



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 14 120 B4 2007.06.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 14 120.7**
 (22) Anmeldetag: **28.03.2002**
 (43) Offenlegungstag: **23.10.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.06.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H01S 5/40 (2006.01)**
H01S 5/06 (2006.01)
H01S 5/183 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93049 Regensburg, DE

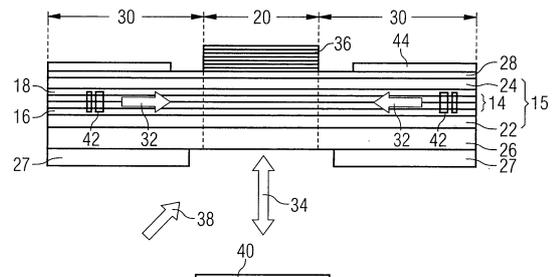
(74) Vertreter:
Epping Hermann Fischer, Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München

(72) Erfinder:
Luft, Johann, 93195 Wolfsegg, DE; Albrecht, Tony, 93077 Bad Abbach, DE; Linder, Norbert, Dr., 93173 Wenzelnbach, DE; Lutgen, Stephan, 93047 Regensburg, DE; Späth, Werner, Dr., 83607 Holzkirchen, DE; Steegmüller, Ulrich, Dr., 93059 Regensburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
US 62 85 704 B1
US 59 91 318
US 57 48 653
WO 01 13 481 A1
US 2002/00 01 328 A1;
SHIRE, D.B., TANG, C.L.: Gain controlled vertical cavity surface emitting lasers coupled with intracavity in-plane lasers, in: Appl. Phys. Lett., Vol. 66, No. 14, 1995, S. 1717-1719;

(54) Bezeichnung: **Optisch pumpbare oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit einem mittels einer Pumpstrahlungsquelle optisch pumpbaren Vertikalemitters (20), der eine strahlungserzeugende Schicht (14) und einen externen Resonator aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Modulationsstrahlungsquelle (30) zur Modulation der Ausgangsleistung der oberflächenemittierenden Halbleiterlaservorrichtung vorgesehen ist, die eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (15) mit einer strahlungserzeugenden aktiven Schicht umfaßt, und die so angeordnet ist, daß sie im Betrieb Strahlung emittiert, die in die strahlungserzeugende aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) eingekoppelt wird und dort eine mittels der Pumpstrahlungsquelle erzeugte Besetzungsinversion zumindest teilweise abbaut.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit einem optisch pumpbaren Vertikalemitter, der eine strahlungserzeugende aktive Schicht aufweist.

[0002] In den Durkschriften WO 01/13481 A1, US 5,748,653, Shire et al., Appl. Phys. Lett., 66, No. 14 (1995) 1717 und US 6,285,704 B1 sind oberflächene-mittierende Halbleiterlaservorrichtungen beschrieben, die einen Vertikalemitter aufweisen.

[0003] Ferner ist eine optisch gepumpte oberflächene-mittierende Halbleiterlaservorrichtung beispielsweise aus US 5,991,318 bekannt. Hierin ist ein optisch gepumpter Vertikalresonator-Halbleiterlaser mit einer monolithischen oberflächenemittierenden Halbleiterschichtstruktur beschrieben. Die optische Pumpstrahlung, deren Wellenlänge kleiner ist als die der erzeugten Laserstrahlung, wird bei dieser Vorrichtung von einer kantenemittierenden Halbleiterlaserdioden generiert, die extern so angeordnet ist, daß die Pumpstrahlung schräg von vorne in den Verstärkungsbereich der oberflächenemittierenden Halbleiterschichtstruktur eingestrahlt wird.

[0004] Bei einer solchen Anordnung muß die Pumplichtquelle sehr genau auf die oberflächenemittierende Halbleiterschichtstruktur ausgerichtet sein. Zusätzlich sind in der Regel optische Einrichtungen zur Strahlfokussierung erforderlich.

[0005] In der Offenlegungsschrift DE 100 26 734 A1 wird hierzu vorgeschlagen, bei einer optisch gepumpten oberflächenemittierenden Halbleiterlaservorrichtung die strahlungserzeugende Quantentopfstruktur und die kantenemittierende Halbleiterstruktur auf einem gemeinsamen Substrat epitaktisch aufzuwachsen. Die Schichtdicken der einzelnen Halbleiterschichten lassen sich bei der Epitaxie sehr genau einstellen, so daß vorteilhafterweise eine hohe Positioniergenauigkeit der kantenemittierenden Halbleiterstruktur zur strahlungserzeugenden Quantentopfstruktur erreicht wird.

[0006] Eine Modulation der emittierten Strahlung kann bei der in der DE 100 26 734 A1 beschriebenen Halbleiterlaservorrichtung beispielsweise mittels des Pumpasers durch eine Modulation des Pumpstromes oder mittels einer Kurzschlußschaltung der oberflächenemittierenden Halbleiterlaserschichtenfolge erfolgen. Diese Art der Modulation kann jedoch insbesondere bei Hochleistungslasern mit einer optischen Pumpleistung im Watt-Bereich aufgrund der vergleichsweise hohen elektrischen Pumpstroms, der typischerweise im Bereich einiger Ampere liegt, zu Schwierigkeiten führen. Derartige Schwierigkeiten können vor allem bei einer schnellen Modulation, wie sie beispielsweise bei der Laserprojektion erforder-

lich ist, auftreten.

[0007] Hier setzt die Erfindung an. Der Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, liegt die Aufgabe zugrunde, eine Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art so weiterzuentwickeln, daß eine schnelle Modulation der Ausgangsleistung ermöglicht wird.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine oberflächene-mittierende Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

[0009] Erfindungsgemäß ist bei einer oberflächene-mittierenden Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art ein mittels einer Pumpstrahlungsquelle optisch pumpbarer Vertikalemitter, der eine strahlungserzeugende Schicht und einen externen Resonator aufweist, und zumindest eine Modulationsstrahlungsquelle zur Modulation der Ausgangsleistung der oberflächenemittierenden Halbleitervorrichtung vorgesehen, die durch eine kantenemittierende Halbleiterstruktur mit einer aktiven Schicht gebildet ist, und die so angeordnet ist, daß sie im Betrieb in die strahlungserzeugende aktive Schicht des Vertikalemitters strahlt und dort eine mittels der Pumpstrahlungsquelle erzeugte Besetzungsinversion zumindest teilweise abbaut.

[0010] Die Erfindung beruht also auf dem Gedanken, die Ladungsträgerinversion in der aktiven Schicht des Vertikalemitters durch die Strahlung einer Modulationsstrahlungsquelle kontrolliert abzubauen, und im Extremfall vollständig zu quenchen. Die reduzierte Besetzungsinversion führt zu einer entsprechend erniedrigten Ausgangsleistung des Vertikalemitters. Dabei ist für den Abbau der Besetzungsinversion nur eine vergleichsweise geringe Modulationsleistung und damit nur ein kleiner und schnell änderbarer Modulationsstrom erforderlich.

[0011] In einer bevorzugten Ausführungsform der Halbleiterlaservorrichtung ist vorgesehen, daß die aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur der Modulationsstrahlungsquelle und die aktive Schicht des Vertikalemitters die gleiche Struktur und/oder den gleichen Aufbau aufweisen und/oder aus den gleichen Materialien gebildet sind. Dies erlaubt eine gemeinsame Herstellung von Vertikalemitter und Modulationsstrahlungsquelle und stellt zugleich sicher, daß die Modulationsstrahlung effektiv an die Besetzungsinversion des Vertikalemitters an koppeln kann, da ihre Energie gerade dem Energieabstand in der aktiven Schicht des Vertikalemitters entspricht. Besonders bevorzugt sind die beiden aktiven Schichten identisch.

[0012] Hierbei ist es vorteilhaft, daß die aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur

der Modulationsstrahlungsquelle im Betrieb mit derselben Wellenlänge wie die aktive Schicht des Vertikalemitters strahlt.

