

(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
07. September 2018 (07.09.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/158302 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 33/14 (2010.01) *H01L 33/12* (2010.01)
H01L 33/32 (2010.01) *H01L 29/20* (2006.01)
H01L 31/0304 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/054906

(22) Internationales Anmeldedatum:

28. Februar 2018 (28.02.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2017 104 370.5

02. März 2017 (02.03.2017) DE

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

(72) Erfinder: **HERTKORN, Joachim**; Osserstr. 46, 93086
Wörth an der Donau (DE). **EICHFELDER, Marcus**;
Talbreitenweg 2A, 93055 Regensburg (DE).

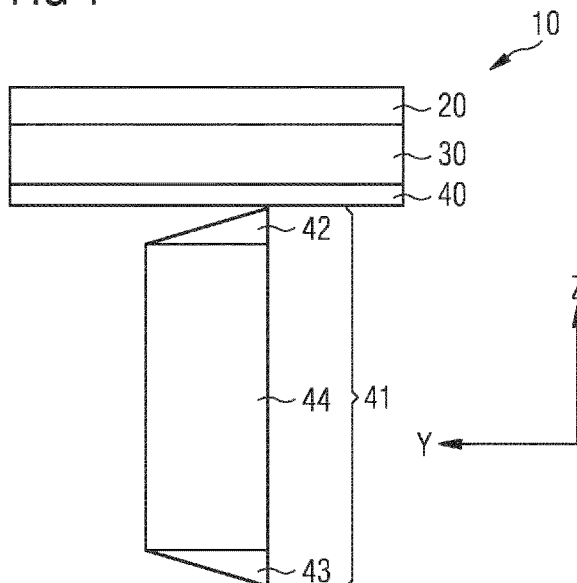
(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH**; Schloßschmidstr. 5,
80639 München (DE).

(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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: SEMICONDUCTOR BODY

(54) Bezeichnung: HALBLEITERKÖRPER

FIG 1



(57) Abstract: A semiconductor body (10) is specified comprising: – a p-doped region (20), – an active region (30), – an intermediate layer (40), and – a layer stack (41) containing indium, wherein the indium concentration in the layer stack (41) changes along a stacking direction (z), and the layer stack (41), apart from dopants, is formed with exactly one nitride compound semiconductor material, wherein – the intermediate layer (40) is nominally free of indium, is arranged between the layer stack (41) and the active region (30) and directly adjoins the layer stack (41), – the intermediate layer (40) and/or the layer stack (41) are/is n-doped at least in places, – the dopant concentration of the layer stack (41) is at least $5 \cdot 10^{17} \text{ 1/cm}^3$ and at most $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$, and – the dopant concentration of the intermediate layer (40) is at least $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ and at most $3 \cdot 10^{19}$



SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

$1/\text{cm}^3$.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Halbleiterkörper (10) angegeben mit: - einem p-dotierten Bereich (20), - einem aktiven Bereich (30), - einer Zwischenschicht (40), und - einem Schichtenstapel (41), der Indium enthält, wobei sich die Indium-Konzentration im Schichtenstapel (41) entlang einer Stapelrichtung (z) ändert, und der Schichtenstapel (41) abgesehen von Dotierstoffen mit genau einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist, wobei - die Zwischenschicht (40) nominell frei von Indium ist, zwischen dem Schichtenstapel (41) und dem aktiven Bereich (30) angeordnet ist und direkt an den Schichtenstapel (41) angrenzt, - die Zwischenschicht (40) und/oder der Schichtenstapel (41) zumindest stellenweise n-dotiert sind, - die Dotierstoffkonzentration des Schichtenstapels (41) wenigstens $5 \cdot 10^{17} 1/\text{cm}^3$ und höchstens $2 \cdot 10^{18} 1/\text{cm}^3$ beträgt, und - die Dotierstoffkonzentration der Zwischenschicht (40) wenigstens $2 \cdot 10^{18} 1/\text{cm}^3$ und höchstens $3 \cdot 10^{19} 1/\text{cm}^3$ beträgt.

Beschreibung

HALBLEITERKÖRPER

5 Es wird ein Halbleiterkörper angegeben.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen Halbleiterkörper anzugeben, der effizient betrieben und hergestellt werden kann.

10

Der hier beschriebene Halbleiterkörper kann insbesondere auf einem III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial basieren. Dabei ist es insbesondere möglich, dass der Halbleiterkörper auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial basiert.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Halbleiterkörpers umfasst der Halbleiterkörper einen p-dotierten Bereich. Der p-dotierte Bereich ist mit zumindest einem p-Dotierstoff dotiert. Der p-dotierte Bereich kann eine oder mehrere p-

20

dotierte Halbleiterschichten umfassen. Des Weiteren kann sich der p-dotierte Bereich über die gesamte laterale Ausdehnung des Halbleiterkörpers erstrecken. Die laterale Ausdehnung des Halbleiterkörpers ist quer, insbesondere senkrecht, zu einer Stapelrichtung des Halbleiterkörpers.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterkörper einen aktiven Bereich. Auf dem aktiven Bereich kann der p-dotierte Bereich angeordnet sein. Im aktiven Bereich wird im Betrieb eine Funktion des

30

Halbleiterkörpers wahrgenommen. Zum Beispiel kann der aktive Bereich dazu eingerichtet sein, elektromagnetische Strahlung zu emittieren oder zu detektieren. Der Halbleiterkörper ist dann Teil eines optoelektronischen Bauteils. Der aktive

Bereich kann zum Beispiel eine Mehrzahl von alternierend angeordneten Quantentopfschichten und Barrierschichten umfassen. Weiter ist es möglich, dass der Halbleiterkörper Teil eines elektronischen Bauteils wie einer Diode, eines Transistors oder eines integrierten Schaltkreises ist. Der aktive Bereich ist dann entsprechend ausgebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterkörper eine Zwischenschicht. Die Zwischenschicht kann direkt an den aktiven Bereich angrenzen und der aktive Bereich kann auf die Zwischenschicht aufgewachsen sein. Die Zwischenschicht kann mit einem Halbleitermaterial gebildet sein. Beispielsweise kann die Zwischenschicht mit einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial wie Galliumnitrid (GaN) gebildet sein. Die Materialzusammensetzung des Nitrid-Verbindungshalbleitermaterials ändert sich, insbesondere im Rahmen einer Herstellungstoleranz, nicht innerhalb der Zwischenschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterkörper einen Schichtenstapel, der Indium enthält, wobei sich die Indium-Konzentration im Schichtenstapel entlang der Stapelrichtung ändert, und der Schichtenstapel abgesehen von Dotierstoffen mit genau einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist. Dabei bedeutet genau ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial zum Beispiel, dass der Schichtenstapel Verunreinigungen oder Fremdatome mit einer Konzentration von weniger als 5 % aufweisen kann. Bevorzugt weist der Schichtenstapel Verunreinigungen oder Fremdatome mit einer Konzentration von weniger als 1 % auf. Die Zwischenschicht kann auf dem Schichtenstapel aufgebracht, zum Beispiel aufgewachsen, sein. Der Schichtenstapel kann verschiedene Halbleiterschichten umfassen. Somit kann der

Schichtenstapel mit einem Halbleitermaterial gebildet sein, welches Indium enthält.

