

(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
20. Oktober 2016 (20.10.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/166154 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 33/08 (2010.01) H01L 33/04 (2010.01)
H01L 33/50 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/058112

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. April 2016 (13.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 105 693.3
14. April 2015 (14.04.2015) DE

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

(72) Erfinder: **BAUER, Adam**; Karlstr. 8, 93093 Donaustauf
(DE). **LÖFFLER, Andreas**; Breslauer Str. 39, 93073
Neutraubling (DE).

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

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, 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).

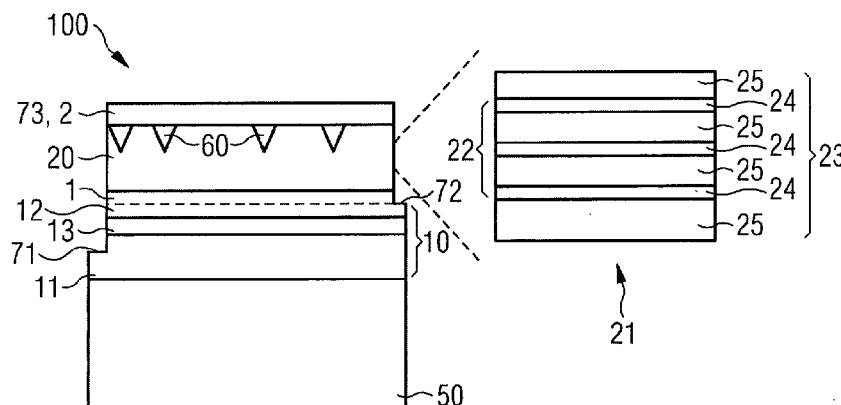
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR COMPONENT

(54) Bezeichnung : STRALUNGSEMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT

FIG 1



(57) Abstract: The invention describes a radiation-emitting semiconductor component (100) having a first semiconductor layer sequence (10) which is designed to generate radiation of a first wavelength, a second semiconductor layer sequence (20), a first electrode area (1) and a second electrode area (2). It is provided that the second semiconductor layer sequence (20) has a quantum dot structure (21) with a quantum layer structure (22) and a barrier layer structure (23) and is designed to generate incoherent radiation of a second wavelength by means of absorption of the radiation of the first wavelength, and an electric field can be generated in the second semiconductor layer sequence (20) by the first electrode area (1) and the second electrode area (2).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/166154 A1



Es wird ein Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) mit einer zur Erzeugung von Strahlung einer ersten Wellenlänge ausgebildeten ersten Halbleiterschichtenfolge (10), einer zweiten Halbleiterschichtenfolge (20), einer ersten Elektrodenfläche (1) und einer zweiten Elektrodenfläche (2) beschrieben. Es ist vorgesehen, dass die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) eine Quantentopfstruktur (21) mit einer Quantenschichtstruktur (22) und einer Barrierschichtstruktur (23) aufweist und zur Erzeugung von inkohärenter Strahlung einer zweiten Wellenlänge mittels Absorption der Strahlung der ersten Wellenlänge ausgebildet ist und durch die erste Elektrodenfläche (1) und die zweite Elektrodenfläche (2) ein elektrisches Feld in der zweiten Halbleiterschichtenfolge (20) erzeugbar ist.

Beschreibung

Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement

- 5 Es wird ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement beschrieben.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102015105693.3, deren Offenbarungsgehalt
10 hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bei herkömmlichen Leuchtdioden besteht eine Möglichkeit zur Erzeugung von farbiger Strahlung darin, dass von einem Halbleiterbauelement Strahlung einer ersten Wellenlänge
15 erzeugt wird, die nachfolgend mittels eines Leuchtstoffs in Strahlung einer zweiten Wellenlänge umgewandelt wird. Ein Nachteil dieser Lösung ist die relativ große spektrale Halbwertsbreite der erzeugten Strahlung, welche beispielsweise im Bereich von etwa 100 nm liegen kann.

20 Außerdem besteht bei allen Lösungen, welche eine Wellenlängenkonversion betreffen, eine Schwierigkeit darin, dass die Wellenlänge der konvertierten Strahlung eine deutliche Abhängigkeit vom Betriebsstrom und der Temperatur
25 im Halbleiterbauelement aufweist.

Eine Aufgabe besteht darin, ein Halbleiterbauelement anzugeben, das wellenlängenkonvertierte Strahlung mit einer geringen Halbwertsbreite erzeugt. Insbesondere besteht die
30 Aufgabe darin, ein Halbleiterbauelement anzugeben, dessen konvertierte Strahlung eine Wellenlänge aufweist, welche eine geringe Abhängigkeit vom Betriebsstrom und der Temperatur des Halbleiterbauelements hat.

Diese Aufgabe wird durch einen Halbleiterbauelement mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 beziehungsweise ein Verfahren nach Anspruch 14 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

5

Das strahlungsemitierende Halbleiterbauelement weist eine erste Halbleiterschichtenfolge, eine zweite Halbleiterschichtenfolge, eine erste Elektrodenfläche und eine zweite Elektrodenfläche auf. Die erste Elektrodenfläche ist zwischen der ersten Halbleiterschichtenfolge und der zweiten Halbleiterschichtenfolge angeordnet. Außerdem ist die zweite Halbleiterschichtenfolge zwischen der ersten Elektrodenfläche und der zweiten Elektrodenfläche angeordnet.

Die erste Halbleiterschichtenfolge umfasst eine erste Halbleiterschicht, eine zweite Halbleiterschicht und einen zwischen der ersten Halbleiterschicht und der zweiten Halbleiterschicht angeordneten aktiven Bereich, welcher zur Erzeugung von Strahlung einer ersten Wellenlänge ausgebildet ist. Bevorzugt ist die von dem aktiven Bereich erzeugte Strahlung der ersten Wellenlänge inkohärent.

Die zweite Halbleiterschichtenfolge weist eine Quantentopfstruktur mit einer Quantenschichtstruktur und einer Barrierschichtstruktur auf und ist zur Erzeugung von inkohärenter Strahlung einer zweiten Wellenlänge mittels Absorption der Strahlung der ersten Wellenlänge insbesondere in der Quantentopfstruktur, also beispielsweise in der Quantenschichtstruktur oder in der Barrierschichtstruktur, ausgebildet.

Durch die erste Elektrodenfläche und die zweite Elektrodenfläche ist ein elektrisches Feld in der zweiten Halbleiterschichtenfolge erzeugbar.

