

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/144045 A1

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

(54) Bezeichnung: OPTOELEKTRONISCHES HALBLEITERBAUELEMENT MIT REFLEKTIERENDER GITTERSTRUKTUR

(57) Zusammenfassung: Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement(10)ist geeignet, elektromagnetische Strahlung (15) zu emittieren. Das optoelektronische Halbleiterbauelement (10) weist einen Halbleiterkörper (108) und eine reflektierende Gitterstruktur (112),

(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)

die an eine erste Hauptoberfläche (109) des Halbleiterkörpers (108) angrenzt, auf. Die reflektierende Gitterstruktur (112) ist aus in horizontaler Richtung periodisch angeordneten Schichtbereichen (122, 124, 106) aufgebaut. Die erste Hauptoberfläche (109) ist von einer Austrittsfläche der elektromagnetischen Strahlung (15) verschieden.

OPTOELEKTRONISCHES HALBLEITERBAUELEMENT MIT REFLEKTIERENDER GITTERSTRUKTUR

BESCHREIBUNG

5

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE 10 2019 100 548.5, 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, weil
15 eine entsprechende Spannung angelegt wird, wird elektromagnetische Strahlung erzeugt.

Generell wird nach Konzepten gesucht, mit denen man die Effizienz von Leuchtdioden erhöhen kann.

20

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes optoelektronisches Halbleiterbauelement zur Verfügung zu stellen.

25 Gemäß Ausführungsformen wird die Aufgabe durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Zusammenfassung

30

Ein optoelektronisches Halbleiterbauelement ist geeignet, elektromagnetische Strahlung zu emittieren. Das optoelektronische Halbleiterbauelement weist einen Halbleiterkörper und eine reflektierende Gitterstruktur, die an eine erste Hauptober-

fläche des Halbleiterkörpers angrenzt, auf. Die reflektierende Gitterstruktur ist aus in horizontaler Richtung periodisch angeordneten Schichtbereichen aufgebaut. Die erste Hauptoberfläche ist von einer Austrittsfläche der elektromagnetischen Strahlung verschieden.

Beispielsweise ist die Gitterstruktur durch eine leitfähige Schicht in direktem Kontakt mit der ersten Hauptoberfläche des Halbleiterkörpers realisiert. Dabei ist die leitfähige Schicht in horizontaler Richtung periodisch strukturiert.

Gemäß Ausführungsformen umfasst die leitfähige Schicht eine erste Teilschicht aus einem ersten leitfähigen Material und eine zweite Teilschicht aus einem zweiten leitfähigen Material. Dabei hat das erste leitfähige Material einen anderen Brechungsindex als das zweite leitfähige Material.

Beispielsweise ist das erste leitfähige Material periodisch strukturiert ausgebildet, und das zweite leitfähige Material ist in Zwischenräumen zwischen Bereichen des ersten leitfähigen Materials angeordnet. Das zweite leitfähige Material kann insbesondere in die Zwischenräume zwischen den strukturierten Bereichen des ersten leitfähigen Materials eingefüllt sein. Beispielsweise hat das zweite leitfähige Material einen kleineren Brechungsindex als das erste.

Ein Unterschied des Brechungsindex des ersten leitfähigen Materials und des zweiten leitfähigen Materials kann beispielsweise größer als 1,0 sein. Das erste leitfähige Material kann ein transparentes Metalloxid sein. Das zweite leitfähige Material kann Silber sein.

Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die erste Hauptoberfläche des Halbleiterkörpers periodisch strukturiert sein. Die

leitfähige Schicht ist zwischen strukturierten Halbleiterbereichen des Halbleiterkörpers angeordnet.

Beispielsweise kann der Halbleiterkörper eine erste Halbleiterschicht von einem ersten Leitfähigkeitstyp, eine zweite Halbleiterschicht von einem zweiten Leitfähigkeitstyp sowie eine aktive Zone aufweisen. Dabei kann die aktive Zone zwischen der ersten Halbleiterschicht und der zweiten Halbleiterschicht angeordnet sein, und die erste Halbleiterschicht, die aktive Zone und die zweite Halbleiterschicht bilden einen Schichtstapel.

Beispielsweise ist eine erste Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht die erste Hauptoberfläche des Halbleiterkörpers. Die erste Halbleiterschicht kann p-leitend sein.

