

(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
16. Juli 2020 (16.07.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/144048 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 33/04 (2010.01) H01L 33/06 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/086460

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Dezember 2019 (19.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 100 625.2
11. Januar 2019 (11.01.2019) DE

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

(72) Erfinder: **HECKELMANN, Stefan**; Pfarrer-Stark-Straße
15, 93092 Sarching (DE).

(74) Anwalt: **MÜLLER HOFFMANN & PARTNER PA-
TENTANWÄLTE MBB**; St.-Martin-Strasse 58, 81541
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,
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).

(54) Title: OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR COMPONENT COMPRISING A MULTIPLE QUANTUM WELL STRUCTURE AND OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR DEVICE

(54) Bezeichnung: OPTOELEKTRONISCHES HALBLEITERBAUELEMENT MIT MEHRFACH-QUANTENTOPFSTRUKTUR UND OPTOELEKTRONISCHE HALBLEITERVORRICHTUNG

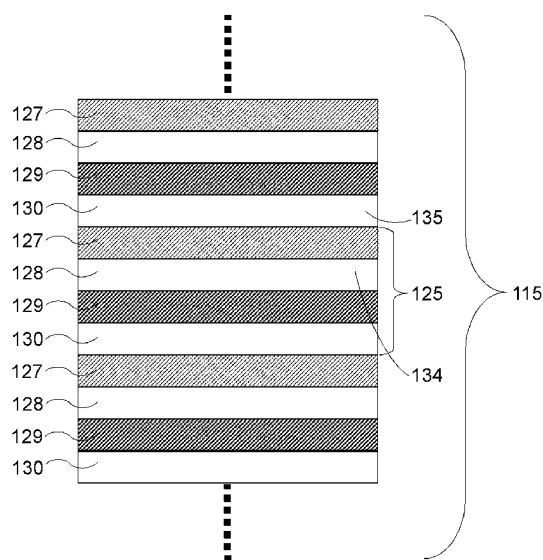


Fig. 1A

(57) Abstract: The invention relates to an optoelectronic semiconductor component (10) comprising an active zone (115) which contains a multiple quantum well structure for generating electromagnetic radiation by electron-hole recombination. The multiple quantum well structure comprises a plurality of identical unit cells (125) which are arranged one above the other. Each unit cell (125) comprises a first quantum well layer (127), which is arranged in each case between two barrier layers (128, 130), and a second quantum well layer (129), which is arranged in each case between two barrier layers (128, 130). At least one electron hole transition energy of the first quantum well layer (127) is different from electron hole transition energies of the second quantum well layer (129).

(57) Zusammenfassung: Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) weist eine aktive Zone (115) auf, die eine Mehrfachquantentopfstruktur zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung durch Elektron-Loch-Rekombination enthält. Die Mehrfachquantentopfstruktur umfasst eine Vielzahl von übereinander angeordneten identischen Einheitszellen (125). Jede Einheitszelle (125) weist eine erste Quantentopfschicht (127), die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten (128, 130) angeordnet ist, und eine zweite Quantentopfschicht (129), die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten (128, 130) angeordnet ist, auf. Mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der ersten Quantentopfschicht (127) ist von Elektron-Loch-Übergangsenergien der zweiten Quantentopfschicht (129) verschieden.

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

OPTOELEKTRONISCHES HALBLEITERBAUELEMENT MIT MEHRFACH-
QUANTENTOPFSTRUKTUR UND OPTOELEKTRONISCHE
HALBLEITERVORRICHTUNG

5 **BESCHREIBUNG**

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2019 100 625.2, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

10

Eine Leuchtdiode (LED) ist eine lichtemittierende Vorrichtung, die auf Halbleitermaterialien basiert. Üblicherweise umfasst eine LED unterschiedlich dotierte Halbleiterschichten sowie eine aktive Zone. Wenn Elektronen und Löcher miteinander im Bereich der aktiven Zone rekombinieren, beispielsweise, wenn
15 eine entsprechende Spannung angelegt wird, wird elektromagnetische Strahlung erzeugt. Dabei kann die aktive Zone eine Einfach-Quantentopfstruktur oder eine Mehrfach-Quantentopfstruktur aufweisen. Gemäß Konzepten können innerhalb einer aktiven Zone verschiedene Quantentöpfe mit jeweils
20 unterschiedlicher Elektron-Loch-Übergangsenergie miteinander kombiniert werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein
25 verbessertes optoelektronisches Halbleiterbauelement sowie ein Verfahren zur Herstellung eines verbesserten optoelektronischen Halbleiterbauelements zur Verfügung zu stellen.

Gemäß Ausführungsformen wird die Aufgabe durch den Gegenstand
30 und das Verfahren der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Zusammenfassung

Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement umfasst eine aktive Zone, die eine Mehrfachquantentopfstruktur zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung durch Elektron-Loch-Rekombination aufweist. Die Mehrfachquantentopfstruktur enthält eine Vielzahl von übereinander angeordneten identischen Einheitszellen. Jede Einheitszelle weist eine erste Quantentopfschicht, die zwischen zwei Barrierenschichten angeordnet ist, und eine zweite Quantentopfschicht, die zwischen zwei Barrierenschichten angeordnet ist, auf. Mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der ersten Quantentopfschicht ist von Elektron-Loch-Übergangsenergien der zweiten Quantentopfschicht verschieden.

Beispielsweise kann mindestens eine der Barrierenschichten, zwischen denen die erste oder die zweite Quantentopfschicht angeordnet ist, selbst Teil der Einheitszelle sein. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann diese Barrierenschicht auch Teil einer benachbarten Einheitszelle sein.

Gemäß Ausführungsformen weist jede Einheitszelle eine dritte Quantentopfschicht auf, die zwischen zwei Barrierenschichten angeordnet ist. Die dritte Quantentopfschicht hat mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie, die von den Elektron-Loch-Übergangsenergien der ersten und zweiten Quantentopfschichten verschieden ist.

Gemäß Ausführungsformen ist in der Einheitszelle eine Anzahl an ersten Quantentopfschichten von einer Anzahl an zweiten Quantentopfschichten verschieden. Gemäß weiteren Ausführungsformen ist in der Einheitszelle eine Anzahl an ersten Quantentopfschichten gleich einer Anzahl an zweiten Quantentopfschichten.

Beispielsweise kann eine untere Barrierenschicht, die an eine erste Seite der ersten Quantentopfschicht angrenzt, von einer oberen Barrierenschicht, die an eine zweite Seite der ersten Quantentopfschicht angrenzt, verschieden sein. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann eine untere Barrierenschicht, die an eine erste Seite der ersten Quantentopfschicht angrenzt, identisch zu einer oberen Barrierenschicht sein. Die obere Barrierenschicht grenzt an eine zweite Seite der ersten Quantentopfschicht an. In diesem Fall stellen sowohl die obere als auch die untere Barrierenschicht eine erste Barrierenschicht dar.

Beispielsweise kann eine Anzahl von übereinander angeordneten Einheitszellen größer als 10 sein. Die Vielzahl übereinander angeordneter Einheitszellen kann eine Übergitterstruktur ausbilden.

Beispielsweise kann die erste Quantentopfschicht geeignet sein, elektromagnetische Strahlung einer ersten Wellenlänge zu emittieren, und die zweite Quantentopfschicht kann geeignet sein, elektromagnetische Strahlung einer zweiten Wellenlänge zu emittieren. Dabei kann eine Differenz zwischen der ersten Wellenlänge und der zweiten Wellenlänge kleiner als 100 nm sein.

Beispielsweise kann der Bereich der Wellenlängen, die von der ersten Quantentopfschicht emittiert werden, bei Raumtemperatur (20°C) mit dem Bereich der Wellenlängen, die von der zweiten Quantentopfschicht emittiert werden, überlappen.

Ein Material der Quantentopfschichten kann GaAs oder GaP enthalten.

Eine optoelektronische Halbleitervorrichtung umfasst ein erstes optoelektronisches Halbleiterbauelement wie vorstehend be-

schrieben sowie ein zweites optoelektronisches Halbleiterbauelement. Das erste und zweite optoelektronische Halbleiterbauelement sind übereinander gestapelt und über einen Tunnelkontakt miteinander elektrisch verbunden. Das zweite Halbleiterbauelement weist eine Quantentopfschicht auf, wobei mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der Quantentopfschicht des zweiten Halbleiterbauelements von Elektron-Loch-Übergangsenergien der ersten und zweiten Quantentopfschichten verschieden ist.

Eine optoelektronische Halbleitervorrichtung umfasst eine Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterbauelementen wie vorstehend beschrieben. Die optoelektronischen Halbleiterbauelemente sind übereinander gestapelt und über Tunnelkontakte miteinander elektrisch verbunden. Beispielsweise kann die optoelektronische Halbleitervorrichtung eine Lichtquelle, beispielsweise eine Leuchtdiode sein.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Die begleitenden Zeichnungen dienen dem Verständnis von Ausführungsbeispielen der Erfindung. Die Zeichnungen veranschaulichen Ausführungsbeispiele und dienen zusammen mit der Beschreibung deren Erläuterung. Weitere Ausführungsbeispiele und zahlreiche der beabsichtigten Vorteile ergeben sich unmittelbar aus der nachfolgenden Detailbeschreibung. Die in den Zeichnungen gezeigten Elemente und Strukturen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu zueinander dargestellt. Gleiche Bezugszeichen verweisen auf gleiche oder einander entsprechende Elemente und Strukturen.

