

(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
9. Juni 2016 (09.06.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/087284 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H01L 33/06 (2010.01) *H01L 33/08* (2010.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2015/077661
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
25. November 2015 (25.11.2015)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2014 117 611.1
1. Dezember 2014 (01.12.2014) DE
- (71) **Anmelder:** OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) **Erfinder:** RUDOLPH, Andreas; Haagasse 2, 93047
Regensburg (DE). SUNDGREN, Petrus; Hochweg 7 a,
93138 Lappersdorf (DE). TÄNGRING, Ivar;
Gutenbergplatz 4, 93047 Regensburg (DE).
- (74) **Anwalt:** EPPING HERMANN FISCHER
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH;
Schloßschmidstr. 5, 80639 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** LIGHT-EMITTING DIODE CHIP HAVING TEMPERATURE COMPENSATION OF THE WAVELENGTH

(54) **Bezeichnung :** LEUCHTDIODENCHIP MIT TEMPERATURKOMPENSATION DER WELLENLÄNGE

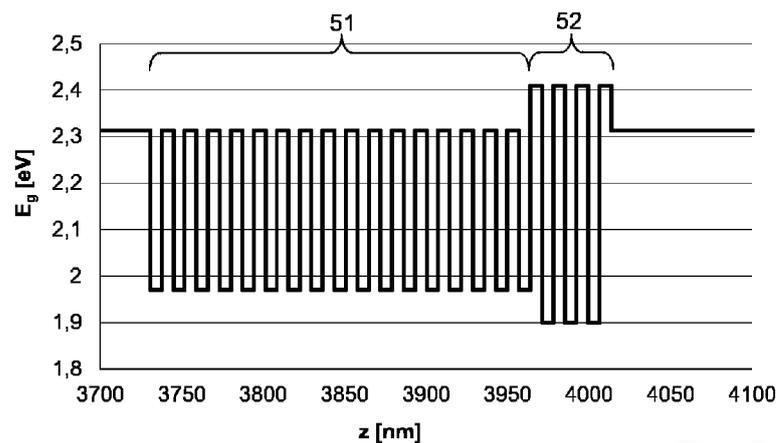


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to an optoelectronic semiconductor chip (10), comprising: a p-type semiconductor region (4), an n-type semiconductor region (6), an active layer (5), which is arranged between the p-type semiconductor region (4) and the n-type semiconductor region (6) and which is designed as a multiple quantum well structure (51, 52), wherein the multiple quantum well structure (51, 52) has a first region (51) of alternating first quantum well layers (51A) and first barrier layers (51B) and a second region having at least one second quantum well layer (52A) and at least one second barrier layer (52B), the at least one second quantum well layer (52A) has an electronic band gap (E_{QW2}) that is less than the electronic band gap (E_{QW1}) of the first quantum well layers (51A), the at least one second barrier layer (52B) has an electronic band gap (E_{B2}) that is greater than the electronic band gap (E_{B1}) of the first barrier layers (51B).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/087284 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird ein optoelektronischer Halbleiterchip (10) angegeben, umfassend: - einen p-Typ-Halbleiterbereich (4), - einen n-Typ-Halbleiterbereich (6), - eine zwischen dem p-Typ-Halbleiterbereich (4) und dem n-Typ-Halbleiterbereich (6) angeordnete aktive Schicht (5), die als Mehrfach-Quantentopfstruktur (51, 52) ausgebildet ist, wobei - die Mehrfach-Quantentopfstruktur (51, 52) einen ersten Bereich (51) von abwechselnden ersten Quantentopfschichten (51A) und ersten Barrierschichten (51B) und einen zweiten Bereich mit mindestens einer zweiten Quantentopfschicht (52A) und mindestens einer zweiten Barrierschicht (52B) aufweist, - die mindestens eine zweite Quantentopfschicht (52A) eine elektronische Bandlücke (E_{QW2}) aufweist, die kleiner als die elektronische Bandlücke (E_{QW1}) der ersten Quantentopfschichten (51A) ist, - die mindestens eine zweite Barrierschicht (52B) eine elektronische Bandlücke (E_{B2}) aufweist, die größer als die elektronische Bandlücke (E_{B1}) der ersten Barrierschichten (51B) ist.

Beschreibung

LEUCHTDIODENCHIP MIT TEMPERATURKOMPENSATION DER WELLENLÄNGE

5 Die Erfindung betrifft einen optoelektronischen Halbleiterchip.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2014 117 611.1, deren Offenbarungsgehalt
10 hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die optischen und elektronischen Eigenschaften von Halbleitermaterialien werden wesentlich von der Bandlücke, d.h. dem energetischen Abstand zwischen dem Valenzband und
15 dem Leitungsband, bestimmt. Die Bandlücke von Halbleitermaterialien nimmt im Allgemeinen mit zunehmender Temperatur ab. Bei strahlungsemittierenden optoelektronischen Halbleiterchips wie zum Beispiel LEDs oder Halbleiterlasern kann dies dazu führen, dass die Wellenlänge der emittierten
20 Strahlung mit zunehmender Betriebstemperatur zunimmt. Dadurch kann sich der Farbeindruck der emittierten Strahlung verändern.

Weiterhin ist bekannt, dass die Empfindlichkeit des
25 menschlichen Auges bei Wellenlängen oberhalb von etwa 560 nm abnimmt. Bei optoelektronischen Halbleiterchips, die bei größeren Wellenlängen emittieren, kann aus diesem Grund eine temperaturbedingte Zunahme der Emissionswellenlänge nicht nur zu einem veränderten Farbeindruck, sondern auch zu einer
30 verminderten visuell wahrgenommenen Helligkeit führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen strahlungsemittierenden optoelektronischen Halbleiterchip

anzugeben, der sich durch eine verminderte Temperaturabhängigkeit der Strahlungsemission auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch einen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Der optoelektronische Halbleiterchip umfasst gemäß zumindest einer Ausgestaltung einen p-Typ-Halbleiterbereich, einen n-Typ-Halbleiterbereich und eine zwischen dem p-Typ-Halbleiterbereich und dem n-Typ-Halbleiterbereich angeordnete aktive Schicht, die als Mehrfach-Quantentopfstruktur ausgebildet ist.

Gemäß zumindest einer Ausgestaltung weist die Mehrfach-Quantentopfstruktur einen ersten Bereich mit abwechselnden ersten Quantentopfschichten und ersten Barrierschichten und einen zweiten Bereich mit mindestens einer zweiten Quantentopfschicht und mindestens einer zweiten Barrierschicht, vorzugsweise mit mehreren abwechselnden zweiten Quantentopfschichten und zweiten Barrierschichten, auf. Der erste Bereich und der zweite Bereich können insbesondere jeweils eine Mehrzahl von Schichtpaaren aufweisen, wobei die Schichtpaare in dem ersten Bereich jeweils eine erste Quantentopfschicht und eine erste Barrierschicht und in dem zweiten Bereich jeweils eine zweite Quantentopfschicht und eine zweite Barrierschicht aufweisen. Die ersten Barrierschichten weisen jeweils eine größere Bandlücke als die ersten Quantentopfschichten und die mindestens eine zweite Barrierschicht eine größere Bandlücke als die mindestens eine zweite Quantentopfschicht auf.

