

(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
27. Dezember 2018 (27.12.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/234068 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01S 5/042 (2006.01) H01S 5/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/065185

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Juni 2018 (08.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 113 389.5
19. Juni 2017 (19.06.2017) DE

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

(72) Erfinder: GERHARD, Sven; Bischof-Ketteler-Str. 36,
93087 Alteglofsheim (DE). EICHLER, Christoph; Les-

singstr. 4, 93093 Donaustauf (DE). LELL, Alfred; Virchowstr. 19, 93142 Maxhütte - Haidhof (DE). STOJETZ, Bernhard; Von-Kolb-Str. 9, 93109 Wiesent (DE).

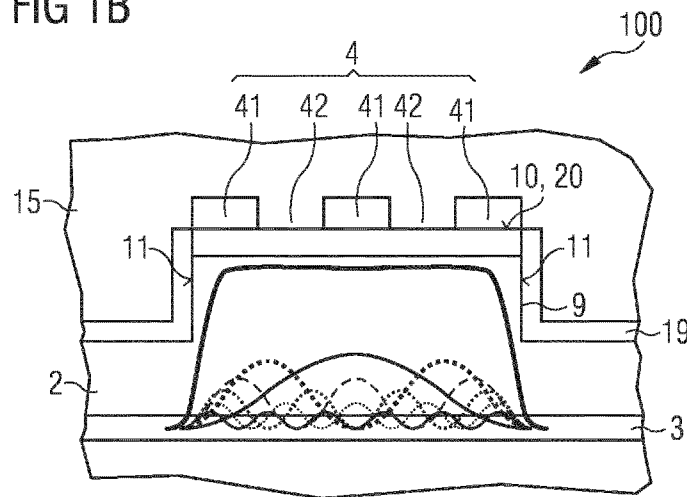
(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).

(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: SEMICONDUCTOR LASER DIODE

(54) Bezeichnung: HALBLEITERLASERDIODE

FIG 1B



(57) Abstract: A semiconductor laser diode (100) is specified, comprising a semiconductor layer sequence (2) having an active layer (3), which has a plane of principal extent and which is configured to produce light (8) within an active region (5) during operation and emit said light via a light output coupling surface (6), wherein the active region (5) extends from a back side surface (7), lying opposite the light output coupling surface (6), to the light output coupling surface (6) along a longitudinal direction (93) in the plane of principal extent, wherein the semiconductor layer sequence (2) has a surface region (20), to which a first sheathing layer (4) is applied with direct contact, wherein the first sheathing layer (4) has a transparent material made of a material system that differs from the semiconductor layer sequence (2) and wherein the first sheathing layer (4) is patterned and has a first pattern.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Halbleiterlaserdioden (100) angegeben mit einer Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3), die eine Hauptstreckungsebene aufweist und die dazu eingerichtet ist, im Betrieb in einem aktiven Bereich (5) Licht (8) zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche (6) abzustrahlen, wobei sich der aktive Bereich (5) von einer der Lichtauskoppelfläche (6) gegenüberliegenden Rückseitenfläche (7) zur Lichtauskoppelfläche (6) entlang einer longitudinalen Richtung (93) in der Hauptstreckungsebene erstreckt, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) einen Oberflächenbereich (20) aufweist, auf dem in unmittelbarem

WO 2018/234068 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)

Kontakt eine erste Mantelschicht (4) aufgebracht ist, wobei die erste Mantelschicht (4) ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge (2) verschiedenen Materialsystem aufweist und wobei die erste Mantelschicht (4) strukturiert ist und eine erste Struktur aufweist.

Beschreibung

HALBLEITERLASERDIODE

5 Es wird eine Halbleiterlaserdiode angegeben.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2017 113 389.5, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

10

Bei einer kantenemittierenden Laserdiode ist die Licht erzeugende Schicht zwischen Mantelschichten angeordnet, die aufgrund ihres Brechungsindex eine Wellenführung in Schichtstapelrichtung bewirken und somit zur Ausbildung von
15 Lasermoden beitragen. Die Mantelschichten bestehen üblicherweise aus dem dotierten Halbleitermaterial der Diode, da dadurch zusätzlich zur Modenführung ein guter elektrischer Widerstand erreicht werden soll. Materialien wie beispielsweise AlGaIn, das für Mantelschichten von auf
20 nitridischen Verbindungshalbleitermaterialien basierenden Laserdioden verwendet wird, sind jedoch schwer mit einer hohen p-Dotierung und damit nur schwer mit einer guten Leitfähigkeit herstellbar, so dass stets ein Kompromiss zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und der optischen
25 Absorption gefunden werden muss.

30

Weiterhin führen Hochleistungslaserdioden üblicherweise mehrere longitudinale und laterale Lasermoden, so dass die optische Intensität auf der Auskoppelfacette durch die Summe aller im Laser anschwingenden Lasermoden bewirkt wird. Dies kann jedoch zu einer inhomogenen Intensitätsverteilung, insbesondere in lateraler Richtung, führen, was Intensitätsüberhöhungen und damit verbunden eine

Facettenüberbelastung an solchen Stellen zur Folge haben kann. Hierdurch kann es zu einem Facettenschaden und der Zerstörung des Lasers kommen. Um dieses Problem zu umgehen, ist es im Stand der Technik bekannt, Teile der für den elektrischen Anschluss des Halbleitermaterials vorgesehenen Kontaktmaterialien mit einer isolierenden Schicht vom Halbleitermaterial zu isolieren und diese nur in bestimmten Bereichen zu öffnen. Auf diese Weise wird nur an den geöffneten Stellen Strom in das Halbleitermaterial eingepreßt, der sich lediglich über die Querleitfähigkeit der Halbleitermaterialien verteilen kann. Dies führt dazu, dass Bereiche weit weg von den Öffnungen geringer bestromt werden als solche direkt unter den Öffnungen. Dadurch kann zwar die Modendynamik gesteuert werden, jedoch sind die Designfreiheit solcher Maßnahmen und gleichzeitig auch die Größe der erzielten Effekte deutlich eingeschränkt.

Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, eine Halbleiterlaserdiode anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch einen Gegenstand gemäß dem unabhängigen Patentanspruch gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Gegenstands sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet und gehen weiterhin aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist eine Halbleiterlaserdiode zumindest eine aktive Schicht auf, die dazu vorgesehen und eingerichtet ist, im Betrieb der Laserdiode in einem aktiven Bereich Licht zu erzeugen. Die aktive Schicht kann insbesondere Teil einer Halbleiterschichtenfolge mit einer Mehrzahl von

Halbleiterschichten sein und eine Haupterstreckungsebene aufweisen, die senkrecht zu einer Anordnungsrichtung der Schichten der Halbleiterschichtenfolge ist. Das in der aktiven Schicht und insbesondere im aktiven Bereich im
5 Betrieb der Halbleiterlaserdiode erzeugte Licht kann über eine Lichtauskoppelfläche abgestrahlt werden.

Beispielsweise kann die aktive Schicht genau einen aktiven Bereich aufweisen. Der aktive Bereich kann zumindest
10 teilweise durch eine Kontaktfläche von elektrisch leitenden Schichten mit der Halbleiterschichtenfolge definiert sein, also zumindest teilweise durch eine Fläche, über die eine Stromeinprägung in die Halbleiterschichtenfolge und damit in die aktive Schicht erfolgt. Weiterhin kann der aktive Bereich
15 zusätzlich zumindest teilweise auch durch eine Stegwellenleiterstruktur definiert sein, also durch einen in Form einer länglichen Erhöhung gebildeten Steg im Halbleitermaterial der Halbleiterschichtenfolge.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird bei einem Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterlaserdiode eine aktive Schicht hergestellt, die dazu eingerichtet und vorgesehen ist, im Betrieb der Halbleiterlaserdiode Licht, insbesondere im infraroten bis ultravioletten Spektrum, zu erzeugen.

25 Insbesondere kann eine Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Schicht hergestellt werden. Die vorab und im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele und Merkmale gelten gleichermaßen für die Halbleiterlaserdiode wie auch für das Verfahren zur Herstellung der Halbleiterlaserdiode.

30

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Halbleiterlaserdiode zusätzlich zur Lichtauskoppelfläche eine der Lichtauskoppelfläche gegenüberliegende Rückseitenfläche

auf. Die Lichtauskoppelfläche und die Rückseitenfläche, die auch als sogenannte Facetten bezeichnet werden können, können insbesondere Seitenflächen der Halbleiterlaserdiode und insbesondere zumindest teilweise der Halbleiterschichtenfolge
5 sein. Auf der Lichtauskoppelfläche und der Rückseitenfläche können geeignete optische Beschichtungen, insbesondere reflektierende oder teilreflektierende Schichten oder Schichtenfolgen, aufgebracht sein, die einen optischen Resonator für das in der aktiven Schicht erzeugte Licht
10 bilden können. Der aktive Bereich kann sich zwischen der Rückseitenfläche und der Lichtauskoppelfläche entlang einer Richtung erstrecken, die hier und im Folgenden als longitudinale Richtung bezeichnet wird. Die longitudinale Richtung kann insbesondere parallel zur
15 Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht sein. Die Anordnungsrichtung der Schichten übereinander, also eine Richtung senkrecht zur Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht, wird hier und im Folgenden als vertikale Richtung bezeichnet. Eine Richtung senkrecht zur longitudinalen
20 Richtung und senkrecht zur vertikalen Richtung wird hier und im Folgenden als transversale Richtung oder als laterale Richtung bezeichnet. Die longitudinale Richtung und die transversale/laterale Richtung können somit eine Ebene aufspannen, die parallel zur Haupterstreckungsebene der
25 aktiven Schicht ist.

Die Halbleiterschichtenfolge kann insbesondere als Epitaxieschichtenfolge, also als epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge, ausgeführt sein. Hierzu kann eine
30 Mehrzahl von Halbleiterschichten einschließlich der aktiven Schicht aufeinander aufgewachsen werden, wobei die Halbleiterschichten jeweils auf einem Verbindungshalbleitermaterialsystem basieren.

Beispielsweise kann die Halbleiterschichtenfolge auf der Basis von InAlGaN ausgeführt sein. Unter InAlGaN-basierte Halbleiterschichtenfolgen fallen insbesondere solche, bei denen die epitaktisch hergestellte Halbleiterschichtenfolge in der Regel eine Schichtenfolge aus unterschiedlichen Einzelschichten aufweist, die mindestens eine Einzelschicht enthält, die ein Material aus dem III-V-Verbindungshalbleitermaterialsystem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweist. Insbesondere kann die aktive Schicht auf einem solchen Material basieren. Halbleiterschichtenfolgen, die zumindest eine aktive Schicht auf Basis auf InAlGaN aufweisen, können beispielsweise bevorzugt elektromagnetische Strahlung in einem ultravioletten bis grünen oder sogar gelben Wellenlängenbereich emittieren.

Alternativ oder zusätzlich kann die Halbleiterschichtenfolge auch auf InAlGaP basieren, das heißt, dass die Halbleiterschichtenfolge unterschiedliche Einzelschichten aufweisen kann, wovon mindestens eine Einzelschicht, beispielsweise die aktive Schicht, ein Material aus dem III-V-Verbindungshalbleitermaterialsystem $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweist. Halbleiterschichtenfolgen, die zumindest eine aktive Schicht auf Basis von InAlGaP aufweisen, können beispielsweise bevorzugt elektromagnetische Strahlung mit einer oder mehreren spektralen Komponenten in einem grünen bis roten Wellenlängenbereich emittieren.

Alternativ oder zusätzlich kann die Halbleiterschichtenfolge auch andere III-V-Verbindungshalbleitermaterialsysteme, beispielsweise ein InAlGaAs-basiertes Material, oder

II-VI-Verbindungshalbleitermaterialsysteme aufweisen.

Insbesondere kann eine aktive Schicht eines Licht emittierenden Halbleiterchips, die ein InAlGaAs-basiertes Material aufweist, geeignet sein, elektromagnetische

5 Strahlung mit einer oder mehreren spektralen Komponenten in einem roten bis infraroten Wellenlängenbereich zu emittieren.

Ein II-VI-Verbindungshalbleitermaterial kann wenigstens ein Element aus der zweiten Hauptgruppe, wie beispielsweise Be,

10 Mg, Ca, Sr, und ein Element aus der sechsten Hauptgruppe, wie beispielsweise O, S, Se, aufweisen. Beispielsweise gehören zu den II-VI-Verbindungs-Halbleitermaterialien: ZnO, ZnMgO, CdS, ZnCdS, MgBeO.

15 Die aktive Schicht und insbesondere die

Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Schicht können auf einem Substrat aufgebracht sein. Das Substrat kann ein Halbleitermaterial, beispielsweise ein oben genanntes Verbindungshalbleitermaterialsystem, oder ein anderes

20 Material umfassen. Insbesondere kann das Substrat Saphir, GaAs, GaP, GaN, InP, SiC, Si, Ge und/oder ein Keramikmaterial wie beispielsweise SiN oder AlN umfassen oder aus einem solchen Material sein. Beispielsweise kann das Substrat als Aufwachssubstrat ausgebildet sein, auf dem die

25 Halbleiterschichtenfolge aufgewachsen wird. Die aktive Schicht und insbesondere eine Halbleiterschichtenfolge mit der aktiven Schicht können mittels eines Epitaxieverfahrens, beispielsweise mittels metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE) oder Molekularstrahlepitaxie (MBE), auf dem

30 Aufwachssubstrat aufgewachsen und weiterhin mit elektrischen Kontakten versehen werden. Weiterhin kann es auch möglich sein, dass das Aufwachssubstrat nach dem Aufwuchsprozess entfernt wird. Hierbei kann die Halbleiterschichtenfolge

beispielsweise nach dem Aufwachsen auf ein als Trägersubstrat ausgebildetes Substrat übertragen werden.

Die aktive Schicht kann beispielsweise einen herkömmlichen
5 pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-
Quantentopfstruktur (SQW-Struktur) oder eine Mehrfach-
Quantentopfstruktur (MQW-Struktur) zur Lichterzeugung
aufweisen. Die Halbleiterschichtenfolge kann zusätzlich zur
aktiven Schicht weitere funktionale Schichten und
10 funktionelle Bereiche umfassen, etwa p- oder n-dotierte
Ladungsträgertransportschichten, also Elektronen- oder
Löchertransportschichten, hoch p- oder n-dotierte
Halbleiterkontaktschichten, undotierte oder p- oder n-
dotierte Confinement-, Mantel- oder Wellenleiterschichten,
15 Barrierschichten, Planarisierungsschichten, Pufferschichten,
Schutzschichten und/oder Elektroden sowie Kombinationen
daraus. Darüber hinaus können zusätzliche Schichten, etwa
Pufferschichten, Barrierschichten und/oder Schutzschichten,
auch senkrecht zur Aufwachsrichtung der
20 Halbleiterschichtenfolge beispielsweise um die
Halbleiterschichtenfolge herum angeordnet sein, also etwa auf
den Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge.

