

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. April 2020 (23.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/078744 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01S 5/02 (2006.01) H01S 5/16 (2006.01)
H01S 5/22 (2006.01) H01S 5/323 (2006.01)
H01S 5/028 (2006.01) H01S 5/40 (2006.01)
H01S 5/10 (2006.01) H01S 5/022 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/076927

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Oktober 2019 (04.10.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 125 496.2
15. Oktober 2018 (15.10.2018) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **ALI, Muhammad**; Brombergerstr. 12, 93057 Regensburg (DE). **KÖNIG, Harald**; Am Eichelacker 14, 93170 Bernhardswald (DE). **GERHARD, Sven**; Bischof-Ketteler-Str. 36, 93087 Alteglofsheim (DE). **LELL, Alfred**; Virchowstr. 19, 93142 Maxhütte - Haidhof (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH**; Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).

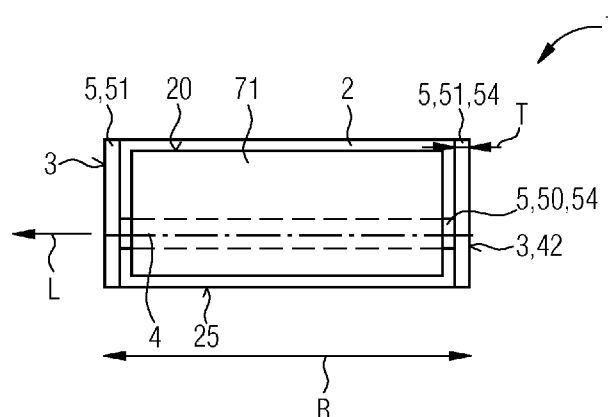
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: SEMICONDUCTOR LASER AND PRODUCTION METHOD FOR A SEMICONDUCTOR LASER

(54) Bezeichnung: HALBLEITERLASER UND HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR HALBLEITERLASER

FIG 1

A)



(57) Abstract: In one embodiment, the invention relates to a semiconductor laser (1) comprising a semiconductor layer sequence (2) for generating laser radiation (L). According to the invention, the semiconductor layer sequence (2) has a geometric structuring (5) on a top side (20). A resonator (4) is located in the semiconductor layer sequence (2) and is delimited by opposite facets (3), wherein the facets (3) contain optically active resonator end surfaces (42). The structuring (5) ends spaced apart from the facets (3). The resonator end surfaces (42) are spaced apart from material removals from the semiconductor layer sequence (2).

(57) Zusammenfassung: In einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser (1) eine Halbleiterschichtenfolge (2) zur Erzeugung von Laserstrahlung (L). Die Halbleiterschichtenfolge (2) weist an einer Oberseite (20) eine geometrische Strukturierung (5) auf. Ein Resonator (4) liegt in der Halbleiterschichtenfolge (2) und ist von gegenüberliegenden Facetten (3) begrenzt, wobei die Facetten (3) optisch wirksame Resonatorendflächen (42) beinhalten. Die Strukturierung (5) endet von den Facetten (3) beabstandet. Die Resonatorendflächen (42) sind beabstandet von MaterialWegnahmen aus der Halbleiterschichtenfolge (2) heraus.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

HALBLEITERLASER UND HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR HALBLEITERLASER

- 5 Es wird ein Halbleiterlaser angegeben. Darüber hinaus wird ein Herstellungsverfahren für Halbleiterlaser angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe liegt darin, einen Halbleiterlaser anzugeben, der mit hohen optischen Leistungsdichten
10 betreibbar ist.

Diese Aufgabe wird unter anderem durch einen Halbleiterlaser und durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte
15 Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Der hier beschriebene Halbleiterlaser weist insbesondere Facetten auf, die in Bereichen, die für die Laserstrahlung relevant sind, frei von nachträglichen Materialwegnahmen wie
20 Ätzen ist. Damit lassen sich die Facetten in hoher Qualität mittels Brechen erzeugen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser eine Halbleiterschichtenfolge. Die
25 Halbleiterschichtenfolge beinhaltet eine oder mehrere aktive Zonen zur Erzeugung von Laserstrahlung. Eine Wellenlänge maximaler Intensität der Laserstrahlung liegt beispielsweise im nahen ultravioletten Spektralbereich oder im blauen Spektralbereich, zum Beispiel bei einer Wellenlänge von
30 mindestens 340 nm und/oder von höchstens 480 nm oder 540 nm. Alternativ weist die Laserstrahlung eine Wellenlänge maximaler Intensität im grünen, gelben oder roten

Spektralbereich oder auch im nahinfraroten Spektralbereich auf.

Die Halbleiterschichtenfolge basiert bevorzugt auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich zum Beispiel um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$ oder um ein Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{P}$ oder auch um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{As}$ oder wie $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}_k\text{P}_{1-k}$, wobei jeweils $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m \leq 1$ sowie $0 \leq k < 1$ ist. Bevorzugt gilt dabei für zumindest eine Schicht oder für alle Schichten der Halbleiterschichtenfolge $0 < n \leq 0,8$, $0,4 \leq m < 1$ sowie $0 \leq k \leq 0,5$. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P, angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

Bevorzugt basiert die Halbleiterschichtenfolge auf dem Materialsystem $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$, kurz AlInGaN, und ist zur Erzeugung von nahultravioletter Strahlung oder von blauem Licht eingerichtet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Halbleiterschichtenfolge an einer Oberseite zumindest eine geometrische Strukturierung auf. Bei der geometrischen Strukturierung handelt es sich insbesondere um eine Materialwegnahme vom Material aus der

Halbleiterschichtenfolge nach dem Wachsen der Halbleiterschichtenfolge. Zum Beispiel handelt es sich bei der Strukturierung um Mesaflanken an der Halbleiterschichtenfolge. Im Bereich der Strukturierung ist
5 die Halbleiterschichtenfolge jedoch noch teilweise vorhanden. Mit anderen Worten hat die Halbleiterschichtenfolge im Bereich der Strukturierung eine endliche Dicke und damit auch eine Oberseite.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Halbleiterlaser einen Resonator auf. Der Resonator verläuft vollständig oder überwiegend innerhalb der Halbleiterschichtenfolge. Der Resonator ist von zwei bevorzugt gegenüberliegenden Facetten der
15 Halbleiterschichtenfolge begrenzt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beinhalten die Facetten optisch wirksame Resonatorendflächen. Die Resonatorendflächen sind entsprechend solche Bereiche der Facetten, die mit der
20 im Resonator geführten Laserstrahlung in Berührung kommen oder die nahe an Bereichen liegen, an denen die Laserstrahlung reflektiert wird oder durch die die Laserstrahlung hindurchtritt. Nahe an der Laserstrahlung bedeutet insbesondere an einem Stegwellenleiter.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform endet die Strukturierung von mindestens einer der Facetten beabstandet. Bevorzugt endet die Strukturierung von beiden Facetten beabstandet. Das heißt, die Strukturierung reicht nicht bis
30 an die Facette oder die Facetten heran.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist mindestens eine der Resonatorendflächen oder sind bevorzugt beide

Resonatorendflächen von Materialwegnahmen aus der Halbleiterschichtenfolge heraus beabstandet. Damit sind die Facetten im Bereich der Resonatorendflächen ausschließlich durch Brechen erzeugt. Somit sind hochqualitative Facetten
5 erreichbar, die eine nur geringe Defektdichte aufweisen und die hohe optische Ausgangsleistungen ermöglichen.

Der Halbleiterlaser kann ein Monomodenzlaser oder auch ein Multimodenzlaser sein.

10

In mindestens einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser eine Halbleiterschichtenfolge zur Erzeugung von Laserstrahlung. Die Halbleiterschichtenfolge weist an einer Oberseite mindestens eine geometrische Strukturierung
15 auf. Ein Resonator liegt in der Halbleiterschichtenfolge und ist von zwei zum Beispiel gegenüberliegenden Facetten der Halbleiterschichtenfolge begrenzt, wobei die Facetten optisch wirksame Resonatorendflächen beinhalten. Die Strukturierung endet von mindestens einer der Facetten beabstandet.

20

Mindestens eine der Resonatorendflächen ist beabstandet von Materialwegnahmen aus der Halbleiterschichtenfolge heraus, insbesondere eine zur Auskopplung eingerichtete Resonatorendfläche.

25

Laserdioden sind Kernkomponenten von Anwendungen wie Projektionsanwendungen, Beleuchtungsanwendungen oder der Materialbearbeitung. Aufgrund der hohen optischen Ausgangsleistungsdichten von Laserdioden, die im Bereich von mehr als 10 MW pro Quadratzentimeter liegen, sind weitere
30 Anwendungen von Laserdioden möglich. Im Vergleich hierzu weisen herkömmliche Leuchtdioden, kurz LED's, optische Leistungsdichten im Bereich von weniger als 1 kW pro Quadratzentimeter auf.

Andererseits besteht aufgrund der sehr hohen optischen Leistungsdichten bei Laserdioden ein erhöhtes Risiko von Facettenschäden. Um Schäden zu vermeiden oder deren Risiko zu
5 reduzieren, sind defektfreie Facetten erforderlich, die mittels Spalten erzeugt werden. Ohne hochqualitative Facetten sind keine hohen optischen Leistungsdichten mit großer Zuverlässigkeit erzielbar.

10 Laserdioden mit unebenen oder beschädigten Facettenbereichen im Fokus der Laserstrahlung leiden unter erhöhten Schwellströmen, reduzierten differentialen Effizienzen, englisch slope efficiency, und einer geringeren elektrooptischen Effizienz. Außerdem haben Defekte oder
15 Schäden an Laserfacetten starke Auswirkungen auf ein optisches Fernfeld des Lasers und können die Ausbeute im Herstellungsverfahren für Laserdioden dramatisch senken. Ferner ist die Langzeitstabilität von Laserbauteilen stark von der Qualität der Laserfacetten abhängig. Im schlimmsten
20 Fall kann die Laserdiode einen katastrophalen optischen Schaden während des Betriebs erleiden. Solche Schäden werden auch als Catastrophic Optical Damage oder kurz COD bezeichnet.

25 Bei dem hier beschriebenen Halbleiterlaser lassen sich über Brechen erzeugte Facetten in hoher Qualität erzeugen, sodass Defekte an den Facetten minimiert werden. Die Begriffe Spalten und Brechen werden vorliegend synonym verwendet.

30 Bei herkömmlichen indexgeführten Lasern, die auf einer Stegwellenleitertechnologie basieren, wird die Indexführung durch geätzte Bereiche im Halbleitermaterial erreicht, sodass ein Stegwellenleiter durch Materialwegnahme aus der

Halbleiterschichtenfolge heraus erzielt wird. Nach dem Ätzen des Halbleitermaterials im Bereich der optischen Mode wird eine Passivierung auf diese Bereiche an beiden Seiten des Stegwellenleiters aufgebracht, wobei die Passivierung einen niedrigeren Brechungsindex aufweist. Das Brechen oder Spalten zum Erzeugen der Laserfacetten verläuft durch diese unebenen Gebiete am Stegwellenleiter und führt typischerweise zu Bereichen mit einer erhöhten Defektdichte, die einen starken Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, Ausbeute und Stabilität des Lasers haben.

Bei dem hier beschriebenen Halbleiterlaser wird insbesondere ein Stegwellenleiter nahe an den Facetten in Draufsicht gesehen hammerförmig gestaltet, sodass eine Breite des Stegwellenleiters hin zu den Facetten abrupt zunimmt. Dies gilt hin in Richtung einer Auskoppelfacette und/oder in Richtung hin zu einer reflektierenden Facette. Dadurch, dass beim Brechen zum Erzeugen der Facetten keine Unebenheiten an der Halbleiterschichtenfolge vorliegen, können die Facetten im Bereich der Resonatorendflächen mit einer signifikant reduzierten Defektdichte und mit höherer Qualität erzeugt werden. Außerdem lässt sich während des Herstellens und des Erzeugens der Facetten eine bessere Prozesskontrolle und Prozessstabilität erreichen. Weiterhin ist es möglich, hierdurch die Leistungsdaten des Halbleiterlasers zu verbessern.