Gemäß zumindest einer Ausgestaltung weist die mindestens eine zweite Quantentopfschicht eine Bandlücke E_{QW2} auf, die kleiner als die Bandlücke E_{QW1} der ersten Quantentopfschichten ist. Weiterhin weist die mindestens eine zweite Barrierschicht
5 eine Bandlücke E_{B2} auf, die größer als die Bandlücke E_{B1} der ersten Barrierschichten ist. Der zweite Bereich ist näher an dem p-Typ-Halbleiterbereich als der erste Bereich angeordnet. Insbesondere kann der erste Bereich an den n-Typ-Halbleiterbereich und der zweite Bereich an den p-Typ-
10 Halbleiterbereich angrenzen. Vorzugsweise besteht die Mehrfachquantentopfstruktur aus dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich, d.h. sie weist keine weiteren Schichten auf.

Dadurch, dass die Mehrfach-Quantentopfstruktur in dem zweiten
15 Bereich an der dem p-Typ-Halbleiterbereich zugewandten Seite mindestens eine zweite Barrierschicht aufweist, deren Bandlücke E_{B2} größer ist als die Bandlücke E_{B1} der Barrierschichten in dem ersten Bereich, wird die Bewegung von Löchern in der Mehrfach-Quantentopfstruktur in der Nähe
20 des p-Typ-Halbleiterbereichs erschwert. Insbesondere hat sich herausgestellt, dass die mindestens eine zweite Barrierschicht mit erhöhter Bandlücke E_{B2} die Mobilität von Löchern stärker behindert als die Mobilität von Elektronen. Auf diese Weise bewirkt die mindestens eine Barrierschicht
25 mit der erhöhten Bandlücke E_{B2} , dass sich die Löcher zumindest bei niedrigen Betriebstemperaturen nicht ungehindert in den ersten Bereich der Quantentopfstruktur ausbreiten können und somit in dem zweiten Bereich der Quantentopfstruktur eine erhöhte Konzentration von Löchern
30 vorliegt. Bei niedrigen Betriebstemperaturen finden daher strahlende Rekombinationen von Elektronen und Löchern mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit in dem zweiten Bereich der Quantentopfstruktur statt.

Mit steigender Betriebstemperatur erhöht sich die Mobilität der Löcher, so dass sie die mindestens eine Barrierschicht in dem zweiten Bereich leichter passieren können. Dies hat zur Folge, dass die Verteilung der Ladungsträger in der Mehrfach-Quantentopfstruktur mit steigender Betriebstemperatur zunehmend gleichmäßiger wird. Auf diese Weise wird bewirkt, dass strahlende Rekombinationen von Elektronen und Löchern bei einer Erhöhung der Betriebstemperatur in zunehmendem Maße auch in den Quantentopfschichten des ersten Bereichs stattfinden, die eine größere Bandlücke aufweisen.

Da die Bandlücke E_{QW2} der mindestens einen Quantentopfschicht in dem zweiten Bereich geringer ist als die Bandlücke E_{QW1} der Quantentopfschichten in dem ersten Bereich, weist die mindestens eine Quantentopfschicht des zweiten Bereichs eine größere Emissionswellenlänge auf als die Quantentopfschichten des ersten Bereichs. Bei niedrigen Betriebstemperaturen trägt deshalb vermehrt die mindestens eine zweite Quantentopfschicht zur Strahlungsemission bei, welche eine größere Emissionswellenlänge aufweist. Mit steigender Betriebstemperatur tragen zunehmend die ersten Quantentopfschichten zur Strahlungsemission bei, welche eine kleinere Emissionswellenlänge aufweisen.

Auf diese Weise wird vorteilhaft der Effekt ganz oder teilweise kompensiert, dass die Bandlücke des Halbleitermaterials der Quantentopfschichten mit zunehmender Betriebstemperatur abnimmt, so dass die Emissionswellenlänge ohne die hierin beschriebenen vorteilhaften Maßnahmen mit steigender Betriebstemperatur zunehmen und sich das Emissionsspektrum zu längeren Wellenlänge hin verschieben

würde. Aufgrund des gegenläufigen Effekts der hierin beschriebenen Mehrfach-Quantentopfstruktur kann vorteilhaft erreicht werden, dass sich das Emissionsspektrum der Mehrfach-Quantentopfstruktur mit zunehmender

5 Betriebstemperatur im Wesentlichen nicht ändert und vorzugsweise temperaturunabhängig ist.

Zur Erzielung einer teilweisen oder sogar vollständigen Kompensation der temperaturbedingten Abnahme der

10 elektronischen Bandlücke des Halbleitermaterials ist es vorteilhaft, wenn die Bandlücke E_{QW1} der ersten Quantentopfschichten um mindestens 0,025 eV größer ist als die Bandlücke E_{QW2} der mindestens einen zweiten Quantentopfschicht. Bevorzugt ist die Bandlücke E_{QW1} der

15 ersten Quantentopfschichten um mindestens 0,05 eV größer, besonders bevorzugt um 0,1 eV größer als die Bandlücke E_{QW2} der mindestens einen zweiten Quantentopfschicht.

Die Kompensationswirkung des zweiten Bereichs der

20 Quantentopfstruktur auf die temperaturbedingte Abnahme der elektronischen Bandlücke hängt weiterhin davon ab, wie groß die Bandlücke E_{B2} der mindestens einen zweiten Barriereschicht ist. Je größer die Bandlücke E_{B2} der mindestens einen zweiten Barriereschicht ist, desto stärker werden Löcher bei

25 niedrigen Betriebstemperaturen in dem zweiten Bereich konzentriert, und desto stärker ist folglich der Effekt einer Erhöhung der Betriebstemperatur. Vorteilhaft ist die Bandlücke E_{B2} der mindestens einen zweiten Barriereschicht um mindestens 0,075 eV größer ist als die Bandlücke E_{B1} der

30 ersten Barriereschichten. Bevorzugt ist die Bandlücke E_{B2} der mindestens einen zweiten Barriereschicht um mindestens 0,15 eV größer, besonders bevorzugt um 0,225 eV größer als die Bandlücke E_{B1} der ersten Barriereschichten.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform basiert die Mehrfach-Quantentopfstruktur auf einem Phosphidverbindungshalbleiter, Arsenidverbindungshalbleiter oder

5 Nitridverbindungshalbleiter. Insbesondere können die ersten Quantentopfschichten und die mindestens eine zweite Quantentopfschicht jeweils $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ oder $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-xy}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweisen. Weiterhin können die ersten Barriereschichten und die

10 mindestens eine zweite Barriereschicht jeweils $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ oder $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-xy}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweisen.

