



(10) **DE 10 2015 104 665 A1** 2016.09.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 104 665.2**
(22) Anmeldetag: **26.03.2015**
(43) Offenlegungstag: **29.09.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 33/14 (2010.01)**
H01L 33/16 (2010.01)
H01L 33/04 (2010.01)

(71) Anmelder:
**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:
**Gomez-Iglesias, Alvaro, Dr., 93059 Regensburg,
DE; Hirai, Asako, Dr., 93047 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

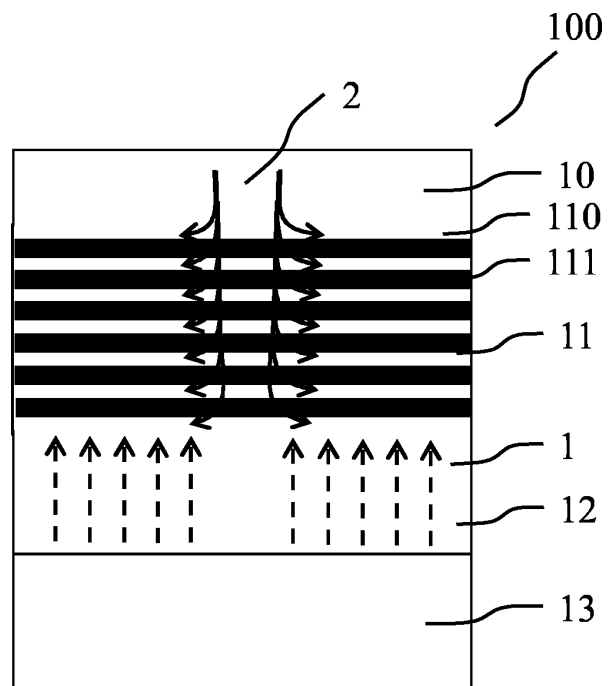
US 2007 / 0 057 249 A1
US 2011 / 0 121 357 A1
US 2011 / 0 315 952 A1
US 2013 / 0 082 273 A1
US 2015 / 0 060 762 A1
US 4 644 553 A

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optoelektronischer Halbleiterkörper und Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers**

(57) Zusammenfassung: Ein optoelektronischer Halbleiterkörper (100) umfasst eine Halbleiterschichtenfolge (1) mit einer ersten Schicht (10) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht (12) eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht (10) und der zweiten Schicht (12) angeordneten aktiven Schicht (11), die im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung absorbiert oder emittiert. In dem Halbleiterkörper (100) ist eine Mehrzahl von in lateraler Richtung nebeneinander angeordneten Injektionsbereichen (2) vorhanden, wobei innerhalb jedes Injektionsbereichs (2) die Halbleiterschichtenfolge (1) derart dotiert ist, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs (2) die Halbleiterschichtenfolge (1) den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht (10) aufweist. Dabei durchdringt jeder Injektionsbereich (2) ausgehend von der ersten Schicht (10) die aktive Schicht (11) zumindest teilweise. Ferner ist jeder Injektionsbereich (2) lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht (11) umgeben, in der die aktive Schicht (11) weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich (2). Im Betrieb des Halbleiterkörpers (100) gelangen Ladungsträger zumindest teilweise von der ersten Schicht (10) in die Injektionsbereiche (2) und werden von dort aus direkt in die aktive Schicht (11) injiziert.



Beschreibung

[0001] Es wird ein optoelektronischer Halbleiterkörper angegeben. Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers angegeben.

[0002] Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen optoelektronischen Halbleiterkörper anzugeben, bei dem die Injektion von Ladungsträgern in die aktive Schicht besonders effektiv ist. Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen optoelektronischen Halbleiterkörpers anzugeben.

[0003] Diese Aufgaben werden durch den Gegenstand und das Verfahren gemäß der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0004] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterkörper eine Halbleiterschichtenfolge mit einer ersten Schicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordneten aktiven Schicht. Die aktive Schicht ist dazu eingerichtet, im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung zu emittieren oder zu absorbieren und dann beispielsweise in ein elektronisches oder optisches Signal umzuwandeln. Bei der ersten Schicht kann es sich beispielsweise um eine p-dotierte Schicht handeln, die Löcher als Ladungsträger aufweist. Die zweite Schicht ist dann beispielsweise eine n-dotierte Schicht mit Elektronen als Ladungsträger. Alternativ können die beiden Schichten aber auch umgekehrt oder gleich dotiert sein, beispielsweise n- oder p-dotiert. Der Leitfähigkeitstyp bezieht sich hier und im Folgenden auf die Majoritätsladungsträger, also Elektronen in n-dotierten Schichten und Löcher in p-dotierten Schichten.

[0005] Unter der ersten und/oder zweiten Schicht kann dabei insbesondere auch jeweils eine Schichtenfolge aus mehreren einzelnen Schichten verstanden werden. Beispielsweise umfasst die erste Schicht alle Halbleiterschichten zwischen einer ersten Hauptseite der Halbleiterschichtenfolge und der aktiven Schicht. Die zweite Schicht kann beispielsweise alle Schichten zwischen einer der ersten Hauptseite gegenüberliegenden zweiten Hauptseite der Halbleiterschichtenfolge und der aktiven Schicht umfassen.