Bei dem hier beschriebenen Halbleiterlaser werden während des Herstellens also Materialwegnahmen an den Facetten vermieden. Solche Materialwegnahmen sind beispielsweise nasschemisches oder trockenchemisches Ätzen. Das heißt, insbesondere ein trockenchemisches Ätzen zum Erzeugen des Stegwellenleiters oder zur Erzeugung von Mesaflanken wird entlang des

Resonators in kürzeren Bereichen durchgeführt als bei herkömmlichen Halbleiterlasern. Damit kann das Brechen der Facetten in flachen Regionen der Halbleiterschichtenfolge mit hoher Qualität erfolgen.

5

Die Regionen, in denen die Facetten erzeugt werden, können frei von Beschichtungen sein oder auch beschichtet werden. Insbesondere können Beschichtungen verwendet werden, die eine Anpassung einer Bruchwellengeschwindigkeit erzielen. Damit lassen sich Bruchwellen im Halbleitermaterial gezielter führen und ein gleichmäßigeres Brechen lässt sich erreichen. Solche Beschichtungen sind beispielsweise aus Halbleitermaterialien wie Silizium, II-VI-Halbleitermaterialien oder III-N-Halbleitermaterialien, aus isolierenden Schichten wie Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Zinkoxid, ITO oder Aluminiumoxid. Bevorzugt sind solche Beschichtungen jedoch aus zumindest einem Metall. Materialkombinationen, insbesondere aus Metallschichten und aus Halbleiterschichten, können ebenso herangezogen werden.

Ein flaches Netz aus Strukturen an der Oberseite der Halbleiterschichtenfolge kann in Kombination mit Stealth Dicing-Techniken verwendet werden. Beim Stealth Dicing wird Laserstrahlung in ein Material eingestrahlt, wobei ein Fokus der Laserstrahlung innerhalb des Materials liegt. Das Material ist für die betreffende Laserstrahlung durchlässig. Aufgrund lokal hoher optischer Leistungsdichten am Laserfokus werden lokal Schäden im Material erzeugt. Durch ein Abrastern des Materials mit dem Laserfokus lassen sich gezielt innerhalb des Materials beschädigte Bereiche herstellen. Durch die Verwendung von Stealth Dicing lassen sich Leckströme reduzieren. Dieser Ansatz ist kompatibel mit der

Ausbildung von Gräben an einer Rückseite des Halbleiterlasers.

Bei dem hier beschriebenen Halbleiterlaser lässt sich eine effiziente Indexführung erreichen, wobei die Facetten nicht von trockenchemischen oder nasschemischen Ätzschritten betroffen sind. Dadurch lässt sich ein niedriger Schwellstrom erreichen. Eine hohe differentielle Effizienz und eine hohe elektrooptische Effizienz der Laserdioden sind möglich. Eine hohe Ausbeute des Herstellungsverfahrens ist erreichbar. Ein optisches Fernfeld lässt sich optimieren. Die Bauteilstabilität ist erhöht und COD's treten erst bei höheren Leistungsdichten auf.

Weiterhin kann hin zu einem Träger, wie einem Submount, eine verbesserte Wärmeableitung und damit eine bessere Facettenkühlung erzielt werden, zum Beispiel, da geringere Herstellungstoleranzen beim Anbringen auf den Träger realisierbar sind und da Lücken zwischen dem Träger und der Halbleiterschichtenfolge kleiner gestaltet werden können. Auch Verkippungen der Halbleiterschichtenfolge relativ zum Träger lassen sich reduzieren und genauer kontrollieren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Facetten mittels Brechen erzeugte, glatte und ebene Flächen. Aufgrund des Brechens, auch als Spalten bezeichnet, lassen sich die Facetten mit Rauheiten im unteren Nanometerbereich erzeugen. Beispielsweise liegt eine mittlere Rauheit der Facetten bei höchstens 20 nm oder 10 nm oder 5 nm, speziell im Bereich der Resonatorendflächen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Facetten in Draufsicht gesehen rechteckig oder quadratisch oder

trapezförmig. Insbesondere weisen die Facetten in Draufsicht gesehen keine Einschnitte oder Ausstülpungen auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die

5 Strukturierung einen Stegwellenleiter. Der Stegwellenleiter ist zu einer Indexführung der Laserstrahlung im Resonator eingerichtet. Mittels des Stegwellenleiters ist der Resonator definiert. Mit anderen Worten ist der Halbleiterlaser dann ein indexgeführter Laser.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der

Stegwellenleiter hin zu einer Facette oder, bevorzugt, hin zu beiden Facetten je eine Verbreiterung auf. Die mindestens eine Verbreiterung erstreckt sich an den Facetten bevorzugt

15

über eine gesamte Breite der Halbleiterschichtenfolge,

insbesondere an der Oberseite. Das heißt, in Richtung senkrecht zu einer Wachstumsrichtung der

Halbleiterschichtenfolge und in Richtung senkrecht zum

Resonator erstrecken sich die Verbreiterungen an den Facetten

20

über die gesamte Halbleiterschichtenfolge hinweg.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Verbreiterung in Draufsicht auf die Oberseite gesehen rechteckig, trapezförmig und/oder trichterförmig gestaltet.

25

Trichterförmig schließt insbesondere ein, dass die

Verbreiterung in Draufsicht gesehen gekrümmt verlaufende

Außenkanten aufweisen kann. Somit kann eine Breitenzunahme

der Verbreiterung hin zu den Facetten stetig verlaufen und

durch eine differenzierbare Funktion beschreibbar sein.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die

Verbreiterungen oder ist die Verbreiterung auf ein Gebiet

direkt an der betreffenden Facette begrenzt. Außerhalb der

Verbreiterung weist der Stegwellenleiter bevorzugt eine gleichbleibende, konstante Breite auf. Das heißt, die Verbreiterungen an den Facetten können die einzigen Breitenänderungen des Stegwellenleiters sein.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt eine Länge der Verbreiterung oder der Verbreiterungen bei höchstens 10 % oder 5 % oder 3 % einer Gesamtlänge des Resonators. Das heißt, entlang des Resonators machen die Verbreiterungen nur
10 einen kleinen Längenanteil aus. Hierdurch lässt sich eine effiziente Indexführung trotz der Verbreiterungen erzielen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die aktive Zone im Bereich der mindestens einen Verbreiterung nicht oder nur
15 schwach bestromt. Insbesondere ist die mindestens eine Verbreiterung frei von einer elektrischen Kontaktfläche und/oder frei von einer Stromaufweitungsschicht. Ist eine elektrische Kontaktfläche auf der mindestens einen Verbreiterung aufgebracht, so befindet sich zwischen der
20 Kontaktfläche und der Verbreiterung bevorzugt eine elektrisch isolierende Schicht. Hierdurch kann erreicht werden, dass im Bereich der mindestens einen Verbreiterung in der aktiven Zone kein oder kein signifikanter Anteil der Laserstrahlung erzeugt wird.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Halbleiterlaser ein gewinngeführter Laser. Das heißt, die Laserstrahlung wird ohne Brechungsindexführung in der Halbleiterschichtenfolge geführt. Diese Brechungsindexführung bezieht sich auf eine
30 laterale Richtung, senkrecht zu einer Resonatorachse und senkrecht zu einer Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge. Ein Strahlweg der Laserstrahlung ist dann durch die Facetten einerseits und durch ein

bestromtes Gebiet der Halbleiterschichtenfolge andererseits definiert. Direkt an den Facetten erfolgt bevorzugt keine Bestromung der Halbleiterschichtenfolge.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Strukturierung mindestens zwei Gräben oder besteht aus solchen Gräben. Diese Gräben sind insbesondere zur Wegreflexion parasitärer Lasermoden eingerichtet. Im Querschnitt gesehen weisen solche Gräben bevorzugt schräge
10 Seitenwände auf. Das heißt, im Querschnitt gesehen können solche Gräben V-förmig oder trapezförmig gestaltet sein.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform erstrecken sich die Gräben längs des Resonators. Insbesondere verlaufen die
15 Gräben parallel zum Resonator. Da die Gräben ein Teil der Strukturierung sind oder die Strukturierung bilden, reichen die Gräben jedoch nicht bis an die Facetten heran. Beispielsweise beträgt eine Länge der Gräben mindestens 80 % der Gesamtlänge des Resonators.

- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Strukturierung in Draufsicht auf die Oberseite gesehen eine oder mehrere H-förmige Erhebungen oder besteht hieraus. Dabei verläuft bevorzugt ein Mittelbalken dieses H's entlang
25 des Resonators. Die randständigen Balken des H's liegen bevorzugt an den Facetten, in Draufsicht auf die Oberseite gesehen.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das H in
30 Draufsicht auf die Oberseite gesehen asymmetrisch geformt. Das heißt, der Mittelbalken des H's und damit der Resonator liegen ausmittig in der Oberseite. Der Mittelbalken des H's

ist bevorzugt senkrecht zu den Facetten ausgerichtet,
wiederum in Draufsicht auf die Oberseite gesehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die

- 5 Strukturierung einen Rahmen. Die Strukturierung kann auch aus dem Rahmen bestehen. Der Rahmen begrenzt die Halbleiterschichtenfolge an der Oberseite bevorzugt ringsum. Das heißt, der Rahmen kann an der Oberseite umlaufende Außenkanten der Halbleiterschichtenfolge bilden.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt eine Maximaldicke der Halbleiterschichtenfolge am Rahmen vor. Dabei kann ein Stegwellenleiter gleich dick sein wie der Rahmen, sodass die Maximaldicke nicht auf den Rahmen begrenzt zu sein braucht.

- 15 Alternativ ist es möglich, dass der Rahmen eine geringere Dicke aufweisen kann als ein Stegwellenleiter. Die Maximaldicke kann auch an dem H vorliegen, durch das die Strukturierung gebildet ist oder das die Strukturierung aufweist.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist an mindestens einer der Facetten an der Oberseite der Halbleiterschichtenfolge zumindest eine Akustikschicht angebracht. Die Akustikschicht weist bevorzugt eine geringere Schallgeschwindigkeit auf als

- 25 die Halbleiterschichtenfolge. Zum Beispiel liegt die Schallgeschwindigkeit beim Brechen der Facetten in der Akustikschicht zwischen einschließlich 20 % und 100 % oder zwischen einschließlich 50 % und 80 % der Schallgeschwindigkeit in der Halbleiterschichtenfolge. Durch
30 die zumindest eine Akustikschicht ist ein gleichmäßigeres Brechen der Facetten möglich.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Akustikschicht beabstandet zu elektrischen Kontaktflächen des Halbleiterlasers angeordnet. Dies gilt insbesondere, falls die Akustikschicht zumindest eine Metallschicht umfasst oder
5 aus mindestens einer Metallschicht besteht. Das heißt, die Akustikschicht erfüllt dann keine elektrische Funktion.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Akustikschicht auf einen Streifen an der betreffenden Facette begrenzt.
10 Damit kann die Akustikschicht in Draufsicht gesehen rechteckig gestaltet sein. Sind mehrere Akustikschichten vorhanden, so folgen diese in Richtung weg von der Halbleiterschichtenfolge bevorzugt unmittelbar aufeinander und/oder können deckungsgleich zueinander verlaufen. Die
15 Akustikschicht kann unmittelbar auf die Halbleiterschichtenfolge aufgebracht sein oder es befindet sich zwischen der Akustikschicht und der Halbleiterschichtenfolge eine weitere Schicht wie eine Passivierungsschicht. Bevorzugt jedoch befindet sich die
20 Akustikschicht direkt an der Halbleiterschichtenfolge.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beträgt ein minimaler Abstand der optisch wirksamen Resonatorendflächen, die zur Reflexion und/oder zur Auskopplung der im Betrieb erzeugten
25 Laserstrahlung eingerichtet sind, hin zu einer Materialwegnahme aus der Halbleiterschichtenfolge heraus mindestens 40 μm oder 100 μm oder 150 μm oder 200 μm . Alternativ oder zusätzlich liegt dieser Abstand bei höchstens 150 μm oder 200 μm oder 0,4 mm. Alternativ oder zusätzlich
30 beträgt dieser Abstand mindestens ein Dreifaches oder Fünffaches oder Zehnfaches eines mittleren Durchmessers der Resonatorendflächen. Dieser Abstand wird bevorzugt in Draufsicht auf die betreffende Facette bestimmt. Insbesondere

liegt der minimale Abstand zwischen der betreffenden Resonatorendfläche und einer die betreffende Facette begrenzenden Seitenfläche der Halbleiterschichtenfolge vor.