Die Stapelrichtung des Halbleiterkörpers entspricht der
5 Stapelrichtung des Schichtenstapels. Die Indium-Konzentration im Schichtenstapel ist nicht konstant entlang der Stapelrichtung. Das bedeutet, dass die Indium-Konzentration im Schichtenstapel beispielsweise in Stapelrichtung ansteigen oder sinken kann. Es ist möglich, dass sich die Indium-
10 Konzentration im Schichtenstapel linear oder in anderer Art und Weise ändert. Bevorzugt ändert sich die Indium-Konzentration im Schichtenstapel quasi-kontinuierlich oder kontinuierlich. Dazu kann beispielsweise die Temperatur oder das Angebot von Indium während des Wachstums des
15 Schichtenstapels quasi-kontinuierlich oder kontinuierlich geändert werden. In lateralen Richtungen kann die Indium-Konzentration im Schichtenstapel konstant sein.

Der Schichtenstapel ist mit einem Nitrid-
20 Verbindungshalbleitermaterial gebildet. Das bedeutet, dass der gesamte Schichtenstapel mit dem gleichen Halbleitermaterial gebildet ist und sich verschiedene Bereiche des Schichtenstapels nur in ihrer Indium-Konzentration und gegebenenfalls in ihrer
25 Dotierstoffkonzentration voneinander unterscheiden. Beispielsweise kann der Schichtenstapel mit Indiumgalliumnitrid (InGaN) gebildet sein.

Dadurch, dass der Schichtenstapel Indium enthält, kann der
30 unerwünschte Einbau und somit die Konzentration von Verunreinigungen im aktiven Bereich vermieden oder zumindest verringert werden. Somit kann der Halbleiterkörper effizienter betrieben werden.

Dadurch, dass der Schichtenstapel mit genau einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist, kann der Halbleiterkörper einfach hergestellt werden. Außerdem kann der Schichtenstapel zum Schutz gegen elektrostatische
5 Entladung beitragen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Halbleiterkörpers ist die Zwischenschicht nominell frei von Indium und zwischen dem Schichtenstapel und dem aktiven Bereich angeordnet und
10 die Zwischenschicht grenzt direkt an den Schichtenstapel an. Dass die Zwischenschicht nominell frei von Indium ist, bedeutet in diesem Fall insbesondere, dass während des Wachstums der Zwischenschicht kein Indium bereitgestellt wird. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass Indium
15 aus angrenzenden Schichten in die Zwischenschicht eindiffundiert. Der Schichtenstapel, die Zwischenschicht und der aktive Bereich sind in Stapelrichtung übereinander angeordnet und können sich jeweils über die gesamte laterale Ausdehnung des Halbleiterkörpers erstrecken.

20
Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Halbleiterkörpers sind die Zwischenschicht und/oder der Schichtenstapel zumindest stellenweise n-dotiert. Es ist also möglich, dass die Zwischenschicht und der Schichtenstapel teilweise oder
25 vollständig n-dotiert sind. Beispielsweise können einzelne Schichten des Schichtenstapels n-dotiert sein und andere Schichten sind undotiert. Die Zwischenschicht und der Schichtenstapel können beispielsweise mit Silizium dotiert sein.

30
Die Dotierstoffkonzentration in der Zwischenschicht und/oder im Schichtenstapel kann beispielsweise mindestens $5 \cdot 10^{17}$ $1/\text{cm}^3$ und höchstens $2 \cdot 10^{18}$ $1/\text{cm}^3$ betragen. Es ist außerdem

möglich, dass die Dotierstoffkonzentration der Zwischenschicht zwischen $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ und $3 \cdot 10^{19} \text{ 1/cm}^3$ liegt. Es ist auch möglich, dass der Schichtenstapel Bereiche aufweist, in denen die Dotierstoffkonzentration mindestens $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ und höchstens $3 \cdot 10^{19} \text{ 1/cm}^3$ beträgt. Die Dicke in Stapelrichtung dieser höher dotierten Bereiche kann zwischen 5 Å und 30 Å liegen. Eine hohe Dotierstoffkonzentration in Bereichen der Zwischenschicht und/oder eine hohe Dotierstoffkonzentration in Bereichen des Schichtenstapels, können einen Schutz gegen elektrostatische Entladung bilden. Somit kann die Ausfallrate des Halbleiterkörpers bei elektrostatischer Aufladung verringert werden.

Der Halbleiterkörper kann auf einem Substrat aufgewachsen sein. Der Halbleiterkörper kann epitaktisch durch metallorganische Gasphasenepitaxie auf einem Substrat aufgewachsen sein. Es ist auch möglich, dass der Halbleiterkörper frei von einem Aufwachssubstrat ist und sich auf einem Trägerelement befindet, welches nachträglich nach dem Aufwachsen am Halbleiterkörper befestigt wird. Somit kann der Halbleiterkörper ein Dünnschicht-Halbleiterkörper sein, von dem das Aufwachssubstrat entfernt ist.

Der p-dotierte Bereich, der aktive Bereich, die Zwischenschicht und der Schichtenstapel können dreidimensionale Körper bilden und beispielsweise quader- oder zylinderförmig sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterkörper einen p-dotierten Bereich, einen aktiven Bereich, eine Zwischenschicht und einen Schichtenstapel. Der Schichtenstapel enthält Indium, wobei sich die Indiumkonzentration im Schichtenstapel entlang einer Stapelrichtung

ändert. Außerdem ist der Schichtenstapel abgesehen von Dotierstoffen mit genau einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet. Die Zwischenschicht ist nominell frei von Indium, zwischen dem Schichtenstapel und dem aktiven Bereich angeordnet und grenzt direkt an den Schichtenstapel an. Die Zwischenschicht und/oder der Schichtenstapel sind zumindest stellenweise n-dotiert.

Dem hier beschriebenen Halbleiterkörper liegt dabei unter anderem die Erkenntnis zu Grunde, dass der Halbleiterkörper effizient und kostengünstig hergestellt werden kann, da der Schichtenstapel mit nur einem Material gebildet ist. Der Halbleiterkörper kann zudem effizient betrieben werden, weil der Schichtenstapel mit Indium gebildet ist. Es hat sich gezeigt, dass durch die Verwendung von Indium im Schichtenstapel der unerwünschte Einbau von Verunreinigungen in den aktiven Bereich verhindert oder zumindest verringert wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform grenzt ein erster Bereich des Schichtenstapels direkt an die Zwischenschicht an und die Indium-Konzentration sinkt im ersten Bereich in Richtung der Zwischenschicht. Der erste Bereich des Schichtenstapels kann sich in lateralen Richtungen über die gesamte laterale Ausdehnung des Halbleiterkörpers erstrecken. Der erste Bereich kann eine Vielzahl von Halbleiterschichten umfassen. Die Indium-Konzentration im ersten Bereich sinkt in Richtung der Zwischenschicht, so dass die Indium-Konzentration im ersten Bereich an der Grenzfläche zur Zwischenschicht auf einen minimalen Wert sinkt. Dabei kann die Indium-Konzentration im ersten Bereich kontinuierlich abnehmen. Bevorzugt sinkt die Indium-Konzentration im ersten Bereich auf einen minimalen Wert von $< 1 \%$. Besonders

bevorzugt sinkt die Indium-Konzentration im ersten Bereich auf einen minimalen Wert von $< 0,5 \%$. Ist der Schichtenstapel beispielsweise mit In_xGaN gebildet, ist x bevorzugt kleiner als 1% und besonders bevorzugt kleiner als $0,5 \%$.