Weiterhin weist die Halbleiterlaserdiode einen
25 Oberflächenbereich auf, auf dem unmittelbar eine erste
Mantelschicht aufgebracht ist. Der Oberflächenbereich der
Halbleiterlaserdiode ist insbesondere ein Oberflächenbereich
der Halbleiterschichtenfolge. Mit anderen Worten weist die
Halbleiterschichtenfolge eine Oberfläche auf, mit der die
30 Halbleiterschichtenfolge auf einer Seite, insbesondere in
vertikaler Richtung, abschließt. Zumindest ein Teil dieser
Oberfläche bildet den Oberflächenbereich, auf dem die erste
Mantelschicht in direktem Kontakt aufgebracht ist. Die erste

Mantelfläche ist somit in unmittelbarem Kontakt mit dem Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge angeordnet und grenzt ohne ein weiteres dazwischenliegendes Material direkt an das Halbleitermaterial der Halbleiterschichtenfolge an.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Halbleiterschichtenfolge eine Stegwellenleiterstruktur auf. Die Stegwellenleiterstruktur kann beispielsweise auf einer einem Substrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge ausgebildet sein. Die Stegwellenleiterstruktur kann eine Stegobenseite und daran angrenzend Stegseitenflächen aufweisen und kann insbesondere durch Entfernung eines Teils des Halbleitermaterials von der dem Substrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge erzeugt werden. Die Stegwellenleiterstruktur verläuft in longitudinaler Richtung und ist in lateraler Richtung beidseitig durch die Stegseitenflächen sowie in vertikaler Richtung auf der der aktiven Schicht abgewandten Seite durch die Stegobenseite begrenzt. Die Stegseitenflächen sowie die übrige, an die Stegwellenleiterstruktur angrenzende Oberseite der Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise durch ein Passivierungsmaterial bedeckt sein. Durch den Brechungsindexsprung an den Stegseitenflächen der Stegwellenleiterstruktur durch den Übergang vom Halbleitermaterial zum Passivierungsmaterial kann eine so genannte Indexführung des in der aktiven Schicht erzeugten Lichts bewirkt werden, was die Ausbildung eines aktiven Bereichs fördern kann. Der durch die erste Mantelschicht unmittelbar kontaktierte Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge kann durch einen Teil oder besonders bevorzugt durch die gesamte Stegobenseite gebildet werden. Alternativ hierzu kann die Halbleiterlaserdiode auch als so

genannte Breitstreifenlaserdiode ohne Stegwellenleiterstruktur ausgebildet sein, wobei in diesem Fall der durch die erste Mantelschicht unmittelbar kontaktierte Oberflächenbereich insbesondere durch einen Teil
5 einer einem Substrat gegenüberliegende Oberseite der Halbleiterschichtenfolge gebildet werden kann. Der übrige Teil der Oberseite kann durch ein Passivierungsmaterial abgedeckt sein.

10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird der Oberflächenbereich, auf dem die erste Mantelschicht aufgebracht ist, durch eine Halbleiterkontaktschicht der Halbleiterschichtenfolge gebildet. Die Halbleiterkontaktschicht kann durch eine hochdotierte
15 Halbleiterschicht gebildet werden, die einen geringen elektrischen Kontaktwiderstand zu einem angrenzenden elektrisch leitenden Material ausbildet. Ist die erste Mantelschicht auf der p-Seite angeordnet, kann es sich bei der Halbleiterkontaktschicht insbesondere um eine p⁺-dotierte
20 Halbleiterschicht handeln.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die erste Mantelschicht ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge verschiedenem Materialsystem auf.
25 Das kann insbesondere bedeuten, dass die erste Mantelschicht kein Material aus dem Verbindungshalbleitermaterialsystem aufweist, aus dem die Halbleiterschichten der Halbleiterschichtenfolge gebildet werden. Darüber hinaus kann die erste Mantelschicht mit einem Herstellungsverfahren auf
30 dem Oberflächenbereich aufgebracht werden, das verschieden vom zur Herstellung der Halbleiterschichtenfolge verwendeten Epitaxieverfahren ist. Beispielsweise kann das Herstellungsverfahren zur Herstellung der ersten

Mantelschicht ein nicht-epitaktisches Verfahren sein. Die erste Mantelschicht kann beispielsweise mittels Aufdampfen, Sputtern oder chemischer Gasphasenabscheidung hergestellt werden.

5

Mit „transparent“ wird hier und im Folgenden eine Schicht, die auch eine Folge von Schichten sein kann, bezeichnet, die zumindest durchlässig für elektromagnetische Strahlung ist, beispielsweise mit einer oder mehreren spektralen Komponenten im Bereich von infrarotem, sichtbarem und/oder ultraviolettem Licht. In Verbindung mit der hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode kann eine transparente Schicht insbesondere für solches Licht vollständig oder zumindest teilweise durchlässig sein, das im Betrieb der Halbleiterlaserdiode erzeugt wird. Dass die erste Mantelschicht ein transparentes Material aufweist, hat zur Folge, dass das im aktiven Bereich im Betrieb der Halbleiterlaserdiode erzeugte Licht in die erste Mantelschicht reicht. Besonders bevorzugt kann das im aktiven Bereich erzeugte Licht aufgrund des sich ausbildenden Lasermodenprofils in vertikaler Richtung ein Intensitätsprofil mit einem Maximum aufweisen, wobei die Intensität an der Grenzfläche zwischen der Halbleiterschichtenfolge und der ersten Mantelschicht auf einen Wert von größer oder gleich 1% oder größer oder gleich 5% oder größer oder gleich 10% abgefallen sein kann.

Zusätzlich zur ersten Mantelschicht kann die Halbleiterlaserdiode eine zweite Mantelschicht auf einer der ersten Mantelschicht gegenüber liegenden Seite der aktiven Schicht aufweisen. Die zweite Mantelschicht kann insbesondere durch einen Teil der Halbleiterschichtenfolge, also eine oder mehrere Halbleiterschichten, gebildet werden. Die erste und

30

zweite Mantelschicht, die folglich Materialien aus unterschiedlichen Materialsystemen aufweisen, weisen jeweils einen Brechungsindex auf, der niedriger als der Brechungsindex der aktiven Schicht ist. Dadurch kann in

5 vertikaler Richtung eine Wellenführung des in der aktiven Schicht im Betrieb erzeugten Lichts erreicht werden. Der Brechungsindex der ersten und zweiten Mantelschicht kann dabei gleich oder verschieden sein. Zusätzlich kann die aktive Schicht zwischen einer ersten und zweiten

10 Wellenleiterschicht angeordnet sein, die durch Halbleiterschichten gebildet werden können. Die Wellenleiterschichten sind in diesem Fall zusammen mit der aktiven Schicht zwischen der ersten und zweiten Mantelschicht angeordnet, wobei die erste Wellenleiterschicht auf einer der

15 ersten Mantelschicht zugewandten Seite der aktiven Schicht und die zweite Wellenleiterschicht auf einer der ersten Mantelschicht abgewandten Seite der aktiven Schicht angeordnet ist. Der Brechungsindex jeder der Wellenleiterschichten kann bevorzugt kleiner als der

20 Brechungsindex der aktiven Schicht und größer als der Brechungsindex der auf der jeweiligen Seite angeordneten Mantelschicht sein. Durch ein derartig gestuftes Brechungsindexprofil in vertikaler Richtung kann die Wellenführung verbessert werden. Weiterhin kann zwischen der

25 aktiven Schicht und der ersten Mantelschicht eine Halbleiterschicht in Form einer Mantelteilschicht vorhanden sein, die zumindest teilweise als Mantelschicht wirkt, die jedoch alleine nicht dick genug ist, um eine ausreichende Wellenführung ohne die erste Mantelschicht zu gewährleisten.

30

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die erste Mantelschicht ein Oxid auf. Insbesondere kann die erste Mantelschicht ein transparentes leitendes Oxid aufweisen.

Transparente leitende Oxide („transparent conductive oxide“, TCO) sind transparente, elektrisch leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Aluminiumzinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid und Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären

5 Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃ gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher

10 transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein. Weiterhin kann die erste Mantelschicht zumindest zwei unterschiedliche TCOs aufweisen.

15 Beispielsweise können die unterschiedlichen TCOs in einem alternierenden Schichtenstapel auf dem Oberflächenbereich aufgebracht sein. Darüber hinaus kann die erste Mantelschicht lateral und/oder longitudinal zueinander benachbarte Bereiche aufweisen, in denen unterschiedliche TCOs angeordnet sind.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die erste Mantelschicht strukturiert und weist eine erste Struktur auf. Das bedeutet, dass die erste Mantelschicht nicht als gleichmäßige, durchgehende Schicht ausgebildet ist, wie dies

25 üblicherweise für durch Halbleiterschichten gebildete Mantelschichten der Fall ist. Vielmehr weist die erste Mantelschicht lateral und/oder longitudinal zueinander benachbarte Bereiche auf, die sich im Hinblick auf deren Dicke und/oder Material voneinander unterscheiden. Die Dicke

30 der ersten Mantelschicht kann in einem oder mehreren Bereichen auch einen Wert von 0 aufweisen. Mit anderen Worten kann die erste Mantelschicht eine erste Struktur mit zumindest einer Leerstelle aufweisen, die frei vom Material

der ersten Mantelschicht sind. Die hier und im Folgenden beschriebenen Strukturmerkmale können einzeln oder auch in einer Mehrzahl vorhanden sein.

5 Beispielsweise kann der Oberflächenbereich zumindest einen ersten Oberflächenteilbereich und zumindest einen unmittelbar daran angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich aufweisen und die erste Mantelschicht kann im ersten
Oberflächenteilbereich eine erste Dicke und im zweiten
10 Oberflächenteilbereich eine zweite Dicke aufweisen, wobei die erste Dicke größer als die zweite Dicke ist. Die erste Mantelschicht kann somit zueinander vertiefte und/oder erhöhte Bereiche aufweisen, wobei Parameter wie Dicke, Höhe und Tiefe von Bereichen der ersten Mantelschicht soweit nicht
15 anders beschrieben in vertikaler Richtung gemessen zu verstehen sind. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Mantelschicht im ersten Oberflächenteilbereich ein erstes Material und im zweiten Oberflächenteilbereich zusätzlich oder alternativ ein zweites Material aufweisen, wobei das
20 erste und zweite Material, die beide insbesondere TCOs sein können, voneinander verschieden sind. Hierbei kann die erste Mantelschicht auf einem ersten Oberflächenteilbereich des Oberflächenbereichs der Halbleiterschichtenfolge nur ein erstes Material aufweisen, während die erste Mantelschicht
25 auf einem an den ersten Oberflächenteilbereich angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich nur ein zweites, vom ersten Material verschiedenes Material aufweist. Weiterhin kann die erste Mantelschicht auf einem ersten Oberflächenteilbereich nur ein erstes Material aufweisen, während die erste
30 Mantelschicht auf einem an den ersten Oberflächenteilbereich angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich zumindest einen vertieften Bereich in einem ersten Material aufweisen kann, in dem ein zweites Material angeordnet ist.

Weiterhin kann die erste Mantelschicht zumindest eine Leerstelle aufweisen, die beispielsweise im zweiten Oberflächenteilbereich angeordnet ist und die durch eine
5 Öffnung oder eine Lücke gebildet wird. Eine Öffnung kann insbesondere durch ein in einer Ebene senkrecht zur vertikalen Richtung vollständig vom Material der ersten Mantelschicht umgebenes Loch im Material der ersten Mantelschicht gebildet sein, das in vertikaler Richtung
10 vollständig durch die erste Mantelschicht hindurchreicht. Eine Lücke kann beispielsweise durch einen Graben gebildet werden, der zwei oder mehr durch Material der ersten Mantelschicht gebildete Bereiche in longitudinaler und/oder lateraler Richtung vollständig voneinander trennt.
15 Entsprechend kann die erste Mantelschicht eine Mehrzahl von Bereichen aufweisen, zwischen denen Leerstellen vorhanden sind. Die durch Material der ersten Mantelschicht gebildeten Bereiche, die durch eine oder mehrere Lücken voneinander getrennt sind, können beispielsweise als longitudinal
20 und/oder transversal verlaufende Streifen und/oder inselförmig ausgebildet sein.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist auf zumindest einem Bereich der ersten Mantelschicht ein metallisches Material
25 aufgebracht. Das metallische Material kann insbesondere zum elektrischen Anschluss der Oberfläche der Halbleiterschichtenfolge mit dem Oberflächenbereich, auf dem die erste Mantelschicht aufgebracht ist, vorgesehen und eingerichtet sein. Entsprechend kann der elektrische
30 Anschluss über das metallische Material mittels der ersten Mantelschicht erfolgen. Weiterhin kann die Mantelschicht zumindest eine Leerstelle aufweisen, in der ein metallisches Material aufgebracht ist. Das metallische Material kann

hierbei besonders bevorzugt bis zum Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge reichen und in direktem Kontakt mit der Halbleiterschichtenfolge stehen. Entsprechend kann ein elektrischer Anschluss des Oberflächenbereichs auch
5 unmittelbar in den Leerstellen der ersten Mantelschicht erfolgen. Hierbei kann das metallische Material im Vergleich zum Material der ersten Mantelschicht einen unterschiedlichen Kontaktwiderstand zum Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge und/oder eine unterschiedliche
10 elektrische Leitfähigkeit aufweisen, so dass die Stromeinprägung in den Oberflächenbereich der Halbleiterschichtenfolge durch die Wahl der Materialien und der Struktur der ersten Mantelschicht und des metallischen Materials in gewünschter Weise eingestellt werden kann.
15 Weiterhin kann das metallische Material eine Absorption für das in der Halbleiterschichtenfolge im Betrieb erzeugte Licht aufweisen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das metallische
20 Material eine Bondschicht auf oder wird dadurch gebildet. Die Bondschicht kann auf der ersten Mantelschicht aufgebracht sein und zum externen elektrischen Anschluss der Halbleiterlaserdiode vorgesehen sein. Beispielsweise kann die Bondschicht ein Auflöten der Halbleiterlaserdiode auf einer
25 Wärmesenke oder einem anderen Träger ermöglichen. Alternativ hierzu kann die Bondschicht dazu vorgesehen und eingerichtet sein, über einen Bonddraht kontaktiert und elektrisch angeschlossen zu werden. Die Bondschicht kann insbesondere zumindest Teilbereiche oder auch die gesamte erste
30 Mantelschicht unmittelbar kontaktieren.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist das metallische Material eine metallische Kontaktschicht auf, die zusätzlich

zur Bondschicht auf der ersten Mantelschicht aufgebracht sein kann. Die metallische Kontaktschicht kann insbesondere zwischen der Halbleiterschichtenfolge und der Bondschicht angeordnet sein. Weiterhin kann die metallische

5 Kontaktschicht strukturiert sein und eine zweite Struktur aufweisen. Die zweite Struktur kann gleich oder ähnlich der ersten Struktur der ersten Mantelschicht sein. Hierzu kann die metallische Kontaktschicht deckungsgleich mit dem Material der ersten Kontaktschicht aufgebracht sein.

