

(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
27. Januar 2011 (27.01.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/009923 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01S 5/34 (2006.01) H01L 33/06 (2010.01)
H01S 5/347 (2006.01) H01L 33/32 (2010.01)
H01S 5/343 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/060658

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juli 2010 (22.07.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 034 588.4 24. Juli 2009 (24.07.2009) DE
10 2009 040 438.4
7. September 2009 (07.09.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PETER, Matthias** [DE/DE]; Thalmassinger Strasse 18 a, 93087 Alteglofsheim (DE). **BUTENDEICH, Rainer** [DE/DE]; St.-Joseph-Strasse 11, 93059 Regensburg (DE). **TAKI, Tetsu-**

ya [JP/DE]; Siebenkeesstrasse 3, 93049 Regensburg (DE). **OFF, Jürgen** [DE/DE]; Lieblstrasse 47, 93059 Regensburg (DE). **WALTER, Alexander** [DE/DE]; Weinbergweg 9, 93164 Laaber (DE). **MEYER, Tobias** [DE/DE]; Grönsdorfer Weg 25, 93346 Ihrlerstein (DE).

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55, 80339 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR BODY WITH A QUANTUM WELL STRUCTURE

(54) Bezeichnung : OPTOELEKTRONISCHER HALBLEITERKÖRPER MIT EINER QUANTENTOPFSTRUKTUR

FIG 1A

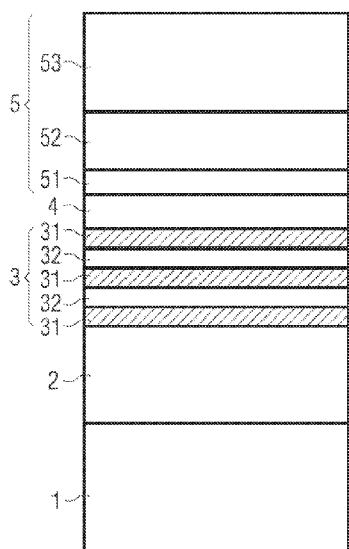
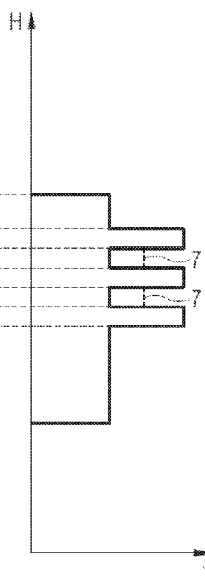


FIG 1B



(57) Abstract: The invention specifies an optoelectronic semiconductor body which contains a semiconductor material which is composed of a first component and a second component, which is different from the first component. The semiconductor body has a quantum well structure, which is arranged between an n-conducting layer (1) and a p-conducting layer (5). The quantum well structure comprises the following elements: an individual quantum well layer (31) or a layer stack (3), which comprises a plurality of quantum well layers (31) and at least one barrier layer (32), wherein a barrier layer (32) is arranged between two respective successive quantum well layers (31) and adjoins the two quantum well layers (31); an n-side terminating layer (2), which adjoins the n-conducting layer (1) and the individual quantum well layer (31) or the layer stack (3); and a p-side terminating layer (4), which is arranged between the p-conducting layer (5) and the individual quantum well layer (31) or the layer stack (3) and adjoins the layer stack (3) or the individual quantum well layer (31).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Es wird ein optoelektronischer Halbleiterkörper angegeben, der ein Halbleitermaterial enthält, das aus einer ersten Komponente und einer von der ersten Komponente verschiedenen zweiten Komponente zusammengesetzt ist. Der Halbleiterkörper weist eine Quantentopfstruktur auf, die zwischen einer n-leitenden Schicht (1) und einer p-leitenden Schicht (5) angeordnet ist. Die Quantentopfstruktur besteht aus folgenden Elementen: einer einzelnen Quantentopfschicht (31) oder einem Schichtstapel (3), der aus einer Mehrzahl von Quantentopfschichten (31) und mindestens einer Barrierschicht (32) besteht, wobei zwischen jeweils zwei aufeinander folgenden Quantentopfschichten (31) eine Barrierschicht (32) angeordnet ist, die an beide Quantentopfschichten (31) angrenzt; einer n-seitigen Abschlussschicht (2), die an die n-leitende Schicht (1) und an die einzelne Quantentopfschicht (31) bzw. den Schichtstapel (3) angrenzt; und einer p-seitigen Abschlussschicht (4), die zwischen der p-leitenden Schicht (5) und der einzelnen Quantentopfschicht (31) bzw. dem Schichtstapel (3) angeordnet ist und an den Schichtstapel (3) bzw. die einzelne Quantentopfschicht (31) angrenzt.

Beschreibung

Optoelektronischer Halbleiterkörper mit einer Quantentopfstruktur

Die vorliegende Anmeldung betrifft einen optoelektronischen Halbleiterkörper mit einer Quantentopfstruktur.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Anmeldung, einen optoelektronischen Halbleiterkörper anzugeben, der eine besonders geringe Vorwärtsspannung hat.

Diese Aufgabe wird durch einen optoelektronischen Halbleiterkörper gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Halbleiterkörpers sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Offenbarungsgehalt der Patentansprüche wird hiermit ausdrücklich durch Rückbezug in die Beschreibung mit aufgenommen.

Es wird ein optoelektronischer Halbleiterkörper angegeben. Beispielsweise handelt es sich bei dem optoelektronischen Halbleiterkörper um eine Leuchtdiode oder um eine Laserdiode. Der Halbleiterkörper weist eine n-leitende Schicht und eine p-leitende Schicht auf, zwischen denen eine Quantentopfstruktur angeordnet ist. Die Quantentopfstruktur ist zweckmäßigerweise zur Strahlungserzeugung und/oder zum Empfang von elektromagnetischer Strahlung vorgesehen, insbesondere im ultravioletten, sichtbaren und/oder infraroten Spektralbereich.

Bei der Quantentopfstruktur kann es sich um eine Einfachquantentopfstruktur oder um eine Mehrfachquantentopfstruktur

handeln. Die Einfachquantentopfstruktur besteht insbesondere aus folgenden Elementen: einer einzelnen Quantentopfschicht, einer n-seitigen Abschlussschicht und einer p-seitigen Abschlussschicht. Die Mehrfachquantentopfstruktur besteht insbesondere aus folgenden Elementen: einem Schichtstapel, der aus einer Mehrzahl von Quantentopfschichten und mindestens einer Barriereschicht besteht, einer n-seitigen Abschlussschicht und einer p-seitigen Abschlussschicht.

Bei dem Schichtstapel ist zwischen jeweils zwei aufeinander folgenden Quantentopfschichten eine Barriereschicht angeordnet, die an beide Quantentopfschichten angrenzt. Anders ausgedrückt stellt der Schichtstapel eine alternierende Folge von Quantentopfschichten und Barriereschichten dar, wobei der Stapel auf beiden Seiten von einer Quantentopfschicht abgeschlossen ist. Der Schichtstapel enthält somit n-Quantentopfschichten und n-1 Barriereschichten, wobei n eine natürliche Zahl größer oder gleich 2 ist. Bei einer Weiterbildung ist die Anzahl n der Quantentopfschichten kleiner oder gleich 10.