Die Bandlücke der Barriereschichten und/oder

15 Quantentopfschichten kann insbesondere durch die Materialzusammensetzung eingestellt werden. Eine Vergrößerung der Bandlücke kann insbesondere dadurch erzielt werden, dass der Aluminiumgehalt y erhöht und/oder der Indiumgehalt x vermindert wird. Vorzugsweise ist daher der Aluminiumgehalt y

20 der ersten Quantentopfschichten größer als der Aluminiumgehalt y der mindestens einen zweiten Quantentopfschicht und/oder der Indiumgehalt x der ersten Quantentopfschichten kleiner als der Indiumgehalt x der mindestens einen zweiten Quantentopfschicht.

25 Für die Barriereschichten gilt, dass vorzugsweise der Aluminiumgehalt y der ersten Barriereschichten kleiner als der Aluminiumgehalt y der mindestens einen zweiten Barriereschicht und/oder der Indiumgehalt x der ersten

30 Barriereschichten größer als der Indiumgehalt x der mindestens einen zweiten Barriereschicht ist.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der erste Bereich mindestens 10 Schichtpaare, bevorzugt mindestens 30 Schichtpaare, aus ersten Quantentopfschichten und ersten Barrierschichten auf. Der zweite Bereich weist vorteilhaft
5 mindestens 1 Schichtpaar aus einer zweiten Quantentopfschicht und einer zweiten Barrierschicht, bevorzugt mindestens 3 Schichtpaare aus zweiten Quantentopfschichten und zweiten Barrierschichten auf. Die Auswirkung des zweiten Bereichs auf das Emissionsspektrum des optoelektronischen
10 Halbleiterchips ist umso größer, je mehr Schichtpaare der zweite Bereich aufweist.

Die Anzahl der Schichtpaare in dem ersten Bereich ist vorteilhaft größer als die Anzahl der Schichtpaare in dem
15 zweiten Bereich. Bevorzugt ist die Anzahl der Schichtpaare in dem ersten Bereich mindestens fünfmal so groß, besonders bevorzugt mindestens zehnmal so groß wie die Anzahl der Schichtpaare in dem zweiten Bereich. Das gesamte Emissionsspektrum des optoelektronischen Halbleiterchips wird
20 in diesem Fall wesentlich von dem ersten Bereich beeinflusst. Der zweite Bereich, welcher eine geringere Anzahl von Schichtpaaren als der erste Bereich aufweist, dient vorteilhaft zur Kompensation der Temperaturabhängigkeit der Bandlücke der Schichtpaare des ersten Bereichs, indem der
25 zweite Bereich Strahlung mit einer größeren Wellenlänge erzeugt, welche aufgrund der geringeren Mobilität der Löcher insbesondere bei niedrigen Betriebstemperaturen dem gesamten Emissionsspektrum beigemischt wird. Diese Beimischung von Strahlung mit größerer Wellenlänge nimmt mit zunehmender
30 Temperatur ab.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ändert sich die dominante Wellenlänge der von der aktiven Schicht emittierten Strahlung

bei einer Temperaturerhöhung von $T_1 = 25 \text{ °C}$ auf $T_2 = 85 \text{ °C}$ um nicht mehr als 4 nm, bevorzugt um nicht mehr als 2 nm und besonders bevorzugt überhaupt nicht. Mit anderen Worten erhöht sich oder verringert sich die dominante Wellenlänge
5 bei einer Temperaturerhöhung von $T_1 = 25 \text{ °C}$ auf $T_2 = 85 \text{ °C}$ um weniger 4 nm und bleibt vorzugsweise sogar konstant.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren 1 bis 7
10 näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Querschnitts
15 durch einen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß einem Ausführungsbeispiel, und

Figuren 2 bis 7 jeweils eine graphische Darstellung der elektronischen Bandlücke in Abhängigkeit von einer
20 in senkrechter Richtung verlaufenden Ortskoordinate z bei verschiedenen Ausführungsbeispielen des optoelektronischen Halbleiterchips.

Gleiche oder gleich wirkende Bestandteile sind in den Figuren
25 jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Bestandteile sowie die Größenverhältnisse der Bestandteile untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen.

30 Der in Figur 1 dargestellte optoelektronische Halbleiterchip 10 gemäß einem Ausführungsbeispiel ist ein LED-Chip, der einen p-Typ-Halbleiterbereich 4, einen n-Typ-Halbleiterbereich 6 und eine zwischen dem p-Typ-

Halbleiterbereich 4 und dem n-Typ-Halbleiterbereich 6 angeordnete zur Emission von Strahlung geeignete aktive Schicht 5 aufweist. Bei dem Ausführungsbeispiel des optoelektronischen Halbleiterchips 10 handelt es sich um
5 einen sogenannten Dünnschicht-Halbleiterchip, von dem ein ursprünglich zum epitaktischen Aufwachsen der Halbleiterschichten 4, 5, 6 verwendetes Aufwachssubstrat abgelöst wurde und stattdessen die Halbleiterschichtenfolge mittels einer Verbindungsschicht 2, insbesondere einer
10 Lotschicht, mit einem vom Aufwachssubstrat verschiedenen Trägersubstrat 1 verbunden wurde.

Bei einem solchen Dünnschicht-Leuchtdiodenchip 10 ist der p-Typ-Halbleiterbereich 4 in der Regel dem Trägersubstrat 1
15 zugewandt. Zwischen dem p-Typ-Halbleiterbereich 4 und dem Trägersubstrat 1 ist vorteilhaft eine Spiegelschicht 3 angeordnet, welche vorteilhaft in Richtung des Trägersubstrats 1 emittierte Strahlung in Richtung zu einer Strahlungsausstrittsfläche 9 des optoelektronischen
20 Halbleiterchips hin umlenkt. Die Spiegelschicht 3 ist beispielsweise eine Metallschicht, die Ag, Al oder Au enthält.

Zur elektrischen Kontaktierung des optoelektronischen Halbleiterchips 10 können beispielsweise eine erste
25 Kontaktschicht 7 an einer Rückseite des Trägersubstrats 1 und eine zweite Kontaktschicht 8 auf einem Teilbereich der Strahlungsausstrittsfläche 9 vorgesehen sein.

30 Der p-Typ-Halbleiterbereich 4 und der n-Typ-Halbleiterbereich 6 können jeweils aus mehreren Teilschichten aufgebaut sein und müssen nicht notwendigerweise ausschließlich aus p-dotierten Schichten oder n-dotierten Schichten bestehen,

sondern können beispielsweise auch eine oder mehrere undotierte Schichten aufweisen.

Alternativ zu dem dargestellten Ausführungsbeispiel könnte
5 der optoelektronische Halbleiterchip 10 auch eine entgegengesetzte Polarität aufweisen, das heißt, es könnte der n-Typ-Halbleiterbereich 6 einem Substrat und der p-Typ-Halbleiterbereich 4 einer Strahlungsausstrittsfläche 9 des optoelektronischen Halbleiterchips zugewandt sein (nicht
10 dargestellt). Dies ist in der Regel bei optoelektronischen Halbleiterchips der Fall, bei denen das zum epitaktischen Aufwachsen der Halbleiterschichten verwendete Aufwachssubstrat nicht abgelöst wird, da in der Regel der n-Typ-Halbleiterbereich zuerst auf das Aufwachssubstrat
15 aufgewachsen wird.