10 Weiterhin können die erste und zweite Struktur voneinander verschieden sein.

Bei der hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode kann durch die beschriebene laterale und/oder longitudinale

15 Strukturierung der ersten Mantelschicht das Modenverhalten im aktiven Bereich gezielt gesteuert werden. In Kombination mit dem darauf aufgebrachtten metallischen Material kann dieser Effekt noch besser eingestellt werden, so dass das Modenverhalten lateral und longitudinal gezielt und in einem

20 sehr weiten Bereich genau gesteuert werden kann. Hierbei kann bei Halbleiterlaserdioden mit oder ohne Stegwellenleiterstruktur insbesondere derart gesteuert werden, dass einzelne Lasermoden gezielt ausgewählt und verstärkt oder auch unterdrückt werden können. Anstelle von

25 üblichen Maßnahmen wie einem teilweisen Abdecken der Halbleiteroberseite mit dielektrischen Schichten ist dies bei der hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode durch gezielt eingestellte Bereiche mit unterschiedlicher Absorption und Leitfähigkeit möglich. Hierdurch sind die erzielbaren Effekte

30 größer und genauer steuerbar. Zudem ergibt sich eine größere Designfreiheit und eine höhere Prozessstabilität aufgrund der besseren Kontrollierbarkeit der Absorption auf Basis der direkten Strukturierung.

Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen
5 Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Figuren 1A bis 1E schematische Darstellungen einer
10 Halbleiterlaserdiode gemäß einem Ausführungsbeispiel,
Figuren 2A und 2B schematische Darstellungen von
Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren
Ausführungsbeispielen,
Figuren 3A bis 3H schematische Darstellungen von
15 Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren
Ausführungsbeispielen,
Figuren 4A bis 6B schematische Darstellungen von
Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren
Ausführungsbeispielen und
20 Figuren 7A bis 9E schematische Darstellungen von
Halbleiterlaserdioden gemäß weiteren
Ausführungsbeispielen.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche,
25 gleichartige oder gleich wirkende Elemente jeweils mit
denselben Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten
Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind
nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne
Elemente, wie zum Beispiel Schichten, Bauteile, Bauelemente
30 und Bereiche, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum
besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

In den Figuren 1A bis 1E ist ein Ausführungsbeispiel für eine Halbleiterlaserdiode 100 gezeigt, wobei Figur 1A eine Schnittdarstellung mit einer Schnittebene parallel zu einer lateralen Richtung 91 und zu einer vertikalen Richtung 92 und
5 Figur 1C eine Schnittdarstellung mit einer Schnittebene parallel zur vertikalen Richtung 92 und zu einer longitudinalen Richtung 93 zeigen. Die Figuren 1B und 1D zeigen jeweils einen Ausschnitt der Ansicht der Figur 1A, während Figur 1E eine Aufsicht auf die Stegobenseite 10 der Halbleiterlaserdiode 100 zeigt, in der die darüber
10 aufgebachte Bondschicht 15 nicht dargestellt ist. Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich gleichermaßen auf die Figuren 1A bis 1E.

15 Die Halbleiterlaserdiode 100 weist ein Substrat 1 auf, das beispielsweise ein Aufwachssubstrat für eine darauf epitaktisch aufgewachsene Halbleiterschichtenfolge 2 ist. Alternativ hierzu kann das Substrat 1 auch ein Trägersubstrat sein, auf das eine auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsene
20 Halbleiterschichtenfolge 2 nach dem Aufwachsen übertragen wird. Beispielsweise kann das Substrat 1 GaN aufweisen oder aus GaN sein, auf dem eine auf einem InAlGaN-Verbindungshalbleitermaterial basierende Halbleiterschichtenfolge 2 aufgewachsen ist. Das bedeutet,
25 dass die im Folgenden beschriebenen Halbleiterschichten der Halbleiterschichtenfolge 2 jeweils ein Halbleitermaterial aus dem InAlGaN-Verbindungshalbleitermaterialsystem aufweisen. Darüber hinaus sind auch andere Materialien, insbesondere wie im allgemeinen Teil beschrieben, für das Substrat 1 und die
30 Halbleiterschichtenfolge 2 möglich. Weiterhin ist es auch möglich, dass die Halbleiterlaserdiode 100 frei von einem Substrat ist. In diesem Fall kann die Halbleiterschichtenfolge 2 auf einem Aufwachssubstrat

aufgewachsen sein, das anschließend entfernt wird. Weiterhin kann die Halbleiterschichtfolge 2 nach dem Ablösen des Aufwachssubstrats auf ein Hilfssubstrat umgebondet werden. Bevorzugt kann das in p-down-Technologie erfolgen, bevorzugt auf ein hochwärmeleitendes Substrat. Mögliche Substratmaterialien können insbesondere Siliziumcarbid, Aluminiumnitrid, Silizium, Germanium, Saphir, Diamant, diamantähnlicher Kohlenstoff (DLC: „diamond-like carbon“) und Cu-Verbundmaterialien sein.

10

Die Halbleiterschichtenfolge 2 weist eine aktive Schicht 3 auf, die Teil der Halbleiterschichtenfolge 2 ist und geeignet ist, im Betrieb Licht 8, insbesondere bei Überschreiten der Laserschwelle Laserlicht, zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche 6 abzustrahlen. Wie in den Figuren 1A und 1C angedeutet ist, wird hier und im Folgenden als transversale oder laterale Richtung 91 eine Richtung bezeichnet, die parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung der Schichten der Halbleiterschichtenfolge 2 bei einer Schnittansicht mit einer Schnittebene parallel zur Lichtauskoppelfläche 6 verläuft. Die Anordnungsrichtung der Schichten der Halbleiterschichtenfolge 2 aufeinander sowie der Halbleiterschichtenfolge 2 auf dem Substrat 1 wird hier und im Folgenden als vertikale Richtung 92 bezeichnet. Die zur lateralen Richtung 91 und zur vertikalen Richtung 92 senkrecht ausgebildete Richtung, die der Richtung entspricht, entlang derer das Licht 8 abgestrahlt wird, wird hier und im Folgenden als longitudinale Richtung 93 bezeichnet.

30

An einer dem Substrat 1 abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge 2 ist auf einem Oberflächenbereich 20 eine erste Mantelschicht 4 aufgebracht. Darüber ist ein metallisches Material in Form einer Bondschicht 15

aufgebracht, die zur elektrischen Kontaktierung der Halbleiterschichtenfolge 2 und insbesondere zur Stromeinprägung von der dem Substrat 1 abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge 2 her vorgesehen ist. Die

5 Bondschicht 15 kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Legierung oder eines Schichtenstapels aufweisen, die ausgewählt sein können aus Au, Pt, Ti, Cr, Al. Beispielsweise kann die Bondschicht 15 durch einen Ti/Pt/Au-Schichtenstapel gebildet sein. Die

10 Halbleiterlaserdiode 100 kann eine weitere Elektrodenschicht zur elektrischen Kontaktierung der anderen Seite der Halbleiterschichtenfolge 2 aufweisen, die der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt ist.

15 Die Halbleiterschichtenfolge 2 kann zusätzlich zur aktiven Schicht 3 weitere Halbleiterschichten aufweisen. Rein beispielhaft sind eine hoch-dotierte Halbleiterkontaktschicht 21, darunter eine erste und eine zweite Wellenleiterschicht 22, 23, zwischen denen die aktive Schicht angeordnet ist,

20 sowie eine zweite Mantelschicht 24 auf der der ersten Mantelschicht 4 abgewandten Seite der aktiven Schicht 3 gezeigt. Die Halbleiterkontaktschicht 21 dient der Herstellung eines guten elektrischen Kontakts insbesondere zur Bondschicht 15. Darüber hinaus können alternativ oder

25 zusätzlich weitere Halbleiterschichten wie etwa Mantelschichten, Wellenleiterschichten, Barrierschichten, Stromaufweitungsschichten und/oder Strombegrenzungsschichten vorhanden sein, die zur Vereinfachung der Darstellung jeweils nicht gezeigt sind. Beispielsweise kann über der ersten

30 Wellenleiterschicht 22, also etwa zwischen der Halbleiterkontaktschicht 21 und der ersten Wellenleiterschicht 22, eine Mantelteilschicht angeordnet sein, also eine Halbleiterschicht, die im Hinblick auf den

Brechungsindex als Mantelschicht ausgebildet ist, die aber zu dünn ist, um alleine als Mantelschicht im Bereich der Halbleiterschichtenfolge 2 über der aktiven Schicht 3 zu wirken. Die Mantelteilschicht und die erste Mantelschicht 4 wirken in diesem Fall gemeinsam als Mantelschicht im Bereich der Halbleiterschichtenfolge 2 über der aktiven Schicht 3. Weiterhin kann es auch möglich sein, dass die Halbleiterschichtenfolge 2 keine Halbleiterkontaktschicht 21 aufweist, so dass die erste Wellenleiterschicht 22 oder gegebenenfalls eine Mantelteilschicht direkt an die erste Mantelschicht 4 angrenzt.

Die dem Substrat 1 abgewandte Oberseite der Halbleiterschichtenfolge 2 ist bis auf den Oberflächenbereich 20, in dem die erste Mantelschicht 4 die Halbleiterschichtenfolge 2 kontaktiert, mit einem Passivierungsmaterial 19 bedeckt, das beispielsweise ein elektrisch isolierendes Oxid, Nitrid oder Oxinitrid, etwa Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Siliziumoxinitrid, Aluminiumoxid, Tantaloxid, Rhodiumoxid, Niobiumoxid und/oder Titandioxid, aufweisen oder sein kann. Darüber hinaus sind auch andere Oxide, Nitride und Oxinitride mit einem oder mehreren Materialien ausgewählt aus Al, Ce, Ga, Hf, In, Mg, Nb, Rh, Sb, Si, Sn, Ta, Ti, Zn und Zr möglich.

Weiterhin können auf der Lichtauskoppelfläche 6 und der gegenüberliegenden Rückseitenfläche 7, die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge 2 und des Substrats 1 bilden, reflektierende oder teilreflektierende Schichten oder Schichtenfolgen aufgebracht sein, die ebenfalls der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigt sind und die zur Ausbildung eines in longitudinaler Richtung 93 verlaufenden

optischen Resonators in der Halbleiterschichtenfolge 2 vorgesehen und eingerichtet sind.

In der dem Substrat 1 abgewandten Oberseite der Halbleiterschichtenfolge 2 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Stegwellenleiterstruktur 9 durch Entfernung eines Teils des Halbleitermaterials von der dem Substrat 1 abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge 2 ausgebildet. Die Stegwellenleiterstruktur 9 verläuft in longitudinaler Richtung 93 und weist auf der dem Substrat 1 abgewandten Seite eine Stegobenseite 10 auf, die den Oberflächenbereich 20 bildet, auf dem in unmittelbarem Kontakt die erste Mantelschicht 4 aufgebracht ist. Weiterhin ist die Stegwellenleiterstruktur 9 in lateraler Richtung 91 beidseitig durch Stegseitenflächen 11 begrenzt. Die Stegseitenflächen 11 sind wie die daneben angeordneten Oberseitenbereiche ebenfalls durch das Passivierungsmaterial 19 bedeckt. Durch den Brechungsindexsprung an den Stegseitenflächen 11 durch den Übergang vom Halbleitermaterial zum Passivierungsmaterial 19 kann eine sogenannte Indexführung des in der aktiven Schicht 3 erzeugten Lichts bewirkt werden, was zusammen mit der Stromeinprägung zur Ausbildung eines aktiven Bereichs 5 beitragen kann, der den Bereich in der Halbleiterschichtenfolge 2 angibt, in dem das erzeugte Licht geführt und im Laserbetrieb verstärkt wird. Wie in Figur 1A gezeigt ist, kann die Stegwellenleiterstruktur 9 durch vollständiges Entfernen des Halbleitermaterials lateral beidseitig neben dem Steg gebildet werden. Alternativ hierzu kann auch ein so genanntes „Dreibein“ ausgebildet werden, bei dem lateral neben dem Steg nur entlang zweier Rinnen das Halbleitermaterial entfernt ist. Hierbei können sich diese Rinnen insbesondere von der Lichtauskoppelfläche 6 bis zur Rückseitenfläche 7 erstrecken.

Weiterhin ist auch eine unter dem Begriff „Buried Heterostructure“ bekannte Struktur möglich.

Die auf der Oberseite der Halbleiterlaserdiode 100 zum
5 externen elektrischen Anschluss vorgesehene Bondschicht 15
ist im gezeigten Ausführungsbeispiel großflächig aufgebracht.
Beispielsweise kann die Bondschicht 15 dazu vorgesehen und
ingerichtet sein, dass die Halbleiterlaserdiode 100 auf
einer Wärmesenke oder einem anderen externen Träger
10 aufgelötet werden kann. Durch das Passivierungsmaterial 19
kann erreicht werden, dass durch die Bondschicht 15 dennoch
nur der dafür vorgesehene Oberflächenbereich 20 elektrisch
kontaktiert wird. Die der ersten Mantelschicht 4 zugewandte
Seite der Halbleiterschichtenfolge 2 kann insbesondere p-
15 dotiert sein, so dass durch ein solches Auflöten mittels der
Bondschicht 15 eine sogenannte p-down-Montage der
Halbleiterlaserdiode 100 erreicht werden kann.

Die erste Mantelschicht 4 ist in unmittelbarem Kontakt auf
20 dem Oberflächenbereich 20 aufgebracht und ist in Form einer
ersten Struktur strukturiert. Hierzu weist die erste
Mantelschicht 4 erste Bereiche 41 und zweite Bereiche 42 auf,
die sich voneinander unterscheiden. Die ersten Bereiche 41
sind auf ersten Oberflächenteilbereichen 241 des
25 Oberflächenbereichs 20 angeordnet, während die zweiten
Bereiche 42 auf zweiten Oberflächenteilbereichen 242 des
Oberflächenbereichs 20 angeordnet sind. Wie aus den Figuren
1A und 1E erkennbar ist, sind die ersten Bereiche 41 der
ersten Mantelschicht 4 im gezeigten Ausführungsbeispiel in
30 Form von longitudinal verlaufenden Streifen ausgebildet, die
durch die als Leerstellen in Form von Gräben ausgebildeten
zweiten Bereiche 42 voneinander getrennt sind. Alternativ
hierzu können die Leerstellen beispielsweise auch als

Öffnungen ausgebildet sein, die in einer Ebene parallel zur lateralen Richtung 91 und zur longitudinalen Richtung 93 vollständig vom Material der ersten Mantelschicht 4 und damit von ersten Bereichen 41 umgeben sind.

5

Die ersten Mantelschicht 4 und insbesondere die ersten Bereiche 41 weisen ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge 2 verschiedenen Materialsystem auf. Im oben beschriebenen Fall, dass die

10 Halbleiterschichtenfolge auf einem InAlGaN-Material basiert, ist die erste Mantelschicht 4 somit frei von einem Material aus dem InAlGaN-Materialsystem. Insbesondere kann die erste Mantelschicht generell frei von Material aus den III-V- und den II-VI-Verbindungshalbleitermaterialsystemen sein. Um als
15 effektive Mantelschicht zu wirken, weist das transparente Material der ersten Mantelschicht 4 einen Brechungsindex auf, der niedriger als der Brechungsindex der aktiven Schicht 3 ist. Ist wie im gezeigten Ausführungsbeispiel zwischen der aktiven Schicht und der ersten Mantelschicht 4 noch die erste
20 Wellenleiterschicht 22 angeordnet, so weist die erste Wellenleiterschicht 22 bevorzugt einen Brechungsindex auf, der zwischen dem Brechungsindex der aktiven Schicht 3 und der ersten Mantelschicht 4 liegt. Wie weiter oben beschrieben ist, kann die Halbleiterschichtenfolge 2 über der ersten
25 Wellenleiterschicht 22 noch eine Mantelteilschicht aufweisen, so dass in diesem Fall die Wellenführung teilweise durch die Mantelteilschicht und teilweise durch die erste Mantelschicht 4 erfolgt. Weiterhin ist das Material der ersten
Mantelschicht 4 elektrisch leitend, so dass der
30 Oberflächenbereich 20 in den ersten Oberflächenteilbereichen 241 über die Bereiche 41 der ersten Mantelschicht 4 elektrisch kontaktiert wird. Insbesondere weist die Mantelschicht 4 ein TCO auf, bevorzugt beispielsweise ITO.

