(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
17. September 2020 (17.09.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/182545 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 33/06 (2010.01) *H01L 33/02* (2010.01)
H01L 33/00 (2010.01) *H01L 33/14* (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/055574

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. März 2020 (03.03.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 106 419.8
13. März 2019 (13.03.2019) DE

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

(72) Erfinder: **GOMEZ-IGLESIAS, Alvaro**; Stadtamhof 13, 93059 Regensburg (DE). **HIRAI, Asako**; Weingasse 6, 93047 Regensburg (DE).

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

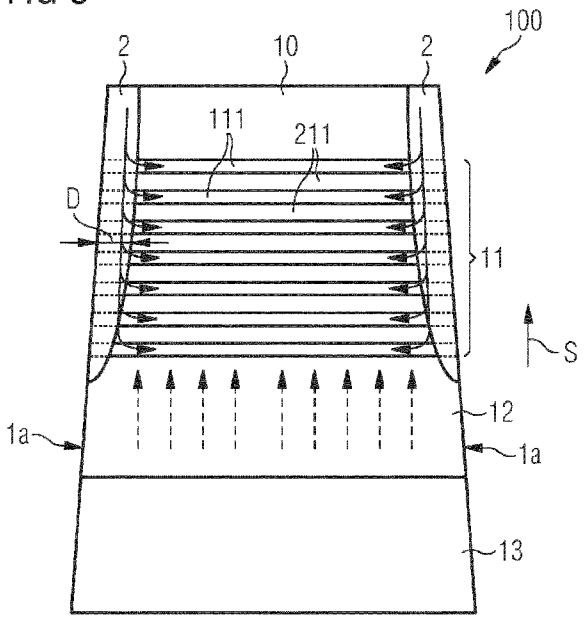
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, 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,

WO 2020/182545 A1

(54) **Title:** OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP AND METHOD FOR PRODUCING AN OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP

(54) **Bezeichnung:** OPTOELEKTRONISCHER HALBLEITERCHIP UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERCHIPS

FIG 5



(57) **Abstract:** An optoelectronic semiconductor chip (100), comprising – a semiconductor layer sequence (1) having a first layer (10), a second layer (12) and an active layer (11) arranged between the first layer (10) and the second layer (12), and at least one injection region (2), wherein – the first layer (10) has a first conductivity type, – the second layer (12) has a second conductivity type, – the semiconductor layer sequence (1) has the first conductivity type within the entire injection region (2), wherein – the injection region (2), proceeding from the first layer (10), penetrates at least partly through the active layer (11), – side surfaces (1a) of the semiconductor layer sequence (1) are formed by the injection region (2) at least in places, and – the injection region (2) is provided for injecting charge carriers directly into the active layer (11).

(57) **Zusammenfassung:** Optoelektronischer Halbleiterchip (100), aufweisend - eine Halbleiterschichtenfolge (1) mit einer ersten Schicht (10), einer zweiten Schicht (12) und einer zwischen der ersten Schicht (10) und der zweiten Schicht (12) angeordneten aktiven Schicht (11), und zumindest einen Injektionsbereich (2), wobei - die erste Schicht (10) einen ersten Leitfähigkeitstyp aufweist, - die zweite Schicht (12) einen zweiten Leitfähigkeitstyp aufweist, - die Halbleiterschichtenfolge (1) innerhalb des gesamten Injektionsbereichs (2) den ersten Leitfähigkeitstyp aufweist, wobei - der Injektionsbereich (2) ausgehend von der ersten Schicht (10) die aktive Schicht (11) zumindest teilweise durchdringt, - Seitenflächen (1a) der Halbleiterschichtenfolge (1) zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich (2) gebildet sind, und - der Injektionsbereich (2) dazu vorgesehen ist Ladungsträger direkt in die aktive Schicht (11) zu injizieren.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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

OPTOELEKTRONISCHER HALBLEITERCHIP UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERCHIPS

Es wird ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben. Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen optoelektronischen Halbleiterchip anzugeben, bei dem die Injektion von Ladungsträgern in die aktive Schicht besonders effektiv ist. Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen optoelektronischen Halbleiterchips anzugeben.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip eine Halbleiterschichtenfolge mit einer ersten Schicht, einer zweiten Schicht und einer zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordneten aktiven Schicht. Die aktive Schicht ist dazu eingerichtet, im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung zu emittieren oder zu absorbieren und dann beispielsweise in ein elektronisches oder optisches Signal umzuwandeln. Die erste Schicht weist einen ersten Leitfähigkeitstyp auf und die zweite Schicht weist einen zweiten Leitfähigkeitstyp auf. Bei dem ersten Leitfähigkeitstyp kann es sich beispielsweise um eine p-Leitfähigkeit einer p-dotierten Schicht handeln, die Löcher als Ladungsträger aufweist. Bei dem zweiten Leitfähigkeitstyp kann es sich um eine n-Leitfähigkeit einer n-dotierten Schicht handeln, die Elektronen als Ladungsträger aufweist. Alternativ können die beiden Schichten aber auch umgekehrt

oder gleich dotiert sein, beispielsweise n- oder p-dotiert. Der Leitfähigkeitstyp bezieht sich hier und im Folgenden auf die Majoritätsladungsträger, also Elektronen in n-dotierten Schichten und Löcher in p-dotierten Schichten.

Unter der ersten und/oder zweiten Schicht kann dabei insbesondere auch jeweils eine Schichtenfolge aus mehreren einzelnen Schichten verstanden werden. Beispielsweise umfasst die erste Schicht alle Halbleiterschichten zwischen einer ersten Hauptseite der Halbleiterschichtenfolge und der aktiven Schicht. Die zweite Schicht kann beispielsweise alle Schichten zwischen einer der ersten Hauptseite gegenüberliegenden zweiten Hauptseite der Halbleiterschichtenfolge und der aktiven Schicht umfassen.

Die Halbleiterschichtenfolge basiert zum Beispiel auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich beispielsweise um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, insbesondere basieren alle Schichten der Halbleiterschichtenfolge auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, wie $Al_nIn_{1-n-m}Ga_mN$, oder um ein Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial, wie $Al_nIn_{1-n-m}Ga_mP$, oder auch um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial, wie $Al_nIn_{1-n-m}Ga_mAs$ oder $Al_nIn_{1-n-m}Ga_mAsP$, wobei jeweils $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $m + n \leq 1$ ist. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P, angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen

weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können. Bevorzugt basiert die Halbleiterschichtenfolge auf AlInGaN.

Die aktive Schicht der Halbleiterschichtenfolge beinhaltet insbesondere wenigstens einen pn-Übergang und/oder mindestens eine Quantentopfstruktur. Beispielsweise weist die aktive Schicht eine Quantentopfstruktur auf der Basis von AlGaInN auf. Eine von der aktiven Schicht im Betrieb erzeugte Strahlung liegt insbesondere im Spektralbereich zwischen einschließlich 400 nm und 800 nm.

Insbesondere ist Halbleiterschichtenfolge auf einem Träger aufgebracht. Der Träger kann dabei auf einer der ersten Schicht abgewandten oder zugewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht sein. Insbesondere kann der Träger das Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge oder ein im Nachhinein aufgebrachter Hilfsträger sein. Der Träger dient insbesondere zur Stabilisierung und zum mechanischen Tragen der Halbleiterschichtenfolge. Beispielsweise ist der Halbleiterchip dann selbsttragend als Oberflächenemitter oder Volumenemitter ausgebildet. Möglich ist zum Beispiel, dass der Halbleiterchip ein Saphirchip oder ein Dünnfilmchip ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Halbleiterschichtenfolge innerhalb des Injektionsbereichs derart dotiert, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge den ersten Leitfähigkeitstyp aufweist. Der Injektionsbereich ist also ein dotierter Teilbereich der Halbleiterschichtenfolge, beispielsweise ein p-dotierter Bereich, wenn die erste Schicht ebenfalls p-dotiert ist. Insbesondere sind die erste

Schicht sowie die Injektionsbereiche p-dotiert und weisen Löcher als ersten Leitfähigkeitstyp auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform durchdringt der Injektionsbereich ausgehend von der ersten Schicht die aktive Schicht zumindest teilweise.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich gebildet. Die Seitenflächen verlaufen quer zur Haupterstreckungsebene der Halbleiterschichtenfolge. Beispielsweise sind die Seitenflächen beim Vereinzeln eines im Verbund hergestellten Halbleiterchips entstanden. Die Seitenflächen können nach außen freiliegende Flächen der Halbleiterschichtenfolge sein. Insbesondere sind alle Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge zumindest teilweise mit dem Material des Injektionsbereichs gebildet. Beispielsweise sind die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge ausschließlich mit dem Material des Injektionsbereichs und dem Material der zweiten Schicht gebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform gelangen im Betrieb des Halbleiterchips Ladungsträger zumindest teilweise von der ersten Schicht in die Injektionsbereiche und der Injektionsbereich ist dazu vorgesehen Ladungsträger direkt in die aktive Schicht zu injizieren. Die Injektionsbereiche und die daran angrenzende aktive Schicht befinden sich also in direktem elektrischem Kontakt miteinander, und sind durch keine weiteren Schichten, wie Isolationsschichten, voneinander beabstandet und elektrisch isoliert.

In mindestens einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip eine Halbleiterschichtenfolge mit einer ersten Schicht, einer zweiten Schicht und einer zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordneten aktiven Schicht, die im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung absorbiert oder emittiert. Die erste Schicht weist einen ersten Leitfähigkeitstyp auf und die zweite Schicht weist einen zweiten Leitfähigkeitstyp auf. In dem Halbleiterchip ist ein Injektionsbereich vorhanden, wobei die Halbleiterschichtenfolge innerhalb des Injektionsbereichs derart dotiert ist, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge den ersten Leitfähigkeitstyp aufweist. Dabei durchdringt der Injektionsbereich ausgehend von der ersten Schicht die aktive Schicht zumindest teilweise. Ferner sind Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich gebildet. Im Betrieb des Halbleiterchips gelangen Ladungsträger zumindest teilweise von der ersten Schicht in den Injektionsbereich und der Injektionsbereich ist dazu vorgesehen Ladungsträger direkt in die aktive Schicht zu injizieren.

Dem hier beschriebenen Halbleiterchip liegt unter anderem die Erkenntnis zugrunde, dass die interne Quanteneffizienz, insbesondere von Nitrid-basierten LEDs, durch die Mobilität von Löchern in der aktiven Schicht begrenzt ist. Die Mobilität der Löcher wird unter anderem häufig durch die Barrierenhöhe zwischen Quantentöpfen und Barriereschichten innerhalb der aktiven Schicht begrenzt. Aber auch das Auftreten von Polarisationsladungen hemmt die Mobilität der Löcher.