[0013] In diesem Zusammenhang ist bei einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung mit Vorteil vorgesehen, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Modulationsstrahlungsquelle und der Vertikalemitter epitaktisch auf einem gemeinsamen Substrat aufgewachsen sind. Die Epitaxie erlaubt eine genaue Einstellung der Schichtdicken der einzelnen Halbleiterschichten, woraus eine hohe Positioniergenauigkeit der kantenemittierenden Halbleiterstruktur der Modulationsstrahlungsquelle zur aktiven Schicht des Vertikalemitters erreicht wird.

[0014] Insbesondere können vorteilhaft die aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur der Modulationsstrahlungsquelle und die aktive Schicht des Vertikalemitters nebeneinander und auf gleicher Höhe liegen, so daß die Modulationsstrahlungsquelle im Betrieb seitlich in die aktive Schicht des Vertikalemitters strahlt.

[0015] In einer Ausgestaltung der Erfindung sind zwei oder mehr Modulationsstrahlungsquellen um den Vertikalemitter herum angeordnet, um im Betrieb in die aktive Schicht des Vertikalemitters zu strahlen, so daß die aktive Schicht des Vertikalemitters über ihren gesamten lateralen Querschnitt schnell und homogen moduliert werden kann.

[0016] Eine erhöhte Modulationseffizienz kann in einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung durch Erzeugung von Laserstrahlung als Modulationsstrahlung dadurch erreicht werden, daß jeweils zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters angeordnete Modulationsstrahlungsquellen zusammen eine Laserstruktur zur Modulation der Ausgangsleistung der Halbleitervorrichtung bilden. Dazu sind beispielsweise Endflächen der Modulationsstrahlungsquellen als Spiegelflächen ausgebildet, die zum Beispiel durch Spalten oder Ätzen erzeugt, mit einer Passivierungsschicht versehen und/oder hochreflektierend verspiegelt sind. Im Betrieb sind die jeweils gegenüberliegenden Modulationsstrahlungsquellen dann zu einem einzigen kohärent schwingenden Laser gekoppelt.

[0017] In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur der Modulationsstrahlungsquelle zwischen einer ersten und einer zweiten Wellenleiterschicht eingebettet ist, die ihrerseits zwischen einer ersten und einer zweiten Mantelschicht eingebettet sein können.

[0018] Die Pumpstrahlungsquelle kann bei der Erfindung als externe Strahlungsquelle vorgesehen

sein. Vorzugsweise ist die Pumpstrahlungsquelle aber ebenfalls auf dem Substrat des Vertikalemitters angeordnet, beispielsweise epitaktisch aufgewachsen. Die so gebildete optisch gepumpte Halbleitervorrichtung zeichnet sich durch einen besonders kompakten monolithischen Aufbau aus.

[0019] Es ist dabei zweckmäßig, wenn eine aktive Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle und die aktive Schicht des Vertikalemitters nebeneinander und auf gleicher Höhe liegen, so daß die Pumpstrahlungsquelle im Betrieb seitlich in die aktive Schicht des Vertikalemitters strahlt.

[0020] Die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle weist in einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung eine von der aktiven Schicht des Vertikalemitters verschiedene aktive Schicht auf, wobei insbesondere die aktive Schicht der Pumpstrahlungsquelle bei einer kleineren Wellenlänge als die aktive Schicht des Vertikalemitters emittiert.

[0021] Um in kurzer Zeit und homogen die aktive Schicht des Vertikalemitters über ihren gesamten lateralen Querschnitt zu pumpen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß zwei oder mehr Pumpstrahlungsquellen um den Vertikalemitter herum angeordnet sind, um im Betrieb in die aktive Schicht des Vertikalemitters zu strahlen.

[0022] Eine erhöhte Pumpeffizienz wird mit Vorteil dadurch erzielt, daß jeweils zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters angeordnete Pumpstrahlungsquellen zusammen eine Laserstruktur zum optischen Pumpen mittels Laserstrahlung bilden.

[0023] In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung ist vorgesehen, daß die Pumpstrahlungsquelle mindestens einen Ringlaser aufweist, wobei die aktive Schicht des Vertikalemitters bevorzugt innerhalb des Resonators des Ringlasers angeordnet ist. Insbesondere kann der Resonator des Ringlasers von einem ringförmig geschlossenen Wellenleiter gebildet sein.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle eine zwischen einer ersten und einer zweiten Wellenleiterschicht eingebettete aktive Schicht auf, die ihrerseits zwischen einer ersten und einer zweiten Mantelschicht eingebettet sein kann.

[0025] Anstatt die aktive Schicht der Pumpstrahlungsquelle und die aktive Schicht des Vertikalemitters nebeneinander und auf gleicher Höhe anzuordnen, kann auch bei der Erfindung vorgesehen sein,

daß die aktive Schicht des Vertikalemitters und die Pumpstrahlungsquelle übereinander angeordnet sind und daß die aktive Schicht des Vertikalemitters optisch an die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle gekoppelt ist, so daß Strahlung der Pumpstrahlungsquelle im Betrieb in die aktive Schicht des Vertikalemitters geführt wird.

[0026] Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle eine zwischen einer ersten und einer zweiten Wellenleiterschicht eingebettete aktive Schicht aufweist, und die aktive Schicht des Vertikalemitters auf einer der Wellenleiterschichten aufgebracht ist, so daß zumindest ein Teil der in der kantenemittierenden Halbleiterstruktur der Pumpstrahlungsquelle erzeugten Strahlung in die aktive Schicht des Vertikalemitters geführt wird.

[0027] In allen Ausführungsformen kann die Dicke des gemeinsamen Aufwachssubstrats zur Verminderung von Strahlungsverlusten nach den Epitaxieschritten mit Vorteil auf unter 100 µm verringert oder das Substrat vollständig entfernt sein. Wird das Substrat nicht vollständig entfernt, umfaßt es zweckmäßiger Weise ein für die in dem Vertikalemitter erzeugte Strahlung durchlässiges Material.

[0028] Auf der vom Substrat abgewandten Seite des Vertikalemitters ist bevorzugt eine Resonatorspiegelschicht, insbesondere ein verteilter Bragg-Reflektor aufgebracht.

[0029] Als zweiter Resonatorspiegel kann ein zweiter interner Resonatorspiegel vorgesehen sein, der durch eine zweite Resonatorspiegelschicht gebildet ist, die zwischen Substrat und aktiver Schicht des Vertikalemitters angeordnet ist.

[0030] Alternativ kann ein zweiter Resonatorspiegel des Resonators des Vertikalemitters durch einen externen Spiegel gebildet sein. Diese Alternative ist insbesondere vorteilhaft, wenn in dem Resonator des Vertikalemitters ein Element zur Frequenzkonversion, beispielsweise ein Frequenzverdoppler angeordnet ist. Hierzu kann im Resonator ein optisch nichtlinearer Kristall zur Frequenzkonversion angeordnet sein. Da die Ausgangsleistung der frequenzkonvertierten Strahlung nichtlinear von der Ausgangsleistung des Vertikalemitters abhängt, genügen für die Modulation in diesem Fall besonders niedrige Modulationsströme der Modulationsstrahlungsquelle.

[0031] Die Erfindung ist besonders geeignet für Halbleiterlaservorrichtungen, die für eine Ausgangsleistung über 100 mW, bevorzugt von über 200 mW, besonders bevorzugt von über 500 mW ausgelegt ist, wobei die Modulationsstrahlungsquelle eine schnelle Modulation der Ausgangsleistung der Halbleiterlaservorrichtung ermöglicht.

[0032] Der Vertikalemitter und/oder die Modulationsstrahlungsquelle und/oder die Pumpstrahlungsquelle können mit Vorteil auf Basis von InGaAlAs, InGaN, InGaAsP oder InGaAlP gebildet sein.

[0033] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und den Zeichnungen.