ITO ist im Allgemeinen ein Mischoxid mit einem Anteil von größer oder gleich 50% und kleiner oder gleich 99%

Indium(III)-oxid (In_2O_3) und mit einem Anteil von größer oder gleich 1% und kleiner oder gleich 50% Zinn(IV)-oxid (SnO_2).

5 Bevorzugt betragen der Anteil von In_2O_3 mehr als 80% und besonders bevorzugt mehr als 90% und der Anteil von SnO_2 weniger als 20% und besonders bevorzugt weniger als 10%. Die SnO_2 -Komponente generiert Störstellen im In_2O_3 -Kristallgitter, wodurch primär die elektrische Leitfähigkeit der ITO-Schicht
10 bewirkt wird. Alternativ zu ITO sind beispielsweise auch reines Zinnoxid, reines Indiumoxid, Zinkoxid, Magnesiumoxid oder ein anderes oben im allgemeinen Teil genanntes Material möglich.

15 In den zweiten Bereichen 42 ragt das durch die Bondschicht 15 gebildete metallische Material durch die erste Mantelschicht 4 hindurch bis zum Oberflächenbereich 20 der Halbleiterschichtenfolge 20, so dass der Oberflächenbereich 20 in den zweiten Oberflächenteilbereichen 242 direkt von der
20 Bondschicht 15 elektrisch kontaktiert wird.

Die Dicke der Halbleiterschichten über der aktiven Schicht 3 sowie auch die Dicke der ersten Mantelschicht 4, die beispielsweise einige 10 nm betragen kann, sind so

25 ausgebildet, dass ein Teil des im Betrieb in der aktiven Schicht 3 erzeugten Lichts 8 in die erste Mantelschicht 4 reicht. Insbesondere kann das in der aktiven Schicht 3 erzeugte Licht 8 in vertikaler Richtung ein Intensitätsprofil mit einem Maximum aufweisen, wobei die Intensität an der
30 Grenzfläche zwischen der Halbleiterschichtenfolge 2 und der ersten Mantelschicht 4, insbesondere ersten Bereichen 41 der ersten Mantelschicht 4, auf einen Wert von größer oder gleich

1% oder größer oder gleich 5% oder größer oder gleich 10% abgefallen sein kann.

Durch die beschriebene Struktur der ersten Mantelschicht 4 weist diese erste Bereiche 41 und zweite Bereiche 42 auf, die sich in ihren optischen und elektrischen Eigenschaften unterscheiden. Während das Material der ersten Mantelschicht 4 in den ersten Bereichen 41 transparent ist und somit ein Eindringen der Lasermoden erlaubt, sind die zweiten Bereiche 42 der ersten Mantelschicht 4 dadurch, dass diese im beschriebenen Ausführungsbeispiel mit dem metallischen Material der Bondschicht 15 verfüllt sind, lichtabsorbierend. Dadurch können die lateralen Lasermoden beeinflusst werden. Weiterhin kann die Bondschicht 15 beispielsweise mit einer Ti-Schicht in den zweiten Oberflächenteilbereichen 242 an die Halbleiterschichtenfolge 2 angrenzen. Da Ti einen höheren Kontaktwiderstand zur Halbleiterkontaktschicht 21, die wie oben beschrieben auf InAlGaN basiert und beispielsweise aus p⁺-GaN sein kann, aufweist als ITO, kann die lokale Stromeinprägung in den Oberflächenbereich 20 gesteuert werden. Daneben wirken sich die unterschiedlichen an den Oberflächenbereich 20 angrenzenden Materialien der ersten Mantelschicht 4 und der Bondschicht 15 auf die lokale Entwärmung der Halbleiterschichtenfolge 2 aus. Durch diese Effekte ergibt sich eine zusätzliche Steuerungsmöglichkeit des Modenverhaltens des in der aktiven Schicht 3 erzeugten Lichts. Rein beispielhaft ist in Figur 1B ein typisches Lateralmodenprofil schematisch angedeutet. Durch die beschriebenen Effekte, die insbesondere durch die ersten Mantelschicht 4 sowie auch durch die Stegwellenleiterstruktur 9 hervorgerufen werden, bildet sich somit der in Figur 1A angedeutete aktive Bereich 5 in der aktiven Schicht 3 aus, in dem dann die Laserlichterzeugung im Betrieb der

Halbleiterlaserdiode 100 stattfindet. Wie aus dem in Figur 1B
angedeuteten lateralen Lasermodenprofil ersichtlich ist, kann
das Modenverhalten derart gesteuert werden, dass keine
sogenannten „hot spots“ entstehen, so dass die
5 Zuverlässigkeit und die Effizienz verbessert werden können.

In den Figuren 2A und 2B sind Ausschnitte von weiteren
Ausführungsbeispielen gezeigt, bei denen die
Halbleiterlaserdiode 100 im Vergleich zum in den Figuren 1A
10 bis 1E gezeigten Ausführungsbeispiel als so genannte
Breitstreifenlaserdioden ohne Stegwellenleiterstruktur
ausgebildet sind. Der Oberflächenbereich 20, auf dem die
strukturierte erste Mantelschicht 4 aufgebracht ist, wird
dabei durch denjenigen Teil der Oberseite der
15 Halbleiterschichtenfolge 2 definiert, der nicht durch das
Passivierungsmaterial 19 bedeckt ist. Die vorherige
Beschreibung gilt entsprechend auch für diese
Ausführungsbeispiele.

20 In den nachfolgenden Figuren sind Modifikationen und
Weiterbildungen der Halbleiterlaserdiode 100 anhand von
Ausschnitten und Aufsichten, die den Ansichten der Figuren 1B
und 1D beziehungsweise der Figur 1E entsprechen, gezeigt.
Auch wenn die weiteren Figuren Halbleiterlaserdioden mit
25 Stegwellenleiterstruktur 9 zeigen, gelten die beschriebenen
Merkmale auch für Halbleiterlaserdioden ohne
Stegwellenleiterstruktur.

In den Figuren 3A bis 3H sind Ausführungsbeispiele für
30 verschiedene erste Strukturen der ersten Mantelschicht 4 auf
dem Oberflächenbereich 20 anhand einer schematischen
Darstellung der ersten und zweiten Bereiche 41, 42 gezeigt.
Die dargestellten Beispiele sind nicht als abschließende

Aufzählung zu verstehen, sondern zeigen lediglich einige bevorzugte Varianten. Alternativ zu den gezeigten Verteilungen der ersten und zweiten Bereiche 41, 42 können diese auch miteinander kombiniert sein oder die Anordnung der ersten und zweiten Bereiche 41, 42 kann auch umgekehrt sein. Weiterhin gelten die in Verbindung mit den Figuren 3A bis 3H beschriebenen Strukturen der ersten Mantelschicht 4 auch für die übrigen Ausführungsbeispiele.

10 In den Figuren 3A, 3B und 3C sind wie schon im Ausführungsbeispiel der Figuren 1A bis 1E erste Bereiche 41 gezeigt, die stegförmig als sich in longitudinale Richtung erstreckende Streifen ausgebildet sind, die durch als Gräben ausgebildete zweite Bereiche 42 voneinander getrennt sind. 15 Die ersten Bereich können dabei bis an Ränder des Oberflächenbereichs 20 heranreichen oder auch von diesen beabstandet sein. Weiterhin können die ersten Bereiche 41 gleiche oder unterschiedliche Breiten in lateraler Richtung aufweisen.

20 In Figur 3A sind weiterhin Abstände 94, 95 und 96 der ersten Bereiche 41 zu den Rändern des Oberflächenbereichs 20 und zueinander sowie die Streifenbreite 97 in lateraler Richtung eingezeichnet. Die im Folgenden angegebenen Werte gelten auch 25 für die in den anderen Figuren gezeigten ersten Strukturen der ersten Mantelschicht 4. Vorteilhafte Werte für den Abstand 94 der ersten Bereiche 41 zu den Facetten sind größer oder gleich 2 μm oder größer oder gleich 5 μm oder besonders bevorzugt größer oder gleich 10 μm sowie kleiner oder gleich 30 200 μm oder besonders bevorzugt kleiner oder gleich 50 μm , vorteilhafte Werte für den Abstand 95 zu den Seiten des Oberflächenbereichs 20, im Falle einer Stegwellenleiterstruktur somit zu den Stegseitenflächen, sind

größer oder gleich 0 μm und kleiner oder gleich 100 μm oder
kleiner oder gleich 5 μm oder besonders bevorzugt kleiner
oder gleich 3 μm . Vorteilhafte Werte für den lateralen
Abstand 96 unmittelbar benachbarter erster Kontaktbereiche
5 241 sind größer oder gleich 1 μm und kleiner oder gleich 30
 μm . Vorteilhafte Werte für die laterale Breite 97 sind größer
oder gleich 5 μm und kleiner oder gleich 30 μm . Typische Maße
des Oberflächenbereichs 20, im Falle einer
Stegwellenleiterstruktur also der Stegobenseite, können für
10 die Länge in longitudinaler Richtung ein Bereich von größer
oder gleich 200 μm oder bevorzugt größer oder gleich 400 μm
oder besonders bevorzugt größer oder gleich 600 μm und
kleiner oder gleich 5 mm oder bevorzugt kleiner oder gleich 3
mm oder besonders bevorzugt kleiner oder gleich 2 mm sein,
15 weiterhin für die Breite in lateraler Richtung ein Bereich
von größer oder gleich 1 μm und kleiner oder gleich 300 μm .

In Figur 3D ist eine Ausgestaltung gezeigt, bei der die
laterale Breite des ersten Bereichs 41 variiert, also wie
20 gezeigt beispielsweise von den Facetten in longitudinaler
Richtung zur Mitte hin abnimmt. Hierdurch kann die
Modenverteilung nahe an den Facetten und im Zentrum des
Resonators unabhängig voneinander eingestellt werden.
Alternativ ist beispielsweise auch eine Verbreitung des
25 ersten Bereichs 41 von den Facetten zur Mitte hin möglich.

Alternativ zu den in den Figuren 1A bis 3D gezeigten
Varianten mit einem, zwei oder drei ersten Bereichen 41
können beispielsweise auch mehr erste Bereiche 41 vorhanden
30 sein, beispielsweise in Form von sich longitudinal
erstreckenden Streifen (Figur 3E), in Form von Inseln (Figur
3F) oder in Form von schmalen oder breiten sich lateral
erstreckenden Streifen (Figuren 3G und 3H).

Anstelle von den vorab gezeigten zweiten Bereichen 42, die als Leerstellen in der ersten Mantelschicht 4 ausgebildet sind, kann die erste Mantelschicht 4 auch zumindest einen
5 ersten und einen zweiten Bereich 41, 42 aufweisen, die jeweils ein Material enthalten und die unterschiedliche Dicken in vertikaler Richtung aufweisen, so dass die erste Mantelschicht 4 als Erhebungen und Vertiefungen ausgebildete
10 erste und zweite Bereiche 41 42 aufweisen kann. In den Figuren 4A bis 4C sind dem Ausführungsbeispiel der Figuren 1A bis 1E entsprechende Ausführungsbeispiele gezeigt, bei denen die zweiten Bereiche 42 das Material der ersten Mantelschicht 4 mit einer geringeren Dicke als die ersten Bereiche 41 aufweisen. Durch die Überformung der ersten Mantelschicht 4
15 mit einem metallischen Material wie etwa der Bondschicht 15 können die lokale Stärke der Absorption des in der aktiven Schicht 3 erzeugten Lichts in den ersten und zweiten Bereichen 41, 42 und somit auch die Kopplung der Lasermoden an die entsprechenden Absorptionsstrukturen eingestellt
20 werden. Im Falle von Strukturen gemäß der Figuren 3G und 3H mit einer longitudinal variierenden Struktur kann somit beispielsweise auch der Kopplungsfaktor für einen DFB-Laser (DFB: „distributed feedback“) eingestellt werden.

25 In den Figuren 5A und 5B sind Ausführungsbeispiele für Halbleiterlaserdioden 100 gezeigt, bei denen die erste Mantelschicht 4 erste und zweite Bereiche 41, 42 aufweist, die sich im Hinblick auf das die Bereiche 41, 42 bildende Material unterscheiden. So können in einem ersten
30 Oberflächenteilbereich 241 ein erstes Material und in einem zweiten Oberflächenteilbereich 242 ein zweites Material aufgebracht sein, die sich voneinander unterscheiden. Wie in Figur 5A gezeigt ist, können die in vorherigen

Ausführungsbeispielen als Leerstellen ausgebildeten zweiten Bereiche 42 mit einem weiteren Material gefüllt sein. Ebenso können, wie in Figur 5B gezeigt ist, als Vertiefungen ausgebildete Bereiche mit einem weiteren Material aufgefüllt sein. Die unterschiedlichen Materialien können insbesondere beispielsweise unterschiedliche TCOs oder unterschiedlich dotierte TCOs sein. Mit anderen Worten können die in den vorherigen Ausführungsbeispielen freigelassenen oder vertieften Bereiche der ersten Mantelschicht 4 mit einem TCO mit beispielsweise anderer Zusammensetzung oder Dotierung befüllt werden. Hierdurch werden sowohl die elektrischen als auch die optischen Eigenschaften der ersten Mantelschicht 4 über den Oberflächenbereich 20 moduliert. Je nach Anordnung der Bereiche 41, 42 führen die dadurch hervorgerufenen unterschiedlichen Absorptionskoeffizienten je nach Anordnung der Bereiche 41, 42 für laterale und/oder longitudinale Moden unterschiedlicher Ordnung zu einer unterschiedlichen Dämpfung. Durch das Auffüllen mit einem TCO anstelle eines metallischen Materials kann es möglich sein, die lokale Absorption genauer zu steuern. Weiterhin kann eine Modulation der Stromeinprägung über verschiedene Kontaktwiderstände der verschiedenen Bereiche 41, 42 erreicht werden.

Wie in den Figuren 6A und 6B gezeigt ist, können einer, mehrere oder alle ersten Bereiche 41 sowie alternativ oder zusätzlich auch zweite Bereiche 42 unterschiedliche Materialien in Form von unterschiedlichen TCOs, beispielsweise mit In_2O_3 - und SnO_2 -Schichten, in einem alternierenden Schichtenstapel aufweisen. Wie in Figur 6A gezeigt ist, können beispielsweise alle ersten Bereiche 41 durch solche Schichtenstapel gebildet sein. Wie in Figur 6B gezeigt ist, können auch nur einige erste Bereiche 41 durch solche Schichtenstapel gebildet werden, während einer oder

mehrere weitere erste Bereiche 41 durch nur ein TCO gebildet werden.