Die zur Emission von Strahlung vorgesehene aktive Schicht 5 des optoelektronischen Halbleiterchips 10 ist als Mehrfach-Quantentopfstruktur 51, 52 ausgebildet. Die Mehrfach-
20 Quantentopfstruktur 51, 52 weist eine Mehrzahl von abwechselnd angeordneten Quantentopfschichten 51A, 52A und Barrierschichten 51B, 52B auf. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Mehrfach-Quantentopfstruktur fünfzig Schichtpaare aus jeweils einer Quantentopfschicht
25 51A, 52A und einer Barrierschicht 51B, 52B auf.

Die Mehrfach-Quantentopfstruktur enthält einen ersten Bereich 51, die siebenundvierzig Schichtpaare aus jeweils einer ersten Quantentopfschicht 51A und einer ersten
30 Barrierschicht 51B aufweist. Weiterhin enthält die Mehrfach-Quantentopfstruktur einen zweiten Bereich 52, die drei Schichtpaare aus jeweils einer zweiten Quantentopfschicht 52A und einer zweiten Barrierschicht 52B aufweist. Der erste

Bereich 51 ist näher an dem n-Typ-Halbleiterbereich 6 angeordnet als der zweite Bereich 52 und grenzt vorzugsweise unmittelbar an den n-Typ-Halbleiterbereich 6 an. Der zweite Bereich 52 ist näher an dem p-Typ-Halbleiterbereich 4 angeordnet und grenzt vorzugsweise unmittelbar an den p-Typ-Halbleiterbereich 4 an.

In dem ersten Bereich 51 weisen die Quantentopfschichten 51A eine Bandlücke E_{QW1} und die Barrierschichten 51B eine Bandlücke $E_{B1} > E_{QW1}$ auf. In dem zweiten Bereich weisen die Quantentopfschichten 52A eine Bandlücke E_{QW2} und die Barrierschichten 52B eine Bandlücke $E_{B2} > E_{QW2}$ auf. Dabei gilt für die Bandlücken der Quantentopfschichten $E_{QW2} < E_{QW1}$ und für die Bandlücken der Barrierschichten $E_{B2} > E_{B1}$.

15

In dem zweiten Bereich 52, welche näher an dem p-Typ-Halbleiterbereich 4 angeordnet ist, sind also die Bandlücken der Quantentopfschichten 52A im Vergleich zu den Bandlücken der Quantentopfschichten 51A des ersten Bereichs 51 erniedrigt. Gleichzeitig sind die Bandlücken der Barrierschichten 52B des zweiten Bereichs im Vergleich zu den Bandlücken der Barrierschichten 51B des ersten Bereichs 51 erhöht.

25

Vorteilhaft ist die Bandlücke der zweiten Quantentopfschichten 52A um mindestens 0,025 eV, bevorzugt um mindestens 0,050 eV und besonders bevorzugt um mindestens 0,1 eV kleiner als die Bandlücke der ersten Quantentopfschichten 51A. Weiterhin ist die Bandlücke der zweiten Barrierschichten 52B vorzugsweise um mindestens 0,075 eV, bevorzugt um mindestens 0,15 eV und besonders bevorzugt um mindestens 0,225 eV größer als die Bandlücke der ersten Barrierschichten 51B.

30

Die Bandlücke der Halbleitermaterialien der Quantentopfschichten 51A, 52A und Barriereschichten 52A, 52B kann insbesondere dadurch eingestellt werden, dass der Aluminiumgehalt und/oder der Indiumgehalt in dem Halbleitermaterial variiert wird. Beispielsweise können die Quantentopfschichten und Barriereschichten Halbleitermaterialien mit der Zusammensetzung $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ oder $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweisen. Bei diesen Typen von Halbleitern nimmt die Bandlücke mit zunehmendem Aluminiumgehalt y zu und mit zunehmendem Indiumgehalt x ab.

Bei dem Ausführungsbeispiel weisen die ersten Quantentopfschichten $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,05}\text{Ga}_{0,45}\text{P}$, die ersten Barriereschichten $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,30}\text{Ga}_{0,20}\text{P}$, die zweiten Quantentopfschichten $\text{In}_{0,5}\text{Ga}_{0,50}\text{P}$ und die zweiten Barriereschichten $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,50}\text{P}$ auf.

Die erhöhte Bandlücke der Barriereschichten des zweiten Bereichs 52 bewirkt, dass die Bewegung von Löchern ausgehend von dem p-Typ-Halbleiterbereich 4 in Richtung zum n-Typ-Halbleiterbereich 6 insbesondere bei niedrigen Betriebstemperaturen erschwert wird, da die Löcher bei niedrigen Betriebstemperaturen die Barriereschichten 52B mit erhöhter Bandlücke E_{B2} nur schwer passieren können. Mit Zunahme der Betriebstemperatur nimmt die Mobilität der Löcher zu, so dass sie die Barriereschichten 52B leichter passieren können und sich somit gleichmäßiger in der Mehrfach-Quantentopfstruktur 51, 52 verteilen können.

Auf diese Weise wird erreicht, dass bei niedrigen Betriebstemperaturen strahlende Rekombinationen von

Ladungsträgern vermehrt in dem zweiten Bereich 52 stattfinden, in der die Quantentopfschichten 52A eine kleinere Bandlücke und daraus resultierend eine größere Emissionswellenlänge aufweisen. Bei einer Erhöhung der Betriebstemperatur finden strahlende Rekombinationen aufgrund der zunehmend gleichmäßigeren Verteilung der Löcher in der Mehrfach-Quantentopfstruktur in zunehmendem Umfang auch in den Quantentopfschichten 51A des ersten Bereichs 51 statt, die eine größere Bandlücke und daraus resultierend eine kleinere Emissionswellenlänge aufweisen.

Der Effekt des hierin beschriebenen Aufbaus der Mehrfach-Quantentopfstruktur besteht also insbesondere darin, die Emissionswellenlänge mit zunehmender Betriebstemperatur zu verringern. Auf diese Weise wird dem gegenläufigen Effekt entgegengewirkt, dass sich die Bandlücke von Halbleitermaterialien mit zunehmender Temperatur verringert und sich aus diesem Grund die Emissionswellenlänge erhöht. Vorzugsweise wird durch die Mehrfach-Quantentopfstruktur der Effekt einer temperaturbedingten Erhöhung der Emissionswellenlänge teilweise oder vorzugsweise sogar ganz kompensiert. Insbesondere kann erreicht werden, dass sich die dominante Wellenlänge der von der aktiven Schicht 5 emittierten Strahlung bei der Temperaturerhöhung von einer ersten Temperatur $T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, die in etwa Raumtemperatur entspricht, zu einer zweiten Temperatur $T_2 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$, die in etwa der Betriebstemperatur einer LED entspricht, um nicht mehr als 4 nm erhöht oder verringert.