- 5 Die Bezeichnung Quantentopfstruktur umfasst im vorliegenden Zusammenhang insbesondere jegliche Struktur, bei der Ladungsträger durch Einschluss ("confinement") eine Quantisierung ihrer Energiezustände erfahren können. Insbesondere beinhaltet die Bezeichnung Quantentopfstruktur
10 keine Angabe über die Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen.

- Unter einem „aktiven Bereich“ ist vorliegend im Zweifel eine
15 elektrisch anregbare strahlungserzeugende Schicht zu verstehen. Dagegen wird die zweite Halbleiterschichtenfolge, welche als Reemissionsschicht wirkt, optisch gepumpt, und ist im Betrieb bevorzugt elektrisch inaktiv.

- 20 Dadurch, dass durch die erste Elektrodenfläche und die zweite Elektrodenfläche ein elektrisches Feld in der zweiten Halbleiterschichtenfolge erzeugbar ist, kann im Betrieb des Halbleiterbauelements eine Anpassung der Wellenlänge der konvertierten Strahlung erfolgen. Insbesondere können hierbei
25 die Auswirkungen des die erste Halbleiterschichtenfolge durchfließenden Betriebsstroms und der Temperatur des Halbleiterbauelements kompensiert werden.

- Die Anpassung der Wellenlänge der konvertierten Strahlung
30 kann beispielsweise durch eine Verzerrung der Energiebänder in der Quantenschichtstruktur infolge des Quantum-Confined Stark-Effects (QCSE) erfolgen. Der QCSE beschreibt die Verschiebung und Verformung der Wellenfunktionen in

Quantenschichten unter Wirkung eines externen elektrischen Feldes, welche unter anderem eine Herabsetzung der Wahrscheinlichkeit für eine Rekombination in der Quantenschicht sowie eine Änderung, beispielsweise eine
5 Verkleinerung, der Wellenlänge der nach einer Rekombination erzeugten Strahlung zur Folge haben.

Gemäß einer Ausführungsform des Halbleiterbauelements weist die Barriereschichtstruktur eine oder eine Mehrzahl von
10 Barriereschichten auf. Entsprechend kann auch die Quantenschichtstruktur eine oder eine Mehrzahl von Quantenschichten aufweisen. Bevorzugt sind die Barriereschichten und die Quantenschichten alternierend angeordnet. Eine alternierende Anordnung bedeutet mit anderen
15 Worten, dass in der Abfolge von Barriere- und Quantenschichten jeweils eine Barriereschicht auf eine Quantenschicht folgt und umgekehrt.

Die Quantentopfstruktur kann somit als
20 Einfachquantentopfstruktur (SQW, Single Quantum Well) oder Mehrfachquantentopfstruktur (MQW, Multiple Quantum Well) ausgebildet sein, wobei der Quantentopf beziehungsweise die Quantentöpfe jeweils durch eine Quantenschicht zwischen zwei angrenzenden Barriereschichten gebildet ist.

25

Gemäß einer Ausführungsform des Halbleiterbauelements des Halbleiterbauelements wird die Strahlung der zweiten Wellenlänge in der Quantenschichtstruktur, also etwa in der Quantenschicht beziehungsweise den Quantenschichten erzeugt.
30 Die optionale räumliche Trennung von Absorption der Strahlung der ersten Wellenlänge und Erzeugung der Strahlung der zweiten Wellenlänge hat den Vorteil einer größeren Effizienz des strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements.

Insbesondere sind in der Regel die Barrierschichten wesentlich dicker als die Quantenschichten ausgeführt, so dass die Absorption der Strahlung der ersten Wellenlänge in den Barrierschichten wesentlich größer und damit insgesamt die Anregung der zweiten Halbleiterschichtenfolge wesentlich effizienter sein kann als bei Absorption der Strahlung der ersten Wellenlänge in der Quantenschichtstruktur beziehungsweise den entsprechenden Quantenschichten.

10 Gemäß einer Ausführungsform basiert das strahlungsemittierende Halbleiterbauelement (insbesondere die erste und/oder die zweite Halbleiterschichtenfolge) auf einem Verbindungshalbleitermaterial, weiter bevorzugt auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial oder einem Phosphid-
15 Verbindungshalbleitermaterial. Diese Halbleitermaterialien zeichnen sich durch eine besonders effiziente Strahlungserzeugung aus.

„Auf Nitrid-Verbindungshalbleitern basierend“ bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass das Halbleiterbauelement, bevorzugt der aktive Bereich und/oder die zweite Halbleiterschichtenfolge oder zumindest eine Teilschicht davon, ein Nitrid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$, enthält, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq$
25 1 und $n+m \leq 1$ ist, vorzugsweise mit $n \neq 0$ und/oder $m \neq 0$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es einen oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die charakteristischen
30 physikalischen Eigenschaften des $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$ -Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des

Kristallgitters (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

„Auf Phosphid-Verbindungshalbleitern basierend“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Halbleiterbauelement, bevorzugt der aktive Bereich und/oder die zweite Halbleiterschichtenfolge oder zumindest eine Teilschicht davon, ein Phosphid-III/V-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$, enthält, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n+m \leq 1$ ist, vorzugsweise mit $n \neq 0$ und/oder $m \neq 0$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die physikalischen Eigenschaften des Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, P), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

Gemäß einer Ausführungsform des Halbleiterbauelements wird die Strahlung der ersten Wellenlänge in der zweiten Halbleiterschichtenfolge nur teilweise in Strahlung der zweiten Wellenlänge umgewandelt, so dass das Halbleiterbauelement der gleichzeitigen Emission von Strahlung der ersten Wellenlänge und Strahlung der zweiten Wellenlänge dient.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform des Halbleiterbauelements kann auch vorgesehen sein, dass die Strahlung der ersten Wellenlänge in der zweiten Halbleiterschichtenfolge im Wesentlichen vollständig in Strahlung der zweiten Wellenlänge umgewandelt wird, so dass

der strahlungsemitterende Halbleiterbauelement also im Betrieb nur Strahlung der zweiten Wellenlänge emittiert. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass der aktive Bereich ultraviolette oder blaue Strahlung erzeugt (etwa mit einer Wellenlänge zwischen einschließlich 440 nm und einschließlich 470 nm), die vollständig in Strahlung mit einer zweiten Wellenlänge im sichtbaren Spektralbereich, zum Beispiel im grünen Spektralbereich, umgewandelt wird. Im Falle eines Halbleiterbauelements auf der Basis eines Nitrid-Verbindungshalbleitermaterials enthält der aktive Bereich vorzugsweise InGaN.