Beim hier beschriebenen Halbleiterchip wird unter anderem von der Idee Gebrauch gemacht, die aktive Schicht im Bereich der Seitenfläche der Halbleiterschichtenfolge zumindest teilweise zu dotieren, und so Injektionsbereiche zu bilden. Dadurch können im Betrieb Ladungsträger, vor allem Löcher, von der ersten Schicht in den Injektionsbereich gelangen können und von dort aus effektiv in die aktive Schicht, insbesondere über die gesamte Dicke der aktiven Schicht, injiziert werden. Bei der Verwendung von einer Multiquantentopfstruktur wird dadurch ermöglicht, dass in alle Quantentöpfe bevorzugt gleichmäßig Ladungsträger injiziert werden.

Zusätzlich ermöglicht das zumindest stellenweise Bilden der Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge durch den Injektionsbereich, dass sich überwiegend Ladungsträger eines Ladungsträgertyps, also entweder Löcher oder Elektronen, in der Nähe der Seitenfläche der Halbleiterschichtenfolge bewegen. Vorteilhafterweise wird dadurch nichtstrahlende Rekombination von Ladungsträgern aufgrund von parasitären Oberflächeneffekten, welche verstärkt an den Seitenflächen auftreten können, reduziert. Das erhöht die Effizienz des gesamten Halbleiterchips.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Halbleiterschichtenfolge in der aktiven Schicht eine geringere Dotierstoffkonzentration als im Injektionsbereich auf. Insbesondere ist die Halbleiterschichtenfolge in der aktiven Schicht weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich. Der Injektionsbereich ist also in lateraler Richtung durch einen Übergang von einem dotierten Bereich in einen weniger oder entgegengesetzt dotierten Bereich begrenzt oder definiert.

Bevorzugt unterscheidet sich jeder Injektionsbereich von der übrigen, an den Injektionsbereich angrenzenden Halbleiterschichtenfolge, insbesondere von der angrenzenden aktiven Schicht, lediglich durch die Dotierstoffkonzentration oder die Dotierungsart. Die Materialzusammensetzung der Halbleiterschichtenfolge und der Injektionsbereiche sind, bis auf die Konzentration des Dotierstoffes, dann zum Beispiel identisch.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist jeder Injektionsbereich eine Dotierstoffkonzentration von zumindest 10^{18} oder zumindest 10^{19} oder zumindest 10^{20} oder zumindest 10^{21} Dotieratomen pro cm^3 auf und die Dotierstoffkonzentration innerhalb der aktiven Schicht außerhalb des Injektionsbereichs ist höchstens ein Zehntel, bevorzugt höchstens ein Hundertstel oder entgegengesetzt als im den Injektionsbereich. Eine solche Dotierstoffkonzentration liegt bevorzugt innerhalb des gesamten Injektionsbereichs vor. Bei GaN-basierten Halbleitermaterialien ist die aktive Schicht beispielsweise leicht n-dotiert, der Injektionsbereich ist dann bevorzugt p-dotiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind zumindest 50% der Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge durch den Injektionsbereich gebildet. Insbesondere sind zumindest 70%, bevorzugt zumindest 90% der Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge durch den Injektionsbereich gebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge durch mehrere nicht zusammenhängende Injektionsbereiche gebildet. Beispielsweise

umfasst der Halbleiterchip mehrere Injektionsbereiche, die jeweils unterschiedliche Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge bilden. Insbesondere weist der Halbleiterchip pro Seitenfläche der Halbleiterschichtenfolge einen Injektionsbereich auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die aktive Schicht eine Quantentopfstruktur mit zumindest einer oder mehreren Quantentopfschichten auf. Zwischen zwei in Stapelrichtung benachbarten Quantentopfschichten ist dann beispielsweise jeweils zumindest eine Barriereschicht angeordnet. Dabei sind die Bandlücken zwischen Valenzband und Leitungsband im Bereich der Quantentopfschicht kleiner als im Bereich der Barriereschicht und des Injektionsbereichs. Über die Breite der Quantentopfschicht und die in der Quantentopfschicht auftretende Bandlücke kann die Wellenlänge der Strahlung eingestellt werden, die bei der Rekombination innerhalb der Quantentopfschicht emittiert wird. Die Haupterstreckungsrichtungen der Barriereschichten und der Quantentopfschichten verlaufen dabei im Wesentlichen parallel zu der Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht. Die Breite ist senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung gemessen.

Durch das Vorhandensein des Injektionsbereichs innerhalb der Quantentopfstruktur wird im Betrieb beispielsweise ermöglicht, dass die Injektion von Ladungsträgern aus der ersten Schicht gleichmäßig auf alle Quantentopfschichten erfolgt und dadurch die Quanteneffizienz des Bauelements verglichen zu Bauelementen ohne Injektionsbereiche erhöht ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Barriereschicht entlang der Stapelrichtung des

Halbleiterschichtenstapels eine Dicke von zumindest 1 nm, bevorzugt zumindest 3 nm, besonders bevorzugt zumindest 6 nm, auf. Insbesondere ist die Barriereschicht dazu eingerichtet Verspannungen zwischen unterschiedlichen Schichten des Halbleiterschichtenstapels zu kompensieren. Durch eine verringerte Verspannung der Schichten wird eine besonders hohe Materialqualität der Schichten des Halbleiterschichtenstapels ermöglicht. Vorteilhafterweise weisen die Schichten des Halbleiterschichtenstapels eine geringe Dichte von Defekten und eine besonders homogene Materialzusammensetzung innerhalb der einzelnen Schichten auf.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform verjüngt sich der Injektionsbereich von der ersten Schicht in Richtung der zweiten Schicht, durchdringt die aktive Schicht vollständig und ragt zumindest teilweise in die zweite Schicht hinein. Bevorzugt ragen die Injektionsbereiche dabei zumindest 50 nm oder zumindest 100 nm oder zumindest 150 nm in die zweite Schicht hinein. Alternativ oder zusätzlich ragen die Injektionsbereiche höchstens 300 nm oder höchstens 250 nm oder höchstens 200 nm in die zweite Schicht hinein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform verjüngt sich der Injektionsbereich von der ersten Schicht in Richtung der zweiten Schicht, und weist eine Dicke zwischen einschließlich 50 nm und 5 µm, bevorzugt zwischen 100 nm und 200 nm, auf. Dabei wird die Dicke des Injektionsbereichs senkrecht zur Seitenfläche 1a von der Seitenfläche 1a bis zur aktiven Schicht 11 gemessen Beispielsweise beträgt die Flächenbelegungsdichte des Injektionsbereichs oder aller Injektionsbereiche zusammen entlang der gesamten aktiven Schicht zumindest 0,5 % oder zumindest 1 % oder zumindest 2

%. Alternativ oder zusätzlich beträgt die Flächenbelegungsdichte höchstens 30 % oder höchstens 10 % oder höchstens 3 %. Durch die Wahl einer solchen Flächenbelegungsdichte wird auf der einen Seite eine effektive Injektion der Ladungsträger in die aktive Schicht ermöglicht, andererseits bleibt genug Fläche der aktiven Schicht frei von Injektionsbereichen, um eine hohe Lichtausbeute zu garantieren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Dotierstoffkonzentration konstant innerhalb eines jeden gesamten Injektionsbereichs. Konstant heißt in diesem Zusammenhang, dass die Dotierstoffkonzentration im Rahmen der Herstellungstoleranzen um höchstens +/- 5% um eine mittlere Dotierstoffkonzentration im Injektionsbereich schwankt. Alternativ kann die Dotierstoffkonzentration innerhalb des Injektionsbereichs von der Seitenfläche der Halbleiterschichtenfolgesenkrecht zur Seitenfläche in Richtung des Inneren des Halbleiterchips kontinuierlich abnehmen. Auch ein Gradient der Dotierstoffkonzentration senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht ist denkbar. Beispielsweise nimmt die Dotierstoffkonzentration dann in Richtung weg von der ersten Schicht innerhalb des Injektionsbereichs ab.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Halbleiterchip entlang der Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht eine Ausdehnung von maximal 20 µm, bevorzugt maximal 10 µm, auf. Insbesondere weisen die Halbleiterchips in Draufsicht auf deren Haupterstreckungsebene vieleckige, insbesondere viereckige, Kontur auf. Dabei beträgt die Kantenlänge der Kontur maximal 20 µm, bevorzugt maximal 10 µm. Bei Halbleiterchips mit einer besonders kleinen

Ausdehnung, insbesondere mit einer besonders kleinen Kantenlänge, ist das Flächenverhältnis von Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge zu der Summe nach außen freiliegender Flächen der Halbleiterschichtenfolge besonders groß. Die Seitenflächen verlaufen quer zur Haupterstreckungsebene der aktiven Schicht der Halbleiterschichtenfolge, weshalb parasitäre Effekte, welche zu nichtstrahlender Rekombination von Ladungsträgern führen, vermehrt an den Seitenflächen auftreten. Mittels des Injektionsbereichs, welcher zumindest teilweise die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge bildet, wird die nichtstrahlende Rekombination an den Seitenflächen reduziert, da im Injektionsbereich überwiegend Ladungsträger eines Typs geleitet werden. Somit wird, besonders bei Halbleiterchips mit kleinen Abmessungen, die Effizienz mittels der Injektionsbereiche gesteigert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform alterniert eine Indiumkonzentration im Injektionsbereich entlang der Stapelrichtung. Insbesondere ist der Injektionsbereich mit der Halbleiterschichtenfolge überlagert. Das heißt die Halbleiterschichtenfolge ist zunächst vollständig gewachsen, erst nach dem Wachstum werden über einen Dotierprozess die Injektionsbereiche eingebracht. Dies hat insbesondere zur Folge, dass der geometrische Verlauf vor allem der aktiven Schicht nicht durch die Position und die Form der Injektionsbereiche beeinflusst ist. Die Injektionsbereiche sind also dotierte Teilbereiche innerhalb der Halbleiterschichtenfolge, die mit der Halbleiterschichtenfolge überlagert sind. Die Materialzusammensetzung der Halbleiterschichtenfolge und des Injektionsbereichs können, bis auf die Konzentration des Dotierstoffes, zum Beispiel identisch sein.

Alternativ unterscheiden sich Injektionsbereich und aktive Schicht in ihrer Indiumkonzentration. Beispielsweise weisen die alternierend angeordneten Barriere- und Quantentopfschichten voneinander verschiedene Indiumkonzentrationen auf. Diese alternierende Indiumkonzentration kann im Injektionsbereich zumindest teilweise erhalten bleiben. Folglich weisen der Injektionsbereich und die aktive Schicht eine entlang der Stapelrichtung alternierende Indiumkonzentration auf, wobei sich die Änderungsrate mit welcher die Indiumkonzentration alterniert im Injektionsbereich und in der aktiven Schicht unterscheidet.

