (2) for optically pumping the vertical emitter (1), the pumping radiation source emitting pumping radiation that extends transversal to the vertical main radiating direction. According to a first embodiment, the inventive semiconductor laser device is characterized in that at least one vertical section of the pumping radiation source (2) is configured so as to be index-guiding for pumping radiation in a lateral direction perpendicular to the main direction of pumping radiation and perpendicular to the vertical main radiating direction. In a second embodiment, the semiconductor laser device is characterized in that the pumping radiation source (2) has a smaller width in a lateral direction perpendicular to the main direction of pumping radiation in at least one vertical section than in another vertical section. If the dimensions are adequate, modes of the pumping radiation can thus be entirely or at least partly displaced from said section in a vertical direction, resulting in a reduction of absorption losses of the pumping radiation

on conducting layers.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/098730 A2



ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*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.*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Halbleiterlaservorrichtung mit einem optisch gepumpten oberflächenemittierenden Vertikalemitter (1), der in einer Vertikalhauptstrahlungsrichtung emittiert, und mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle (2) zum optischen Pumpen des Vertikalemitters (1), wobei die Pumpstrahlungsquelle in einer Pumphaauptstrahlungsrichtung, die quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung verläuft, Pumpstrahlung emittiert. Die Halbleiterlaservorrichtung zeichnet sich gemäß einer ersten Ausführung dadurch aus, dass zumindest ein vertikaler Abschnitt der Pumpstrahlungsquelle (2) in einer Lateralrichtung quer zur Pumphaauptstrahlungsrichtung und quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung indexführend für Pumpstrahlung ausgeführt ist. In einer zweiten Ausführung ist die Halbleiterlaservorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquelle (2) in zumindest einem vertikalen Abschnitt in einer Lateralrichtung quer zur Pumphaauptstrahlungsrichtung eine geringere Breite aufweist als in einem weiteren vertikalen Abschnitt. Es wird auf diese Weise bei geeigneter Dimensionierung erreicht, dass Moden der Pumpstrahlung ganz oder zumindest teilweise in vertikaler Richtung aus diesem Abschnitt gedrängt wird, wodurch Absorptionsverluste der Pumpstrahlung an leitenden Schichten verringert werden können.

## Beschreibung

### Halbleiterlaservorrichtung

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldungen 102006009237.6 und 102006011284.9, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die Erfindung betrifft eine Halbleiterlaservorrichtung mit einem optisch gepumpten oberflächenemittierenden Vertikalemitter und mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen des Vertikalemitters.

Mit optisch gepumpten vertikal emittierenden Halbleiterlaservorrichtungen lassen sich hohe Ausgangsleistungen bei gleichzeitig hoher Strahlqualität verwirklichen. Durch monolithisch integrierte Pumpstrahlungsquellen kann ein kompakter Aufbau erreicht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art mit einer verbesserten Effizienz zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch Halbleiterlaservorrichtungen gemäß Patentanspruch 1 oder 2 gelöst.

Die erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtungen weisen einen optisch gepumpten oberflächenemittierenden Vertikalemitter, der in einer Vertikalhauptstrahlungsrichtung emittiert, und mindestens eine monolithisch integrierte Pumpstrahlungsquelle zum optischen Pumpen des

Vertikalemitters, wobei die Pumpstrahlungsquelle in einer Pumphauptstrahlungsrichtung, die quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung verläuft, Pumpstrahlung emittiert, auf. In einer ersten Lösung ist die Halbleiterlaservorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein vertikaler Abschnitt der Pumpstrahlungsquelle in einer Lateralrichtung quer zur Pumphauptstrahlungsrichtung und quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung indexführend für Pumpstrahlung ausgeführt ist. In einer zweiten Lösung ist die Halbleiterlaservorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquelle in zumindest einem vertikalen Abschnitt in einer Lateralrichtung quer zur Pumphauptstrahlungsrichtung eine geringere Breite aufweist als in einem weiteren vertikalen Abschnitt.

In die Effizienz der Halbleiterlaservorrichtung als Gesamtsystem gehen der Wirkungsgrad der einzelnen Komponenten als Faktoren ein. Für eine hohe Effizienz der Halbleiterlaservorrichtung sind somit Pumpstrahlungsquellen mit möglichst hohem Wirkungsgrad unerlässlich. Um den für den Betrieb benötigten Stromfluss in den Pumpstrahlungsquellen zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, dass alle Strom führenden Schichten hoch dotiert sind und über in der Regel metallische Kontaktschichten gut kontaktiert werden. Pumpstrahlung, die durch oder nah benachbart zu einer leitenden Schicht geführt wird, erfährt dort jedoch hohe Absorptionsverluste. Durch Indexführung oder Verringerung der Breite der Pumpstrahlungsquelle in der Lateralrichtung in dem zumindest einem vertikalen Abschnitt wird bei geeigneter Dimensionierung erreicht, dass Moden der Pumpstrahlung ganz oder zumindest teilweise in vertikaler Richtung aus diesem Abschnitt gedrängt werden. Durch das vertikale Herausdrängen aus diesem Abschnitt kann vorteilhafterweise eine

Vergrößerung des Abstands der Pumpstrahlungsmode zu leitenden Schichten, z.B. einer Kontaktschicht, erreicht werden. Auf diese Weise werden Absorptionsverluste verringert.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der vertikale Abschnitt als Wellenleiter in der Pumphaauptstrahlungsrichtung ausgeführt ist, der einen in der Lateralrichtung und in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung begrenzten Querschnitt aufweist. Dadurch wird die Pumpstrahlungsmode nicht nur in vertikaler Richtung herausgedrängt, sondern auch in Lateralrichtung geführt. Besonders bevorzugt ist die Pumpstrahlungsquellen ein kantenemittierender Laser. Eine gemäß beider Merkmale ausgeführte Pumpstrahlungsquelle ist auch als Schmalstreifenlaser oder Ridge-Laser bekannt.

Vorzugsweise ist der Querschnitt des Wellenleiters dabei rechteckförmig oder trapezförmig geformt ist. Ein Wellenleiter dieser Formgebung ist prozesstechnisch relativ unaufwendig herstellbar. In weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kann der Wellenleiter in Pumphaauptstrahlungsrichtung eine variierende Querschnittsfläche aufweisen. Beispielsweise kann der Wellenleiter in Richtung der Pumpstrahlung vor einem Resonatorspiegel der Pumpstrahlungsquelle enden, oder in Pumphaauptstrahlungsrichtung vor dem Resonatorspiegel in der Lateralrichtung verjüngt oder verbreitert ausgeführt sein. Auf diese Weise kann ein Ein- und Auskoppeln der Pumpstrahlung an den Resonatorspiegeln günstig beeinflusst werden.

Vorzugsweise weist die Pumpstrahlungsquelle eine aktive, strahlungserzeugende Pumpstrahlungsschicht auf und der Wellenleiter ist in einem Bereich der Pumpstrahlungsquelle ausgeführt, der in der vertikaler Richtung von der Pumpstrahlungsschicht beabstandet ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Halbleiterlaservorrichtung im Bereich der Pumpstrahlungsquellen teilweise abgetragen und der Wellenleiter wird durch einen freigelegten Halbleiterstreifen gebildet. In einer anderen Ausgestaltung wird der Wellenleiter durch Halbleitermaterial mit eindiffundierten Dotierstoffen gebildet. Beide Ausführungsformen erlauben, die gesamte Halbleiterlaservorrichtung, also Vertikalemitter und Pumpstrahlungsquelle oder -quellen, zunächst in einem Epitaxieschritt (so genannte Einschritt-Epitaxie) herzustellen und danach eine Strukturierung der Wellenleiter im Bereich der Pumpstrahlungsquellen vorzunehmen. Durch die Einschritt-Epitaxie werden Übergangsverluste durch Korngrenzen oder andere Wachstumseffekte am Übergang von Pumpstrahlungsquellen zum Vertikalemitter verhindert.