Gemäß Ausführungsformen verläuft die Gitterstruktur in horizontaler Richtung linear. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Gitterstruktur in horizontaler Richtung kreisförmig und konzentrisch verlaufen. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Gitterstruktur in horizontaler Richtung rechteckförmig und konzentrisch verlaufen.

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 eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen.

Figur 1B zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen.

Figuren 2A bis 2C zeigen jeweils Beispiele auf Ansichten einer ersten Hauptoberfläche des optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen.

15

Detailbeschreibung

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 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.

5 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
10 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
15 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
20 kann, wie beispielsweise GaN, InGaN, AlN, AlGaN, AlGaInN, AlGaInBN, Phosphid-Halbleiterverbindungen, durch die beispielsweise grünes oder langwelligeres Licht erzeugt werden kann, wie beispielsweise GaAsP, AlGaInP, GaP, AlGaP, sowie weitere Halbleitermaterialien wie GaAs, AlGaAs, InGaAs, AlInGaAs, SiC,
25 ZnSe, ZnO, Ga₂O₃, Diamant, hexagonales BN und Kombinationen der genannten Materialien. Das stöchiometrische Verhältnis der Verbindungshalbleitermaterialien kann variieren. Weitere Beispiele für Halbleitermaterialien können Silizium, Silizium-
30 Germanium und Germanium umfassen. Im Kontext der vorliegenden

Beschreibung schließt der Begriff „Halbleiter“ auch organische Halbleitermaterialien ein.

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

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

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

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
20 Halbleiterkörpers verläuft. Die vertikale Richtung kann beispielsweise einer Wachstumsrichtung beim Aufwachsen von Schichten entsprechen.

25 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 un-
30 bestimmten Artikel und die bestimmten Artikel umfassen sowohl 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 Verbindung zwischen den verbundenen Elementen. Die elektrisch verbundenen Elemente müssen nicht notwendigerweise direkt miteinander verbunden sein. Weitere Elemente können zwischen elektrisch verbundenen Elementen angeordnet sein.

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

Figur 1A zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen. Das optoelektronische Halbleiterbauelement 10 weist einen Halbleiterkörper 108 auf. Das optoelektronische Halbleiterbauelement 10 weist ferner eine reflektierende Gitterstruktur 112 angrenzend an eine erste Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 auf. Die reflektierende Gitterstruktur 122 ist aus in horizontaler Richtung periodisch angeordneten Schichtbereichen aufgebaut. Die erste Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 ist von einer Austrittsfläche 121 der elektromagnetischen Strahlung 15 verschieden.

Wie in Figur 1A dargestellt ist, kann emittierte elektromagnetische Strahlung 15 über eine Unterseite des optoelektronischen Halbleiterbauelements 10 und auch über Seitenflächen emittiert werden. Eine der Austrittsflächen der elektromagnetischen Strahlung ist beispielsweise die zweite Hauptoberfläche 121 des Halbleiterkörpers 108. Entsprechend ist die erste Hauptoberfläche 109 von einer Austrittsfläche der elektromagnetischen Strahlung verschieden.

Gemäß Ausführungsformen weist das optoelektronische Halbleiterbauelement ferner eine leitfähige Schicht 123 in direktem Kontakt mit dem Halbleiterkörper 108 auf. Die leitfähige

Schicht 123 kann reflektierend oder absorbierend sein. Beispielsweise ist die leitfähige Schicht 123 in horizontaler Richtung periodisch strukturiert. Gemäß Ausführungsformen ist eine Vielzahl von Bereichen 122 der leitfähigen Schicht 123
5 entsprechend einem Anordnungsmuster, das sich beispielsweise senkrecht zur ersten Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 erstreckt, angeordnet. Die Bereiche 122 der leitfähigen Schicht 123 sind entsprechend einer konstanten Gitterperiode angeordnet. Das heißt, eine laterale Ausdehnung der Bereiche
10 122 kann jeweils identisch sein. Weiterhin kann ein Abstand zwischen benachbarten Bereichen 122 jeweils identisch sein. Das optoelektronische Halbleiterbauelement kann beispielsweise eine Leuchtdiode (LED) darstellen. Insbesondere kann die elektromagnetische Strahlung durch spontane Emission emittiert
15 werden.