Die im Vergleich zu einer herkömmlichen Mehrfach-Quantentopfstruktur, bei der jeweils alle Barrierschichten und alle Quantentopfschichten die gleiche Bandlücke aufweisen, verbesserte Stabilität der Emissionswellenlänge

der emittierten Strahlung hat außerdem den Vorteil, dass sich die Temperaturabhängigkeit der vom menschlichen Auge wahrgenommenen Helligkeit der emittierten Strahlung verringert. Es ist bekannt, dass sich die Empfindlichkeit des menschlichen Auges im sichtbaren Spektralbereich ändert und sich insbesondere bei Wellenlängen oberhalb von etwa 560 nm verringert. Als Maß für die wahrgenommene Helligkeit kann die sogenannte augenbewertete Helligkeit I_v verwendet werden, welche die spektrale Empfindlichkeitskurve des Auges berücksichtigt. Eine temperaturbedingte Erhöhung der Wellenlänge kann daher eine Änderung der augenbewerteten Helligkeit I_v bewirken, wobei bei einer Wellenlänge oberhalb von etwa 560 nm eine Verringerung der augenbewerteten Helligkeit I_v erfolgt.

15

Bei einem Versuch wurde der Quotient der augenbewerteten Helligkeiten I_v bei $T = 85 \text{ °C}$ und $T = 25 \text{ °C}$ für einen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß dem Ausführungsbeispiel und einem nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispiel bestimmt. Dabei wurde für den optoelektronischen Halbleiterchip gemäß dem Ausführungsbeispiel $I_v(T=85\text{°C}) / I_v(T=25\text{°C}) = 0,584$ und für das Vergleichsbeispiel $I_v(T=85\text{°C}) / I_v(T=25\text{°C}) = 0,545$ erreicht, wobei diese Werte auf eine Wellenlänge von 615 nm normiert sind. Bei dem Ausführungsbeispiel nimmt daher die augenbewertete Helligkeit mit zunehmender Temperatur weniger stark ab als bei dem Vergleichsbeispiel. Weiterhin wurde die Änderung der dominanten Wellenlänge $\lambda_{\text{dom}}(T)$ bei der Temperaturerhöhung von $T = 25 \text{ °C}$ auf $T = 85 \text{ °C}$ gemessen. Die Änderung der dominanten Wellenlänge $\Delta\lambda_{\text{dom}}$ beträgt bei dem Ausführungsbeispiel nur 3,4 nm, bei dem Vergleichsbeispiel aber 4,8 nm, wiederum normiert auf 615 nm Emissionswellenlänge. Der optoelektronische Halbleiterchip

30

gemäß dem Ausführungsbeispiel zeichnet sich daher sowohl durch eine verbesserte Temperaturstabilität der Wellenlänge als auch durch eine verbesserte Stabilität der augenbewerteten Helligkeit aus.

5

Die Bandlücke E_g in der aktiven Schicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des optoelektronischen Halbleiterchips ist in Figur 2 in Abhängigkeit von einer Ortskoordinate z dargestellt. Die Bandlücke E_g gibt die Energiedifferenz
10 zwischen dem Leitungsband und dem Valenzband an. In Fig. 2 ist zu sehen, dass in den Schichtpaaren des ersten Bereichs 51 die Bandlücken der Barriereschichten kleiner und die Bandlücken der Quantentopfschichten größer sind als in den Schichtpaaren des zweiten Bereichs 52. Bei dem
15 Ausführungsbeispiel der Figur 2 sind die Bandlücken der Barriereschichten in dem zweiten Bereich 52 gleich groß, und auch die Bandlücken der Quantentopfschichten sind jeweils gleich groß. Es hat sich aber gezeigt, dass eine Stabilisierung der dominanten Wellenlänge bei Erhöhung der
20 Temperatur auch mit anderen Strukturen erzielt werden kann, bei denen die Bandlücken der Barriereschichten in dem zweiten Bereich 52 voneinander verschieden sind und/oder die Bandlücken der Quantentopfschichten in dem zweiten Bereich 52 voneinander verschieden sind. Solche Quantentopfstrukturen
25 sind in den folgenden Ausführungsbeispielen dargestellt.

Die Figuren 3 bis 7 zeigen jeweils die Bandlücke E_g in der aktiven Schicht des optoelektronischen Halbleiterchips in Abhängigkeit von einer Ortskoordinate z für fünf weitere
30 Ausführungsbeispiele des optoelektronischen Halbleiterchips.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Barriereschichten in dem zweiten Bereich 52

unterschiedlich große Bandlücken auf, wobei die Bandlücke zur p-Seite hin kleiner wird. Die Quantentopfschichten in dem zweiten Bereich 52 weisen dagegen jeweils gleich große Bandlücken auf.

5

Bei dem in Figur 4 dargestellten weiteren Ausführungsbeispiel nimmt die Bandlücke der Barriereschichten in dem zweiten Bereich 52 wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 zunächst zur p-Seite hin ab, wobei aber die äußerste

10 Barriereschicht an der p-Seite wieder eine größere Bandlücke aufweist. Die Bandlücken der Quantentopfschichten in dem zweiten Bereich 52 sind bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 4 wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 3 gleich groß.

15 Bei dem in Figur 5 dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Barriereschichten in dem zweiten Bereich 52 gleichgroße Bandlücken auf, wobei sich aber die Bandlücken der Quantentopfschichten zur p-Seite hin verringern.

20 Bei dem in Figur 6 dargestellten Ausführungsbeispiel verringern sich in dem zweiten Bereich 52 sowohl die Bandlücken der Barriereschichten als auch die Bandlücken der Quantentopfschichten zur p-Seite hin.

25 In Figur 7 ist noch ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem sich zunächst wie bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 6 sowohl die Bandlücken der Barriereschichten als auch die Bandlücken der Quantentopfschichten zur p-Seite hin verringern, wobei aber

30 die äußerste Barriereschicht an der p-Seite wieder eine größere Bandlücke aufweist.

Den Ausführungsbeispielen der Figuren 3 bis 7 ist gemeinsam, dass sich die Bandlücke der Barrierschichten und/oder der Quantentopfschichten zur p-Seite hin verringert, wobei die äußerste Barrierschicht an der p-Seite gegebenenfalls
5 ausgenommen sein kann und vorzugsweise eine größere Bandlücke als die unmittelbar vorangehende Barrierschicht aufweist.