- 5 Der mittlere Durchmesser der Resonatorendflächen ist beispielsweise größer oder gleich einem mittleren Modendurchmesser der Laserstrahlung an der betreffenden Facette. Dieser Modendurchmesser ist beispielsweise der Durchmesser einer kleinstmöglichen Ellipse an der
- 10 betreffenden Facette, innerhalb dem im bestimmungsgemäßen Betrieb 95 % der Laserleistung liegen. Diese Ellipse kann gleich den Resonatorendflächen sein.

- Mit anderen Worten liegen Materialwegnahmen weit von den
- 15 Resonatorendflächen entfernt, sodass ein eventueller Einfluss von Schäden aufgrund der Materialwegnahmen auf die Resonatorendflächen gering oder vernachlässigbar ist. Bevorzugt sind die Facetten komplett frei von Materialwegnahmen.

- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist an einer oder an mehreren Facetten und beabstandet zur zugehörigen Resonatorendfläche zumindest ein Initiatorbereich erzeugt. Der mindestens eine Initiatorbereich ist als Ausgangsbereich
- 25 zum Brechen der Halbleiterschichtenfolge eingerichtet. Bevorzugt ist der Initiatorbereich mittels Stealth Dicing erzeugt.

- Beim Stealth Dicing wird kein oder im Wesentlichen kein
- 30 Material aus der Halbleiterschichtenfolge entfernt. Damit stellt der Initiatorbereich bevorzugt keine Materialwegnahme aus der Halbleiterschichtenfolge heraus dar, sondern

lediglich eine lokale Zerstörung des Kristallgefüges der Halbleiterschichtenfolge.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die betreffende
5 Facette am Initiatorbereich rauer als an der zugehörigen Resonatorendfläche. Die Rauheit des Initiatorbereichs ist bedingt durch die lokale Zerstörung des Kristallgefüges der Halbleiterschichtenfolge. Bevorzugt ist der Initiatorbereich jedoch möglichst flach und glatt mit einer möglichst geringen
10 Rauheit.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser mehrere Resonatoren. Das heißt, der Halbleiterlaser kann als Laserbarren mit mehreren
15 Lasereinheiten gestaltet sein. Die Lasereinheiten können elektrisch parallel oder in Serie gestaltet sein oder auch einzeln oder in Gruppen elektrisch unabhängig voneinander betreibbar sein.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterlaser einen Träger. Der Träger ist von einem Aufwachssubstrat der Halbleiterschichtenfolge verschieden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Träger eine
25 Trägerstrukturierung. Die Trägerstrukturierung befindet sich an einer der Halbleiterschichtenfolge zugewandten Seite des Trägers und weist zur Oberseite hin. Die Halbleiterschichtenfolge ist mit der Oberseite am Träger befestigt, sodass die Oberseite dem Träger zugewandt ist.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform korrespondiert die Trägerstrukturierung zur Strukturierung der Halbleiterschichtenfolge oder zu mindestens einem Teil der

Strukturierung der Halbleiterschichtenfolge. Beispielsweise verlaufen die Trägerstrukturierung und die Strukturierung der Halbleiterschichtenfolge in Draufsicht gesehen stellenweise deckungsgleich, besonders an einem Rand der Oberseite.

5

Aufgrund der Trägerstrukturierung und der Strukturierung der Halbleiterschichtenfolge sind der Träger und die Halbleiterschichtenfolge mit einer erhöhten Genauigkeit zueinander justierbar. Beispielsweise liegen die Facetten und entsprechende Seitenflächen des Trägers mit einer Toleranz von höchstens 5 μm oder 3 μm in einer gemeinsamen Ebene.

10

Darüber hinaus wird ein Herstellungsverfahren für Halbleiterlaser angegeben. Mit dem Herstellungsverfahren wird ein Laser hergestellt, wie in Verbindung mit einer oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen beschrieben. Merkmale des Herstellungsverfahrens sind daher auch für den Halbleiterlaser offenbart und umgekehrt.

15

In mindestens einer Ausführungsform umfasst das Herstellungsverfahren die folgenden Schritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge:

- Wachsen der Halbleiterschichtenfolge,
- Strukturieren der Halbleiterschichtenfolge mittels einer Materialwegnahme, sodass die mindestens eine geometrische Strukturierung entsteht, und
- Erzeugen der Facetten mittels Brechen, wobei das Brechen nur in solchen Gebieten der Halbleiterschichtenfolge erfolgt, aus denen zuvor kein Material der Halbleiterschichtenfolge entfernt wurde.

25

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Initiatorbereiche für das Brechen mittels Laserstrahlung

erzeugt. Insbesondere wird zum Erzeugen der Initiatorbereiche auf Stealth Dicing zurückgegriffen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Oberseite und
5 eine Unterseite eines Aufwachssubstrats für die Halbleiterschichtenfolge an den Facetten eben. Mit anderen Worten stellen die Oberseite und die Unterseite an den Facetten in gerade Linie verlaufende Begrenzungskanten dar.

10 Nachfolgend werden ein hier beschriebener Halbleiterlaser und ein hier beschriebenes Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine
15 maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Es zeigen:

20

Figuren 1 bis 3 in den Figurenteilen A jeweils Draufsichten und in den Figurenteilen B jeweils Seitenansicht von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen Halbleiterlasern,

25

Figur 1C eine schematische Seitenansicht des Halbleiterlasers der Figuren 1A und 1B,

30

Figuren 4 und 5 schematische Seitenansichten von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen Halbleiterlasern,

Figur 6 im Figurenteil A eine schematische Draufsicht und
im Figurenteil B eine schematische
Schnitttdarstellung eines Verfahrensschritts zur
Herstellung von hier beschriebenen
Halbleiterlasern,

Figuren 7 und 8 schematische Draufsichten auf
Ausführungsbeispiele von hier beschriebenen
Halbleiterlasern,

Figur 9A eine schematische Draufsicht und Figur 9B eine
schematische Seitenansicht eines
Ausführungsbeispiels eines hier beschriebenen
Halbleiterlasers,

Figur 10 eine schematische Draufsicht auf ein
Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen
Halbleiterlasers,

Figuren 11, 12A und 12B schematische Seitenansichten von
Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen
Halbleiterlasern, und

Figur 13 eine schematische Draufsicht auf ein
Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen
Halbleiterlasers.

In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines Halbleiterlasers
1 gezeigt. Der Halbleiterlaser 1 umfasst eine
Halbleiterschichtenfolge 2 mit einer aktiven Zone 22 zur
Erzeugung einer Laserstrahlung L. Bevorzugt basiert die
Halbleiterschichtenfolge 2 auf dem Materialsystem AlInGaN.
Die Halbleiterschichtenfolge 2 kann sich noch an einem

Aufwachssubstrat 27 befinden. Das Aufwachssubstrat 27 ist beispielsweise ein GaN-Substrat.

An einer Oberseite 20 der Halbleiterschichtenfolge 2 ist eine Strukturierung 5 erzeugt. Die Strukturierung 5 beinhaltet einen Stegwellenleiter 50. Durch den Stegwellenleiter 50 ist ein Resonator 4 definiert. Über den Stegwellenleiter 50 erfolgt eine Indexführung der Laserstrahlung L innerhalb der Halbleiterschichtenfolge 2.

Der Resonator 4 ist in Längsrichtung von zwei Facetten 3 der Halbleiterschichtenfolge 2 begrenzt. Die Facetten 3 sind jeweils ganzflächig eben und mittels Brechen erzeugt. In Draufsicht sind die Facetten 3 rechteckig.

Die Facetten 3 beinhalten jeweils eine Resonatorendfläche 42. Die Resonatorendflächen 42 sind diejenigen Bereiche der Facetten 3, an denen die Laserstrahlung L an den Facetten 3 reflektiert wird und/oder aus den Facetten 3 austritt.

Damit befinden sich die Resonatorendflächen 42 in Draufsicht auf die Facetten 3 gesehen im Bereich des Resonators 4 und der aktiven Zone 22, siehe Figur 1C. Übrige Gebiete der Facetten 3 sind optisch im Wesentlichen inaktiv. In Draufsicht gesehen sind die Resonatorendflächen 42 zum

Beispiel ellipsenförmig oder kreisförmig.

Damit die Facetten 3 in hoher Qualität ganzflächig erzeugbar sind, weist der Stegwellenleiter 50 hin zu den Facetten 3 und den Resonatorflächen 42 Verbreiterungen 51 auf. Die Verbreiterungen 51 sind in Draufsicht gesehen rechteckig gestaltet und erstrecken sich an der Oberseite 20 entlang der gesamten Facetten 3, siehe Figur 1A. Der Stegwellenleiter 50

zusammen mit den Verbreiterungen 51 bildet eine H-förmige Erhebung 54, die die Strukturierung 5 darstellt.

5 Damit befinden sich an den Facetten 3 keine Gebiete, in denen eine Materialwegnahme der Halbleiterschichtenfolge 2 nach einem Wachsen erfolgte. Insbesondere reichen Ätzungen für den Stegwellenleiter 50 nicht bis an die Facette 3 heran.

10 Es ist möglich, dass sich die aktive Zone 22 unterhalb des Stegwellenleiters 50 befindet. Das heißt, die aktive Zone 22 ist bevorzugt nicht von der Strukturierung 5 betroffen.

Optional befindet sich über dem Stegwellenleiter 50 hinweggehend eine elektrische Kontaktfläche 71, siehe
15 insbesondere Figur 1B. Die elektrische Kontaktfläche 71 ist bevorzugt durch eine oder durch mehrere Metallisierungen gebildet. Die Kontaktfläche 71 kann in Draufsicht gesehen rechteckig gestaltet sein. Es ist möglich, dass die elektrische Kontaktfläche 71 im Bereich des Stegwellenleiters
20 50 Ausbuchtungen hin zu den Facetten 3 aufweist. Die Verbreiterungen 51 sind frei von der Kontaktfläche 71. Die Kontaktfläche 71 erstreckt sich bevorzugt beiderseits des Stegwellenleiters 50 auf die Oberseite 20.

25 Optional befindet sich an einer der Halbleiterschichtenfolge 2 abgewandten Unterseite 28 des Aufwachssubstrats 27 eine weitere elektrische Kontaktfläche 73. Damit ist der Halbleiterlaser 1 von zwei einander gegenüberliegenden Hauptseiten her elektrisch kontaktierbar.

30

In Draufsicht gesehen und in Richtung senkrecht zum Resonator 4 erstrecken sich die Verbreiterungen 51 bevorzugt zu mindestens 200 µm oder 100 µm oder 50 µm weg von dem

Stegwellenleiter 50. Damit sind Seitenflächen 25 des Halbleiterlasers 1, die quer zu den Facetten 3 verlaufen, vergleichsweise weit vom Stegwellenleiter 50 entfernt. Eine Ausdehnung T der Verbreiterungen 51 entlang des Resonators 4
5 liegt bevorzugt bei mindestens 1 μm oder 3 μm . Alternativ oder zusätzlich liegt diese Ausdehnung T der Verbreiterungen 51 bei höchstens 100 μm oder 30 μm . Alternativ oder zusätzlich liegt diese Ausdehnung T der Verbreiterungen 51 entlang des Resonators 4 bevorzugt jeweils bei höchstens 10 %
10 oder 5 % einer Gesamtlänge R des Resonators 4. Entsprechendes gilt bevorzugt auch in allen Ausführungsbeispielen.

In Figur 1C ist zudem illustriert, dass ein Abstand D zwischen der liegend-ellipsenförmigen Resonatorendfläche 42
15 und einer Materialwegnahme oder einer Materialbearbeitung an den Facetten 3 und in Draufsicht auf die Facetten 3 gesehen relativ groß ist und bevorzugt mindestens 100 μm beträgt. Somit üben Materialdefekte im Bereich der Materialwegnahme oder der Materialbearbeitung keinen signifikanten Einfluss
20 auf das Halbleitermaterial der Resonatorendfläche 42 aus.