In den Figuren 7A bis 9E sind weitere Ausführungsbeispiele für Halbleiterlaserdioden 100 gezeigt, bei denen das metallische Material, das auf der ersten Mantelschicht 4 und/oder in durch Leerstellen gebildete Bereiche dieser aufgebracht ist, eine metallische Kontaktschicht 14 aufweist, die zusätzlich zur Bondschicht 15 aufgebracht ist. Wie in Figur 7A gezeigt ist, kann beispielsweise in den durch Leerstellen gebildeten zweiten Bereichen 42 der ersten Mantelschicht 4 unmittelbar auf den Oberflächenteilbereichen 242 eine metallische Kontaktschicht 14 aufgebracht werden, die im Vergleich zum Material der ersten Mantelschicht 4 beispielsweise einen niedrigeren oder gleichen elektrischen Kontaktwiderstand aufweist, so dass eine gute Stromeinprägung in Kombination mit einer hohen optischen Absorption in diesen Bereichen erreicht werden kann. Beispielsweise kann die elektrische Kontaktschicht 14 hierzu eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Pd, Pt und Rh aufweisen oder daraus sein. Weiterhin kann die elektrische Kontaktschicht 14 ein Material aufweisen oder daraus sein, das einen höheren elektrischen Kontaktwiderstand als das Material der ersten Mantelschicht 4 aufweist, so dass eine schlechte Stromeinprägung in Kombination mit einer hohen optischen Absorption in diesen Bereichen erreicht werden kann. Beispielsweise kann die elektrische Kontaktschicht 14 hierzu eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Ni, Ti, TiWN, Ag aufweisen oder daraus sein. Ein ähnlicher Effekt kann beispielsweise auch in einer dem Ausführungsbeispiel der Figur 5 entsprechenden Modifikation mit ITO in ersten Bereichen 41 und ZnO in zweiten Bereichen 42 erreicht werden.

Um den Kontaktwiderstand zwischen dem Material der ersten Mantelschicht 4 und der Bondschicht 15 zu verbessern, kann alternativ oder zusätzlich auch auf dem Material der ersten Mantelschicht 4 eine metallische Kontaktschicht 14

5 aufgebracht werden, wie in den Figuren 7B bis 7D gezeigt ist. Die metallische Kontaktschicht 14 kann hierbei bevorzugt eines oder mehrere Materialien ausgewählt aus Ti, Pt, Pd, Ni, Cr und Rh aufweisen oder daraus sein. Die metallische Kontaktschicht 14 kann beispielsweise auf dem Material der

10 ersten Mantelschicht 4 aufgebracht und mit diesem strukturiert werden, so dass die Kontaktschicht 14 nur auf den ersten Bereichen 41 angeordnet sein kann, wie in Figur 7B gezeigt ist. Die erste Mantelschicht 4 und insbesondere die ersten Bereiche 41 können auch ganz oder teilweise von der

15 Kontaktschicht 14 bedeckt und umschlossen sein, wie in Figur 7C gezeigt ist, wodurch ein noch geringerer Serienwiderstand erreicht werden kann. Wird die Kontaktschicht 14 gezielt nur auf einigen bestimmten Bereichen 41 der ersten Mantelschicht 4 angebracht, wie in Figur 7D gezeigt ist, kann dadurch die

20 Stromeinprägung noch feiner eingestellt werden.

In den Figuren 8A bis 8H sind Ausführungsbeispiele für Anordnungsvarianten der Kontaktschicht 14 auf zweiten Bereichen 42 der ersten Mantelschicht 4, also in Leerstellen

25 der zweiten Mantelschicht 4 oder auf Bereichen, die sich im Hinblick auf das Material und/oder die Dicke von den ersten Bereichen 41 unterscheiden, gezeigt. Die geometrischen Ausgestaltungen entsprechend dabei den in den in Verbindung mit den Figuren 3A bis 3H beschriebenen Anordnungen.

30 Alternativ hierzu kann auch eine entsprechende Anordnung der Kontaktschicht 14 auf den ersten Bereichen 41 der ersten Mantelschicht 4 möglich sein.

Weiterhin kann die Kontaktschicht 14 auch eine zweite Struktur aufweisen, die sich von der ersten Struktur der ersten Mantelschicht 4 unterscheidet, wie in den Figuren 9A bis 9E gezeigt ist.

5

Auch wenn in den gezeigten Ausführungsbeispielen die erste Mantelschicht lediglich mit einem transparenten Material oder zwei verschiedenen transparenten Materialien beschrieben sind, können auch mehr als zwei verschiedene Materialien in entsprechenden strukturierten Bereichen vorhanden sein. Die in Verbindung mit den vorherigen Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmale gelten somit gleichermaßen auch für eine erste Mantelschicht mit mehr als zwei verschiedenen Materialien.

15

Die in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele und insbesondere die jeweils beschriebenen Merkmale sind nicht auf die in den Figuren jeweils gezeigten Kombinationen beschränkt. Vielmehr können die gezeigten Ausführungsbeispiele sowie einzelne Merkmale dieser miteinander kombiniert werden, auch wenn nicht alle Kombinationsmöglichkeiten explizit beschrieben sind. Darüber hinaus können die in den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispiele alternativ oder zusätzlich weitere Merkmale gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil aufweisen.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese 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

30

oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

	1	Substrat
	2	Halbleiterschichtenfolge
5	3	aktive Schicht
	4	erste Mantelschicht
	5	aktiver Bereich
	6	Lichtauskoppelfläche
	7	Rückseitenfläche
10	8	Licht
	9	Stegwellenleiterstruktur
	10	Stegoberseite
	11	Stegseitenfläche
	14	Kontaktschicht
15	15	Bondschicht
	19	Passivierungsmaterial
	20	Oberflächenbereich
	21	Halbleiterkontaktschicht
	22, 23	Wellenleiterschicht
20	24	zweite Mantelschicht
	41	erster Bereich
	42	zweiter Bereich
	91	laterale Richtung
	92	vertikale Richtung
25	93	longitudinale Richtung
	94, 95, 96	Abstand
	97	Breite
	100	Halbleiterlaserdiode
	241	erster Oberflächenteilbereich
30	242	zweiter Oberflächenteilbereich

Patentansprüche

1. Halbleiterlaserdiode (100) mit einer Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3), die eine Haupterstreckungsebene aufweist und die dazu eingerichtet ist, im Betrieb in einem aktiven Bereich (5) Licht (8) zu erzeugen und über eine Lichtauskoppelfläche (6) abzustrahlen, wobei sich der aktive Bereich (5) von einer der Lichtauskoppelfläche (6) gegenüberliegenden Rückseitenfläche (7) zur Lichtauskoppelfläche (6) entlang einer longitudinalen Richtung (93) in der Haupterstreckungsebene erstreckt, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) einen Oberflächenbereich (20) aufweist, auf dem in unmittelbarem Kontakt eine erste Mantelschicht (4) aufgebracht ist, wobei die erste Mantelschicht (4) ein transparentes Material aus einem von der Halbleiterschichtenfolge (2) verschiedenen Materialsystem aufweist und wobei die erste Mantelschicht (4) strukturiert ist und eine erste Struktur aufweist.
2. Halbleiterlaserdiode (100) nach Anspruch 1, wobei im Betrieb der Halbleiterlaserdiode (100) das im aktiven Bereich (5) erzeugte Licht (8) in die erste Mantelschicht (4) reicht.
3. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) ein transparentes leitendes Oxid aufweist.

4. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) zumindest zwei unterschiedliche transparente leitende Oxide aufweist.

5

5. Halbleiterlaserdiode (100) nach dem vorherigen Anspruch, wobei die zumindest zwei unterschiedlichen transparenten leitenden Oxide in einem alternierenden Schichtenstapel auf dem Oberflächenbereich (20) aufgebracht sind.

10

6. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei

- der Oberflächenbereich (20) zumindest einen ersten Oberflächenteilbereich (241) und zumindest einen unmittelbar daran angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich (242) aufweist,

15

- die erste Mantelschicht (4) im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine Leerstelle aufweist, die durch eine Öffnung oder Lücke gebildet wird,

20

- in der Leerstelle ein metallisches Material aufgebracht ist und

- das metallische Material in der Leerstelle bis zum Oberflächenbereich (20) der Halbleiterschichtenfolge (2) reicht und in direktem Kontakt mit der Halbleiterschichtenfolge (2) steht.

25

7. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei auf zumindest einem Bereich (41, 42) der ersten Mantelschicht (4) ein metallisches Material aufgebracht ist.

30

8. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der Ansprüche 6 und 7, wobei das metallische Material durch eine

metallische Kontaktschicht (14) und/oder durch eine Bondschicht (15) gebildet wird.

9. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der Ansprüche 6
5 bis 8, wobei die metallische Kontaktschicht (14) strukturiert ist und eine zweite Struktur aufweist und die erste und zweite Struktur voneinander verschieden sind.
- 10 10. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial basiert.
11. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen
15 Ansprüche, wobei der Oberflächenbereich (20) zumindest einen ersten Oberflächenteilbereich (241) und zumindest einen unmittelbar daran angrenzenden zweiten Oberflächenteilbereich (242) aufweist und wobei die erste Mantelschicht (4)
20 - im ersten Oberflächenteilbereich (241) eine erste Dicke und im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine zweite Dicke aufweist, wobei die erste Dicke größer als die zweite Dicke ist,
und/oder
25 - im ersten Oberflächenteilbereich (241) ein erstes Material und im zweiten Oberflächenteilbereich (242) ein zweites Material aufweist, wobei das erste und zweite Material voneinander verschieden sind.
- 30 12. Halbleiterlaserdiode (100) nach Anspruch 11, wobei die erste Mantelschicht (4) im zweiten Oberflächenteilbereich (242) eine Leerstelle aufweist, die durch eine Öffnung oder Lücke gebildet wird.

13. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) eine Mehrzahl von ersten Bereichen (41) aufweist, zwischen denen als Leerstellen ausgebildete zweite Bereiche (42) vorhanden sind.
5
14. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) eine Mehrzahl von Bereichen (41, 42) aufweist, die als longitudinal oder transversal verlaufende Streifen ausgebildet sind.
10
15. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Mantelschicht (4) eine Mehrzahl von Bereichen (41, 42) aufweist, die inselförmig ausgebildet sind.
15
16. Halbleiterlaserdiode (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) eine Stegwellenleiterstruktur (9) mit einer Stegobenseite (10) und daran angrenzenden Stegseitenflächen (11) aufweist und der Oberflächenbereich (20) durch die Stegobenseite (10) gebildet wird.
20

