

(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
31. Januar 2019 (31.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/020761 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01S 5/02 (2006.01) H01S 5/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/070334

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juli 2018 (26.07.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 117 136.3
28. Juli 2017 (28.07.2017) DE

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

(72) Erfinder: BRÜCKNER, John; Waldweg 15, 93055 Regensburg (DE). GERHARD, Sven; Bischof-Ketteler-Str. 36, 93087 Alteglofsheim (DE).

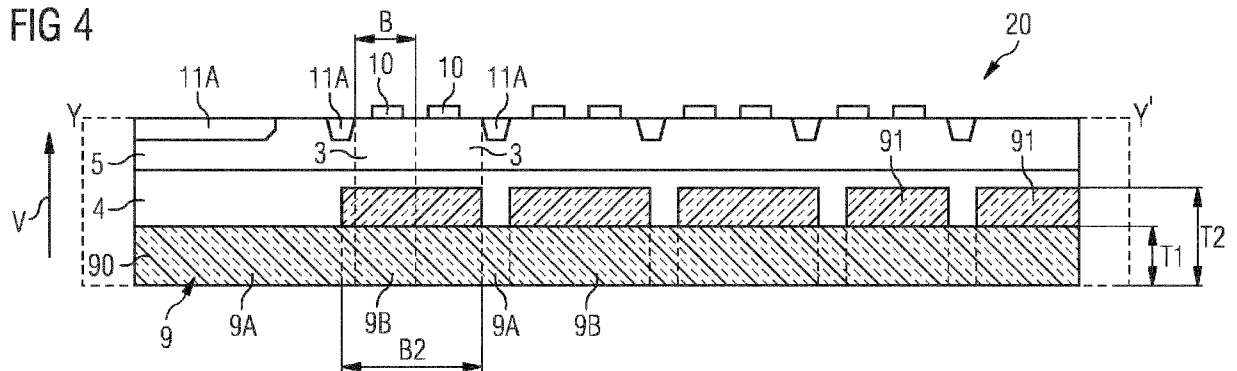
(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).

(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: METHOD FOR PRODUCING A PLURALITY OF LASER DIODES, AND LASER DIODE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER MEHRZAHL VON LASERDIODEN UND LASERDIODE

FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a plurality of laser diodes (1), said method having the following method steps: providing a plurality of laser bars (2) in a composite (20), wherein the laser bars (2) each comprise a plurality of laser diode elements (3) arranged adjacent to each other, and the laser diode elements (3) have a common substrate (4) and each have a semiconductor layer sequence (5) arranged on the substrate (4), and wherein a division of the composite (20) at longitudinal separation planes (y-y') each extending between two adjacent laser bars (2) leads to the formation of laser facets (IC) of the laser diodes (1) to be produced; structuring the composite (20) at at least one longitudinal separation plane (y-y'), wherein a structured region (8) is produced in the substrate (4). The invention further relates to a laser diode (1) that can be produced by means of the method.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von Laserdioden (1) mit folgenden Verfahrensschritten angegeben: • Bereitstellen einer Mehrzahl von Laserbarren (2) im Verbund (20), wobei die Laserbarren (2) jeweils eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Laserdiodenelementen (3) umfassen, und die Laserdiodenelemente (3) ein gemeinsames Substrat (4) und jeweils eine auf dem Substrat (4) angeordnete Halbleiterschichtenfolge (5) aufweisen, und wobei eine Zerteilung des Verbunds (20) an jeweils einer zwischen zwei benachbarten Laserbarren (2) verlaufenden Längstrennebene (y-y') zu einer Ausbildung von Laserfacetten (IC) der herzustellenden Laserdioden (1) führt, • Strukturierung des Verbunds (20) an zumindest einer Längstrennebene (y-y'), wobei im Substrat (4) ein strukturierter Bereich (8) erzeugt wird. Des Weiteren wird eine Laserdiode (1) angegeben, die mit dem Verfahren herstellbar ist.

WO 2019/020761 A1

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

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER MEHRZAHL VON LASERDIODEN UND
LASERDIODE

5

Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von Laserdioden angegeben. Insbesondere werden die Laserdioden aus einer Mehrzahl von im Verbund vorliegenden Laserbarren vereinzelt. Des Weiteren wird eine Laserdiode angegeben, die mit dem Verfahren herstellbar ist.

Eine mögliche Methode zur Vereinzelung von im Verbund angeordneten Laserbarren ist das Brechen der Laserbarren. Dabei wird der Verbund vorzugsweise gezielt an Kristallebenen eines für die Laserbarren verwendeten Materials gebrochen, um dadurch Laserfacetten der zu erzeugenden Laserdioden auszubilden. Idealerweise sind die Bruchflächen atomar glatt, um eine für den Laserbetrieb geeignete geringe Rauheit und ausreichende optische Reflektivität aufzuweisen.

20

Das Ausbilden der Laserfacetten stellt jedoch eine technische Herausforderung dar, da verschiedene Faktoren wie etwa die Art des Brechprozesses, die Initiierung des Bruchs an eingebrachten Kerben sowie globale und lokale Spannungsverhältnisse des Laserbarrenverbunds die Qualität der Laserfacetten beeinflussen. Beispielsweise können bei ungünstigen Spannungsverhältnissen Kristallstufen an den Laserfacetten entstehen, die zum einen die Reflektivität verschlechtern und zu einer geringeren Lichtausbeute führen und zum anderen ein Qualitätsrisiko darstellen, da sie zu Spontanausfällen führen können. Eine grundlegende strukturelle Veränderung des Laserbarrenverbunds kann jedoch nicht ohne Weiteres vorgenommen werden, da diese zum einen

das Brechen und zum anderen die Funktionalität der fertigen Laserdioden beeinträchtigen kann.

Eine Aufgabe der vorliegenden Anmeldung ist es, ein

5 verbessertes Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von Laserdioden anzugeben. Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Verfahrensanspruchs gelöst.

10 Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Anmeldung besteht darin, eine Laserdiode mit verbesserter Qualität anzugeben. Diese Aufgabe wird unter anderem durch eine Laserdiode mit den Merkmalen des unabhängigen Gegenstandsanspruchs gelöst.

15 Vorteilhafte Weiterbildungen des Herstellungsverfahrens und der Laserdiode sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von Laserdioden folgende

20 Verfahrensschritte auf:

- Bereitstellen einer Mehrzahl von Laserbarren im Verbund, wobei die Laserbarren jeweils eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Laserdiodenelementen umfassen, und die Laserdiodenelemente ein gemeinsames Substrat und jeweils eine
25 auf dem Substrat angeordnete Halbleiterschichtenfolge aufweisen, und wobei eine Zerteilung des Verbunds an jeweils einer zwischen zwei benachbarten Laserbarren verlaufenden Längstrennebene zu einer Ausbildung von Laserfacetten der herzustellenden Laserdioden führt,

30 - Strukturierung des Verbunds an zumindest einer Längstrennebene, wobei im Substrat ein strukturierter Bereich erzeugt wird.

Dabei werden die oben genannten Verfahrensschritte in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

Vorteilhafterweise kann durch die Strukturierung des Substrats, das für die optische Reflektivität eine geringere Bedeutung hat als die Halbleiterschichtenfolge, ein grundlegender Eingriff in das Laserdesign vermieden werden.

Das Bereitstellen der Mehrzahl von Laserbarren im Verbund umfasst vorzugsweise das Bereitstellen eines Substrats sowie einer Halbleiterschichtenfolge, die eine Mehrzahl von Halbleiterschichten umfasst. Die Halbleiterschichtenfolge ist vorzugsweise strukturiert, so dass jedem Laserdiodenelement eine Halbleiterschichtenfolge zugeordnet werden kann.

Die Halbleiterschichtenfolge umfasst insbesondere zumindest eine zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung geeignete aktive Zone. Die Schichten der Halbleiterschichtenfolge enthalten vorzugsweise mindestens ein III/V-Halbleitermaterial, etwa ein Material aus den Materialsystemen $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{As}$, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{N}$ oder $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{P}$, jeweils mit $0 \leq x, y \leq 1$ und $x + y \leq 1$. III/V-Halbleitermaterialien sind zur Strahlungserzeugung im ultravioletten ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{N}$), über den sichtbaren ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{P}$, insbesondere für blaue bis grüne Strahlung, oder $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{As}$, insbesondere für gelbe bis rote Strahlung) bis in den infraroten ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_y\text{As}$) Spektralbereich besonders geeignet. Als Materialien für das Substrat kommen beispielsweise Saphir, SiC, InP, GaAs und/oder GaN in Frage. Bei dem Substrat handelt es sich beispielsweise um das Aufwachssubstrat, auf dem die Halbleiterschichtenfolge schichtenweise nacheinander aufgewachsen ist.

Die aktive Zone der Halbleiterschichtenfolge weist vorzugsweise einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfachquantentopfstruktur (SQW) oder eine Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) zur Strahlungserzeugung auf. Die Bezeichnung Quantentopfstruktur umfasst im Rahmen der Anmeldung insbesondere jegliche Struktur, bei der Ladungsträger durch Einschluss (confinements) eine Quantisierung mehrerer Energiezustände erfahren können. Insbesondere beinhaltet die Bezeichnung Quantentopfstruktur keine Angabe über die Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen.

Weiterhin weist die Halbleiterschichtenfolge insbesondere einen n-Typ Halbleiterbereich und einen p-Typ Halbleiterbereich auf, wobei die aktive Zone dazwischen angeordnet ist. Der n-Typ Halbleiterbereich, die aktive Zone und der p-Typ Halbleiterbereich können jeweils eine oder mehrere Schichten aufweisen. Es ist möglich, dass der n-Typ Halbleiterbereich, die aktive Zone und der p-Typ Halbleiterbereich eine oder mehrere undotierte Schichten enthalten.

Die Längstrennebenen sind vorzugsweise entlang der einzelnen Laserbarren ausgerichtet, insbesondere parallel zur Ausrichtung der einzelnen Laserbarren. Vorzugsweise erfolgt die Vereinzelung des Verbunds in eine Mehrzahl von Laserdioden an den Längstrennebenen und an quer zu den Längstrennebenen verlaufenden Quertrennebenen. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens erfolgt die Vereinzelung des Verbunds durch Brechen an den Längs- und Quertrennebenen. In dem Verbund werden mit Vorteil auf einer dem Substrat gegenüber liegenden Seite an der Längstrennebene

Trennstellen erzeugt, die für eine gezielte Zerteilung des Verbunds vorgesehen sind. Des Weiteren kann der Verbund an einer auf der dem Substrat gegenüber liegenden Seite entlang der Quertrennebene mit weiteren Trennstellen ausgebildet
5 werden. Bei den Trennstellen handelt es sich insbesondere um Vertiefungen im Verbund, die eine gezielte Zerteilung ermöglichen.

Unter „Laserfacette“ ist vorliegend jeweils eine Grenzfläche,
10 insbesondere eine Seitenfläche, der Laserdiodenelemente zu verstehen, die in der fertigen Laserdiode einen Teil eines optischen Resonators bildet. Die Laserfacette zeichnet sich dabei dadurch aus, dass sie glatt ausgebildet ist. „Glatt“ bedeutet hierbei insbesondere, dass die Oberflächenrauheit
15 der Laserfacette deutlich kleiner ist als die Wellenlänge des von der Laserdiode im Betrieb erzeugten Lichts, bevorzugt kleiner als die Hälfte der Wellenlänge, besonders bevorzugt kleiner als ein Viertel der Wellenlänge.

20 Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens werden die Laserdiodenelemente an einer ersten Hauptfläche jeweils mit einem Kontaktbereich, insbesondere einem p-leitenden Kontaktbereich, ausgebildet. In der fertigen Laserdiode dient der Kontaktbereich als ein elektrischer Anschlussbereich.

25 Darüber hinaus können die Laserdiodenelemente an einer der ersten Hauptfläche gegenüber liegenden zweiten Hauptfläche jeweils mit einem weiteren Kontaktbereich, insbesondere einem n-leitenden Kontaktbereich, ausgebildet werden. In der fertigen Laserdiode dient der weitere Kontaktbereich als ein
30 weiterer elektrischer Anschlussbereich. Geeignete Materialien für die Kontaktbereiche sind elektrisch leitende Materialien, vorzugsweise reine Metalle oder Metallverbindungen.