Bevorzugt weist der Wellenleiter in der Lateralrichtung eine Breite auf, die kleiner als 10 Vakuumwellenlängen der Pumpstrahlung ist und insbesondere zwischen 1 und 6 Vakuumwellenlängen der Pumpstrahlung liegt. Weiter bevorzugt weist der Wellenleiter in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung eine Ausdehnung zwischen  $1/5$  und 4 Vakuumwellenlängen der Pumpstrahlung auf. Geometrische Abmessungen gemäß dieser Merkmale sind besonders zur Führung und dem vertikalen Herausdrängen der Pumpstrahlungsmode geeignet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist auf der Pumpstrahlungsquelle eine Passivierungsschicht vorgesehen, die im Bereich des Wellenleiters ausgespart ist. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung ist auf der Pumpstrahlungsquelle eine Kontaktschicht vorgesehen, die den Wellenleiter auf einer zur Pumpstrahlungsschicht parallelen und von dieser abgewandten Seite kontaktiert. Auf diese Weise erreicht, dass eine Stromeinprägung in die Pumpstrahlungsquellen nur durch die Wellenleiter erfolgt. Die Pumpstrahlungsmode ist vorteilhafterweise möglichst weit von der Kontaktschicht entfernt.

Bevorzugt ist im Betrieb eine Pumpstrahlungsmode in der Pumphauptstrahlungsrichtung ausgebildet, die innerhalb der Pumpstrahlungsquelle ein Intensitätsmaximum innerhalb der Pumpstrahlungsschicht aufweist mit einer von dem Intensitätsmaximum radial in der von der Vertikalhauptstrahlungsrichtung und der Lateralrichtung aufgespannten Ebene nach außen abfallenden Intensität, wobei die Intensität innerhalb des Wellenleiters geringer ist als in vergleichbarem Abstand außerhalb des Wellenleiters.

In einer weiteren bevorzugten Variante der Erfindung weist der Vertikalemitter mindestens eine aktive strahlungserzeugende Vertikalemitterschicht auf, die in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung von der Pumpstrahlungsschicht beabstandet ist. Besonders bevorzugt ist die Pumpstrahlungsschicht in den Vertikalemitter fortgesetzt, und die Pumpstrahlungsmode ist innerhalb des Vertikalemitters in Vertikalemitterrichtung derart ausgedehnt, dass die Pumpstrahlungsmode im Betrieb mit der Vertikalemitterschicht überlappt. Dadurch, dass die Vertikalemitterschicht und die Pumpstrahlungsschicht vertikal voneinander getrennte,

nacheinander aufgewachsene Schichten sind, ist eine große Freiheit bezüglich der Wahl der Materialien und Dimensionierung für diese Schichten gegeben. Dadurch kann die Wellenlänge der Pumpstrahlung sowie der vertikal emittierten Strahlung in weiten Grenzen eingestellt werden, wodurch eine hohe Pumpeffizienz erreichbar ist.

Bevorzugt umfassen die Vertikalemitterschicht und/oder die Pumpstrahlungsschicht jeweils mindestens eine Quantenschicht. Die Quantenschicht kann dabei in einer besonders bevorzugten Ausführungsform Quantentröge, Quantendrähte, Quantenpunkte oder Kombinationen dieser Strukturen aufweisen.

Eine Quantenschicht ist im Rahmen der Erfindung somit eine Schicht, die so dimensioniert oder strukturiert ist, dass eine für die Strahlungserzeugung wesentliche Quantisierung der Ladungsträger-Energieniveaus, zum Beispiel durch Einschluss (confinement), auftritt. Insbesondere beinhaltet die Bezeichnung Quantenschicht keine Angabe oder Einschränkung über die Dimensionalität der Quantisierung.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Pumpstrahlungsschicht und der Vertikalemitterschicht in vertikaler Richtung eine interne Resonator-Spiegelstruktur nachgeordnet, welche besonders bevorzugt ein Bragg-Reflektor ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist die interne Resonator-Spiegelstruktur zwischen der Vertikalemitterschicht und einem Substrat angeordnet. Die von der Vertikalemitterschicht erzeugte Strahlung wird auf der dem Substrat gegenüberliegenden Seite ausgekoppelt. Alternativ ist in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung die interne

Resonator-Spiegelstruktur einem Substrat und der Vertikalemitterschicht nachgeordnet. Die von der Vertikalemitterschicht erzeugte Strahlung wird durch das Substrat ausgekoppelt. Besonders bevorzugt ist zur Auskopplung der Strahlung ein Auskoppelfenster im Substrat vorgesehen.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Vertikalemitterschicht ein externer Spiegel zugeordnet, der zusammen mit der internen Resonator-Spiegelstruktur einen Resonator für den Vertikalemitter bildet. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind im Resonator strahlformende Elemente oder frequenzselektive Elemente oder frequenzkonvertierende Elemente angeordnet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die Pumpstrahlungsquelle einen Resonator mit mindestens einem Endspiegel auf. Bevorzugt weisen zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters angeordnete Pumpstrahlungsquellen einen gemeinsamen Resonator auf und bilden zusammen eine Laserstruktur.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind mindestens zwei parallel zueinander angeordnete Pumpstrahlungsquellen vorgesehen. Besonders bevorzugt ist, dass zwei parallel nebeneinander angeordnete Pumpstrahlungsquellen eine gemeinsame Endspiegelanordnung aufweisen, die aus zwei Endspiegeln besteht, die rechtwinklig zueinander angeordnet sind. Weiter ist besonders bevorzugt, dass die beiden Endspiegel so angeordnet sind, dass die Pumpstrahlung an ihnen Totalreflexion erfährt. Durch eine Endspiegelanordnung, bei der Totalreflexion auftritt, kann

auf eine aufwändige Verspiegelung der Endflächen der Pumpstrahlungsquelle verzichtet werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind mehrere, sternförmig um den Vertikalemitter angeordnete Pumpstrahlungsquellen vorgesehen. Auf diese Weise kann Pumpstrahlung mit hoher Intensität in den Vertikalemitter eingekoppelt werden, da eine Vielzahl von Pumpstrahlungsquellen eingesetzt werden kann. Weiterhin ist die Pumpstrahlung in einer solchen Anordnung vorteilhafterweise nahezu radialsymmetrisch auf das Zentrum des Vertikalemitters gerichtet, was die Ausbildung von lateral symmetrischen Grundmoden des Vertikalemitters begünstigt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden in Verbindung mit den in den Figuren 1 bis 6 beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Draufsicht auf ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung,

Figur 2 drei verschiedene Schnittansichten des ersten Ausführungsbeispiels der Halbleiterlaservorrichtung,

Figur 3 ein Herstellungsverfahren einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung, dargestellt anhand von Schnittansichten der Halbleiterlaservorrichtung zu verschiedenen Prozessierungszeitpunkten,

- Figur 4 eine schematische Draufsicht auf drei Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung mit parallelen Pumpstrahlungsquellen,
- Figur 5 Detailansichten zweier Ausführungsformen des Ausführungsbeispiels aus Figur 4C mit verschiedenen Wellenleiterformgebungen im Endspiegelbereich der Pumpstrahlungsquellen und
- Figur 6 eine schematische Draufsicht auf drei weitere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung mit sternförmiger Pumpstrahlungsquellenanordnung.

Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit demselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren sind schematische Zeichnungen. Insbesondere sind die Größenverhältnisse der Elemente nicht maßstabgerecht dargestellt.

Figur 1 zeigt die Draufsicht auf eine Halbleiterlaservorrichtung, die einen zentralen Vertikalemitter 1 sowie zwei auf gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters 1 angeordnete Pumpstrahlungsquellen 2 umfasst. Die Oberfläche der Pumpstrahlungsquellen 2 weisen dabei parallel zueinander verlaufende, in der Figur schraffiert dargestellte, Wellenleiter 13 als erhabene Bereiche auf.

In Figur 2 sind drei Querschnittsansichten der Halbleiterlaservorrichtung dargestellt, wobei in Figur 2A der

Querschnitt entlang der in Figur 1 eingetragenen Querschnittslinie A-A wiedergegeben ist.

Wie aus Figur 2A ersichtlich, weist die Halbleiterlaservorrichtung den folgenden Schichtaufbau auf. Auf einem Substrat 3 ist eine Pufferschicht 4, auf diese eine Pumpstrahlungsschicht 5 und auf diese eine weitere Pufferschicht 6 aufgebracht. Im Bereich der Pumpstrahlungsquelle 2 ist auf die weitere Pufferschicht 6 eine Kontaktschicht 8 aufgebracht, die teilweise von der weiteren Pufferschicht 6 durch eine in dieser Darstellung nicht sichtbare Passivierungsschicht 7 getrennt ist. Im Bereich des Vertikalemitters 1 ist auf die weitere Pufferschicht 6 eine Ätzstoppschicht aufgebracht, gefolgt von einer Vertikalemissionsschicht 10, die eine alternierende Abfolge von Quantenschichten und Barrierschichten umfassen kann. Auf die Vertikalemissionsschicht 10 ist ein Bragg-Reflektor 11 aufgebracht. Aus dem Vertikalemitter 1 wird im gezeigten Ausführungsbeispiel durch das Substrat 3 Vertikalstrahlung 12 ausgekoppelt. In der Figur nicht gezeigt ist ein externer Resonatorspiegel, durch den zusammen mit dem Bragg-Reflektor 11 ein Resonator für die Vertikalstrahlung 12 gebildet wird.

Geeignete Materialsysteme zur Realisierung der Erfindung finden sich in der Gruppe der III-V Verbindungshalbleiter. Das gezeigte Ausführungsbeispiel kann beispielsweise auf Basis des  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ ,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ,  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$  oder  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{N}_{1-y}$  mit  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$  realisiert werden. Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf diese Materialsysteme beschränkt, sondern kann je nach gewünschter Wellenlänge oder sonstige Anforderung auch auf Basis eines anderen Materialsystems aufgebaut sein.

Die Pumpstrahlungsquellen 2 sind als kantenemittierende, elektrisch gepumpte Halbleiterlaser ausgeführt, deren Pumphaauptstrahlungsrichtung parallel zum Substrat 3 auf dem Vertikalemitter 1 zeigt. Die von dem Vertikalemitter 1 abgewandten, parallel zueinander liegenden Endflächen der beiden sich gegenüberliegenden Pumpstrahlungsquellen 2 sind spiegelnd ausgebildet und dienen als Resonatorspiegel für die Pumpstrahlung. Diese Endflächen können vorteilhafterweise durch Spalten entlang einer Kristallrichtung oder aber auch durch einen Ätzprozess erzeugt sein und optional hochreflektierend verspiegelt sein. Im gezeigten Ausführungsbeispiel bilden beide Pumpstrahlungsquellen 2 einen einzigen, kohärent schwingenden Laser.

Die Pumpstrahlungsschicht 5 kann beispielsweise, wie in der Zeichnung dargestellt, durch eine einzelne optisch aktive Quantenschicht realisiert werden. Alternativ kann die Pumpstrahlungsschicht 5 durch eine Schichtabfolge gebildet werden, die durch Barrierschichten getrennte Quantenschichten umfasst.

Wie bereits weiter oben erläutert, ist als Quantenschicht im Rahmen der Anmeldung dabei jede Schicht zu verstehen, die durch ihre Dimensionierung oder Strukturierung eine Quantisierung der Ladungsträger-Energieniveaus bedingt. Die Quantenschicht kann einen zweidimensionalen Quantentopf bilden oder strukturelle Elemente mit niedrigerer Dimensionalität wie Quantentröge, Quantendrähte oder Quantenpunkte oder Kombinationen dieser Strukturen enthalten.

Zum Betrieb der Halbleiterlaservorrichtung werden über die Kontaktschicht 8 und eine weitere, hier nicht gezeigte

Kontaktschicht auf dem Substrat 3 Ladungsträger in die Pumpstrahlungsquellen 2 injiziert, die in der Pumpstrahlungsschicht 5 strahlend rekombinieren, wodurch die Pumpstrahlung aufgebaut wird.

An die weitere Pufferschicht 6 grenzen im Vertikalemitter 1 und in den Pumpstrahlungsquellen 2 unterschiedliche Schichten an. Die Pumpstrahlung erfährt durch den resultierenden Brechungszahlenunterschied beim Übergang in den Vertikalemitter 1 innerhalb des Vertikalemitters 1 Beugung und breitet sich in vertikaler Richtung aus, so dass das Pumpstrahlungsfeld mit der Vertikalemissionsschicht überlagert und dadurch die Vertikalemissionsschicht 10 als optisch aktive Schicht des Vertikalemitters 1 optisch gepumpt wird. Die Pumpstrahlung kann dabei entweder in den zwischen den Quantenschichten der Vertikalemissionsschicht 10 angeordneten Barrierschichten absorbiert werden (Barrierschichtpumpen) oder direkt in den Quantenschichten (Quantenschichtpumpen). Die Absorption der Pumpstrahlung führt zur Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren, die, gegebenenfalls nach Diffusion in die Quantenschichten, in der Folge energetisch höher liegende Zustände der Quantenschichten besetzen, so dass eine Besetzungsinversion entsteht. Mittels dieser Besetzungsinversion wird die Vertikalstrahlung 12 generiert.

Bei dem in der Figur gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Vertikalstrahlung 12 durch das Substrat 3 ausgekoppelt. Falls das Substrat 3 für die Wellenlänge der Vertikalstrahlung 12 nicht transparent ist, beziehungsweise Absorptionsverluste im Substrat so groß sind, dass sie nicht toleriert werden können, kann im Bereich des Vertikalemitters 1 ein Fenster im Substrat 3 vorgesehen sein. Alternativ zum gezeigten

Ausführungsbeispiel ist auch ein Schichtaufbau denkbar, bei dem der Bragg-Reflektor 11 auf das Substrat 3 aufgebracht ist und die Vertikalstrahlung 12 auf der dem Substrat gegenüberliegenden Seite der Halbleiterlaservorrichtung ausgekoppelt wird.