Durch den hohen Dotierungsgrad kann die Konzentration von wesentlichen Bestandteilen des Kristallgitters innerhalb des Injektionsbereichs, im Vergleich zu in lateraler Richtung an den Injektionsbereich angrenzende Schichten der Halbleiterschichtenfolge, verändert sein. Insbesondere kann es durch den Dotierprozess und die erhöhte Dotierstoffkonzentration im Injektionsbereich zum Abwandern oder Zuwandern von wesentlichen Bestandteilen des Kristallgitters, wie zum Beispiel von Indium in einer AlInGaN Halbleiterschichtenfolge, kommen. Dieser Prozess wird Intermixing genannt. Der maximale Indiumgehalt innerhalb eines Injektionsbereiches ist dann gegenüber dem Indiumgehalt der angrenzenden Schichten der Halbleiterschichtenfolge erhöht oder reduziert, zum Beispiel um zumindest 10% oder 50%.

Da Injektionsbereiche nach dem Wachstum der Halbleiterschichtenfolge mittels Dotierung hergestellt sind, sind auch im Mittel die Positionen der Injektionsbereiche

unkorreliert zu Positionen von etwaigen Kristallstörungen innerhalb der Halbleiterschichtenfolge. Solche Kristallstörungen können beispielsweise in Form von Gitterversetzungen vorliegen. Gitterversetzungen entstehen zum Beispiel beim Wachstum der Halbleiterschichtenfolge aufgrund der Gitterkonstantenanpassung an das Aufwachssubstrat. Bevorzugt sind diese Kristallstörungen oder Gitterversetzungen rein statistisch verteilt, weisen also keine regelmäßige geometrische Anordnung innerhalb der Halbleiterschichtenfolge auf.

Bei GaN-basierten Halbleitermaterialien beträgt die Gitterversetzungsdichte beim Wachstum auf einem Saphir-Substrat typischerweise 10^7 bis 10^9 pro cm^2, beim Wachstum auf einem GaN-Substrat kann die Gitterversetzungsdichte aber einige Größenordnungen geringer sein.

Insbesondere bei Nitrid-basierten Halbleitermaterialien treten aufgrund solcher Gitterversetzungen in der aktiven Schicht V-förmige Einkerbungen, so genannte V-Pits oder V-Defekte, auf. Solche Einkerbungen in der aktiven Schicht haben typischerweise Tiefen senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht von zumindest 30 nm oder zumindest 100 nm.

Bei dem hier beschriebenen Halbleiterchip stehen bevorzugt diese beim Wachstum der Halbleiterschichtenfolge entstehenden V-Pits in keinerlei Korrelation zu Injektionsbereichen. Das heißt, die Position der V-Pits ist im Mittel unkorreliert zur Position der Injektionsbereiche.

Insbesondere ist die Wahrscheinlichkeit einer Gitterversetzung der Halbleiterschichtenfolge, insbesondere

ein V-Pit, innerhalb eines Injektionsbereichs vorzufinden, höchstens 50 % oder höchstens 10 % oder höchstens 1 %.

Beispielsweise verläuft die aktive Schicht innerhalb zumindest 50 % oder zumindest 90 % oder zumindest 99 % der Injektionsbereiche durchgehend planar. Durchgehend planar heißt in diesem Zusammenhang, dass die aktive Schicht innerhalb des gesamten Injektionsbereichs keine Stufen oder Strukturen oder Einkerbungen aufweist, deren Tiefe senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht mehr als 10 nm oder mehr als 20 nm beträgt. Alternativ oder zusätzlich ist im Mittel mindestens 50 % oder 90 % oder 99 % der Fläche der aktiven Schicht innerhalb eines jeden Injektionsbereichs planar ausgebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Halbleiterchip entlang der Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht eine Ausdehnung von zumindest 3 µm, bevorzugt zumindest 20 µm, auf und weist zumindest einen zusätzlichen Injektionsbereich auf, wobei der zusätzliche Injektionsbereich lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht umgeben ist.

In Querschnittsansicht bei einem Schnitt entlang der aktiven Schicht kann der zusätzliche Injektionsbereich beispielsweise kreisförmige, ovale, hexagonale oder rechteckige Querschnittsformen aufweisen. In dieser Ansicht ist der zusätzliche Injektionsbereich bevorzugt vollständig und unterbrechungsfrei von der aktiven Schicht umrandet.

Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben. Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung eines hier

beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips. Das heißt, sämtliche in Verbindung mit dem optoelektronischen Halbleiterchip offenbarten Merkmale sind auch für das Verfahren offenbart und umgekehrt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips einen Schritt A auf, in dem eine Halbleiterschichtenfolge einer ersten Schicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordneten aktiven Schicht bereitgestellt wird, wobei im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung von der aktiven Schicht absorbiert oder emittiert wird.

In einem darauffolgenden Schritt B wird die Halbleiterschichtenfolge dann in zumindest einem lateral definierten und lateral begrenzten Injektionsbereich gezielt dotiert. Dabei wird im Schritt B derart dotiert, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht aufweist. Bevorzugt durchdringt der so entstehende Injektionsbereich ausgehend von der ersten Schicht die aktive Schicht zumindest teilweise. Nach dem Dotieren im Schritt B ist die aktive Schicht weniger oder entgegengesetzt dotiert als im Injektionsbereich.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips einen Schritt C auf, in dem die Halbleiterschichtenfolge mittels Durchtrennen der Halbleiterschichtenfolge entlang von imaginären Durchtrennungslinien zu mindestens einem Hableiterchip vereinzelt wird. Dabei verlaufen die

Durchtrennungslinien zumindest teilweise durch den Injektionsbereich und nach dem Vereinzeln sind Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich gebildet. Insbesondere sind die Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge durch das Vereinzeln entstanden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform bildet nach dem Verfahrensschritt B) und vor dem Verfahrensschritt C) der Injektionsbereich ein regelmäßiges Gitter oder eine Vielzahl von Injektionsbereichen ist entlang den Gitterlinien eines regelmäßigen Gitters angeordnet. Insbesondere sind die Injektionsbereiche matrixartig oder hexagonal entlang der aktiven Schicht verteilt. Die Anordnung der Injektionsbereiche entlang der aktiven Schicht ist also bevorzugt nicht willkürlich, sondern folgt einem Muster und ist periodisch oder regelmäßig.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird vor dem Schritt B) eine Maske auf die der aktiven Schicht abgewandte Seite der ersten Schicht aufgebracht. Die Maske weist dabei bevorzugt zumindest eine Öffnung auf, in der die Halbleiterschichtenfolge freigelegt ist. Die Dotierung erfolgt durch einen Ionen-Implantationsprozess im Bereich der Öffnung, wobei mittels der Maske die Dotierung lateral definiert und lateral begrenzt wird.

Bereiche der Halbleiterschichtenfolge außerhalb der Öffnung sind von der Maske überdeckt. Beim Ionen-Implantationsprozess werden Dotieratome von einer der aktiven Schicht abgewandten Seite der Maske auf die Maske geschossen. Eine Dotierung der Halbleiterschichtenfolge erfolgt dann im Bereich der Öffnung, bevorzugt ausschließlich im Bereich der Öffnung. Die

Dotierung unterhalb der Maske wird durch die Maske bevorzugt unterdrückt, insbesondere vollständig unterdrückt.

Für die Produktion der Maske kann zunächst eine Maskenschicht auf die Halbleiterschichtenfolge aufgebracht werden. Anschließend wird die Maske beispielsweise mittels eines Lithografieverfahrens, wie einem Stepper-Verfahren oder einem Nanoprägelithografieverfahren, strukturiert und dabei die zumindest eine Öffnung in der Maskenschicht erzeugt.

Die Maske weist beispielsweise ein Metall, wie Gold, Silber, Aluminium, Titan oder Stahl, auf oder besteht daraus. Auch ist denkbar, dass die Maske aus einem Fotolack gebildet ist oder einen Fotolack aufweist.

Nach dem Ionenimplantationsprozess zur Dotierung des Injektionsbereichs kann die Halbleiterschichtenfolge einem thermischen Ausheilungsprozess ausgesetzt werden. Bei diesem Ausheilungsprozess können sich einige Störstellen oder Gitterdefekte, die durch den Ionenimplantationsprozess erzeugt werden, zurückbilden beziehungsweise ausheilen. Dadurch kann wiederum die optische Effizienz des Halbleiterchips erhöht werden. Für den Ausheilungsprozess wird die Halbleiterschichtenfolge beispielsweise auf eine Temperatur von zumindest 1000 °C aufgeheizt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Halbleiterschichtenfolge vor dem Schritt A auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsen, wobei zunächst die zweite Schicht, dann die aktive Schicht und dann die erste Schicht aufgewachsen wird. Anschließend folgt die Dotierung der Halbleiterschichtenfolge im Schritt B von einer dem Aufwachssubstrat abgewandten Seite, beispielsweise mittels

Ionenimplantation. Nach dem Schritt B wird dann beispielsweise ein Hilfsträger auf die dem Aufwachssubstrat abgewandte Seite der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht und das Aufwachssubstrat abgelöst. Auf diese Weise kann beispielsweise ein Dünnfilmhalbleiterchip mit den oben genannten Injektionsbereichen hergestellt werden. Alternativ kann aber auch das Aufwachssubstrat in dem Halbleiterchip verbleiben und auf einen Hilfsträger verzichtet werden. Auf diese Weise könnte beispielsweise ein Volumenhalbleiterchip wie ein Saphirchip erzeugt werden. Bei dem Aufwachssubstrat kann es sich beispielsweise um ein Silizium- oder GaAs- oder GaN- oder SiC- oder Saphiraufwachssubstrat handeln.

Nachfolgend wird ein hier beschriebener optoelektronischer Halbleiterchip sowie ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips unter Bezugnahme auf Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Es zeigen:

Figuren 1, 2, 3 und 4 Ausführungsbeispiele für Verfahrensschritte zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips in Querschnittsansicht,

Figuren 5, 7 und 9 Ausführungsbeispiele eines optoelektronischen Halbleiterchips in Querschnittsansicht,

Figuren 6A, 6B und 6C Ausführungsbeispiele von Masken zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips in Draufsicht, und

Figuren 8 und 10 Ausführungsbeispiele eines optoelektronischen Halbleiterchips in Draufsicht.

In den Ausführungsbeispielen der Figur 1 bis 4 sind verschiedene Verfahrensschritte eines hier beispielhaft beschriebenen Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips 100 gezeigt. Der Halbleiterchips 100 wird dabei jeweils in Querschnittsansicht betrachtet.

In Figur 1 ist eine Querschnittsansicht durch eine Halbleiterschichtenfolge 1, welche in einem Verfahrensschritt A), bereitgestellt wird. Die Halbleiterschichtenfolge 1 ist auf einem Träger 13 angeordnet. Die Halbleiterschichtenfolge 1 kann beispielsweise auf einer Hauptseite des Trägers 13 aufgewachsen sein. Der Träger 13 ist beispielsweise das Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge 1. Bei dem Träger 13 handelt es sich beispielsweise um einen Saphirträger, die Halbleiterschichtenfolge 1 basiert beispielsweise auf AlInGaN.