Das strahlungsemitterende Halbleiterbauelement kann als Dünnschicht-Halbleiterbauelement ausgeführt sein, welcher frei von einem zur Ausbildung der beiden Halbleiterschichtenfolgen verwendeten Aufwuchssubstrat ist. Alternativ kann der Halbleiterbauelement auch mit einem Substrat in Form des Aufwuchssubstrats (auch Epitaxiesubstrat genannt) versehen sein, das für die erzeugte Strahlung der ersten und/oder der zweiten Wellenlänge durchlässig ausgebildet sein kann.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das strahlungsemitterende Halbleiterbauelement eine Strahlungsausstrittsfläche aufweist und die zweite Halbleiterschichtenfolge zwischen der ersten Halbleiterschichtenfolge und der Strahlungsausstrittsfläche angeordnet ist. Diese Anordnung ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die von der ersten Halbleiterschichtenfolge erzeugte Strahlung vollständig in Strahlung der zweiten Wellenlänge umgewandelt werden soll und/oder wenn durch die Strahlungsausstrittsfläche überwiegend oder ausschließlich Strahlung der zweiten Wellenlänge treten soll.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Elektrodenfläche transparent zumindest für Strahlung der ersten Wellenlänge ausgebildet ist. Außerdem kann die zweite Elektrodenfläche zumindest für Strahlung der zweiten Wellenlänge transparent ausgebildet sein.

Beispielsweise kann/können die erste und/oder die zweite Elektrodenfläche ein TCO (Transparent Conductive Oxide) enthalten oder aus diesem bestehen.

10 Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die zweite Halbleiterschichtenfolge im Betrieb des Halbleiterbauelements elektrisch inaktiv ist. Dies bedeutet insbesondere, dass durch die zweite Halbleiterschichtenfolge hindurch kein Stromfluss erfolgt, oder dass ein durch die zweite Halbleiterschichtenfolge hindurch tretender Strom zumindest nicht ausreichend ist, um elektromagnetische Strahlung in

15 signifikantem Umfang zu generieren. Hierdurch wird die Konversionseffizienz des Halbleiterbauelements gesteigert.

20 Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Elektrodenfläche oder die zweite Elektrodenfläche von der zweiten Halbleiterschichtenfolge elektrisch isoliert ist. Alternativ oder zusätzlich können zwischen der ersten Elektrodenfläche und der zweiten Elektrodenfläche Mittel zur Begrenzung eines durch die zweite Halbleiterschichtenfolge durchfließenden Stromes vorgesehen sein, beispielsweise ein oder mehrere Strombarriereschicht(en). Diese Maßnahmen haben zur Folge, dass die zweite Halbleiterschichtenfolge im Betrieb des Halbleiterbauelements wie gewünscht elektrisch

25 inaktiv ist. Derselbe Effekt kann zum Beispiel auch dadurch erzielt oder verstärkt werden, dass die zweite Halbleiterschichtenfolge eine Dicke von mindestens 300 nm, bevorzugt mindestens 400 nm, insbesondere mindestens 500 nm

30

aufweist und/oder (bevorzugt ausschließlich) Schichten aus undotiertem Halbleitermaterial umfasst.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Elektrodenfläche und die zweite Elektrodenfläche jeweils ein dotiertes Halbleitermaterial enthalten und unterschiedliche Leitungstypen aufweisen.

10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Halbleiterschichtenfolge und die zweite Halbleiterschichtenfolge monolithisch in das Halbleiterbauelement integriert sind. Dies bedeutet insbesondere, dass die erste Halbleiterschichtenfolge und die zweite Halbleiterschichtenfolge auf dem gleichen
15 Aufwachssubstrat aufgewachsen sind. Beispielsweise kann das Aufwachssubstrat Saphir enthalten oder aus diesem bestehen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die zweite Halbleiterschichtenfolge an einer der zweiten
20 Elektrodenfläche zugewandten Oberfläche eine Vielzahl von V-Defekten aufweist. Insbesondere weist die zweite Halbleiterschichtenfolge an der der zweiten Elektrodenfläche zugewandten Oberfläche eine höhere Dichte an V-Defekten auf als an einer der ersten Elektrodenfläche zugewandten
25 Oberfläche oder in einem zentralen Bereich zwischen den beiden genannten Oberflächen. Die V-Defekte wirken im vorliegenden Fall als Auskoppelstrukturen in der zweiten Halbleiterschichtenfolge und erhöhen hierbei die Auskoppel-effizienz des Halbleiterbauelements. Bevorzugt sind
30 die V-Defekte mit einem dotierten Halbleitermaterial gefüllt.

Ein V-Defekt hat in einem Halbleitermaterial wie beispielsweise in einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial

oftmals die Form einer offenen, in Wachstumsrichtung invertierten Pyramide, die beispielsweise eine hexagonale Grundfläche aufweist. Im Querschnitt hat dieser Defekt die Form eines Vs. Ein V-Defekt kann beispielsweise in einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial - beispielsweise in einer Schicht, die auf GaN basiert oder aus diesem Halbleitermaterial besteht - durch Einstellen der Wachstumsparameter, insbesondere der Wachstumstemperatur, erzeugt werden. Die Größe des V-Defekts hängt dann von der Dicke der Schicht ab, in der er erzeugt ist. V-Defekte bilden sich beispielsweise im Bereich von Fadenversetzungen, die zum Beispiel bei der Heteroepitaxie eines Halbleitermaterials auf ein Wachstumssubstrat entstehen, das eine andere Gitterkonstante als das Halbleitermaterial aufweist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die zweite Halbleiterschicht der ersten Halbleiterschichtenfolge mit der ersten Elektrodenfläche elektrisch leitend verbunden ist. Bei dieser Ausführungsform sind typischerweise drei externe Kontakte für die elektrische Versorgung des Halbleiterbauelements ausreichend. Ein erster und ein zweiter Kontakt sind hierbei bevorzugt jeweils mit der ersten und mit der zweiten Halbleiterschicht der ersten Halbleiterschichtenfolge elektrisch leitend verbunden und versorgen diese mit dem für die Erzeugung von Strahlung der ersten Wellenlänge erforderlichen Betriebsstrom. Zwischen dem zweiten Kontakt, welcher gleichzeitig mit der ersten Elektrodenfläche elektrisch leitend verbunden ist, und einem mit der zweiten Elektrodenfläche elektrisch verbundenen dritten Kontakt kann somit eine Spannung an die zweite Halbleiterschichtenfolge gelegt werden, durch welche die (zweite) Wellenlänge der in der zweiten