In Figur 2B ist der Querschnitt gemäß der Schnittlinie B-B durch die Pumpstrahlungsquelle 2 dargestellt. Im Querschnitt ist ersichtlich, dass die Breite der Pumpstrahlungsquelle in der Lateralrichtung quer zur Pumphauptrahlungsrichtung in einem oberen, ersten vertikalen Abschnitt geringer ist als im unteren, weiteren vertikalen Abschnitt. Erreicht wird dieses durch eine Strukturierung der weiteren Pufferschicht 6. Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden so drei parallele Wellenleiter 13 geformt, die in ihrer Breite reduzierten Abschnitte bilden. Die Anzahl der Wellenleiter 13 ist dabei in keiner Weise nach oben oder unten beschränkt. Die Anzahl von drei Wellenleitern 13 ist lediglich als Beispiel gewählt. Die weitere Pufferschicht 6 ist mit Ausnahme der Oberseite der Wellenleiter 13 von der Passivierungsschicht 7 bedeckt. Auf die weitere Pufferschicht 6 beziehungsweise die Passivierungsschicht 7 ist die Kontaktschicht 8 aufgebracht, so dass die Kontaktschicht 8 an die Oberseite der Wellenleiter 13 direkt angrenzt, ansonsten jedoch von der weiteren Barrierschicht 6 durch die Passivierungsschicht 7 getrennt ist. Die im Betrieb der Pumpstrahlungsquellen 2 erzeugte Pumpstrahlung ist in ihrer lateralen Intensitätsverteilung durch die eingezeichneten Pumpstrahlungsmoden 15a charakterisiert.

Durch die Wellenleiter 13 wird einerseits der zum Betrieb der Pumpstrahlungsquellen benötigte Strom eingebracht und andererseits eine Führung der Pumpstrahlung in lateraler

Richtung sowie eine Beeinflussung der Modengeometrie in vertikaler Richtung erreicht. Die Wellenleiter 13 weisen zu diesem Zweck eine begrenzte Ausdehnung in der Lateralrichtung auf. In Lateralrichtung ist der Wellenleiters 13 im Verhältnis zur Wellenlänge der Pumpstrahlung so schmal, dass sich die Pumpstrahlungsmode 15a nicht oder nur eingeschränkt innerhalb des Wellenleiters 13 ausbilden kann. In Figur 2B (Schnitt B-B) ist dieser Effekt an der unsymmetrischen, im oberen Bereich gestauchten Modengeometrie erkennbar. Die Intensität der Pumpstrahlung wird so insbesondere in der Nähe der Kontaktschicht 8 sowie dem dotierten Bereich des Wellenleiters 13 abgesenkt, wodurch Absorptionverluste vermindert werden. Für typische Pumpstrahlungswellenlängen (Vakuumwellenlänge) im Wellenlängenbereich zwischen 500 nm und 800 nm ist eine Breite des Wellenleiters 13 zwischen 500 nm und 5000 nm zur Erzielung dieses Effekts besonders geeignet.

Die Höhe des Wellenleiters 13 in vertikaler Richtung liegt vorzugsweise zwischen 100 nm und 2000 nm. Bei zu geringer Höhe ist der erfindungsgemäße Effekt der vertikalen Modenverdrängung nicht optimal ausgeprägt, bei zu großer Höhe vermindern ohmsche Verluste in der Stromeinprägung die Effizienz der Pumpstrahlungsquellen. Die optimale Höhe des Wellenleiters 13 ist als Kompromiss dieser beiden Effekte zu ermitteln.

Der günstigste Abstand des Wellenleiters 13 zu der Pumpstrahlungsschicht 5 ist von beiden Parametern, Höhe und Breite, des Wellenleiters 13 abhängig. Der Wellenleiter 13 kann unter Umständen mit seiner Unterseite bis an die Pumpstrahlungsschicht 5 heranreichen.

In der gezeigten Ausführungsform wird der Wellenleiter 13 durch eine Strukturierung der weiteren Pufferschicht 6 in Form eines Walls (Ridge) gebildet. In einer alternativen Ausführungsform kann der Wellenleiter 13 auch ohne eine topologische Strukturierung der weiteren Pufferschicht 6 nur durch Brechungszahlenunterschiede innerhalb des Schichtmaterials ausgeführt sein. Bereiche mit unterschiedlichen Brechungsindizes können beispielsweise durch lateral selektive Eindiffusion oder Ionenimplantation von Dotierstoffen erzeugt werden oder durch feuchtthermische Oxidation.

In Figur 2 ist der Vertikalemitter 1 im Querschnitt dargestellt (Schnitt C-C). Neben den bereits im oberen Teil der Figur angegebenen Schichtaufbau zeigt der Querschnitt C-C die sich im Betrieb ergebene Intensitätsverteilung der Pumpstrahlung als Pumpstrahlungsmoden 15b.

Gegenüber der Pumpmode 15a innerhalb der Pumpstrahlungsquelle 2 zeigt sich insbesondere eine vertikale Ausdehnung der Pumpmode 15b bis in die Vertikalemissionsschichten 10. Die vertikale Propagation der Pumpstrahlung beruht auf dem bereits oben erwähnten Brechungszahlenunterschied durch die unterschiedliche Schichtenabfolge im Vertikalemitter 1 und der daraus resultierenden Beugung, die die Pumpstrahlung beim Übergang in den Vertikalemitter 1 erfährt. Darüber hinaus ist der Wellenleiter 13 nicht in den Vertikalemitter 1 fortgesetzt, so dass, anders als innerhalb der Pumpstrahlungsquellen, die Pumpmode innerhalb des Vertikalemitters 1 in ihrer vertikalen Ausbreitung keiner Einschränkung durch den Wellenleiter 13 unterliegt.

In Figur 3 ist ein Herstellungsverfahren für eine Halbleiterlaservorrichtung anhand von Querschnitten durch die Pumpstrahlungsquelle 2 (analog zum Querschnitt B-B aus Figur 2B) zu verschiedenen Zeitpunkten des Herstellungsprozesses dargestellt. Das gezeigte Ausführungsbeispiel der Halbleiterlaservorrichtung unterscheidet sich von dem in den Figur 1 und 2 dargestellten dadurch, dass nur ein Wellenleiter 13 vorgesehen ist, was hier insbesondere der einfacheren Darstellung dient.

Vorteilhafterweise wird die gesamte Halbleiterlaservorrichtung, also Vertikalemitter 1 sowie Pumpstrahlungsquellen 2, zunächst in einem gemeinsamen epitaktischen Prozess erstellt. Abgesehen davon, dass dadurch der Herstellungsprozess vereinfacht wird, lassen sich Probleme im Übergangsbereich zwischen Pumpstrahlungsquellen 2 und Vertikalemitter 1 (Korngrenzen, erhöhte Defektdichte, Versatz korrespondierender Schichten zueinander), die in einem Zweischnitt-Epitaxieprozess unvermeidlich wären, umgehen. Nach der Epitaxie weist die Halbleiterlaservorrichtung somit im Bereich der Pumpstrahlungsquellen 2 den gleichen Schichtaufbau auf wie im Bereich des Vertikalemitters 1. Dieser Schichtaufbau wurde im Zusammenhang mit dem oberen Teil von Figur 2 bereits beschrieben und ist in Figur 3A nochmals wiedergegeben.

Lateral selektiv wird daraufhin im Bereich der Pumpstrahlungsquellen 2 die Halbleiterlaservorrichtung bis auf die weitere Barrierschicht 6 abgetragen. Dieses wird vorzugsweise in einem Ätzprozess durchgeführt. Um mit Hilfe des Ätzprozesses die weitere Pufferschicht 6 definiert freizulegen, ist auf der weiteren Barrierschicht 6 die Ätzstoppschicht 9 vorgesehen, die gegenüber dem eingesetzten

Ätzprozess resistent ist. Nach einem Abätzen bis auf die Ätzstoppschicht 9 (Figur 3B) wird die Ätzstoppschicht 9 ihrerseits durch einen geeigneten Prozess entfernt und so die weitere Pufferschicht 6 freigelegt (Figur 3C).