Die Strukturierung des Verbunds kann mittels mechanischem Sägen oder mittels eines Ätzverfahrens erfolgen. Mögliche Ätzverfahren sind beispielsweise Laserätzen, nasschemisches Ätzen oder Trockenätzen. Die Strukturierung beinhaltet dabei
5 insbesondere einen Materialabtrag des Substrats, das heißt eine Dicke des Substrats wird lokal reduziert.

Mittels der Strukturierung kann ein an der Längstrennebene angeordneter strukturierter Bereich im Substrat erzeugt
10 werden. Vorzugsweise weist der strukturierte Bereich eine parallel zur Ausrichtung der Laserbarren verlaufende Hauptstreckungsrichtung auf. Besonders bevorzugt wird der strukturierte Bereich hinsichtlich der Längstrennebene achsensymmetrisch ausgebildet.

15

Durch den gezielt eingebrachten strukturierten Bereich kann die Spannungsverteilung vorteilhaft beeinflusst werden. Die Erfinder haben herausgefunden, dass mittels des strukturierten Bereichs eine an einer ersten Hauptfläche des
20 Laserbarrenverbunds vorherrschende maximale tensile Spannung erhöht werden kann. Weiterhin ist es mittels des strukturierten Bereichs möglich, eine an einer der ersten Hauptfläche gegenüber liegenden zweiten Hauptfläche vorherrschende maximale kompressive Spannung zu erhöhen.

25 Beispielsweise kann bei einer lokalen Reduktion der Dicke des Laserbarrenverbunds um 20 % die maximale tensile Spannung auf das Doppelte bis zu 10fache erhöht werden. Die erzielbaren Werte variieren in Abhängigkeit von der Form des strukturierten Bereichs. Eine Erhöhung der maximalen tensilen
30 Spannung an der ersten Hauptfläche wirkt sich auf den Zerteilungsprozess besonders günstig aus und führt zu einer verbesserten Qualität der Laserfacetten.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der strukturierte Bereich eine entlang der Längstrennebene beziehungsweise entlang seiner Hauptstreckungsrichtung kontinuierlich, das heißt zusammenhängend, verlaufende Vertiefung auf. Dabei

5 weist der strukturierte Bereich insbesondere nur eine einzige Vertiefung auf. Dabei erstreckt sich die einzige Vertiefung entlang der Längstrennebene größtenteils durch den Laserbarrenverbund hindurch. Alternativ kann der strukturierte Bereich mehrere entlang der Längstrennebene

10 voneinander getrennte Vertiefungen aufweisen, wobei jeweils zwei benachbarte Vertiefungen durch einen Substratbereich voneinander getrennt sind. Vorzugsweise wird die mindestens eine Vertiefung lateral, das heißt in Richtungen parallel zu einer Hauptstreckungsebene des Substrats, zumindest

15 teilweise durch das Substrat begrenzt. Die Tiefe der mindestens einen Vertiefung beträgt vorzugsweise zwischen 10 und 90% der Dicke des Verbunds, wobei die Grenzen eingeschlossen sind. Insbesondere beträgt die Tiefe zwischen 1 μm und 100 μm , wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

20 Bei einer bevorzugten Ausgestaltung weist die kontinuierlich verlaufende Vertiefung eine prismatische, beispielsweise quaderförmige, oder (halb-)zylinderförmige Gestalt auf. In einem parallel zur Längstrennebene angeordneten Längsschnitt

25 weist die Vertiefung dann insbesondere eine polygonale Form auf. Beispielsweise kann die kontinuierlich verlaufende Vertiefung in einem parallel zur Längstrennebene angeordneten Längsschnitt eine rechteckige Form aufweisen. Insbesondere ändert sich hierbei die Tiefe der Vertiefung entlang der

30 Längstrennebene nicht.

Weiterhin kann die kontinuierlich verlaufende Vertiefung entlang der Längstrennebene abwechselnd angeordnete Bereiche

unterschiedlicher Tiefe aufweisen. Insbesondere sind die tieferen Bereiche im Bereich der Laserdiodenelemente angeordnet, so dass die Spannungsverhältnisse speziell im Bereich der Laserdiodenelemente beeinflusst werden können.

5 Vorzugsweise weisen die tieferen Bereiche jeweils eine Breite auf, die größer ist als die Breite der Laserdiodenelemente.

Die kontinuierlich verlaufende Vertiefung kann eine zusammengesetzte Form aufweisen. Beispielsweise kann sich die
10 zusammengesetzte Form aus einem größeren Teilbereich und mehreren an den größeren Teilbereich angrenzenden kleineren Teilbereichen zusammensetzen. Vorzugsweise folgt der kleinere Teilbereich in einer vertikalen Richtung auf den größeren Teilbereich. Die vertikale Richtung bezeichnet insbesondere
15 die Richtung, in welcher die Halbleiterschichtenfolge auf das Substrat folgt. Beispielsweise kann der größere Teilbereich die Gestalt eines Prismas, insbesondere eines Quaders, aufweisen. Weiterhin können die kleineren Teilbereiche die Gestalt eines Prismas, insbesondere eines Quaders, einer
20 Pyramide oder Halbkugel aufweisen. Insbesondere setzen sich die tieferen Bereiche jeweils aus einem Ausschnitt des größeren Teilbereichs und einem kleineren Teilbereich zusammen, während die anderen Bereiche aus einem Ausschnitt des größeren Teilbereichs bestehen. Vorzugsweise weisen die
25 kleineren Teilbereiche jeweils eine Breite auf, die größer ist als die Breite der Laserdiodenelemente. Die Breite der Laserdiodenelemente beziehungsweise Laserdioden beträgt vorzugsweise zwischen 50 µm und 1000 µm, besonders bevorzugt zwischen 100 µm und 400 µm, wobei die Grenzen eingeschlossen
30 sind. Insbesondere sind die tieferen Bereiche beziehungsweise kleineren Teilbereiche doppelt so breit wie die Laserdiodenelemente beziehungsweise Laserdioden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der strukturierte Bereich mehrere Vertiefungen auf. Diese können in einem parallel zur Längstrennebene angeordneten Längsschnitt jeweils eine polygonale oder halbrunde Form aufweisen. Dabei
5 können die Vertiefungen die Gestalt eines Prismas, insbesondere eines Quaders, einer Pyramide, eines Zylinders oder einer Halbkugel aufweisen. Vorzugsweise weisen die Vertiefungen jeweils eine Breite auf, die größer ist als eine Breite der Laserdiodenelemente.

10

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung weist der strukturierte Bereich in einem senkrecht zur Längstrennebene angeordneten Querschnitt eine polygonale oder halbrunde Form auf.

Insbesondere kann die zumindest eine Vertiefung im

15

Querschnitt eine polygonale Form, beispielsweise eine rechteckige Form, oder halbrunde Form, die beispielsweise einem Halboval oder einem Halbkreis gleicht, aufweisen. Eine maximale laterale Ausdehnung des strukturierten Bereichs, die senkrecht zur Längstrennebene bestimmt wird, beträgt

20

vorzugsweise zwischen 0,5 und 50 μm , wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erstreckt sich der strukturierte Bereich ausgehend von einer der

25

Halbleiterschichtenfolge abgewandten Oberfläche des Substrats in das Substrat hinein. Vorzugsweise ist die der

Halbleiterschichtenfolge abgewandte Oberfläche des Substrats auf einer durch die zweite Hauptfläche des

Laserbarrenverbunds definierte Rückseite des

30

Laserbarrenverbunds angeordnet. Der strukturierte Bereich durchdringt das Substrat zumindest teilweise. In anderen Worten kann der strukturierte Bereich in dem Substrat enden

oder aber sich durch dieses hindurch erstrecken und das Substrat dabei vollständig durchdringen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Halbleiterschichtenfolge der Laserdiodelemente jeweils mit einer Stegstruktur ausgebildet. Dabei wird die Stegstruktur insbesondere durch einen erhabenen Bereich der Halbleiterschichtenfolge gebildet mit einer Haupterstreckungsrichtung, die insbesondere parallel zur Quertrennebene verläuft. Bei den fertigen Laserdioden handelt es sich vorzugsweise um sogenannte Rippenwellenleiter-Laserdioden, wobei die Stegstruktur als lateraler Wellenleiter für das emittierte Licht wirkt. Alternativ können die Laserdioden als Breitstreifenlaser ausgebildet werden. Hierbei entfällt die Ausbildung einer Stegstruktur.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform einer Laserdiode umfasst diese einen Halbleiterkörper mit einem Substrat und einer auf dem Substrat angeordneten Halbleiterschichtenfolge, die eine zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung geeignete aktive Zone umfasst. Dabei weist der Halbleiterkörper eine erste Hauptfläche und eine der ersten Hauptfläche gegenüber liegende zweite Hauptfläche und zumindest eine erste und zweite Laserfacette auf, die jeweils quer zu der ersten und zweiten Hauptfläche angeordnet sind. "Quer" bedeutet, dass jeweils ein Normalenvektor der Laserfacetten nicht parallel zu einem Normalenvektor der ersten und/oder zweiten Hauptfläche verläuft. Vorzugsweise begrenzen die Laserfacetten den Halbleiterkörper jeweils in einer lateralen Richtung. Die lateralen Richtungen sind in einer Ebene angeordnet, die insbesondere parallel zu einer Haupterstreckungsebene des Substrats angeordnet ist. Bei der ersten Hauptfläche handelt es sich vorzugsweise um eine

Oberfläche der Halbleiterschichtenfolge, die den Halbleiterkörper auf einer dem Substrat abgewandten Seite der aktiven Zone begrenzt. Zusätzlich zu den Laserfacetten kann der Halbleiterkörper weitere Seitenflächen aufweisen, die
5 jeweils quer zu der ersten und zweiten Hauptfläche angeordnet sind.

Mit Vorteil weist die Laserdiode zumindest einen strukturierten Facettenbereich auf, der sich am Übergang
10 zwischen der zweiten Hauptfläche und zumindest einer der beiden Laserfacetten befindet. Dabei weist der strukturierte Facettenbereich eine Einbuchtung auf. Im Bereich der Einbuchtung weist der Halbleiterkörper eine reduzierte Dicke auf. Die Einbuchtung ist insbesondere an einer Seite offen,
15 das heißt die Einbuchtung wird lateral höchstens teilweise durch den Halbleiterkörper begrenzt. Aufgrund des strukturierten Facettenbereichs sind die Laserfacetten zumindest annähernd glatt ausgebildet und weisen damit eine hohe optische Reflektivität auf.

20 Der strukturierte Facettenbereich kann sich parallel zu einer Kante des Halbleiterkörpers erstrecken, die sich am Übergang zwischen der zweiten Hauptfläche und der Laserfacette befindet.

25 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung erstreckt sich die Einbuchtung ausgehend vom Substrat durch die Halbleiterschichtenfolge hindurch höchstens bis zur aktiven Zone. Insbesondere bleibt die Laserdiode im Bereich der
30 aktiven Zone weitgehend unstrukturiert. Die Einbuchtung kann eine gleichmäßige Tiefe aufweisen. Die Einbuchtung kann entsprechend der Vertiefung zwischen 1 μm und 100 μm tief sein, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

Die Einbuchtung weist eine erste laterale Abmessung auf, die maximal der Breite der Laserdiode entspricht, das heißt die Einbuchtung erstreckt sich maximal über die gesamte Breite der Laserdiode. Vorzugsweise weist die Einbuchtung eine erste
5 laterale Abmessung zwischen 50 μm und 1000 μm , besonders bevorzugt zwischen 100 μm und 400 μm auf, wobei die Grenzen eingeschlossen sind. Weiterhin weist die Einbuchtung eine zweite laterale Abmessung auf, die vorzugsweise der halben lateralen Abmessung des strukturierten Bereichs
10 beziehungsweise der zumindest einen Vertiefung entspricht, das heißt die Einbuchtung weist vorzugsweise eine zweite laterale Abmessung von 0.25 bis 25 μm auf, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

15 Weiterhin kann die Einbuchtung in einem parallel zu den Laserfacetten angeordneten Querschnitt eine polygonale, insbesondere rechteckige, Form aufweisen. Ferner kann die Einbuchtung in einem senkrecht zu den Laserfacetten angeordneten Längsschnitt eine polygonale Form oder die Form
20 eines Viertelovals beziehungsweise Viertelkreises aufweisen.