Beispielsweise kann eine Periode d , d.h. eine Rasterbreite der periodischen Struktur im Bereich einer Größenordnung einer halben Wellenlänge der emittierten elektromagnetischen Strahlung im entsprechenden Medium entsprechen. Der Begriff "Größenordnung" bezeichnet dabei folgende Beziehung: $0,1 \cdot \lambda/2n \leq d \leq 10 \cdot \lambda/2n$. Hier gibt d beispielsweise die Summe aus Abstand und lateraler Breite der Bereiche 122 der leitfähigen Schicht 123 an.

25

Beispielsweise kann gemäß sämtlichen Ausführungsformen die Periode der reflektierenden Gitterstruktur kleiner als 500 nm sein. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Periode der reflektierenden Gitterstruktur auch kleiner als 250 nm oder
30 kleiner als 100 nm sein.

Beispielsweise kann gemäß allen Ausführungsformen die periodische Struktur mehr als 100 Einzelstrukturen aufweisen.

Die reflektierende Gitterstruktur kann beispielsweise einen lateralen DBR-Spiegel („distributed Bragg reflector“) darstellen. Beispielsweise kann der DBR-Spiegel durch eine horizontal angeordnete Abfolge von Bereichen mit jeweils unterschiedlichen Brechungsindizes ausgebildet sein. Beispielsweise können
5 die Schichten abwechselnd einen hohen Brechungsindex ($n > 1,7$) und einen niedrigen Brechungsindex ($n < 1,7$) haben und als Bragg-Reflektor ausgebildet sein.

10 Bei einer wie vorstehend angegebenen Bemessung der Periode des Gitters der leitfähigen Schicht 123 ist es möglich, dem optoelektronischen Halbleiterbauelement eine besonders deutlich ausgeprägte Resonatormode zur Verfügung zu stellen. Als Ergebnis kann beispielsweise die nicht strahlende Rekombination re-
15 duziert werden.

Generell kann die spontane Emission als Emission betrachtet werden, die durch quantenmechanische Vakuumfluktuationen stimuliert wird. Aufgrund der Heisenberg'schen Unschärferelation
20 können auch magnetisches und elektrisches Feld nicht beliebig genau an einem Ort bestimmbar sein. Dies führt zur Fluktuation des elektromagnetischen Feldes (auch im Vakuum). In einem freien Raum kann diese Fluktuation beliebige Richtungen und Energien haben. Daher dauert es wenige Nanosekunden, bis zu-
25 fällig eine derart erzeugte optische Mode mit dem angeregten Elektron und Lochzustand im Resonanzgerät und die Emission eines Photons in dieser Mode stimuliert wird. Dies ist auch als spontane Emission bekannt. Befindet sich allerdings im Raum ein optischer Resonator, so erzeugen die Vakuumfluktuationen
30 überwiegend optische Moden, die resonant mit dem Resonator sind. Deswegen ist die spontane Lebensdauer in Lasern auch deutlich abgesenkt.

Dadurch, dass eine besonders deutlich ausgeprägte Resonatormode zur Verfügung gestellt wird, wird die strahlende Lebensdauer in der LED deutlich gesenkt. Als Folge steigt die interne Quanteneffizienz und damit auch die gesamte Effizienz des optoelektronischen Halbleiterbauelements. Diese Verstärkung der spontanen Emission wird auch Purcell-Effekt genannt. Es kommt zu einer sehr ausgeprägten Ausbildung einer optischen Mode in Resonanz mit der reflektierenden Gitterstruktur, und die strahlende Rate wird durch die Vakuumfluktuationen deutlich erhöht. Weiterhin kann durch die Anwesenheit der reflektierenden Gitterstruktur eine Abstrahlcharakteristik der LED deutlich geändert werden. Beispielsweise kann die spontane Emission überwiegend parallel zum optischen Resonator, das heißt in einer horizontalen Richtung verlaufen.