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

15

Bezugszeichenliste

	1	Trägersubstrat
	2	Verbindungsschicht
5	3	Spiegelschicht
	4	p-Typ-Halbleiterbereich
	5	aktive Schicht
	51,52	Mehrfach-Quantentopfstruktur
	51	erste Gruppe
10	51A	erste Quantentopfschicht
	51B	erste Barrierschicht
	52	zweite Gruppe
	52A	zweite Quantentopfschicht
	52B	zweite Barrierschicht
15	6	n-Typ-Halbleiterbereich
	7	erste Kontaktschicht
	8	zweite Kontaktschicht
	9	Strahlungsausstrittsfläche
	10	Halbleiterchip
20		

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Halbleiterchip (10), umfassend:
- 5 - einen p-Typ-Halbleiterbereich (4),
 - einen n-Typ-Halbleiterbereich (6),
 - eine zwischen dem p-Typ-Halbleiterbereich (4) und dem
 n-Typ-Halbleiterbereich (6) angeordnete aktive Schicht
 (5), die als Mehrfach-Quantentopfstruktur (51, 52)
10 ausgebildet ist, wobei
- die Mehrfach-Quantentopfstruktur (51, 52) einen ersten
 Bereich (51) mit abwechselnden ersten
 Quantentopfschichten (51A) und ersten Barriereschichten
 (51B) und einen zweiten Bereich mit mindestens einer
15 zweiten Quantentopfschicht (52A) und mindestens einer
 zweiten Barriereschicht (52B) aufweist,
- die mindestens eine zweite Quantentopfschicht (52A)
 eine elektronische Bandlücke E_{QW2} aufweist, die kleiner
 als die elektronische Bandlücke E_{QW1} der ersten
20 Quantentopfschichten (51A) ist,
- die mindestens eine zweite Barriereschicht (52B) eine
 elektronische Bandlücke E_{B2} aufweist, die größer als
 die elektronische Bandlücke E_{B1} der ersten
 Barriereschichten (51B) ist, und
- 25 - der zweite Bereich (52) näher an dem p-Typ-
 Halbleiterbereich (4) als der erste Bereich (51)
 angeordnet ist.
2. Optoelektronischer Halbleiterchip nach Anspruch 1,
30 wobei für die elektronischen Bandlücken der ersten
 Quantentopfschichten (51A) und der mindestens einen
 zweiten Quantentopfschicht (52A) gilt:

$$E_{QW1} - E_{QW2} \geq 0,025 \text{ eV.}$$

3. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
5 wobei die für die elektronischen Bandlücken der ersten
Barriereschichten (51B) und der mindestens einen zweiten
Barriereschicht (52B) gilt: $E_{B2} - E_{B1} \geq 0,075 \text{ eV}$.
4. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
10 vorhergehenden Ansprüche,
wobei die ersten Quantentopfschichten (51A) und die
mindestens eine zweite Quantentopfschicht (52A) jeweils
 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ oder $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ mit $0 \leq x \leq 1$,
 $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweisen.
15
5. Optoelektronischer Halbleiterchip nach Anspruch 4,
wobei der Aluminiumgehalt y der ersten
Quantentopfschichten (51A) größer ist als der
Aluminiumgehalt y der mindestens einen zweiten
20 Quantentopfschicht (52A).
6. Optoelektronischer Halbleiterchip nach Anspruch 4 oder
5,
wobei der Indiumgehalt x der ersten Quantentopfschichten
25 (51A) kleiner ist als der Indiumgehalt x der mindestens
einen zweiten Quantentopfschicht (52A).
7. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
30 wobei die ersten Barriereschichten (51B) und die
mindestens eine zweite Barriereschicht (52B) jeweils
 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ oder $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ mit $0 \leq x \leq$

1, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweisen.

8. Optoelektronischer Halbleiterchip nach Anspruch 7,
wobei der Aluminiumgehalt y der ersten Barriereschichten
5 (51B) kleiner ist als der Aluminiumgehalt y der
mindestens einen zweiten Barriereschicht (52B).
9. Optoelektronischer Halbleiterchip nach Anspruch 7 oder
8,
10 wobei der Indiumgehalt x der ersten Barriereschichten
(51B) größer ist als der Indiumgehalt x der mindestens
einen zweiten Barriereschicht (52B).
10. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
15 vorhergehenden Ansprüche,
wobei der erste Bereich (51) mindestens 20 Schichtpaare
aus ersten Quantentopfschichten (51A) und ersten
Barriereschichten (51B) umfasst.
- 20 11. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
wobei der zweite Bereich (52) mindestens 3 Schichtpaare
aus zweiten Quantentopfschichten (52A) und zweiten
Barriereschichten (52B) umfasst.
- 25 12. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
wobei der erste Bereich (51A) mindestens fünfmal mehr
Schichtpaare als der zweite Bereich (52A) aufweist.
- 30 13. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
wobei der erste Bereich (51) mindestens zehnmal mehr

Schichtpaare als der zweite Bereich (52) aufweist.

14. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
5 wobei sich die dominante Wellenlänge der von der aktiven
Schicht (5) emittierten Strahlung bei einer
Temperaturänderung von $T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $T_2 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ um
weniger als $\pm 4 \text{ nm}$ ändert.
- 10 15. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der
vorhergehenden Ansprüche,
wobei sich die dominante Wellenlänge der von der aktiven
Schicht (5) emittierten Strahlung bei einer
Temperaturänderung von $T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ auf $T_2 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ nicht
15 ändert.