Figur 1A zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer aktiven Zone eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen.

Figur 1B zeigt eine schematische Ansicht einer aktiven Zone eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

5

Figur 1C zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer aktiven Zone eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

10 Figur 1D zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer aktiven Zone gemäß weiteren Ausführungsformen.

Figur 2A zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements.

15

Figur 2B zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer optoelektronischen Halbleitervorrichtung gemäß Ausführungsformen.

20 Figur 2C zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer optoelektronischen Halbleitervorrichtung gemäß weiteren Ausführungsformen.

Detailbeschreibung

25

In der folgenden Detailbeschreibung wird auf die begleitenden Zeichnungen Bezug genommen, die einen Teil der Offenbarung bilden und in denen zu Veranschaulichungszwecken spezifische Ausführungsbeispiele gezeigt sind. In diesem Zusammenhang wird
30 eine Richtungsterminologie wie "Oberseite", "Boden", "Vorderseite", "Rückseite", "über", "auf", "vor", "hinter", "vorne", "hinten" usw. auf die Ausrichtung der gerade beschriebenen Figuren bezogen. Da die Komponenten der Ausführungsbeispiele in unterschiedlichen Orientierungen positioniert werden können,

dient die Richtungsterminologie nur der Erläuterung und ist in keiner Weise einschränkend.

Die Beschreibung der Ausführungsbeispiele ist nicht einschränkend, da auch andere Ausführungsbeispiele existieren und strukturelle oder logische Änderungen gemacht werden können, ohne dass dabei vom durch die Patentansprüche definierten Bereich abgewichen wird. Insbesondere können Elemente von im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen mit Elementen von anderen der beschriebenen Ausführungsbeispiele kombiniert werden, sofern sich aus dem Kontext nichts anderes ergibt.

Die Begriffe "Wafer" oder "Halbleitersubstrat", die in der folgenden Beschreibung verwendet sind, können jegliche auf Halbleiter beruhende Struktur umfassen, die eine Halbleiteroberfläche hat. Wafer und Struktur sind so zu verstehen, dass sie dotierte und undotierte Halbleiter, epitaktische Halbleiterschichten, gegebenenfalls getragen durch eine Basisunterlage, und weitere Halbleiterstrukturen einschließen. Beispielsweise kann eine Schicht aus einem ersten Halbleitermaterial auf einem Wachstumssubstrat aus einem zweiten Halbleitermaterial oder aus einem isolierenden Material, beispielsweise auf einem Saphirsubstrat, gewachsen sein. Weitere Beispiele für Materialien von Wachstumssubstraten umfassen Glas, Siliziumdioxid, Quarz oder eine Keramik.

Je nach Verwendungszweck kann der Halbleiter auf einem direkten oder einem indirekten Halbleitermaterial basieren. Beispiele für zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung besonders geeignete Halbleitermaterialien umfassen insbesondere Nitrid-Halbleiterverbindungen, durch die beispielsweise ultraviolette, blaues oder langwelligeres Licht erzeugt werden kann, wie beispielsweise GaN, InGaN, AlN, AlGaN, AlGaInN, AlGaInBN, Phosphid-Halbleiterverbindungen, durch die beispiels-

weise grünes oder langwelligeres Licht erzeugt werden kann, wie beispielsweise GaInAsP, AlGaInP, GaInP, GaP, AlGaP, sowie weitere Halbleitermaterialien wie GaAs, AlGaAs, InGaAs, AlInGaAs, SiC, ZnSe, ZnO, Ga₂O₃, Diamant, hexagonales BN und
5 Kombinationen der genannten Materialien. Das stöchiometrische Verhältnis der Verbindungshalbleitermaterialien kann variieren. Weitere Beispiele für Halbleitermaterialien können Silizium, Silizium-Germanium und Germanium umfassen. Im Kontext der vorliegenden Beschreibung schließt der Begriff „Halbleiter“
10 auch organische Halbleitermaterialien ein.

Der Begriff „Substrat“ umfasst generell isolierende, leitende oder Halbleitersubstrate.

15 Die Begriffe "lateral" und "horizontal", wie in dieser Beschreibung verwendet, sollen eine Orientierung oder Ausrichtung beschreiben, die im Wesentlichen parallel zu einer ersten Oberfläche eines Substrats oder Halbleiterkörpers verläuft. Dies kann beispielsweise die Oberfläche eines Wafers oder ei-
20 nes Chips (Die) sein.

Die horizontale Richtung kann beispielsweise in einer Ebene senkrecht zu einer Wachstumsrichtung beim Aufwachsen von Schichten liegen.

25

Der Begriff "vertikal", wie er in dieser Beschreibung verwendet wird, soll eine Orientierung beschreiben, die im Wesentlichen senkrecht zu der ersten Oberfläche eines Substrats oder Halbleiterkörpers verläuft. Die vertikale Richtung kann bei-
30 spielsweise einer Wachstumsrichtung beim Aufwachsen von Schichten entsprechen.

Soweit hier die Begriffe "haben", "enthalten", "umfassen", "aufweisen" und dergleichen verwendet werden, handelt es sich

um offene Begriffe, die auf das Vorhandensein der besagten Elemente oder Merkmale hinweisen, das Vorhandensein von weiteren Elementen oder Merkmalen aber nicht ausschließen. Die unbestimmten Artikel und die bestimmten Artikel umfassen sowohl
5 den Plural als auch den Singular, sofern sich aus dem Zusammenhang nicht eindeutig etwas anderes ergibt.

Im Kontext dieser Beschreibung bedeutet der Begriff „elektrisch verbunden“ eine niederohmige elektrische Verbin-
10 dung zwischen den verbundenen Elementen. Die elektrisch verbundenen Elemente müssen nicht notwendigerweise direkt miteinander verbunden sein. Weitere Elemente können zwischen elektrisch verbundenen Elementen angeordnet sein.

15 Der Begriff „elektrisch verbunden“ umfasst auch Tunnelkontakte zwischen den verbundenen Elementen.

Wie im Folgenden erläutert werden wird, weist ein optoelektronisches Halbleiterbauelement eine aktive Zone 115 auf, die ei-
20 ne Mehrfach-Quantentopfstruktur zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung durch Elektron-Loch-Rekombination aufweist. Die Mehrfach-Quantentopfstruktur weist dabei mehrere verschiedene Quantentopfstrukturen auf. Eine Quantentopfstruktur kann beispielsweise Teilschichten mit unterschiedlichen elektri-
25 schen Bandlücken aufweisen, wobei die entsprechenden Teilschichten in vertikaler Richtung übereinander gestapelt sind. Beispielsweise kann ein Material einer kleineren Bandlücke zwischen zwei Barrierenschichten mit größerer Bandlücke angeordnet sein und an diese angrenzen. Liegt die Dicke der Teil-
30 schicht mit der kleineren Bandlücke im Bereich der de-Broglie-Wellenlänge der Ladungsträger, so sind die Energiezustände innerhalb der Schicht mit der kleineren Bandlücke quantisiert, und es bildet sich eine Quantentopfstruktur aus. Beispielsweise kann die Quantisierung in einer Raumrichtung vorliegen. Ge-

nerell entfaltet die Bezeichnung „Quantentopf-Struktur“ keine Bedeutung hinsichtlich der Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte sowie jede Kombination dieser Schichten.

5

Dabei können die Energiezustände oder Energieniveaus einerseits von einer Zusammensetzung oder einem Zusammensetzungsverhältnis der Quantentopfschicht mit kleinerer Bandlücke abhängen. Weiterhin können die Energieniveaus von einer Schichtdicke der Quantentopfschicht abhängen. Zusätzlich werden die Energieniveaus auch von einer Zusammensetzung der Barrierenschichten beeinflusst. Bei einer Mehrfach-Quantentopfstruktur sind nun Quantentopfschichten mit teils unterschiedlichen Energieniveaus vorgesehen, so dass aus den unterschiedlichen Quantentöpfen elektromagnetische Strahlung mit jeweils verschiedener Wellenlänge emittiert werden kann. Generell kann eine Mehrfach-Quantentopfstruktur Quantentopfschichten mit gleichen Energieniveaus aufweisen, sofern mindestens eine Quantentopfschicht der Mehrfach-Quantentopfstruktur unterschiedliche Energieniveaus aufweist. Dies hat zur Folge, dass mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie beispielsweise einer ersten Quantentopfschicht von Elektron-Loch-Übergangsenergien beispielsweise einer zweiten Quantentopfschicht verschieden ist. Dies kann dadurch realisiert sein, dass zumindest ein Energieniveau, beispielsweise das niedrigste Energieniveau, der ersten Quantentopfschicht von einem entsprechenden Energieniveau, beispielsweise dem niedrigsten, der zweiten Quantentopfschicht, verschieden ist. Insbesondere kann die Elektron-Loch-Übergangsenergie einer Hauptemission oder einer vorwiegend emittierten Strahlung der ersten Quantentopfschicht von der Elektron-Loch-Übergangsenergie der Hauptemission der zweiten Quantentopfschicht verschieden sein.