5

Wird eine Halbleiterschicht, welche Indium enthält und beispielsweise mit InGaN gebildet ist, auf einer Halbleiterschicht, welche kein Indium enthält und beispielsweise mit GaN gebildet ist, aufgewachsen, so kann die Ausfallrate des Halbleiterkörpers bei elektrostatischer Belastung erhöht sein. Vorteilhafterweise sinkt die Indium-Konzentration gemäß dieser Ausführungsform an der Grenzfläche zwischen dem Schichtenstapel und der Zwischenschicht auf einen minimalen Wert. Durch das kontinuierliche Absenken der Indium-Konzentration wird vermieden, dass eine Grenzfläche entsteht, bei der sich die Indium-Konzentration wesentlich ändert.

Da die Materialien InGaN und GaN unterschiedliche Gitterkonstanten aufweisen, entstehen Verspannungen im Material, wenn die beiden Materialien aufeinander aufgewachsen werden. Durch die Verspannungen entstehen piezoelektrische Felder. An einer Grenzfläche zwischen einer Schicht, welche mit InGaN gebildet ist und einer anderen Schicht, welche mit GaN gebildet ist, können sich somit Piezo-Ladungen anhäufen. Es hat sich gezeigt, dass diese die Ausfallrate des Halbleiterkörpers bei elektrostatischer Aufladung negativ beeinflussen können. Somit kann durch die Vermeidung von Grenzflächen, an welchen sich die Indium-Konzentration wesentlich ändert, ein erhöhter Schutz gegen elektrostatische Entladung erreicht werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist ein zweiter Bereich des Schichtenstapels an der dem ersten Bereich abgewandten Seite des Schichtenstapels angeordnet und die Indium-Konzentration im zweiten Bereich steigt in Richtung der Zwischenschicht an. Der zweite Bereich kann sich über die gesamte laterale Ausdehnung des Halbleiterkörpers erstrecken. Der erste und der zweite Bereich sind in Stapelrichtung übereinander angeordnet. Sie grenzen jedoch nicht notwendigerweise direkt aneinander an. Der zweite Bereich kann eine Vielzahl von Halbleiterschichten umfassen. Die Indium-Konzentration im zweiten Bereich steigt in Stapelrichtung an. Bevorzugt steigt die Indium-Konzentration im zweiten Bereich von einem minimalen Wert von $< 1 \%$ oder besonders bevorzugt von $< 0,5 \%$ auf über einen Schwellwert von $1,5 \%$ an. Besonders bevorzugt beträgt der Schwellwert mindestens 2% und höchstens $4,9 \%$. Die Indium-Konzentration kann kontinuierlich ansteigen. Grenzt der zweite Bereich an eine Schicht außerhalb des Schichtenstapels an, welche mit GaN gebildet ist, so wird die Bildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche verhindert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform steigt die Indium-Konzentration im zweiten Bereich des Schichtenstapels in Richtung der Zwischenschicht wenigstens auf einen Schwellwert an und sinkt im Bereich des Schichtenstapels nur innerhalb des ersten Bereichs wieder unter den Schwellwert. Das bedeutet, dass die Indium-Konzentration im Schichtenstapel nur innerhalb des ersten und des zweiten Bereichs weniger als der Schwellwert beträgt. Zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich kann ein dritter Bereich angeordnet sein, in welchem die Indium-Konzentration über dem Schwellwert liegt. Dabei können der erste und der zweite Bereich jeweils eine Schichtdicke von weniger als 5 nm aufweisen. Da der

Schichtenstapel mit nur einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist, kommt es auch innerhalb des Schichtenstapels nicht zur Bildung von Piezo-Ladungen.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind der erste und der zweite Bereich des Schichtenstapels n-dotiert und der dritte Bereich ist undotiert.

- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform grenzt der zweite Bereich des Schichtenstapels direkt an den ersten Bereich des Schichtenstapels an. In diesem Fall weist der Schichtenstapel keinen dritten Bereich auf. In diesem Ausführungsbeispiel ist es möglich, dass der erste und der zweite Bereich in
- 15 Stapelrichtung verschiedene Dicken aufweisen. Beispielsweise kann der erste Bereich eine wesentlich geringere Dicke aufweisen als der zweite Bereich. Zum Beispiel ist die Dicke des zweiten Bereichs zwei bis 20 mal so groß wie die Dicke des ersten Bereichs. Bevorzugt ist die Dicke des zweiten
- 20 Bereichs drei bis vier mal so groß wie die Dicke des ersten Bereichs.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform sinkt die Indium-Konzentration im Schichtenstapel in Richtung der
- 25 Zwischenschicht. Das bedeutet, dass die Indium-Konzentration im Schichtenstapel in Richtung der Zwischenschicht nicht ansteigt, sondern nur sinkt. Dabei kann die Indium-Konzentration im Schichtenstapel kontinuierlich in Richtung der Zwischenschicht sinken. Sinkt die Indium-Konzentration an
- 30 der Grenzfläche zur Zwischenschicht im Schichtenstapel auf einen minimalen Wert von $< 1 \%$ oder bevorzugt $< 0,5 \%$, wird die Bildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche verhindert. Dadurch dass in diesem Ausführungsbeispiel der

Schichtenstapel nur einen Bereich aufweist, kann der Herstellungsprozess des Halbleiterkörpers vereinfacht werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform steigt die Indium-Konzentration im Schichtenstapel in Richtung der Zwischenschicht an. Das bedeutet, dass die Indium-Konzentration im Schichtenstapel in Richtung der Zwischenschicht nicht sinkt, sondern nur ansteigt. Dabei kann die Indium-Konzentration im Schichtenstapel kontinuierlich in Richtung der Zwischenschicht ansteigen. Um eine Ausbildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche zwischen dem Schichtenstapel und der Zwischenschicht zu verringern, kann die Zwischenschicht hoch n-dotiert sein. Das bedeutet, dass die Dotierstoffkonzentration beispielsweise mindestens $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ und höchstens $3 \cdot 10^{19} \text{ 1/cm}^3$ beträgt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Schichtenstapel mindestens ein Paar alternierende Schichten auf, wobei eine erste Schicht jedes Paares n-dotiert ist und eine zweite Schicht jedes Paares nominell undotiert ist. Dabei sind die alternierenden Schichten zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich des Schichtenstapels angeordnet. Die Indium-Konzentration in den alternierenden Schichten kann konstant sein. Die erste Schicht jedes Paares kann beispielsweise mit Silizium n-dotiert sein. Dass die zweite Schicht jedes Paares nominell undotiert ist, bedeutet, dass während des Wachstums der zweiten Schicht kein Dotierstoff bereitgestellt wird. Es ist jedoch möglich, dass Dotierstoffe aus benachbarten Schichten in die zweite Schicht eingebaut werden. Die zweite Schicht weist aber eine Dotierstoffkonzentration auf, die deutlich geringer ist als die Dotierstoffkonzentration in den angrenzenden Schichten. Zum Beispiel beträgt die Dotierstoffkonzentration in der zweiten Schicht höchstens $5 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$.