Bei der Laserdiode handelt es sich vorzugsweise um einen Kantenemitter. Dabei wird im Betrieb Laserstrahlung an einer der Laserfacetten parallel zu einem Normalenvektor der
25 Laserfacette emittiert.

Weitere Vorteile, bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Verfahrens sowie der Laserdiode ergeben sich aus den Erläuterungen zu den Figuren 1 bis 16B.

30

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische perspektivische Ansicht eines Laserbarrenverbunds gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 2A eine schematische Längsschnittansicht des

5 Laserbarrenverbunds gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel und

Figur 2B einen Ausschnitt einer schematischen

Querschnittansicht des Laserbarrenverbunds gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

10 Figur 3A eine schematische Längsschnittansicht eines

Laserbarrenverbunds gemäß einem Vergleichsbeispiel und Figur

3B einen Ausschnitt einer schematischen Querschnittansicht

des Laserbarrenverbunds gemäß dem Vergleichsbeispiel,

15 Figuren 4 bis 10 jeweils schematische Längsschnittansichten

und Figuren 11 bis 15 jeweils schematische

Querschnittansichten von Laserbarrenverbunden gemäß

verschiedener Ausführungsbeispiele,

20 Figur 16A eine schematische Querschnittansicht und Figur 16B

eine schematische Längsschnittansicht einer Laserdiode gemäß

einem Ausführungsbeispiel.

In Verbindung mit den Figuren 1 bis 15 werden verschiedene

25 Ausführungsbeispiele eines Verfahrens sowie eines

Laserbarrenverbunds beschrieben.

Figur 1 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht eines Verbunds 20, der mehrere Laserbarren 2 aufweist. Der Verbund

30 20 kann durchaus mehr als die dargestellten Laserbarren 2

aufweisen. Die Laserbarren 2 weisen jeweils eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Laserdiodeelementen 3 auf, deren

Anzahl von der dargestellten Anzahl abweichen kann. Die

Figuren 2A und 4 bis 10 zeigen schematische Längsschnittansichten entlang einer Längstrennebene $y-y'$ und die Figuren 11 bis 15 schematische Querschnittansichten verschiedener Ausführungsbeispiele von Laserbarrenverbunden entlang einer Quertrennebene $x-x'$.

Bei einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung einer Mehrzahl von Laserdioden 1 (vgl. Figuren 16A und 16B) wird zunächst der Verbund 20 aus Laserbarren 2 bereitgestellt. Dabei umfassen die Laserbarren 2 jeweils eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Laserdiodenelementen 3, die ein gemeinsames Substrat 4 und jeweils eine auf dem Substrat 4 angeordnete Halbleiterschichtenfolge 5 aufweisen.

Nach dem Bereitstellen des Verbunds 20 erfolgt eine Strukturierung, das heißt eine Strukturänderung, des Verbunds 20 an einer Längstrennebene $y-y'$, wobei im Substrat 4 ein strukturierter Bereich 8 erzeugt wird. Die Strukturierung beinhaltet dabei insbesondere einen Materialabtrag des Substrats 4, das heißt eine Dicke des Substrats 4 wird lokal reduziert. Die Strukturierung kann mittels mechanischem Sägen oder mittels eines Ätzverfahrens durchgeführt werden. Mögliche Ätzverfahren sind beispielsweise Laserätzen, nasschemisches Ätzen oder Trockenätzen.

Vorzugsweise weist der strukturierte Bereich 8 eine parallel zur Ausrichtung der Laserbarren 2 verlaufende Hauptstreckungsrichtung H auf. Der strukturierte Bereich 8 kann hinsichtlich der Längstrennebene $y-y'$ beziehungsweise der Hauptstreckungsrichtung H achsensymmetrisch ausgebildet werden.

Die Laserdiodenelemente 3 können an einer ersten Hauptfläche jeweils mit einem Kontaktbereich 10, insbesondere einem p-leitenden Kontaktbereich, ausgebildet werden. In der fertigen Laserdiode 1 dient der Kontaktbereich 10 als ein elektrischer Anschlussbereich. Geeignete Materialien für die Kontaktbereiche 10 sind elektrisch leitende Materialien, vorzugsweise reine Metalle oder Metallverbindungen.

In dem Verbund 20 werden auf einer dem Substrat 4 gegenüber liegenden Seite an der Längstrennebene $y-y'$ Trennstellen 11A erzeugt, die für eine gezielte Zerteilung des Verbunds 20 vorgesehen sind. Des Weiteren kann der Verbund 20 an einer auf der dem Substrat 4 gegenüber liegenden Seite entlang der Quertrennebene $x-x'$ mit weiteren Trennstellen 11B ausgebildet werden. Die Trennstellen 11A, 11B sind Vertiefungen im Verbund 20, die eine gezielte Zerteilung ermöglichen. Die Trennstellen 11A, 11B erstrecken sich bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 bis 5 und 7 bis 15 höchstens bis in das Substrat 4 hinein und enden oberhalb des strukturierten Bereichs 8, 9.

Eine Zerteilung des Verbunds 20 in eine Mehrzahl von Laserbarren 2 erfolgt jeweils an einer zwischen zwei benachbarten Laserbarren 2 verlaufenden Längstrennebene $y-y'$. Ferner erfolgt eine Vereinzelung der separierten Laserbarren 2 in eine Mehrzahl von Laserdioden 1 an einer zwischen zwei benachbarten Laserdiodenelementen 3 verlaufenden Quertrennebene $x-x'$, die quer, insbesondere senkrecht, zu der Längstrennebene $y-y'$ verläuft. Insbesondere erfolgt die Vereinzelung des Verbunds 20 durch Brechen an den Längs- und Quertrennebenen $y-y'$, $x-x'$, wobei die Trennstellen 11A, 11B als Sollbruchstellen dienen. Vorzugsweise erfolgt der Zerteilungsprozess ausgehend von der Rückseite des Verbunds

20, das heißt ausgehend von der Seite des Substrats 4. Der Brechprozess erfolgt beispielsweise wie bei einem 3-Punkt-Biegeversuch.

- 5 Durch die Zerteilung des Verbunds 20 an jeweils einer zwischen zwei benachbarten Laserbarren 2 verlaufenden Längstrennebene $y-y'$ werden an den Laserdiodeelementen 3 jeweils Laserfacetten 1C der Laserdioden 1 ausgebildet. Bei dem in den Figuren 1 und 2A dargestellten
- 10 Ausführungsbeispiel weist der strukturierte Bereich 8 eine entlang der Längstrennebene $y-y'$ kontinuierlich verlaufende Vertiefung 9 auf. Die Vertiefung 9 weist dabei eine prismatische beziehungsweise quaderförmige Gestalt auf (vgl. Figur 2B). Weiterhin weist die Vertiefung 9, wie in Figur 2A
- 15 dargestellt, in einem parallel zur Längstrennebene $y-y'$ angeordneten Längsschnitt eine rechteckige Form auf. Insbesondere ändert sich hierbei eine Tiefe T der Vertiefung 9 entlang der Längstrennebene $y-y'$ nicht. Die Tiefe T kann zwischen $1\ \mu\text{m}$ und $100\ \mu\text{m}$ betragen, wobei die Grenzen
- 20 eingeschlossen sind. Eine maximale laterale Ausdehnung A der Vertiefung 9, die senkrecht zur Längstrennebene $y-y'$ bestimmt wird, beträgt vorzugsweise zwischen $0,5\ \mu\text{m}$ und $50\ \mu\text{m}$, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.
- 25 Durch die gezielt eingebrachte Vertiefung 9 beziehungsweise durch den strukturierten Bereich 8 kann die Spannungsverteilung im Verbund 20 vorteilhaft beeinflusst werden. Dies wird durch die Figuren 2B und 3B verdeutlicht.
- 30 Wie in beiden Figuren 2B und 3B zu erkennen ist, nimmt die tensile Spannung P_t ausgehend von einer ersten Hauptfläche 20A des Verbunds 20 bis zu einem spannungsfreien neutralen Bereich N linear ab. Die kompressive Spannung P_k nimmt

ausgehend von einer zweiten Hauptfläche 20B des Verbunds 20 bis zu dem spannungsfreien neutralen Bereich N linear ab. Mittels des strukturierten Bereichs 8 kann der neutrale Bereich N in Richtung der ersten Hauptfläche 20A verschoben
5 werden. Dadurch kann die an der ersten Hauptfläche 20A auftretende maximale tensile Spannung P_t erhöht werden. Ferner wird dadurch auch die an der zweiten Hauptfläche 20B vorherrschende maximale kompressive Spannung P_k erhöht. Beispielsweise kann bei einer lokalen Reduktion einer Dicke D
10 des Laserbarrenverbunds 20 um 20 % die maximale tensile Spannung P_t auf das Doppelte bis 10fache erhöht werden. Eine Erhöhung der maximalen tensilen Spannung P_t an der ersten Hauptfläche 20A wirkt sich auf den Zerteilungsprozess besonders günstig aus und führt zu einer verbesserten
15 Qualität der Laserfacetten 1C.

Die Figuren 4 bis 9 zeigen weitere Ausführungsbeispiele von Laserbarrenverbunden 20, bei welchen die strukturierten Bereiche 8 wie beim ersten Ausführungsbeispiel jeweils nur
20 eine kontinuierlich verlaufende, sich durch den Laserbarrenverbund 20 hindurch erstreckende Vertiefung 9 aufweisen. Im Unterschied zum ersten Ausführungsbeispiel ändert sich aber die Tiefe der Vertiefungen 9 entlang der Längstrennebene $y-y'$. Die Vertiefungen 9 weisen jeweils
25 abwechselnd angeordnete Bereiche 9A, 9B unterschiedlicher Tiefe T_1 , T_2 auf. Insbesondere sind die tieferen Bereiche 9B im Bereich der Laserdiodenelemente 3 angeordnet, so dass die Spannungsverhältnisse speziell im Bereich der Laserdiodenelemente 3 beeinflusst werden können.

30

Die kontinuierlich verlaufende Vertiefung 9 kann eine zusammengesetzte Form aufweisen. Beispielsweise kann sich die zusammengesetzte Form aus einem größeren Teilbereich 90 und

mehreren an den größeren Teilbereich 90 angrenzenden kleineren Teilbereichen 91 zusammensetzen. Vorzugsweise folgt der kleinere Teilbereich 91 in einer vertikalen Richtung V auf den größeren Teilbereich 90. Insbesondere setzen sich die tieferen Bereiche 9B jeweils aus einem Ausschnitt des größeren Teilbereichs 90 und einem kleineren Teilbereich 91 zusammen, während die anderen Bereiche 9A aus einem Ausschnitt des größeren Teilbereichs 90 bestehen. Beispielsweise kann der größere Teilbereich 90 die Gestalt eines Prismas, insbesondere eines Quaders, aufweisen. Weiterhin können die kleineren Teilbereiche 91 die Gestalt eines Prismas, insbesondere eines Quaders, einer Pyramide, eines Zylinders oder einer Halbkugel aufweisen. Vorzugsweise weisen die kleineren Teilbereiche 91 beziehungsweise die tieferen Bereiche 9B jeweils eine Breite B2 auf, die größer ist als eine Breite B der Laserdiodenelemente 3. Die Breite B der Laserdiodenelemente 3 beziehungsweise Laserdioden 1 beträgt vorzugsweise zwischen 50 μm und 1000 μm , besonders bevorzugt zwischen 100 μm und 400 μm , wobei die Grenzen eingeschlossen sind. Insbesondere sind die kleineren Teilbereiche 91 beziehungsweise tieferen Bereiche 9B doppelt so breit wie die Laserdiodenelemente 3 beziehungsweise Laserdioden 1.