30

Wie in Figur 1A veranschaulicht ist, umfasst die aktive Zone 115 beispielsweise eine Vielzahl von übereinander angeordneten identischen Einheitszellen 125. Jede Einheitszelle umfasst eine erste Quantentopfschicht 127, die zwischen zwei Barrierenschichten 128, 130, 134, 135 angeordnet ist. Jede Einheitszelle weist ferner eine zweite Quantentopfschicht 129 auf, die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten 130, 128 angeordnet ist. Dabei ist mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der ersten Quantentopfschicht 127 von Elektron-Loch-Übergangsenergien der zweiten Quantentopfschicht 129 verschieden. Entsprechend unterscheiden sich die erste und die zweite Quantentopfschicht in mindestens einer Elektron-Loch-Übergangsenergie.

Beispielsweise kann die Mehrfach-Quantentopfstruktur mindestens fünf oder zehn, beispielsweise mehr als 20 oder mehr als 30 übereinander angeordnete Einheitszellen 125 aufweisen. Beispielsweise kann die Vielzahl übereinander angeordneter Einheitszellen eine Übergitterstruktur ausbilden. Das heißt, durch die übereinander angeordneten Einheitszellen 125 wird eine periodische Anordnung ausgebildet.

Wie in Figur 1A dargestellt ist, kann beispielsweise eine untere Barrierenschicht 134, 128 an eine erste Seite der ersten Quantentopfschicht 127 angrenzen. Weiterhin grenzt eine obere Barrierenschicht 135, 130 an eine zweite Seite der ersten Quantentopfschicht 127 an. Dabei kann beispielsweise die untere Barrierenschicht 134 jeweils eine erste Barrierenschicht 128 sein, und die obere Barrierenschicht 135 kann eine zweite Barrierenschicht 130 sein. Die erste und die zweite Barrierenschicht können jeweils voneinander verschieden sein. In entsprechender Weise kann an eine erste Seite der zweiten Quantentopfschicht 129 eine zweite Barrierenschicht 130 angrenzen

und an eine zweite Seite der zweiten Quantentopfschicht 129 grenzt eine erste Barrierenschicht 128 an.

Beispielsweise kann das optoelektronische Halbleiterbauelement geeignet sein, elektromagnetische Strahlung durch spontane
5 Emission zu emittieren. Das optoelektronische Halbleiterbauelement kann beispielsweise eine Leuchtdiode sein.

Generell können die einzelnen Quantentopf- und Barrierenschichten auf dem Phosphid- und/oder Arsenid-Materialsystem
10 basieren. Beispielsweise kann das Material der Quantentopfschichten jeweils (Al)GaInAs oder (Al)GaAs enthalten. Das Material der jeweiligen Barrierenschichten kann (Al)GaAs oder (Al)GaAsP enthalten. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann das Material der Quantentopfschichten jeweils (Al)GaInP oder
15 (Al)GaInAsP enthalten. Das Material der jeweiligen Barrierenschichten kann (Al)GaInP oder AlInP enthalten. Beispielsweise können Quantentopf- und Barrierenschichten derart ausgewählt sein, dass eine Differenz der emittierten Wellenlängen der beiden Quantentöpfe nicht größer als etwa 100 nm oder 60 nm
20 oder beispielsweise kleiner als etwa 45 nm ist. Dabei bezieht sich diese Differenz jeweils auf die Elektron-Loch-Übergangsenergie der Grundzustände in Leitungs- und Valenzband. Ein zu großer Unterschied der emittierten Wellenlängen bedeutet einen entsprechend großen Unterschied zwischen jeweils den Grundzuständen im Leitungs- und Valenzband in den
25 Quantentopfschichten. Als Folge wird die Aufenthaltswahrscheinlichkeit für Ladungsträger in der Quantentopfschicht mit dem größeren niedrigsten Energieniveau und damit die Emissionswahrscheinlichkeit für die kürzere Wellenlänge verringert.
30 Entsprechend findet eine ungleiche Verteilung der Intensitäten der durch die jeweiligen Quantentopfschichten emittierten elektromagnetischen Strahlung statt, und die Emissionswellenlänge des optoelektronischen Halbleiterbauelements wird zu sehr in Richtung der längeren Wellenlänge verschoben.

Die Quantentopfschichten können beispielsweise eine Schichtdicke im Bereich von 2 bis 10 nm aufweisen. Eine Schichtdicke der Barrierenschichten kann in einem Bereich von 3 bis 50 nm liegen.

Gemäß Ausführungsformen können innerhalb einer Einheitszelle weitere Quantentopfschichten zwischen der ersten und der zweiten Quantentopfschicht 127, 129 angeordnet sein.

Figur 1B zeigt eine Querschnittsansicht eines Teils einer aktiven Zone 115 eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen. Wie in Figur 1B dargestellt ist, kann jede Einheitszelle zusätzlich eine dritte Quantentopfschicht 131 aufweisen, die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten angeordnet ist. Beispielsweise kann die dritte Quantentopfschicht 131 zwischen einer zweiten Barrierenschicht 130 und einer dritten Barrierenschicht 132 angeordnet sein. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die dritte Quantentopfschicht 131 auch zwischen zwei dritten Barrierenschichten 132 angeordnet sein. Gemäß Ausführungsformen kann jede Einheitszelle 125 genau eine erste Quantentopfschicht 127, eine zweite Quantentopfschicht 129 und eine dritte Quantentopfschicht 131 aufweisen, wobei die entsprechenden Quantentopfschichten jeweils zwischen geeigneten Barrierenschichten angeordnet sind.

Figur 1C zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer aktiven Zone 115 eines Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen. Hier weist jede Einheitszelle eine Abfolge von erster Quantentopfschicht 127, zweiter Quantentopfschicht 129, dritter Quantentopfschicht 131 sowie einer vierten Quantentopfschicht auf. Dabei kann eine kleinste Elektron-Loch-Übergangsenergie der vierten Quantentopfschicht gleich einer kleinsten Elektron-Loch-Übergangsenergie der zweiten Quanten-

topfschicht sein. Aus diesem Grund ist die vierte Quantentopfschicht mit 129 bezeichnet. Jede der Quantentopfschichten ist jeweils zwischen zwei Barrierenschichten angeordnet. Auf diese Weise lassen sich in einer Einheitszelle 125 mehrere Quantentopfschichten unterbringen, die elektromagnetische Strahlung gleicher Wellenlänge emittieren. Entsprechend wird die Lichtemission mit einer Energie, die der zweiten Quantentopfschicht 129 entspricht, verstärkt.

10 Gemäß Ausführungsformen, die beispielsweise in den Figuren 1A bis 1C veranschaulicht sind, kann eine untere Barrierenschicht 134, 128 der ersten Quantentopfschicht 127 von der oberen Barrierenschicht 135, 130 verschieden sein. In entsprechender Weise ist auch eine untere Barrierenschicht 130 (zweite Barrierenschicht) der zweiten Quantentopfschicht 129 verschieden
15 von der oberen Barrierenschicht 128 (erste Barrierenschicht). In entsprechender Weise kann, wie in Figur 1B dargestellt ist, auch die untere Barrierenschicht 132 (dritte Barrierenschicht) der dritten Quantentopfschicht 131 von der oberen Barrierenschicht 130 (zweite Barrierenschicht) verschieden sein.
20

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann beispielsweise die Schichtdicke einer jeden Barrierenschicht verringert, beispielsweise halbiert werden. Weiterhin kann angrenzend an jede
25 der beiden Seiten der Quantentopfschichten jeweils eine Barrierenschicht des gleichen Typs angeordnet sein. Wie in Figur 1D dargestellt ist, kann beispielsweise eine erste Barrierenschicht 128 jeweils auf beiden Seiten der ersten Quantentopfschicht 127 angeordnet sein. Entsprechend ist eine zweite Barrierenschicht 130 jeweils auf beiden Seiten der zweiten Quantentopfschicht 129 angeordnet. Darüber hinaus kann auch jeweils eine dritte Barrierenschicht 132 auf beiden Seiten der dritten Quantentopfschicht 130 angeordnet sein. Dadurch, dass
30 die Schichtdicken der jeweiligen Barrierenschichten gegenüber

beispielweise den in den Figuren 1A bis 1C gezeigten Anordnung verringert, beispielsweise halbiert sind, wird die Gesamtschichtdicke der Barrierenschichten dadurch nur unwesentlich oder gar nicht verändert. Dadurch, dass die untere Barrierenschicht 134 jeweils identisch mit der oberen Barrierenschicht 135 ist, können die Energieniveaus innerhalb der Quantentopfschichten genauer eingestellt werden. Insbesondere können bei Verwendung komplizierterer Einheitszellen 125 die Energieniveaus genauer eingestellt werden.