Die Halbleiterschichtenfolge 1 umfasst eine erste Schicht 10, aus einem Material eines ersten Leitfähigkeitstyps, eine aktive Schicht 11 und eine zweite Schicht 12, aus einem Material eines zweiten Leitfähigkeitstyps, wobei die aktive Schicht 11 zwischen der ersten Schicht 10 und der zweiten Schicht 12 angeordnet ist und die zweite Schicht 12 dem

Träger 13 zugewandt ist. Vorliegend ist die erste Schicht 10 beispielsweise p-dotiert, die zweite Schicht 12 beispielsweise n-dotiert. Die aktive Schicht 11 kann undotiert oder zum Beispiel leicht n-dotiert sein.

Die erste Schicht 10 weist eine Dicke senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der Halbleiterschichtenfolge von höchstens 1 µm, bevorzugt höchstens 0,5 µm auf. Die Dicke der zweiten Schicht 12 liegt bevorzugt im Bereich zwischen einschließlich 3 µm und 6 µm. Die Dicke der aktiven Schicht 11 beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 50 nm und 200 nm und kann beispielsweise zwei bis zehn Quantentopfschichten 111 aufweisen.

In Figur 2 ist zunächst eine Halbleiterschichtenfolge 1 auf einem Träger 13 bereitgestellt. Die Reihenfolge der einzelnen Schichten der Halbleiterschichtenfolge 1 entspricht dabei der Reihenfolge aus der Figur 1. Auf eine dem Träger 13 abgewandte Seite der ersten Schicht 10 ist außerdem eine Maske 3, beispielsweise aus einem Metall, wie Aluminium oder Silber oder Gold, aufgebracht. Die Maske 3 weist ferner Öffnungen 30 auf, in dem die dem Träger 13 abgewandte Seite der Halbleiterschichtenfolge 1 freiliegt. Der Rest der Halbleiterschichtenfolge 1 ist mit der Maske 3 bedeckt.

Ferner illustrieren die Pfeile in Figur 3A den Start eines Ionenimplantationsprozesses, bei dem beispielsweise ionisierte Magnesiumatome auf eine dem Träger 13 abgewandte Seite der Maske 3 geschossen werden. Im Bereich der Öffnungen 30 wird in einem Verfahrensschritt B) ein lateral definierter und lateral begrenzter Injektionsbereich 2 mittels Dotierung der Halbleiterschichtenfolge 1 ausgebildet.

In Figur 3 ist ein Verfahrensschritt gezeigt, nachdem der Dotiervorgang beendet ist. Insbesondere wurde in diesem Ausführungsbeispiel die Dotierung mittels eines Ionenimplationsprozesses durchgeführt. Durch den Dotiervorgang ist im Bereich der Öffnungen 30 ein Injektionsbereich 2 entstanden, in dem die Halbleiterschichtenfolge 1 dotiert ist. Unterhalb der Maske 3 in Bereichen außerhalb der Öffnung 30 ist keine oder eine geringere Dotierstoffkonzentration der Halbleiterschichtenfolge 1 erfolgt. Die Maske 3 hat also die Ionen aus dem Ionenimplantationsprozess abgeschirmt oder abgefangen. Die Halbleiterschichtenfolge 1 wurde derart dotiert, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs 2 die Halbleiterschichtenfolge 1 den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht 10 aufweist, der Injektionsbereich 2 ausgehend von der ersten Schicht 10 die aktive Schicht 11 zumindest teilweise durchdringt, und die aktive Schicht 11 weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich 2.

Im gesamten Injektionsbereich 2 liegt eine Dotierstoffkonzentration von zumindest 10^{18} Dotieratomen pro cm^3 vor. In der aktiven Schicht 11 weist die Halbleiterschichtenfolge 1 eine geringere Dotierstoffkonzentration als im Injektionsbereich 2 auf. Die Dotierstoffkonzentration innerhalb der aktiven Schicht 11 außerhalb des Injektionsbereichs 2 ist zumindest eine Größenordnung, bevorzugt zumindest zwei Größenordnungen, geringer oder entgegengesetzt als im Injektionsbereich 2. Im Injektionsbereich 2 alterniert die Indiumkonzentration entlang der Stapelrichtung S.

In Figur 4 ist das gleiche Ausführungsbeispiel wie in Figur 3 gezeigt, lediglich wurde die Maske 3 nach dem Dotierprozess entfernt. Die Halbleiterschichtenfolge wird in einem Verfahrensschritt C) zu mindestens einem Halbleiterchip 100 vereinzelt. Dabei wird die Halbleiterschichtenfolge 1 entlang von imaginären Durchtrennungslinien 90 vereinzelt, wobei die Durchtrennungslinien 90 zumindest teilweise durch den Injektionsbereich 2 verlaufen, und nach dem Vereinzeln Seitenflächen 1a der Halbleiterschichtenfolge 1 zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich 2 gebildet sind.

Insbesondere werden die in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Verfahrensschritte A), B) und C) in der genannten Reihenfolge ausgeführt.

In Figur 5 ist ein Ausführungsbeispiel des Halbleiterchips 100 in Querschnittsansicht gezeigt. Ein solcher Halbleiterchip 100 kann beispielsweise mittels Verfahrensschritten A), B) und C) dargestellt sein, welche im Zusammenhang mit den Figuren 1 bis 4 skizziert sind.

Der Halbleiterchip 100 umfasst eine aktive Schicht 11, die aus einer Quantentopfstruktur mit einer Mehrzahl von Quantentopfschichten 111 und Barriereschichten 211 gebildet, die in einer Stapelrichtung S alternierend übereinander gestapelt sind. Die aktive Schicht 11 weist dabei beispielsweise eine Dicke zwischen einschließlich 50 nm und 200 nm auf. Die Quantentopfschichten 111 haben beispielsweise jeweils eine Dicke zwischen einschließlich 2 nm und 10 nm. Die Barriereschichten haben entlang der Stapelrichtung S des Halbleiterschichtenstapels 1 eine Dicke von zumindest 1 nm, beorzugt zumindest 3 nm, besonders bevorzugt zumindest 6 nm. Die Quantentopfstruktur der Figur 2 basiert beispielsweise

auf AlInGaN und weist zwischen zehn und 20 Quantentopfschichten 111 auf. Dabei sind die Bandlücken innerhalb der Quantentopfschichten 111 bevorzugt kleiner als innerhalb der Barriereschichten 211.

Der Injektionsbereich 2 verjüngt sich von der ersten Schicht 10 in Richtung der zweiten Schicht 12. Der Injektionsbereich 2 durchdringt die aktive Schicht 11 vollständig und ragt in die zweite Schicht 12 hinein. Der Injektionsbereich 2 ragt zumindest 50 nm und höchstens 300 nm in die zweite Schicht 12 hinein. Der Injektionsbereich 2 weist eine Dicke D zwischen einschließlich 50 nm und 5 µm, bevorzugt zwischen 100 nm und 300 nm, auf, wobei die Dicke D des Injektionsbereichs 2 senkrecht zur Seitenfläche 1a bis zur aktiven Schicht 11 gemessen wird.

Ferner zeigt Figur 5 schematisch den Fluss von Ladungsträgern innerhalb der Schichten der Halbleiterschichtenfolge 1 im Betrieb des Halbleiterchips 100. Erste Ladungsträger, beispielsweise Löcher, werden aus der ersten Schicht 10 in die Injektionsbereiche 2 injiziert. Wie mit den Pfeilen mit durchgezogener Linie dargestellt, können aus den Injektionsbereichen 2 die ersten Ladungsträger direkt in die aktive Schicht 11 gelangen. Dabei verteilen sich die ersten Ladungsträger auf alle Quantentopfschichten 111, so dass in jede Quantentopfschicht 111 erste Ladungsträger injiziert werden. Die ersten Ladungsträger werden also bevorzugt auf alle Quantentopfschichten 111 verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt. Ferner werden aus der zweiten Schicht 12 zweite Ladungsträger, wie mit Pfeilen mit gestrichelter Linie dargestellt, ebenfalls in die aktive Schicht 11 und die zugehörigen Quantentopfschichten 111 injiziert. Bei den zweiten Ladungsträgern handelt es sich beispielsweise um

Elektronen. Innerhalb der Quantentopfschichten 111 kann es dann zur Rekombination der Elektronen und Löcher kommen, wodurch elektromagnetische Strahlung bevorzugt im UV-Bereich oder im sichtbaren Bereich entsteht. Dabei ermöglichen die Injektionsbereiche 2, dass eine Strahlungserzeugung in allen Quantentopfschichten 111 stattfindet, so dass die Quanteneffizienz des Halbleiterchips 100 gegenüber Halbleiterchips ohne Injektionsbereiche gesteigert ist.

Die Seitenflächen 1a der Halbleiterschichtenfolge 1 sind zumindest stellenweise durch die Injektionsbereiche 2 gebildet. In den Injektionsbereiche 2 können die zweiten Ladungsträger können besonders einfach innerhalb der Injektionsbereiche 2 entlang der Stapelrichtung S der Quantentopfschichten 111 transportiert werden und gleichmäßig auf die Quantentopfschichten 111 verteilt werden. Innerhalb des aktiven Bereichs verteilen sich die zweiten Ladungsträger in lateraler Richtung, entlang der Haupterstreckungsebene der Quantentopfschichten 111. Mittels der Injektionsbereiche 2 werden erste Ladungsträger von den Seitenflächen 1a der Halbleiterschichtenfolge 1 ferngehalten, wodurch Oberflächeneffekte an den Seitenflächen 1a reduziert werden und vorteilhaft nicht-strahlende Rekombination von Ladungsträgern minimiert wird.

Die Figuren 6A, 6B und 6C zeigen unterschiedliche Ausführungsbeispiele von Masken 3, die beim Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips 100 im Verfahrensschritt B) verwendet werden. Die Maske 3 wird vor dem Verfahrensschritt B) auf die der aktiven Seite abgewandten Seite der ersten Schicht 10 aufgebracht. Die Masken weisen jeweils zumindest eine Öffnung 30 auf, in welcher die Halbleiterschichtenfolge 1 frei liegt. Mittels

der Maske 3 wir die Dotierstoffkonzentration lateral definiert und lateral begrenzt. Dadurch wird in Draufsicht die Geometrie der Injektionsbereiche 2 oder des Injektionsbereichs 2 vorgegeben. Die Halbleiterschichtenfolge 100 wird im Verfahrensschritt C) entlang dem Injektionsbereich 2 oder den Injektionsbereichen 2 vereinzelt. Folglich wird mittels der Geometrie der Injektionsbereiche 2 oder des Injektionsbereichs 2 die Geometrie der/des beim Vereinzeln entstehenden Halbleiterchips 100 vorgegeben.