10^{16} 1/cm³. Bevorzugt weist der Schichtenstapel eine Vielzahl von Paaren alternierender Schichten auf. Die alternierenden Schichten können zu einem verbesserten Schutz gegen elektrostatische Entladung beitragen.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die erste Schicht jedes Paares eine andere Indium-Konzentration als die zweite Schicht jedes Paares auf. Die erste und die zweite Schicht weisen also jeweils eine konstante Indium-Konzentration auf.

10 Die Indium-Konzentration in der ersten Schicht kann entweder größer oder kleiner als die Indium-Konzentration in der zweiten Schicht sein. Dabei kann der Unterschied zwischen den absoluten Indium-Konzentrationen in der ersten und der zweiten Schicht beispielsweise ein Prozent sein.

15 Beispielsweise kann die Indium-Konzentration in der ersten Schicht 2 % betragen und in der zweiten Schicht 3 % betragen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der Schichtenstapel zwischen der Zwischenschicht und einer Schichtenfolge

20 angeordnet und die Schichtenfolge ist nominell frei von Indium. Die Schichtenfolge kann eine Vielzahl von Halbleiterschichten umfassen. Des Weiteren kann die

Schichtenfolge direkt an den Schichtenstapel angrenzen. Das bedeutet, dass die Schichtenfolge, der Schichtenstapel und
25 die Zwischenschicht in Stapelrichtung übereinander angeordnet sind. Dass die Schichtenfolge nominell frei von Indium ist, bedeutet, dass während des Wachstums der Schichtenfolge kein Indium bereitgestellt wird. Es ist jedoch möglich, dass Indium aus angrenzenden Schichten in die
30 Schichtenfolge eingebaut wird.

Die Schichtenfolge ist dazu ausgelegt, zu einem besseren Schutz gegen elektrostatische Entladung beizutragen. Dazu

werden gezielt vorhandene Versetzungen genutzt. Ein Strompuls kann dann über von den Versetzungen erzeugte Unebenheiten in der Schichtenfolge abfließen, ohne den aktiven Bereich zu beschädigen. Somit kann die Ausfallrate des Halbleiterkörpers bei elektrostatischer Aufladung reduziert werden. Eine solche Schichtenfolge ist im Zusammenhang mit einer ersten Halbleiterschichtenfolge in der Druckschrift WO 2011080219 A1 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist der aktive Bereich zur Erzeugung oder Detektion von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere von Licht, ausgebildet. Bei dem Halbleiterkörper kann es sich beispielsweise um eine Leuchtdiode handeln. Die Leuchtdiode kann beispielsweise elektromagnetische Strahlung in einem bestimmten Spektralbereich emittieren.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beträgt die Schichtdicke des Schichtenstapels in Stapelrichtung mindestens 5 nm und höchstens 150 nm. Bevorzugt beträgt die Schichtdicke des Schichtenstapels mindestens 15 nm. Besonders bevorzugt beträgt die Schichtdicke des Schichtenstapels mindestens 30 nm und höchstens 90 nm. Beispielsweise kann die Schichtdicke des Schichtenstapels 60 nm betragen. Vorteilhafterweise wird die Schichtdicke des Schichtenstapels so gewählt, dass ein Relaxieren des Schichtenstapels verhindert werden kann und somit die Bildung von Kristalldefekten minimiert wird.

20

25

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beträgt die Schichtdicke des Schichtenstapels in Stapelrichtung weniger als 20 nm. Bevorzugt beträgt die Schichtdicke des

Schichtenstapels mindestens 5 nm und weniger als 20 nm. Vorteilhafterweise ist bei einer solch geringen Dicke des Schichtenstapels die Bildung von Kristalldefekten stark reduziert.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Indium-Konzentration im Schichtenstapel kleiner als 5 %. Bevorzugt ist die Indium-Konzentration im Schichtenstapel kleiner als 3 %. Besonders bevorzugt beträgt die Indium-Konzentration im
10 Schichtenstapel ungefähr 2,7 %. Da die Indium-Konzentration im Schichtenstapel relativ klein ist, kann der Schichtenstapel mit einer hohen Qualität aufgewachsen werden. Das bedeutet zum Beispiel, dass weniger Verspannungen im Schichtenstapel entstehen.

15 Im Folgenden werden hier beschriebene Halbleiterkörper in Verbindung mit Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

20 Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper gemäß einem Ausführungsbeispiel.

 Die Figuren 2 bis 6 zeigen schematische Querschnitte durch einen Halbleiterkörper gemäß weiterer
25 Ausführungsbeispiele.

 Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren
30 dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

Figur 1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper 10. Der Halbleiterkörper 10 umfasst einen Schichtenstapel 41, auf den eine Zwischenschicht 40 aufgebracht ist. Auf die Zwischenschicht 40 ist ein aktiver Bereich 30 aufgebracht. Außerdem umfasst der Halbleiterkörper 10 einen p-dotierten Bereich 20, welcher auf den aktiven Bereich 30 aufgebracht ist.

Der Schichtenstapel 41 weist einen ersten Bereich 42 auf, welcher direkt an die Zwischenschicht 40 angrenzt. Weiter weist der Schichtenstapel 41 einen zweiten Bereich 43 auf, der an der dem ersten Bereich 42 abgewandten Seite des Schichtenstapels 41 angeordnet ist. Zwischen dem ersten Bereich 42 und dem zweiten Bereich 43 befindet sich ein dritter Bereich 44. Der Schichtenstapel 41 ist abgesehen von Dotierstoffen mit genau einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet. Dabei bedeutet genau ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, dass der Schichtenstapel Verunreinigungen oder Fremdatome mit einer Konzentration von weniger als 5 % aufweisen kann. Bevorzugt weist der Schichtenstapel Verunreinigungen oder Fremdatome mit einer Konzentration von weniger als 1 % auf. Außerdem enthält der Schichtenstapel 41 Indium.