[0034] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) näher erläutert.

[0035] Es zeigt:

[0036] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0037] [Fig. 2](#) eine schematische Schnittansicht der Halbleiterlaservorrichtung von [Fig. 1](#), entlang der Linie A-A;

[0038] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0039] [Fig. 4](#) eine schematische Schnittansicht der Halbleiterlaservorrichtung von [Fig. 3](#), entlang der Linie B-B;

[0040] [Fig. 5](#) eine schematische Schnittansicht einer alternativen Gestaltung der Halbleiterlaservorrichtung von [Fig. 3](#), entlang der Linie B-B;

[0041] [Fig. 6](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung mit einem externen Resonator;

[0042] [Fig. 7](#) eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0043] [Fig. 8](#) in (a) und (b) schematische Darstellungen von Aufsichten auf Halbleiterlaservorrichtungen mit Absorberschichten nach weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung; und

[0044] [Fig. 9](#) eine schematische Darstellung einer Aufsicht auf eine Halbleiterlaservorrichtung mit einem Ringlaser als Pumpstrahlungsquelle nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0045] [Fig. 1](#) zeigt eine Aufsicht auf eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung **10** nach einem Ausführungsbeispiel der Er-

findung. Der vertikale Aufbau ist im Schnitt längs der Linie A-A in [Fig. 2](#) dargestellt. Beispielhaft ist die Halbleiterlaservorrichtung für eine Emission bei 1030 nm ausgelegt.

[0046] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) weist ein rückseitenemittierender Vertikalemitter **20** mit quadratischem Querschnitt eine aktive strahlungsemitierende Schicht **14** mit einer Quantentopfstruktur auf. Im Ausführungsbeispiel enthält der Vertikalemitter **20** eine Doppelquantentopfstruktur aus undotierten InGaAs-Töpfen, deren Breite so gewählt ist, daß sich gerade die angestrebte Emission bei 1030 nm ergibt.

[0047] Die aktive Schicht **14** ist zwischen eine erste undotierte $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ -Schicht **16** und eine zweite undotierte $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ -Schicht **18** eingebettet, die, wie weiter unten im Zusammenhang mit den Streifenlasern **30** beschrieben, als Wellenleiterschichten dienen. Die Wellenleiterschichten **16** und **18** sind durch eine n-dotierte $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ Confinementschicht **22** und eine p-dotierte $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ Confinementschicht **24** begrenzt. Die Confinementschichten **22**, **24** sind ihrerseits zwischen eine hochdotierte n-Kontaktschicht **26** aus $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ und eine hochdotierte p-Kontaktschicht **28** einer Dicke von 0,1 bis 0,2 μm aus $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ eingebettet. Dabei gilt für den Aluminiumgehalt der Schichten die Beziehung $x < y$ und $y > z$. Um Absorptionsverluste durch die hochdotierte p-Kontaktschicht **28** im Vertikalemitter **20** zu minimieren, wird diese vorzugsweise in einem Wellenknoten des Stehwellenfeldes angeordnet.

[0048] Der Vertikalemitter **20** wird in diesem Ausführungsbeispiel extern durch eine selbst nicht dargestellte Pumpstrahlungsquelle gepumpt, deren Pumpstrahlung (Pfeil **38**) in bekannter Weise eine Besetzungsinversion in der aktiven Schicht **14** des Vertikalemitters **20** erzeugt.

[0049] Ein auf der Oberseite des Vertikalemitters **20** angeordneter Resonatorspiegel **36** und ein nur schematisch gezeigter externer Resonatorspiegel **40** bilden den Resonator des Vertikalemitters **20**, in dem die vertikale Strahlung (Pfeil **34**) propagiert. Der externe Resonatorspiegel **40** kann beispielsweise auch über einen teildurchlässigen Umlenkspiegel mit dem internen Resonatorspiegel **36** gekoppelt sein, wie weiter unten bei der Beschreibung von [Fig. 6](#) erläutert.

[0050] Der Resonatorspiegel **36** ist im Ausführungsbeispiel als Endspiegel in Form eines verteilten Braggspiegels (DBR, distributed Bragg reflector) mit beispielsweise 30 Perioden aus undotiertem $\text{Al}_{0,1}\text{Ga}_{0,9}\text{Al}$ und $\text{Al}_{0,9}\text{Ga}_{0,1}\text{Al}$ mit einer Reflektivität von > 0.99 , gebildet. Der externe Spiegel kann als Auskoppelspiegel teildurchlässig sein.

[0051] Neben dem Vertikalemitter **20** und an diesen

an zwei Seiten angrenzend ([Fig. 1](#)) sind zwei Streifenlaser **30** angeordnet, die als Modulationsstrahlungsquellen für den Vertikalemitter **20** fungieren. Die aktive Zone **14** der Streifenlaser **30** ist identisch mit der aktiven Zone **14** des Vertikalemitters **20** und ist beim Aufwachsen gleichzeitig mit dieser als einheitliche Schichtenfolge auf ein in [Fig. 2](#) bereits entferntes Aufwachssubstrat aufgebracht.

[0052] Durch die Spiegelstrukturen **42** und die Wellenleiterschichten **16** und **18** bilden die Streifenlaser **30** kantenemittierende Halbleiterstrukturen, die in die aktive Schicht **14** des Vertikalemitters **20** strahlen (Pfeil **32**).

[0053] Da die Streifenlaser **30** dieselbe aktive Schichtenfolge wie der Vertikalemitter **20** aufweisen, emittieren sie bei der gleichen Wellenlänge. Somit kann durch Einstrahlung der Modulationsstrahlung **32** die Ladungsträgerinversion in der aktiven Schicht **14** des Vertikalemitters gequenchet, also bis auf kleine Werte oder vollständig abgebaut werden. Die gequenchte Besetzungsinversion führt zu einer entsprechend reduzierten Ausgangsleistung des Vertikalemitters **20**. Dabei ist für das Quenching der Besetzungsinversion keine hohe Ausgangsleistung der Modulationsstrahlungsquellen, also auch nur ein kleiner Modulationsstrom erforderlich.

[0054] Insgesamt liefert die Kombination aus Modulationsstrahlungsquellen **30** und Vertikalemitter **20** eine kompakte oberflächenemittierende Laserquelle hoher Leistung, die hohe Strahlqualität mit leichter Modulierbarkeit verbindet.

[0055] Die Stromzuführung für die kantenemittierenden Streifenlaser **30** erfolgt im Ausführungsbeispiel der [Fig. 2](#) von der p-Seite her über einen auf den Laserstreifen **30** aufgebrachten p-Kontakt **44** und von der n-Seite her über einen auf der n-Kontaktschicht **26** nach einer Freiletzung angebrachten n-Kontakt **27**. Alternativ kann die n-Kontaktierung bei einer Ausführungsform, bei der die Halbleiterlaservorrichtung **10** mit der p-Seite nach unten montiert wird, auf einem gedünnten n-Substrat erfolgen, so daß keine in die Schichtstruktur einbrachte hochdotierte n-Kontaktschicht erforderlich ist.

[0056] Zur Verminderung von Strahlungsverlusten wird das Aufwachssubstrat nach den Epitaxieschritten beispielsweise auf unter 100 μm gedünnt oder vollständig entfernt. Die [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#) zeigen Halbleiterlaservorrichtungen mit vollständig entferntem Substrat und [Fig. 5](#) ein Ausführungsbeispiel, bei dem das Substrat **12** auf etwa 80 μm gedünnt wurde.

[0057] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die Pumpstrahlungsquellen monolithisch mit dem Vertikalemitter auf einem Substrat integriert sind, wird nachfolgend in Zusammenhang mit

den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) erläutert. [Fig. 3](#) zeigt wiederum die Aufsicht, [Fig. 4](#) eine Schnittansicht längs der Linie B-B.