10

Durch die beschriebene Anordnung der einzelnen Quantentopfschichten in der aktiven Zone 115 ist es möglich, ein optoelektronisches Halbleiterbauelement bereitzustellen, das eine Vielzahl unterschiedlicher Wellenlängen emittieren kann.

15

Dadurch, dass die unterschiedlichen Quantentöpfe und Barrierenschichten periodisch angeordnet sind, entsteht innerhalb dieser periodischen Anordnung in der aktiven Zone 115 ein einziges Übergitter. Bei Untersuchung der aktiven Zone mit Röntgenbeugung oder Röntgendiffraktometrie können Signale ermittelt werden, die diesem Übergitter entsprechen. Entsprechend kann für das Übergitter beispielsweise die Übergitterperiode sowie die Gesamtverspannung der Einheitszelle bestimmt werden.

20

Je nach Anzahl an unterschiedlichen Quantentopfstrukturen, Anzahl der jeweils einzelnen Quantentopfstrukturen und/oder deren Zahlenverhältnisse kann durch eine solche periodische Anordnung mittels Röntgenbeugung eine zuverlässige Aussage über die Verspannung im Schichtstapel erhalten werden. Weicht beispielsweise die Gesamtverspannung des Schichtstapels zur Erzeugung der aktiven Zone 115 zu stark von der des Substrats ab, so können beim Wachstum des Schichtstapels Versetzungen auftreten. Weiterhin kann ein dreidimensionales Wachstum auftreten, wodurch Aufrauungen verursacht werden. Dadurch, dass die Gesamtverspannung durch Röntgendiffraktometrie exakter bestimmt werden kann, kann eine bessere Prozesskontrolle und

25

30

Prozessführung stattfinden. In deren Folge kann die Verspannung innerhalb des Schichtstapels eingestellt werden, wodurch letztendlich die Effizienz der optoelektronischen Halbleiterbauelemente verbessert wird.

5

Figur 2A zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements 10 gemäß Ausführungsformen. Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement 10 umfasst beispielsweise eine erste Halbleiterschicht 110 von einem ersten Leitfähigkeitstyp, beispielsweise n-leitend, eine aktive Zone 115, sowie eine zweite Halbleiterschicht 120 von einem zweiten Leitfähigkeitstyp, beispielsweise p-leitend. Beispielsweise können die erste Halbleiterschicht 110, die aktive Zone 115 sowie die zweite Halbleiterschicht 120 einen Schichtstapel ausbilden. Die aktive Zone 115 kann wie unter Bezugnahme auf die Figuren 1A bis 1D erläutert aufgebaut sein. Beispielsweise kann der Halbleiterschichtstapel, der die erste Halbleiterschicht 110, die aktive Zone 115 sowie die zweite Halbleiterschicht 120 enthält, über einem geeigneten Substrat 100 angeordnet sein. Weitere Schichten können zwischen dem Substrat 100 und den Halbleiterschichten angeordnet sein. Das Substrat kann beispielsweise isolierend oder elektrisch leitend sein. Ein erstes Kontaktelement 112 kann mit der ersten Halbleiterschicht 110 elektrisch leitend verbunden sein. Ein zweites Kontaktelement 122 kann mit der zweiten Halbleiterschicht 120 elektrisch leitend verbunden sein. Beispielsweise kann die erste Halbleiterschicht 110 über das elektrisch leitende Substrat 100 mit dem ersten Kontaktelement 112 verbunden sein. Gemäß weiteren Ausführungsformen sind eine Vielzahl anderer Anschlussmöglichkeiten zwischen erster Halbleiterschicht 110 und erstem Kontaktelement 112 möglich. In entsprechender Weise kann auch ein elektrischer Kontakt der zweiten Halbleiterschicht 120 mit dem zweiten Kontaktelement 122 in anderer Weise als in Figur 2A dargestellt erfolgen.

Beispielsweise können die erste und zweite Halbleiterschicht 110, 120 AlGaAs enthalten. Beispielsweise kann in diesem Fall als Quantentopfmaterial (Al)GaInAs und als Barrierenmaterial (Al)GaAsP verwendet werden. Gemäß weiteren Ausführungsformen können die erste und die zweite Halbleiterschicht 110, 120 AlGaInP enthalten. Bei Verwendung von AlGaInP als Materialsystem für die erste und zweite Halbleiterschicht 110, 120 können beispielsweise die Quantentopfschicht und auch die Barrierenschicht aus AlGaInP aufgebaut sein.

Beispielsweise können in Abhängigkeit vom verwendeten Materialsystem beim Aufwachsen von Barrieren- und Quantentopfschichten jeweils durch Einstellung der Abscheideparameter kompressive oder tensile Verspannungen gezielt eingestellt werden. Dadurch werden Verspannungen, die naturgemäß beim Aufbringen der jeweiligen Schichten über einem Substrat auftreten, kompensiert.

Figur 2B zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer optoelektronischen Vorrichtung 21 gemäß Ausführungsformen. Die optoelektronische Vorrichtung 21 weist ein erstes optoelektronisches Halbleiterbauelement wie vorstehend beschrieben sowie ein zweites optoelektronisches Halbleiterbauelement 11 auf. Das erste und zweite optoelektronische Halbleiterbauelement 10, 11 sind übereinander gestapelt und miteinander elektrisch verbunden. Das zweite Halbleiterbauelement 11 weist eine Quantentopfschicht 141 auf. Beispielsweise ist mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der Quantentopfschicht 141 des zweiten Halbleiterbauelements 11 von Elektron-Loch-Übergangsenergien der ersten und zweiten Quantentopfschichten 127, 129 verschieden. Weiterhin kann mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der ersten Quantentopfschicht 127 von Elektron-Loch-Übergangsenergien der Quantentopfschicht 141 des

zweiten Halbleiterbauelements 11 verschieden sein. Mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der zweiten Quantentopfschicht 129 kann von Elektron-Loch-Übergangsenergien der Quantentopfschicht 141 des zweiten Halbleiterbauelements 11 verschieden sein. Das zweite Halbleiterbauelement 11 kann beispielsweise eine Vielzahl von Quantentopfschichten 141 aufweisen. Die Quantentopfschicht(en) 141 des zweiten Halbleiterbauelements 11 sind zwischen Barrierenschichten 142 angeordnet.

Beispielsweise können das erste und zweite optoelektronische Halbleiterbauelement 10, 11 über einen Tunnelkontakt 103 miteinander elektrisch verbunden sein. Dabei kann ein Tunnelkontakt 103 eine p^{++} -dotierte Schicht sowie eine n^{++} -dotierte Schicht aufweisen, so dass eine Tunnelodiode ausgebildet wird. Die optoelektronische Vorrichtung 21 oder das zweite optoelektronische Halbleiterbauelement 11 kann weiterhin ein geeignetes Substrat 100 umfassen. Weitere Schichten können zwischen dem Substrat 100 und den Halbleiterschichten angeordnet sein. Ein erstes Kontaktelement 112 kann mit der ersten Halbleiterschicht 110 elektrisch leitend verbunden sein. Ein zweites Kontaktelement 122 kann mit der zweiten Halbleiterschicht 120 elektrisch leitend verbunden sein.

Die erste Halbleiterschicht 110 des ersten optoelektronischen Halbleiterbauelements 10 kann jeweils identisch zu oder unterschiedlich von der ersten Halbleiterschicht des zweiten optoelektronischen Halbleiterbauelements 11 sein. Die zweite Halbleiterschicht 120 des ersten optoelektronischen Halbleiterbauelements 10 kann jeweils identisch zu oder unterschiedlich von der zweiten Halbleiterschicht des zweiten optoelektronischen Halbleiterbauelements 11 sein. Das erste und das zweite Halbleiterbauelement 10, 11 können jeweils auf demselben Materialsystem basieren.

Gemäß Ausführungsformen können sich die Quantentopfschicht 141 und die Quantentopfschichten 127, 129 des zweiten Halbleiterbauelements 11 in mindestens einer Elektron-Loch-Übergangsenergien unterscheiden. Beispielsweise kann dieser Unterschied größer als 50 oder 100 nm sein. Auf diese Weise lässt sich eine optoelektronische Vorrichtung bereitstellen, die elektromagnetische Strahlung in einem Wellenlängenbereich emittieren kann, bei dem eine Differenz zwischen minimaler und maximaler Wellenlänge größer als beispielsweise 50 oder 100 nm ist, ohne dass das zuvor beschriebene Problem der Intensitätsverschiebung auftritt.