Da an der Oberseite 20 bevorzugt keine Materialwegnahme oder der Materialbearbeitung erfolgt ist, bemisst sich der Abstand D in diesem Fall hin zur Seitenfläche 25, die zum Beispiel
25 mittels Brechen, Ätzen oder Sägen erzeugt ist. Außerdem ist in Figur 1C zu erkennen, dass dieser Abstand hin zu Bereichen der Oberseite 20 in Gebieten neben dem Stegwellenleiter 50 ohne die Verbreiterung 51 fast Null wäre, siehe die Strichlinien in Figur 1C, die den Stegwellenleiter 50
30 veranschaulichen.

In Figur 2 ist gezeigt, dass entlang der Facetten 3 an der Oberseite 20 auf den Verbreiterungen 51 jeweils eine

Akustikschicht 61 aufgebracht ist. Über die Akustikschicht erfolgt eine Führung einer Brechwellenlinie beim Brechen der Facetten. Die Akustikschicht 61 ist bevorzugt aus einem schallgeschwindigkeitsangepassten Material. Beispielsweise ist die Akustikschicht 61 aus Siliziumdioxid, Si_3N_4 , SiON , ZnO , ITO oder Al_2O_3 oder aus Kombinationen von isolierenden Schichten. Weiterhin ist es möglich, dass die Akustikschicht 61 aus einem Halbleitermaterial wie Silizium, aus einem II-VI-Halbleitermaterial oder aus einem III-N-Halbleitermaterial ist. Bevorzugt ist die Akustikschicht 61 aus mindestens einem Metall wie Titan, Palladium, Nickel, Platin und/oder Gold.

Eine Dicke der Akustikschicht 61 liegt bevorzugt bei mindestens 10 nm oder 50 nm. Alternativ oder zusätzlich liegt die Dicke der Akustikschicht 61 bei höchstens 2 μm oder 1 μm . Es ist möglich, dass sich in Richtung weg von der Oberseite 20 die Kontaktfläche 71 über die Akustikschicht 61 erhebt, wie in Figur 2B zu sehen. Alternativ können die Kontaktfläche 71 und die Akustikschicht 61 in Richtung weg von der Oberseite 20 bündig miteinander abschließen oder es kann sich die Akustikschicht 61 über die Kontaktfläche 71 erheben.

Im Übrigen können die Ausführungen zu Figur 1 entsprechend für Figur 2 gelten.

Im Ausführungsbeispiel der Figur 3 weist der Halbleiterlaser 1 zusätzlich an je einer der Facetten 3 einen Initiatorbereich 62 auf. Ausgehend von den Initiatorbereichen 62 erfolgt ein Erzeugen der Facetten 3 mittels Brechen. Die Initiatorbereiche 62 liegen beispielsweise an der Oberfläche 20 an Enden der Facetten 3.

Bevorzugt sind die Initiatorbereiche 62 über Laserstrahlung mittels Stealth Dicing, Laser Scribing oder über einen Diamantritz erzeugt. Eine Tiefe der Initiatorbereiche 62 liegt bevorzugt bei mindestens 100 nm und/oder bei höchstens 90 % einer Dicke der Halbleiterschichtenfolge 2 oder einer Dicke der Halbleiterschichtenfolge 2 zusammen mit dem Aufwachssubstrat 27, in Figur 3 nicht gezeichnet. Eine Ausdehnung der Initiatorbereiche 62 in Richtung parallel zu den Facetten 3 liegt bevorzugt bei mindestens 2 μm oder 10 μm oder 30 μm und/oder bei höchstens 200 μm oder 100 μm .

Solche Initiatorbereiche 62 können in einen Waferverbund beim Herstellen der Halbleiterlaser 1 für jeden Halbleiterlaser 1 vorgesehen sein oder nur bei einem Halbleiterlaser pro einer bestimmten Anzahl von Halbleiterlasern auftreten, beispielsweise nur bei jedem zweiten oder jedem fünften Halbleiterlaser.

Eine Breite der Gräben in Richtung parallel zum Resonator 4 ist bevorzugt relativ gering und liegt beispielsweise bei mindestens 0,2 μm oder 0,5 μm und/oder bei höchstens 20 μm oder 10 μm .

In Figur 4 ist illustriert, dass sich die Initiatorbereiche 62 nicht an der Oberseite 20 befinden, sondern an der Unterseite 28. Demgegenüber ist in Figur 5 gezeigt, dass die Initiatorbereiche 27 innerhalb des Verbunds aus der Halbleiterschichtenfolge 2 und dem Aufwachssubstrat 27 liegen. Dies wird insbesondere dadurch ermöglicht, dass die Initiatorbereiche 62 mittels Stealth Dicing erstellt werden. Die Ausführungen zu den Abmessungen der Initiatorbereiche 62, wie zu Figur 3 ausgeführt, gelten für die Figuren 4 und 5 entsprechend.

Solche Initiatorbereiche 62, wie in Verbindung mit den Figuren 3 bis 5 illustriert, können auch in allen anderen Ausführungsbeispielen vorhanden sein.

5

In Figur 6A ist ein Waferverbund 10 illustriert, bei dem sich mehrere der Halbleiterlaser 1 noch unmittelbar aneinander befinden. Entlang von Brechlinien 81 erfolgt das Erzeugen der Facetten 3. Entlang von Vereinzellungslinien 82 können die Halbleiterlaser 1 in Richtung parallel zu den Resonatoren 4 vereinzelt werden. Das Vereinzeln entlang der Vereinzellungslinien 82 ist beispielsweise ebenfalls ein Brechen, kann jedoch auch mit anderen Methoden wie Sägen oder Laserbestrahlung durchgeführt werden.

15

Entlang der Linie A-A der Figur 6A ist in Figur 6B eine Schnittdarstellung zu sehen. Illustriert ist, dass entlang der Vereinzellungslinien 82 mittels Stealth-Dicing die Initiatorbereiche 62 erzeugt sind.

20

Die Halbleiterlaser 1, wie in Figur 6B illustriert, weisen den Stegwellenleiter 50 auf. Ferner sind Gräben 52 vorhanden, über die parasitäre Lasermode und/oder Streulicht wegreflektiert oder absorbiert werden kann. Außerdem, siehe Figur 6A, ist ein umlaufender Rahmen 53 vorhanden, der die Halbleiterlaser 1 an der Oberseite 20 ringsum begrenzt. Damit verlaufen die Brechlinien 81 und die Vereinzellungslinien 82 ausschließlich durch Bereiche der Halbleiterschichtenfolge 2, aus denen kein Material entfernt wurde.

30

Wie in allen anderen Ausführungsbeispielen ist es möglich, dass sich die Kontaktfläche 71 großflächig über die Halbleiterschichtenfolge 2 erstreckt. Um nur eine lokale

Bestromung der Halbleiterschichtenfolge 2 zu ermöglichen, ist dann bevorzugt eine Passivierungsschicht 63 aufgebracht. Die Passivierungsschicht 63 ist beispielsweise aus einem Oxid wie Siliziumoxid und kann eine Dicke zum Beispiel von mindestens 5 20 nm und/oder von höchstens 800 nm aufweisen.

Solche zusätzlichen Gräben 52 und ein Rahmen 53, wie in Figur 6 illustriert, können auch in allen Ausführungsbeispielen vorhanden sein.

10

Beim Ausführungsbeispiel des Halbleiterlasers 1 gemäß Figur 7 nimmt eine Breite der Verbreiterung 51 in Richtung hin zur Facette 3 zuerst linear zu, bevor eine sprunghafte Vergrößerung der Breite erfolgt. Die Verbreiterung 51 weist 15 damit einen trapezförmigen Bereich und einen rechteckigen Bereich auf, in Draufsicht auf die Oberseite 20 gesehen. Längs des Resonators 4 gesehen liegt eine Ausdehnung des trapezförmigen Bereichs zum Beispiel bei mindestens dem Doppelten und/oder bei höchstens dem Zehnfachen der 20 Ausdehnung des rechteckigen Bereichs.

Durch eine solche Geometrie der Verbreiterung 51 lassen sich insbesondere Monomodenzlaser mit einer hohen optischen Ausgangsleistung erzielen. Bevorzugt sind solche 25 Verbreiterungen 51, wie in der linken Hälfte der Figur 7 gezeigt, an beiden Facetten 3 vorhanden. Entsprechende Verbreiterungen 51 können auch in allen anderen Ausführungsbeispielen vorliegen.

30 Eine Dicke der Verbreiterung 51 in Richtung senkrecht zur Oberseite 20 ist bevorzugt gleich einer Dicke des Stegwellenleiters 50, kann jedoch auch einen hiervon abweichenden Wert aufweisen. Der Stegwellenleiter 50 und/oder

die Verbreiterung 51 weisen in Richtung weg von der aktiven Zone 22 beispielsweise eine Dicke von mindestens 0,2 μm oder 0,5 μm oder 1 μm und/oder von höchstens 5 μm oder 3 μm auf. Eine Gesamtdicke der Halbleiterschichtenfolge 2, wie an

5 Aufwachssubstrat 27 gewachsen, liegt zum Beispiel bei mindestens 4 μm und/oder bei höchstens 12 μm .

Abweichend von Figur 7 ist in Figur 8 illustriert, dass die Verbreiterung 51 stetig und knickfrei in den eigentlichen

10 Stegwellenleiter 50 übergeht. Im Übrigen gelten die Ausführungen zu Figur 7 auch für Figur 8.

In Figur 9 ist im Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem der Halbleiterlaser 1 ein gewinngeführter Laser ist. Wiederum

15 sind keine Ätzungen oder andere Materialwegnahmen vorhanden, die bis an die Facetten 3 reichen. An den Seitenflächen 25, die senkrecht zu den Facetten 3 orientiert sind, können Initiatorbereiche 62 vorhanden sein, die nicht bis an die Facetten 3 reichen und die in der Halbleiterschichtenfolge 2,

20 zusammen mit dem Aufwachssubstrat 27, liegen können. Zur Vermeidung parasitärer Moden weist der Halbleiterlaser 1 der Figur 9 an den Seitenflächen 25 bevorzugt Schrägen auf, nicht dargestellt, die eine Strukturierung bilden können.

25 In Figur 10 ist illustriert, dass der gewinngeführte Laser die Gräben 52 beiderseits des Resonators 4 innerhalb der Oberseite 20 aufweist. Damit ist der umlaufende Rahmen 53 vorhanden. Die Gräben 52 sind im Querschnitt senkrecht zur Oberseite 20 und senkrecht zum Resonator 4 gesehen

30 beispielsweise V-förmig oder trapezförmig. Es ist möglich, dass die Kontaktfläche 71 näher bis an die Facetten 3 reicht als die Gräben 52.

In Figur 11 ist illustriert, dass der Halbleiterlaser 1 zusätzlich einen Träger 70 aufweist. Der Träger 70 ist beispielsweise ein Submount und kann elektrische Strukturen zur Kontaktierung des Halbleiterlasers 1 umfassen. Die Kontaktfläche 71 ist über ein Verbindungsmittel 74 mit dem Träger 70 verbunden. Bei dem Verbindungsmittel 74 handelt es sich beispielsweise um ein Lot. Damit ist die Oberseite 20 der Halbleiterschichtenfolge 2 dem Träger 70 zugewandt.

10 Aufgrund der sich entlang der Facetten 3 erstreckenden Verbreiterung 51 ist die Gefahr eines Verkippens der Halbleiterschichtenfolge 2 um eine Drehachse parallel zum Resonator 4 verringert. Damit kann die Halbleiterschichtenfolge 2 mit hoher Präzision parallel zu einer Oberseite des Trägers 70 angebracht werden.

In den Figuren 12A und 12B ist ein Verfahren zum Befestigen der Halbleiterschichtenfolge 2 an dem Träger 70 illustriert. Der Träger 70 weist Trägerstrukturierungen 72 auf, beispielsweise in Form von Gräben. Alternativ können die Trägerstrukturierungen 72 auch durch Erhebungen gebildet sein.