[0058] Die Aufsicht der [Fig. 3](#) zeigt eine optisch gepumpte oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung, die wie die Halbleiterlaservorrichtung der [Fig. 1](#) für eine Emission bei 1030 nm ausgelegt sein kann. Dabei sind zwei Streifenlaser **30** beiderseits eines rückseitenemittierenden Vertikalemitters **20** mit quadratischem Querschnitt angeordnet. Insoweit entspricht der Aufbau dieses Ausführungsbeispiels dem in im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) erläuterten Ausführungsbeispiel.

[0059] Zusätzlich sind in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 3](#) zwei Pumpstrahlungsquellen **50** beiderseits des Vertikalemitters **20**, aber in einer Richtung senkrecht zur Achse der Modulationsstrahlungsquelle **30** angeordnet. Wie im dem Schnitt entlang der Linie B-B der [Fig. 4](#) zu erkennen, sind die Pumpstrahlungsquellen **50** durch kantenemittierende Halbleiterlaserstrukturen gebildet, beispielsweise durch an sich bekannte LOC-SQW (Large Optical Cavity – Single Quantum Well)-Laserstrukturen für eine Emission bei etwa 1000 nm.

[0060] Die LOC-SQW-Struktur besteht im Ausführungsbeispiel aus einer ersten Mantelschicht **58** aus $n\text{-GaAl}_{0,65}\text{As}$, einer ersten Wellenleiterschicht **54** aus $n\text{-GaAl}_{0,1}\text{As}$, einer aktiven Schicht **52**, die ein undotiertes InGaAs-SQW umfaßt, einer zweiten Wellenleiterschicht **56** aus $p\text{-GaAl}_{0,1}\text{As}$ und einer zweiten Mantelschicht **60** aus $p\text{-GaAl}_{0,65}\text{As}$.

[0061] Auf der zweiten Mantelschicht **60** kann beispielsweise eine p^+ -dotierte GaAs-Schicht als Deckschicht aufgebracht sein. An der freien Oberfläche der Deckschicht ist eine elektrisch isolierende Maskenschicht **100**, beispielsweise eine Siliziumnitrid- oder eine Siliziumoxidschicht aufgebracht, deren Ausnehmungen Strominjektionspfade der Pumpstrahlungsquellen **50** definieren (vgl. auch [Fig. 3](#), [Fig. 7](#) und 8). Auf der Maskenschicht **100** und in deren Aussparungen für die Strominjektionspfade, auf der Deckschicht ist eine p-Kontaktschicht **68**, z.B. eine bekannte Kontaktmetallisierung, aufgebracht. An der Unterseite der ersten Mantelschicht **58** ist ein n-Kontakt **66** vorgesehen.

[0062] Beim Betrieb der Halbleiterlaservorrichtung wird in den durch die n-Kontakte **66** und die p-Kontakte **68** definierten Bereichen der kantenemittierenden Halbleiterstrukturen der Pumpstrahlungsquellen Pumpstrahlung (Pfeil **64**) erzeugt und in die aktive Schicht **14** des Vertikalemitters **20** eingekoppelt. Dazu sind im Ausführungsbeispiel die aktiven Schichten **52** der Pumpstrahlungsquellen **50** höhenleich mit der aktiven Schicht **14** des Vertikalemitters **20** angeordnet, so daß sie direkt in die aktive Schicht **14**

einstrahlen.

[0063] Nahe des äußeren Randes der Pumpstrahlungsquellen **50** sind senkrecht verlaufende Endspiegel **62** angeordnet. Sie können beispielsweise nach dem Aufwachsen der Pumpstrahlungsquellen **50** mittels Ätzen entsprechender Gräben und deren nachfolgendem Füllen mit hochreflektierendem Material hergestellt werden oder sie können in bekannter Weise durch Spalten des Wafers entlang von Kristallebenen hergestellt werden. Diese sind dann notwendigerweise nicht im Chip angeordnet, sondern durch die gespaltenen Chipseitenflächen gebildet. Diese Alternative ist bei dem in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsbeispiel verwirklicht.

[0064] Bei ausreichender Rückreflexion an der Grenzfläche **70** zwischen Pumpstrahlungsquelle **50** und Vertikalemitter **20** und geeigneter Lage der Endspiegel **62** wird in den Pumpstrahlungsquellen **50** Laserstrahlung erzeugt, was zu einer erhöhten Pumpeffizienz führt.

[0065] Im Ausführungsbeispiel sind die Endflächen **62** derart zueinander angeordnet, daß sie einen Laserresonator für die einander gegenüberliegenden Pumpstrahlungsquellen **50** bilden. Die zwei gegenüberliegenden Pumpstrahlungsquellen **50** sind, nachdem die aktive Schicht des Vertikalemitters **20** soweit gepumpt ist, daß sie hinreichend transparent für die Pumpstrahlung ist, zu einem kohärent schwingenden Laser gekoppelt. Bei optimaler Verspiegelung der Endspiegel oder Endflächen **62** steht dann bis auf Verluste an den Grenzflächen **70** die gesamte vom Pumpstrahlungsquelle **50** erzeugte optische Leistung als Pumpleistung zur Verfügung.

[0066] Bei der Herstellung der in [Fig. 3](#) gezeigten Halbleiterlaservorrichtung werden zwei getrennte Epitaxieschritte durchgeführt. Zunächst werden in einem ersten Epitaxieschritt der Vertikalemitter **20** und die Streifenlaser **30** mit den angegebenen Halbleiterschichten auf einem gemeinsamen Substrat gewachsen. Dann werden die Epitaxieschichten in den Bereichen, in denen die Pumpstrahlungsquellen **50** aufgewachsen werden sollen, bis in das Substrat abgeätzt, und die Epitaxieschichten der Pumpstrahlungsquellen **50** werden in einem zweiten Epitaxieschritt aufgewachsen. Anschließend wird mit einer Ätzmaske der Bereich des Vertikalemitters **20** und der mit dem zweiten Epitaxieschritt abgeschiedene Bereich der Pumpstrahlungsquellen **50** geschützt, und der Bereich der Streifenlaser **30** wird bis zur hochdotierten p-Kontaktschicht abgeätzt. Schließlich wird auf diesen freigelegten streifenförmigen Bereichen, die im Gebiet des Vertikalemitters **20** münden, die p-Metalisierung für die Modulations-Streifenlaser **30** aufgebracht. Zuletzt wird das Aufwachssubstrat zur Verminderung von Strahlungsverlusten, wie oben beschrieben, gedünnt oder vollständig entfernt.

[0067] Die [Fig. 5](#) zeigt eine alternative Ausgestaltung der Pumpstrahlungsquelle für die in [Fig. 3](#) gezeigte optisch gepumpte Halbleiterlaservorrichtung, dargestellt entlang der Linie B-B von [Fig. 3](#).

[0068] Bei dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 5](#) ist die Pumpstrahlungsquelle **80** nicht auf gleicher Höhe mit dem Vertikalemitter **20**, sondern unterhalb von diesem angeordnet. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, ist auf einem Substrat **12** zunächst eine ganzflächige Pufferschicht **88** und eine kantenemittierende Halbleiterlaserstruktur **85** aufgebracht, bei der zwischen einer ersten Wellenleiterschicht **84** und einer zweiten Wellenleiterschicht **86** eine aktive Schicht **82** angeordnet ist. Als Endspiegel der kantenemittierenden Halbleiterlaserstruktur **85** dienen im Ausführungsbeispiel die Spaltflächen **98** des Halbleiterkörpers.

[0069] Der Vertikalemitter **20** ist in der Mitte des Substrats **12** auf der zweiten Wellenleiterschicht **86** mit der aktiven Schicht **14**, einer darauf angebrachten Confinementschicht **24** und einer Braggspiegel-Schichtenfolge **36** aufgewachsen.