Beispielsweise kann der Halbleiterkörper eine erste Halbleiterschicht von einem ersten Leitfähigkeitstyp, beispielsweise p-leitend, enthalten. Der Halbleiterkörper kann weiterhin eine zweite Halbleiterschicht von einem zweiten Leitfähigkeitstyp, beispielsweise n-leitend, aufweisen. Eine aktive Zone kann zwischen der ersten und zweiten Halbleiterschicht angeordnet sein. Gemäß einer Ausgestaltung kann eine Schichtdicke der ersten Halbleiterschicht derart bemessen sein, dass sich zwischen der ersten Hauptoberfläche des Halbleiterkörpers und der aktiven Zone eine optische Mode in einfacher Weise ausbildet. Beispielsweise kann die optische Mode in der vertikalen Richtung resonant mit dem optischen Resonator sein. Zum Beispiel kann die Schichtdicke der ersten Halbleiterschicht einem ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge in der ersten Halbleiterschicht entsprechen. In diesem Fall kann aufgrund des Purcells-Effekt die strahlende Rekombinationsrate zusätzlich erhöht werden, so dass die Effizienz des optoelektronischen Halbleiterbauelements weiter steigt.

Die aktive Zone kann beispielsweise einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantentopf-Struktur (SQW, single quantum well) oder eine Mehrfach-Quantentopf-Struktur (MQW, multi quantum well) zur Strahlungserzeugung aufweisen. Die Bezeichnung „Quantentopf-Struktur“ entfaltet hierbei keine Bedeutung hinsichtlich der Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte sowie jede Kombination dieser Schichten.

10

Die erste Halbleiterschicht 110, die aktive Zone 115 und die zweite Halbleiterschicht 120 bilden beispielsweise einen Halbleiterschichtstapel. Beispielsweise ist eine erste Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht 110 die erste Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108. Gemäß Ausführungsformen kann der Halbleiterkörper 108 zu einer Mesa strukturiert sein. Beispielsweise kann ein Winkel der Mesa-Seitenflächen derart eingestellt werden, dass sich eine gewünschte Abstrahlcharakteristik des optoelektronischen Halbleiterbauelements ergibt.

20

Beispielsweise können die erste und die zweite Halbleiterschicht 110, 120 auf dem (In)GaN-Materialsystem basieren.

25

Gemäß Ausführungsformen, die in Figur 1A dargestellt sind, umfasst die leitfähige Schicht 123 eine erste Teilschicht 124 aus einem ersten leitfähigen Material und eine zweite Teilschicht 125 aus einem zweiten leitfähigen Material. Dabei kann das erste leitfähige Material einen anderen Brechungsindex als das zweite leitfähige Material haben. Insbesondere kann ein Brechungsindex des Materials der ersten leitfähigen Teilschicht 124 größer als der Brechungsindex des Materials der zweiten leitfähigen Teilschicht 125 sein. Beispielsweise kann das erste leitfähige Material über einer planaren ersten Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 periodisch strukturiert ausgebildet sein. Beispielsweise kann das erste

30

leitfähige Material ein transparentes Metalloxid, beispielsweise ITO (Indiumzinnoxid) sein. Eine Schichtdicke der ersten leitfähigen Teilschicht 124 kann beispielsweise 50 bis 150 nm betragen. Beispielsweise kann eine Schichtdicke der ersten
5 leitfähigen Teilschicht 124 ungefähr die Hälfte der Schichtdicke der zweiten leitfähigen Teilschicht 125 betragen. Die zweite leitfähige Teilschicht 125 kann ein hohes Reflexionsvermögen aufweisen. Beispielsweise kann das Material der zweiten leitfähigen Teilschicht 125 Silber oder ein anderes hochreflektives Material sein. Durch die Anwesenheit der ersten
10 leitfähigen Teilschicht 124 kann der elektrische Kontakt zu der zweiten leitfähigen Teilschicht 125 verbessert werden.

Beispielsweise kann die erste leitfähige Teilschicht 124 mit
15 einer Periode von $\lambda/2n$ strukturiert sein, wobei n der Brechungsindex des Materials der ersten leitfähigen Teilschicht 124 ist. Bei einer Emissionswellenlänge von GaN-LEDs von etwa 450 nm kann beispielsweise die Periode erster Ordnung dieser Struktur in einer Größenordnung von 100 nm liegen. Die erste
20 leitfähige Teilschicht 124 kann beispielsweise mit einem Lithografieverfahren wie beispielsweise Elektronenstrahlolithografie, Nanoimprintverfahren oder Laserinterferenzbelichtung strukturiert werden. Gemäß weiteren Ausführungsformen können auch Gitter höherer Ordnung prozessiert werden. D.h. die Periode entspricht einem ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge in dem entsprechenden Medium. Als Ergebnis kann die
25 spontane Emissionsrate der LED deutlich erhöht werden, wodurch insgesamt die Effizienz gesteigert wird.