In Figur 12B ist illustriert, dass sich beispielsweise beim Anlöten der Kontaktfläche 71 an den Träger 70 aufgrund der Trägerstrukturierungen 72 eine Art Selbstjustage ergibt. Damit sind in Richtung parallel zum Resonator 4 geringe Fertigungstoleranzen erzielbar. Beispielsweise liegt eine Genauigkeit, mit der die Facetten 3 bündig mit Seitenflächen des Trägers 70 abschließen, im Bereich zwischen 1 μm und 5 μm . Ist ein bündiges Abschließen zumindest einer der Facetten 3 mit dem Träger 70 nicht gewünscht, so können die Trägerstrukturierungen 72 auch asymmetrisch gestaltet sein,

um gezielt einen bestimmten, gewünschten Überhang der Facetten 3 über den Träger 70 einzustellen.

Beim Ausführungsbeispiel der Figur 13 handelt es sich bei dem Halbleiterlaser 1 um einen Laserbarren. Damit weist der Halbleiterlaser 1 mehrere Lasereinheiten 11 auf. Die Lasereinheiten 11 können elektrisch unabhängig voneinander ansteuerbar sein oder auch elektrisch gemeinsam betreibbar sein. Die Verbreiterung 51 erstreckt sich bevorzugt vollständig entlang der Facetten 3 des Laserbarrens.

Die in Figur 2 gezeigten Akustikschichten 61, die Initiatorbereiche 62 der Figuren 3 bis 6 sowie die Verbreiterungen 51 der Figuren 7 und 8 und auch die Träger 70, wie in den Figuren 11 und 12 dargestellt, können jeweils miteinander kombiniert in den Ausführungsbeispielen vorliegen.

Die hier beschriebene Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2018 125 496.2, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	Halbleiterlaser
	10	Waferverbund
5	11	Lasereinheit
	2	Halbleiterschichtenfolge
	20	Oberseite
	22	aktive Zone
	25	Seitenfläche
10	27	Aufwachssubstrat
	28	Unterseite
	3	Facette
	4	Resonator
	42	Resonatorendfläche
15	5	Strukturierung
	50	Stegwellenleiter
	51	Verbreiterung
	52	Graben
	53	Rahmen
20	54	H-förmige Erhebung
	61	Akustikschicht
	62	Initiatorbereich
	63	Passivierungsschicht
	70	Träger
25	71	elektrische Kontaktfläche
	72	Trägerstrukturierung
	73	weitere elektrische Kontaktfläche
	74	Verbindungsmittel
	81	Brechlinie
30	82	Vereinzelungslinie
	D	Abstand Materialwegnahme - Resonatorendfläche
	L	Laserstrahlung
	R	Gesamtlänge des Resonators

T Ausdehnung der Verbreiterung entlang des Resonators

Patentansprüche

1. Halbleiterlaser (1) mit einer Halbleiterschichtenfolge (2) zur Erzeugung von Laserstrahlung (L), wobei
 - 5 - die Halbleiterschichtenfolge (2) an einer Oberseite (20) mindestens eine geometrische Strukturierung (5) aufweist,
 - ein Resonator (4) in der Halbleiterschichtenfolge (2) von zwei gegenüberliegenden Facetten (3) der Halbleiterschichtenfolge begrenzt ist, sodass die Facetten
 - 10 (3) optisch wirksame Resonatorendflächen (42) beinhalten,
 - die Strukturierung (3) von mindestens einer der Facetten (3) beabstandet endet, und
 - mindestens eine der Resonatorendflächen (42) von Materialwegnahmen aus der Halbleiterschichtenfolge (2) heraus
 - 15 beabstandet ist.
2. Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Facetten (3) mittels Brechen erzeugte, glatte ebene Flächen sind, wobei die Facetten (3) in Draufsicht gesehen rechteckig sind.
- 20 3. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Strukturierung (5) einen Stegwellenleiter (50) umfasst, der hin zu den Facetten (3) je eine Verbreiterung (51) aufweist, sodass der Halbleiterlaser (1) ein
- 25 brechungsindexgeführter Laser ist, wobei sich die Verbreiterungen (51) an den Facetten (3) über eine gesamte Breite der Halbleiterschichtenfolge (2) an der Oberseite (20) erstrecken.
4. Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch,
- 30 bei dem die Verbreiterungen (51) in Draufsicht auf die

Oberseite (20) gesehen trapezförmig und/oder trichterförmig sind.

5. Halbleiterlaser (1) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,

5 bei dem die Verbreiterungen (51) je auf ein Gebiet direkt an den Facetten (3) begrenzt ist und der Stegwellenleiter (50) außerhalb der Verbreiterung (51) eine gleichbleibende, konstante Breite aufweist, wobei eine Länge der Verbreiterungen (51) je höchstens 10 %
10 einer Länge des Resonators (4) beträgt.

6. Halbleiterlaser (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Halbleiterlaser (1) ein gewinngeführter Laser ohne Brechungsindexführung ist.

7. Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch,
15 bei dem die Strukturierung (3) mindestens zwei Gräben (52) zur Wegreflexion parasitärer Lasermoden aufweist, wobei sich die Gräben (52) längs des Resonators (4) erstrecken.

8. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden
20 Ansprüche, bei dem die Strukturierung (5) in Draufsicht auf die Oberseite (20) gesehen mindestens eine H-förmige Erhebung (54) umfasst, wobei ein Mittelbalken dieses H's entlang des Resonators (4)
25 verläuft.

9. Halbleiterlaser (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem das H in Draufsicht gesehen asymmetrisch geformt

ist, sodass der Mittelbalken und der Resonator (4) ausmittig in der Oberseite (20) liegen.

10. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- 5 bei dem die Strukturierung (5) einen Rahmen (53) umfasst, der die Halbleiterschichtenfolge (2) an der Oberseite (20) ringsum begrenzt, wobei eine Maximaldicke der Halbleiterschichtenfolge (2) am Rahmen (53) vorliegt.

- 10 11. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem an mindestens einer der Facetten (3) an der Oberseite (20) der Halbleiterschichtenfolge (2) eine Akustikschicht (61) angebracht ist, die eine geringere Schallgeschwindigkeit
15 aufzeigt als die Halbleiterschichtenfolge (2), wobei die Akustikschicht (61) beabstandet zu elektrischen Kontaktflächen (71) des Halbleiterlasers (1) angeordnet ist und auf einen Streifen an der betreffenden Facette (3) begrenzt ist.

- 20 12. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem an den Facetten (3) und in Draufsicht auf die Facetten (3) gesehen ein Abstand (D) der optisch wirksamen Resonatorendflächen (42), die zur Reflexion und/oder zur
25 Auskopplung der im Betrieb erzeugten Laserstrahlung (L) eingerichtet sind, hin zu einer Materialwegnahme aus der Halbleiterschichtenfolge (2) heraus mindestens 40 μm und/oder mindestens ein Fünffaches eines mittleren Durchmessers der Resonatorendflächen (42) beträgt.

13. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem an mindestens einer der Facetten (3) und beabstandet zur zugehörigen Resonatorendfläche (42) ein Initiatorbereich
5 (62) erzeugt ist, der als Ausgangsbereich zum Brechen der Halbleiterschichtenfolge (2) eingerichtet ist,
wobei die betreffende Facette (3) am Initiatorbereich (62) eine größere Rauheit aufweist als an der zugehörigen Resonatorendfläche (42).

10 14. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der mehrere Resonatoren (4) umfasst, sodass der Halbleiterlaser (1) ein Laserbarren mit mehreren Lasereinheiten (11) ist.

15 15. Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
ferner umfassend einen Träger (70) mit einer Trägerstrukturierung (72),
wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) an der Oberseite (20)
20 am Träger (70) befestigt ist,
wobei die Trägerstrukturierung (72) zu der Strukturierung (3) der Halbleiterschichtenfolge (2) korrespondiert, sodass der Träger (70) und die Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer lateralen Toleranz von höchstens 5 µm zueinander justierbar
25 sind.

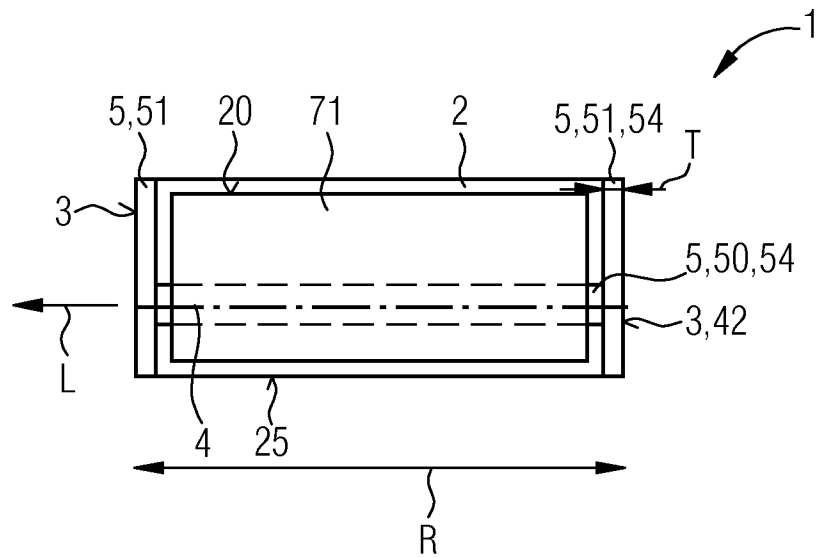
16. Herstellungsverfahren für Halbleiterlaser (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit den Schritten:
- Wachsen der Halbleiterschichtenfolge (2),
- Strukturieren der Halbleiterschichtenfolge (2) mittels
30 einer Materialwegnahme, sodass die mindestens eine

geometrische Strukturierung (3) entsteht, und
- Erzeugen der Facetten (3) mittels Brechen,
wobei das Brechen nur in solchen Gebieten der
Halbleiterschichtenfolge (2) erfolgt, aus denen zuvor kein
5 Material der Halbleiterschichtenfolge (2) entfernt wurde.

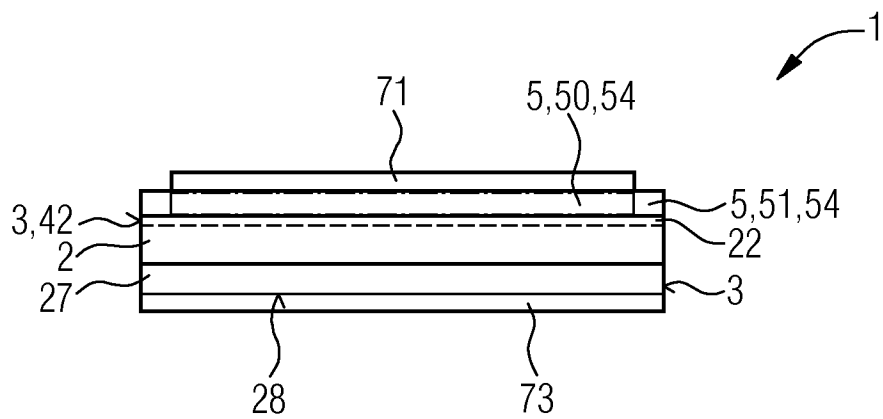
17. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, mit dem ein
Halbleiterlaser (1) nach Anspruch 13 hergestellt wird,
wobei die Initiatorbereiche (62) mittels Lasereinstrahlung
erzeugt werden,
10 sodass die Oberseite (20) und eine Unterseite (28) eines
Aufwachssubstrats (27) für die Halbleiterschichtenfolge (2)
an den Facetten (3) eben sind.