Figur 2C zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer optoelektronischen Vorrichtung 20 gemäß weiteren Ausführungsformen. Die optoelektronische Halbleitervorrichtung 20 weist eine Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterbauelementen 10 wie vorstehend beschrieben auf. Beispielsweise kann die optoelektronische Halbleitervorrichtung 20 mehr als 2 optoelektronische Halbleiterbauelemente 10 umfassen. Die optoelektronischen Halbleiterbauelemente 10 können jeweils verschieden oder auch identisch sein. Die optoelektronischen Halbleiterbauelemente 10 können beispielsweise übereinander gestapelt sein und miteinander elektrisch verbunden sein. Beispielsweise können die optoelektronischen Halbleiterbauelemente 10 über Tunnelkontakte 103 wie vorstehend beschrieben miteinander verbunden sein.

Das optoelektronische Halbleiterbauelement 10 oder die optoelektronische Halbleitervorrichtung 20 kann beispielsweise als IR-Breitbandemitter, als breitbandige Lichtquelle oder als Leuchtdiode verwendet werden. Beispielsweise kann die Leuchtdiode elektromagnetische Strahlung in einem Spektralbereich von 650 bis 1200 nm emittieren.

Obwohl hierin spezifische Ausführungsformen veranschaulicht und beschrieben worden sind, werden Fachleute erkennen, dass die gezeigten und beschriebenen spezifischen Ausführungsformen durch eine Vielzahl von alternativen und/oder äquivalenten Ausgestaltungen ersetzt werden können, ohne vom Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Die Anmeldung soll jegliche Anpassungen oder Variationen der hierin diskutierten spezifischen Ausführungsformen abdecken. Daher wird die Erfindung nur durch die Ansprüche und deren Äquivalente beschränkt.

BEZUGSZEICHENLISTE

	10	optoelektronisches Halbleiterbauelement
	11	zweites optoelektronisches Halbleiterbauelement
5	20, 21	optoelektronische Halbleitervorrichtung
	100	Substrat
	103	Tunnelkontakt
	110	erste Halbleiterschicht
	112	erstes Kontaktelement
10	115	aktive Zone
	116	aktive Zone
	120	zweite Halbleiterschicht
	122	zweites Kontaktelement
	125	Einheitszelle
15	127	erste Quantentopfschicht
	128	erste Barrierenschicht
	129	zweite Quantentopfschicht
	130	zweite Barrierenschicht
	131	dritte Quantentopfschicht
20	132	dritte Barrierenschicht
	134	untere Barrierenschicht
	135	obere Barrierenschicht
	141	Quantentopfschicht des zweiten optoelektronischen Halb- leiterbauelements
25	142	Barrierenschicht des zweiten optoelektronischen Halb- leiterbauelements

PATENTANSPRÜCHE

1. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) mit einer aktiven Zone (115), die eine Mehrfachquantentopfstruktur zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung durch Elektron-Loch-Rekombination aufweist, wobei die Mehrfachquantentopfstruktur eine Vielzahl von übereinander angeordneten identischen Einheitszellen (125) aufweist, und jede Einheitszelle (125)
- 5 eine erste Quantentopfschicht (127), die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten (128, 130) angeordnet ist, und eine zweite Quantentopfschicht (129), die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten angeordnet ist, aufweist,
- 10 wobei mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der ersten Quantentopfschicht (127) von Elektron-Loch-Übergangsenergien der zweiten Quantentopfschicht (129) verschieden ist.
- 15
2. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 1, bei dem jede Einheitszelle (125)
- 20 eine dritte Quantentopfschicht (131), die jeweils zwischen zwei Barrierenschichten (130, 132) angeordnet ist, aufweist, wobei mindestens eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der dritten Quantentopfschicht (131) von den Elektron-Loch-Übergangsenergien der ersten und der zweiten Quantentopfschicht (127, 129) verschieden ist.
- 25
3. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem in der Einheitszelle (125) eine Anzahl an ersten Quantentopfschichten (127) von einer Anzahl an zweiten Quantentopfschichten (129) verschieden ist.
- 30
4. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine untere Barrierenschicht (134), die an eine erste Seite der ersten Quantentopf-

schicht (127) angrenzt, von einer oberen Barrierenschicht (135), die an eine zweite Seite der ersten Quantentopfschicht (127) angrenzt, verschieden ist.

5 5. Optoelektronisches Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem jeweils eine untere Barrierenschicht (134, 128), die an eine erste Seite der ersten Quantentopfschicht (127) angrenzt, identisch zu einer oberen Barrierenschicht (135, 128) ist, die an eine zweite Seite der
10 ersten Quantentopfschicht (127) angrenzt, und eine erste Barrierenschicht (128) darstellt.

6. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Anzahl von übereinander angeordneten Einheitszellen (125) größer als 5 ist.
15

7. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Vielzahl übereinander angeordneter Einheitszellen (125) eine Übergitterstruktur
20 ausbildet.

8. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Quantentopfschicht (127) geeignet ist, elektromagnetische Strahlung einer
25 ersten Wellenlänge zu emittieren und die zweite Quantentopfschicht (129) geeignet ist, elektromagnetische Strahlung einer zweiten Wellenlänge zu emittieren, wobei eine Differenz zwischen der ersten Wellenlänge und der zweiten Wellenlänge kleiner als 100 nm ist.

30

9. Optoelektronische Halbleitervorrichtung (21), die ein erstes optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 sowie ein zweites optoelektronisches Halbleiterbauelement (11) aufweist, wobei das erste und zweite

optoelektronische Halbleiterbauelement (10, 11) übereinander gestapelt und über einen Tunnelkontakt (103) miteinander elektrisch verbunden sind und das zweite Halbleiterbauelement (11) eine Quantentopfschicht (141) aufweist, wobei mindestens
5 eine Elektron-Loch-Übergangsenergie der Quantentopfschicht (141) des zweiten Halbleiterbauelements (11) von Elektron-Loch-Übergangsenergien der ersten und zweiten Quantentopfschichten (127, 129) verschieden ist oder umgekehrt.

10 10. Optoelektronische Halbleitervorrichtung (20) mit einer Vielzahl von optoelektronischen Halbleiterbauelementen (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die optoelektronischen Halbleiterbauelemente (10) übereinander gestapelt und über Tunnelkontakte (103) miteinander elektrisch verbunden sind.