FIG 1C

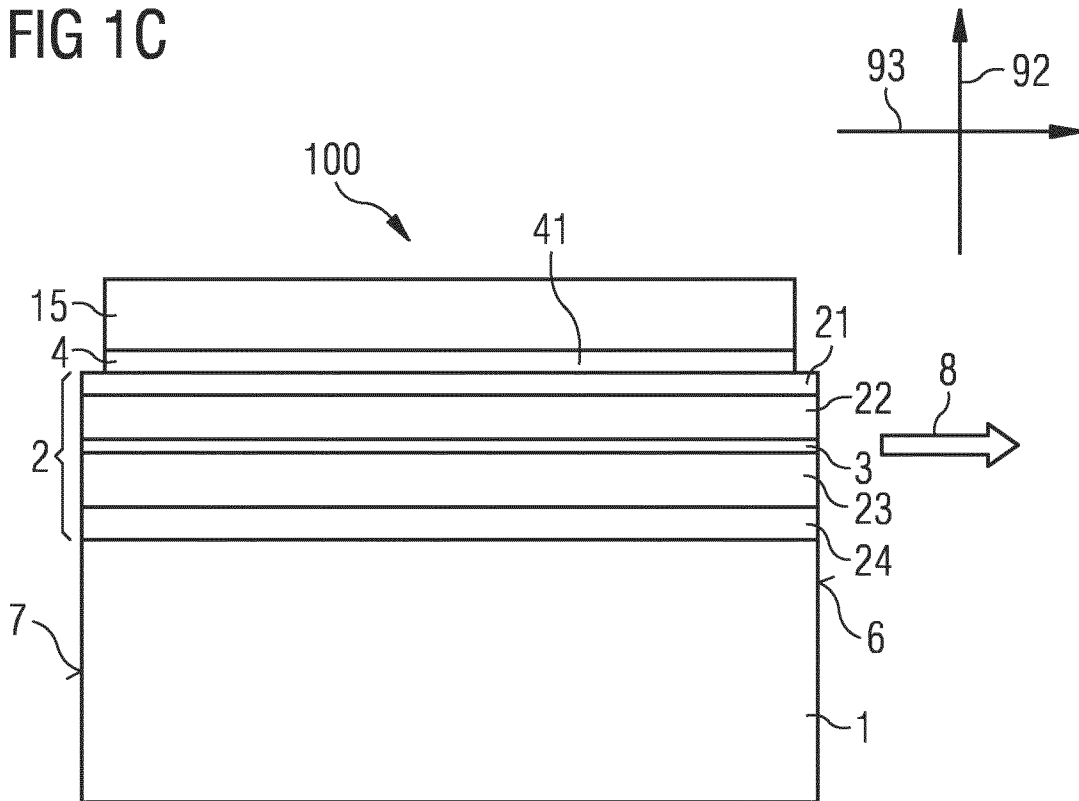


FIG 1D

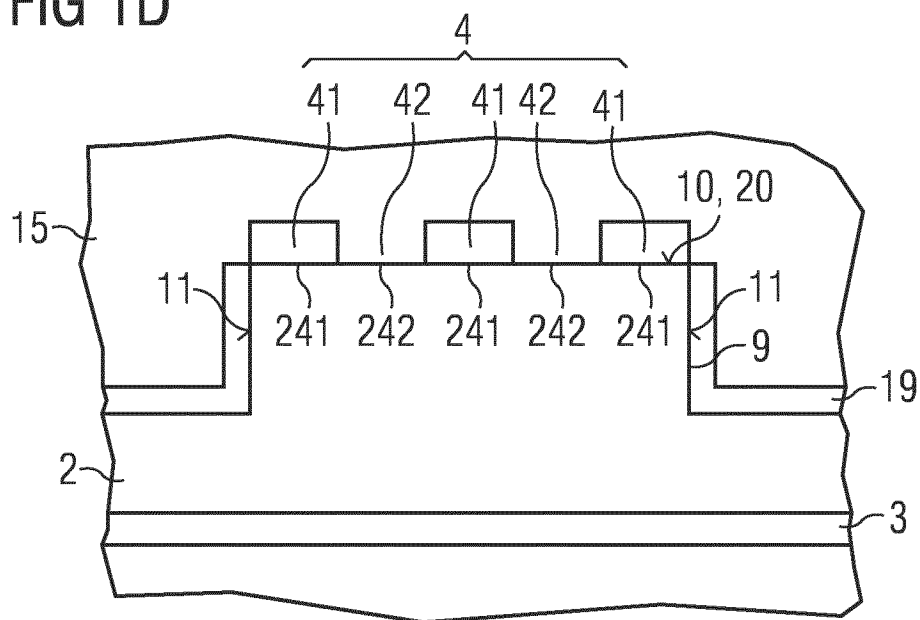


FIG 1E

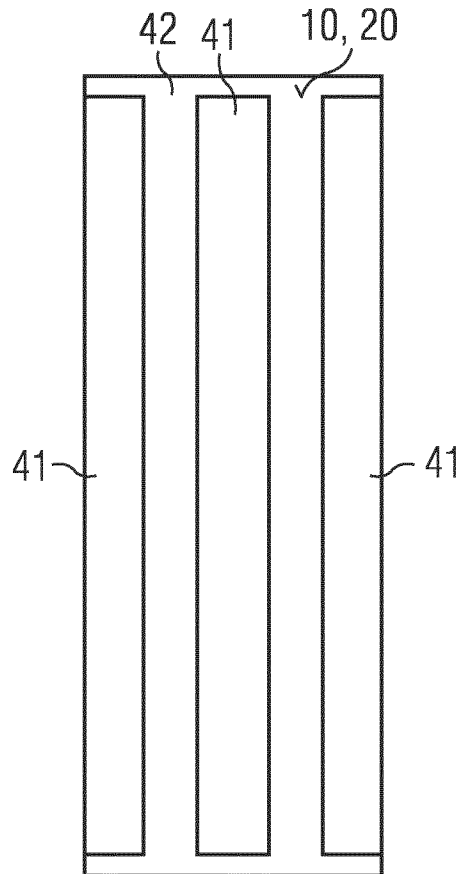


FIG 2A

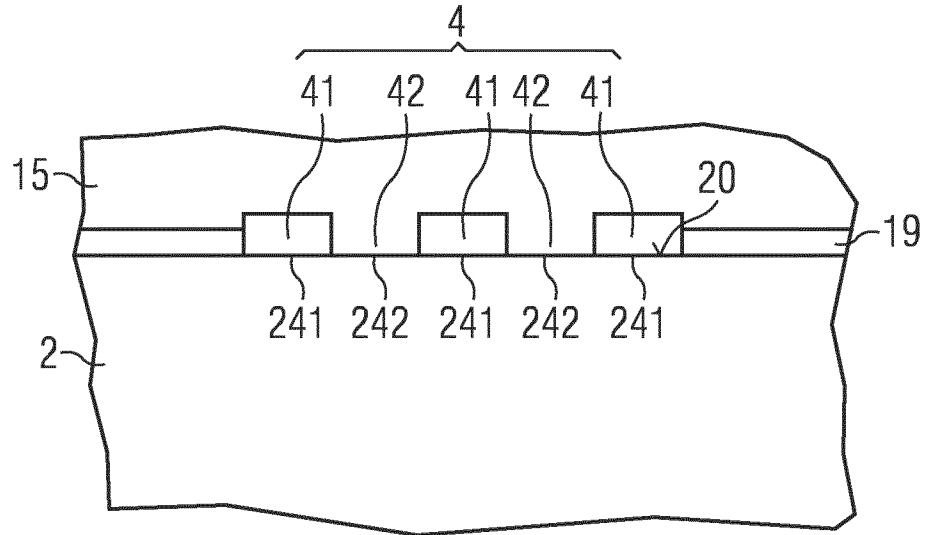


FIG 2B

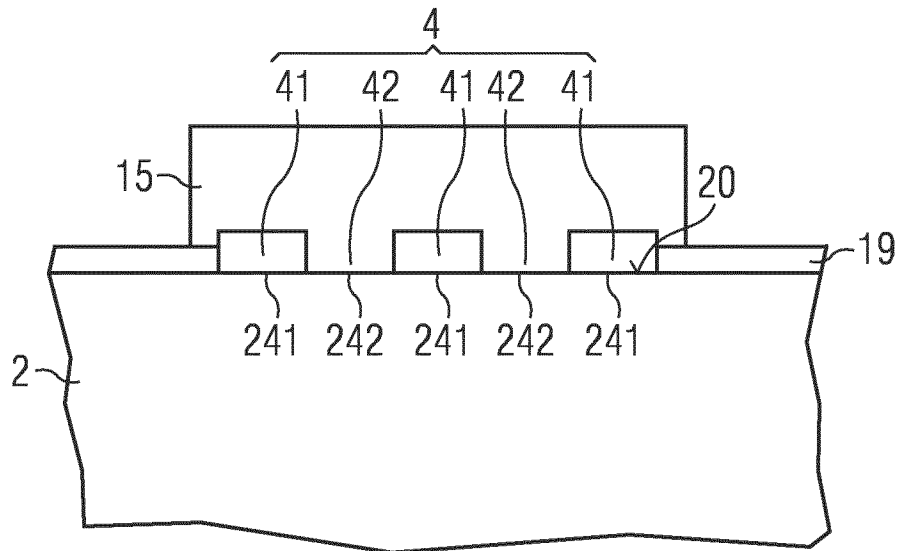


FIG 3A

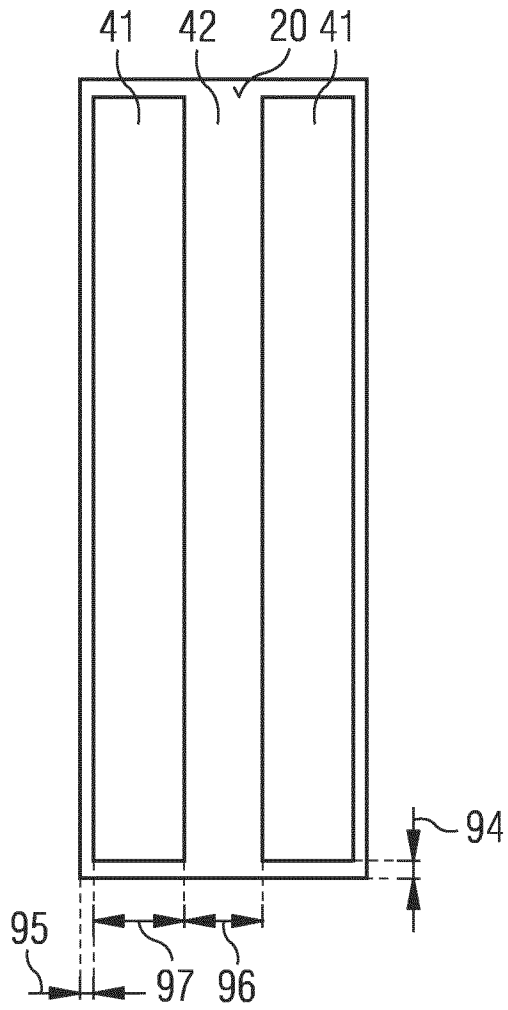


FIG 3B

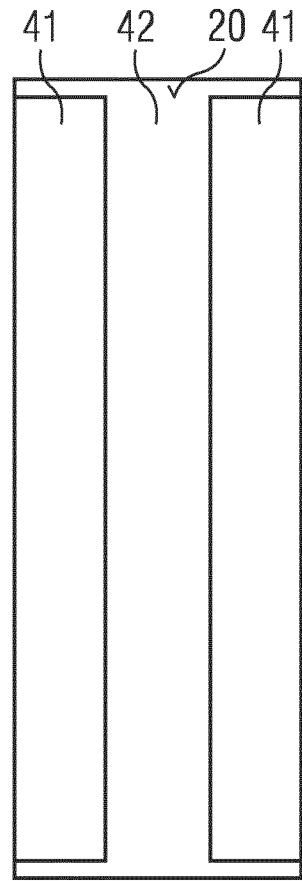


FIG 3C

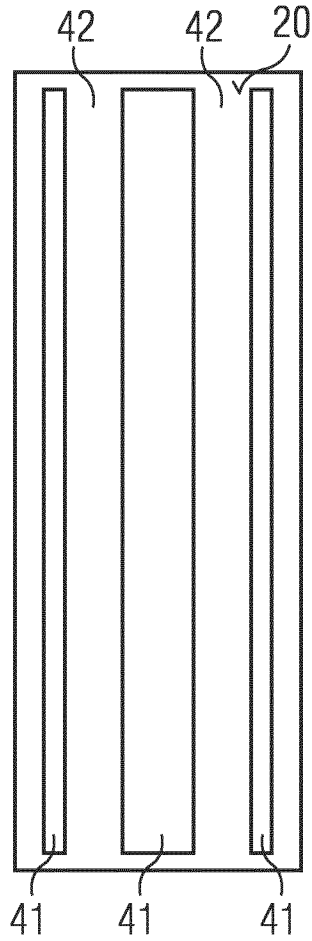


FIG 3D

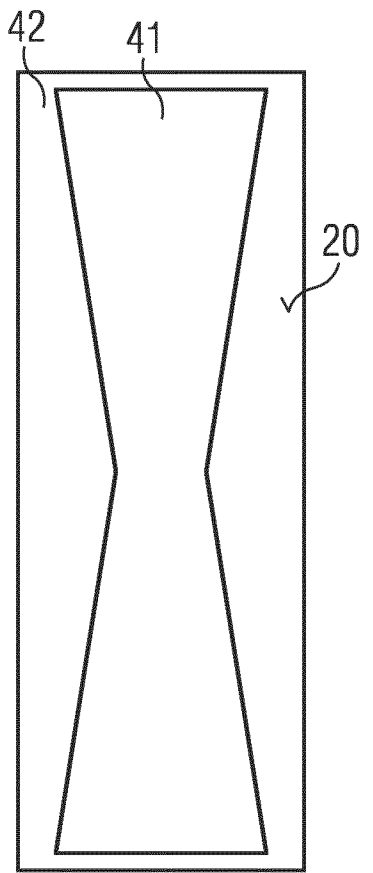


FIG 3E

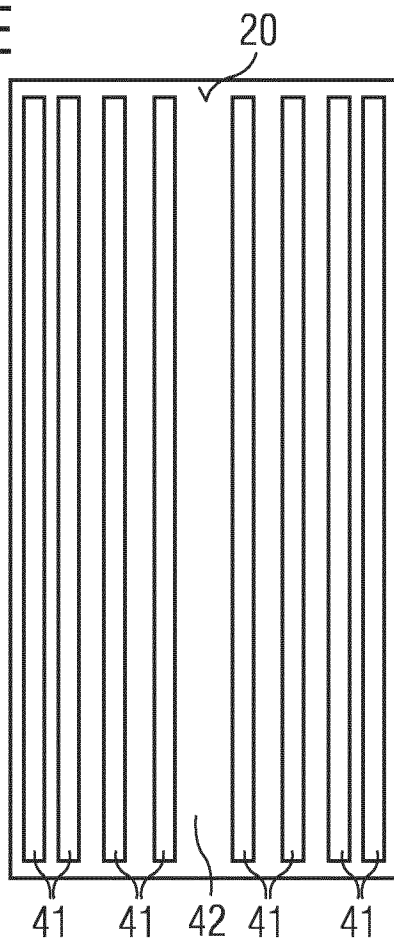


FIG 3F

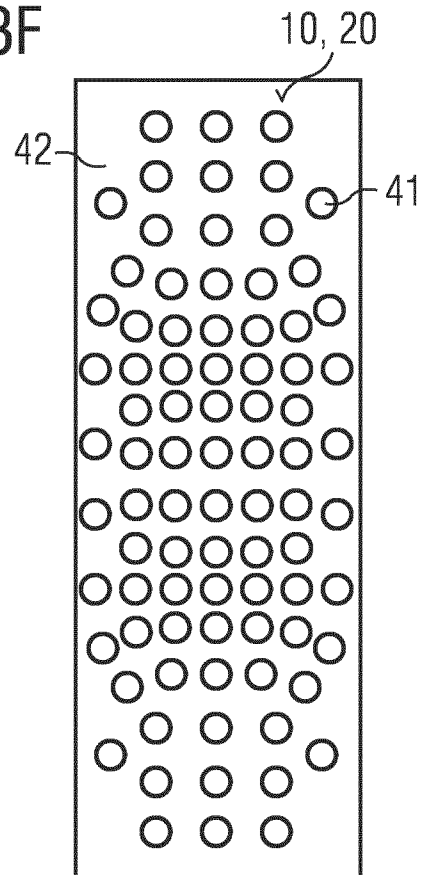


FIG 3G

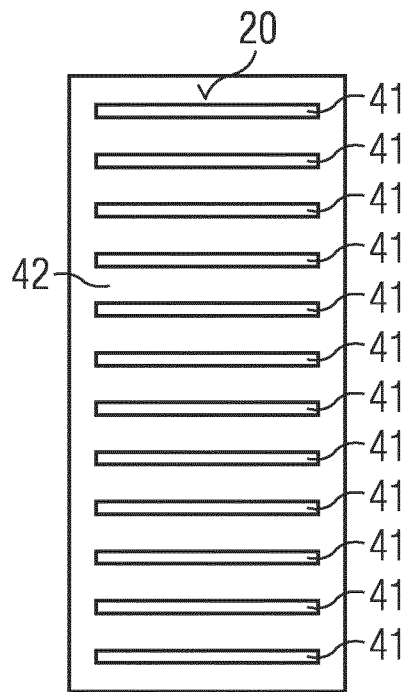


FIG 3H

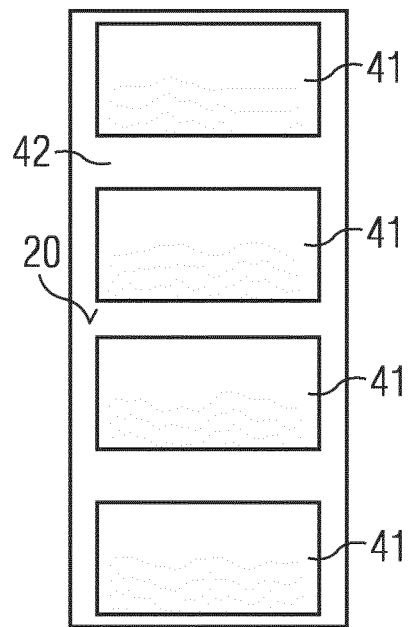


FIG 4A

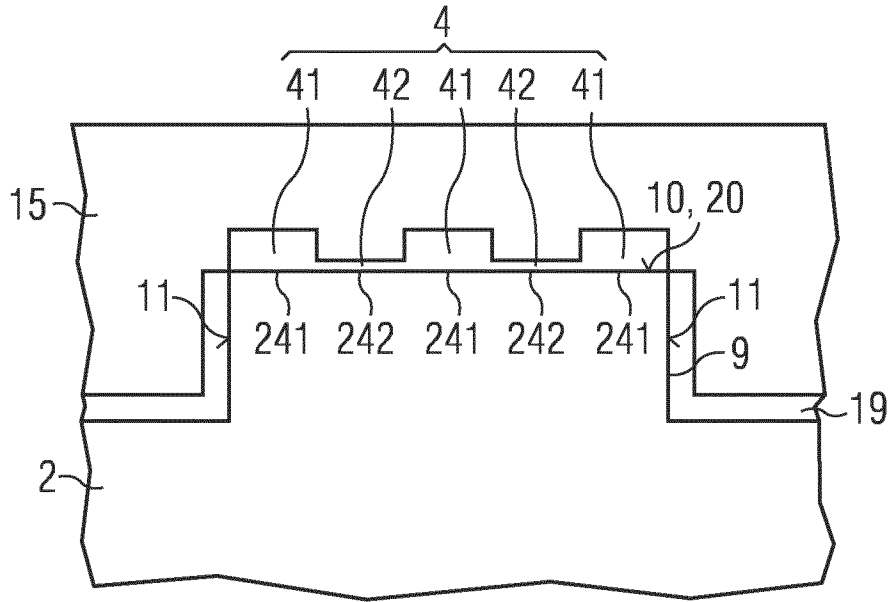


FIG 4B

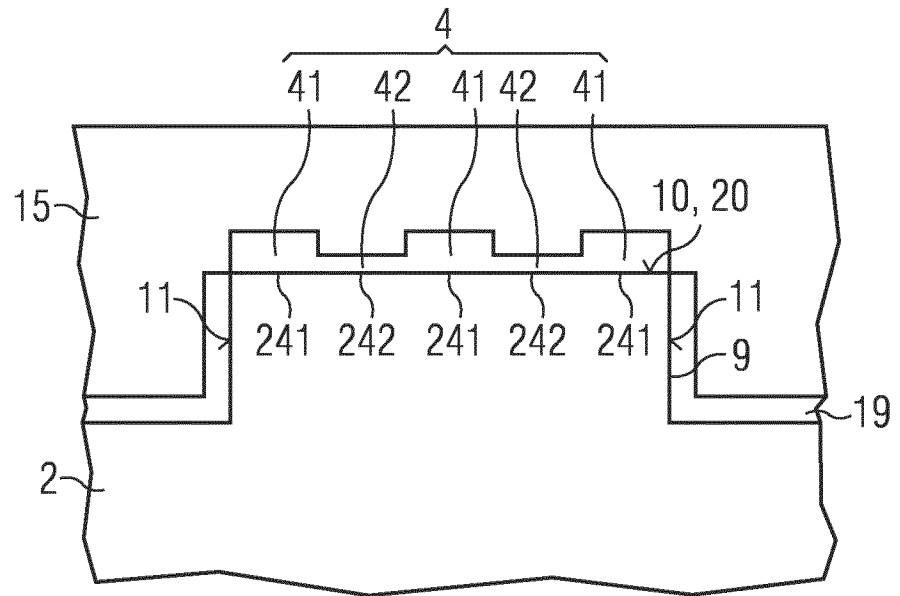


FIG 4C

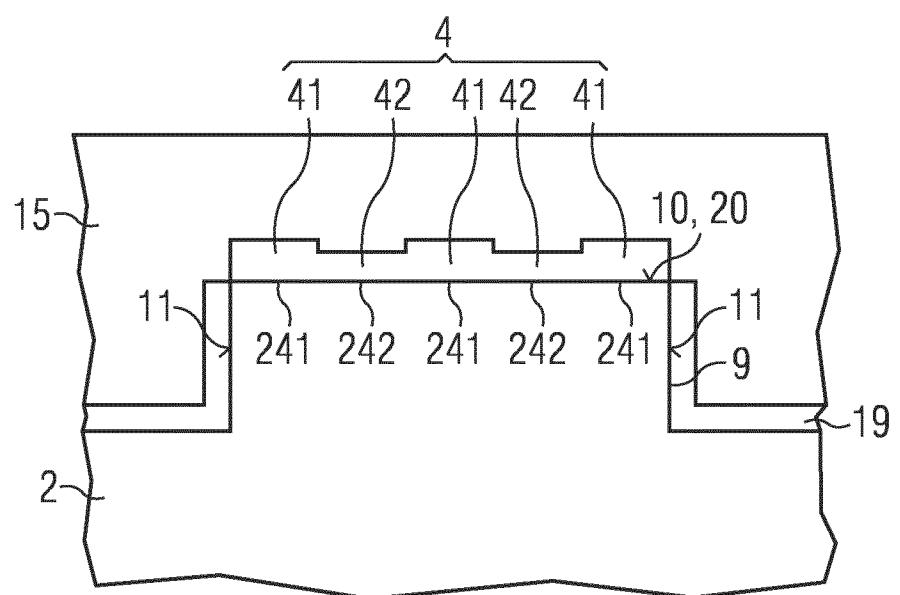


FIG 5A

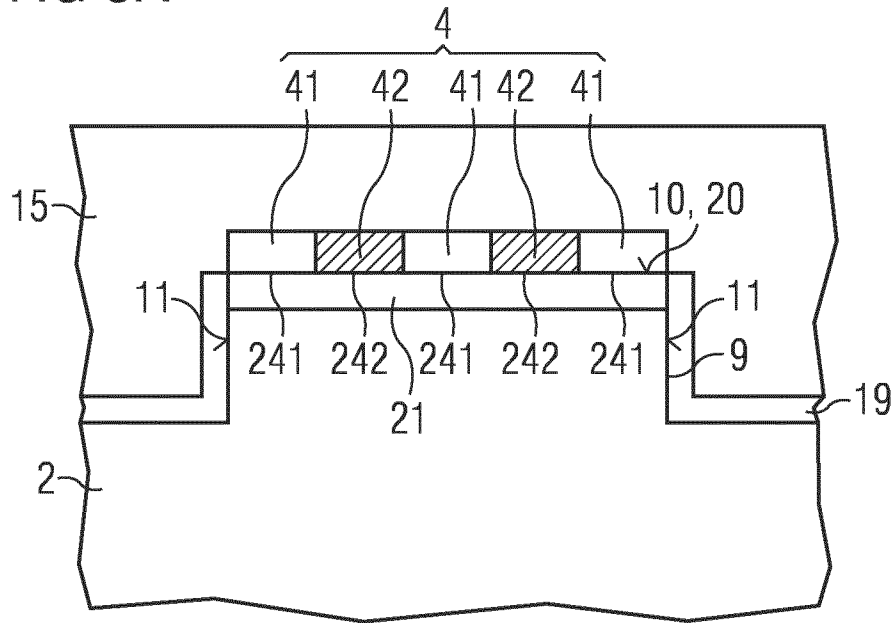


FIG 5B

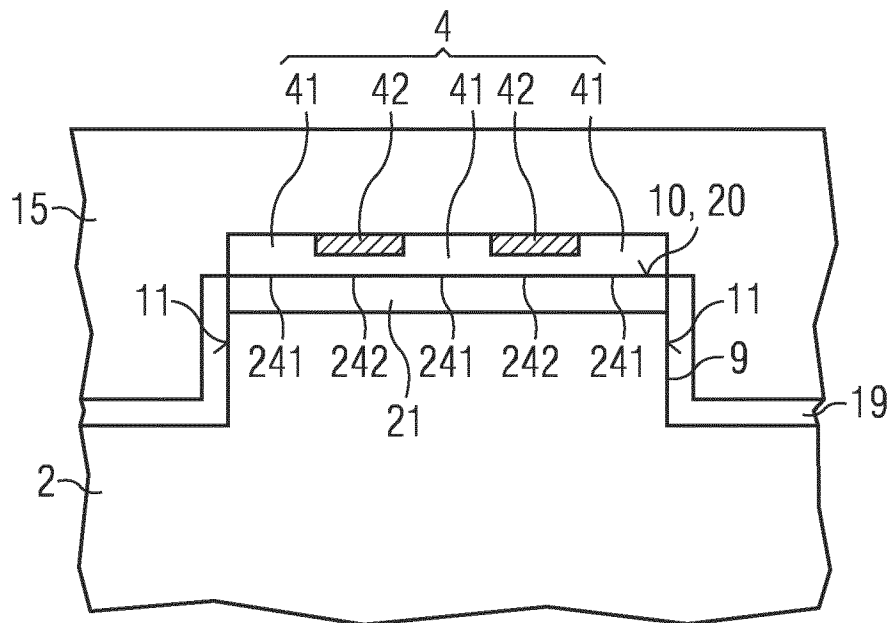


FIG 6A

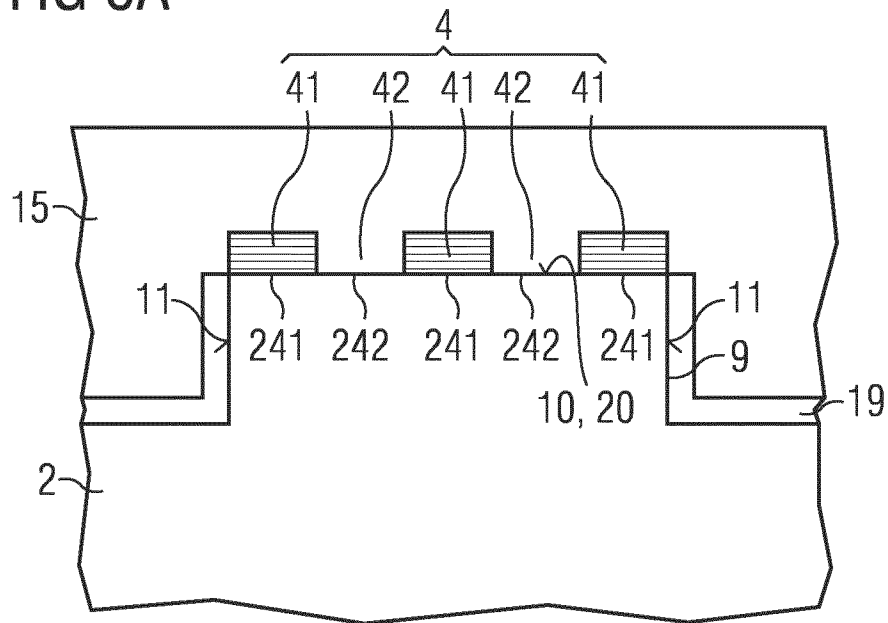


FIG 6B

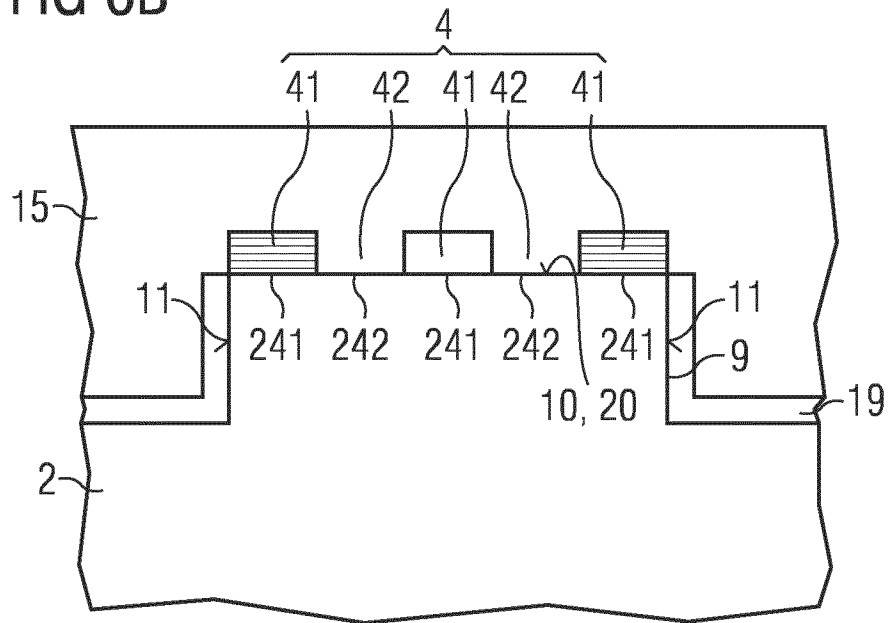


FIG 7D

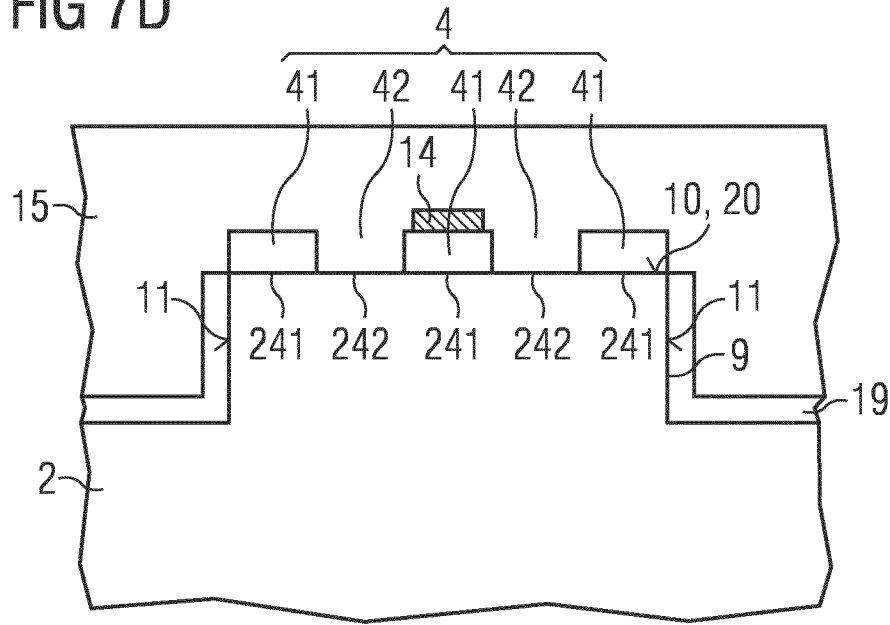


FIG 8A

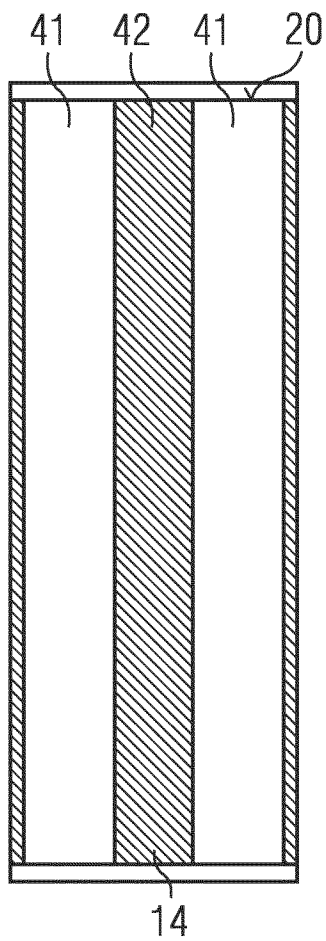


FIG 8B

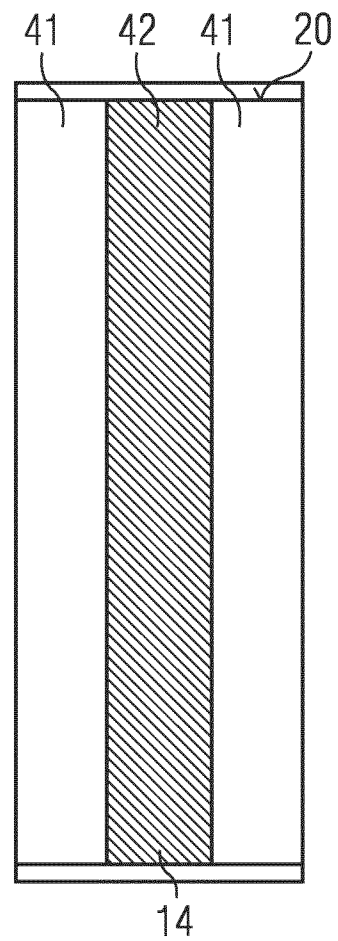


FIG 8C

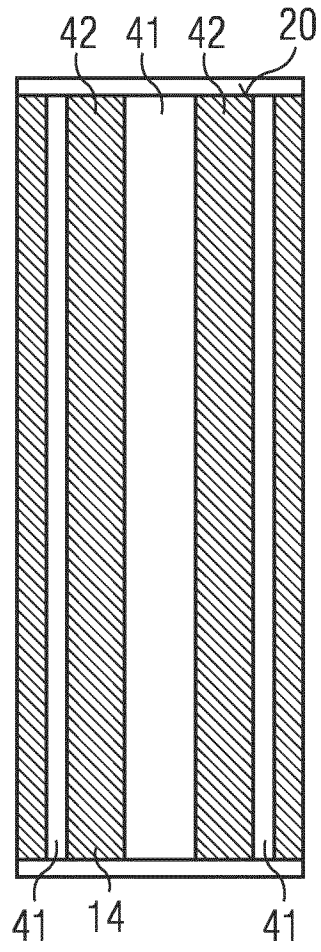


FIG 8D

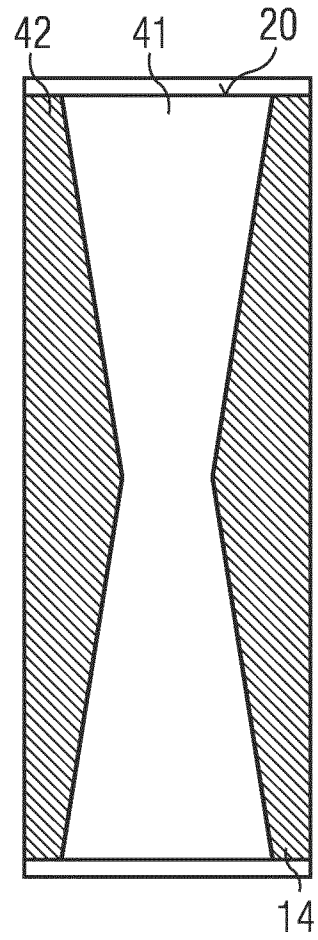


FIG 8E

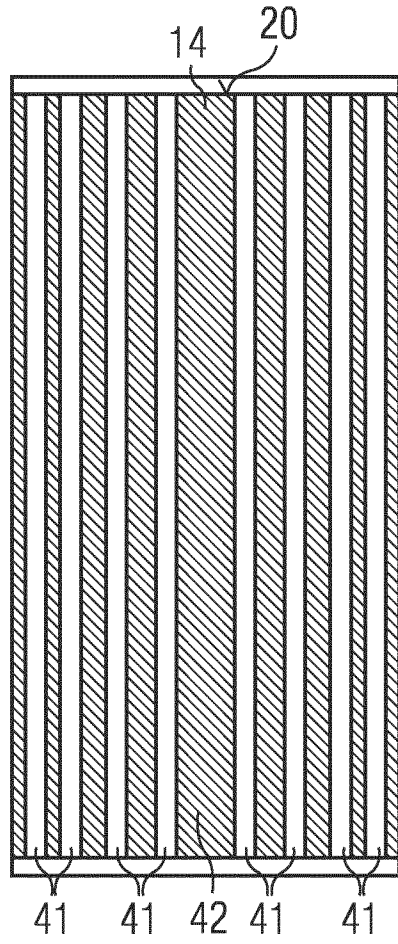


FIG 8F

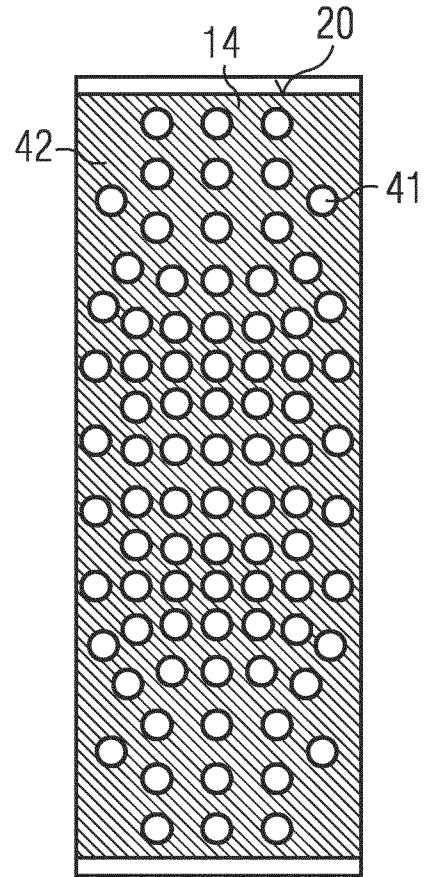


FIG 8G