Die jeweiligen Barriereschichten haben insbesondere eine einheitliche Materialzusammensetzung. Anders ausgedrückt bleibt die Materialzusammensetzung der jeweiligen Barriereschichten im Verlauf von einer der angrenzenden Quantentopfschichten zur anderen angrenzenden Quantentopfschicht insbesondere unverändert. Eine Barriereschicht mit einheitlicher Materialzusammensetzung enthält insbesondere keine Folge von Abschnitten unterschiedlicher Materialzusammensetzung.

Weist der Halbleiterkörper eine Mehrfachquantentopfstruktur auf, grenzt die n-seitige Abschlussschicht an den Schichtstapel und die n-leitende Schicht an. Die p-seitige Abschlussschicht, ist zwischen dem Schichtstapel und der p-

leitenden Schicht angeordnet und grenzt an den Schichtstapel an. Vorzugsweise grenzt die p-seitige Abschlussschicht auch an die p-leitende Schicht an.

Anders ausgedrückt ist bei einem Halbleiterkörper mit einer Mehrfachquantentopfstruktur der Schichtstapel zwischen der n-seitigen Abschlussschicht und der p-seitigen Abschlussschicht derart angeordnet, dass in Richtung von der n-Seite des Halbleiterkörpers her gesehen die n-seitige Abschlussschicht an die erste Quantentopfschicht des Schichtstapels angrenzt und die p-seitige Abschlussschicht an die letzte Quantentopfschicht des Schichtstapels angrenzt.

Weist der Halbleiterkörper eine Einfachquantentopfstruktur auf, grenzt die n-seitige Abschlussschicht die einzelne Quantentopfschicht und die n-leitende Schicht an. Die p-seitige Abschlussschicht ist zwischen der einzelnen Quantentopfschicht und der p-leitenden Schicht angeordnet und grenzt an die einzelne Quantentopfschicht an. Vorzugsweise grenzt die p-seitige Abschlussschicht auch an die p-leitende Schicht an.

Der optoelektronische Halbleiterkörper, insbesondere zumindest die Quantentopfstruktur, die n-leitende Schicht und die p-leitende Schicht, enthält ein Halbleitermaterial, das aus einer ersten Komponente und einer von der ersten Komponente verschiedenen zweiten Komponente zusammengesetzt ist. Dabei müssen nicht alle Schichten des Halbleiterkörpers die erste Komponente des Halbleitermaterials enthalten. Vorzugsweise ist die erste Komponente jedoch zumindest in der/den Quantentopfschicht(en), gegebenenfalls in der/den Barrierschicht(en), der n-seitigen Abschlussschicht und der p-seitigen Abschlussschicht enthalten. Die Zusammensetzung

der zweiten Komponente muss nicht in allen Schichten des Halbleiterkörpers gleich sein. Beispielsweise kann die zweite Komponente mehrere Elemente enthalten, deren Stoffmengenanteile an der zweiten Komponente in verschiedenen Schichten des Halbleiterkörpers unterschiedlich sind.

Das Halbleitermaterial ist beispielsweise ein hexagonales Verbindungshalbleitermaterial. Ein hexagonales Verbindungshalbleitermaterial weist eine hexagonale Gitterstruktur auf. Beispielsweise handelt es sich bei dem hexagonalen Verbindungshalbleitermaterial um eine binäre, ternäre und/oder quaternäre Verbindung von Elementen der zweiten und sechsten Hauptgruppe des Periodensystems der chemischen Elemente. Beispielsweise kann es sich um eine der folgenden Verbindungen handeln: ZnO, ZnMgO, CdS, ZnCdS, MgBeO. Alternativ kann es sich bei dem hexagonalen Verbindungshalbleitermaterial um eine binäre, ternäre und/oder quaternäre Verbindung von Elementen der dritten und fünften Hauptgruppe handeln, beispielsweise um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial. Es kann sich zum Beispiel um eine der folgenden Halbleiterstrukturen handeln: Bn, AlGa_nN, GaN, InAlGa_nN.

Dabei muss das Halbleitermaterial nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach einer der obigen Formeln aufweisen. Vielmehr kann es einen oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber beinhalten obige Formeln jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters, auch wenn diese teilweise durch geringere Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

Der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial ist in jeder der Quantentopfschichten größer als in der n-seitigen Abschlussschicht, in der p-seitigen

Abschlusssschicht und gegebenenfalls in der Barriereschicht beziehungsweise in den Barriereschichten des Schichtstapels. Auf diese Weise ist insbesondere eine Bandstruktur der Quantentopfstruktur erzielt, bei der die Quantentopfstruktur im Bereich der Quantentopfschichten eine geringere Bandlücke hat als im Bereich der n-seitigen Abschlusssschicht, der p-seitigen Abschlusssschicht und gegebenenfalls der Barriereschicht(en). Bei einer Ausgestaltung ist der Stoffmengenanteil der ersten Komponente in allen Quantentopfschichten gleich groß.

Der Stoffmengenanteil der ersten Komponente ist in der n-seitigen Abschlusssschicht größer als in der n-leitenden Schicht. In der p-seitigen Abschlusssschicht ist der Stoffmengenanteil der ersten Komponente vorzugsweise größer als in der p-leitenden Schicht.

Beispielsweise bei einem Halbleiterkörper, der ein hexagonales Verbindungshalbleitermaterial enthält - etwa bei einem auf dem III/V-Halbleitermaterialsystem InAlGa_N, also In_xAl_yGa_{1-x-y}N mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$, basierenden Halbleiterkörper - treten in der Quantentopfstruktur piezoelektrische Felder auf. Die piezoelektrischen Felder stellen energetische Barrieren für die in der Quantentopfstruktur wandernden Ladungsträger dar.

Diese Ladungsträgerbarrieren entstehen, insbesondere aufgrund der polaren Wurtzit-Kristallstruktur, wenn sich bei Änderungen des Stoffmengenanteils der ersten Komponente - d.h. in diesem Fall bei Änderung des In-Anteils - Verspannungen in dem Halbleitermaterial bilden.

Die Erfinder haben festgestellt, dass bei dem Halbleiterkörper gemäß der vorliegenden Anmeldung diese Barrieren besonders klein sind, so dass der Halbleiterkörper eine besonders geringe Vorwärtsspannung hat. Beispielsweise ist die Vorwärtsspannung gegenüber Halbleiterkörpern verringert, bei denen die n-seitige Abschlussschicht und/oder die p-seitige Abschlussschicht frei von der ersten Komponente des Halbleiterkörpers sind. Auch gegenüber einem Halbleiterkörper, bei dem beispielsweise zwischen der n-seitigen Abschlussschicht und der ersten Quantentopfschicht des Schichtstapels - beziehungsweise der einzelnen Quantentopfschicht - eine weitere Schicht angeordnet ist, welche die erste Komponente des Halbleitermaterials in einem geringeren Stoffmengenanteil enthält als die n-seitige Abschlussschicht, ist die Vorwärtsspannung mit Vorteil verringert.