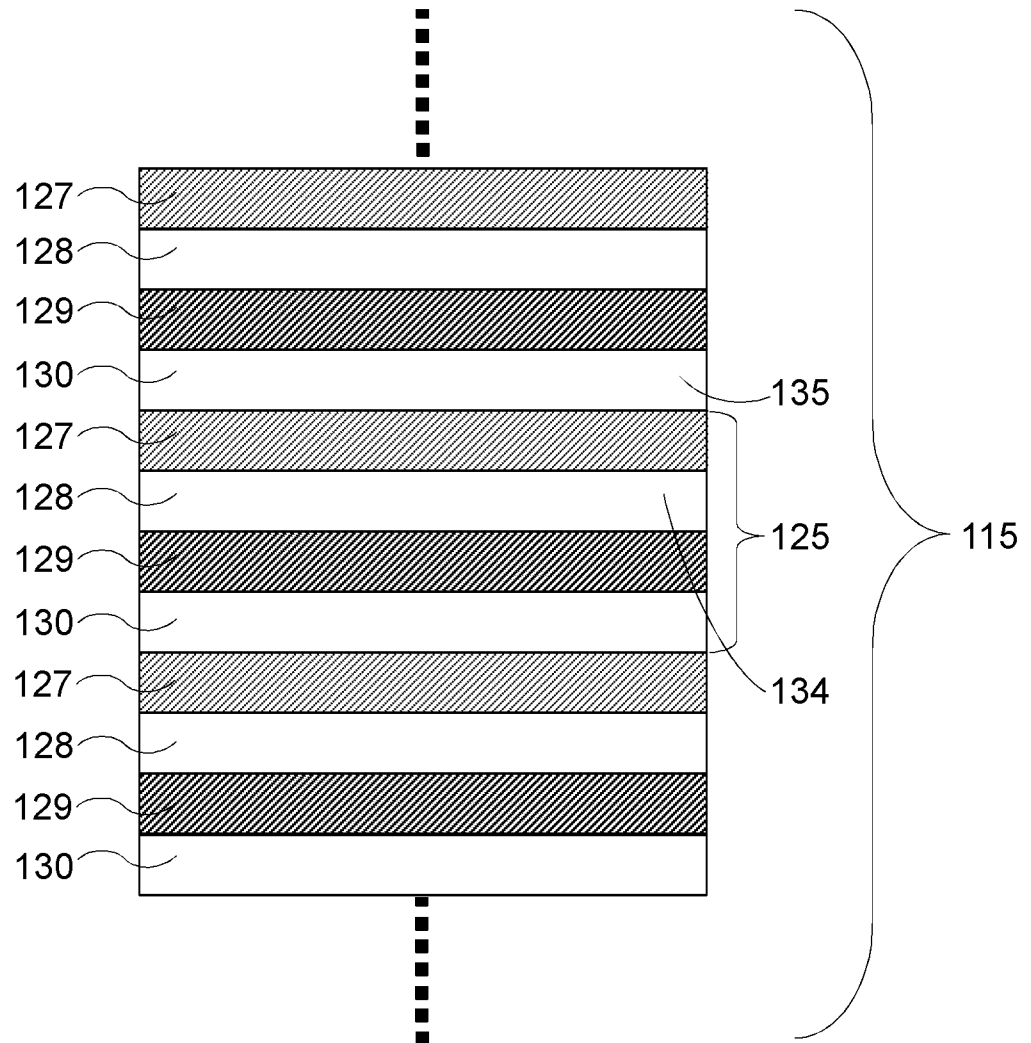


Fig. 1A

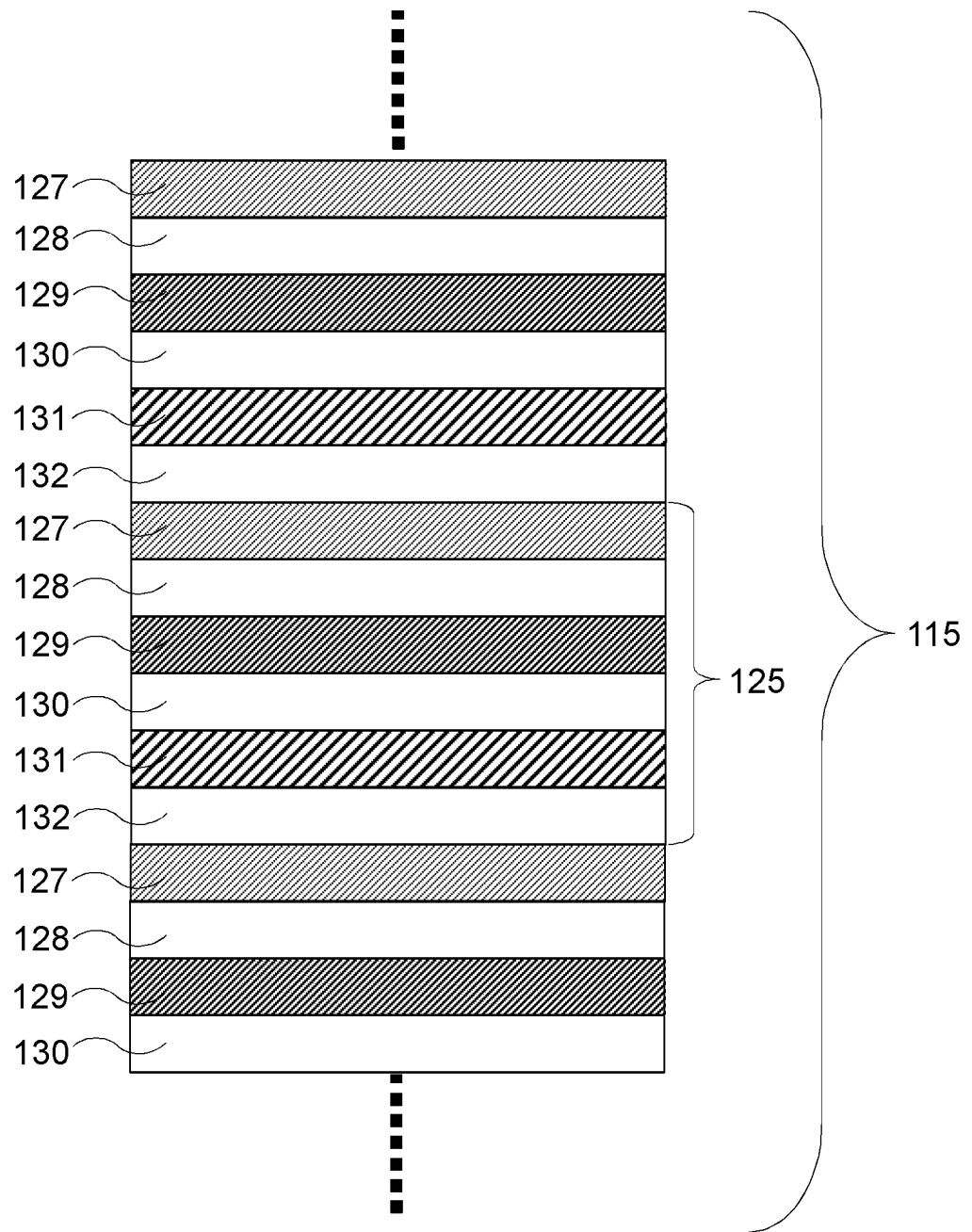


Fig. 1B

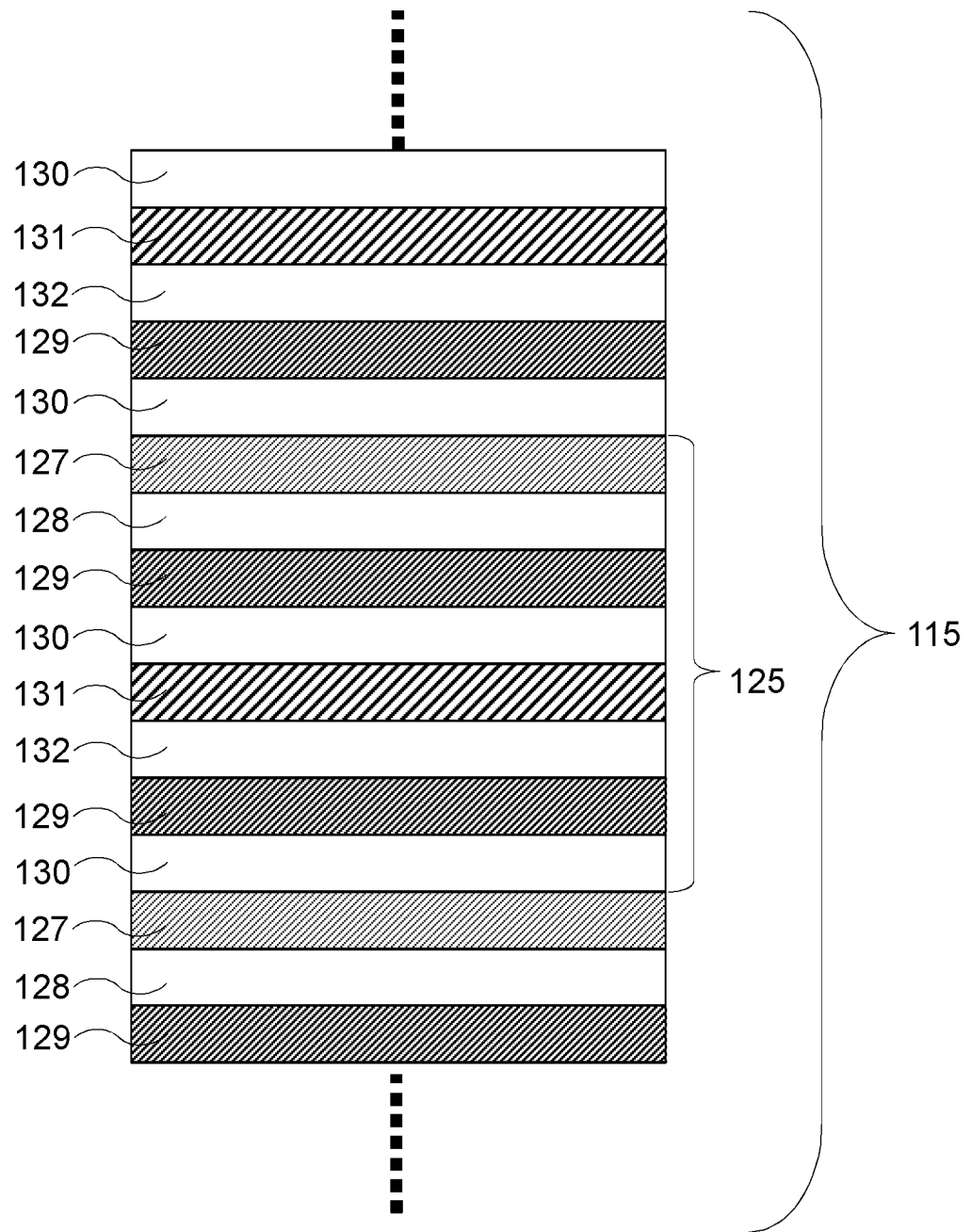


Fig. 1C

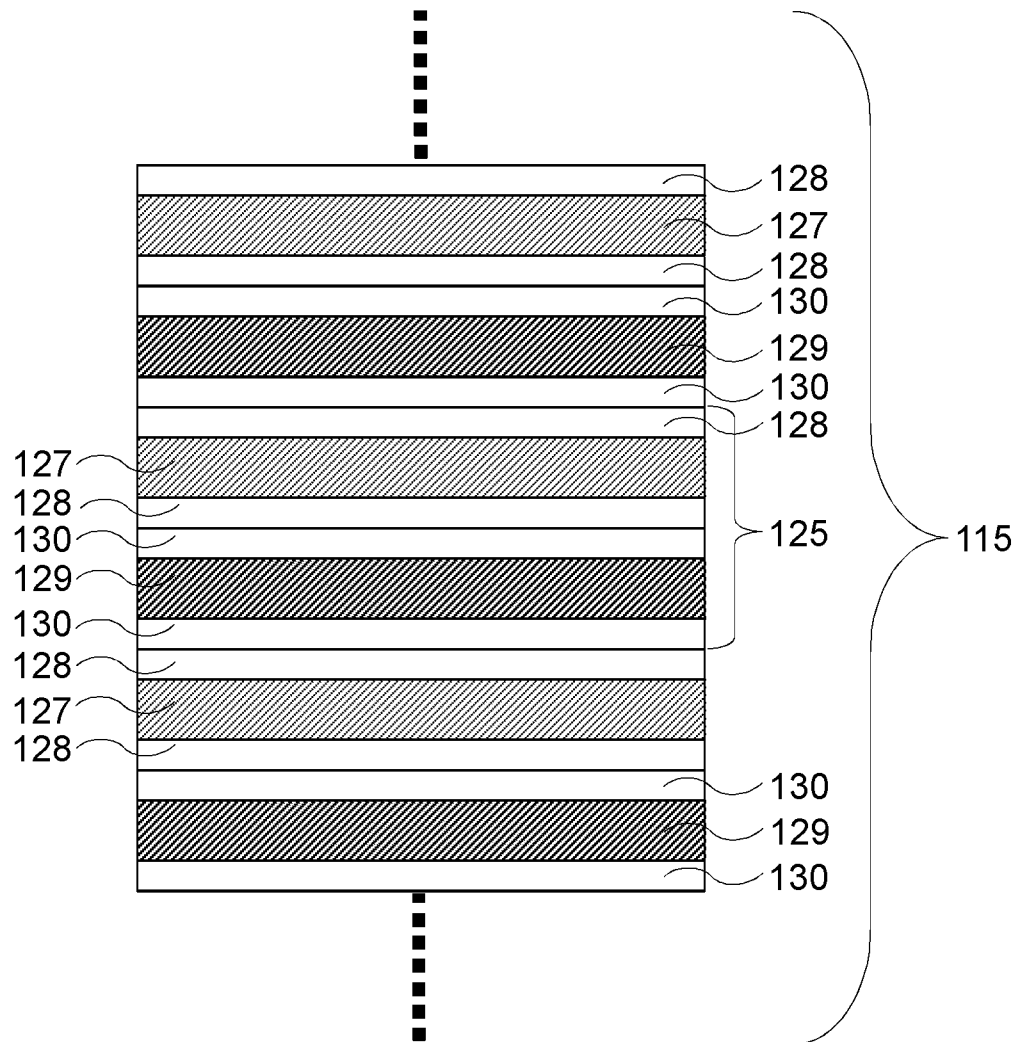


Fig. 1D

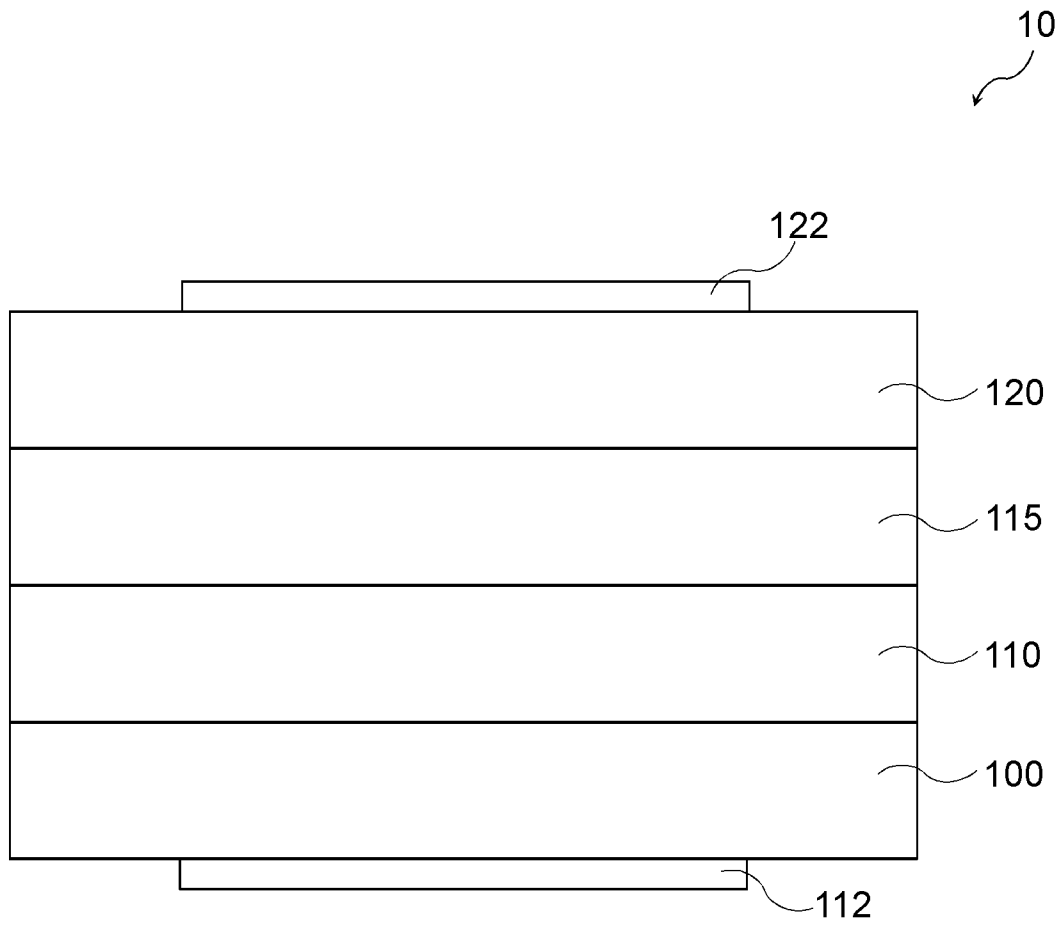


Fig. 2A

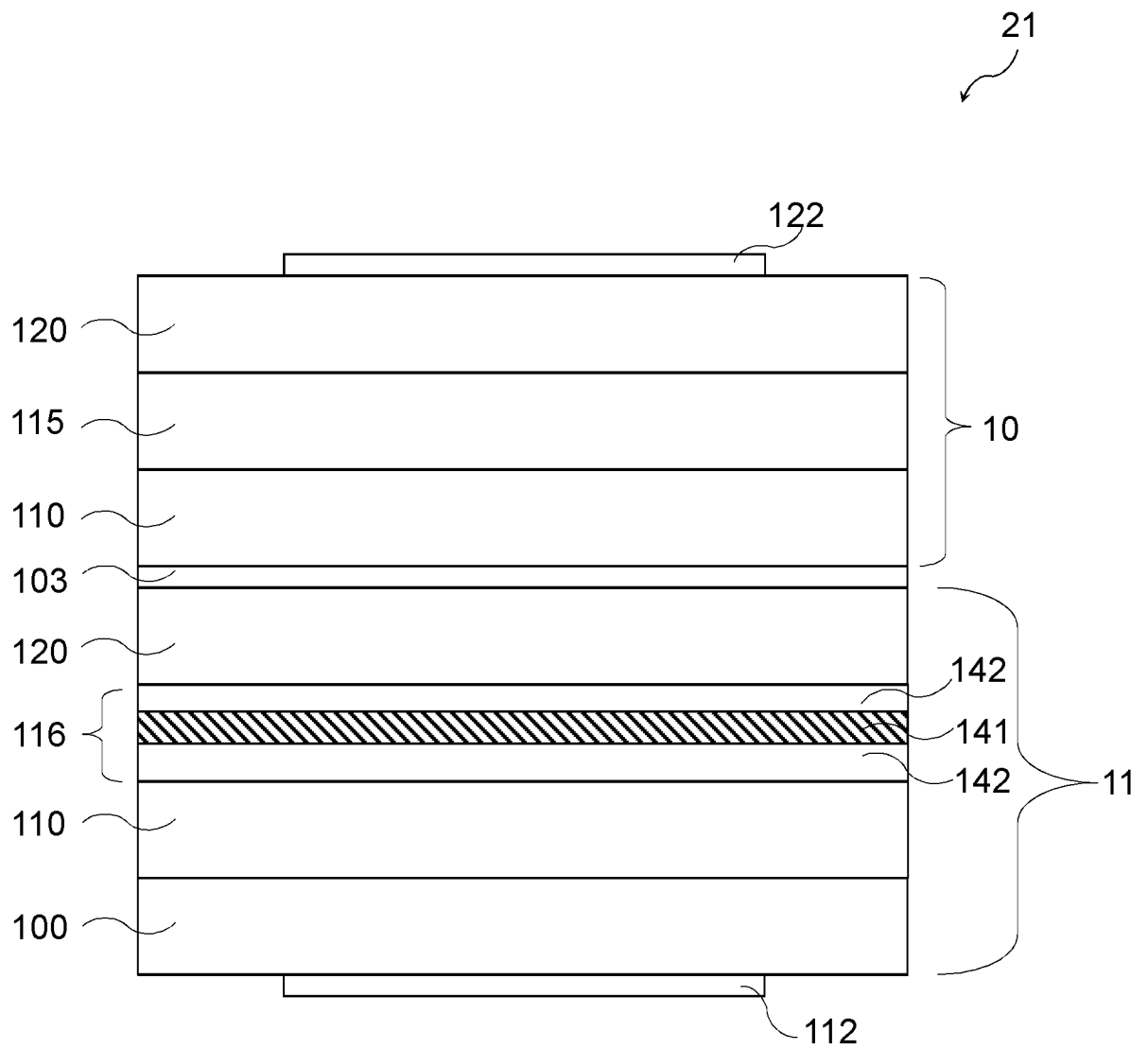


Fig. 2B

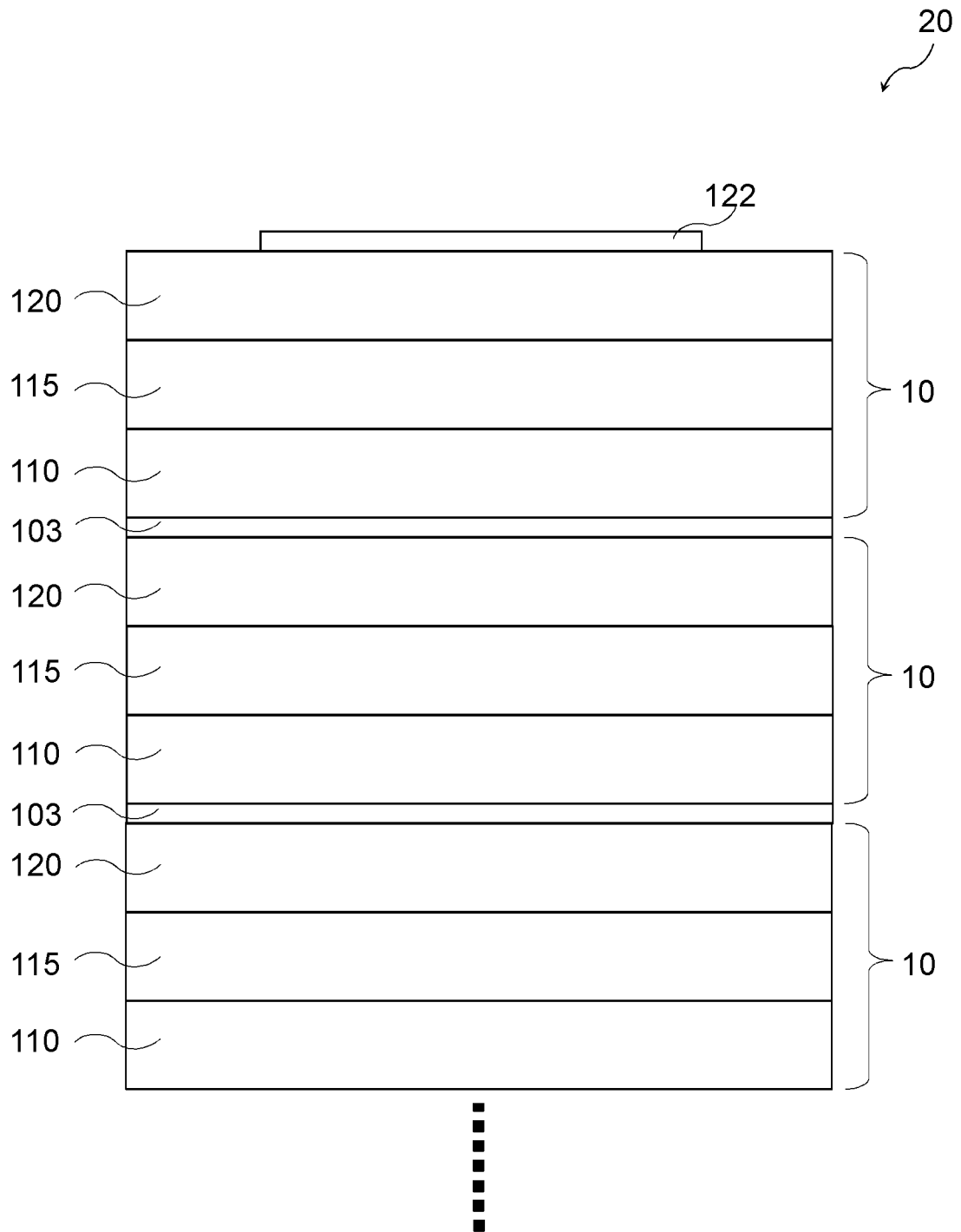


Fig. 2C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/086460

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 33/04**(2010.01)i; **H01L 33/06**(2010.01)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)

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011187294 A1 (BERGMANN MICHAEL JOHN [US] ET AL) 04 August 2011 (2011-08-04)	1-8
Y	paragraphs [0010], [0031], [0065], [0067], [0077] - [0079], [0126]; claims 33-35; figures 3b, 6i-6k	9,10
X	DE 102013107969 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 29 January 2015 (2015-01-29)	1-5
	paragraphs [0035], [0044]; figure 4	
Y	DE 102010002966 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 22 September 2011 (2011-09-22)	9,10
A	paragraph [0099]; figure 3a	1-8
A	DE 102007044439 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 19 March 2009 (2009-03-19)	1-10
	paragraphs [0069], [0077], [0078], [0115], [0116]; figure 9	
A	US 5212706 A (JAIN FAQUIR C [US]) 18 May 1993 (1993-05-18)	1-10

☐ 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

02 March 2020

Date of mailing of the international search report

11 March 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