Die Öffnung 30 kann wie in Figur 6A dargestellt gitterförmig ausgebildet sein. Beispielsweise weist die Öffnung 30 in Draufsicht auf die Hauptfläche der Maske 3 die Form eines regelmäßigen Rechteckgitters auf. Alternativ kann die Öffnung die Form eines regelmäßigen hexagonalen Gitters aufweisen. Ferner kann die Maske 3, wie in Figur 6B dargestellt, eine Vielzahl kreisförmiger Bereiche 31, in welchen die Maske 3 den Halbleiterschichtenstapel überdeckt, aufweisen. Eine gitterförmige Öffnung 30 umgibt die kreisförmigen Bereich 31 der Maske 3. Die kreisförmigen Bereiche 31 können beispielsweise an den Knotenpunkten eines imaginären regelmäßigen hexagonalen Gitters angeordnet sein. Ferner kann die Vielzahl von Öffnungen 30, wie in Figur 6C dargestellt, rechteckig ausgebildet sein, wobei die Öffnungen entlang den Gitterlinien eines imaginären regelmäßigen Rechteckgitters verlaufen.

In der Figur 7 ist ein Halbleiterchip 100 dargestellt, welcher an den Seitenflächen 1a der Halbleiterschichtenfolge 1 mit einer Passivierung 22 bedeckt ist. Auf der von der zweiten Halbleiterschicht 12 abgewandten Seite des Trägers 13 und auf der der aktiven Schicht 11 abgewandten Seite der

ersten Schicht 10 ist jeweils ein Kontakt 23 angeordnet. Mittels den Kontakten 23 ist der Halbleiterchip elektrisch kontaktierbar. Der Kontakt 23 an der ersten Halbleiterschicht 10 ist reflektierend für die im Betrieb in der aktiven Schicht 11 erzeugte Strahlung ausgebildet. Der Kontakt 23 an der ersten Halbleiterschicht bedeckt die dem Träger 12 abgewandte Seite der ersten Halbleiterschicht 10 vollständig. Der Kontakt 23 an dem Träger 13 ist beispielsweise mit einem Material gebildet, welches für in der aktiven Schicht 11 erzeugte elektromagnetische Strahlung transparent ist. Beispielsweise ist der Kontakt 23 an dem Träger 13 mit Indiumzinnoxid (ITO) gebildet. Der Kontakt 23 am Träger 13 bedeckt den Träger 13 nur teilweise. Die in der aktiven Schicht erzeugte elektromagnetische Strahlung wird im Betrieb durch den Träger 13 emittiert. Der Halbleiterchip 100 ist in einen Verguss 21 eingebettet, welcher den Halbleiterchip 100 und den Kontakt 23 an der ersten Halbleiterschicht 10 lateral, insbesondere vollständig, umgibt.

Die Figur 8 zeigt eine Draufsicht auf die in der Figur 7 dargestellte Schnittebene A-A des vergossenen Halbleiterchips 100. Der Halbleiterchip 100 weist einen rechteckigen Querschnitt auf und ist in lateraler Richtung vollständig von der Passivierung 22 und dem Verguss 21 umgeben. Der Halbleiterchip weist eine maximale Kantenlänge 99 von 20 µm, bevorzugt 10 µm, auf. Alle Seitenflächen 1a sind zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich 2 gebildet. Alle Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge 1 sind mit dem Material des Injektionsbereichs 2 gebildet. Insbesondre umgibt der Injektionsbereich 2 die Quantentopfschichten 111 entlang ihrer Haupterstreckungsebene vollständig.

In der Figur 9 ist, ähnlich wie in Figur 7, eine Schnittansicht eines Ausführungsbeispiels eines Halbleiterchips 100 dargestellt. Die Ausführungsbeispiele der Figur 7 und der Figur 9 unterscheiden sich dadurch, dass der Kontakt 23 an dem Träger 13 den Träger 23 vollständig überdeckt. Der Kontakt ist mit einem Material gebildet, welches für in der aktiven Schicht 11 erzeugte elektromagnetische Strahlung transparent ist. Beispielsweise ist der Kontakt mit Indiumzinnoxid (ITO) gebildet. In der aktiven Schicht erzeugte elektromagnetische Strahlung wird im Betrieb durch den Kontakt 23 am Träger 13 emittiert.

Weiter unterscheidet sich der in Figur 9 dargestellte Halbleiterchip 100 von dem in Figur 7 dargestellten Halbleiterchip 100 durch die Kantenlänge 99. Beispielsweise beträgt die Kantenlänge 99 zumindest 3 µm, bevorzugt zumindest 20 µm. Um eine effiziente Bestromung der Quantentopfschichten 111 zu gewährleisten, weist der Halbleiterchip 100 einen zusätzlichen Injektionsbereich 2i auf, welcher lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht 11 umgeben ist. Lateral, das heißt parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung der Halbleiterschichtenfolge 1, ist der zusätzliche Injektionsbereich 2i vollständig von einer zusammenhängenden und unterbrechungsfreien Bahn der aktiven Schicht 11 umgeben, in der der Dotierungsgrad entgegengesetzt oder um zumindest eine Größenordnung kleiner ist als im Bereich des zusätzlichen Injektionsbereichs 2i. Der zusätzliche Injektionsbereich 2i erstreckt sich durch die gesamte erste Schicht 10 und die gesamte aktive Schicht 11 und ragt teilweise, beispielsweise zumindest 50 nm, in die zweite Schicht 12 hinein. Dabei verjüngt sich der zusätzliche Injektionsbereich 2i in Richtung weg von der ersten Schicht

10. Vorliegend ist die Querschnittsform des zusätzlichen Injektionsbereichs 2i domförmig. Insbesondere kann ein Halbleiterchip 100 eine Vielzahl von zusätzlichen Injektionsbereichen 2i umfassen.

Der zusätzliche Injektionsbereich 2i ist im selben Herstellungsverfahren wie der Injektionsbereich 2 des Halbleiterchips 100 hergestellt. Somit weist der zusätzliche Injektionsbereich 2i gleiche Eigenschaften wie der Injektionsbereich 2 auf und umgekehrt.

Beispielsweise weist der zusätzliche Injektionsbereich 2i innerhalb der aktiven Schicht einen Durchmesser oder eine Breite, gemessen in lateraler Richtung, von zumindest 100 nm oder zumindest 150 nm oder zumindest 200 nm auf. Alternativ oder zusätzlich ist der Durchmesser oder die Breite des zusätzlichen Injektionsbereichs 2i höchstens 500 nm oder höchstens 250 nm oder höchstens 200 nm. Der Durchmesser oder die Breite ist dabei zum Beispiel der maximale oder mittlere Durchmesser oder die maximale oder mittlere Breite.

Die Figur 10 zeigt eine Draufsicht auf die in der Figur 9 dargestellte Schnittebene B-B des vergossenen Halbleiterchips 100. Der Halbleiterchip 100 weist einen rechteckigen Querschnitt auf und ist in lateraler Richtung vollständig von der Passivierung 22 und dem Verguss 21 umgeben. Der Halbleiterchip 100 weist eine minimale Kantenlänge 99 von 20 µm auf. Alle Seitenflächen 1a der Halbleiterschichtenfolge 1 sind zumindest stellenweise mit dem Material des Injektionsbereichs 2 gebildet. Insbesondre umgibt der Injektionsbereich 2 die Quantentopfschichten 111 entlang ihrer Haupterstreckungsebene vollständig. Zusätzlich weist der Halbleiterchip 100 einen zusätzlichen Injektionsbereich

2i auf, welcher lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht 11 umgeben ist.

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

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102019106419.8, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

1	Halbleiterschichtenfolge
1a	Seitenfläche
2	Injektionsbereich
2i	zusätzlicher Injektionsbereich
3	Maske
4	Gitterversetzungen/V-Pits
10	erste Schicht
11	aktive Schicht
12	zweite Schicht
13	Träger
21	Verguss
22	Passivierung
23	Kontakt
30	Öffnung
31	Bereich der Maske
99	Kantenlänge
100	optoelektronischer Halbleiterchip
111	Quantentopfschicht
211	Barriereschicht
D	Dicke
S	Stapelrichtung

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Halbleiterchip (100), aufweisend
- eine Halbleiterschichtenfolge (1) mit einer ersten Schicht (10), einer zweiten Schicht (12) und einer zwischen der ersten Schicht (10) und der zweiten Schicht (12) angeordneten aktiven Schicht (11), und zumindest einen Injektionsbereich (2), wobei
- die erste Schicht (10) einen ersten Leitfähigkeitstyp aufweist,
- die zweite Schicht (12) einen zweiten Leitfähigkeitstyp aufweist,
- die Halbleiterschichtenfolge (1) innerhalb des gesamten Injektionsbereichs (2) den ersten Leitfähigkeitstyp aufweist, wobei
- der Injektionsbereich (2) ausgehend von der ersten Schicht (10) die aktive Schicht (11) zumindest teilweise durchdringt,
- Seitenflächen (1a) der Halbleiterschichtenfolge (1) zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich (2) gebildet sind, und
- der Injektionsbereich (2) dazu vorgesehen ist Ladungsträger direkt in die aktive Schicht (11) zu injizieren.

2. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach Anspruch 1, bei dem die Halbleiterschichtenfolge (1) in der aktiven Schicht (11) eine geringere Dotierstoffkonzentration als im Injektionsbereich (2) aufweist.

3. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
- innerhalb des gesamten Injektionsbereichs (2) eine

Dotierstoffkonzentration von zumindest 10^{18} Dotieratomen pro cm^3 vorliegt,
- die Dotierstoffkonzentration innerhalb der aktiven Schicht (11) außerhalb des Injektionsbereichs (2) zumindest eine Größenordnung geringer oder entgegengesetzt als im Injektionsbereich (2) ist.

4. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
zumindest 50% der Seitenflächen (1a) der Halbleiterschichtenfolge (1) durch den Injektionsbereich (2) gebildet sind.

5. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
die Seitenflächen (1a) der Halbleiterschichtenfolge (1) durch mehrere nicht zusammenhängende Injektionsbereiche (2) gebildet sind.

6. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
- die aktive Schicht (11) eine Quantentopfstruktur mit zumindest einer Quantentopfschicht (111) aufweist,
- zwischen zwei benachbarten Quantentopfschichten (111) jeweils zumindest eine Barriereschicht (211) angeordnet ist,
- die Bandlücke zwischen Valenzband und Leitungsband im Bereich der Quantentopfschicht (210) kleiner ist als im Bereich der Barriereschicht (211) und des Injektionsbereichs (2).

7. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach dem vorherigen Anspruch, bei dem

die Barriereschicht (211) entlang der Stapelrichtung des Halbleiterschichtenstapels (1) eine Dicke von zumindest 1 nm, bevorzugt zumindest 3 nm, aufweist.

8. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
- der Injektionsbereich (2) sich von der ersten Schicht (10) in Richtung der zweiten Schicht (12) verjüngt,
- der Injektionsbereich (2) die aktive Schicht (11) vollständig durchdringt und in die zweite Schicht (12) hineinragt, und
- der Injektionsbereich (2) zumindest 50 nm und höchstens 300 nm in die zweite Schicht (12) hineinragt.

9. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
- sich der Injektionsbereich (2) von der ersten Schicht (10) in Richtung der zweiten Schicht (12) verjüngt, und
- der Injektionsbereich (2) eine Dicke (D) zwischen einschließlich 50 nm und 5 µm, bevorzugt zwischen 100 nm und 300 nm, aufweist, wobei die Dicke (D) des Injektionsbereichs senkrecht zur Seitenfläche (1a) von der Seitenfläche (1a) bis zur aktiven Schicht (11) gemessen ist.

10. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem
im Injektionsbereich (2) die Indiumkonzentration entlang einer Stapelrichtung (S) der Halbleiterschichtenfolge (1) alterniert.

11. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem

der Halbleiterchip (100) entlang der Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht (11) eine Ausdehnung von maximal 20 µm, bevorzugt maximal 10 µm, aufweist.

12. Optoelektronischer Halbleiterchip (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem
- der Halbleiterchip (100) entlang der Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht (11) eine Ausdehnung von zumindest 3 µm aufweist,
- der Halbleiterchip (100) zumindest einen zusätzlichen Injektionsbereich (2i) aufweist, und
- der zusätzliche Injektionsbereich (2i) lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht (11) umgeben ist.

13. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips (100), aufweisend die Schritte:
A) Bereitstellen einer Halbleiterschichtenfolge (1) mit einer ersten Schicht (10) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht (12) eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht (10) und der zweiten Schicht (12) angeordneten aktiven Schicht (11), die im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung absorbiert oder emittiert;
B) Ausbilden eines lateral definierten und lateral begrenzten Injektionsbereichs (2) mittels Dotierung der Halbleiterschichtenfolge (1), wobei derart dotiert wird, dass
- innerhalb des gesamten Injektionsbereichs (2) die Halbleiterschichtenfolge (1) den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht (10) aufweist,
- der Injektionsbereich (2) ausgehend von der ersten

Schicht (10) die aktive Schicht (11) zumindest teilweise durchdringt, und

- die aktive Schicht (11) weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich (2);

C) Vereinzeln der Halbleiterschichtenfolge (1) zu mindestens einem Halbleiterchip (100) mittels Durchtrennen der Halbleiterschichtenfolge (1) entlang von imaginären Durchtrennungslinien (90), wobei

- die Durchtrennungslinien (90) zumindest teilweise durch den Injektionsbereich (2) verlaufen, und

- nach dem Vereinzeln Seitenflächen (1a) der Halbleiterschichtenfolge (1) zumindest stellenweise durch den Injektionsbereich (2) gebildet sind.

14. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei, nach Verfahrensschritt B) und vor Verfahrensschritt C), der Injektionsbereich (2) in Draufsicht auf die Halbleiterschichtenfolge (1) ein regelmäßiges Gitter bildet oder eine Vielzahl von Injektionsbereichen (2) entlang den Gitterlinien eines regelmäßigen Gitters angeordnet ist.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche 13 und 14, wobei

- vor dem Schritt B) eine Maske (3) auf die der aktiven Schicht (11) abgewandte Seite der ersten Schicht (10) aufgebracht wird,

- die Maske (3) zumindest eine Öffnung (30) aufweist, in welcher die Halbleiterschichtenfolge (1) frei liegt,

- die Dotierung durch einen Ionen-Implantationsprozess im Bereich der Öffnung (30) erfolgt, wobei mittels der Maske die Dotierung lateral definiert und lateral begrenz wird.