[0070] Die optische Kopplung der aktiven Schicht **82** der Pumpstrahlungsquelle **80** mit der aktiven Schicht **14** des Vertikalemitters **20** erfolgt dabei über eine Wellenleiterschicht **86**, die einen Teil der in der Pumpstrahlungsquelle **80** erzeugten Strahlung bis zur aktiven Schicht **14** hin führt. Um die Einkopplung zu verbessern, ist die aktive Schicht **82** asymmetrisch in dem von den zwei Wellenleiterschichten **84** und **86** gebildeten Wellenleiter angeordnet. Alternativ oder zusätzlich kann zum gleichen Zweck der Brechungsindex der zweiten Wellenleiterschicht **86** höher als der der ersten Wellenleiterschicht **84** sein und/oder die zweite Wellenleiterschicht **86** kann zur aktiven Schicht **14** hin graduell ansteigen.

[0071] Im Bereich um den Vertikalemitter **20** ist auf die zweite Wellenleiterschicht **86** oder ggf. auf eine auf dieser aufgetragene hochdotierte Deckschicht eine elektrisch isolierende Maskenschicht **100** aufgebracht, die Ausnehmungen für Strominjektionspfade für die kantenemittierende Struktur **85** aufweist ([Fig. 3](#)). Auf der elektrisch isolierenden Maskenschicht **100** und in deren Ausnehmungen auf der zweiten Wellenleiterschicht **86** bzw. auf der Deckschicht befindet sich eine erste Kontaktschicht **92** und auf der dieser gegenüberliegenden Seite des Substrats **12** ist eine zweite Kontaktschicht **90** mit einem Austrittsfenster **94** für den Laserstrahl (Pfeil **34**) angebracht. Dabei wurde das Substrat **12** nach Aufwachsen der Modulationsstrahlungsquellen **30** auf eine Dicke von etwa 80 µm gedünnt.

[0072] [Fig. 6](#) zeigt den Betrieb einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung mit einem externen Resonatorspiegel **110**. Dabei durchläuft die vom Vertikalemitter **20** emittierte Laserstrahlung ein fre-

quenzselektives Element **114** und wird über einen Umlenkspiegel **112** durch einen nichtlinearen optischen Kristall **116** und auf den externen Resonatorspiegel **110** geführt. Dabei wird in dem nichtlinearen optischen Kristall **116** in bekannter Weise ein Teil der Laserstrahlung in Strahlung doppelter Frequenz umgewandelt. Die Reflektivität des Umlenkspiegels **112** variiert dabei so, daß die frequenzverdoppelte Strahlung **120** an dem Umlenkspiegel **112** ausgekoppelt wird. Das frequenzselektive Element **114** stellt sicher, daß nur die Grundfrequenz zum Vertikalemitter **20** zurückläuft.

[0073] Da die Ausgangsleistung der frequenzverdoppelten Strahlung **120** wegen der Frequenzkonversion nichtlinear von der Ausgangsleistung des Vertikalemitters **20** abhängt, genügen für die Modulation in diesem Fall besonders niedrige Modulationsströme der Modulationslaser **30**.

[0074] [Fig. 7](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung, bei der vier Modulationsstrahlungsquellen **30** und vier Pumpstrahlungsquellen **50** alternierend sternförmig um den Vertikalemitter **20** herum angeordnet sind, um sowohl die Pumpstrahlung als auch die Modulationsstrahlung homogen in der aktiven Schicht des Vertikalemitters zu deponieren.

[0075] Wie in [Fig. 8a](#)) und [Fig. 8b](#)) gezeigt, können zusätzlich in allen Ausführungsbeispielen im Randbereich und/oder in Ätzstrukturen des Vertikalemitters **20** Absorberschichten **130** oder **132** angeordnet sein, die störende Quermoden, also Moden, die parallel zum Substrat verlaufen, unterdrücken.

[0076] Bei dem in [Fig. 9](#) dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Pumpstrahlungsquelle für die Halbleiterlaservorrichtung in Gestalt eines Ringlasers ausgebildet. Dabei entspricht die Abfolge der Halbleiterschichten dem in den [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsbeispiel. In der Aufsicht weist der Pumpringlaser **140** eine achteckige Form mit vierzähliger Rotationssymmetrie sowie eine quadratische zentrale Aussparung **142** auf. Der gepumpte, in der Aufsicht der [Fig. 9](#) kreisförmige Vertikalemitter **20** ist vollständig innerhalb des so gebildeten Achteckrings angeordnet. Dieser Achteckring bildet einen Ringresonator in Form eines totalreflektierenden, geschlossenen Wellenleiters. Im Betrieb schwingen in diesem Wellenleiter zyklisch umlaufende Ringmoden an, von denen lediglich eine mit Bezugszeichen **144** beispielhaft dargestellt ist. Aufgrund der Totalreflexion an den Außenflächen sind die Auskoppelverluste bei diesem Ausführungsbeispiel äußerst gering, so daß mit Vorteil das gesamte resonatorinterne Strahlungsfeld zum Pumpen des Vertikalemitters **20** zur Verfügung steht.

[0077] Zwei Streifenlaser **30** sind an gegenüberlie-

genden Stellen des Vertikalemitters **20** angeordnet, wobei einer der Streifenlaser **30** in der Aussparung **142** des Achteckrings liegt. Die Endspiegel **42** der Streifenlaser **30** bilden wie bei [Fig. 1](#) ausführlich beschrieben einen Laserresonator für die zusammengekommenen gegenüberliegenden Streifenlaser **30**.

[0078] Die oben beschriebenen Strukturen lassen sich nicht nur im beispielhaft verwendeten InGaAs-System, sondern beispielsweise auch im InGaN-, InGaAsP- oder im InGaAlP-System verwenden.

Patentansprüche

1. Oberflächenemittierende Halbleiterlaservorrichtung mit einem mittels einer Pumpstrahlungsquelle optisch pumpbaren Vertikalemitter (**20**), der eine strahlungserzeugende Schicht (**14**) und einen externen Resonator aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest eine Modulationsstrahlungsquelle (**30**) zur Modulation der Ausgangsleistung der oberflächenemittierenden Halbleiterlaservorrichtung vorgesehen ist, die eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (**15**) mit einer strahlungserzeugenden aktiven Schicht umfaßt, und die so angeordnet ist, daß sie im Betrieb Strahlung emittiert, die in die strahlungserzeugende aktive Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**) eingekoppelt wird und dort eine mittels der Pumpstrahlungsquelle erzeugte Besetzungsinversion zumindest teilweise abbaut.

2. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die strahlungserzeugende Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**) und die strahlungserzeugende Schicht der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) die gleiche Struktur und/oder den gleichen Aufbau aufweisen und/oder aus den gleichen Materialien gebildet sind.

3. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (**14**) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) im Betrieb Strahlung emittiert, deren Wellenlänge gleich der Wellenlänge der von dem Vertikalemitter (**20**) erzeugten Strahlung ist.

4. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) und der Vertikalemitter (**20**) auf einem gemeinsamen Substrat (**12**) angeordnet sind.

5. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die kantenemittierende Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) und der Vertikalemitter (**20**) auf einem gemeinsamen Substrat (**12**) epitak-

tisch aufgewachsen sind, wobei das Substrat nach der Epitaxie abgedünnt oder vollständig entfernt ist.

6. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (**12**) für die von dem Vertikalemitter (**20**) erzeugte Strahlung durchlässig ist.

7. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (**14**) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) und die aktive Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**) derart nebeneinander angeordnet sind, daß die Modulationsstrahlungsquelle (**30**) im Betrieb seitlich, insbesondere parallel zur Schichtebene der aktiven Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**), in die aktive Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**) strahlt.

8. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Modulationsstrahlungsquellen (**30**) um den Vertikalemitter (**20**) herum angeordnet sind, die jeweils im Betrieb in die aktive Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**) strahlen.

9. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters (**20**) angeordnete Modulationsstrahlungsquellen (**30**) zusammen eine Laserstruktur zur Modulation der Ausgangsleistung der Halbleiterlaservorrichtung bilden.

10. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (**14**) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) zwischen einer ersten Wellenleiterschicht (**16**) und einer zweiten Wellenleiterschicht (**18**) angeordnet ist.

11. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (**14**) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (**15**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) zwischen einer ersten Mantelschicht (**22**) und einer zweiten Mantelschicht (**24**) angeordnet ist.

12. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleitervorrichtung eine Pumpstrahlungsquelle (**50**) aufweist, die im Betrieb die aktive Schicht (**14**) des Vertikalemitters (**20**) optisch pumpt.

13. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstrahlungsquelle (**50**) eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (**55**) mit einer aktiven Schicht (**52**) umfaßt, die mit dem Vertikalemitter (**20**) auf einem gemeinsamen Substrat (**12**) angeordnet ist.

14. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstrahlungsquelle (50) eine kantenemittierende Halbleiterstruktur (55) mit einer aktiven Schicht (52) umfaßt, die mit dem Vertikalemitter (20) auf einem gemeinsamen Substrat (12) epitaktisch aufgewachsen ist, wobei das Substrat nach der Epitaxie abgedünnt oder vollständig entfernt ist.

15. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (12) für die von dem Vertikalemitter (20) erzeugte Strahlung durchlässig ist.

16. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (52) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (55) der Pumpstrahlungsquelle (50) zwischen einer ersten Wellenleiterschicht (84) und einer zweiten Wellenleiterschicht (86) angeordnet ist.

17. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (52) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (55) der Pumpstrahlungsquelle und die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) derart nebeneinander angeordnet sind, daß die Pumpstrahlungsquelle (50) im Betrieb seitlich, insbesondere parallel zur Schichtebene der aktiven Schicht (14) des Vertikalemitters (20), in die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) strahlt.

18. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (52) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (55) der Pumpstrahlungsquelle und die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) gegeneinander höhenversetzt angeordnet sind, und die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) optisch an die kantenemittierende Halbleiterstruktur (85) der Pumpstrahlungsquelle (80) gekoppelt ist, so daß die im Betrieb von der Pumpstrahlungsquelle (80) emittierte Strahlung zumindest teilweise in die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) geführt wird.

19. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der aktiven Schicht (14) des Vertikalemitters (20) und der aktiven Schicht (82) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (85) der Pumpstrahlungsquelle eine der Wellenleiterschichten (84, 86) angeordnet ist, und die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) optisch an die kantenemittierende Halbleiterstruktur (85) der Pumpstrahlungsquelle (80) gekoppelt ist, so daß die im Betrieb von der Pumpstrahlungsquelle (80) emittierte Strahlung zumindest teilweise in die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) geführt wird.

20. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß

die kantenemittierende Halbleiterstruktur (55) der Pumpstrahlungsquelle (50) eine von der aktiven Schicht (14) des Vertikalemitters (20) verschiedene aktive Schicht (52) aufweist, insbesondere, daß die aktive Schicht (52) der Pumpstrahlungsquelle (50) bei einer kleineren Wellenlänge emittiert als die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20).

21. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwei oder mehr Pumpstrahlungsquellen (50) um den Vertikalemitter (20) herum angeordnet sind, die im Betrieb die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) optisch pumpen.

22. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei auf einander gegenüberliegenden Seiten des Vertikalemitters (20) angeordnete Pumpstrahlungsquellen (50) zusammen eine Laserstruktur zum optischen Pumpen des Vertikalemitters (20) bilden.

23. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpstrahlungsquelle mindestens einen Ringlaser (140) aufweist, wobei die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) bevorzugt innerhalb des Resonators des Ringlasers (140) angeordnet ist.

24. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator des Ringlasers (140) von einem ringförmig geschlossenen Wellenleiter gebildet ist.

25. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 13 oder einem der auf Anspruch 13 rückbezogenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aktive Schicht (52) der kantenemittierenden Halbleiterstruktur (55) der Pumpstrahlungsquelle (50) zwischen einer ersten Mantelschicht (58) und einer zweiten Mantelschicht (60) angeordnet ist.

26. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Vertikalemitter (20) einen Resonator aufweist, und die Halbleiterlaservorrichtung eine Resonatorspiegelschicht (36) umfaßt, die den Resonator begrenzt.

27. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Resonatorspiegelschicht (36) als Bragg-Reflektor, insbesondere als verteilter Bragg-Reflektor gebildet ist.

28. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterlaservorrichtung eine zweite Resonatorspiegelschicht umfaßt, die den Resonator begrenzt, wobei die aktive Schicht (14) des Vertikalemitters (20) zwischen den beiden Resonatorspiegelschichten ange-

ordnet ist.

29. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Vertikalemitter (**20**) einen Resonator aufweist, der durch einen externen Spiegel begrenzt wird.

30. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Resonator des Vertikalemitters (**20**) ein Element zur Frequenzkonversion (**116**), insbesondere ein Frequenzverdoppler, angeordnet ist.

31. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterlaservorrichtung für eine Ausgangsleistung, die größer oder gleich 100 mW, bevorzugt größer oder gleich 200 mW, besonders bevorzugt größer oder gleich 500 mW ist, ausgelegt ist.

32. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Vertikalemitter (**20**) und/oder die Modulationsstrahlungsquelle (**30**) und/oder die Pumpstrahlungsquelle (**50**) auf der Basis von InAlGaAs, InAlGaN, InGaAsP oder InGaAlP gebildet sind.

33. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Vertikalemitter (**20**) und/oder die Modulationsstrahlungsquelle (**30**) und/oder die Pumpstrahlungsquelle (**50**) mindestens eine der Verbindungen $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_z\text{P}_{1-z}$ oder $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ enthalten, wobei für jede der Verbindungen $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$ und $0 \leq x + y \leq 1$ gilt.

34. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 10 oder einem der auf Anspruch 10 rückbezogenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Wellenleiterschicht (**16**, **18**) der Modulationsstrahlungsquelle (**30**) zwischen einer ersten Mantelschicht (**22**) und einer zweiten Mantelschicht (**24**) angeordnet sind.

35. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 16 oder einem der auf Anspruch 16 rückbezogenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Wellenleiterschicht (**54**, **56**) der Pumpstrahlungsquelle (**50**) zwischen einer ersten Mantelschicht (**58**) und einer zweiten Mantelschicht (**60**) angeordnet sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG 1