Claessen, Michiel

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/086460

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2011187294	A1	04 August 2011	CN	102822995	A	12 December 2012
				EP	2532033	A1	12 December 2012
				KR	20120118055	A	25 October 2012
				TW	201208112	A	16 February 2012
				US	2011187294	A1	04 August 2011
				WO	2011097150	A1	11 August 2011
DE	102013107969	A1	29 January 2015	CN	105493299	A	13 April 2016
				DE	102013107969	A1	29 January 2015
				JP	6113363	B2	12 April 2017
				JP	2016527721	A	08 September 2016
				US	2016181471	A1	23 June 2016
				US	2017309777	A1	26 October 2017
DE	102010002966	A1	22 September 2011	WO	2015011155	A1	29 January 2015
				DE	102010002966	A1	22 September 2011
				US	2013016752	A1	17 January 2013
				US	2015214696	A1	30 July 2015
				US	2017264080	A1	14 September 2017
				WO	2011113638	A1	22 September 2011
DE	102007044439	A1	19 March 2009	DE	102007044439	A1	19 March 2009
				TW	200919883	A	01 May 2009
				WO	2009036730	A2	26 March 2009
US	5212706	A	18 May 1993	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L33/04 H01L33/06
ADD.

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2011/187294 A1 (BERGMANN MICHAEL JOHN [US] ET AL) 4. August 2011 (2011-08-04)	1-8
Y	Absätze [0010], [0031], [0065], [0067], [0077] - [0079], [0126]; Ansprüche 33-35; Abbildungen 3b, 6i-6k	9,10
X	----- DE 10 2013 107969 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 29. Januar 2015 (2015-01-29) Absätze [0035], [0044]; Abbildung 4	1-5