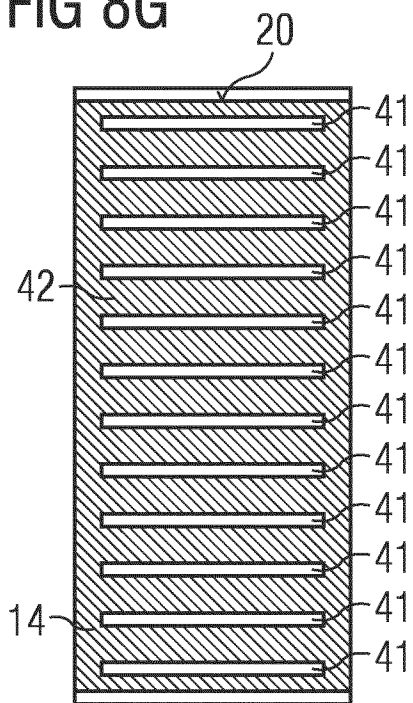


FIG 8H

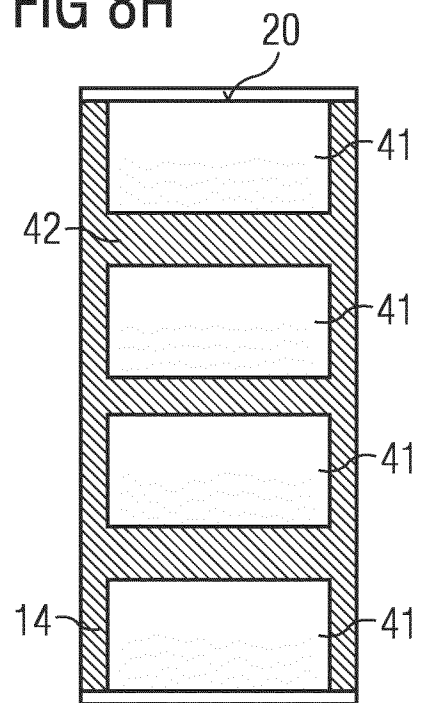


FIG 9A

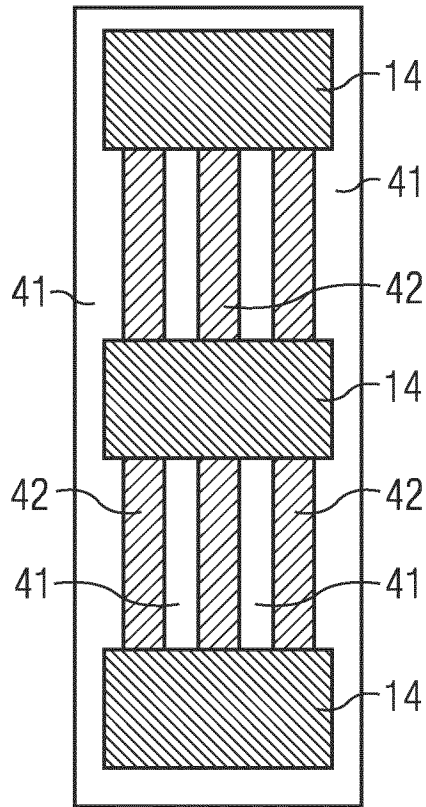


FIG 9B

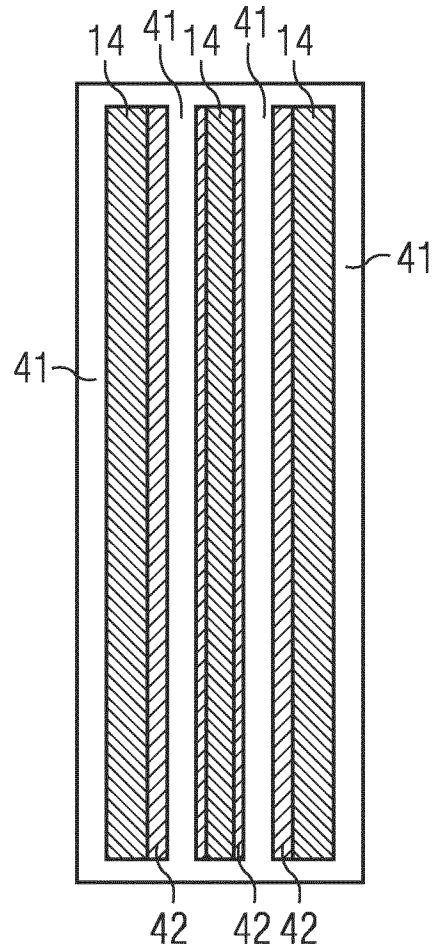


FIG 9C

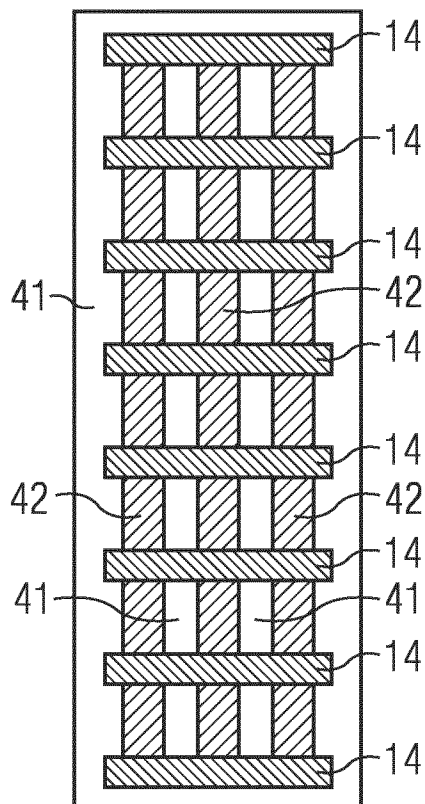


FIG 9D

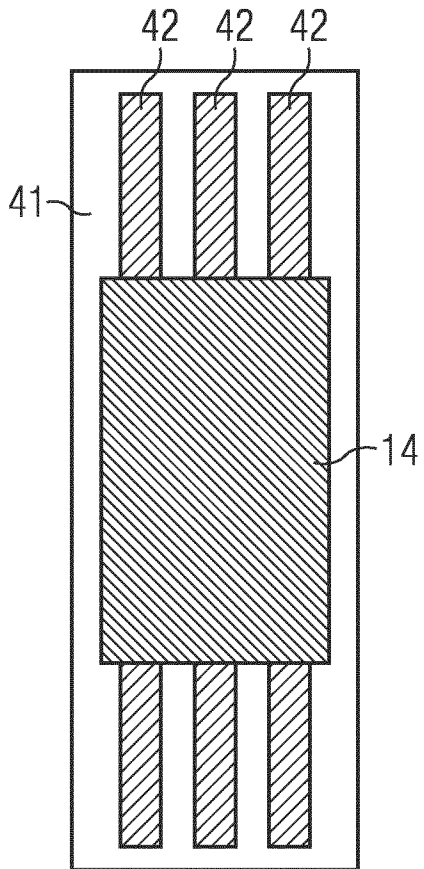
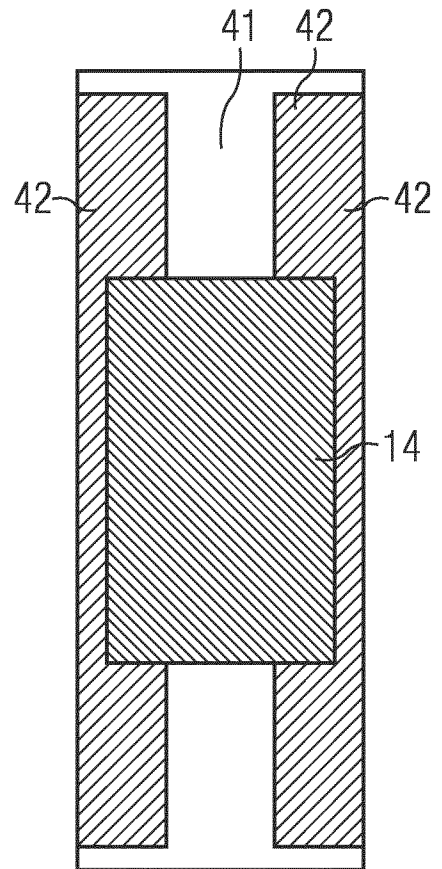


FIG 9E



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/065185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H01S 5/042</i> (2006.01)i; <i>H01S 5/22</i> (2006.01)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	WO 2017055287 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 06 April 2017 (2017-04-06) page 13; figures 1,2	1-16
X	US 2011260202 A1 (LUTGEN STEPHAN [DE] ET AL) 27 October 2011 (2011-10-27) paragraph [0072]; figures 7, 4	1,13-16
X	KR 100945993 B1 (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 09 March 2010 (2010-03-09) paragraph [0023]; figure 1	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 16 August 2018		Date of mailing of the international search report 24 August 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 Flierl, Patrik Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/065185

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2017055287	A1	06 April 2017	CN	108352678	A	31 July 2018
				DE	102015116336	A1	30 March 2017
				WO	2017055287	A1	06 April 2017