Bei den in den Figuren 4, 5 und 6 dargestellten Ausführungsbeispielen setzt sich die Form der Vertiefungen 9 jeweils aus einem größeren prismenförmigen, insbesondere quaderförmigen, Teilbereich 90 und mehreren kleineren prismenförmigen, insbesondere quaderförmigen, Teilbereichen 91 zusammen. Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel erstrecken sich die tieferen Bereiche 9B in vertikaler Richtung V bis zwischen die Trennstellen 11A und sind dadurch in ihrer Breite B2 gegenüber dem in Figur 4

dargestellten Ausführungsbeispiel reduziert. Dies gilt auch für das in Figur 6 dargestellte Ausführungsbeispiel. Ferner erstrecken sich bei diesem Ausführungsbeispiel die Trennstellen 11A bis zum strukturierten Bereich 8. Durch die
5 kontinuierliche Ausbildung des strukturierten Bereichs 8 mit den Trennstellen 11A kann die Vereinzelung des Verbunds 20 erleichtert werden.

Bei den in den Figuren 7 und 8 dargestellten
10 Ausführungsbeispielen setzt sich die Form der Vertiefungen 9 aus einem größeren prismenförmigen, insbesondere quaderförmigen, Teilbereich 90 und mehreren kleineren kugelförmigen Teilbereichen 91 zusammen. Bei dem in Figur 8 dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die tieferen
15 Bereiche 9B eine größere Tiefe T2 auf als bei dem in Figur 7 dargestellten Ausführungsbeispiel.

Bei dem in Figur 9 dargestellten Ausführungsbeispiel setzt sich die Form der Vertiefung 9 aus einem größeren
20 prismenförmigen, insbesondere quaderförmigen, Teilbereich 90 und mehreren kleineren pyramidenförmigen oder prismenförmigen Teilbereichen 91 zusammen.

Figur 10 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines
25 Laserbarrenverbunds 20, das sich von den vorausgehenden Ausführungsbeispielen dadurch unterscheidet, dass der strukturierte Bereich 8 nicht eine einzige, sondern mehrere voneinander getrennte Vertiefungen 9 aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte Vertiefungen 9 durch einen Substratbereich,
30 das heißt einen Bereich des Substrats 4, voneinander getrennt sind. Die Vertiefungen 9 weisen in einem parallel zur Längstrennebene $y-y'$ angeordneten Längsschnitt eine rechteckige Form auf. Dabei können die Vertiefungen 9 die

dreidimensionale Gestalt eines Prismas, insbesondere eines Quaders, oder eines Zylinders aufweisen. Die Vertiefungen 9 weisen jeweils eine Breite B_2 auf, die größer ist als die Breite B der Laserdiodenelemente 3. Die Vertiefungen 9 sind im Bereich der Laserdiodenelemente 3 angeordnet, so dass die Spannungsverhältnisse speziell im Bereich der Laserdiodenelemente 3 beeinflusst werden können.

In den Figuren 11 bis 15 sind verschiedene Ausführungsbeispiele von Laserbarrenverbunden 20 in einem parallel zur Quertrennebene $x-x'$ angeordneten Querschnitt dargestellt. Bei den in den Figuren 11 bis 14 dargestellten Ausführungsbeispielen weist der strukturierte Bereich 8 eine polygonale Form auf. Die polygonale Form kann rechteckig (vgl. Figur 11), fünfeckig (vgl. Figur 12), viereckig (vgl. Figur 13) oder dreieckig (vgl. Figur 14) sein. Bei dem in Figur 15 dargestellten Ausführungsbeispiel weist der strukturierte Bereich 8 eine halbrunde Form auf, die beispielsweise einem Halboval oder einem Halbkreis gleicht.

Für jedes der in den Figuren 2A, 4, 5, 6 und 10 dargestellten Ausführungsbeispiele kommt eine Querschnittsform des strukturierten Bereichs 8 gemäß den Ausführungsbeispielen der Figuren 11 bis 15 in Frage. Für die in den Figuren 7 und 8 dargestellten Ausführungsbeispiele kommt insbesondere eine Querschnittsform des strukturierten Bereichs 8 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 15 in Frage. Weiterhin kommt für das in Figur 9 dargestellte Ausführungsbeispiel insbesondere eine Querschnittsform des strukturierten Bereichs 8 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 12 in Frage.

Die Figuren 16A und 16B zeigen ein Ausführungsbeispiel einer Laserdiode 1, die insbesondere mit einem Verfahren beziehungsweise aus einem Verbund gemäß der Ausführungsbeispiele der Figuren 1, 2A, 4, 5, 6, 9 und 10 herstellbar ist.

Die Laserdiode 1 umfasst einen Halbleiterkörper 7 mit einem Substrat 4 und einer auf dem Substrat 4 angeordneten Halbleiterschichtenfolge 5, die eine zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung geeignete aktive Zone 6 umfasst. Weiterhin weist die Halbleiterschichtenfolge 5 insbesondere einen n-Typ Halbleiterbereich 5A und einen p-Typ Halbleiterbereich 5B auf, wobei die aktive Zone 6 dazwischen angeordnet ist. Ferner weist der Halbleiterkörper 7 eine erste Hauptfläche 1A und eine der ersten Hauptfläche 1A gegenüber liegende zweite Hauptfläche 1B und zumindest eine erste und zweite Laserfacette 1C auf, die jeweils quer zu der ersten und zweiten Hauptfläche 1A, 1B angeordnet sind. "Quer" bedeutet, dass jeweils ein Normalenvektor der Laserfacetten 1C nicht parallel zu einem Normalenvektor der ersten und/oder zweiten Hauptfläche 1A, 1B verläuft. Die Laserfacetten 1C begrenzen den Halbleiterkörper 7 jeweils in einer lateralen Richtung L2, -L2 (vgl. Figur 16B). Die lateralen Richtungen L2, -L2 sind in einer Ebene angeordnet, die parallel zu einer Haupterstreckungsebene L1-L2 des Substrats 4 angeordnet ist. Bei der ersten Hauptfläche 1A handelt es sich vorzugsweise um eine Oberfläche der Halbleiterschichtenfolge 5, die den Halbleiterkörper 7 auf einer dem Substrat 4 abgewandten Seite der aktiven Zone 6 begrenzt. Zusätzlich zu den Laserfacetten 1C weist der Halbleiterkörper 7 weitere Seitenflächen 1D auf, die jeweils quer zu der ersten und zweiten Hauptfläche 1A, 1B angeordnet sind.

Die Laserdiode 1 weist eine Stegstruktur 15 auf. Diese ist an der ersten Hauptfläche 1A angeordnet, so dass die erste Hauptfläche 1A der Halbleiterschichtenfolge 5 eine aus mehreren Teilflächen zusammengesetzte Fläche ist. Bei der
5 Laserdiode 1 handelt es sich also um eine sogenannte Rippenwellenleiter-Laserdiode, wobei die Stegstruktur 15 als lateraler Wellenleiter für das emittierte Licht wirkt. Weiterhin weist die Laserdiode 1 eine Passivierungsschicht 14 auf, die zwischen dem Halbleiterkörper 7 und dem
10 Kontaktbereich 10 angeordnet ist. Die Passivierungsschicht 14 ist insbesondere Teil des lateralen Wellenleiters. Geeignete Materialien für die Passivierungsschicht 14 sind elektrisch schwach oder nicht-leitende Materialien, insbesondere Siliziumoxide oder Siliziumnitride.

15

Die Laserdiode 1 weist zwei strukturierte Facettenbereiche 13 auf, die sich jeweils am Übergang zwischen der zweiten Hauptfläche 1B und einer der beiden Laserfacetten 1C befindet. Dabei weist der strukturierte Facettenbereich 13
20 jeweils eine Einbuchtung 12 auf. Im Bereich der Einbuchtung 12 weist der Halbleiterkörper 7 eine reduzierte Dicke auf. Die Einbuchtungen 12 entstehen bei der Zerteilung aus verschiedenen Vertiefungen des Laserbarrenverbunds.

25 Die strukturierten Facettenbereiche 13 erstrecken sich jeweils parallel zu einer Kante des Halbleiterkörpers 7, die sich am Übergang zwischen der zweiten Hauptfläche 1B und der Laserfacette 1C befindet. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel erstrecken sich die Einbuchtungen 12
30 jeweils über die gesamte Breite B der Laserdiode 1. Die Einbuchtungen 12 weisen vorzugsweise eine erste laterale Abmessung A1 zwischen 50 μm und 1000 μm auf, besonders bevorzugt zwischen 100 μm und 400 μm , wobei die Grenzen

eingeschlossen sind. Die erste laterale Abmessung A1 wird dabei parallel zur ersten lateralen Richtung L1 bestimmt. Weiterhin weisen die Einbuchtungen 12 eine zweite laterale Abmessung A2 auf, die parallel zur zweiten lateralen Richtung L2 bestimmt wird. Die zweite laterale Abmessung A2 entspricht vorzugsweise der halben lateralen Abmessung A des strukturierten Bereichs 8 (vgl. Figur 2B). Die Einbuchtungen 12 weisen vorzugsweise eine zweite laterale Abmessung A2 von 0.25 bis 25 μm auf, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

Die Laserdiode 1 weist eine zweite laterale Abmessung A2' auf, die 600 bis 1200 μm mit möglichen Abweichungen von 10 % beträgt.

Die Einbuchtungen 12 sind auf den Substratbereich beschränkt und erstrecken sich nicht bis zur aktiven Zone 4. Die Laserdiode 1 bleibt also im Bereich der aktiven Zone 4 unstrukturiert. Die Einbuchtungen 12 weisen eine gleichmäßige Tiefe T auf. Die Tiefe T kann zwischen 1 μm und 100 μm betragen, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

Die Einbuchtungen 12 weisen sowohl in einem parallel zu den Laserfacetten 1C angeordneten Querschnitt als auch in einem senkrecht zu den Laserfacetten 1C verlaufenden Längsschnitt eine polygonale beziehungsweise rechteckige Form auf.

Bei der Laserdiode 1 handelt es sich vorzugsweise um einen Kantenemitter. Dabei wird im Betrieb Laserstrahlung an einer der Laserfacetten 1C parallel zu einem Normalenvektor der Laserfacette 1C emittiert.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von

Merkmale, 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.

5

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102017117136.3, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

- 1 Laserdiode
- 1A erste Hauptfläche
- 5 1B zweite Hauptfläche
- 1C Laserfacette
- 1D Seitenfläche
- 2 Laserbarren
- 3 Laserdiodenelement
- 10 4 Substrat
- 5 Halbleiterschichtenfolge
- 6 aktive Zone
- 7 Halbleiterkörper
- 8 strukturierter Bereich
- 15 9 Vertiefung
- 9A, 9B Bereich der Vertiefung
- 90, 91 Teilbereich der Vertiefung
- 10 Kontaktbereich
- 11A, 11B Trennstelle
- 20 12 Einbuchtung
- 13 strukturierter Facettenbereich
- 14 Passivierungsschicht
- 15 Stegstruktur
- 20 Laserbarren-Verbund
- 25 20A erste Hauptfläche
- 20B zweite Hauptfläche

- A, A1, A2, A2' laterale Abmessung
- B, B2 Breite
- 30 D Dicke
- H Haupterstreckungsrichtung
- L1, L2 laterale Richtung
- N neutraler Bereich

P_t tensile Spannung

P_k kompressive Spannung

T, T1, T2 Tiefe

V vertikale Richtung

5 X - X' Quertrennebene

Y - Y' Längstrennebene

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Mehrzahl von Laserdioden (1) mit folgenden Verfahrensschritten:

- 5 - Bereitstellen einer Mehrzahl von Laserbarren (2) im Verbund (20), wobei die Laserbarren (2) jeweils eine Mehrzahl von nebeneinander angeordneten Laserdiodenelementen (3) umfassen, und die Laserdiodenelemente (3) ein gemeinsames Substrat (4) und jeweils eine auf dem Substrat (4) angeordnete
- 10 Halbleiterschichtenfolge (5) aufweisen, und wobei eine Zerteilung des Verbunds (20) an jeweils einer zwischen zwei benachbarten Laserbarren (2) verlaufenden Längstrennebene ($y-y'$) zu einer Ausbildung von Laserfacetten (1C) der herzustellenden Laserdioden (1) führt,
- 15 - Strukturierung des Verbunds (20) an zumindest einer Längstrennebene ($y-y'$), wobei im Substrat (4) ein strukturierter Bereich (8) erzeugt wird.

2. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei der

20 strukturierte Bereich (8) eine entlang der Längstrennebene ($y-y'$) kontinuierlich verlaufende Vertiefung (9) oder mehrere entlang der Längstrennebene ($y-y'$) voneinander getrennte Vertiefungen (9) aufweist, wobei jeweils zwei benachbarte Vertiefungen (9) durch einen Substratbereich (4) voneinander

25 getrennt sind.

3. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die

kontinuierlich verlaufende Vertiefung (9) eine prismatische oder halbzylinderförmige Gestalt aufweist.

30

4. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die

kontinuierlich verlaufende Vertiefung (9) entlang der

Längstrennebene ($y-y'$) abwechselnd angeordnete Bereiche (9A, 9B) unterschiedlicher Tiefe (T_1 , T_2) aufweist.

5. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die tieferen Bereiche (9B) jeweils eine Breite (B_2) aufweisen, die größer ist als eine Breite (B) der Laserdiodenelemente (3).

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die kontinuierlich verlaufende Vertiefung (9) eine zusammengesetzte Form aufweist, die sich aus einem größeren Teilbereich (90) und mehreren an den größeren Teilbereich (90) angrenzenden kleineren Teilbereichen (91) zusammensetzt, wobei der kleinere Teilbereich (91) in einer vertikalen Richtung (V) auf den größeren Teilbereich (90) folgt.

7. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei der strukturierte Bereich (8) mehrere Vertiefungen (9) aufweist, die die Gestalt eines Prismas, einer Pyramide, eines Zylinders oder einer Halbkugel aufweisen.

8. Verfahren gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Vertiefungen (9) jeweils eine Breite (B_2) aufweisen, die größer ist als eine Breite (B) der Laserdiodenelemente (3).

9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich der strukturierte Bereich (8) ausgehend von einer der Halbleiterschichtenfolge (5) abgewandten Oberfläche des Substrats (4) in das Substrat (4) hinein erstreckt.

10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strukturierung mittels Laserätzen erfolgt.

11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vereinzelnung des Verbunds (20) in eine Mehrzahl von Laserdioden (1) durch Brechen des Verbunds (20) an den Längstrennebenen ($y-y'$) und quer zu den Längstrennebenen ($y-y'$) verlaufenden Quertrennebenen ($x-x'$) erfolgt.

12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem Verbund (20) auf einer dem Substrat (4) gegenüber liegenden Seite an der Längstrennebene ($y-y'$) Trennstellen (11A) erzeugt werden, die für eine gezielte Zerteilung des Verbunds (20) vorgesehen sind.

13. Laserdiode (1) umfassend
- einen Halbleiterkörper (7) mit einem Substrat (4) und einer auf dem Substrat (4) angeordneten Halbleiterschichtenfolge (5), die eine zur Erzeugung von elektromagnetischer Strahlung geeignete aktive Zone (6) umfasst, wobei der Halbleiterkörper (7) eine erste Hauptfläche (1A) und eine der ersten Hauptfläche (1A) gegenüber liegende zweite Hauptfläche (1B) und zumindest eine erste und zweite Laserfacette (1C) aufweist, die jeweils quer zu der ersten und zweiten Hauptfläche (1A, 1B) angeordnet sind, und
- zumindest einen strukturierten Facettenbereich (13), der sich am Übergang zwischen der zweiten Hauptfläche (1B) und zumindest einer der beiden Laserfacetten (1C) befindet, wobei der strukturierte Facettenbereich (13) eine Einbuchtung (12) aufweist.

14. Laserdiode (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei sich die Einbuchtung (12) ausgehend vom Substrat (4) durch die Halbleiterschichtenfolge (5) hindurch höchstens bis zur aktiven Zone (6) erstreckt.

15. Laserdiode (1) gemäß Anspruch 13 oder 14, wobei die Einbuchtung (12) eine gleichmäßige Tiefe (T) aufweist und sich maximal über eine gesamte Breite (B) der Laserdiode (1) erstreckt.