Halbleiterschichtenfolge erzeugten Strahlung modifiziert werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass
5 die erste Halbleiterschicht und die zweite Halbleiterschicht der ersten Halbleiterschichtenfolge von der ersten Elektrodenfläche elektrisch isoliert ist. Bei dieser Ausführungsform sind bevorzugt vier externe Kontakte für die elektrische Versorgung des Halbleiterbauelements vorgesehen,
10 zwei für die Versorgung der ersten Halbleiterschichtenfolge mit dem für die Erzeugung von Strahlung der ersten Wellenlänge erforderlichen Betriebsstrom, und zwei weitere für das Anlegen einer Spannung an die zweite Halbleiterschichtenfolge, durch welche die (zweite)
15 Wellenlänge der in der zweiten Halbleiterschichtenfolge erzeugten Strahlung modifiziert werden kann.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erste Halbleiterschichtenfolge und die zweite
20 Halbleiterschichtenfolge über ein Verbindungselement aneinander befestigt sind. Dies hat den Vorteil, dass die erste Halbleiterschichtenfolge und die zweite Halbleiterschichtenfolge separat voneinander ausgebildet und nachfolgend charakterisiert werden können, so dass
25 beispielsweise geprüft werden kann, ob beide Halbleiterschichtenfolgen bezüglich ihrer optischen Eigenschaften aufeinander abgestimmt sind.

Ein Verfahren zur Erzeugung von Strahlung unter Verwendung
30 eines wie oben ausgebildeten strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements weist folgende Schritte auf:

- Erzeugen von Strahlung einer ersten Wellenlänge in der ersten Halbleiterschichtenfolge;

- zumindest teilweises Absorbieren der Strahlung der ersten Wellenlänge, insbesondere in der Quantentopfstruktur, also beispielsweise in der Quantenschichtstruktur oder in der Barrierschichtstruktur;

- Erzeugen von inkohärenter Strahlung einer zweiten Wellenlänge in der Quantenschichtstruktur.

Die zweite Wellenlänge kann durch eine zwischen der ersten Elektrodenfläche und der zweiten Elektrodenfläche angelegte Spannung eingestellt oder angepasst werden. Insbesondere kann Spannung in Abhängigkeit eines Betriebsstromes oder einer Temperatur des Halbleiterbauelements gesteuert oder geregelt werden. Alternativ kann die Spannung so gesteuert oder geregelt werden, dass die (zweite) Wellenlänge im Wesentlichen zeitlich konstant bleibt.

Gemäß einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Halbleiterbauelement derart betrieben wird, dass die zweite Halbleiterschichtenfolge im Betrieb des Halbleiterbauelements elektrisch inaktiv ist. Dies bedeutet insbesondere, dass durch die zweite Halbleiterschichtenfolge hindurch kein Stromfluss erfolgt, oder dass ein durch die zweite Halbleiterschichtenfolge hindurch tretender Strom zumindest nicht ausreichend ist, um elektromagnetische Strahlung in signifikantem Umfang zu generieren. Hierdurch wird die Konversionseffizienz des Halbleiterbauelements gesteigert.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass an die zweite Halbleiterschichtenfolge eine Spannung mit einer

solchen Polarität gelegt wird, dass Ladungsträger aus der ersten Elektrodenfläche und/oder der zweiten Elektrodenfläche abgezogen werden. In dem Fall, dass die erste Elektrodenfläche und die zweite Elektrodenfläche jeweils ein
5 dotiertes Halbleitermaterial enthalten und unterschiedliche Leitungstypen aufweisen, kann die Spannung beispielsweise in einer Sperrrichtung angelegt werden, so dass gar kein oder nur ein sehr geringfügiger Strom durch die zweite Halbleiterschichtenfolge hindurch fließt.

10

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass ein während des Betriebs in der zweiten Halbleiterschichtenfolge wirkendes elektrisches Feld entgegengesetzt zu einem während des Betriebs in der ersten
15 Halbleiterschichtenfolge wirkenden elektrischen Feld gerichtet ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die zwischen der ersten Elektrodenfläche und der zweiten
20 Elektrodenfläche angelegte Spannung größer als 1 V, bevorzugt größer als 2 V ist.

Weitere Merkmale, Vorzüge und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen
25 Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 4.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittdarstellung eines
30 ersten Ausführungsbeispiels des Halbleiterbauelements,

die Figuren 2 und 3 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens zur Erzeugung von Strahlung, und

- 5 Figur 4 eine schematische Schnittdarstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels des Halbleiterbauelements.

10 Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist ein insgesamt mit 100 bezeichnetes strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement dargestellt, bei welchem auf ein Aufwachssubstrat 50 aus Saphir eine erste
15 Halbleiterschichtenfolge 10, eine erste Elektrodenfläche 1, eine zweite Halbleiterschichtenfolge 20 und eine zweite Elektrodenfläche 2 epitaktisch aufgewachsen sind. Die erste Halbleiterschichtenfolge 10 umfasst eine erste Halbleiterschicht 11 aus n-GaN, eine zweite Halbleiterschicht
20 12 aus p-GaN und einen zwischen der ersten Halbleiterschicht 11 und der zweiten Halbleiterschicht 12 angeordneten, auf InGaN basierenden aktiven Bereich 13, welcher beispielsweise als Einfach- oder Mehrfachquantentopfstruktur ausgeführt sein kann. Die zweite Halbleiterschicht 12 und die erste Elektrode
25 1 (in Figur 1 durch eine gestrichelte Linie getrennt dargestellt) werden im vorliegenden Fall durch dieselbe p-GaN-Schicht gebildet.

Im Betrieb wird im aktiven Bereich 13 Strahlung einer ersten
30 Wellenlänge λ_1 erzeugt. Zumindest ein Teil dieser Strahlung der ersten Wellenlänge λ_1 gelangt in die zweite Halbleiterschichtenfolge 20, welche als eine Reemissionsschicht wirkt und die Strahlung der Wellenlänge λ_1

teilweise oder vollständig in Strahlung der Wellenlänge λ_2 umwandelt.