Die Indium-Konzentration im Schichtenstapel 41 ist nicht konstant. Im zweiten Bereich 43 steigt die Indium-Konzentration in einer Stapelrichtung z auf über einen Schwellwert an. Die Stapelrichtung z ist senkrecht zur lateralen Ausdehnung des Halbleiterkörpers 10. Bevorzugt steigt die Indium-Konzentration im zweiten Bereich 43 von einem minimalen Wert von $< 1 \%$ oder bevorzugt $< 0,5 \%$ auf über den Schwellwert an. In Figur 1 ist auf der z-Achse die Stapelrichtung z des Halbleiterkörpers 10 aufgetragen und auf

der y-Achse die Indium-Konzentration im Schichtenstapel 41. Im zweiten Bereich 43 steigt die Indium-Konzentration also kontinuierlich an. Im dritten Bereich 44 des Schichtenstapels 41 ist die Indium-Konzentration konstant. Im ersten Bereich 5 42 des Schichtenstapels 41 sinkt die Indium-Konzentration wieder unter den Schwellwert. In diesem Fall sinkt die Indium-Konzentration kontinuierlich. Bevorzugt sinkt die Indium-Konzentration im ersten Bereich 42 bis auf einen minimalen Wert von $< 1 \%$ oder bevorzugt $< 0,5 \%$. Der 10 Schwellwert der Indium-Konzentration kann beispielsweise mindestens $1,5 \%$ und höchstens $4,9 \%$ betragen. Bevorzugt beträgt der Schwellwert mindestens 2% und höchstens 3% . Da die Indium-Konzentration relativ gering ist, kann der Schichtenstapel 41 mit einer verbesserten Qualität, das 15 bedeutet mit weniger Verspannungen und Versetzungen, aufgewachsen werden.

Die Indium-Konzentration kann im ersten Bereich 42 und im zweiten Bereich 43 beispielsweise dadurch geändert werden, 20 dass die Temperatur, die Wachstumsrate oder der Druck während des Wachstums des Schichtenstapels 41 und das Angebot von Indium geändert werden.

Der Schichtenstapel 41 kann beispielsweise mit InGa_N gebildet 25 sein und zumindest stellenweise n-dotiert sein. Beispielsweise kann der Schichtenstapel 41 mit Silizium dotiert sein.

Der Schichtenstapel 41 kann eine Dicke von mindestens 5 nm 30 und höchstens 150 nm aufweisen. Der erste Bereich 42 und der zweite Bereich 43 können jeweils eine Dicke von weniger als 5 nm aufweisen.

Die Zwischenschicht 40 grenzt direkt an den Schichtenstapel 41 an und ist zwischen dem Schichtenstapel 41 und dem aktiven Bereich 30 angeordnet. Nominell ist die Zwischenschicht 40 frei von Indium. Das bedeutet, dass während des Wachstums der

5 Zwischenschicht 40 kein Indium bereitgestellt wird. Es ist jedoch möglich, dass Indium aus benachbarten Schichten in die Zwischenschicht 40 eingebaut wird. Die Zwischenschicht 40 kann mit GaN gebildet sein. Außerdem kann die Zwischenschicht 40 in Teilbereichen n-dotiert sein. Dabei kann die

10 Dotierstoffkonzentration in der Zwischenschicht 40 mindestens $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ und höchstens $3 \cdot 10^{19} \text{ 1/cm}^3$ betragen. Auch der Schichtenstapel 41 kann Bereiche oder Schichten aufweisen, in denen die Dotierstoffkonzentration in diesem Bereich liegt.

15 Grenzt eine Schicht, welche Indium enthält an eine Schicht, welche kein Indium enthält, so kann es zur Bildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche zwischen den zwei Schichten kommen. Die Bildung von Piezo-Ladungen wird in diesem Ausführungsbeispiel dadurch verhindert, dass die Indium-

20 Konzentration im ersten Bereich 42 auf einen sehr geringen Wert sinkt. Somit wird eine Bildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche zwischen dem Schichtenstapel 41 und der Zwischenschicht 40 verhindert. Außerdem wird die Bildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche zwischen dem zweiten

25 Bereich 43 und darunterliegenden Schichten, welche nicht zum Schichtenstapel 41 gehören, verhindert.

Der aktive Bereich 30 grenzt direkt an die Zwischenschicht 40 an und ist auf dieser aufgewachsen. Der aktive Bereich 30

30 kann zur Erzeugung oder Detektion von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere von Licht, ausgebildet sein. Der aktive Bereich 30 kann beispielsweise eine Mehrfachquantentopfstruktur umfassen, welche eine Mehrzahl

von alternierend angeordneten Quantentopfschichten und Barrierschichten umfasst. Die Barrierschichten können mit GaAlN, InGaN oder GaN gebildet sein und die Quantentopfschichten können mit InAlGaN oder InGaN gebildet
5 sein. Auf dem aktiven Bereich 30 ist der p-dotierte Bereich 20 angeordnet.

Dadurch dass der Schichtenstapel 41 Indium enthält, kann der unerwünschte Einbau und somit die Konzentration von
10 Verunreinigungen im aktiven Bereich 30 verringert werden. Somit kann der Halbleiterkörper 10 effizienter betrieben werden.

Dadurch dass der Schichtenstapel 41 mit genau einem Nitrid-
15 Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist, kann der Halbleiterkörper 10 einfach hergestellt werden. Außerdem ist der Halbleiterkörper 10 robuster als ein Halbleiterkörper, welcher mit einer größeren Anzahl von unterschiedlichen Materialien hergestellt wird.

20
Figur 2 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper 10 gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels. Der Aufbau des Halbleiterkörpers 10 entspricht dem Aufbau, welcher in Figur 1 gezeigt ist. In
25 diesem Ausführungsbeispiel weist der dritte Bereich 44 des Schichtenstapels 41 jedoch Paare von alternierenden Schichten auf. Dabei ist eine erste Schicht 45 jedes Paares n-dotiert und eine zweite Schicht 46 jedes Paares nominell undotiert. Die ersten Schichten 45 können beispielsweise mit Silizium
30 dotiert sein. Dass die zweiten Schichten 46 nominell undotiert sind, bedeutet, dass während des Wachstums der zweiten Schichten 46 kein Dotierstoff bereitgestellt wird. Es

ist jedoch möglich, dass Dotierstoffe aus benachbarten Schichten in die zweiten Schichten 46 eingebaut werden.

Figur 3 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen

5 Halbleiterkörper 10 gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels. Der Aufbau des Halbleiterkörpers 10 entspricht dem Aufbau, welcher in Figur 1 gezeigt ist. Zusätzlich weist der Halbleiterkörper 10 eine Schichtenfolge 50 auf. Der Schichtenstapel 41 ist zwischen der

10 Zwischenschicht 40 und der Schichtenfolge 50 angeordnet und die Schichtenfolge 50 ist nominell frei von Indium. Die Schichtenfolge 50 kann mit GaN gebildet sein und zum Schutz gegen elektrostatische Entladung beitragen. Dazu werden gezielt vorhandene Versetzungen in der Schichtenfolge

15 50 genutzt. Ein Strompuls kann dann über von den Versetzungen erzeugte Unebenheiten in der Schichtenfolge 50 abfließen, ohne den aktiven Bereich 30 zu beschädigen. Somit kann die Ausfallrate des Halbleiterkörpers 10 bei elektrostatischer Aufladung reduziert werden. Vorteilhafterweise bilden sich an

20 der Grenzfläche zwischen dem Schichtenstapel 41 und der Schichtenfolge 50 keine Piezo-Ladungen aus, weil die Indium-Konzentration im zweiten Bereich 43 im Bereich der Grenzfläche sehr gering ist.