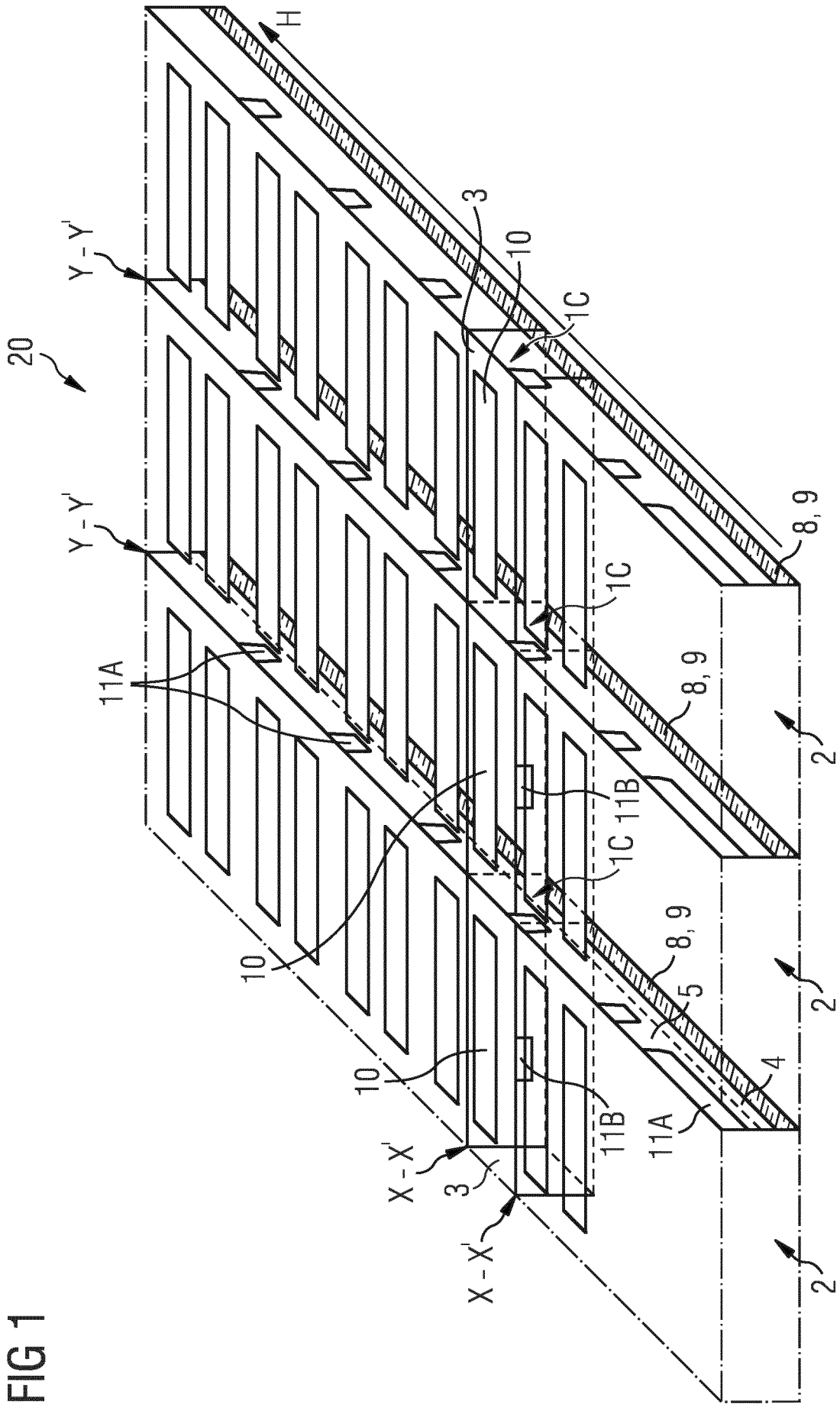


FIG 1

FIG 2A

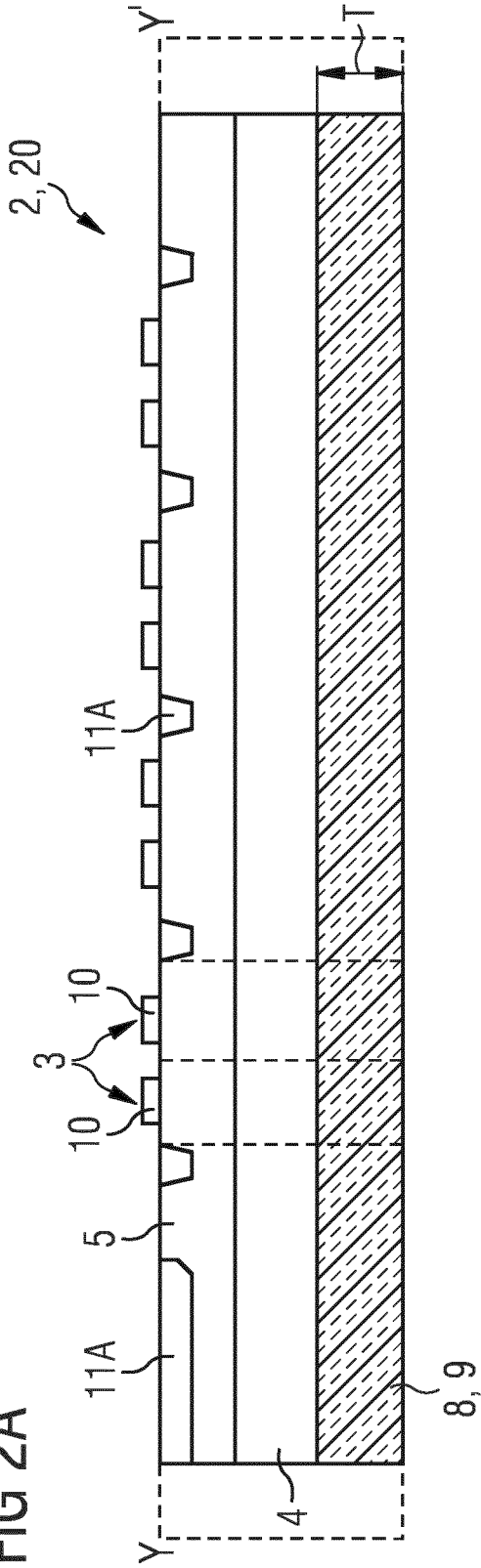


FIG 2B

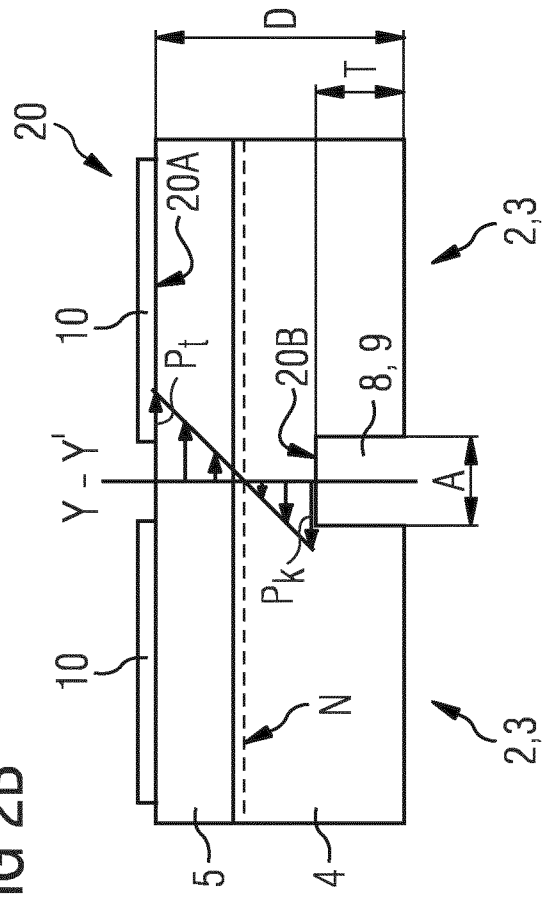


FIG 3A

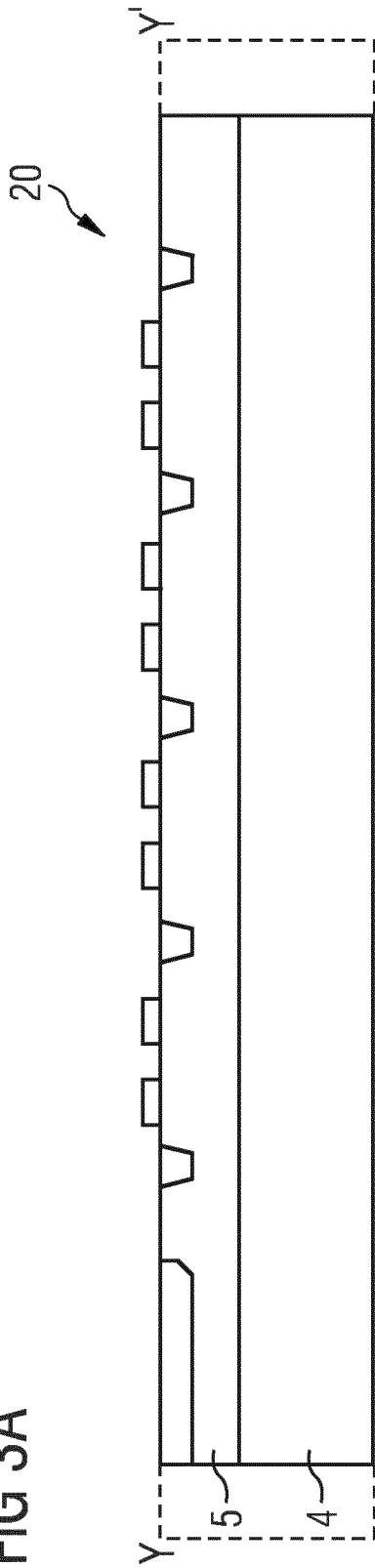
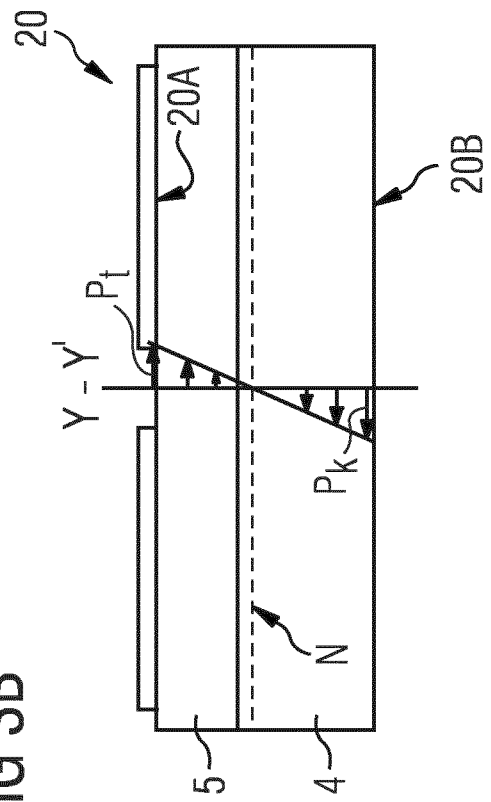
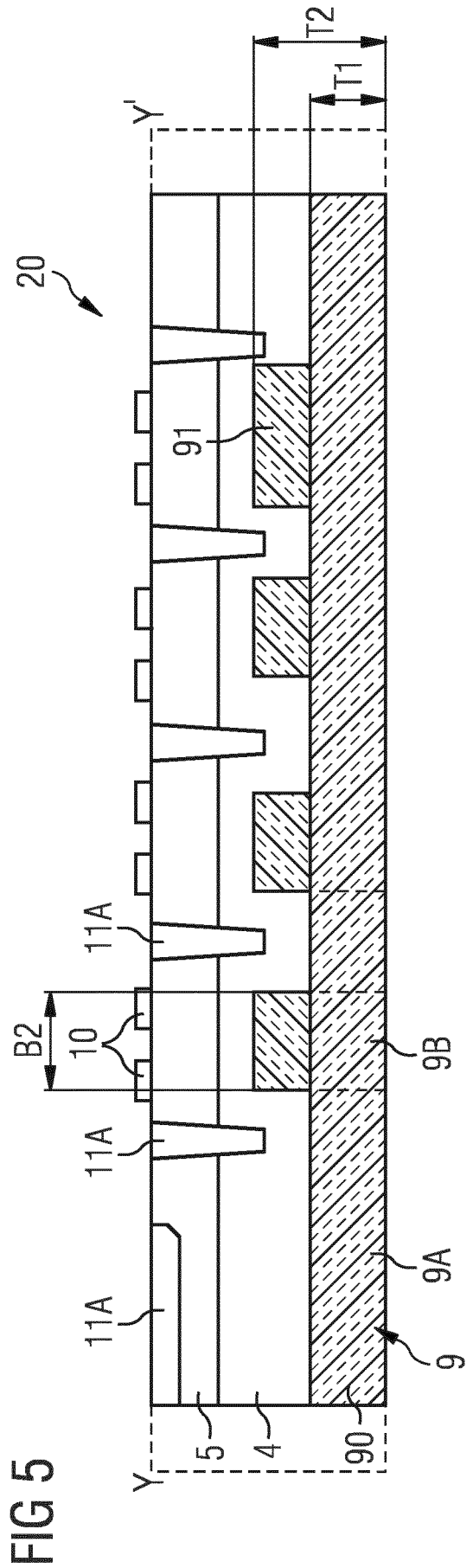
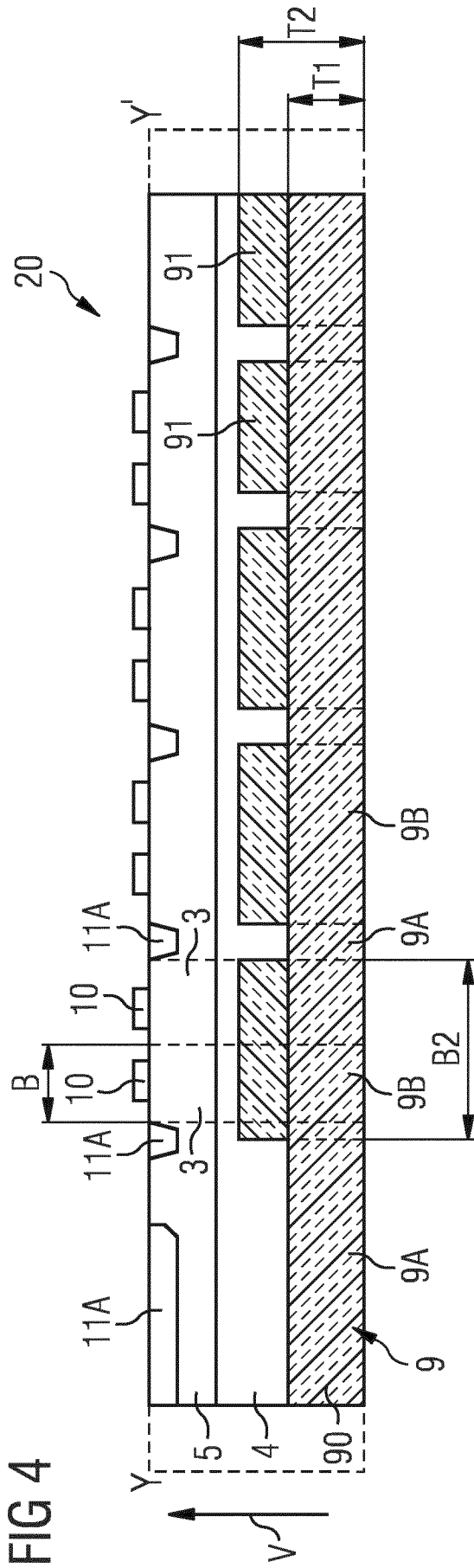


FIG 3B





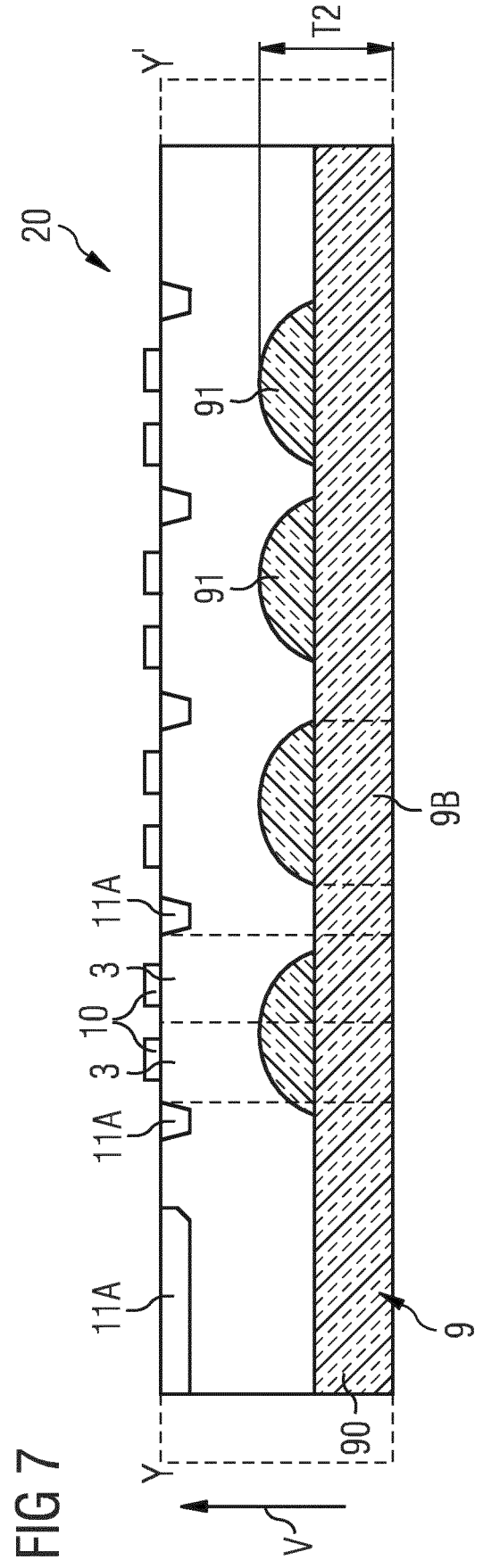
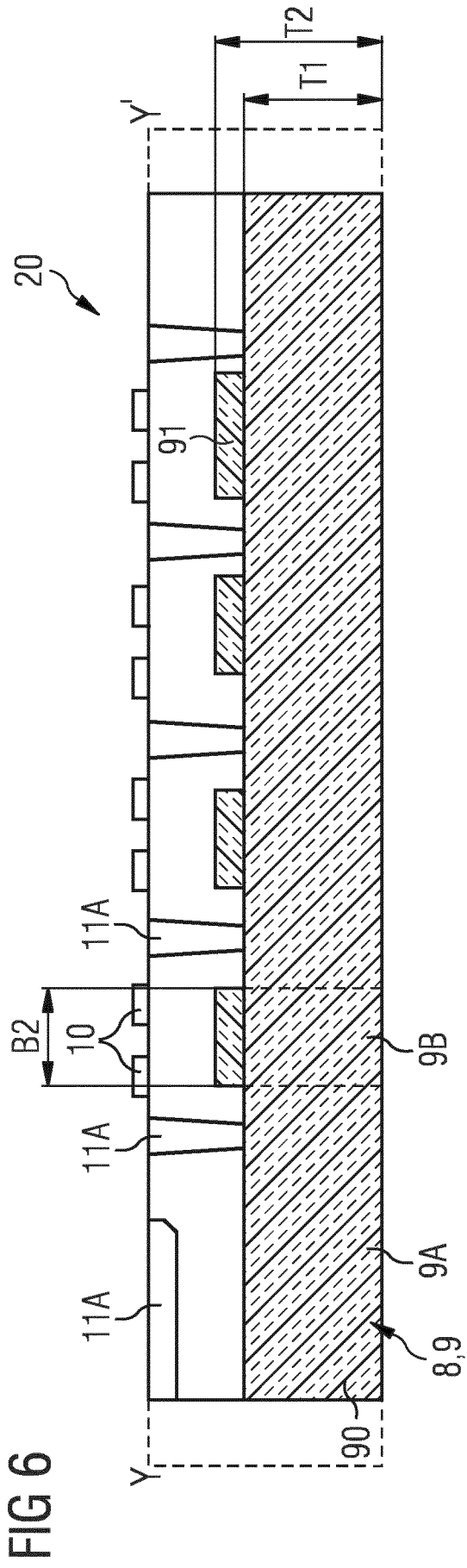