Wie die Ausschnittvergrößerung der zweiten

5 Halbleiterschichtenfolge 20 in Figur 1 zeigt, weist diese eine Quantentopfstruktur 21 mit einer Quantenschichtstruktur 22 und einer Barriereschichtstruktur 23 auf. Die Quantenschichtstruktur 22 umfasst eine Mehrzahl von Quantenschichten 24. Entsprechend umfasst die

10 Barriereschichtstruktur 23 eine Mehrzahl von Barriereschichten 25. Die Quantentopfstruktur 21 ist in diesem Fall also in Form einer Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) ausgebildet, wobei die Quantenschichten 24 und die Barriereschichten 25 alternierend angeordnet sind.

15

Durch entsprechende Dimensionierung der Quantentopfstruktur 21 kann die Wellenlänge λ_2 der von der zweiten Halbleiterschichtenfolge erzeugten Strahlung vorbestimmt werden.

20

Die zweite Halbleiterschichtenfolge 20 weist an einer der zweiten Elektrodenfläche 2 zugewandten Oberfläche eine Vielzahl von V-Defekten 60 auf, welche im vorliegenden Fall durch das Wachstum der Quantenschichten 24 und der

25 Barriereschichten 25 entstehen. Bevorzugt sind die V-Defekte 60 mit einem dotierten Halbleitermaterial gefüllt, im vorliegenden Fall mit n-GaN. Die V-Defekte 60 wirken als Auskoppelstrukturen in der zweiten Halbleiterschichtenfolge 20 und erhöhen hierbei die Auskoppel-effizienz des

30 Halbleiterbauelements.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei externe Kontakte 71, 72, 73 für die elektrische

Versorgung des Halbleiterbauelements vorgesehen. Ein erster Kontakt 71 und ein zweiter Kontakt 72 sind hierbei in Bereichen ausgebildet, in welchen die erste Halbleiterschicht 11 aus n-GaN bzw. die zweite Halbleiterschicht 12 aus p-GaN beispielsweise durch einen Ätzprozess freigelegt und von außen kontaktierbar sind. Ein dritter Kontakt 73 ist im Bereich der zweiten Elektrodenfläche 2 aus n-GaN ausgebildet. Im Betrieb wird zwischen dem zweiten Kontakt 72 und dem ersten Kontakt 71 eine erste Spannung angelegt, durch welche die erste Halbleiterschichtenfolge mit dem für die Erzeugung von Strahlung der ersten Wellenlänge erforderlichen Betriebsstrom versorgt wird. Zwischen dem dritten Kontakt 73 und dem zweiten Kontakt 72 wird eine zweite Spannung angelegt, durch welche die (zweite) Wellenlänge der in der zweiten Halbleiterschichtenfolge erzeugten Strahlung modifiziert werden kann.

Weisen die erste Spannung und die zweite Spannung eine gleiche Polarität auf, das heißt wird der zweite Kontakt 72 auf ein Potential gelegt, das sich zwischen dem Potential des ersten Kontakts 71 und dem des dritten Kontakts 73 befindet, so liegt an der zweiten Halbleiterschichtenfolge 20 eine Spannung in einer Sperrrichtung an, so dass gar kein oder nur ein sehr geringfügiger Strom durch die zweite Halbleiterschichtenfolge 20 hindurch fließt. Weisen die erste Spannung und die zweite Spannung dagegen eine entgegengesetzte Polarität auf, ist ein während des Betriebs in der zweiten Halbleiterschichtenfolge 20 wirkendes elektrisches Feld entgegengesetzt zu einem während des Betriebs in der ersten Halbleiterschichtenfolge 10 wirkenden elektrischen Feld gerichtet.

In den Figuren 2 und 3 ist schematisch dargestellt, wie mittels des Halbleiterbauelements Strahlung der ersten Wellenlänge λ_1 teilweise oder vollständig in Strahlung der zweiten Wellenlänge λ_2 umgewandelt wird und wie die Wellenlänge der in der zweiten Halbleiterschichtenfolge erzeugten Strahlung durch ein dort wirkendes elektrisches Feld modifiziert werden kann. Aufgetragen ist ausschnittsweise das Energieniveau E_C des Valenzbandes und das Energieniveau E_V des Leitungsbandes der zweiten Halbleiterschichtenfolge 20.

Wie in Figur 2 für den Fall ohne Einwirkung eines elektrischen Feldes gezeigt, wird im Betrieb die von dem aktiven Bereich erzeugte Strahlung der ersten Wellenlänge λ_1 in der Barrierschichtstruktur 23, also in den Barrierschichten 25 absorbiert, wodurch zunächst in den Barrierschichten 25 eine Ladungsträgertrennung erfolgt (Schritt A). Die so getrennten Ladungsträger werden in den energetisch tiefer liegenden Quantentöpfen der Quantentopfstruktur 21, also in den Quantenschichten 24 der Quantenschichtstruktur 22 eingefangen (Schritt B) und führen dort durch Rekombination zur Emission der Strahlung mit der Wellenlänge λ_2 (Schritt C).

Figur 3 stellt die unter Wirkung eines elektrischen Feldes auftretende Verzerrung der Energiebänder in der Quantentopfstruktur infolge des Quantum-Confined Stark-Effects (QCSE) dar. Das Energieniveau E_C des Valenzbandes und das Energieniveau E_V des Leitungsbandes der zweiten Halbleiterschichtenfolge 20 werden im Falle eines konstanten elektrischen Feldes durch einen linearen Potentialverlauf überlagert. Dies führt zu einer Verschiebung und Verformung der Wellenfunktionen in den Quantenschichten 24, welche unter

anderem eine Herabsetzung der Wahrscheinlichkeit für eine Rekombination in der Quantenschicht sowie eine Änderung, beispielsweise eine Verkleinerung, der Wellenlänge der nach einer Rekombination erzeugten Strahlung zur Folge haben.

5 In Figur 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des Halbleiterbauelements dargestellt. Im Unterschied zu dem in Figur 1 gezeigten Halbleiterbauelement sind die erste Halbleiterschichtenfolge 10 und die zweite Halbleiterschichtenfolge 20 nicht epitaktisch aufeinander
10 aufgewachsen, sondern sind über ein transparentes Verbindungselement 80 aneinander befestigt. Genauer stellt das Verbindungselement 80 eine mechanische Verbindung zwischen der zweiten Halbleiterschicht 12 und der ersten Elektrodenfläche 1 her. Wie im vorherigen Ausführungsbeispiel
15 bestehen die erste Halbleiterschicht 11 der ersten Halbleiterschichtenfolge 10 sowie die zweite Elektrodenfläche 2 aus n-GaN, und die zweite Halbleiterschicht 12 der ersten Halbleiterschichtenfolge 10 und die erste Elektrodenfläche 1 aus p-GaN.