US	2011260202	A1	27 October 2011	DE	102008035784	A1	11 February 2010
				EP	2313934	A1	27 April 2011
				TW	201013993	A	01 April 2010
				US	2011260202	A1	27 October 2011
				WO	2010012266	A1	04 February 2010
KR	100945993	B1	09 March 2010	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01S5/042 H01S5/22
 ADD.

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	WO 2017/055287 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 6. April 2017 (2017-04-06) Seite 13; Abbildungen 1,2 -----	1-16
X	US 2011/260202 A1 (LUTGEN STEPHAN [DE] ET AL) 27. Oktober 2011 (2011-10-27) Absatz [0072]; Abbildungen 7, 4 -----	1,13-16
X	KR 100 945 993 B1 (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 9. März 2010 (2010-03-09) Absatz [0023]; Abbildung 1 -----	1



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

16. August 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/08/2018

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

Flierl, Patrik

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/065185

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2017055287 A1	06-04-2017	CN 108352678 A DE 102015116336 A1 WO 2017055287 A1	31-07-2018 30-03-2017 06-04-2017

US 2011260202 A1	27-10-2011	DE 102008035784 A1 EP 2313934 A1 TW 201013993 A US 2011260202 A1 WO 2010012266 A1	11-02-2010 27-04-2011 01-04-2010 27-10-2011 04-02-2010

KR 100945993 B1	09-03-2010	KEINE	