In einem weiteren Ätzprozess werden parallele Vertiefungen (Gräben) in die weitere Pufferschicht 6 eingeätzt. Dieses kann zum Beispiel unter Verwendung einer Ätzmaske geschehen. Die Tiefe der Gräben wird dann über die Prozessparameter während der Ätzung definiert. In der gezeigten Ausführungsbeispielen der Figuren 2B und 3 reichen die Gräben in ihrer Tiefe nicht bis zur Pumpstrahlungsschicht 5 heran. In einer alternativen Ausgestaltung ist jedoch auch denkbar, die Gräben so tief auszuführen, dass die weitere Pufferschicht 6 und die darunter liegende Pumpstrahlungsschicht 5 vollständig von den Gräben durchtrennt werden. Die Gräben reichen dann folglich bis in die Pufferschicht 4 hinein. Alternativ sind zu einer Ätzung andere Verfahrensschritte zur Strukturierung denkbar, zum Beispiel ein Abtragen der weiteren Pufferschicht 6 durch Ionen-Sputtern. Der (oder in anderen Ausführungsbeispielen die) nicht abgetragenen parallelen Stege (Ridges) bilden den oder die Wellenleiter 13 (Figur 3D).

In einem nächsten Prozessschritt wird die Oberfläche der Pumpstrahlungsquellen 2 mit Ausnahme der Oberseite der Wellenleiter 13 mit der Passivierungsschicht 7 versehen (Figur 3E). Diese Passivierungsschicht 7 kann entweder durch ein Anoxidieren der Oberfläche der weiteren Pufferschicht 6 in den entsprechenden Bereichen gebildet werden oder durch Aufbringen einer entsprechenden nicht-leitenden Schicht. Da diese nicht kristallin zu sein braucht, unterliegt sie keinem streng zu kontrollierenden epitaktischen Wachstumsprozess und

kann auf einfache Weise aufgebracht werden, beispielsweise durch ein CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition), einen Sputterprozess oder auch in einem Aufdampfungsverfahren.

Im nächsten Schritt des Verfahrens wird die Oberfläche der Pumpstrahlungsquellen einem Dotierstoff ausgesetzt, der in die nicht von der Passivierungsschicht 7 abgedeckten Bereiche der Oberfläche, also die Wellenleiter 13 eindiffundiert, so dass ein dotierter Bereich 14 entsteht (Figur 3F). Alternativ zu einem Diffusionsprozess des Dotierstoffs aus einer Gasphase heraus, kann der Dotierstoff durch Ionenimplantation oder einen Sputterprozess gezielt eingebracht werden. Durch die Dotierung der Wellenleiter 13 wird eine hohe Stromleitfähigkeit der Wellenleiter 13 erreicht. Im letzten Verfahrensschritt wird die Kontaktschicht 8, üblicherweise eine Metallschicht, durch Aufdampfen aufgebracht (Figur 3G).

In Figur 4 ist die Draufsicht auf drei weitere Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung gezeigt. In allen drei Beispielen sind um einen Vertikalemitter 1 auf zwei gegenüber liegenden Seiten angeordnete, parallel zueinander verlaufende Pumpstrahlungsquellen 2 vorgesehen. Von den Pumpstrahlungsquellen 2 sind lediglich die Wellenleiter 13 skizziert. Auf jeder der gegenüber liegenden Seiten des Vertikalemitters 1 sind vier parallele Wellenleiter 13 vorgesehen.

In dem in Figur 4A gezeigten Ausführungsbeispiel sind die von dem Vertikalemitter 1 abgewandten Enden der Pumpstrahlungsquellen als Resonatorspiegel 16 ausgeführt. Die Resonatorspiegel 16 können entweder durch Spalten des Halbleiterkristalls oder durch einen Ätzvorgang, vorzugsweise

ein Plasmaätzvorgang, erzeugt werden. Jeweils zwei gegenüberliegende Pumpstrahlungsquellen 2 sind durch einen gemeinsamen Resonator gekoppelt. Die Pumpstrahlungsquellen 2 sind in der Lateralrichtung quer zu ihrer Pumphaauptstrahlungsrichtung und quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung nicht äquidistant angeordnet. Dadurch, dass die Pumpstrahlungsquellen 2 im inneren Bereich einen kleineren Abstand zueinander aufweisen als im äußeren Bereich, wird der Vertikalemitter 1 in seinem Zentrum stärker gepumpt als in seiner Peripherie. Auf diese Weise wird vorteilhaft eine lateral grundmodige Emission des Vertikalemitters 1 angeregt.

Das in Figur 4B gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Figur 4A gezeigten durch die Ausführung der Resonatorspiegel 16. In diesem Fall ist für die vier auf einer Seite des Vertikalemitters 1 angeordneten Pumpstrahlungsquellen 2 eine gemeinsame Resonatorspiegelanordnung 17, bestehend aus zwei senkrecht zueinander angeordneten Spiegelflächen, vorgesehen. Eine solche Spiegelanordnung ist auch als Retroreflektor bekannt. Es entstehen zwei Ringlaserstrukturen, gebildet von den jeweils innen liegenden Pumpstrahlungsquellen 2 sowie den jeweils außen liegenden Pumpstrahlungsquellen 2. Die Ausführung der Resonatorspiegel als Retroreflektoren bietet den Vorteil, dass an beiden Spiegelflächen Totalreflexion auftritt, wodurch auf eine aufwändige Spiegelbeschichtung mit einem hochreflektierenden Material oder einem dielektrischem Schichtstapel verzichtet werden kann.

Bei dem in Figur 4C gezeigten Ausführungsbeispiel sind jeweils zwei solcher Resonatorspiegelanordnungen 17

vorgesehen, wodurch jeweils benachbarte Pumpstrahlungsquellen 2 zu einem Ringlaser gekoppelt werden.

In Figur 5 sind zwei Ausführungsformen einer Halbleiterlaservorrichtung gemäß Figur 4C dargestellt. Wenn die Wellenleiter 13 in einem konstanten Querschnitt bis an die Resonatorspiegel herangeführt werden, verlässt die Pumpstrahlung in einer lateral engen Modenverteilung den Bereich der Wellenführung durch den Wellenleiter 13. Es ist in dem Fall eine sehr exakte Spiegeljustage notwendig, um die aus einer Pumpstrahlungsquelle 2 austretende Pumpstrahlung effektiv in eine weitere Pumpstrahlungsquelle 2, mit der ein gemeinsamer Resonator geteilt wird, einzukoppeln. Dadurch, dass die Wellenleiter 13 in einem Bereich vor der Endspiegelanordnung in ihrem Querschnitt verändert werden, was sowohl durch Verjüngung (Figur 5A) oder Verbreiterung (Figur 5B) geschehen kann, wird die laterale Modenverteilung der Pumpstrahlung aufgeweitet und so die Einkoppeleffizienz verbessert. Dieser Effekt kann dadurch unterstützt werden, dass die Wellenleiter 13 bereits vor der gemeinsamen Resonatorspiegelanordnung 17 enden.