25 Figur 4 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper 10 gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels. Im Bereich des Schichtenstapels 41 sind zwei alternative Möglichkeiten dargestellt. Im ersten Fall, welcher auf der linken Seite dargestellt ist, steigt die

30 Indium-Konzentration im Schichtenstapel 41 in Richtung der Zwischenschicht 40 kontinuierlich an. Der Schichtenstapel 41 weist also in diesem Fall nur einen ersten Bereich 42 auf. An der Grenzfläche zur Zwischenschicht 40 ist die Indium-

Konzentration im Schichtenstapel 41 maximal. Um die Ausbildung von Piezo-Ladungen an der Grenzfläche zumindest zu verringern, kann die Zwischenschicht 40 teilweise hoch n-dotiert sein. Im zweiten Fall, welcher auf der rechten Seite dargestellt ist, sinkt die Indium-Konzentration im Schichtenstapel 41 in Richtung der Zwischenschicht 40. Dabei ist die Indium-Konzentration im Schichtenstapel 41 an der Grenzfläche zur Zwischenschicht 40 minimal. Somit wird die Bildung von Piezo-Ladungen an dieser Grenzfläche verhindert. Da in diesem Ausführungsbeispiel der Schichtenstapel 41 lediglich einen ersten Bereich 42 aufweist, kann der Halbleiterkörper 10 besonders einfach hergestellt werden.

Figur 5 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper 10 gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels. Der Aufbau des Halbleiterkörpers 10 entspricht dem Aufbau, welcher in Figur 2 gezeigt ist. In diesem Fall unterscheiden sich die ersten Schichten 45 und die zweiten Schichten 46 nicht nur dadurch, dass die ersten Schichten 45 n-dotiert sind und die zweiten Schichten 46 undotiert sind, sondern auch dadurch, dass die ersten Schichten 45 eine andere Indium-Konzentration als die zweiten Schichten 46 aufweisen. Die Indium-Konzentration ist in allen ersten Schichten 45 gleich und unterscheidet sich von der Indium-Konzentration der zweiten Schichten 46. Auch in allen zweiten Schichten 46 ist die Indium-Konzentration gleich. Die Indium-Konzentration in den ersten Schichten 45 kann also entweder größer oder kleiner als die Indium-Konzentration in den zweiten Schichten 46 sein. Der Unterschied der Indium-Konzentrationen der ersten Schichten 45 und der zweiten Schichten 46 kann beispielsweise ein Prozent betragen.

Figur 6 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen Halbleiterkörper 10 gemäß eines weiteren

Ausführungsbeispiels. Der Aufbau des Halbleiterkörpers 10 entspricht dem Aufbau, welcher in Figur 1 gezeigt ist. Im

5 Unterschied zur Figur 1 weist der Schichtenstapel 41 in diesem Ausführungsbeispiel lediglich einen ersten Bereich 42 und einen zweiten Bereich 43 auf. Der erste Bereich 42 grenzt direkt an den zweiten Bereich 43 an. Dabei ist die Dicke des zweiten Bereichs 43 in Stapelrichtung z wesentlich größer als
10 die Dicke des ersten Bereichs 42. Beispielsweise ist die Dicke des zweiten Bereichs 43 zwei bis 20 mal so groß wie die Dicke des ersten Bereichs 42. Bevorzugt ist die Dicke des zweiten Bereichs 43 drei bis vier mal so groß wie die Dicke des ersten Bereichs 42.

15

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

Es wird die Priorität der deutschen Patentanmeldung DE

25 102017104370.5 beansprucht, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen ist.

Bezugszeichenliste

	10:	Halbleiterkörper
	20:	p-dotierter Bereich
5	30:	aktiver Bereich
	40:	Zwischenschicht
	41:	Schichtenstapel
	42:	erster Bereich
	43:	zweiter Bereich
10	44:	dritter Bereich
	45:	erste Schicht
	46:	zweite Schicht
	50:	Schichtenfolge
	z:	Stapelrichtung

Patentansprüche

1. Halbleiterkörper (10) mit:

- einem p-dotierten Bereich (20),
- 5 - einem aktiven Bereich (30),
- einer Zwischenschicht (40), und
- einem Schichtenstapel (41), der Indium enthält, wobei sich die Indium-Konzentration im Schichtenstapel (41) entlang einer Stapelrichtung (z) ändert, und der Schichtenstapel (41)
- 10 abgesehen von Dotierstoffen mit genau einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial gebildet ist, wobei
- die Zwischenschicht (40) nominell frei von Indium ist, zwischen dem Schichtenstapel (41) und dem aktiven Bereich (30) angeordnet ist und direkt an den Schichtenstapel (41)
- 15 angrenzt,
- die Zwischenschicht (40) und/oder der Schichtenstapel (41) zumindest stellenweise n-dotiert sind,
- die Dotierstoffkonzentration des Schichtenstapels (41) wenigstens $5 \cdot 10^{17} \text{ 1/cm}^3$ und höchstens $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ beträgt,
- 20 und
- die Dotierstoffkonzentration der Zwischenschicht (40) wenigstens $2 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$ und höchstens $3 \cdot 10^{19} \text{ 1/cm}^3$ beträgt.

2. Halbleiterkörper (10) gemäß Anspruch 1, wobei ein erster

25 Bereich (42) des Schichtenstapels (41) direkt an die Zwischenschicht (40) angrenzt und die Indium-Konzentration im ersten Bereich (42) in Richtung der Zwischenschicht (40) sinkt.

30 3. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein zweiter Bereich (43) des Schichtenstapels (41) an der dem ersten Bereich (42) abgewandten Seite des Schichtenstapels (41) angeordnet ist

und die Indium-Konzentration im zweiten Bereich (43) in Richtung der Zwischenschicht (40) ansteigt.

4. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen
5 Ansprüche, wobei die Indium-Konzentration im zweiten Bereich (43) des Schichtenstapels (41) in Richtung der Zwischenschicht (40) wenigstens auf einen Schwellwert ansteigt und im Bereich des Schichtenstapels (41) nur innerhalb des ersten Bereichs (42) wieder unter den
10 Schwellwert sinkt.

5. Halbleiterkörper (10) gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei der zweite Bereich (43) des Schichtenstapels (41) direkt an den ersten Bereich (42) des Schichtenstapels (41) angrenzt.
15

6. Halbleiterkörper (10) gemäß Anspruch 1, wobei die Indium-Konzentration im Schichtenstapel (41) in Richtung der Zwischenschicht (40) sinkt.

20 7. Halbleiterkörper (10) gemäß Anspruch 1, wobei die Indium-Konzentration im Schichtenstapel (41) in Richtung der Zwischenschicht (40) ansteigt.

8. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen
25 Ansprüche, wobei der Schichtenstapel (41) mindestens ein Paar alternierender Schichten aufweist, wobei eine erste Schicht (45) jedes Paares n-dotiert ist und eine zweite Schicht (46) jedes Paares nominell undotiert ist.

30 9. Halbleiterkörper (10) gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei die erste Schicht (45) jedes Paares eine andere Indium-Konzentration als die zweite Schicht (46) jedes Paares aufweist.

10. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Schichtenstapel (41) zwischen der Zwischenschicht (40) und einer Schichtenfolge (50) angeordnet ist und die Schichtenfolge (50) nominell frei von Indium ist.

5

11. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der aktive Bereich (30) zur Erzeugung oder Detektion von elektromagnetischer Strahlung, insbesondere von Licht, ausgebildet ist.

10

12. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Schichtdicke des Schichtenstapels (41) in Stapelrichtung (z) mindestens 5 nm und weniger als 20 nm beträgt.

15

13. Halbleiterkörper (10) gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Indium-Konzentration im Schichtenstapel (41) kleiner als 5 % ist.

FIG 1

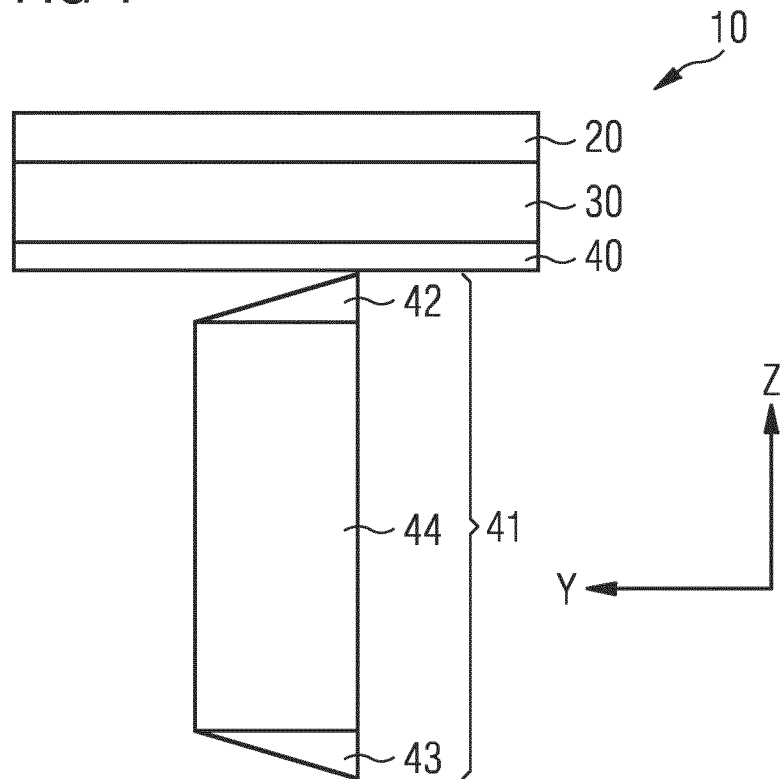


FIG 2

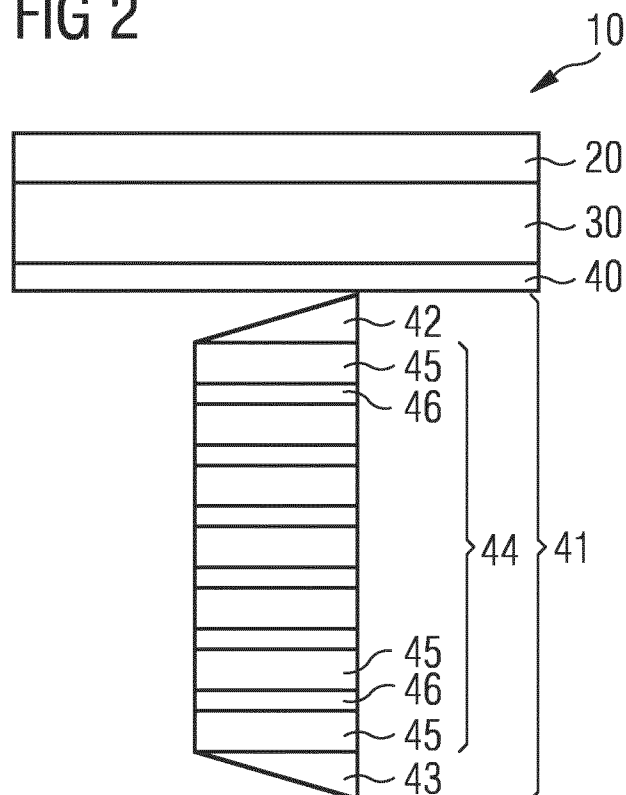


FIG 3

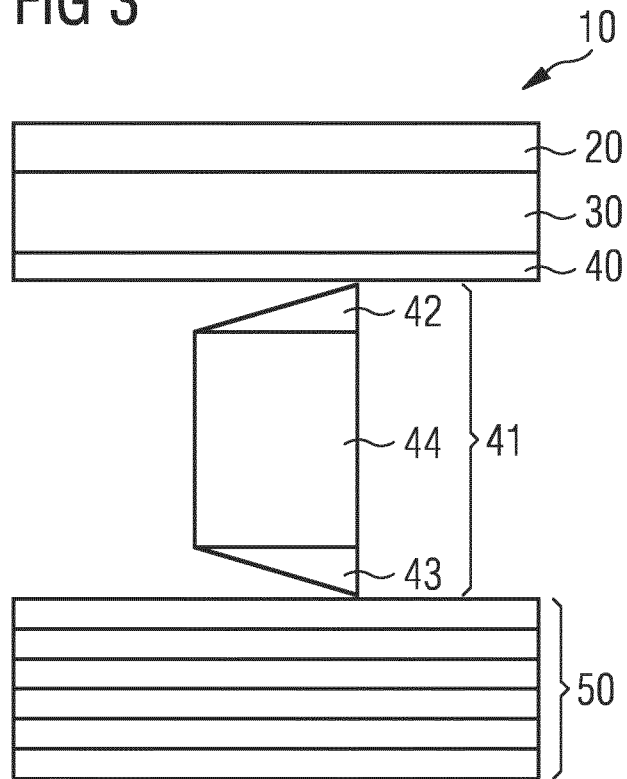


FIG 4

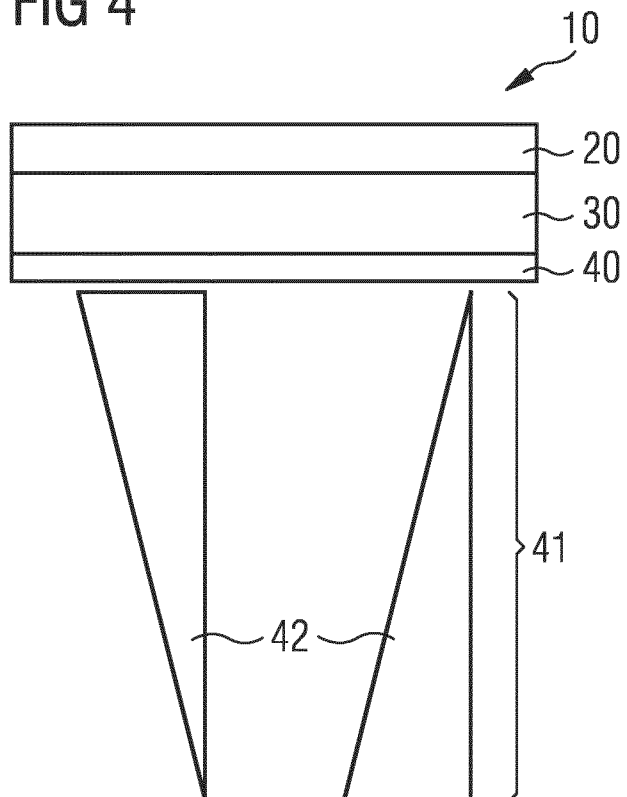


FIG 5

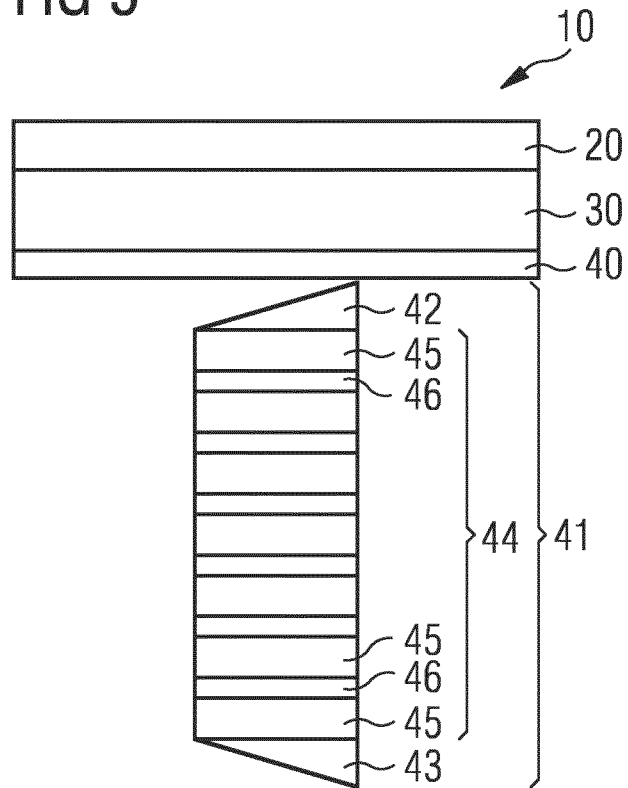
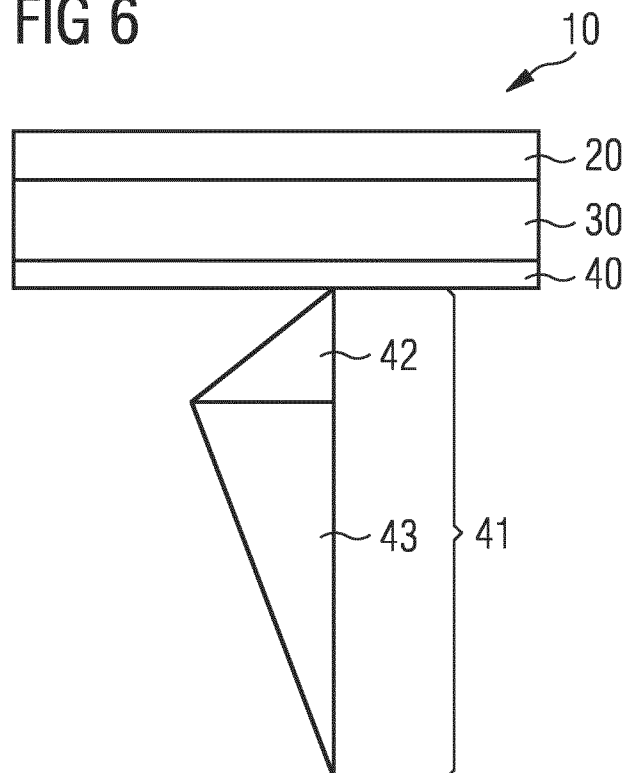


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/054906

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L33/14 H01L33/32 H01L31/0304 H01L33/12 H01L29/20 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.
X	DE 102 13 395 A1 (LUMILEDS LIGHTING US [US]) 10 October 2002 (2002-10-10) paragraphs [0020] - [0054]; claims 3,4; figures 1,6a,6b,6c -----	1-13
A	DE 10 2009 060747 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 7 July 2011 (2011-07-07) paragraphs [0001] - [0010]; figure 1b -----	1-13
A	KR 2008 0045943 A (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 26 May 2008 (2008-05-26) the whole document -----	1-13
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 8 May 2018		Date of mailing of the international search report 17/05/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Simeonov, Dobri

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/054906

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10213395	A1	10-10-2002	DE 10213395 A1 10-10-2002