30 Die zweite leitfähige Teilschicht 125 ist derart ausgebildet, dass sie Zwischenräume 127 zwischen benachbarten Bereichen der ersten leitfähigen Teilschicht 124 ausfüllt. Die leitfähige Schicht 123 stellt auch ein erstes Kontaktelement 105 zum elektrischen Kontaktieren der ersten Halbleiterschicht 110

dar. Ein zweites Kontaktelement 107 zum Kontaktieren der zweiten leitfähigen Halbleiterschicht 120 kann beispielsweise angrenzend an eine zweite Hauptoberfläche 121 des Halbleiterkörpers 108 angeordnet sein. Durch Anlegen einer Vorwärtsspannung zwischen dem ersten und dem zweiten Kontaktelement 105, 107 kann das optoelektronische Halbleiterbauelement betrieben werden. Der Halbleiterkörper 108 kann beispielsweise über einem transparenten Substrat 100 ausgebildet sein. Beispiele für ein Material des Substrats 100 umfassen beispielsweise Saphir. Selbstverständlich können jedoch auch andere Materialien verwendet werden.

Figur 1B zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß weiteren Ausführungsformen. Das in Figur 1B dargestellte optoelektronische Halbleiterbauelement 10 ist ähnlich wie das in Figur 1A dargestellte aufgebaut. Abweichend hiervon ist jedoch eine erste Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 periodisch strukturiert. Genauer gesagt ist eine Vielzahl hervorstehender Halbleiterbereiche 106 in einer periodischen Anordnung ausgebildet. Die leitfähige Schicht 123 ist derart ausgebildet, dass sie Zwischenräume zwischen benachbarten hervorstehenden Bereichen 106 ausfüllt.

Gemäß Figur 1B kann eine Gitterkonstante des periodischen Musters der strukturierten ersten Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 ähnlich wie unter Bezugnahme auf Figur 1A beschrieben ausgewählt sein.

Beispielsweise kann die leitfähige Schicht 123 gemäß Figur 1B eine Silberschicht sein. Eine Schichtdicke der Silberschicht kann etwa 300 nm betragen. Auf diese Weise wird eine periodische Änderung des Brechungsindex erzielt, wodurch eine laterale optische Mode erzeugbar wird.

Generell kann gemäß Ausführungsformen die laterale periodische Struktur dadurch realisiert werden, dass dünne Schichten mit unterschiedlichen Brechungsindizes lateral benachbart ausgebildet werden. Gemäß den hier beschriebenen Ausführungsformen können diese Schichten beispielsweise Abschnitte leitfähiger Teilschichten sein, wobei die leitfähigen Teilschichten die leitfähige Schicht 123 oder das erste Kontaktelement 105 ausbilden. Gemäß weiteren Ausführungsformen können die Schichten Abschnitte aus Halbleitermaterial 110 und einer leitfähigen Schicht 123 sein. Weitere Modifikationen können vorgenommen werden. Beispielsweise kann auch ein isolierendes Material über der ersten Halbleiterschicht 110 lateral periodisch strukturiert werden, und die Zwischenräume zwischen dem isolierenden Material werden mit leitfähigem Material gefüllt.

Figur 2A zeigt eine Draufsicht auf eine erste Hauptoberfläche 11 des optoelektronischen Halbleiterbauelements gemäß Ausführungsformen. Gemäß Ausführungsformen können, wie in Figur 2A dargestellt ist, die periodischen Strukturen oder die Gitterstruktur 112 linienförmig ausgeführt sein. Genauer gesagt ist beispielsweise die erste Teilschicht 124 oder die erste Hauptoberfläche 109 des Halbleiterkörpers 108 zu einer Vielzahl von parallelen Stegen strukturiert. Zwischen parallel verlaufenden Stegen ist jeweils das Material der leitfähigen Schicht 123 bzw. der zweiten Teilschicht 125 angeordnet. Bei einer derartigen Anordnung der Gitterstruktur kann das Licht überwiegend in zwei Richtungen abgestrahlt werden.