In Figur 6 sind drei weitere Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung in der Draufsicht dargestellt. Bei diesen Ausführungsbeispielen wird ein zentraler Vertikalemitter 1 von sternförmig angeordneten Pumpstrahlungsquellen 2 optisch gepumpt. Auf diese Weise kann Pumpstrahlung mit hoher Intensität in den Vertikalemitter 1 eingebracht werden. Weiterhin begünstigt diese Anordnung wegen ihrer näherungsweise radialsymmetrischen Intensitätsverteilung der Pumpstrahlung die Ausbildung einer lateral grundmodigen Emission des Vertikalemitters 1.

In dem in Figur 6A gezeigten Ausführungsbeispiel bilden jeweils zwei gegenüberliegende Pumpstrahlungsquellen 2 eine gemeinsame Laserstruktur, wobei die vom Vertikalemitter 1 abgewandten Endflächen der Pumpstrahlungsquellen 2 als Resonatorspiegel 16 ausgebildet sind. Die Resonatorspiegel 16 werden in diesem Fall durch einen Ätzvorgang erstellt, da geeignete Kristallfacetten in der notwendigen Orientierungsvielfalt üblicherweise nicht vorhanden sind.

Alternativ zu den einzeln ausgeformten Resonatorspiegeln 16 jeder einzelnen Pumpstrahlungsquelle 2 kann, wie im Ausführungsbeispiel in Figur 6B dargestellt, ein gemeinsamer, kreisförmiger Resonatorspiegel 18 vorgesehen sein. Diese Ausführungsform ist prozesstechnisch einfacher zu realisieren, es können jedoch ungewünschte Ringresonanzen auftreten.

Bei dem in Figur 6C gezeigten Ausführungsbeispiel sind im Zwischenbereich zwischen den Pumpstrahlungsquellen 2 Absorberstrukturen 19 zur Verhinderung solcher Ringresonanzen vorgesehen. Diese Absorberstrukturen können beispielsweise durch in die Halbleiterlaservorrichtung eingeätzte V-förmige Gräben gebildet werden, deren Oberfläche mit einem absorbierenden Material, zum Beispiel einem Metall, versehen ist. Vorteilhafterweise ist dabei die absorbierende Schicht durch eine dünne Isolationsschicht elektrisch von der Halbleiterlaservorrichtung getrennt.

Die Erläuterung der Erfindung anhand der beschriebenen Ausführungsbeispiele ist nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen. Vielmehr umfasst die Erfindung auch die Kombination mit allen anderen in den Ausführungsbeispielen und der sonstigen Beschreibung genannten Merkmale, auch wenn

diese Kombination nicht Gegenstand eines Patentanspruchs  
sind.

## Patentansprüche

## 1. Halbleiterlaservorrichtung mit

- einem optisch gepumpten oberflächenemittierenden Vertikalemitter (1), der in einer Vertikalhauptstrahlungsrichtung emittiert, und
- mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle (2) zum optischen Pumpen des Vertikalemitters (1), wobei die Pumpstrahlungsquelle (2) in einer Pumphaauptstrahlungsrichtung, die quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung verläuft, Pumpstrahlung emittiert,

dadurch gekennzeichnet, dass  
zumindest ein vertikaler Abschnitt der Pumpstrahlungsquelle (2) in einer Lateralrichtung quer zur Pumphaauptstrahlungsrichtung und quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung indexführend für die Pumpstrahlung ausgeführt ist.

## 2. Halbleiterlaservorrichtung mit

- einem optisch gepumpten oberflächenemittierenden Vertikalemitter (1), der in einer Vertikalhauptstrahlungsrichtung emittiert, und
- mindestens einer monolithisch integrierten Pumpstrahlungsquelle (2) zum optischen Pumpen des Vertikalemitters (1), wobei die Pumpstrahlungsquelle (2) in einer Pumphaauptstrahlungsrichtung, die quer zur Vertikalhauptstrahlungsrichtung verläuft, Pumpstrahlung emittiert,

dadurch gekennzeichnet, dass  
die Pumpstrahlungsquelle (2) in zumindest einem vertikalen Abschnitt in einer Lateralrichtung quer zur

Pumphauptstrahlungsrichtung eine geringere Breite aufweist als in einem weiteren vertikalen Abschnitt.

3. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der vertikale Abschnitt als Wellenleiter (13) in der Pumphauptstrahlungsrichtung ausgeführt ist, der einen in der Lateralrichtung und in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung begrenzten Querschnitt aufweist.
4. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt des Wellenleiters (13) rechteckförmig oder trapezförmig geformt ist.
5. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquelle (2) eine aktive strahlungserzeugende Pumpstrahlungsschicht (5) aufweist und der Wellenleiter (13) in einem Bereich der Pumpstrahlungsquelle (2) ausgeführt ist, der in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung von der Pumpstrahlungsschicht (5) beabstandet ist.
6. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbleiterlaservorrichtung im Bereich der Pumpstrahlungsquellen (2) teilweise abgetragen ist und der Wellenleiter (13) durch einen freigelegten Halbleiterstreifen gebildet wird.
7. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass

der Wellenleiter (13) durch Halbleitermaterial mit eindiffundierten Dotierstoffen gebildet wird.

8. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (13) in der Lateralrichtung eine Breite aufweist, die kleiner ist als 10 Vakuumwellenlängen der Pumpstrahlung ist und insbesondere zwischen 1 und 6 Vakuumwellenlängen der Pumpstrahlung liegt.
9. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (13) in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung eine Ausdehnung zwischen  $1/5$  und 4 Vakuumwellenlängen der Pumpstrahlung aufweist.
10. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (13) in Pumphauptstrahlungsrichtung eine variierende Querschnittsfläche aufweist.
11. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Pumpstrahlungsquelle (2) eine Passivierungsschicht (7) vorgesehen ist, die im Bereich des Wellenleiters (13) ausgespart ist.
12. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Pumpstrahlungsquelle (2) eine Kontaktschicht vorgesehen ist, die den Wellenleiter (13) auf einer zur Pumpstrahlungsschicht (5) parallelen und von dieser abgewandten Seite kontaktiert.

13. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Betrieb eine Pumpstrahlungsmode in Richtung der Pumphaauptstrahlungsrichtung ausgebildet ist, die innerhalb der Pumpstrahlungsquelle (2) ein Intensitätsmaximum innerhalb der Pumpstrahlungsschicht (5) aufweist mit einer von dem Intensitätsmaximum radial in der von der Vertikalhauptstrahlungsrichtung und der Lateralrichtung aufgespannten Ebene nach außen abfallenden Intensität, wobei die Intensität innerhalb des Wellenleiters (13) geringer ist als in vergleichbarem Abstand außerhalb des Wellenleiters (13).
14. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsschicht (5) in den Vertikalemitter (1) fortgesetzt ist und die Pumpstrahlungsmode innerhalb des Vertikalemitters (1) in Vertikalemitterrichtung derart ausgedehnt ist, dass die Pumpstrahlungsmode im Betrieb mit der Vertikalemitterschicht (10) überlappt.
15. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Vertikalemitter (1) mindestens eine aktive strahlungserzeugende Vertikalemitterschicht (10) aufweist, die in der Vertikalhauptstrahlungsrichtung von der Pumpstrahlungsschicht (5) beabstandet ist.
16. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass

der Pumpstrahlungsschicht (5) und der mindestens einen Vertikalemitterschicht (10) in vertikaler Richtung eine interne Resonatorspiegelstruktur nachgeordnet ist.

17. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die interne Resonatorspiegelstruktur ein Bragg-Reflektor (11) ist.
18. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die interne Resonatorspiegelstruktur zwischen der mindestens einen Vertikalemitterschicht (10) und einem Substrat angeordnet ist und die von der mindestens einen Vertikalemitterschicht (10) erzeugte Strahlung auf der dem Substrat gegenüberliegenden Seite ausgekoppelt wird.
19. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass die interne Resonatorspiegelstruktur einem Substrat und der mindestens einen Vertikalemitterschicht (10) nachgeordnet ist und die von der mindestens einen Vertikalemitterschicht (10) erzeugte Strahlung durch das Substrat ausgekoppelt wird.
20. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass im Substrat zur Auskopplung der von der mindesten einen Vertikalemitterschicht (10) erzeugten Strahlung ein Auskoppelfenster vorgesehen ist.
21. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass

der mindestens einen Vertikalemitterschicht (10) ein externer Spiegel zugeordnet ist, der zusammen mit der internen Resonatorspiegelstruktur den Resonator für den Vertikalemitter (1) bildet.

22. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass im Resonator strahlformende Elemente angeordnet sind.
23. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass im Resonator frequenzselektive Elemente angeordnet sind.
24. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass im Resonator frequenzkonvertierende Elemente angeordnet sind.
25. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquelle (2) ein kantenemittierender Laser ist.
26. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpstrahlungsquellen (2) einen Resonator mit mindestens einem Resonatorspiegel (16) aufweisen.
27. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters (1) angeordnete Pumpstrahlungsquellen (2)

einen gemeinsamen Resonator aufweisen und zusammen einen Laser bilden.

28. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei, parallel zueinander angeordnete Pumpstrahlungsquellen (2) vorgesehen sind.
29. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass zwei parallel nebeneinander angeordnete Pumpstrahlungsquellen (2) eine gemeinsame Resonatorspiegelanordnung (17) aufweisen, die aus zwei Resonatorspiegeln (16) besteht, die rechtwinklig zueinander angeordnet sind.
30. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Resonatorspiegel (16) so angeordnet sind, dass die Pumpstrahlung an ihnen Totalreflexion erfährt.
31. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere sternförmig um den Vertikalemitter (1) angeordnete Pumpstrahlungsquellen (2) vorgesehen sind.
32. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenleiter (13) in Richtung der Pumpstrahlung vor dem Resonatorspiegel (16) enden.
33. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass

der Wellenleiter (13) so ausgeführt ist, dass er in Richtung der Pumpstrahlung vor dem Resonatorspiegel (16) in der Lateralrichtung verjüngt ist.

34. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass der Wellenleiter (13) so ausgeführt ist, dass er in Richtung der Pumpstrahlung vor dem Resonatorspiegel (16) in der Lateralrichtung verbreitert ist.

35. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Vertikalemitterschicht (10) und/oder die Pumpstrahlungsschicht (5) jeweils mindestens eine Quantenschicht umfasst.

36. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Quantenschicht Quantentröge oder Quantendrähte oder Quantenpunkte oder eine Kombination dieser Strukturen aufweist.

FIG 1

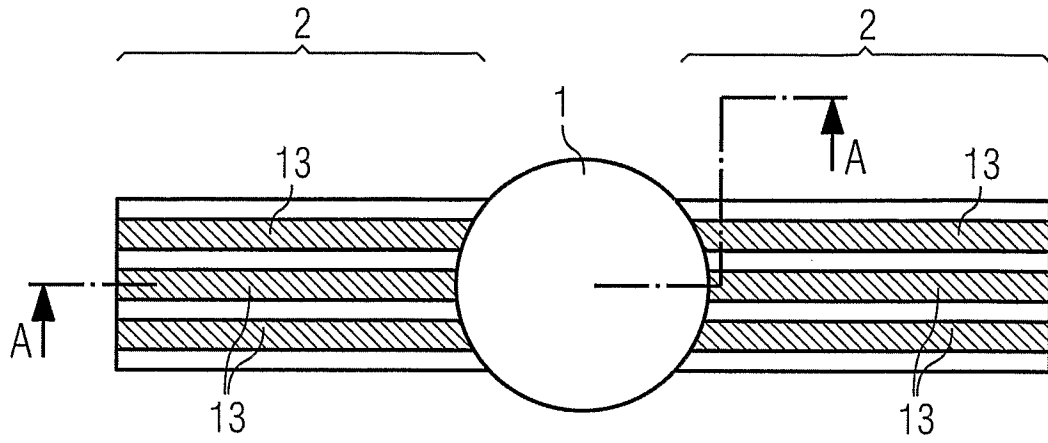


FIG 2A (A-A)

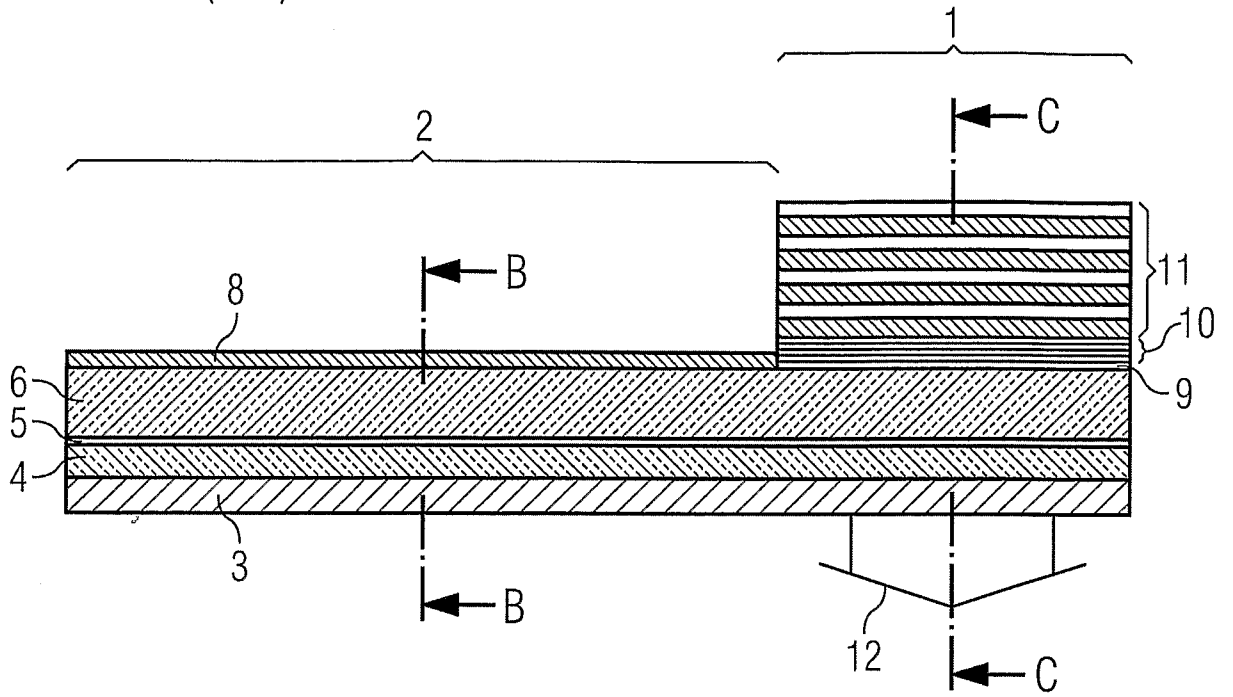


FIG 2B (B-B)