FIG 1

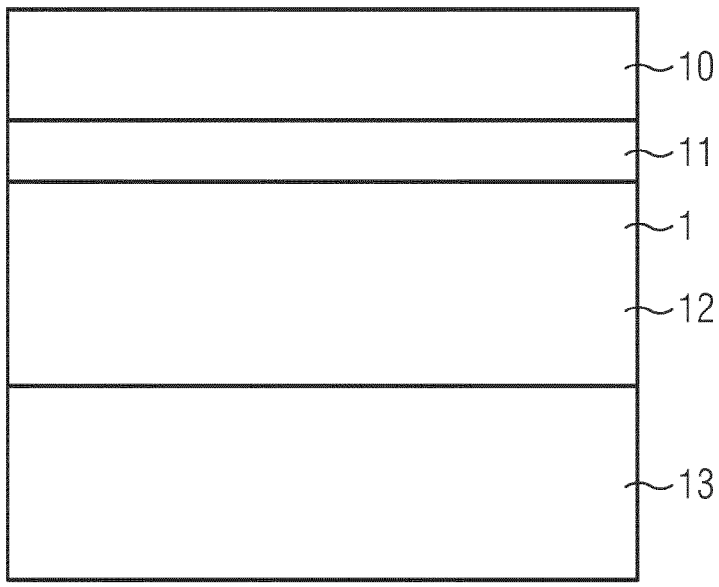


FIG 2

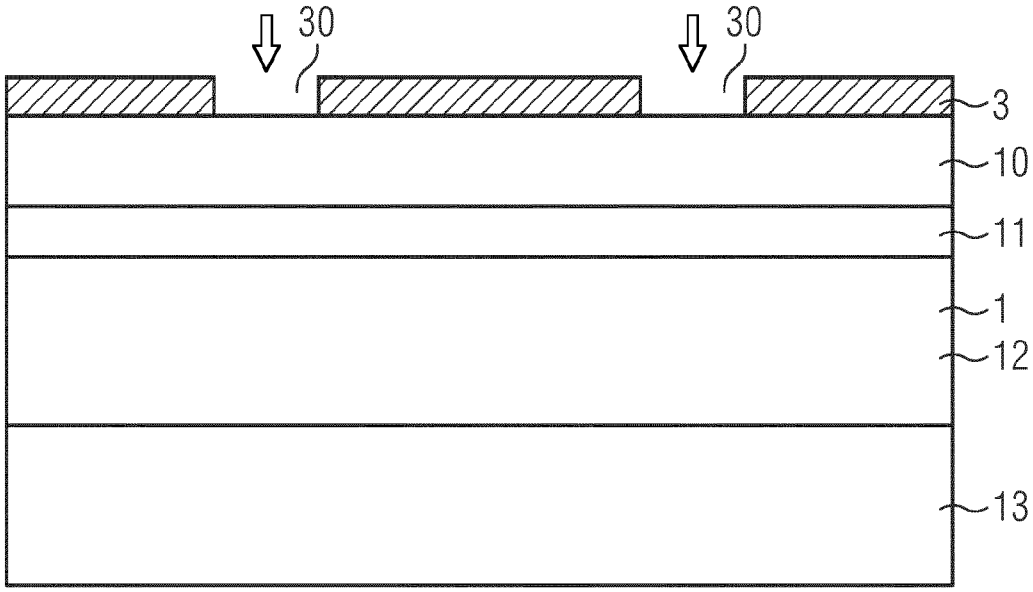


FIG 3

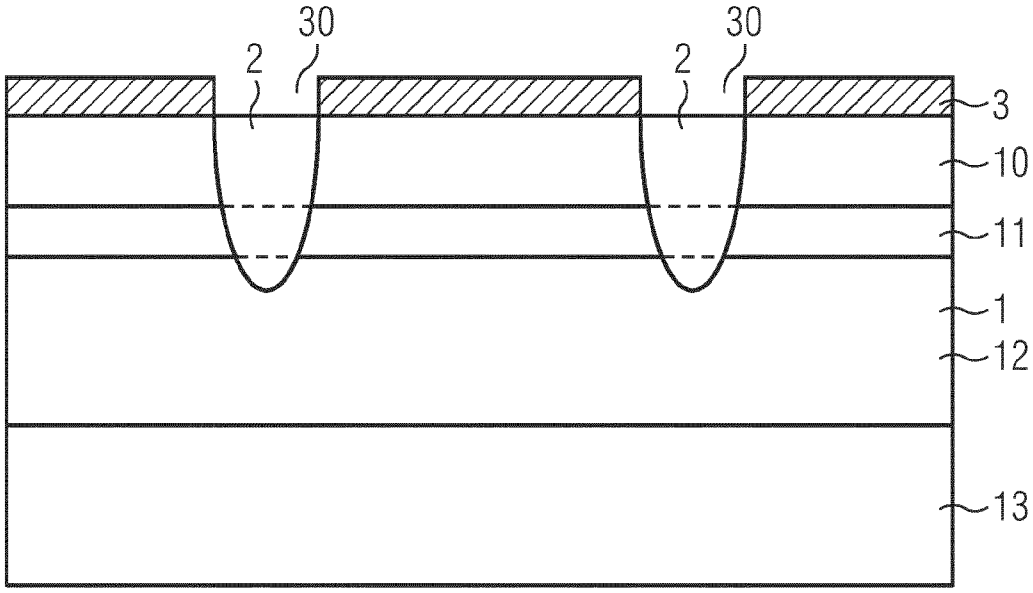


FIG 4

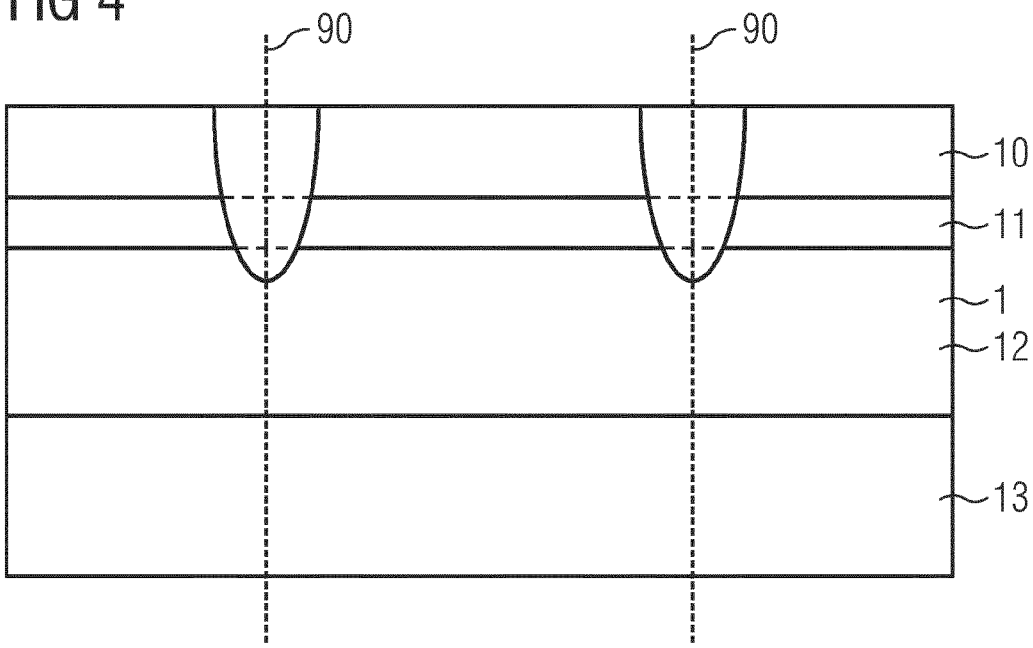


FIG 5

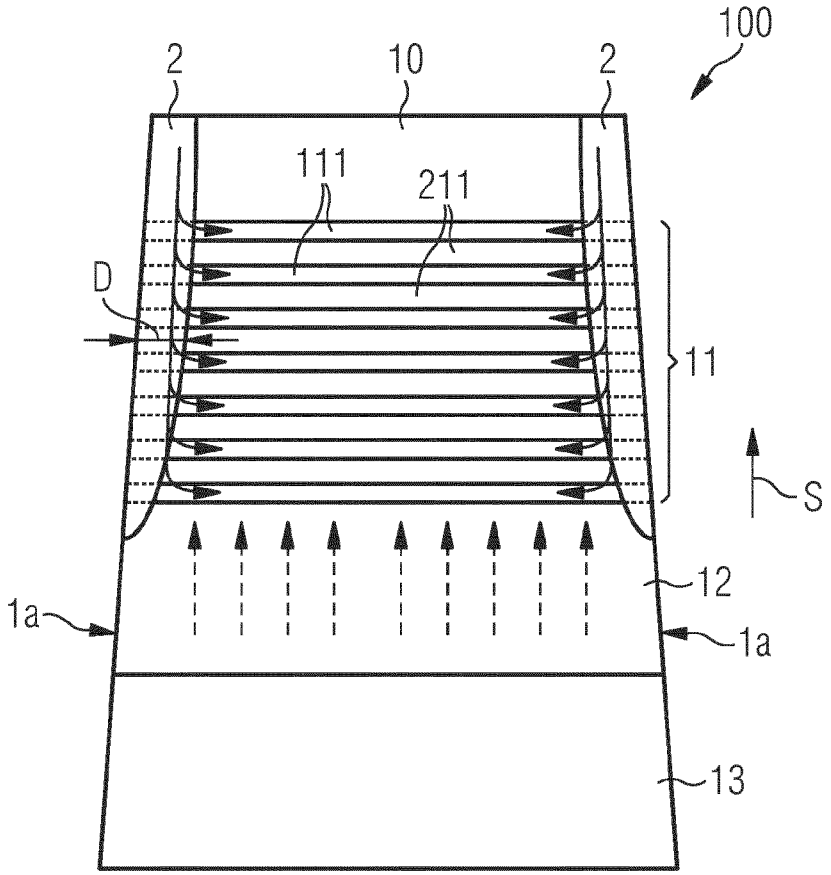


FIG 6A

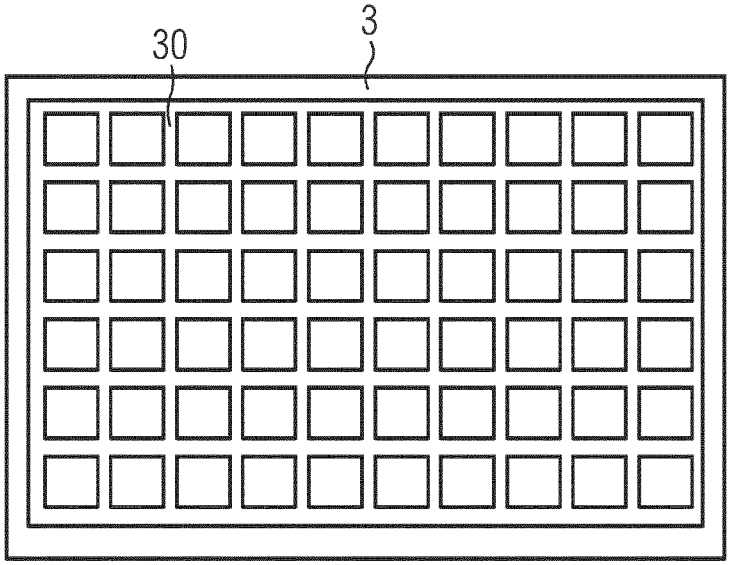


FIG 6B

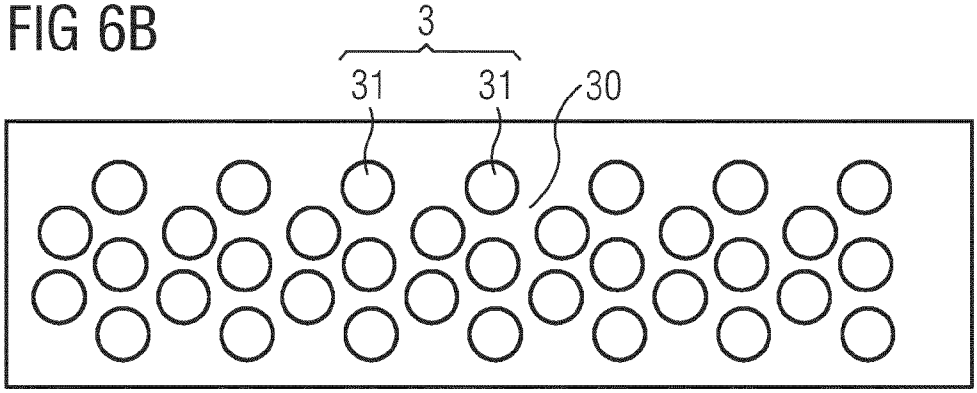


FIG 6C

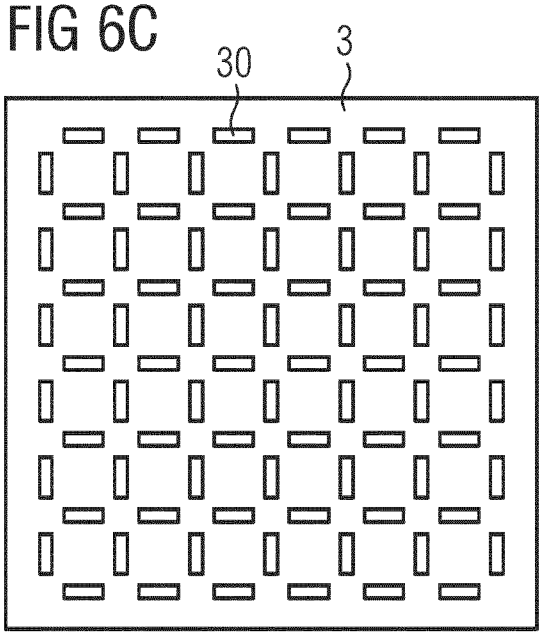


FIG 7

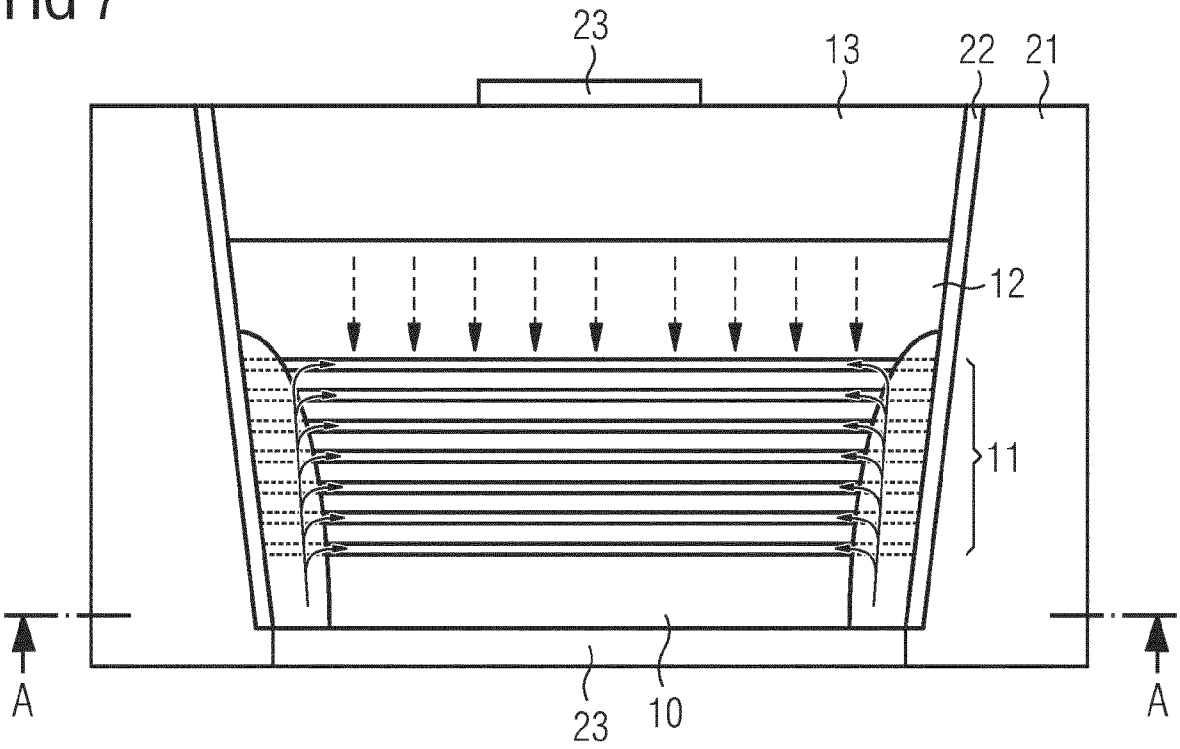


FIG 8

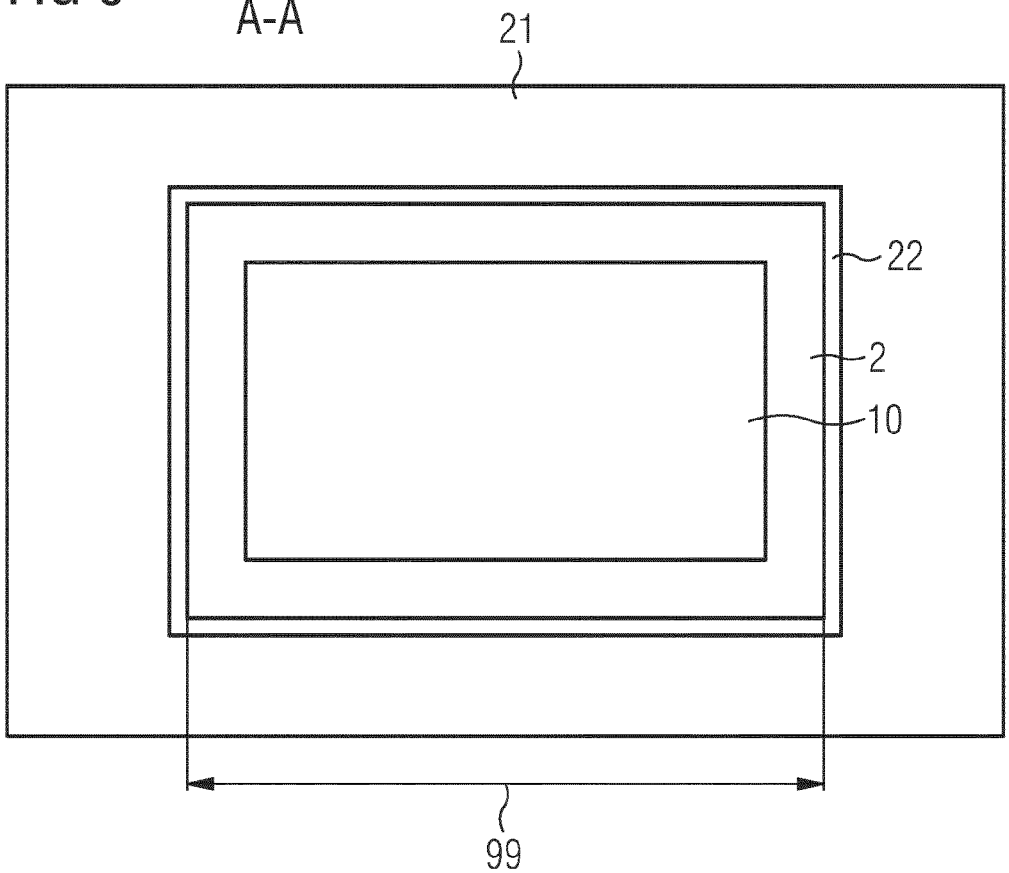


FIG 9

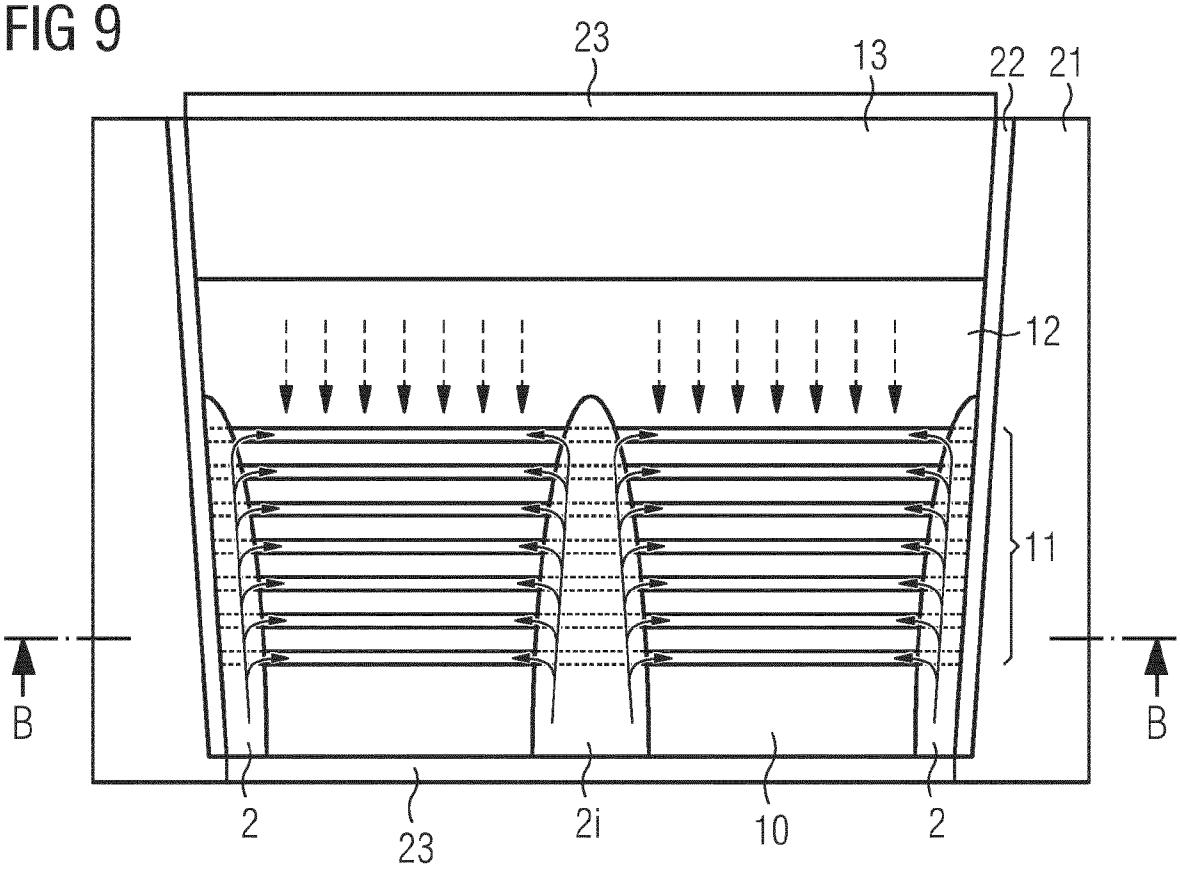
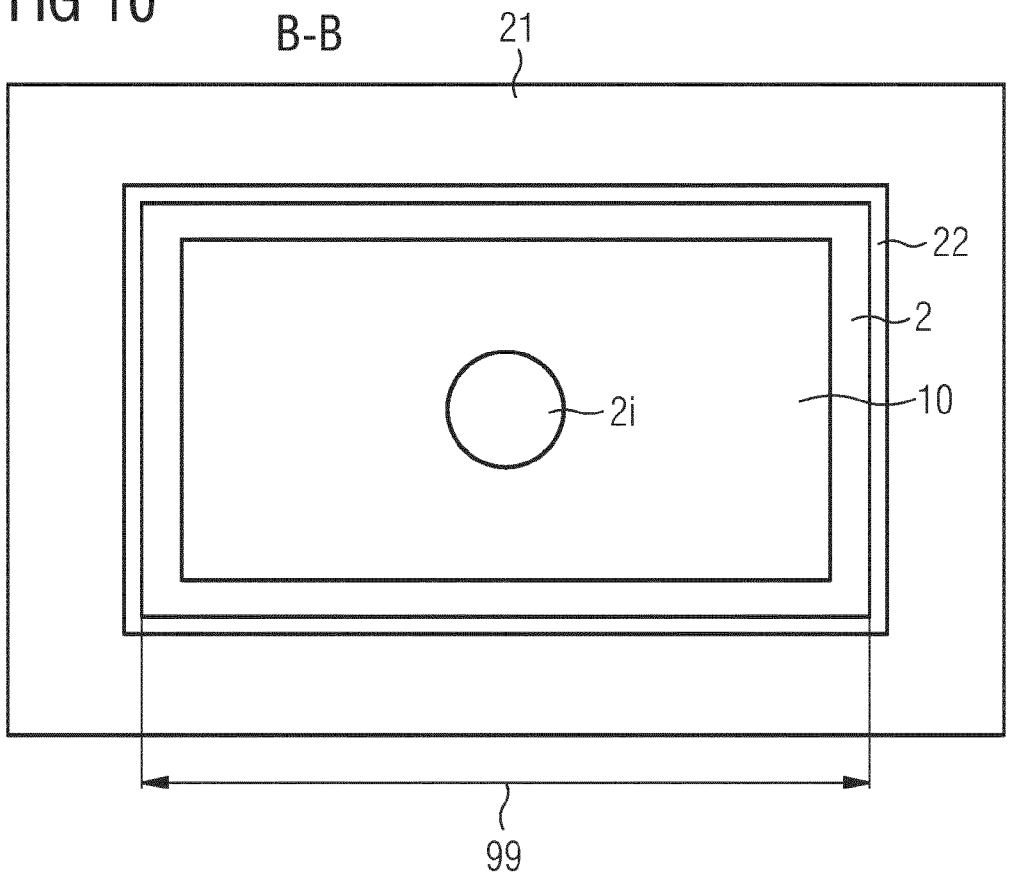


FIG 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2020/055574

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 33/06(2010.01)i; ***H01L 33/00***(2010.01)i; *H01L 33/02*(2010.01)n; *H01L 33/14*(2010.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L; 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, INSPEC, IBM-TDB, 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 Y	US 2010020837 A1 (GAN KIAN-PAAU [SG]) 28 January 2010 (2010-01-28) paragraphs [0021] - [0029] figure 5D	1,2,4-7,9-14 3,8,15
X	US 2011001121 A1 (AHN DOYEOL [KR]) 06 January 2011 (2011-01-06) paragraphs [0008], [0034] - [0036] figure 1	1-15
Y	WO 2016151112 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 29 September 2016 (2016-09-29) page 19, line 14 - page 22, line 3 figures 2-4	3,8,15
A	DE 102010026518 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 12 January 2012 (2012-01-12) paragraph [0047] figures 2A-F	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 May 2020	**02 June 2020**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Adams, Richard** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2020/055574

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2010020837 A1	28 January 2010	GB 2462701 A	24 February 2010
		US 2010020837 A1	28 January 2010
US 2011001121 A1	06 January 2011	NONE	
WO 2016151112 A1	29 September 2016	CN 107431104 A	01 December 2017
		DE 102015104665 A1	29 September 2016
		JP 6526227 B2	05 June 2019
		JP 2018510510 A	12 April 2018
		JP 2019165236 A	26 September 2019
		TW 201640701 A	16 November 2016
		US 2018062029 A1	01 March 2018
		US 2020052153 A1	13 February 2020