Die Figuren 2B und 2C veranschaulichen Ausführungsformen, bei denen die Gitterstruktur 112 jeweils eine konzentrische Struktur um den Mittelpunkt des optoelektronischen Halbleiterbauelements auszubilden. Beispielsweise kann das optoelektronische Halbleiterbauelement 10, wie in Figur 2B gezeigt ist,

viereckig ausgebildet sein. In diesem Fall ist die Gitterstruktur 112 jeweils in Form von Rechtecken ausgebildet, die konzentrisch um den Mittelpunkt des optoelektronischen Halbleiterbauelements angeordnet sind.

5

Bei der in Figur 2C dargestellten Ausführungsform kann das optoelektronische Halbleiterbauelement beispielsweise kreisförmig ausgebildet sein. Hier kann die Gitterstruktur 112 in Form von konzentrischen Kreisen ausgebildet sein. Bei einer Anordnung der Gitterstruktur 112 wie in den Figuren 2B und 2C dargestellt, kann beispielsweise elektromagnetische Strahlung in alle Richtungen parallel zur Oberfläche abgestrahlt werden.

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	erste Hauptoberfläche des optoelektronischen Halblei-
5	terbauelements
15	emittierte elektromagnetische Strahlung
100	Substrat
105	erstes Kontaktelement
106	hervorstehender Halbleiterbereich
10	107 zweites Kontaktelement
108	Halbleiterkörper
109	erste Hauptoberfläche des Halbleiterkörpers
110	erste Halbleiterschicht
112	Gitterstruktur
15	115 aktive Zone
120	zweite Halbleiterschicht
121	zweite Hauptoberfläche des Halbleiterkörpers
122	Bereich der leitfähigen Schicht
123	leitfähige Schicht
20	124 erste Teilschicht
125	zweite Teilschicht
127	Zwischenraum

PATENTANSPRÜCHE

1. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10), welches
5 geeignet ist, elektromagnetische Strahlung (15) zu emittieren
und
einen Halbleiterkörper (108) und
eine reflektierende Gitterstruktur (112) aus in hori-
zontaler Richtung periodisch angeordneten Schichtbereichen
10 (122, 124, 106) angrenzend an eine erste Hauptoberfläche (109)
des Halbleiterkörpers (108) aufweist, wobei die erste Haupt-
oberfläche (109) von einer Austrittsfläche der elektromagnetischen
Strahlung (15) verschieden ist.
- 15 2. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach An-
spruch 1, bei dem eine Periode der reflektierenden Gitter-
struktur (112) kleiner als 500 nm ist.
3. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach An-
20 spruch 1 oder 2, bei dem die Gitterstruktur (112) durch eine
leitfähige Schicht (124, 123) in direktem Kontakt mit der ers-
ten Hauptoberfläche (109) des Halbleiterkörpers (108) ausge-
führt ist, wobei die leitfähige Schicht (124, 123) in horizon-
taler Richtung periodisch strukturiert ist.
- 25 4. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach An-
spruch 3, bei dem die leitfähige Schicht (123) eine erste
Teilschicht (124) aus einem ersten leitfähigen Material und
eine zweite Teilschicht (125) aus einem zweiten leitfähigen
30 Material aufweist, wobei das erste leitfähige Material einen
anderen Brechungsindex als das zweite leitfähige Material hat.
5. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach An-
spruch 4, bei dem das erste leitfähige Material periodisch

strukturiert ausgebildet ist und das zweite leitfähige Material in Zwischenräume (127) zwischen Bereichen des ersten leitfähigen Materials gefüllt ist.

- 5 6. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 5, bei dem das zweite leitfähige Material einen kleineren Brechungsindex als das erste hat.
7. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 5 oder 6, bei dem ein Unterschied des Brechungsindex des ersten leitfähigen Materials und des zweiten leitfähigen Materials größer als 1,0 ist.
- 10 8. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 6 oder 7, bei dem das erste leitfähige Material ein transparentes Metalloxid und das zweite leitfähige Material Silber ist.
- 15 9. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Hauptoberfläche (109) des Halbleiterkörpers (108) periodisch strukturiert ist und die leitfähige Schicht (123) zwischen strukturierten Halbleiterbereichen (106) des Halbleiterkörpers (108) angeordnet ist.
- 20 10. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Halbleiterkörper (108) eine erste Halbleiterschicht (110) von einem ersten Leitfähigkeitstyp, eine zweite Halbleiterschicht (120) von einem zweiten Leitfähigkeitstyp sowie eine aktive Zone (115) aufweist, wobei die aktive Zone (115) zwischen der ersten Halbleiterschicht (110) und der zweiten Halbleiterschicht (120) angeordnet ist, und die erste Halbleiterschicht (110),
- 25 30

die aktive Zone (115) und die zweite Halbleiterschicht (120) einen Schichtstapel bilden.

11. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 10, bei dem eine erste Hauptoberfläche der ersten Halbleiterschicht (110) die erste Hauptoberfläche (109) des Halbleiterkörpers (108) ist.

12. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach Anspruch 10 oder 11, bei dem die erste Halbleiterschicht (110) p-leitend ist.

13. Optoelektronisches Halbleiterbauelement (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Gitterstruktur (112) in horizontaler Richtung linear verläuft.

14. Optoelektronisches Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Gitterstruktur (112) in horizontaler Richtung kreisförmig und konzentrisch verläuft.

20

15. Optoelektronisches Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Gitterstruktur (112) in horizontaler Richtung rechteckförmig und konzentrisch verläuft.

Fig. 2A

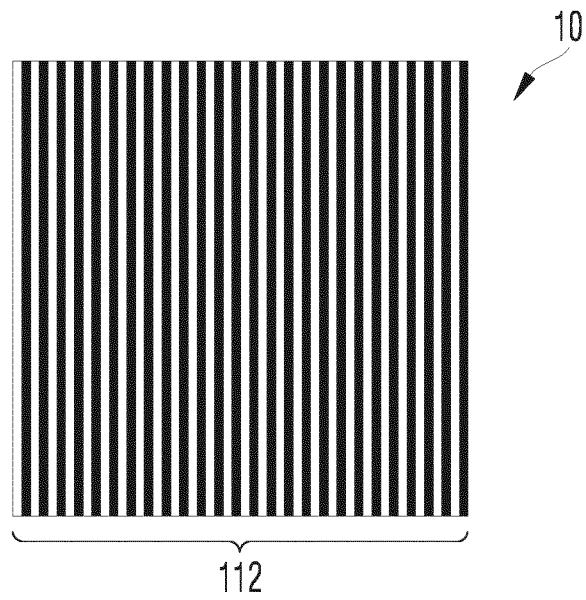


Fig. 2B

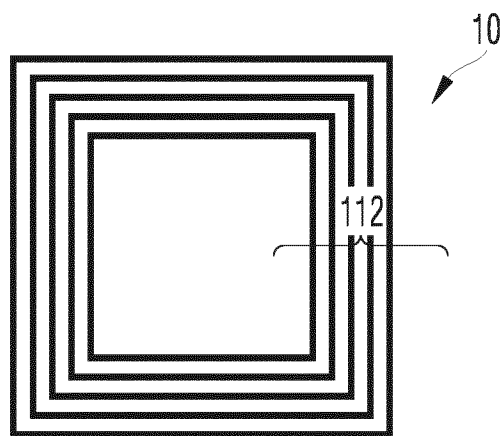
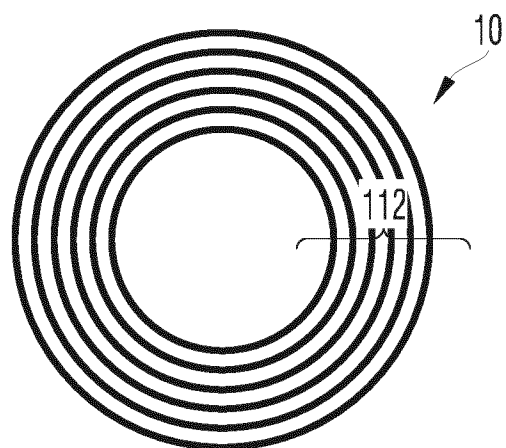


Fig. 2C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/086449

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 33/46**(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

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102008003182 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 09 July 2009 (2009-07-09) the whole document	1-15
A	WO 2006010133 A2 (ION OPTICS INC [US]; PUSCASU IRINA [US] ET AL.) 26 January 2006 (2006-01-26) paragraph [0089]; claims 1-37	1-15
A	GB 2311413 A (HEWLETT PACKARD CO [US]) 24 September 1997 (1997-09-24) figures 7-14	1-15
A	DE 102007004302 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 03 April 2008 (2008-04-03) claims 1-30; figures 1-8C	1-15
A	US 2017054060 A1 (HASHIYA AKIRA [JP] ET AL) 23 February 2017 (2017-02-23) the whole document	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