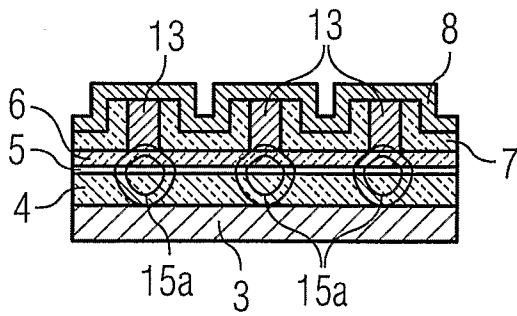


FIG 2C (C-C)

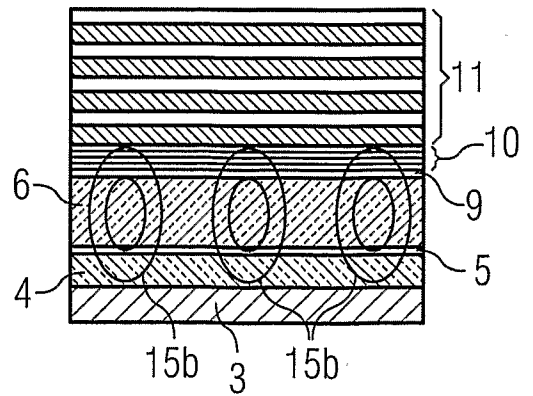


FIG 3

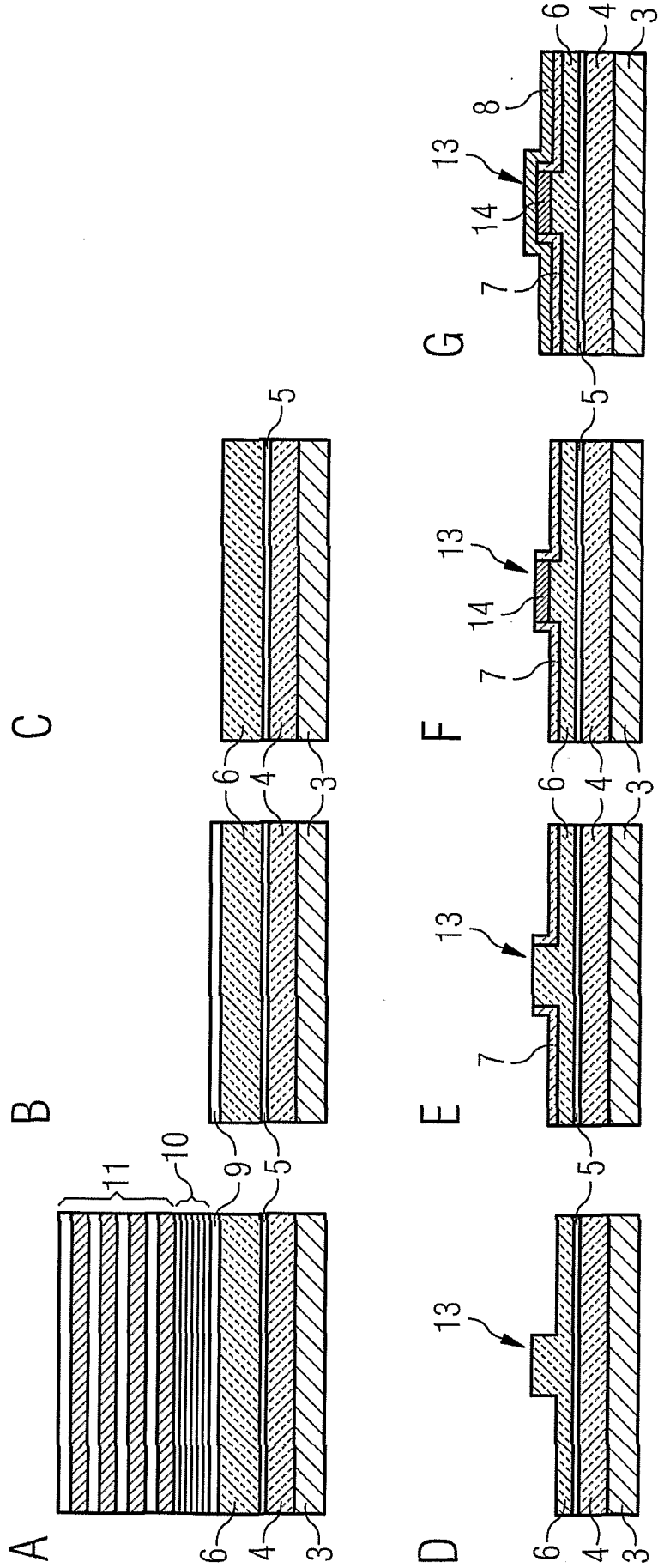


FIG 4

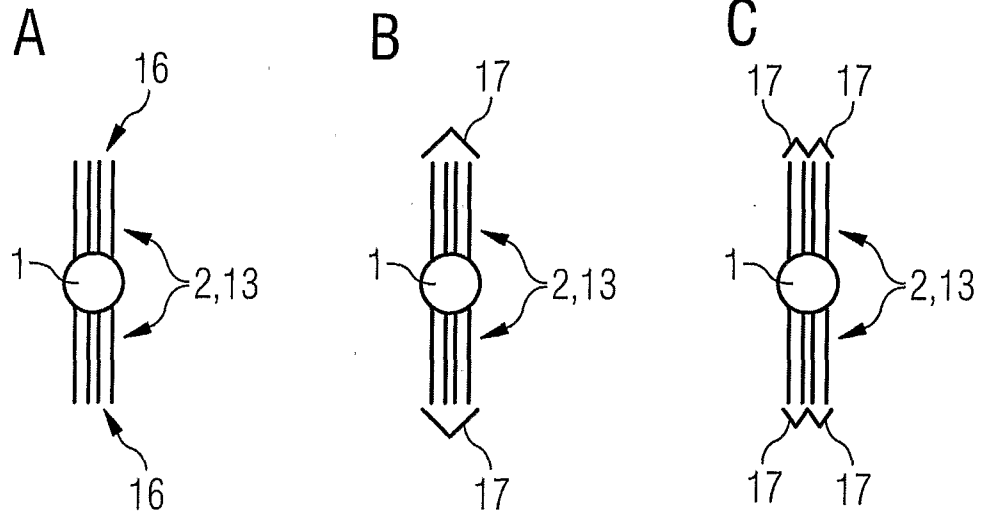


FIG 5

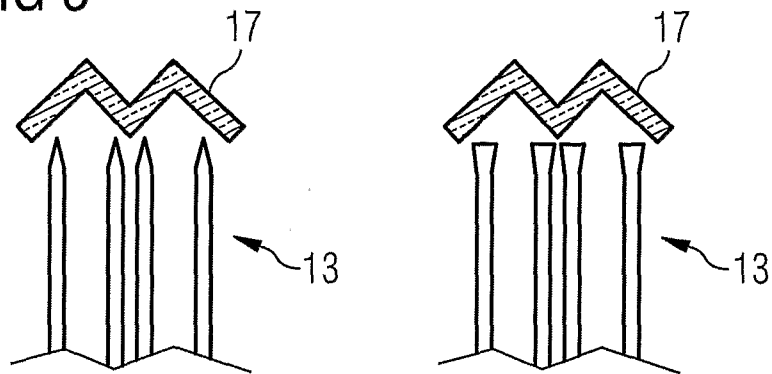


FIG 6