		WO 2016151112 A1	29 September 2016
DE 102010026518 A1	12 January 2012	CN 102986043 A	20 March 2013
		DE 102010026518 A1	12 January 2012
		EP 2591510 A1	15 May 2013
		JP 2013530543 A	25 July 2013
		KR 20130082146 A	18 July 2013
		TW 201214757 A	01 April 2012
		US 2013175573 A1	11 July 2013
		WO 2012004112 A1	12 January 2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/055574

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L33/06 H01L33/00
ADD. H01L33/02 H01L33/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L 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, INSPEC, IBM-TDB, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	US 2010/020837 A1 (GAN KIAN-PAAU [SG]) 28. Januar 2010 (2010-01-28) Absätze [0021] - [0029] Abbildung 5D	1,2,4-7, 9-14 3,8,15

X	US 2011/001121 A1 (AHN DOYEOL [KR]) 6. Januar 2011 (2011-01-06) Absätze [0008], [0034] - [0036] Abbildung 1	1-15

Y	WO 2016/151112 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 29. September 2016 (2016-09-29) Seite 19, Zeile 14 - Seite 22, Zeile 3 Abbildungen 2-4	3,8,15

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. Mai 2020	02/06/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Adams, Richard

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/055574

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2010 026518 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 12. Januar 2012 (2012-01-12) Absatz [0047] Abbildungen 2A-F ----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2020/055574

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010020837 A1	28-01-2010	GB 2462701 A	24-02-2010
		US 2010020837 A1	28-01-2010
US 2011001121 A1	06-01-2011	KEINE	
WO 2016151112 A1	29-09-2016	CN 107431104 A	01-12-2017
		DE 102015104665 A1	29-09-2016
		JP 6526227 B2	05-06-2019
		JP 2018510510 A	12-04-2018
		JP 2019165236 A	26-09-2019
		TW 201640701 A	16-11-2016
		US 2018062029 A1	01-03-2018
		US 2020052153 A1	13-02-2020
		WO 2016151112 A1	29-09-2016
DE 102010026518 A1	12-01-2012	CN 102986043 A	20-03-2013
		DE 102010026518 A1	12-01-2012
		EP 2591510 A1	15-05-2013
		JP 2013530543 A	25-07-2013
		KR 20130082146 A	18-07-2013
		TW 201214757 A	01-04-2012
		US 2013175573 A1	11-07-2013
		WO 2012004112 A1	12-01-2012