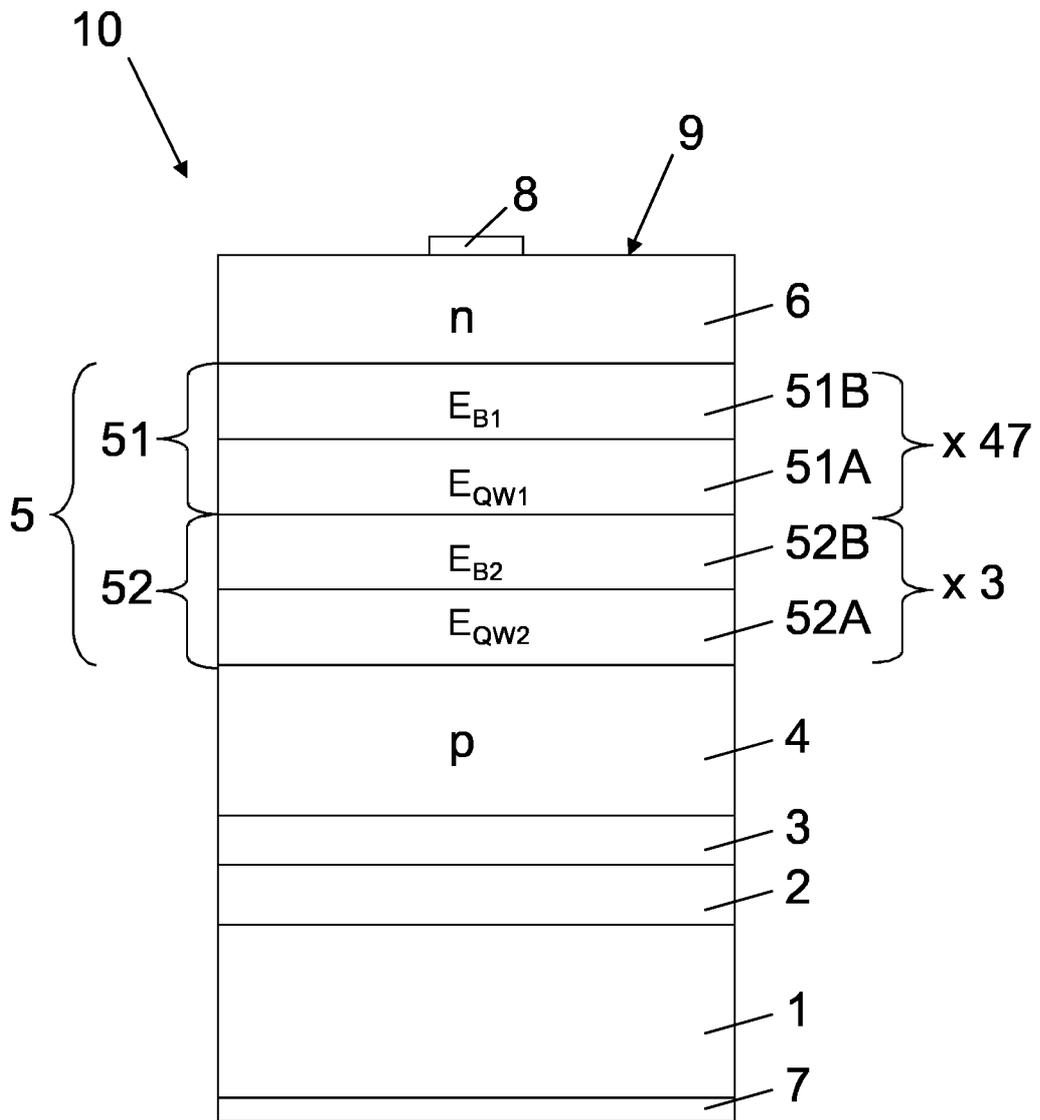


Fig. 1

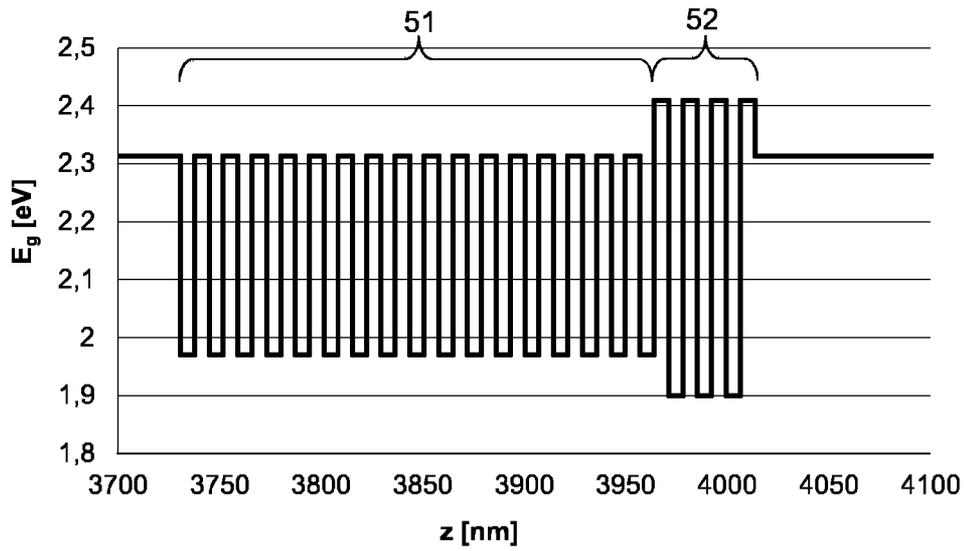


Fig. 2

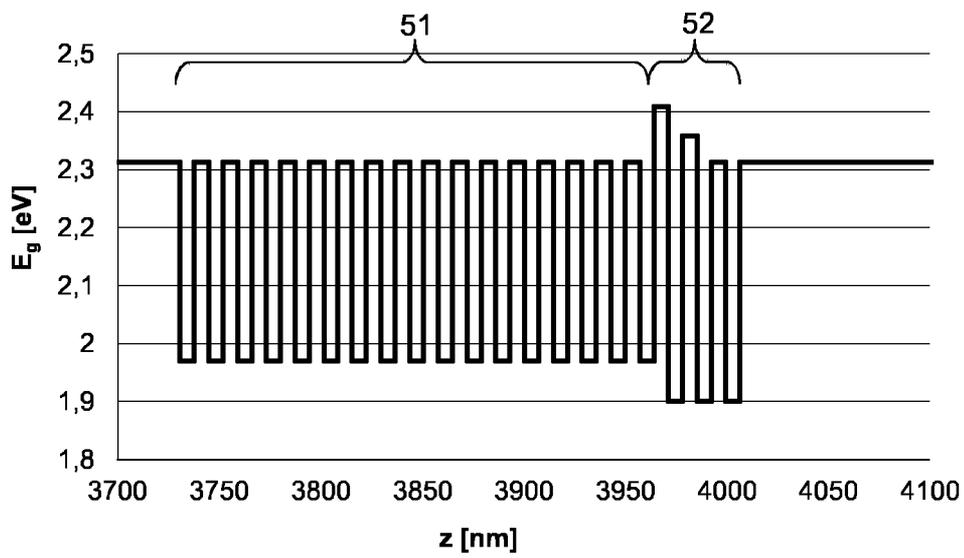


Fig. 3

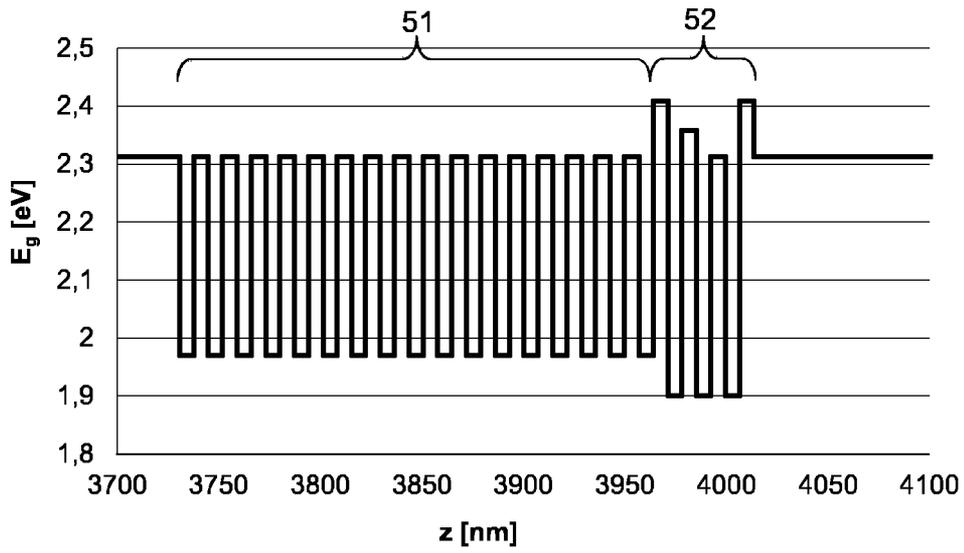


Fig. 4

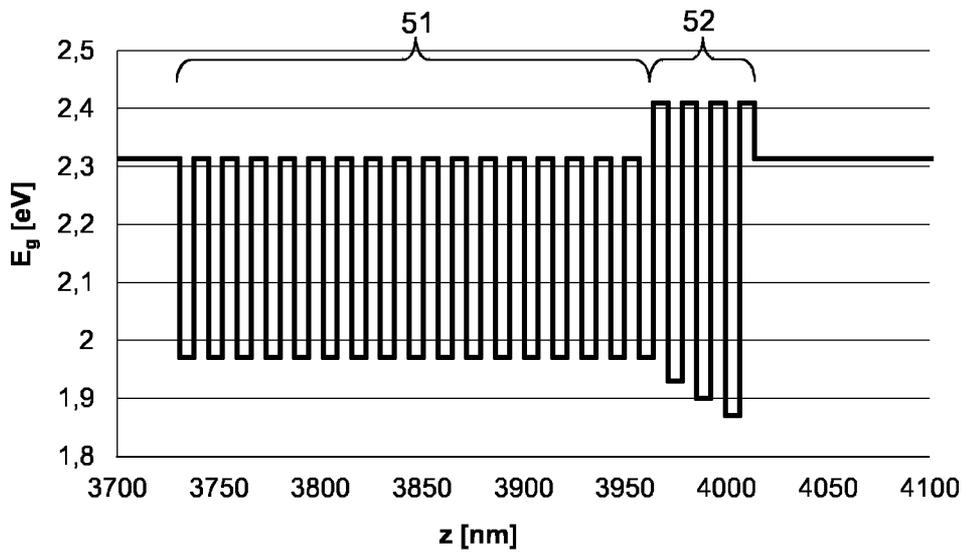


Fig. 5

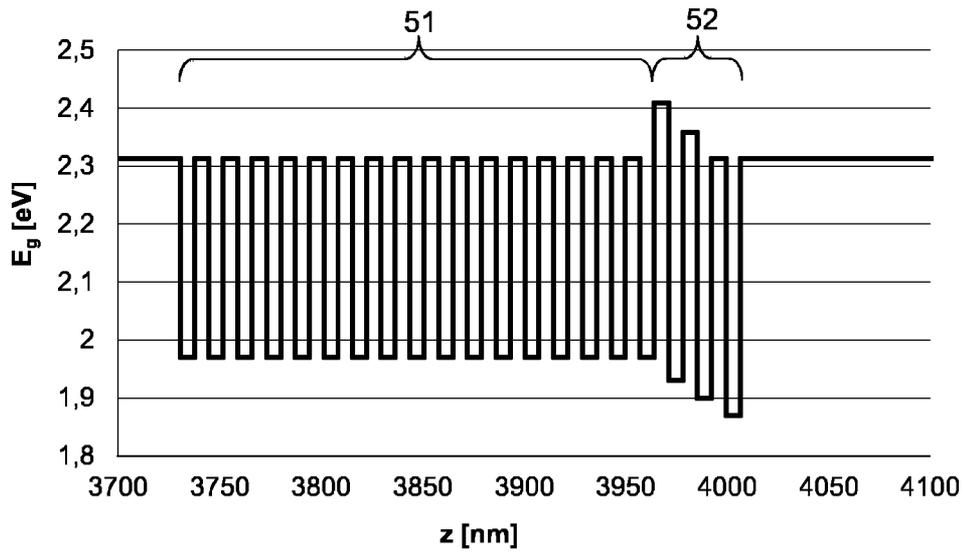


Fig. 6

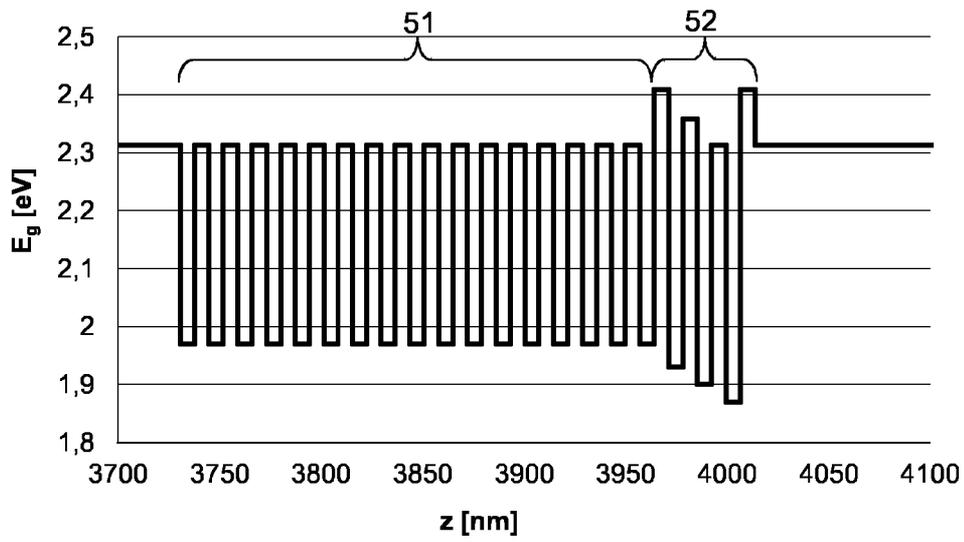


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/077661

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01L33/06 H01L33/08
 ADD.
 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.
A	EP 2 405 494 A2 (LG INNOTEK CO LTD [KR]) 11 January 2012 (2012-01-11) abstract; figure 6 paragraph [0115]	1-15
A	US 2007/090339 A1 (LEE DONG Y [KR] ET AL) 26 April 2007 (2007-04-26) abstract; figure 3	1-15
A	US 2006/086932 A1 (KIM SUN W [KR] ET AL) 27 April 2006 (2006-04-27) abstract; figure 3	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 21 January 2016	Date of mailing of the international search report 19/02/2016
---	---

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 Heising, Stephan
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/077661

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 2405494	A2	11-01-2012	CN 102315344 A
			EP 2405494 A2
			JP 2012019218 A
			TW 201208113 A
			US 2012007040 A1
			US 2013228746 A1

US 2007090339	A1	26-04-2007	JP 4875455 B2
			JP 2007123878 A