FIG 8

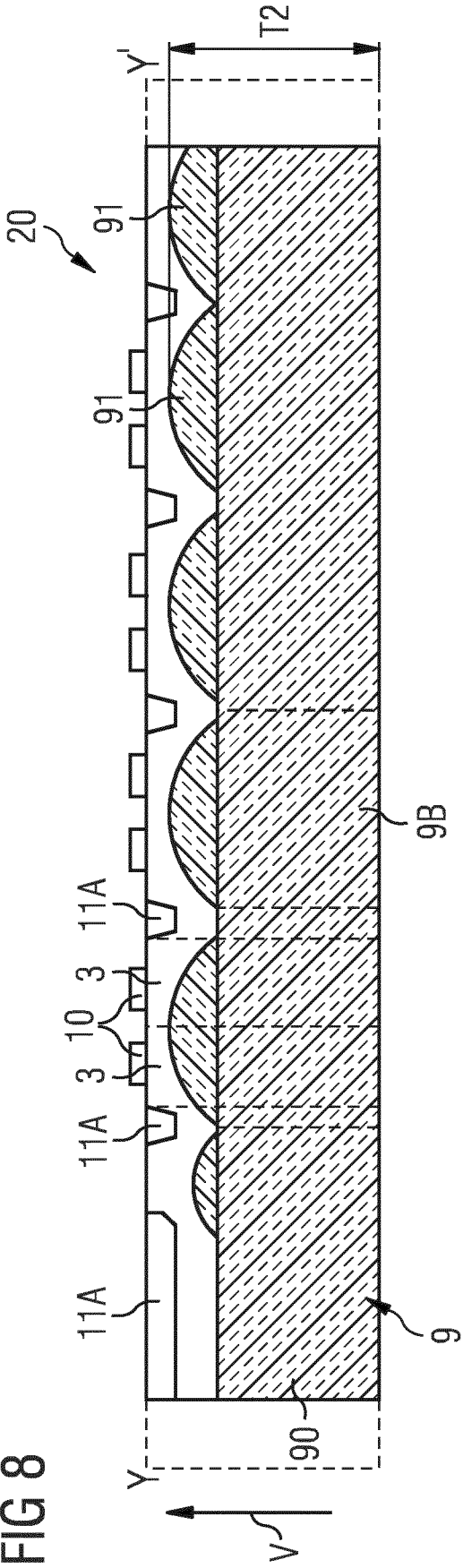
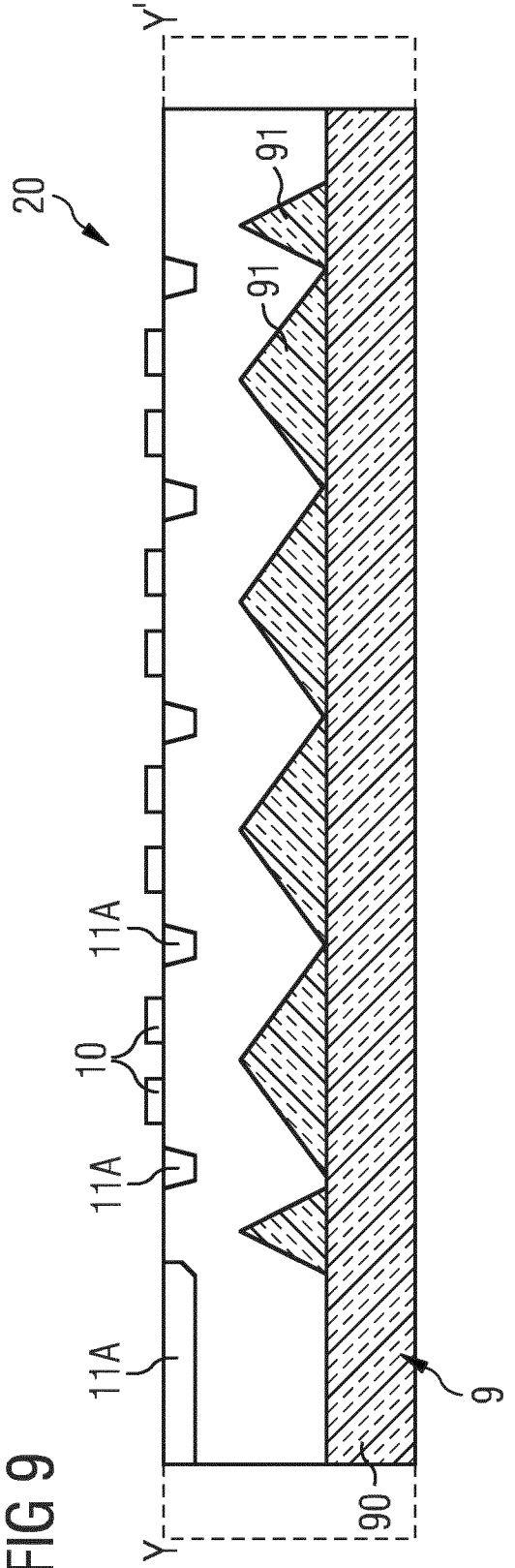