Der Halbleiterkörper hat bei einer Ausgestaltung ein Emissionsmaximum bei einer Wellenlänge von größer oder gleich 440 nm, vorzugsweise von größer oder gleich 460 nm, besonders bevorzugt von größer oder gleich 480 nm hat. Beispielsweise liegt das Emissionsmaximum im grünen Spektralbereich. Bei einer Ausgestaltung ist die Wellenlänge des Emissionsmaximums kleiner oder gleich 1400 nm.

Mit zunehmender Wellenlänge des Emissionsmaximums nimmt die Bandlücke der Quantentopfschicht(en) ab, wodurch grundsätzlich auch die Vorwärtsspannung sinken sollte. Um die Bandlücke zu verkleinern wird jedoch der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in den Quantentopfschichten bzw. in der einzelnen Quantentopfschicht erhöht. Bei konventionellen Leuchtdioden aus InAlGa_N führt dies zu einer derartigen Erhöhung der Ladungsträgerbarrieren,

dass die Vorwärtsspannung nahezu unabhängig von der Emissionswellenlänge ist.

Dagegen wirkt sich die Aufteilung der Ladungsträgerbarrieren auf den Übergang zwischen der n-leitenden Schicht und der n-seitigen Abschlussschicht und den Übergang zwischen der n-seitigen Abschlussschicht und der einzelnen Quantentopfschicht bzw. der ersten Quantentopfschicht bei dem Halbleiterkörper gemäß der vorliegenden Anmeldung besonders vorteilhaft aus, wenn der Stoffmengenanteil der ersten Komponente in der/den Quantentopfschicht(en) groß ist. Die mit dem Halbleiterkörper gemäß der vorliegenden Anmeldung erzielbare Reduzierung der Vorwärtsspannung ist daher bei größeren Wellenlängen besonders ausgeprägt.

Gemäß einer anderen Ausgestaltung ist der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der Barrierschicht beziehungsweise in den Barrierschichten mindestens so groß wie in der n-seitigen Abschlussschicht. Gemäß einer Weiterbildung ist alternativ oder zusätzlich der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der Barrierschicht beziehungsweise in den Barrierschichten mindestens so groß wie in der p-seitigen Abschlussschicht.

Der Stoffmengenanteil der ersten Komponente kann in der n-seitigen Abschlussschicht und in der p-seitigen Abschlussschicht gleich groß sein. Es ist auch denkbar, dass der Stoffmengenanteil der ersten Komponente in der n-seitigen Abschlussschicht einen anderen Wert hat als in der p-seitigen Abschlussschicht. Der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der/den Barrierschicht(en) ist vorzugsweise mindestens so groß wie der größere der

Stoffmengenanteile der ersten Komponente in der n-seitigen Abschlussschicht und in der p-seitigen Abschlussschicht.

Beispielsweise hat der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der Barrierschicht beziehungsweise den Barrierschichten einen Wert, der zwischen dem Stoffmengenanteil der ersten Komponente in den Quantentopfschichten und dem größeren der Stoffmengenanteile der ersten Komponente in der n-seitigen Abschlussschicht und in der p-seitigen Abschlussschicht liegt. Bei einer anderen Ausgestaltung ist der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der n-seitigen Abschlussschicht, in der Barrierschicht beziehungsweise den Barrierschichten und in der p-seitigen Abschlussschicht gleich groß.

Im vorliegenden Zusammenhang wird unter einem "gleich großen Stoffmengenanteil" der ersten Komponente in zwei Schichten verstanden, dass sich der Stoffmengenanteil - insbesondere der über die Dicke der jeweiligen Schicht gemittelte Stoffmengenanteil - der ersten Komponente zwischen den Schichten um 5 % oder weniger unterscheidet. Anders ausgedrückt liegt der Stoffmengenanteil in der zweiten der zwei Schichten in einem Bereich zwischen dem 0,95-fachen des Stoffmengenanteils in der ersten der zwei Schichten und dem 1,05-fachen des Stoffmengenanteils in der ersten Schicht. Vorzugsweise unterscheidet sich der Stoffmengenanteil um 1 % oder weniger, besonders bevorzugt um 0,5 % oder weniger.

Vorteilhafterweise kann die Vorwärtsspannung auf diese Weise weiter verringert werden. Beispielsweise kann die Vorwärtsspannung gegenüber einem Halbleiterkörper verringert sein, bei dem die Barrierschicht(en) frei von der ersten Komponente des Halbleiterkörpers sind oder der zwischen zwei auf-

einanderfolgenden Quantentopfschichten eine Mehrzahl von Barriereschichten mit unterschiedlichem Anteil der ersten Komponente aufweist.

Gemäß einer Ausgestaltung weist die n-leitende Schicht einen p-seitigen Randbereich auf und die n-seitige Abschlussschicht weist einen n-seitigen Randbereich auf. Der p-seitige Randbereich der n-leitenden Schicht und der n-seitige Randbereich der n-seitigen Abschlussschicht grenzen aneinander an. Insbesondere haben sie eine gemeinsame Grenzfläche. Der p-seitige Randbereich der n-leitenden Schicht und der n-seitige Randbereich der n-seitigen Abschlussschicht sind beispielsweise mit einem n-Dotierstoff dotiert. Beispielsweise handelt es sich bei dem n-Dotierstoff um Silizium. Der n-Dotierstoff liegt in dem p-seitigen Randbereich der n-leitenden Schicht unter dem n-seitigen Randbereich der n-seitigen Abschlussschicht beispielsweise in einer Konzentration von größer oder gleich 5×10^{18} Atome/cm³ vor. Beispielsweise beträgt die Konzentration des n-Dotierstoffs zwischen 5×10^{18} Atome/cm³ und 5×10^{19} Atome/cm³, wobei die Grenzen eingeschlossen sind. Mittels des n-Dotierstoffs ist insbesondere die piezoelektrische Barriere, die sich zwischen der n-leitenden Schicht und der n-seitigen Abschlussschicht ausbildet, mit Vorteil reduziert, so dass die Vorwärtsspannung des Halbleiterkörpers weiter verringert ist.

Bei einer weiteren Ausgestaltung weist die n-seitige Abschlussschicht einen p-seitigen Randbereich auf, der an die einzelne Quantentopfschicht beziehungsweise an den Schichtstapel angrenzt - insbesondere eine gemeinsame Grenzfläche mit der ersten Quantentopfschicht hat - und der nominell undotiert ist. Auf diese Weise ist die Gefahr verringert, dass der n-Dotierstoff die Emissionseigenschaften

und/oder Strahlungsempfangs-Eigenschaften der Quantentopfstruktur beeinträchtigt.

Darunter, dass der Randbereich „nominell undotiert“ ist, wird im vorliegenden Zusammenhang, verstanden, dass der Randbereich undotiert oder gering n-dotiert ist. „Gering n-dotiert“ bedeutet dabei, dass die Konzentration des n-Dotierstoffs höchstens 0,1-mal so groß, vorzugsweise höchstens 0,05-mal so groß und insbesondere höchstens 0,01-mal so groß ist, wie die Konzentration des n-Dotierstoffs in einem n-dotierten Bereich, insbesondere in dem n-dotierten Randbereich der n-seitigen Abschlussschicht. Beispielsweise ist die Konzentration des n-Dotierstoffs in dem nominell undotierten Bereich kleiner oder gleich 1×10^{18} Atome/cm³, vorzugsweise kleiner oder gleich 5×10^{17} Atome/cm³, insbesondere ist sie kleiner oder gleich 1×10^{17} Atome/cm³.