Y	----- DE 10 2010 002966 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 22. September 2011 (2011-09-22)	9,10
A	Absatz [0099]; Abbildung 3a ----- -/-	1-8



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

2. März 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/03/2020

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Claessen, Michiel

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 2007 044439 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 19. März 2009 (2009-03-19) Absätze [0069], [0077], [0078], [0115], [0116]; Abbildung 9 -----	1-10
A	US 5 212 706 A (JAIN FAQUIR C [US]) 18. Mai 1993 (1993-05-18) -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/086460

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011187294 A1	04-08-2011	CN 102822995 A	12-12-2012
		EP 2532033 A1	12-12-2012
		KR 20120118055 A	25-10-2012
		TW 201208112 A	16-02-2012
		US 2011187294 A1	04-08-2011
		WO 2011097150 A1	11-08-2011

DE 102013107969 A1	29-01-2015	CN 105493299 A	13-04-2016
		DE 102013107969 A1	29-01-2015
		JP 6113363 B2	12-04-2017
		JP 2016527721 A	08-09-2016
		US 2016181471 A1	23-06-2016
		US 2017309777 A1	26-10-2017
		WO 2015011155 A1	29-01-2015

DE 102010002966 A1	22-09-2011	DE 102010002966 A1	22-09-2011
		US 2013016752 A1	17-01-2013
		US 2015214696 A1	30-07-2015
		US 2017264080 A1	14-09-2017
		WO 2011113638 A1	22-09-2011

DE 102007044439 A1	19-03-2009	DE 102007044439 A1	19-03-2009
		TW 200919883 A	01-05-2009
		WO 2009036730 A2	26-03-2009

US 5212706 A	18-05-1993	KEINE	