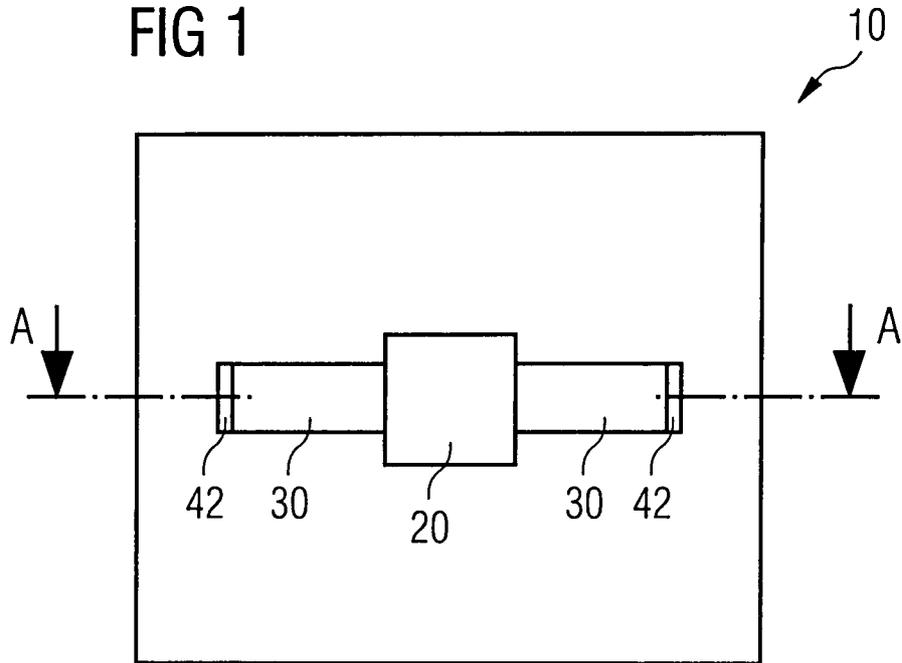


FIG 2

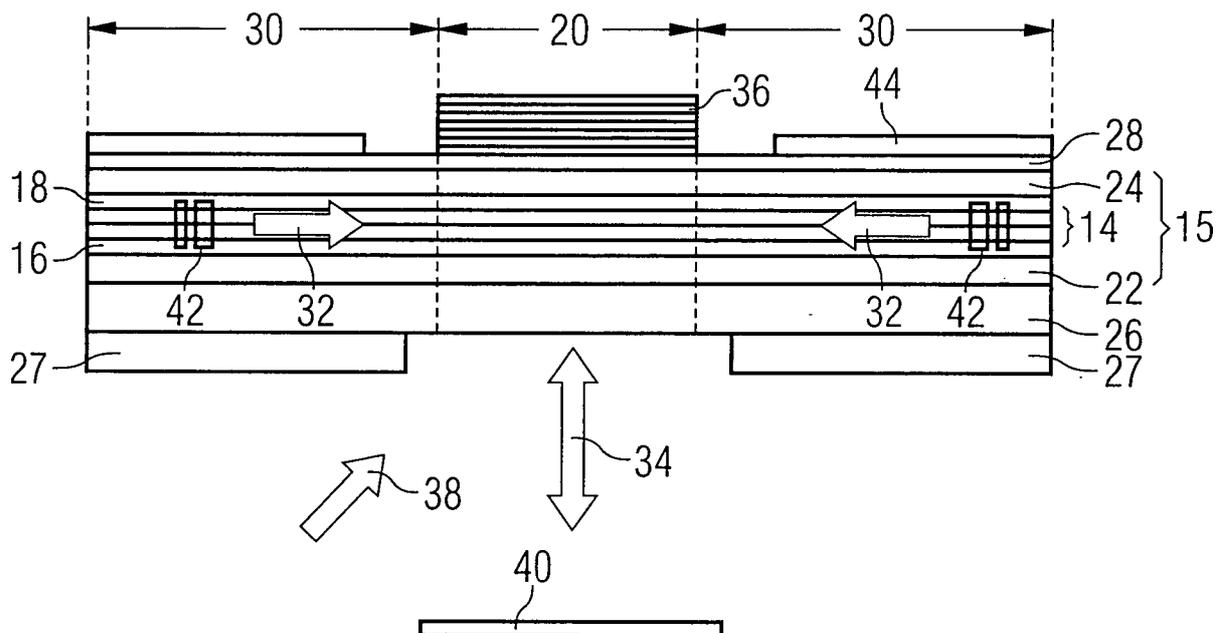


FIG 3

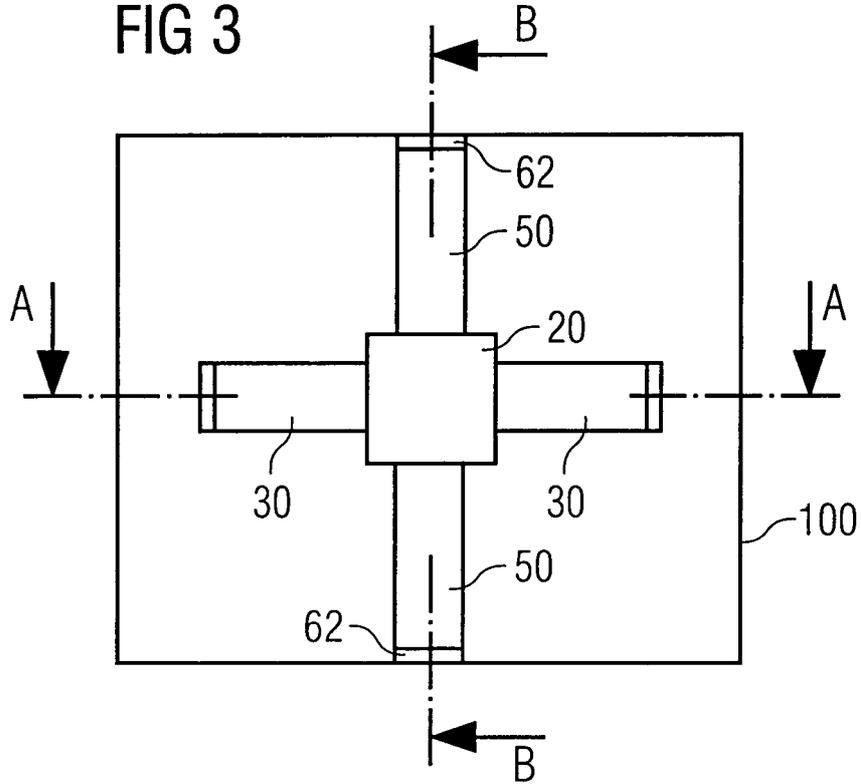


FIG 4

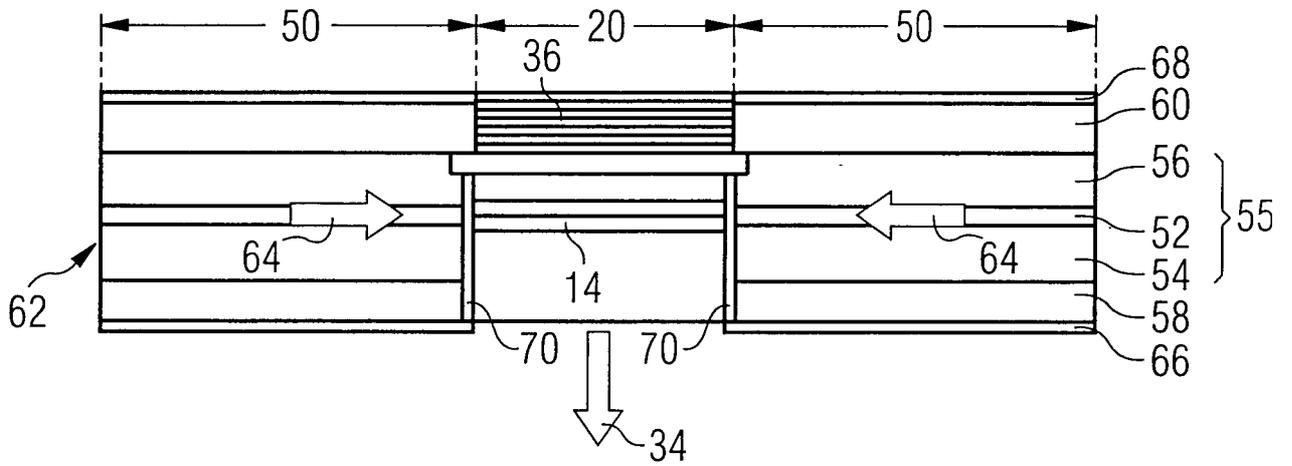


FIG 5

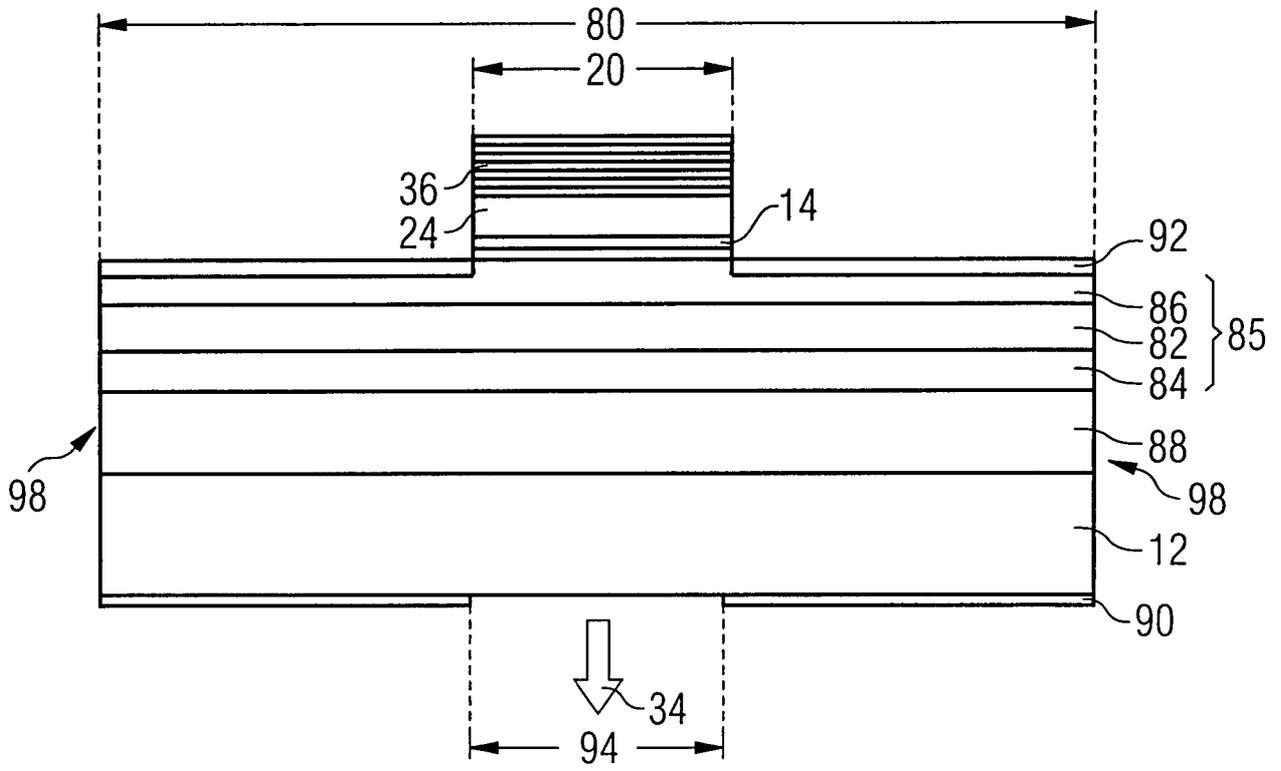