Die n-seitige Abschlussschicht hat bei einer Ausgestaltung eine Schichtdicke von größer oder gleich 10 nm, beispielsweise von größer oder gleich 50 nm. Bei einer Weiterbildung hat der p-seitige Randbereich eine Schichtdicke von größer oder gleich 10 nm, vorzugsweise von größer oder gleich 50 nm. Derartige Schichtdicken sind besonders vorteilhaft für die Reduzierung der Vorwärtsspannung.

Bei einer Weiterbildung hat die n-seitige Abschlussschicht eine Schichtdicke von kleiner oder gleich 120 nm. Bei größeren Schichtdicken der n-seitigen Abschlussschicht ist die Gefahr erhöht, dass bei der Herstellung der Quantentopfstruktur keine zufriedenstellende Kristallqualität erzielt wird.

Bei einer Ausgestaltung wird die erste Komponente des Halbleitermaterials von In gebildet. Die zweite Komponente des

Halbleitermaterials wird beispielsweise von Stickstoff und mindestens einem Material der aus Al und Ga bestehenden Gruppe gebildet. Beispielsweise handelt es sich bei dem Halbleitermaterial um $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$. Die von In gebildete erste Komponente hat beispielsweise in der n-seitigen Abschlussschicht einen Anteil $x \geq 0,05$. Der Anteil x entspricht insbesondere dem Stoffmengenanteil von In oder ist zumindest proportional zu diesem.

Die n-leitende Schicht ist bei einer Ausgestaltung frei von der ersten Komponente des Halbleitermaterials. Bei einer weiteren Ausgestaltung ist die p-leitende Schicht frei von der ersten Komponente des Halbleitermaterials. Insbesondere bestehen bei diesen Ausgestaltungen die n-leitende Schicht und/oder die p-leitende Schicht aus der zweiten Komponente des Halbleitermaterials.

Bei einer weiteren Ausgestaltung steigt der Stoffmengenanteil der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in Richtung von der n-leitenden Schicht zu dem Schichtstapel - beziehungsweise, im Fall einer Einfachquantentopfstruktur, zu der einzelnen Quantentopfschicht - hin innerhalb des n-seitigen Randbereichs der n-seitigen Abschlussschicht kontinuierlich oder in mehreren Stufen an. Die Piezobarriere ist auf diese Weise besonders schwach ausgebildet, so dass die erzielbare Vorwärtsspannung besonders gering ist.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des optoelektronischen Halbleiterkörpers ergeben sich aus den folgenden, in Zusammenhang mit den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiel.

Es zeigen:

Figur 1A, einen schematischen Querschnitt durch einen optoelektronischen Halbleiterkörper gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 1B, eine schematische Darstellung des Anteils der ersten Komponente des Halbleitermaterials in dem Halbleiterkörper gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 1A,

Figur 2A, einen schematischen Querschnitt durch einen optoelektronischen Halbleiterkörper gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel, und

Figur 2B, eine schematische Darstellung des Anteils der ersten Komponente des Halbleitermaterials in dem optoelektronischen Halbleiterkörper gemäß der Figur 2B, und

Figur 3, die Vorwärtsspannung des optoelektronischen Halbleiterkörpers gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel in Abhängigkeit von der Schichtdicke der n-seitigen Abschlussschicht.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder ähnliche Elemente sowie ähnlich wirkende Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente wie zum Beispiel Schichten übertrieben groß, insbesondere übertrieben dick dargestellt sein, um die Verständlichkeit und/oder die Darstellbarkeit zu erleichtern.

Figur 1A zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen optoelektronischen Halbleiterkörper gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel.

Der optoelektronische Halbleiterkörper besteht aus dem Halbleitermaterial $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$. Er enthält eine n-leitende Schicht 1, bei der es sich vorliegend um eine mit Silizium als n-Dotierstoff dotierte GaN-Schicht handelt. Auf der der n-leitenden Schicht 1 gegenüberliegenden Seite weist der Halbleiterkörper eine p-leitende Schicht 5 auf.

Die p-leitende Schicht 5 hat bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Mehrschichtstruktur. In Richtung von der n-leitenden Schicht 1 weg weist sie zunächst eine undotierte GaN-Schicht 51 auf. An diese grenzt eine p-dotierte AlGaN-Schicht 52 an. Auf die von der n-leitenden Schicht 1 abgewandte Seite der p-dotierten AlGaN-Schicht 52 ist eine p-dotierte GaN-Schicht 53 aufgebracht. Die p-dotierte AlGaN-Schicht 52 und/oder die p-dotierte GaN-Schicht 53 sind beispielsweise mit Magnesium als p-Dotierstoff dotiert. Der Aufbau der n-leitenden Schicht 5 ist jedoch nicht auf diese Mehrschichtstruktur beschränkt.

Zwischen der n-leitenden Schicht 1 und der p-leitenden Schicht 5 ist eine Mehrfachquantentopfstruktur angeordnet. Diese besteht aus einer n-seitigen Abschlussschicht 2, einem Schichtstapel 3 und einer p-seitigen Abschlussschicht 4.

Die n-seitige Abschlussschicht 2 grenzt an der vom Schichtstapel 3 abgewandten Seite an die n-leitende Schicht 1 an. Die p-seitige Abschlussschicht 4 grenzt an der vom Schichtstapel 3 abgewandten Seite an die n-leitende Schicht 5, vorliegend an die GaN-Schicht 51, an.

Der Schichtstapel 3 besteht vorliegend aus drei Quantentopfschichten 31 und zwei Barriereschichten 32. Der Schichtstapel kann aber auch eine andere Anzahl n , d.h. $n = 2$ oder $n \geq 4$, von Quantentopfschichten 31 enthalten. Dann enthält er $n-1$ Barriereschichten 32.

In Richtung von der n -leitenden Schicht 1 zur p -leitenden Schicht 5 folgen jeweils eine Quantentopfschicht 31 und eine Barriereschicht 32 abwechselnd aufeinander. Der Schichtstapel 3 wird in Richtung zur n -leitenden Schicht 1 hin und in Richtung zur p -leitenden Schicht 5 hin jeweils von einer Quantentopfschicht 31 abgeschlossen.

Auf diese Weise ist zwischen jeweils zwei aufeinander folgenden Quantentopfschichten 31 genau eine Barriereschicht 32 angeordnet. Diese Barriereschicht 32 grenzt n -seitig, das heißt in Richtung zur n -leitenden Schicht 1 hin, an die erste der beiden aufeinander folgenden Quantentopfschichten 31 an. P -seitig, das heißt in Richtung zur p -leitenden Schicht 5 hin, grenzt diese Barriereschicht 32 an die zweite der beiden aufeinander folgenden Quantentopfschichten 31 an.

Die n -seitige Abschlussschicht 2 grenzt p -seitig an eine erste Quantentopfschicht 31 des Schichtstapels 3 an. Die p -seitige Abschlussschicht 4 grenzt n -seitig an eine letzte Quantentopfschicht 31 des Schichtstapels 3 an.