FIG 9



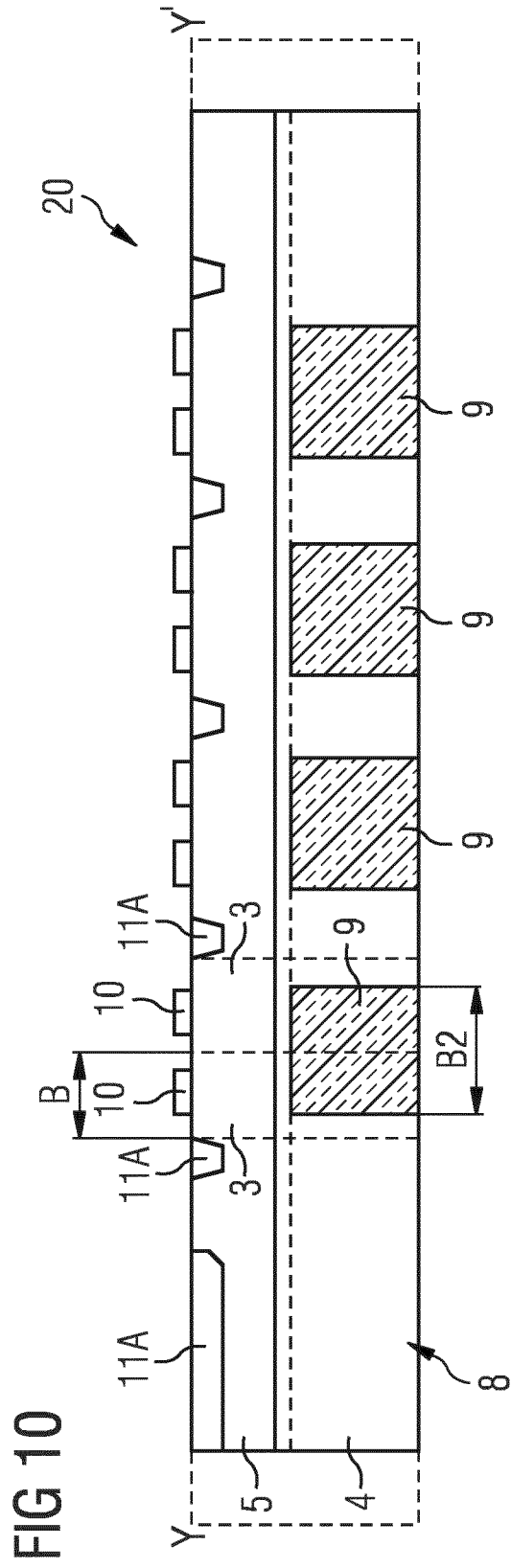


FIG 11

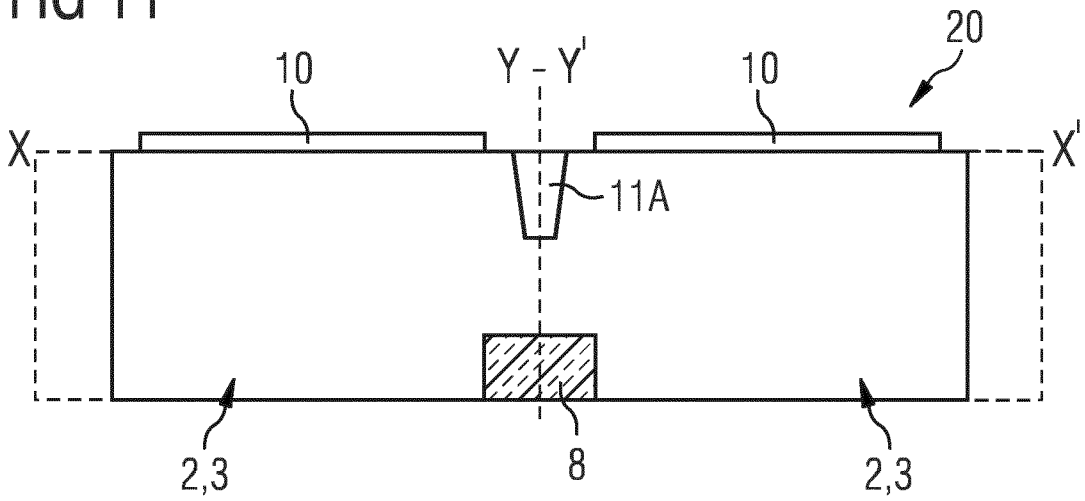


FIG 12

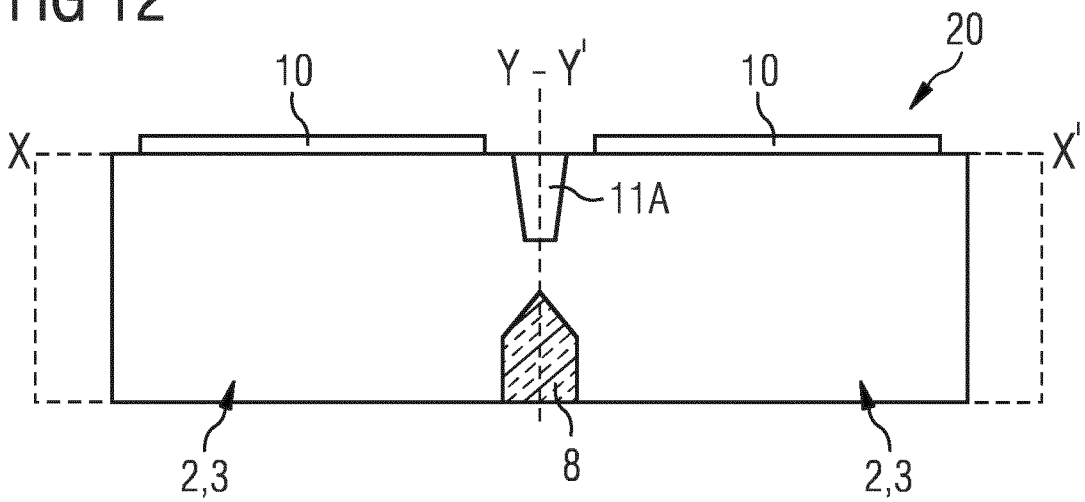


FIG 13

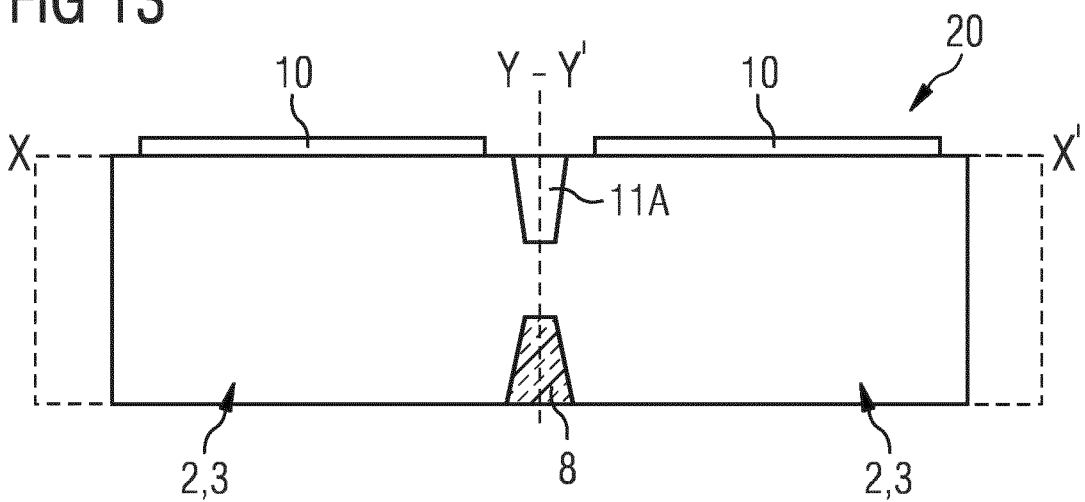


FIG 14

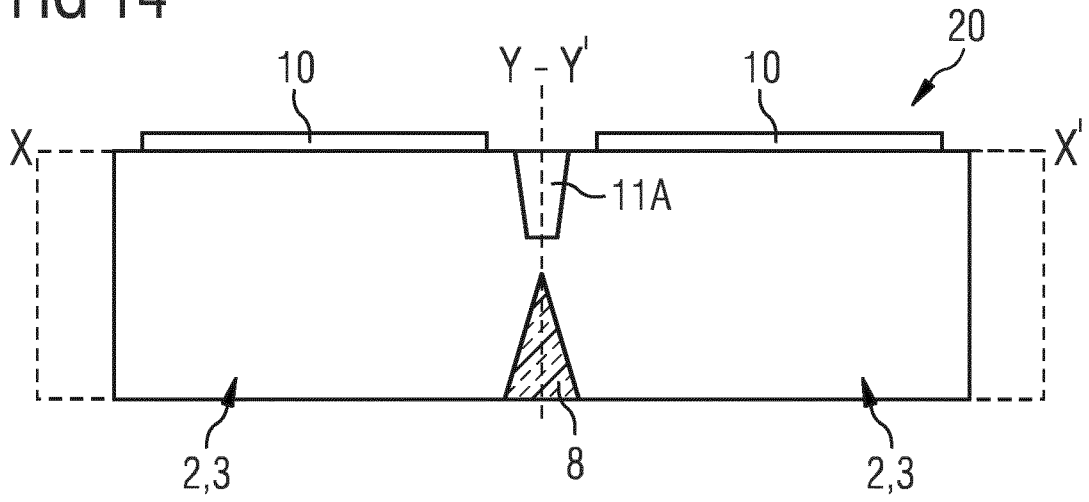


FIG 15

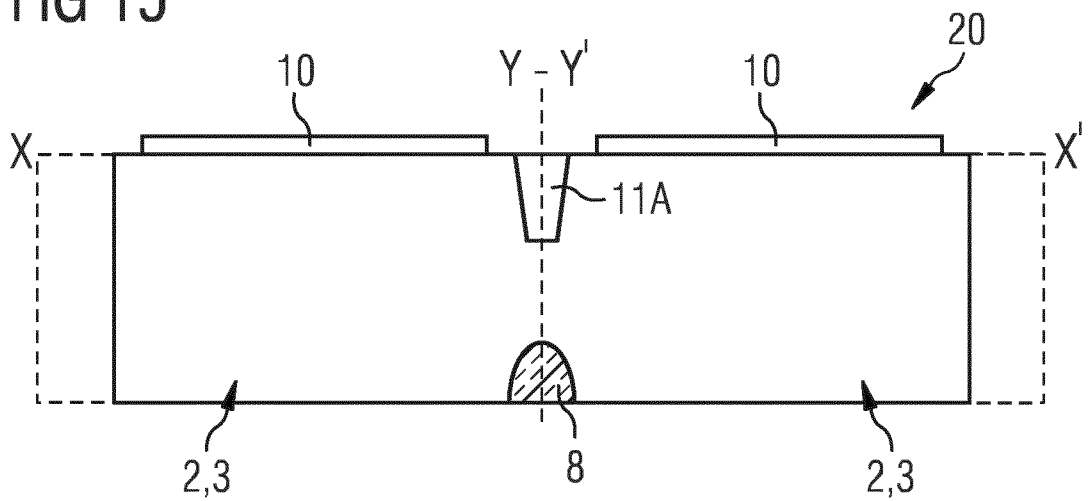


FIG 16A

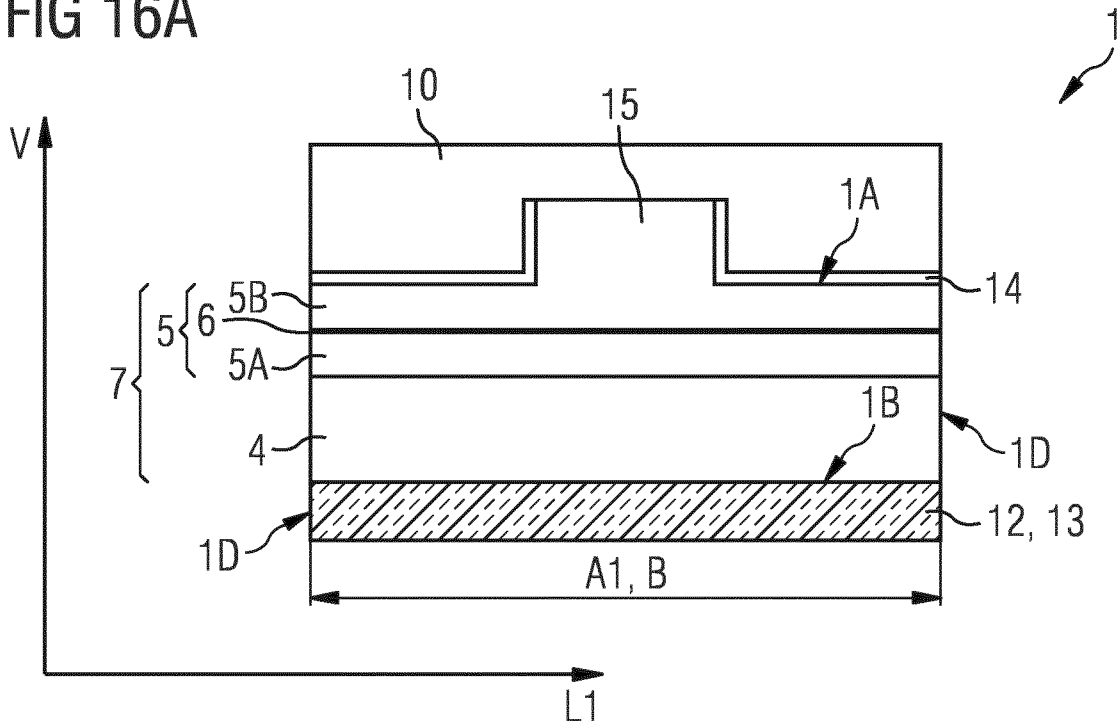
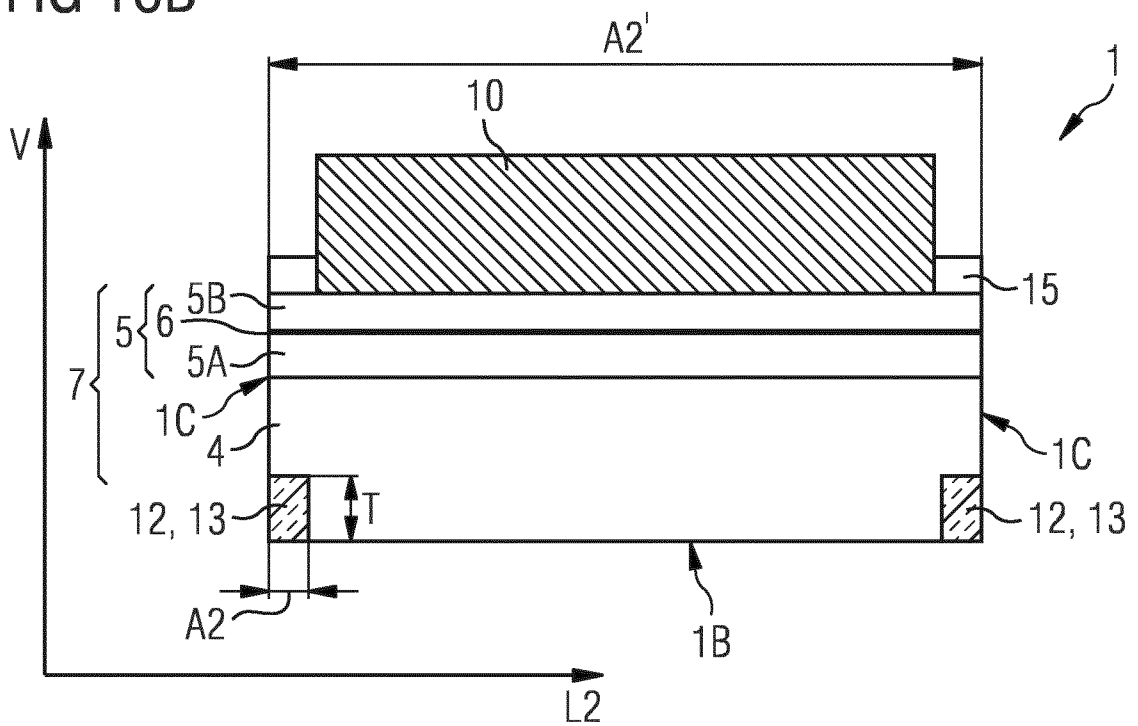


FIG 16B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/070334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H01S 5/02(2006.01)i; H01S 5/22(2006.01)n</i> 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, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102014112902 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 10 March 2016 (2016-03-10) paragraphs [0009], [0030] - [0064]; figures 1-4	1-15
X	US 2009262771 A1 (INOUE DAIJIRO [JP] ET AL) 22 October 2009 (2009-10-22) paragraphs [0106] - [0108]; figures 10-12 paragraphs [0068], [0070] - [0074]; figures 2,6-8	1-15
X	US 2003030053 A1 (KAWAKAMI TOSHIYUKI [JP] ET AL) 13 February 2003 (2003-02-13) paragraphs [0121] - [0166]; figures 10-12	1-3,6,9,11-13,15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 17 October 2018		Date of mailing of the international search report 29 October 2018
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 Riechel, Stefan Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/070334

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102014112902	A1	10 March 2016	CN	107078455	A	18 August 2017
				DE	102014112902	A1	10 March 2016
				EP	3192135	A1	19 July 2017
				JP	2017529700	A	05 October 2017
				US	2017264073	A1	14 September 2017
				WO	2016037863	A1	17 March 2016
US	2009262771	A1	22 October 2009	CN	101361238	A	04 February 2009
				JP	4948307	B2	06 June 2012
				JP	2008060555	A	13 March 2008
				US	2009262771	A1	22 October 2009
				WO	2008016019	A1	07 February 2008
US	2003030053	A1	13 February 2003	JP	2003017791	A	17 January 2003
				US	2003030053	A1	13 February 2003
				US	2004191942	A1	30 September 2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01S5/02

ADD. H01S5/22

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2014 112902 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 10. März 2016 (2016-03-10) Absätze [0009], [0030] - [0064]; Abbildungen 1-4	1-15
X	US 2009/262771 A1 (INOUE DAIJIRO [JP] ET AL) 22. Oktober 2009 (2009-10-22) Absätze [0106] - [0108]; Abbildungen 10-12 Absätze [0068], [0070] - [0074]; Abbildungen 2,6-8	1-15
X	US 2003/030053 A1 (KAWAKAMI TOSHIYUKI [JP] ET AL) 13. Februar 2003 (2003-02-13) Absätze [0121] - [0166]; Abbildungen 10-12	1-3,6,9, 11-13,15



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

17. Oktober 2018

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

29/10/2018

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

Riechel, Stefan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/070334

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014112902 A1	10-03-2016	CN 107078455 A	18-08-2017
		DE 102014112902 A1	10-03-2016
		EP 3192135 A1	19-07-2017
		JP 2017529700 A	05-10-2017
		US 2017264073 A1	14-09-2017
		WO 2016037863 A1	17-03-2016

US 2009262771 A1	22-10-2009	CN 101361238 A	04-02-2009
		JP 4948307 B2	06-06-2012
		JP 2008060555 A	13-03-2008
		US 2009262771 A1	22-10-2009
		WO 2008016019 A1	07-02-2008

US 2003030053 A1	13-02-2003	JP 2003017791 A	17-01-2003
		US 2003030053 A1	13-02-2003
		US 2004191942 A1	30-09-2004