20 Das in Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel ist symmetrisch aufgebaut; auf sich gegenüberliegenden Seiten des Halbleiterbauelements 100 sind Aufwachssubstrate 51, 52 angeordnet, auf denen jeweils die erste und die zweite
25 Halbleiterschichtenfolge epitaktisch aufgewachsen sind. In weiteren, nicht dargestellten Ausführungsformen weicht der Aufbau jedoch von einer symmetrischen Form ab.

Im vorliegenden Fall ist das Verbindungselement 80 durch
30 einen elektrisch isolierenden, transparenten Kleber ausgebildet. Aus diesem Grund weist das Halbleiterbauelement vier separate Kontakte 71, 72, 73, 74 auf, durch welche

jeweils verschiedene Spannungen an die beiden Halbleiterschichtenfolge 10, 20 gelegt werden können.

Gemäß einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform ist
5 das Verbindungselement zumindest bereichsweise elektrisch leitend ausgebildet und stellt eine elektrisch leitende Verbindung zwischen der zweiten Halbleiterschicht 12 der ersten Halbleiterschichtenfolge 10 und der ersten Elektrodenfläche 1 her. Beispielsweise kann das
10 Verbindungselement einen elektrisch leitfähigem Kleber enthalten oder aus diesem bestehen. Alternativ können elektrisch leitfähige Durchkontaktierungen in dem Verbindungselement oder elektrisch leitfähige Überbrückungen an dessen Seiten vorgesehen sein.

15

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in
20 den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

25

Bezugszeichenliste

	1	erste Elektrodenfläche
	2	zweite Elektrodenfläche
5	10	erste Halbleiterschichtenfolge
	11	erste Halbleiterschicht
	12	zweite Halbleiterschicht
	13	aktiver Bereich
	20	zweite Halbleiterschichtenfolge
10	21	Quantentopfstruktur
	22	Quantenschichtstruktur
	23	Barrierschichtstruktur
	24	Quantenschichten
	25	Barrierschichten
15	50	Aufwachssubstrat
	51, 52	Aufwachssubstrate
	60	V-Defekte
	71-74	Kontakte
	80	transparentes Verbindungselement
20	100	Halbleiterbauelement
	λ_1	erste Wellenlänge
	λ_2	zweite Wellenlänge
	E_C	Energieniveau Valenzband
	E_V	Energieniveau Leitungsband
25	A-C	Schritte

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) mit einer ersten Halbleiterschichtenfolge (10), einer zweiten
5 Halbleiterschichtenfolge (20), einer ersten Elektrodenfläche (1) und einer zweiten Elektrodenfläche (2), wobei
- die erste Elektrodenfläche (1) zwischen der ersten Halbleiterschichtenfolge (10) und der zweiten Halbleiterschichtenfolge (20) und die zweite
10 Halbleiterschichtenfolge (20) zwischen der ersten Elektrodenfläche (1) und der zweiten Elektrodenfläche (2) angeordnet ist,
- die erste Halbleiterschichtenfolge (10) eine erste Halbleiterschicht (11), eine zweite Halbleiterschicht (12)
15 und einen zwischen der ersten Halbleiterschicht und der zweiten Halbleiterschicht angeordneten aktiven Bereich (13), welcher zur Erzeugung von Strahlung einer ersten Wellenlänge (λ_1) ausgebildet ist, umfasst,
- die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) eine
20 Quantentopfstruktur (21) mit einer Quantenschichtstruktur (22) und einer Barrierschichtstruktur (23) aufweist und zur Erzeugung von inkohärenter Strahlung einer zweiten Wellenlänge (λ_2) mittels Absorption der Strahlung der ersten Wellenlänge ausgebildet ist und
25 - durch die erste Elektrodenfläche (1) und die zweite Elektrodenfläche (2) ein elektrisches Feld in der zweiten Halbleiterschichtenfolge (20) erzeugbar ist.
2. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach
30 Anspruch 1, wobei
das strahlungsemittierende Halbleiterbauelement eine Strahlungsaustrittsfläche aufweist und die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) zwischen der ersten

Halbleiterschichtenfolge (10) und der Strahlungsaustrittsfläche angeordnet ist.

3. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach
5 einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Elektrodenfläche (1) transparent zumindest für Strahlung der ersten Wellenlänge (λ_1) und die zweite Elektrodenfläche (2) transparent zumindest für Strahlung der zweiten Wellenlänge (λ_2) ausgebildet ist.

10

4. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach
einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der ersten Elektrodenfläche (1) und der zweiten Elektrodenfläche (2) Mittel zur Begrenzung eines die zweite
15 Halbleiterschichtenfolge (20) durchfließenden Stromes vorgesehen sind.

5. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach
einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
20 die erste Elektrodenfläche (1) oder die zweite Elektrodenfläche (2) von der zweiten Halbleiterschichtenfolge (20) elektrisch isoliert ist.

6. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach
25 einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) Schichten aus undotiertem Halbleitermaterial umfasst.

7. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach
30 einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Elektrodenfläche (1) oder die zweite Elektrodenfläche (2) jeweils ein dotiertes Halbleitermaterial enthalten und unterschiedliche Leitungstypen aufweisen.

8. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Halbleiterschichtenfolge (10) und die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) monolithisch in das Halbleiterbauelement integriert sind.

9. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) an einer der zweiten Elektrodenfläche zugewandten Oberfläche eine Vielzahl von V-Defekten (60) aufweist.

10. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach Anspruch 9, wobei die V-Defekte (60) mit einem dotierten Halbleitermaterial gefüllt sind.

11. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite Halbleiterschicht (12) der ersten Halbleiterschichtenfolge (10) mit der ersten Elektrodenfläche (1) elektrisch leitend verbunden ist.

12. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Halbleiterschicht (11) und die zweite Halbleiterschicht (12) der ersten Halbleiterschichtenfolge von der ersten Elektrodenfläche (1) elektrisch isoliert sind.

13. Strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Halbleiterschichtenfolge (10) und die zweite Halbleiterschichtenfolge (20) über ein Verbindungselement

(80) aneinander befestigt sind.