Es ist auch denkbar, dass der optoelektronische Halbleiterkörper anstelle des Schichtstapels 3 eine einzelne Quantentopfschicht 31 enthält. In diesem Fall hat die einzelne Quantentopfschicht beispielsweise eine Schichtdicke von 5 nm oder mehr, vorzugsweise von 10 nm oder mehr. Enthält

der Halbleiterkörper eine einzelne Quantentopfschicht 31, grenzen insbesondere die n-seitige Abschlussschicht 2 p-seitig und die p-seitige Abschlussschicht 4 n-seitig an die einzelne Quantentopfschicht 31 an. Der Halbleiterkörper enthält in diesem Fall insbesondere keine Barriereschichten 32 zwischen den Abschlussschichten 2, 4 und der einzelnen Quantentopfschicht 31.

Figur 1B zeigt den Anteil x der von In gebildeten ersten Komponente des Halbleitermaterials des Halbleiterkörpers in Abhängigkeit von der Position H im Halbleiterkörper. Die Position H gibt dabei insbesondere den Abstand von der n-seitigen Hauptfläche der n-leitenden Schicht 1, in Richtung von der n-leitenden Schicht 1 zur p-leitenden Schicht 5 gesehen, an. Die Figuren 1A und 1B sind bezüglich der Position H gleich skaliert, so dass jede Position auf der H -Achse in Figur 1B einer waagrechten Ebene in dem Schichtaufbau der Figur 1A in gleicher Höhe entspricht.

Der Anteil x der von In gebildeten ersten Komponente des Halbleitermaterials ist in den Quantentopfschichten 31 größer als in den Barriereschichten 32, der n-seitigen Abschlussschicht 2 und der p-seitigen Abschlussschicht 4. Die n-leitende Schicht 1 und die p-leitende Schicht 5 enthalten vorliegend - zumindest nominell - kein Indium.

Der Anteil x der von In gebildeten ersten Komponente des Halbleitermaterials ist in der n-seitigen Abschlussschicht 2, in den Barriereschichten 32 und in der p-seitigen Abschlussschicht 4 gleich hoch. Beispielsweise beträgt er $0,05 \leq x \leq 0,25$, beispielsweise $x = 0,05$.

Die Veränderung des Indium-Anteils x an der Grenzfläche zwischen n-leitender Schicht 1 und n-seitiger Abschlussschicht 2 bewirkt dort eine erste energetische Ladungsträgerbarriere aufgrund von piezoelektrischen Feldern. An der Grenzfläche zwischen der n-seitigen Abschlussschicht 2 und der ersten Quantentopfschicht 31 entsteht auf diese Weise eine zweite energetische Barriere.

Im Gegensatz zu fachüblichen optoelektronischen Halbleiterkörpern ist mittels der n-seitigen Abschlussschicht der Indium-Anteil bereits n-seitig von der ersten Quantentopfschicht 31 erhöht. Er wird zwischen der n-seitigen Abschlussschicht 32 und der ersten Quantentopfschicht auch nicht wieder abgesenkt. Somit ist zwischen der n-seitigen Abschlussschicht 2 und der ersten Quantentopfschicht 31 des Schichtstapels 3 der Sprung im Indiumanteil x bei dem vorliegenden Halbleiterkörper vergleichsweise gering.

Die gesamte von den Ladungsträgern von der n-leitenden Schicht 1 bis zur ersten Quantentopfschicht 31 hin zu überwindende Barriere ist aufgrund der räumlichen Trennung zwischen der ersten Barriere an der Grenzfläche zwischen n-leitender Schicht 1 und n-seitiger Abschlussschicht 2 sowie der zweiten Barriere an der Grenzfläche zwischen n-seitiger Abschlussschicht 2 und erster Quantentopfschicht 31 besonders gering. Analog gilt dies auch für die Ladungsträgerbarrieren an der p-Seite des Schichtstapels 3 zwischen der letzten Quantentopfschicht 31, die an die p-seitige Abschlussschicht 4 angrenzt und der Grenzfläche zwischen der p-seitigen Abschlussschicht 4 und der p-leitenden Schicht 5.

Bei einer Variante dieses Ausführungsbeispiels ist der Anteil x in den Barriereschichten 32 größer als in der n-seitigen

Abschlusssschicht 2 und als in der p-seitigen Abschlusssschicht 4. Dies ist in Figur 1B mit den gestrichelten Linien 7 angedeutet. Auf diese Weise kann eine besonders vorteilhafte, insbesondere eine besonders homogene, Ladungsträgerverteilung auf die einzelnen Quantentopfschichten 31 erzielt werden. Insbesondere können besonders kleine Piezo-Barrieren zwischen den einzelnen Quantentopfschichten 31 erzielt werden.

Die Erfinder haben festgestellt, dass die erzielbare Vorwärtsspannung besonders klein ist, wenn der Indium-Anteil x in den Barriereschichten 32 mindestens so groß ist wie in der n-seitigen Abschlusssschicht 2 und in der p-leitenden Abschlusssschicht 4, beispielsweise wenn der Indium-Anteil x in der n-seitigen Abschlusssschicht 2, in der p-leitenden Abschlusssschicht 4 und in den Barriereschichten 32 gleich groß ist. Zusätzliche Barriereschichten zwischen aufeinander folgenden Quantentopfschichten 31, die beispielsweise einen geringeren Indium-Gehalt oder kein Indium aufweisen, würden die Vorwärtsspannung des Halbleiterkörpers nachteilig erhöhen.

Die Erfinder haben festgestellt, dass die Vorwärtsspannung U_f mit zunehmender Dicke d der n-seitigen Abschlusssschicht 2 abnimmt. Dies ist für einen optoelektronischen Halbleiterkörper, der elektromagnetische Strahlung mit einem Emissionsmaximum bei einer Wellenlänge von 480 nm emittiert, in Figur 3 exemplarisch dargestellt.

Die Vorwärtsspannung U_f nimmt von 2,88 V bei einer Schichtdicke d der n-seitigen Abschlusssschicht 2 von 20 nm bis zu einer Vorwärtsspannung U_f von 2,80 V bei einer Schichtdicke d von etwa 115 nm ab. Konventionelle InAlGaN-Halbleiterkörper

mit der gleichen Wellenlänge des Emissionsmaximums haben eine Vorwärtsspannung von etwa 3,0 V bis 3,3 V.

Die Schichtdicke d ist vorzugsweise kleiner oder gleich 120 nm, vorzugsweise kleiner oder gleich 100 nm. Die Erfinder haben festgestellt, dass bei größeren Schichtdicken d der n-seitigen Abschlussschicht 2 die Gefahr steigt, dass die Kristallqualität der Mehrfachquantentopfstruktur beeinträchtigt ist.

Die Figuren 2A und 2B zeigen einen schematischen Querschnitt durch einen optoelektronischen Halbleiterkörper gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel und den Indium-Anteil x in Abhängigkeit von der Position H im Halbleiterkörper, analog zur Darstellung des ersten Ausführungsbeispiels in den Figuren 1A und 1B.

Der Halbleiterkörper gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel unterscheidet sich dadurch vom Halbleiterkörper des ersten Ausführungsbeispiels, dass die n-seitige Abschlussschicht 2 einen n-seitigen Randbereich 22 aufweist, der mit einem n-Dotierstoff wie Silizium dotiert ist und einen p-seitigen Randbereich 21 aufweist, der nominell undotiert ist.