			JP 2002314129 A 25-10-2002
			TW 549008 B 21-08-2003
			US 2002171091 A1 21-11-2002

DE 102009060747	A1	07-07-2011	CN 102687290 A 19-09-2012
			CN 106229395 A 14-12-2016
			DE 102009060747 A1 07-07-2011
			EP 2519980 A1 07-11-2012
			JP 5735984 B2 17-06-2015
			JP 2013516751 A 13-05-2013
			KR 20120102146 A 17-09-2012
			KR 20170080718 A 10-07-2017
			TW 201135968 A 16-10-2011
			US 2012298964 A1 29-11-2012
			US 2015194570 A1 09-07-2015
			US 2017025570 A1 26-01-2017
			US 2017324001 A1 09-11-2017
			WO 2011080249 A1 07-07-2011

KR 20080045943	A	26-05-2008	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L33/14 H01L33/32 H01L31/0304 H01L33/12 H01L29/20 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 13 395 A1 (LUMILEDS LIGHTING US [US]) 10. Oktober 2002 (2002-10-10) Absätze [0020] - [0054]; Ansprüche 3,4; Abbildungen 1,6a,6b,6c	1-13
A	DE 10 2009 060747 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 7. Juli 2011 (2011-07-07) Absätze [0001] - [0010]; Abbildung 1b	1-13
A	KR 2008 0045943 A (SAMSUNG ELECTRO MECH [KR]) 26. Mai 2008 (2008-05-26) das ganze Dokument	1-13
☐ 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
8. Mai 2018		17/05/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Simeonov, Dobri

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/054906

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10213395 A1	10-10-2002	DE 10213395 A1	10-10-2002
		JP 2002314129 A	25-10-2002
		TW 549008 B	21-08-2003
		US 2002171091 A1	21-11-2002

DE 102009060747 A1	07-07-2011	CN 102687290 A	19-09-2012
		CN 106229395 A	14-12-2016
		DE 102009060747 A1	07-07-2011
		EP 2519980 A1	07-11-2012
		JP 5735984 B2	17-06-2015
		JP 2013516751 A	13-05-2013
		KR 20120102146 A	17-09-2012
		KR 20170080718 A	10-07-2017
		TW 201135968 A	16-10-2011
		US 2012298964 A1	29-11-2012
		US 2015194570 A1	09-07-2015
		US 2017025570 A1	26-01-2017
		US 2017324001 A1	09-11-2017
		WO 2011080249 A1	07-07-2011

KR 20080045943 A	26-05-2008	KEINE	