FIG 1

A)



B)



C)

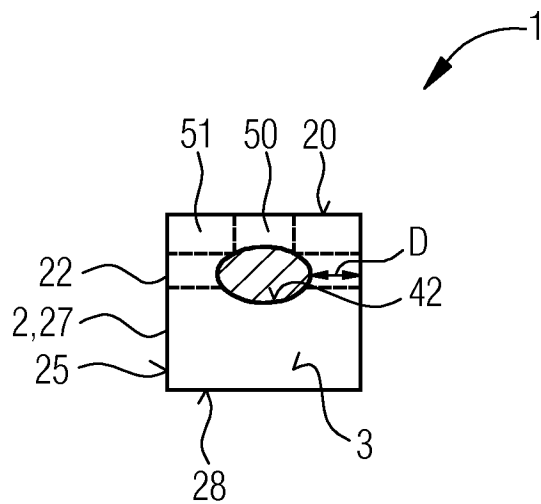


FIG 2

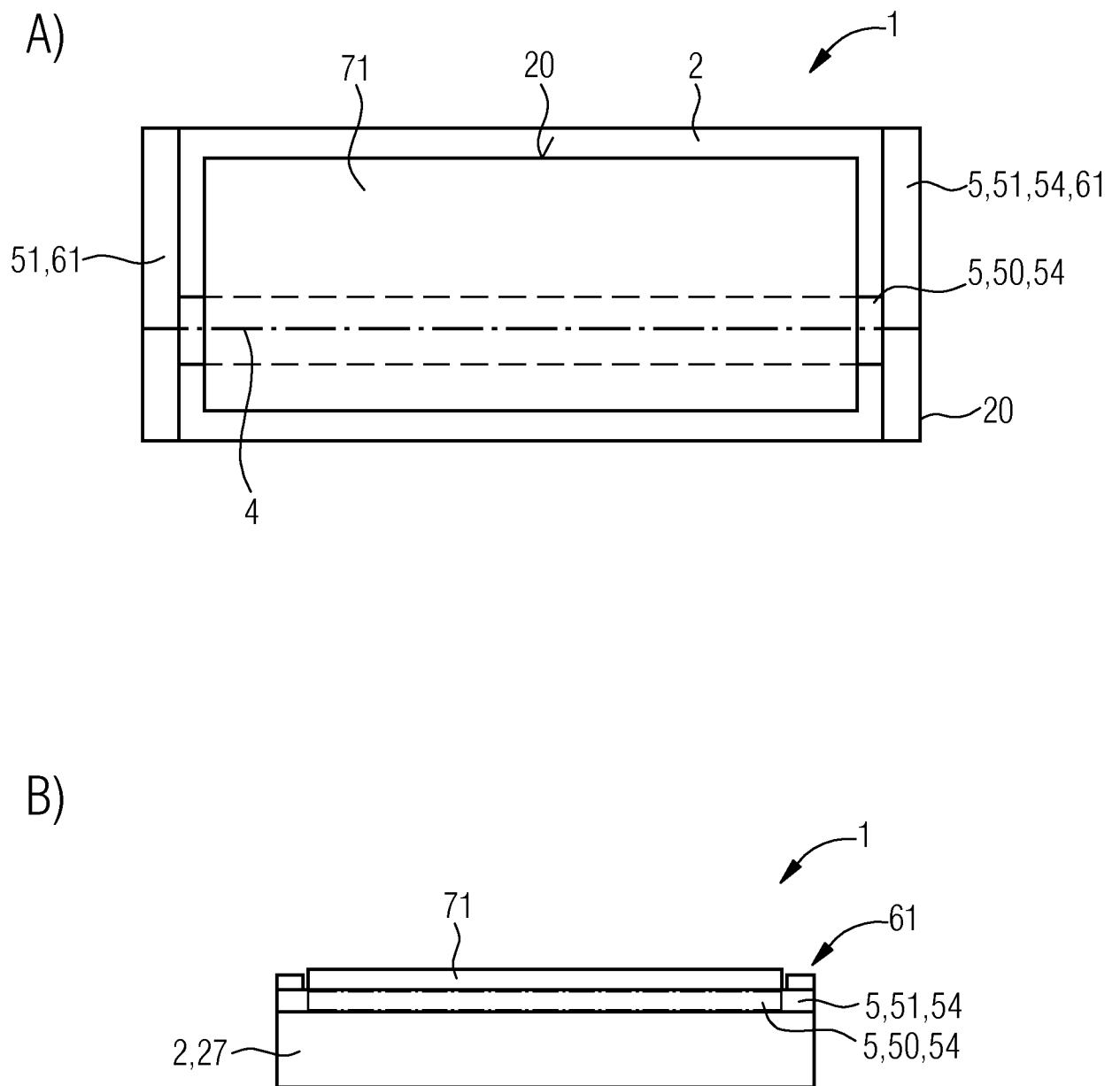
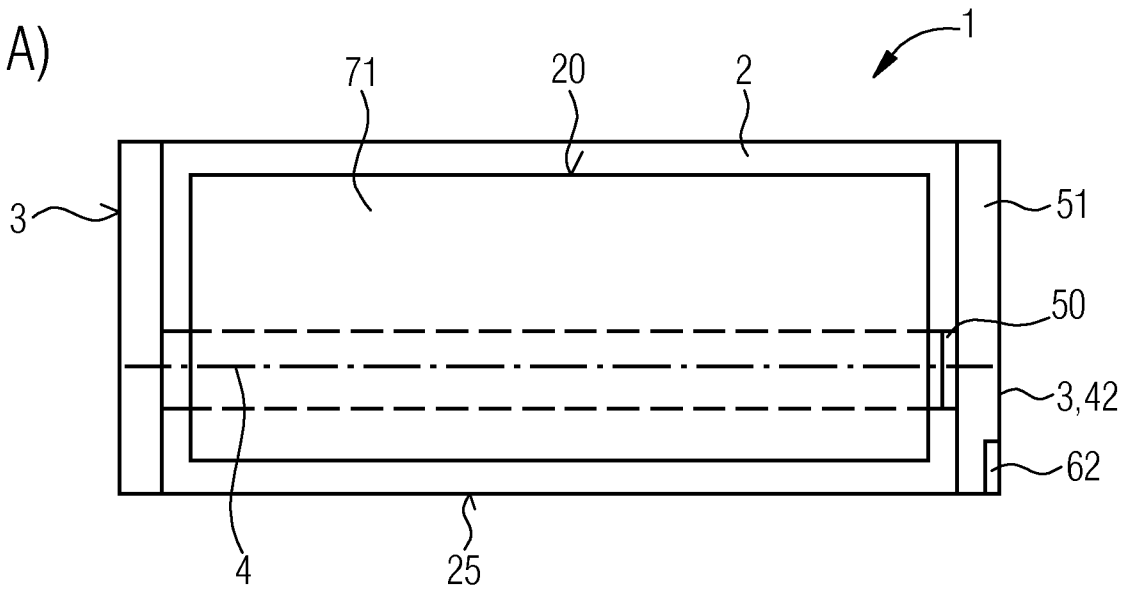


FIG 3

A)



B)

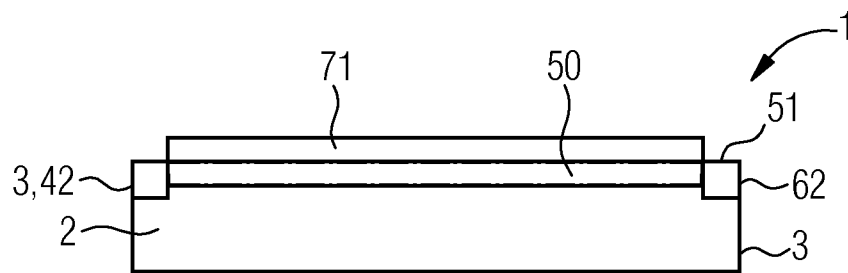


FIG 4

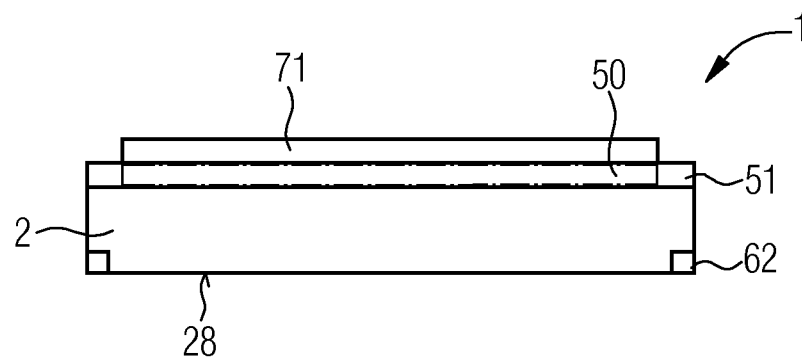


FIG 5

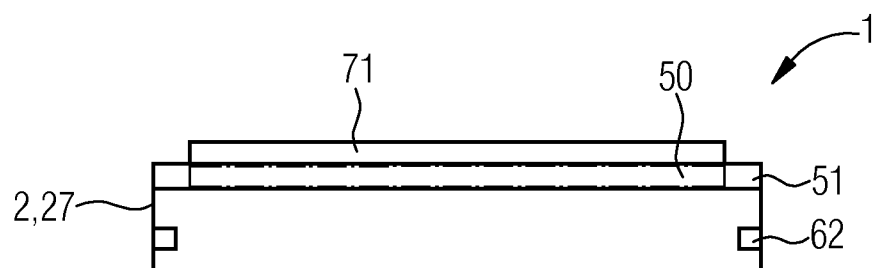
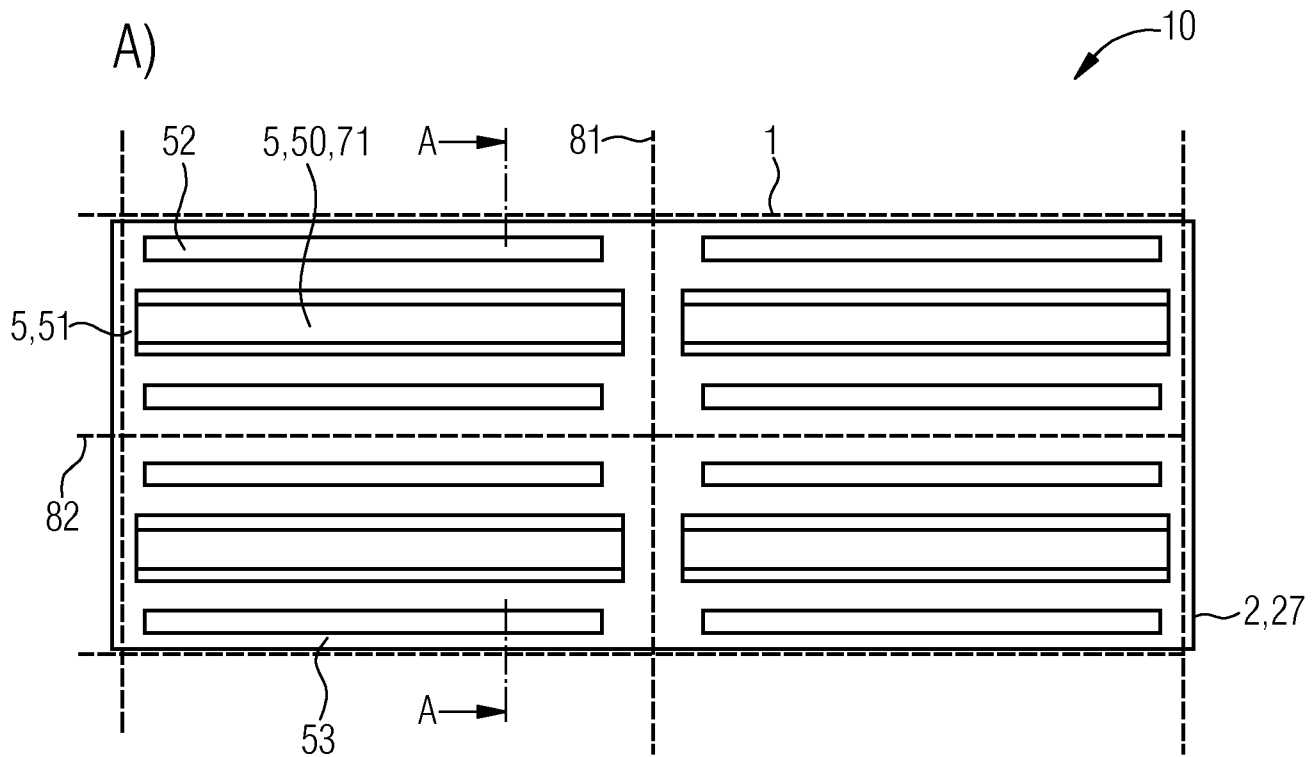


FIG 6

4/7



B)