Der nominell undotierte p-seitige Randbereich 21 grenzt an die erste Quantentopfschicht 31 des Schichtstapels 3 an. Der n-seitige Randbereich 22 ist auf der von dem Schichtstapel 3 abgewandten Seite der n-seitigen Abschlussschicht 2 angeordnet und grenzt an einen p-seitigen Randbereich 11 der n-leitenden Schicht 1 an.

Der p-seitige Randbereich 11 der n-leitenden Schicht 2 ist ebenfalls mit dem n-Dotierstoff, zum Beispiel Silizium, n-do-

tiert. Vorliegend ist - wie beim ersten Ausführungsbeispiel - die gesamte n-leitende Schicht 1 mit Silizium als n-Dotierstoff dotiert.

In dem p-seitigen Randbereich 11 der n-leitenden Schicht 1 und dem n-seitigen Randbereich 22 der n-seitigen Abschlussschicht 2 liegt der n-Dotierstoff in einer Konzentration zwischen 5×10^{18} Atome/cm³ und 5×10^{19} Atome/cm³ vor, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

Die Erfinder haben festgestellt, dass mittels einer n-Dotierung des n-seitigen Randbereichs 22 der n-seitigen Abschlussschicht 2 die energetische Ladungsträgerbarriere an der Grenzfläche zwischen der n-leitenden Schicht 1 und der n-seitigen Abschlussschicht 2, das heißt vorliegend an der Grenzfläche zwischen dem p-seitigen Randbereich 11 der n-leitenden Schicht 1 und dem n-seitigen Randbereich 22 der n-seitigen Abschlussschicht 2 mit Vorteil weiter verringert werden kann. Zum Beispiel bei einem optoelektronischen Halbleiterkörper, bei dem die n-seitige Abschlussschicht 2 eine Schichtdicke von $d = 20$ nm hat, und der ein Emissionsmaximum bei einer Wellenlänge von 480 nm hat - entsprechend einer Energielücke von 2,58 Elektronenvolt - kann gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel die Vorwärtsspannung U_f von 2,88 V auf beispielsweise 2,83 V verringert werden.

Bei einer Variante dieses Ausführungsbeispiels steigt innerhalb des n-dotierten, n-seitigen Randbereichs 22 der n-seitigen Abschlussschicht 2 der Indium-Anteil x in Richtung von der n-leitenden Schicht 1 zum Schichtstapel 3 hin kontinuierlich an, wie in Figur 2B durch die gepunktete Linie 6 angedeutet. Auf diese Weise kann die energetische Ladungsträgerbarriere weiter verringert werden.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102009034588.4 und 102009040438.4, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

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

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Halbleiterkörper, der ein Halbleitermaterial enthält, das aus einer ersten Komponente und einer von der ersten Komponente verschiedenen zweiten Komponente zusammengesetzt ist, und der eine zwischen einer n-leitenden Schicht (1) und einer p-leitenden Schicht (5) angeordnete Mehrfachquantentopfstruktur aufweist, die Mehrfachquantentopfstruktur bestehend aus
 - einem Schichtstapel (3), der aus einer Mehrzahl von Quantentopfschichten (31) und mindestens einer Barrierschicht (32) besteht, wobei zwischen jeweils zwei aufeinander folgenden Quantentopfschichten (31) eine Barrierschicht (32) angeordnet ist, die an beide Quantentopfschichten (31) angrenzt;
 - einer n-seitigen Abschlussschicht (2), die an den Schichtstapel (3) und die n-leitende Schicht (1) angrenzt; und
 - einer p-seitigen Abschlussschicht (4), die zwischen dem Schichtstapel (3) und der p-leitenden Schicht (5) angeordnet ist und an den Schichtstapel (3) angrenzt, wobei der Stoffmengenanteil (x) der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial
 - in jeder der Quantentopfschichten (31) größer ist als in der n-seitigen Abschlussschicht (2), in der mindestens eine Barrierschicht (32) und in der p-seitigen Abschlussschicht (4); und
 - in der n-seitigen Abschlussschicht (2) größer ist als in der n-leitenden Schicht (1) und in der p-seitigen Abschlussschicht (4) größer ist als in der p-leitenden Schicht (5).

2. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach Anspruch 1, wobei die n-leitende Schicht (1) einen p-seitigen Randbereich (11) aufweist, der an einen n-seitigen Randbereich (22) der n-seitigen Abschlussschicht (2) angrenzt, und der p-seitige Randbereich (11) der n-leitenden Schicht (1) und der n-seitige Randbereich (22) der n-seitigen Abschlussschicht (2) mit einem n-Dotierstoff dotiert sind, und die n-seitige Abschlussschicht (2) einen p-seitigen Randbereich (21) aufweist, der an den Schichtstapel (3) insbesondere direkt angrenzt und der nominell undotiert ist.
3. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Stoffmengenanteil (x) der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der mindestens einen Barriereschicht (32) mindestens so groß ist wie in der n-seitigen Abschlussschicht (2).
4. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Stoffmengenanteil (x) der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der mindestens einen Barriereschicht (32) mindestens so groß ist wie in der p-seitigen Abschlussschicht (4).
5. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Stoffmengenanteil (x) der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial in der n-seitigen Abschlussschicht (2), in der mindestens eine Barriereschicht (32) und in der p-seitigen Abschlussschicht (4) gleich groß ist.

6. Optoelektronischer Halbleiterkörper, der ein Halbleitermaterial enthält, das aus einer ersten Komponente und einer von der ersten Komponente verschiedenen zweiten Komponente zusammengesetzt ist, und der eine zwischen einer n-leitenden Schicht (1) und einer p-leitenden Schicht (5) angeordnete Einfachquantentopfstruktur aufweist, die Einfachquantentopfstruktur bestehend aus
- einer einzelnen Quantentopfschicht (31);
 - einer n-seitigen Abschlussschicht (2), die an die Quantentopfschicht (31) und die n-leitende Schicht (1) angrenzt; und
 - einer p-seitigen Abschlussschicht (4), die zwischen der Quantentopfschicht (3) und der p-leitenden Schicht (4) angeordnet ist und an die Quantentopfschicht (31) angrenzt,
- wobei der Stoffmengenanteil (x) der ersten Komponente an dem Halbleitermaterial
- der Quantentopfschicht (31) größer ist als in der n-seitigen Abschlussschicht (2) und in der p-seitigen Abschlussschicht (4); und
 - in der n-seitigen Abschlussschicht (2) größer ist als in der n-leitenden Schicht (1) und in der p-seitigen Abschlussschicht (4) größer ist als in der p-leitenden Schicht (5).
7. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die n-leitende Schicht (1) einen p-seitigen Randbereich (11) aufweist, der an einen n-seitigen Randbereich (22) der n-seitigen Abschlussschicht (2) angrenzt, und der p-seitige Randbereich (11) der n-leitenden Schicht (1) und der n-seitige Randbereich (22) der n-seitigen Abschlussschicht (2) mit einem n-Dotierstoff dotiert sind.

8. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die n-seitige Abschlusschicht (2) einen p-seitigen Randbereich (21) aufweist, der an den Schichtstapel (3) beziehungsweise an die einzelne Quantentopfschicht (31) insbesondere direkt angrenzt und der nominell undotiert ist.
9. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die n-seitige Abschlusschicht (2) eine Schichtdicke (d) von größer oder gleich 10 nm, insbesondere von größer oder gleich 50 nm hat.
10. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach Anspruch 7, wobei der p-seitige Randbereich (21) der n-seitigen Abschlusschicht (2) eine Schichtdicke von größer oder gleich 10 nm hat.
11. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Komponente des Halbleitermaterials von In gebildet wird und die zweite Komponente des Halbleitermaterials Stickstoff und mindestens ein Material der Gruppe, die aus Al und Ga besteht, enthält.
12. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach Anspruch 11, wobei das Halbleitermaterial $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ist, mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$, und die von In gebildete erste Komponente in der n-seitigen Abschlusschicht einen Anteil $x \geq 0,05$ hat.
13. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die n-leitende Schicht (1)

frei von der ersten Komponente des Halbleitermaterials ist.

14. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach Anspruch 2 oder Anspruch 7 oder einem der Ansprüche 8 bis 13 unter Rückbezug auf Anspruch 7, wobei der n-Dotierstoff in dem p-seitigen Randbereich (11) der n-leitenden Schicht (1) und in dem n-seitigen Randbereich (22) der n-seitigen Abschlussschicht (2) in einer Konzentration von größer oder gleich 5×10^{18} Atome/cm³ vorliegt.
15. Optoelektronischer Halbleiterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Stoffmengenanteil (x) der ersten Komponente innerhalb der n-seitigen Abschlussschicht (2), insbesondere innerhalb des n-seitigen Randbereichs (22) der n-seitigen Abschlussschicht (2), in Richtung von der n-leitenden Schicht (1) weg kontinuierlich oder in mehreren Stufen ansteigt.