FIG 6

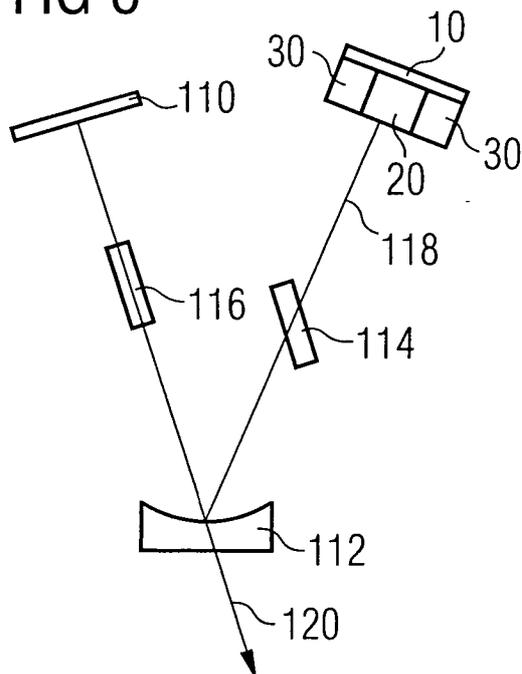


FIG 7

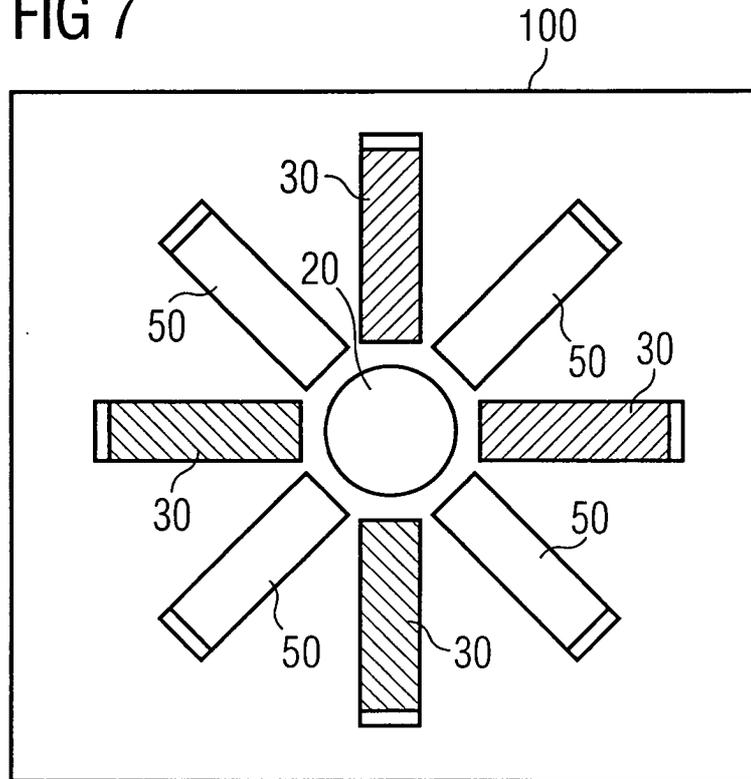


FIG 8A

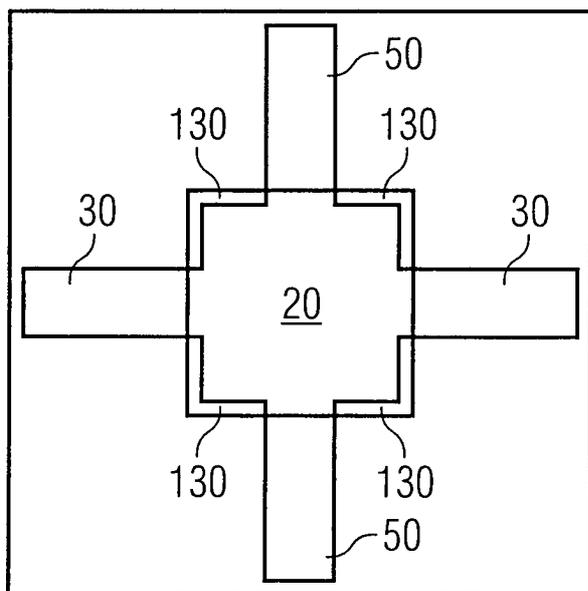


FIG 8B

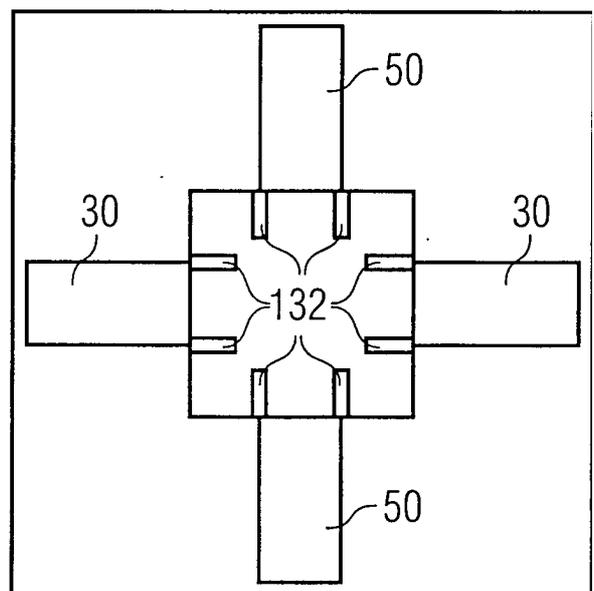


FIG 9