14. Verfahren zur Erzeugung von Strahlung unter Verwendung eines strahlungsemittierenden Halbleiterbauelements (100)

5 nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
mit den Schritten:

- Erzeugen von Strahlung einer ersten Wellenlänge (λ_1) in der ersten Halbleiterschichtenfolge;

10 - zumindest teilweises Absorbieren der Strahlung der ersten Wellenlänge;

- Erzeugen von inkohärenter Strahlung einer zweiten Wellenlänge (λ_2) in der Quantenschichtstruktur (22), wobei die zweite Wellenlänge durch eine zwischen der ersten Elektrodenfläche (1) und der zweiten Elektrodenfläche (2) angelegte Spannung eingestellt oder angepasst wird.

15

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die zwischen der ersten Elektrodenfläche (1) und der zweiten Elektrodenfläche (2) angelegte Spannung größer als 1 V ist.

$\frac{1}{2}$

FIG 1

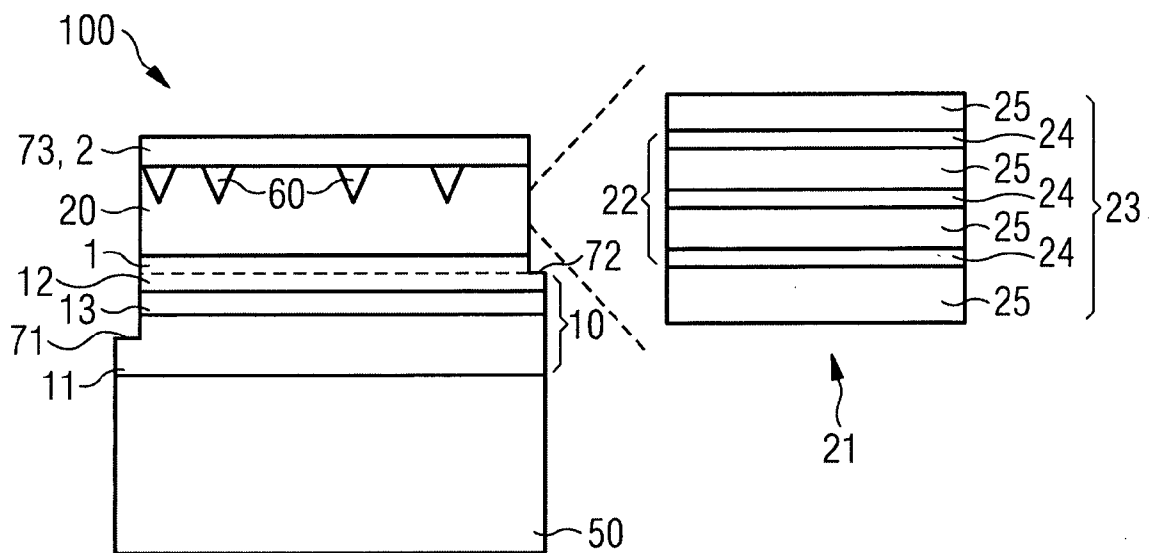
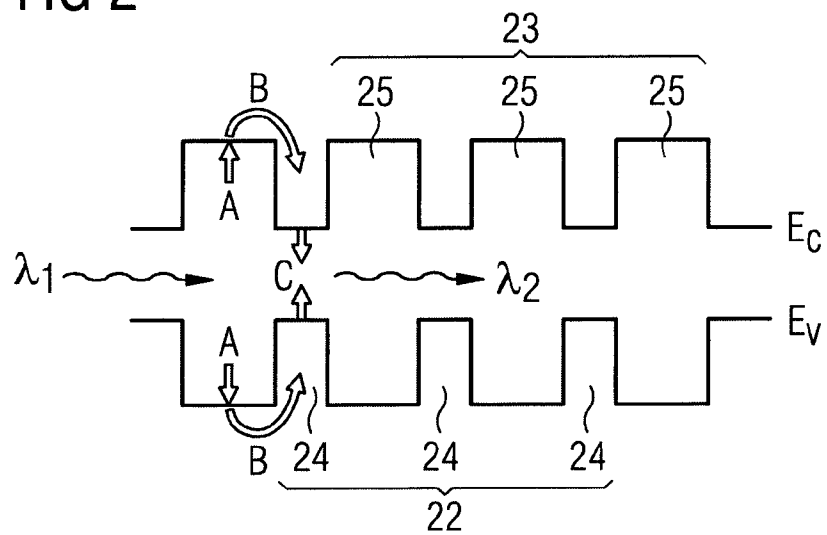


FIG 2



2/2

FIG 3

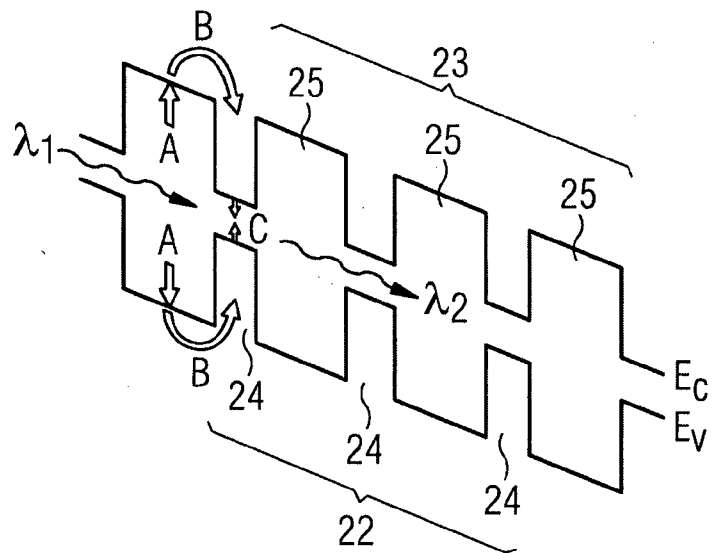
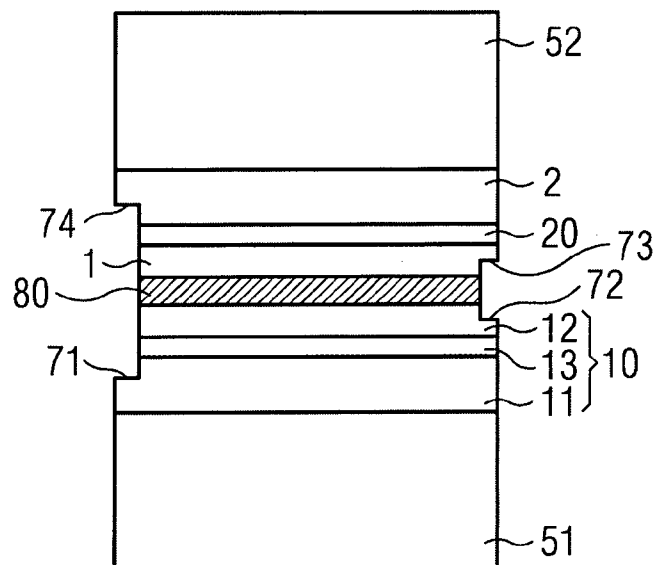