FIG 1A

FIG 1B

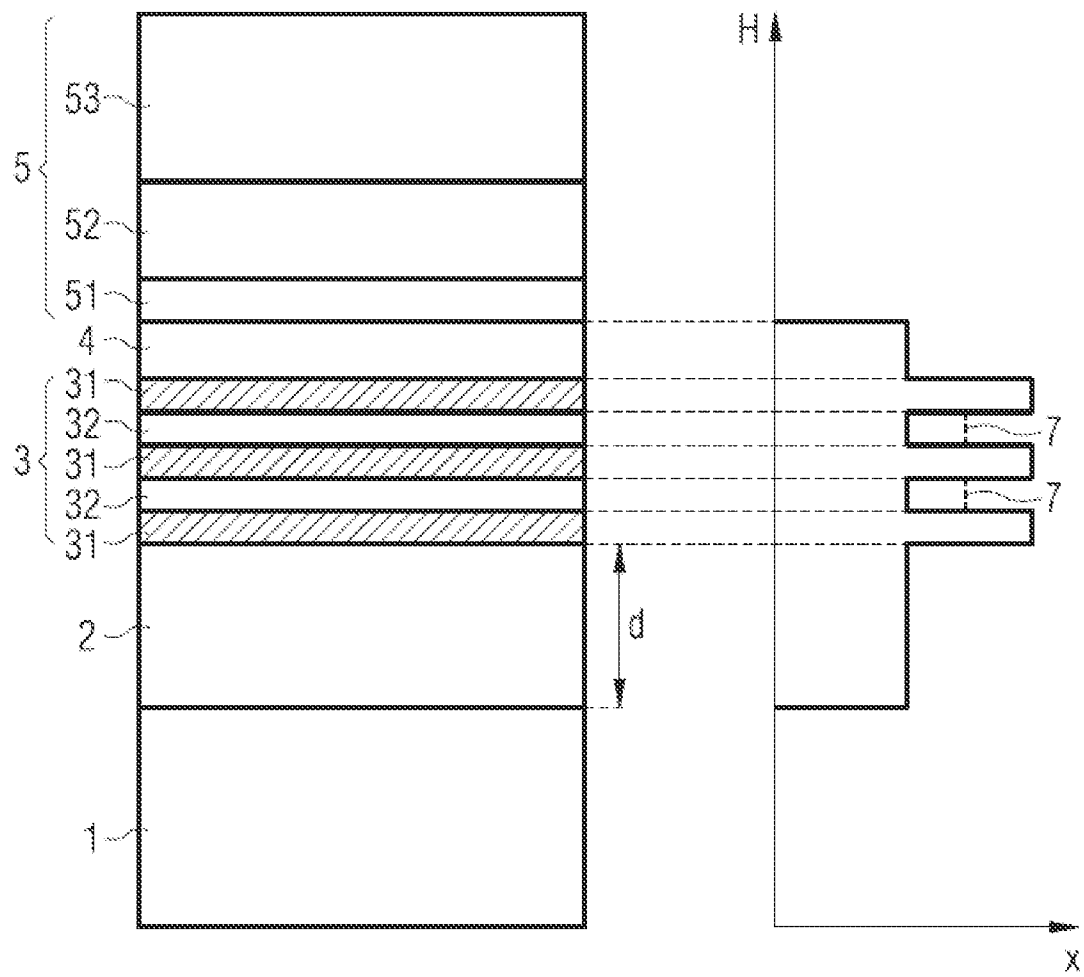


FIG 2A

FIG 2B

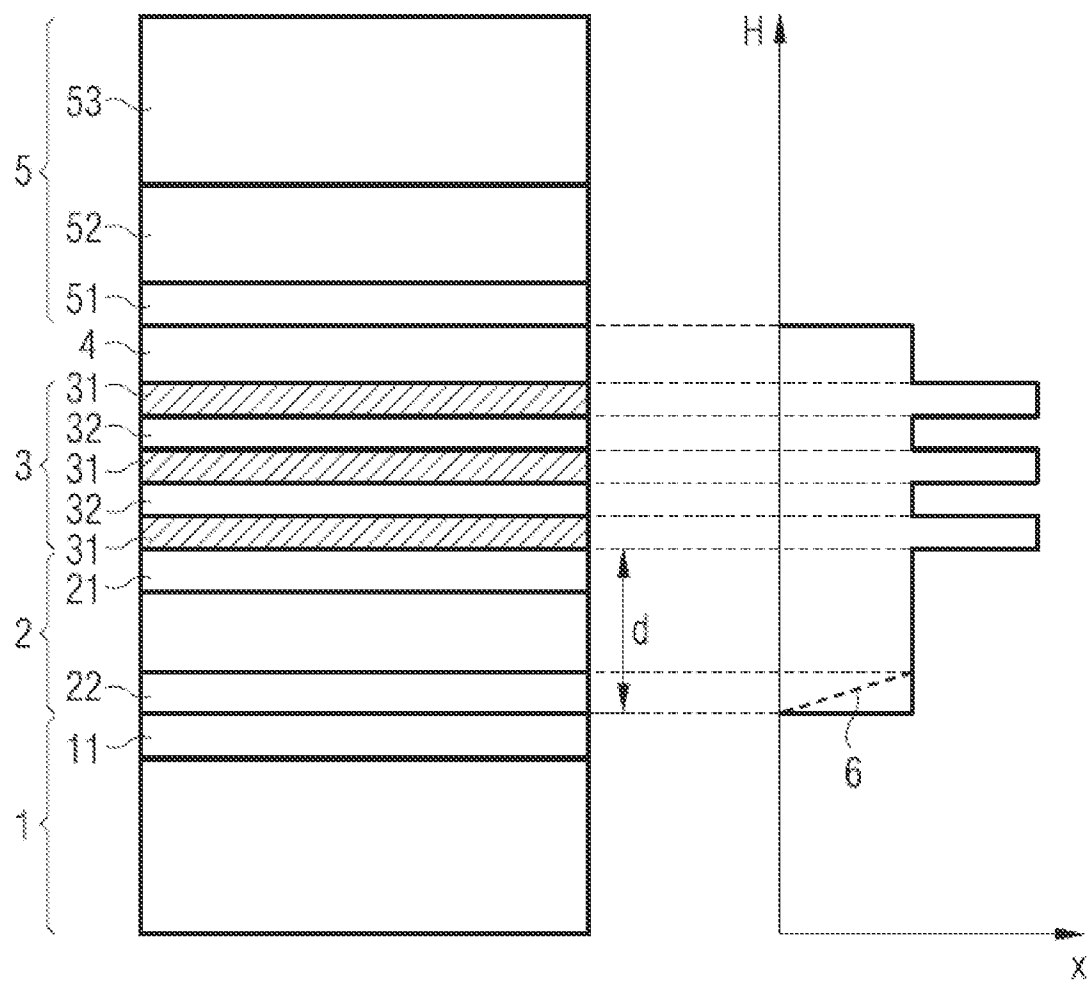
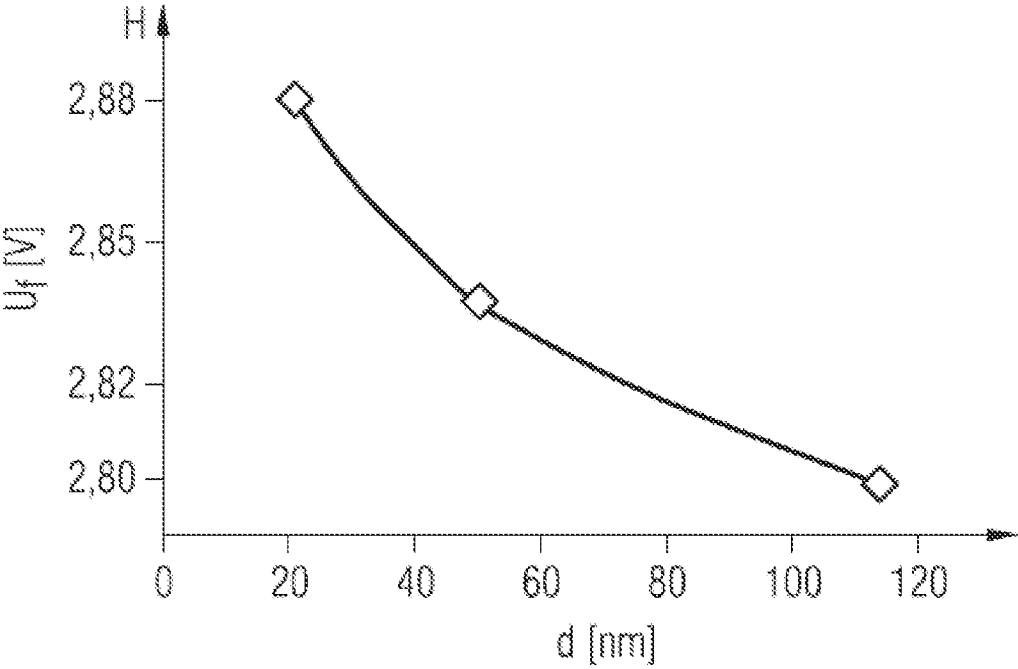


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/060658

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01S5/34 H01S5/347 H01S5/343 H01L33/06 H01L33/32
H01L33/00

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)
H01S 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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/057337 A1 (KANO TAKASHI [JP] ET AL) 15 March 2007 (2007-03-15) paragraph [0088] - paragraph [0092]; figure 8	1,3,4,9, 11,12,15
X	US 6 319 742 B1 (HAYASHI NOBUHIKO [JP] ET AL) 20 November 2001 (2001-11-20) column 10, lines 35-43; figures 1,7	1,5,11, 13,15
X	US 2006/081831 A1 (LEE SUK H [KR] LEE SUK HUN [KR]) 20 April 2006 (2006-04-20) paragraphs [0022] - [0033]; figure 1	6,11-13, 15
A	US 5 496 767 A (YOSHIDA ICHIRO [JP]) 5 March 1996 (1996-03-05) figures 1,2a,2b	6-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document 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 October 2010

Date of mailing of the international search report

02/11/2010

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

Cortona, Anna

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/060658

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007057337 A1	15-03-2007	JP 2007080896 A US 2009174035 A1	29-03-2007 09-07-2009
US 6319742 B1	20-11-2001	US 2009114941 A1 US 2010252913 A1	07-05-2009 07-10-2010
US 2006081831 A1	20-04-2006	CN 1698212 A CN 101179106 A EP 1636858 A1 JP 2006510234 T JP 2008182284 A WO 2004114421 A1 KR 20050000846 A US 2005236631 A1	16-11-2005 14-05-2008 22-03-2006 23-03-2006 07-08-2008 29-12-2004 06-01-2005 27-10-2005
US 5496767 A	05-03-1996	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/060658

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01S5/34 H01S5/347 H01S5/343 H01L33/06 H01L33/32
H01L33/00

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01S 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/057337 A1 (KANO TAKASHI [JP] ET AL) 15. März 2007 (2007-03-15) Absatz [0088] - Absatz [0092]; Abbildung 8 -----	1,3,4,9, 11,12,15
X	US 6 319 742 B1 (HAYASHI NOBUHIKO [JP] ET AL) 20. November 2001 (2001-11-20) Spalte 10, Zeilen 35-43; Abbildungen 1,7 -----	1,5,11, 13,15
X	US 2006/081831 A1 (LEE SUK H [KR] LEE SUK HUN [KR]) 20. April 2006 (2006-04-20) Absätze [0022] - [0033]; Abbildung 1 -----	6,11-13, 15
A	US 5 496 767 A (YOSHIDA ICHIRO [JP]) 5. März 1996 (1996-03-05) Abbildungen 1,2a,2b -----	6-15

☐ 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" älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Oktober 2010

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/11/2010

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

Cortona, Anna

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/060658

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2007057337	A1	15-03-2007	JP	2007080896 A	29-03-2007
			US	2009174035 A1	09-07-2009
US 6319742	B1	20-11-2001	US	2009114941 A1	07-05-2009
			US	2010252913 A1	07-10-2010
US 2006081831	A1	20-04-2006	CN	1698212 A	16-11-2005
			CN	101179106 A	14-05-2008
			EP	1636858 A1	22-03-2006
			JP	2006510234 T	23-03-2006
			JP	2008182284 A	07-08-2008
			WO	2004114421 A1	29-12-2004
			KR	20050000846 A	06-01-2005
			US	2005236631 A1	27-10-2005
US 5496767	A	05-03-1996	KEINE		