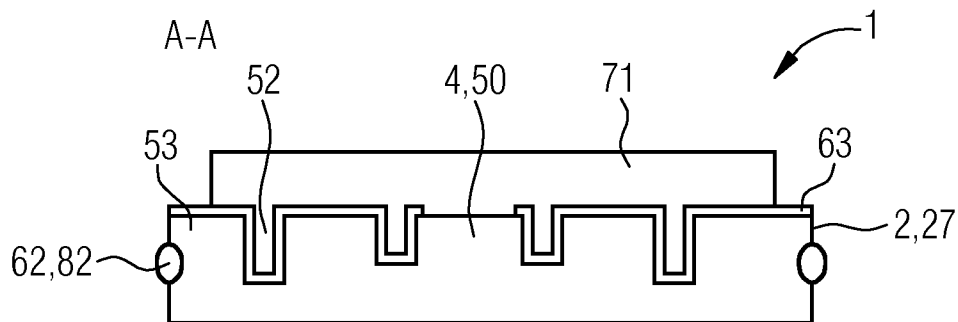


FIG 7

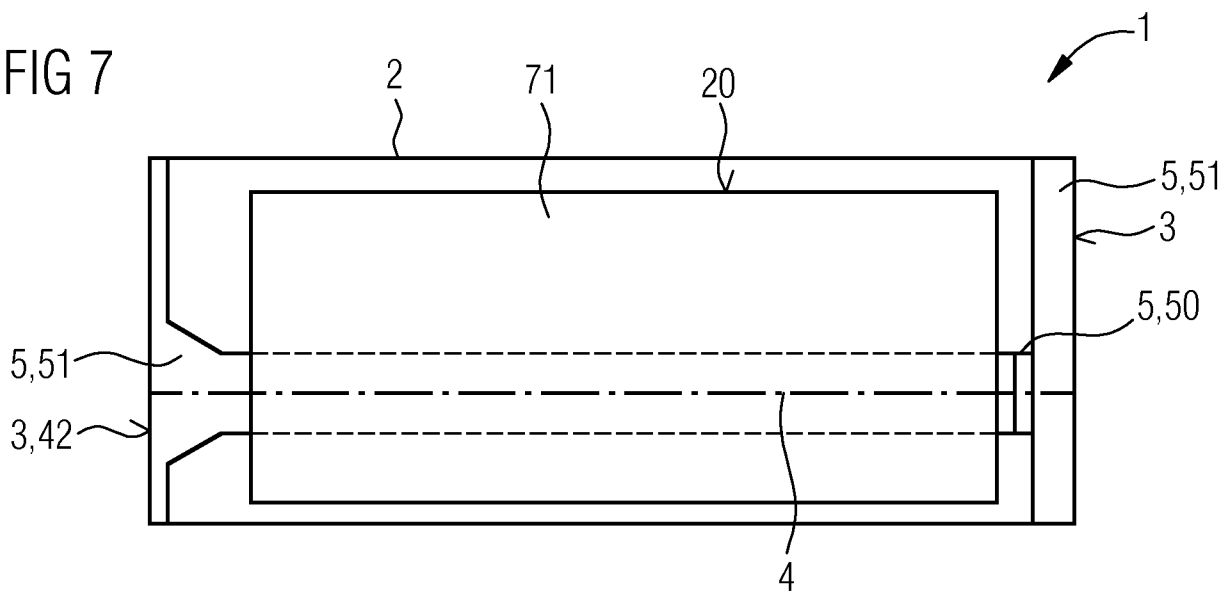


FIG 8

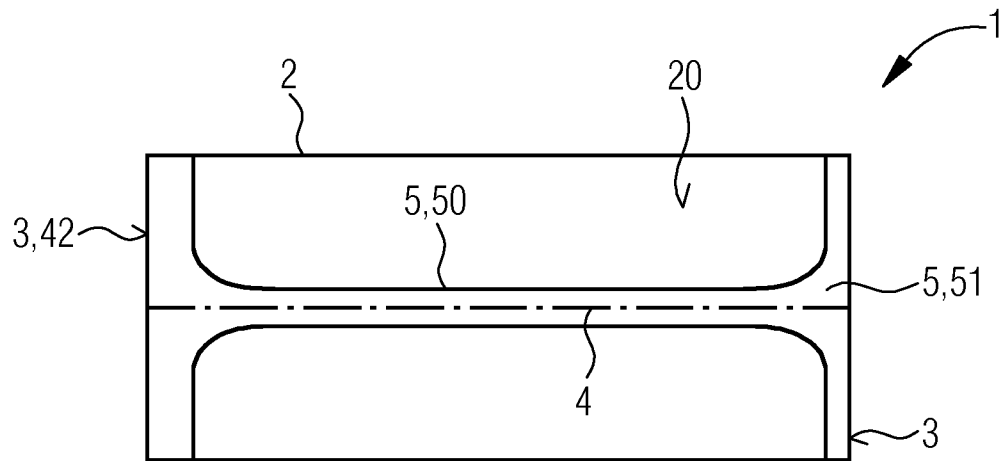
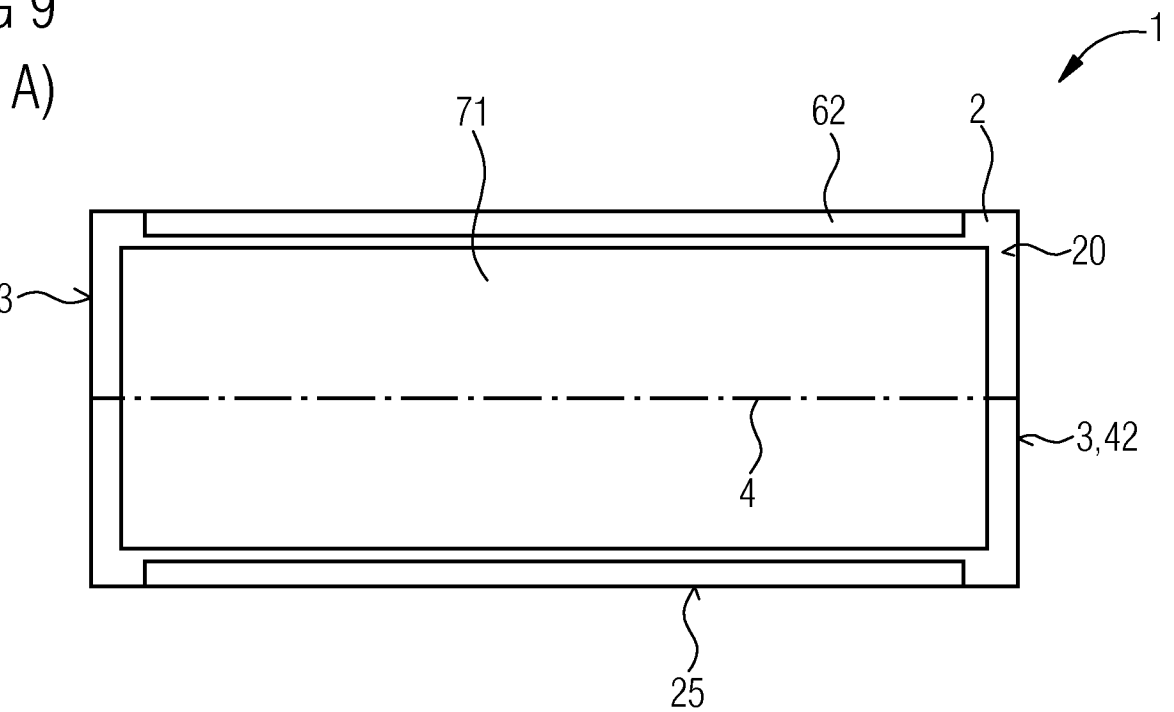


FIG 9



B)

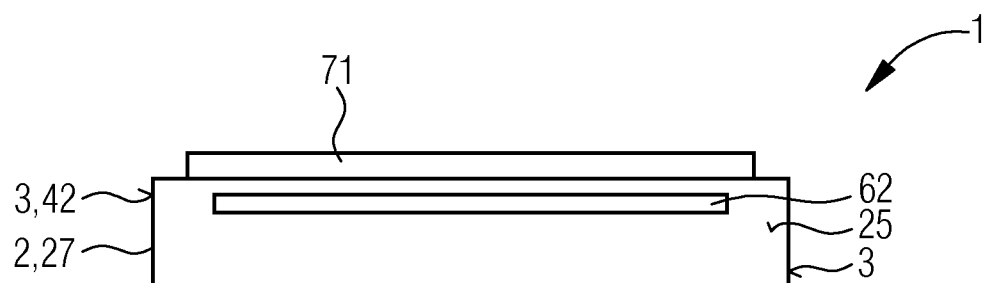


FIG 10

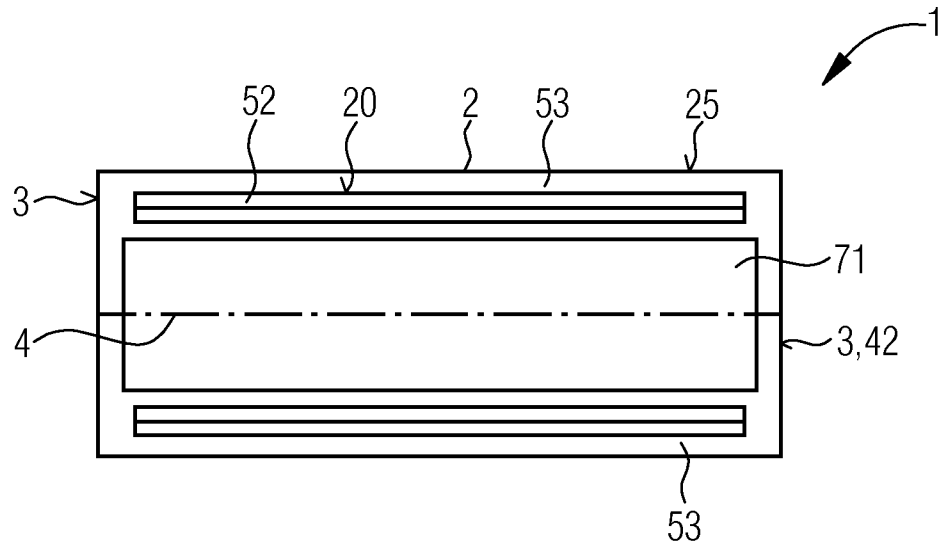


FIG 11

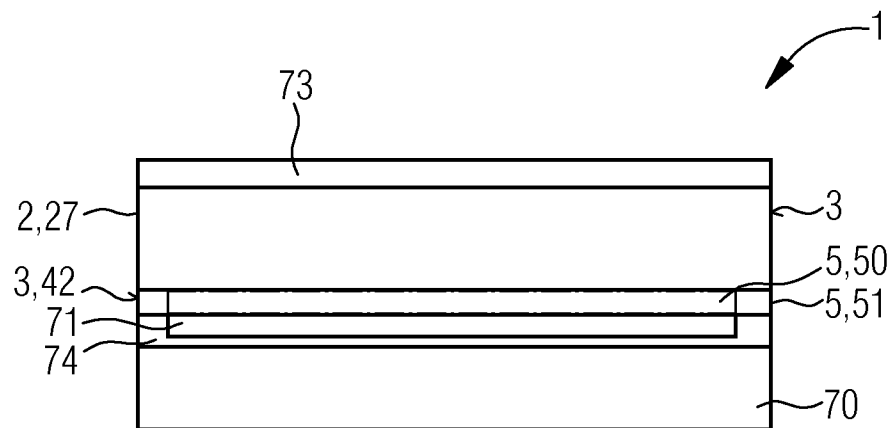


FIG 12

A)

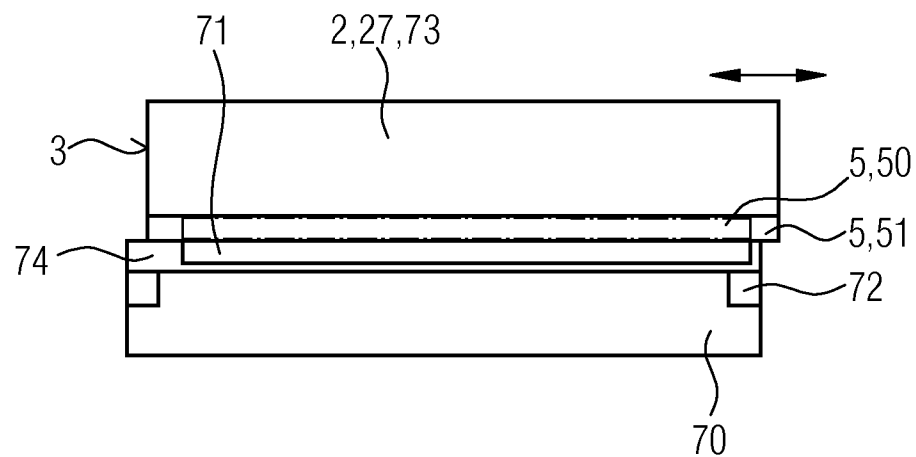


FIG 12
B)