17 March 2020

Date of mailing of the international search report

27 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

But, Gabriela-Ileana

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/086449

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102008003182	A1	09 July 2009	DE	102008003182	A1	09 July 2009
				TW	200935632	A	16 August 2009
				WO	2009086808	A1	16 July 2009
WO	2006010133	A2	26 January 2006	CA	2573149	A1	26 January 2006
				EP	1779444	A2	02 May 2007
				JP	5174458	B2	03 April 2013
				JP	2008506269	A	28 February 2008
				US	2007018077	A1	25 January 2007
				US	2009236614	A1	24 September 2009
				WO	2006010133	A2	26 January 2006
GB	2311413	A	24 September 1997	DE	19709228	A1	25 September 1997
				GB	2311413	A	24 September 1997
				JP	H104209	A	06 January 1998
				JP	5741996	B2	01 July 2015
				JP	2007142483	A	07 June 2007
				JP	2011029667	A	10 February 2011
				JP	2014131078	A	10 July 2014
				SG	54385	A1	16 November 1998
				US	5779924	A	14 July 1998
DE	102007004302	A1	03 April 2008	CN	101542751	A	23 September 2009
				DE	102007004302	A1	03 April 2008
				EP	2052419	A2	29 April 2009
				JP	5243436	B2	24 July 2013
				JP	2010505249	A	18 February 2010
				JP	2013175750	A	05 September 2013
				KR	20090081377	A	28 July 2009
				TW	200832755	A	01 August 2008
				US	2010038664	A1	18 February 2010
				WO	2008040289	A2	10 April 2008
US	2017054060	A1	23 February 2017	CN	106470508	A	01 March 2017
				JP	2017040818	A	23 February 2017
				US	2017054060	A1	23 February 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L33/46 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2008 003182 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 9. Juli 2009 (2009-07-09) das ganze Dokument	1-15
A	WO 2006/010133 A2 (ION OPTICS INC [US]; PUSCASU IRINA [US] ET AL.) 26. Januar 2006 (2006-01-26) Absatz [0089]; Ansprüche 1-37	1-15
A	GB 2 311 413 A (HEWLETT PACKARD CO [US]) 24. September 1997 (1997-09-24) Abbildungen 7-14	1-15
A	DE 10 2007 004302 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 3. April 2008 (2008-04-03) Ansprüche 1-30; Abbildungen 1-8C	1-15
	-/-	
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. März 2020		27/03/2020
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 But, Gabriela-Ileana

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2017/054060 A1 (HASHIYA AKIRA [JP] ET AL) 23. Februar 2017 (2017-02-23) das ganze Dokument -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/086449

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008003182 A1	09-07-2009	DE 102008003182 A1	09-07-2009
		TW 200935632 A	16-08-2009
		WO 2009086808 A1	16-07-2009

WO 2006010133 A2	26-01-2006	CA 2573149 A1	26-01-2006
		EP 1779444 A2	02-05-2007
		JP 5174458 B2	03-04-2013
		JP 2008506269 A	28-02-2008
		US 2007018077 A1	25-01-2007
		US 2009236614 A1	24-09-2009
		WO 2006010133 A2	26-01-2006

GB 2311413 A	24-09-1997	DE 19709228 A1	25-09-1997
		GB 2311413 A	24-09-1997
		JP H104209 A	06-01-1998
		JP 5741996 B2	01-07-2015
		JP 2007142483 A	07-06-2007
		JP 2011029667 A	10-02-2011
		JP 2014131078 A	10-07-2014
		SG 54385 A1	16-11-1998
		US 5779924 A	14-07-1998

DE 102007004302 A1	03-04-2008	CN 101542751 A	23-09-2009
		DE 102007004302 A1	03-04-2008
		EP 2052419 A2	29-04-2009
		JP 5243436 B2	24-07-2013
		JP 2010505249 A	18-02-2010
		JP 2013175750 A	05-09-2013
		KR 20090081377 A	28-07-2009
		TW 200832755 A	01-08-2008
		US 2010038664 A1	18-02-2010
		WO 2008040289 A2	10-04-2008

US 2017054060 A1	23-02-2017	CN 106470508 A	01-03-2017
		JP 2017040818 A	23-02-2017
		US 2017054060 A1	23-02-2017