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/058112

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L33/08 H01L33/50
ADD. H01L33/04

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	US 2008/204383 A1 (MCCARTHY WIL [US] ET AL) 28 August 2008 (2008-08-28) paragraphs [0033] - [0037], [0043]; figures 2,4	1-15
X	----- WO 2007/146861 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 21 December 2007 (2007-12-21) pages 9-13; figures 1,4	1-13
A	----- US 2007/069223 A1 (CHEN MING-SHENG [TW] ET AL) 29 March 2007 (2007-03-29) paragraphs [0026] - [0034]; figures 1a,1b	14,15
A	----- ----- -/--	4-7,11



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

21 June 2016

Date of mailing of the international search report

30/06/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Simeonov, Dobri

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/058112

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	XIAOYUN GUO ET AL: "Photon recycling semiconductor light emitting diode", ELECTRON DEVICES MEETING, 1999. IEDM TECHNICAL DIGEST. INTERNATIONAL WASHINGTON, DC, USA 5-8 DEC. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 5 December 1999 (1999-12-05), pages 600-603, XP032399329, DOI: 10.1109/IEDM.1999.824226 ISBN: 978-0-7803-5410-4 the whole document -----	1-15
A	US 2012/292650 A1 (SUGIYAMA NAOHARU [JP] ET AL) 22 November 2012 (2012-11-22) paragraphs [0033] - [0039]; figure 2 -----	9,10
A	JP 2001 274462 A (AIWA CO) 5 October 2001 (2001-10-05) paragraph [0015]; figure 2 -----	12,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/058112

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008204383 A1	28-08-2008	US 2008204383 A1	28-08-2008
		WO 2008106596 A1	04-09-2008

WO 2007146861 A1	21-12-2007	CN 101467271 A	24-06-2009
		CN 101467275 A	24-06-2009
		CN 102403439 A	04-04-2012
		EP 2033234 A1	11-03-2009
		EP 2036135 A1	18-03-2009
		JP 2009540616 A	19-11-2009
		JP 2009540618 A	19-11-2009
		KR 20090018623 A	20-02-2009
		KR 20090018631 A	20-02-2009
		TW 200807768 A	01-02-2008
		TW 200817804 A	16-04-2008
		US 2008006832 A1	10-01-2008
		US 2009207628 A1	20-08-2009
		WO 2007146861 A1	21-12-2007
		WO 2007146868 A1	21-12-2007

US 2007069223 A1	29-03-2007	TW I257185 B	21-06-2006
		US 2007069223 A1	29-03-2007

US 2012292650 A1	22-11-2012	JP 5066274 B1	07-11-2012
		JP 2012243823 A	10-12-2012
		US 2012292650 A1	22-11-2012
		US 2015050763 A1	19-02-2015

JP 2001274462 A	05-10-2001	JP 4496596 B2	07-07-2010
		JP 2001274462 A	05-10-2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L33/08 H01L33/50
 ADD. H01L33/04

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	US 2008/204383 A1 (MCCARTHY WIL [US] ET AL) 28. August 2008 (2008-08-28) Absätze [0033] - [0037], [0043]; Abbildungen 2,4	1-15
X	WO 2007/146861 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 21. Dezember 2007 (2007-12-21) Seiten 9-13; Abbildungen 1,4	1-13
A	-----	14,15
A	US 2007/069223 A1 (CHEN MING-SHENG [TW] ET AL) 29. März 2007 (2007-03-29) Absätze [0026] - [0034]; Abbildungen 1a,1b	4-7,11
	----- -/-	



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

21. Juni 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/06/2016

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

Simeonov, Dobri

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	XIAOYUN GUO ET AL: "Photon recycling semiconductor light emitting diode", ELECTRON DEVICES MEETING, 1999. IEDM TECHNICAL DIGEST. INTERNATIONAL WASHINGTON, DC, USA 5-8 DEC. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 5. Dezember 1999 (1999-12-05), Seiten 600-603, XP032399329, DOI: 10.1109/IEDM.1999.824226 ISBN: 978-0-7803-5410-4 das ganze Dokument -----	1-15
A	US 2012/292650 A1 (SUGIYAMA NAOHARU [JP] ET AL) 22. November 2012 (2012-11-22) Absätze [0033] - [0039]; Abbildung 2 -----	9,10
A	JP 2001 274462 A (AIWA CO) 5. Oktober 2001 (2001-10-05) Absatz [0015]; Abbildung 2 -----	12,13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/058112

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US	2008204383	A1	28-08-2008		US	2008204383	A1	28-08-2008
					WO	2008106596	A1	04-09-2008

WO	2007146861	A1	21-12-2007		CN	101467271	A	24-06-2009
					CN	101467275	A	24-06-2009
					CN	102403439	A	04-04-2012
					EP	2033234	A1	11-03-2009
					EP	2036135	A1	18-03-2009
					JP	2009540616	A	19-11-2009
					JP	2009540618	A	19-11-2009
					KR	20090018623	A	20-02-2009
					KR	20090018631	A	20-02-2009
					TW	200807768	A	01-02-2008
					TW	200817804	A	16-04-2008
					US	2008006832	A1	10-01-2008
					US	2009207628	A1	20-08-2009
					WO	2007146861	A1	21-12-2007
					WO	2007146868	A1	21-12-2007

US	2007069223	A1	29-03-2007		TW	I257185	B	21-06-2006
					US	2007069223	A1	29-03-2007

US	2012292650	A1	22-11-2012		JP	5066274	B1	07-11-2012
					JP	2012243823	A	10-12-2012
					US	2012292650	A1	22-11-2012
					US	2015050763	A1	19-02-2015

JP	2001274462	A	05-10-2001		JP	4496596	B2	07-07-2010
					JP	2001274462	A	05-10-2001