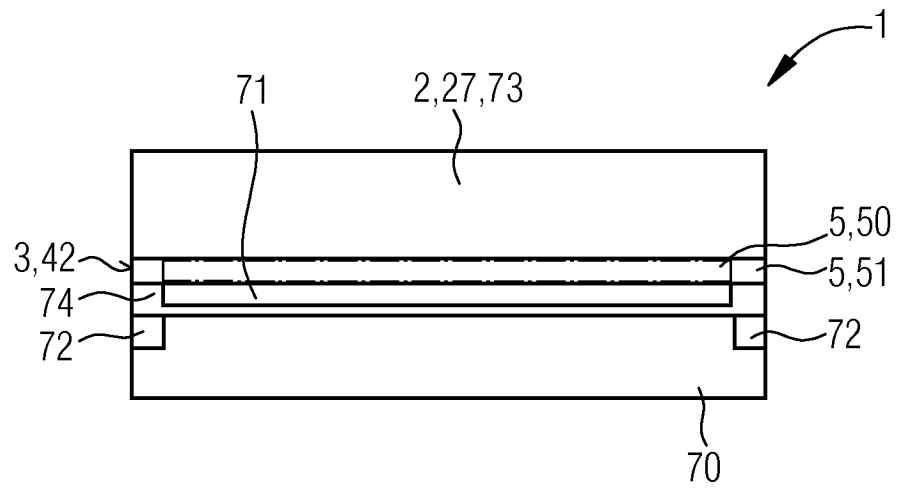
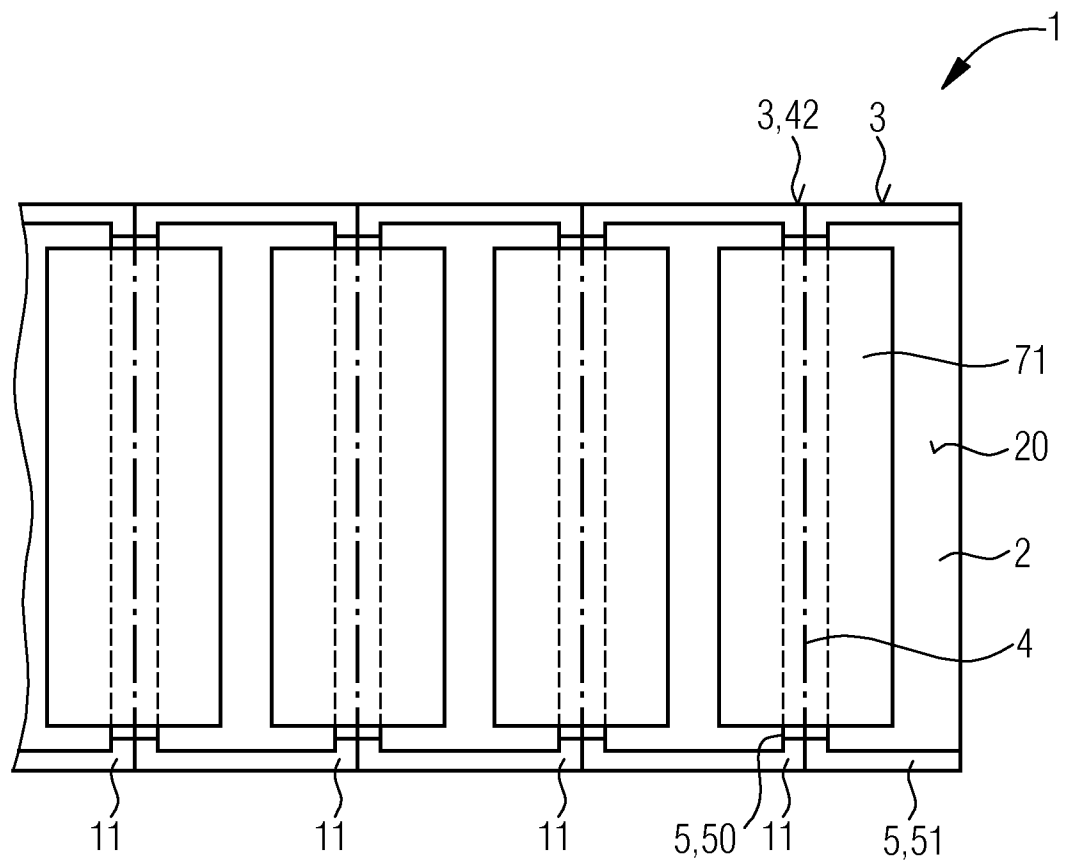


FIG 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/076927

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01S 5/02 (2006.01)i; H01S 5/22 (2006.01)i; H01S 5/028 (2006.01)i; H01S 5/10 (2006.01)i; H01S 5/16 (2006.01)i; H01S 5/323 (2006.01)n; H01S 5/40 (2006.01)n; H01S 5/022 (2006.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																													
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01S Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data																													
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>"RIDGE WAVEGUIDE RIDGE MIRROR LASER DIODE" <i>IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP. (THORNWOOD), US</i>, Vol. 37, No. 3, 01 March 1994 (1994-03-01), page 41 ISSN: 0018-8689, XP000441368</td> <td>1-3,5,8,9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>the whole document</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2008273563 A1 (SCHMIDT BERTHOLD [CH] ET AL) 06 November 2008 (2008-11-06)</td> <td>1,2,5-7,13-17</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>paragraph [0051] - paragraph [0052]; figure 4e</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>US 2017357067 A1 (OHKI YUTAKA [JP] ET AL) 14 December 2017 (2017-12-14)</td> <td>1-3,5-10,12-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>paragraph [0038] - paragraph [0053]; figures 1-4 paragraph [0135] - paragraph [0137]; figure 16</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>DE 102013220641 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 16 April 2015 (2015-04-16) figures 7-11</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	"RIDGE WAVEGUIDE RIDGE MIRROR LASER DIODE" <i>IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP. (THORNWOOD), US</i> , Vol. 37, No. 3, 01 March 1994 (1994-03-01), page 41 ISSN: 0018-8689, XP000441368	1-3,5,8,9	A	the whole document	11	X	US 2008273563 A1 (SCHMIDT BERTHOLD [CH] ET AL) 06 November 2008 (2008-11-06)	1,2,5-7,13-17	Y	paragraph [0051] - paragraph [0052]; figure 4e	4	A		11	X	US 2017357067 A1 (OHKI YUTAKA [JP] ET AL) 14 December 2017 (2017-12-14)	1-3,5-10,12-17	A	paragraph [0038] - paragraph [0053]; figures 1-4 paragraph [0135] - paragraph [0137]; figure 16	11	Y	DE 102013220641 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 16 April 2015 (2015-04-16) figures 7-11	4
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																											
X	"RIDGE WAVEGUIDE RIDGE MIRROR LASER DIODE" <i>IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP. (THORNWOOD), US</i> , Vol. 37, No. 3, 01 March 1994 (1994-03-01), page 41 ISSN: 0018-8689, XP000441368	1-3,5,8,9																											
A	the whole document	11																											
X	US 2008273563 A1 (SCHMIDT BERTHOLD [CH] ET AL) 06 November 2008 (2008-11-06)	1,2,5-7,13-17																											
Y	paragraph [0051] - paragraph [0052]; figure 4e	4																											
A		11																											
X	US 2017357067 A1 (OHKI YUTAKA [JP] ET AL) 14 December 2017 (2017-12-14)	1-3,5-10,12-17																											
A	paragraph [0038] - paragraph [0053]; figures 1-4 paragraph [0135] - paragraph [0137]; figure 16	11																											
Y	DE 102013220641 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 16 April 2015 (2015-04-16) figures 7-11	4																											
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																													
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family																													
Date of the actual completion of the international search 03 January 2020		Date of mailing of the international search report 16 January 2020																											
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Hervé, Denis Telephone No.																											

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/076927**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102011100175 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 08 November 2012 (2012-11-08) figure 2k	4
A	US 2008089374 A1 (EICHLER CHRISTOPH [DE] ET AL) 17 April 2008 (2008-04-17) paragraph [0040]	6,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/076927

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2008273563	A1	06 November 2008	GB	2432456	A	23 May 2007
				US	2008273563	A1	06 November 2008
				WO	2007057715	A1	24 May 2007
US	2017357067	A1	14 December 2017	EP	3258555	A1	20 December 2017
				JP	WO2016129618	A1	24 November 2017
				US	2017357067	A1	14 December 2017
				WO	2016129618	A1	18 August 2016
DE	102013220641	A1	16 April 2015	CN	105637721	A	01 June 2016
				DE	102013220641	A1	16 April 2015
				DE	112014004713	A5	21 July 2016
				US	2016268775	A1	15 September 2016
				WO	2015055644	A1	23 April 2015
DE	102011100175	A1	08 November 2012	CN	103518298	A	15 January 2014
				CN	106099640	A	09 November 2016
				DE	102011100175	A1	08 November 2012
				KR	20130121974	A	06 November 2013
				US	2014064311	A1	06 March 2014
				WO	2012150132	A2	08 November 2012
US	2008089374	A1	17 April 2008	DE	102006046297	A1	03 April 2008
				EP	1906498	A1	02 April 2008
				JP	2008091910	A	17 April 2008
				US	2008089374	A1	17 April 2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01S5/02	H01S5/22
ADD.	H01S5/323	H01S5/40
	H01S5/028	H01S5/10
	H01S5/022	H01S5/16
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H01S		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	"RIDGE WAVEGUIDE RIDGE MIRROR LASER DIODE", IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP. (THORNWOOD), US, Bd. 37, Nr. 3, 1. März 1994 (1994-03-01), Seite 41, XP000441368, ISSN: 0018-8689	1-3,5,8, 9
A	das ganze Dokument	11
X	US 2008/273563 A1 (SCHMIDT BERTHOLD [CH] ET AL) 6. November 2008 (2008-11-06)	1,2,5-7, 13-17
Y	Absatz [0051] - Absatz [0052]; Abbildung	4
A	4e	11
	----- -/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. Januar 2020		16/01/2020
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Hervé, Denis

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/357067 A1 (OHKI YUTAKA [JP] ET AL) 14. Dezember 2017 (2017-12-14)	1-3, 5-10, 12-17
A	Absatz [0038] - Absatz [0053]; Abbildungen 1-4 Absatz [0135] - Absatz [0137]; Abbildung 16	11
Y	----- DE 10 2013 220641 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 16. April 2015 (2015-04-16) Abbildungen 7-11	4
Y	----- DE 10 2011 100175 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 8. November 2012 (2012-11-08) Abbildung 2k	4
A	----- US 2008/089374 A1 (EICHLER CHRISTOPH [DE] ET AL) 17. April 2008 (2008-04-17) Absatz [0040] -----	6,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/076927

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008273563 A1	06-11-2008	GB 2432456 A	23-05-2007
		US 2008273563 A1	06-11-2008
		WO 2007057715 A1	24-05-2007

US 2017357067 A1	14-12-2017	EP 3258555 A1	20-12-2017
		JP W02016129618 A1	24-11-2017
		US 2017357067 A1	14-12-2017
		WO 2016129618 A1	18-08-2016

DE 102013220641 A1	16-04-2015	CN 105637721 A	01-06-2016
		DE 102013220641 A1	16-04-2015
		DE 112014004713 A5	21-07-2016
		US 2016268775 A1	15-09-2016
		WO 2015055644 A1	23-04-2015

DE 102011100175 A1	08-11-2012	CN 103518298 A	15-01-2014
		CN 106099640 A	09-11-2016
		DE 102011100175 A1	08-11-2012
		KR 20130121974 A	06-11-2013
		US 2014064311 A1	06-03-2014
		WO 2012150132 A2	08-11-2012

US 2008089374 A1	17-04-2008	DE 102006046297 A1	03-04-2008
		EP 1906498 A1	02-04-2008
		JP 2008091910 A	17-04-2008
		US 2008089374 A1	17-04-2008