			US 2007090339 A1

US 2006086932	A1	27-04-2006	JP 4163192 B2
			JP 2006128607 A
			KR 20060036713 A
			US 2006086932 A1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/077661

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L33/06 H01L33/08
 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.
A	EP 2 405 494 A2 (LG INNOTEK CO LTD [KR]) 11. Januar 2012 (2012-01-11) Zusammenfassung; Abbildung 6 Absatz [0115]	1-15
A	US 2007/090339 A1 (LEE DONG Y [KR] ET AL) 26. April 2007 (2007-04-26) Zusammenfassung; Abbildung 3	1-15
A	US 2006/086932 A1 (KIM SUN W [KR] ET AL) 27. April 2006 (2006-04-27) Zusammenfassung; Abbildung 3	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
21. Januar 2016	19/02/2016
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 Heising, Stephan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/077661

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 2405494	A2	11-01-2012	CN 102315344 A	11-01-2012
			EP 2405494 A2	11-01-2012
			JP 2012019218 A	26-01-2012
			TW 201208113 A	16-02-2012
			US 2012007040 A1	12-01-2012
			US 2013228746 A1	05-09-2013

US 2007090339	A1	26-04-2007	JP 4875455 B2	15-02-2012
			JP 2007123878 A	17-05-2007
			US 2007090339 A1	26-04-2007

US 2006086932	A1	27-04-2006	JP 4163192 B2	08-10-2008
			JP 2006128607 A	18-05-2006
			KR 20060036713 A	02-05-2006
			US 2006086932 A1	27-04-2006