[0006] Die Halbleiterschichtenfolge basiert zum Beispiel auf einem III/V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich beispielsweise um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$, oder um ein Phosphid-Ver-

bindungshalbleitermaterial, wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{P}$, oder auch um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial, wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{As}$ oder $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{AsP}$, wobei jeweils $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $m + n \leq 1$ ist. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P, angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können. Bevorzugt basiert die Halbleiterschichtenfolge auf AlInGaN .

[0007] Die aktive Schicht der Halbleiterschichtenfolge beinhaltet insbesondere wenigstens einen pn-Übergang und/oder mindestens eine Quantentopfstruktur. Eine von der aktiven Schicht im Betrieb erzeugte Strahlung liegt insbesondere im Spektralbereich zwischen einschließlich 400 nm und 800 nm.

[0008] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Halbleiterkörper eine Mehrzahl von in lateraler Richtung nebeneinander angeordneten Injektionsbereichen, wobei innerhalb jedes Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge derart dotiert ist, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht aufweist. Der Injektionsbereich ist also ein dotierter Teilbereich der Halbleiterschichtenfolge, beispielsweise ein p-dotierter Bereich, wenn die erste Schicht ebenfalls p-dotiert ist. Unter der lateralen Richtung wird dabei insbesondere eine Richtung parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der Halbleiterschichtenfolge verstanden.

[0009] Gemäß zumindest einer Ausführungsform erstreckt sich jeder Injektionsbereich ausgehend von der ersten Schicht in die aktive Schicht und durchdringt die aktive Schicht zumindest teilweise oder vollständig. Dabei ist jeder Injektionsbereich bevorzugt lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht umgeben, wobei in der zusammenhängenden Bahn um den Injektionsbereich die aktive Schicht weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich. Der Injektionsbereich ist also in lateraler Richtung durch einen Übergang von einem dotierten Bereich in einen weniger oder entgegengesetzt dotierten Bereich begrenzt oder definiert.

[0010] In Querschnittsansicht bei einem Schnitt entlang der aktiven Schicht kann der Injektionsbereich beispielsweise kreisförmige, ovale, hexagonale oder rechteckige Querschnittsformen aufweisen. In dieser Ansicht ist der Injektionsbereich bevorzugt vollständig und unterbrechungsfrei von der aktiven Schicht umrandet.

[0011] Bevorzugt unterscheidet sich jeder Injektionsbereich von der übrigen, ihn umgebenden Halb-

leiterschichtenfolge, insbesondere von der ihn umgebenden aktiven Schicht, lediglich durch den Dotierungsgrad oder die Dotierungsart. Die Materialzusammensetzung der Halbleiterschichtenfolge und der Injektionsbereiche sind, bis auf die Konzentration des Dotierstoffes, dann zum Beispiel identisch. Ferner ist bevorzugt der geometrische Verlauf der Schichten der Halbleiterschichtenfolge nicht durch den Injektionsbereich beeinflusst.

[0012] Es ist aber auch möglich, dass durch den hohen Dotierungsgrad die Konzentration von wesentlichen Bestandteilen des Kristallgitters innerhalb des Injektionsbereichs verändert ist. Insbesondere kann es durch den hohen Dotierungsgrad zum Abwandern oder Zuwandern von wesentlichen Bestandteilen des Kristallgitters, wie zum Beispiel von Indium in einer AlInGaN Halbleiterschichtenfolge, kommen. Dieser Prozess wird Segregation genannt. Der Indiumgehalt innerhalb eines Injektionsbereiches ist dann gegenüber dem Indiumgehalt der angrenzenden Halbleiterschichtenfolge erhöht oder reduziert, zum Beispiel um zumindest 10 % oder 50 %.

[0013] Gemäß zumindest einer Ausführungsform gelangen im Betrieb des Halbleiterkörpers Ladungsträger zumindest teilweise von der ersten Schicht in die Injektionsbereiche und werden von dort aus direkt in die aktive Schicht injiziert. Die Injektionsbereiche und die daran angrenzende aktive Schicht befinden sich also in direktem elektrischem Kontakt miteinander, und sind durch keine weiteren Schichten, wie Isolationsschichten, voneinander beabstandet und elektrisch isoliert.

[0014] In mindestens einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterkörper eine Halbleiterschichtenfolge mit einer ersten Schicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordneten aktiven Schicht, die im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung absorbiert oder emittiert. In dem Halbleiterkörper ist eine Mehrzahl von in lateraler Richtung nebeneinander angeordneten Injektionsbereichen vorhanden, wobei innerhalb jedes Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge derart dotiert ist, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht aufweist. Dabei durchdringt jeder Injektionsbereich ausgehend von der ersten Schicht die aktive Schicht zumindest teilweise. Ferner ist jeder Injektionsbereich lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht umgeben, in der die aktive Schicht weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich. Im Betrieb des Halbleiterkörpers gelangen Ladungsträger zumindest teilweise von der ersten Schicht in die Injektionsbereiche und

werden von dort aus direkt in die aktive Schicht injiziert.

[0015] Der hier beschriebenen Erfindung liegt unter anderem die Erkenntnis zugrunde, dass die interne Quanteneffizienz, insbesondere von Nitrid-basierten LEDs, durch einen schlechten Löchertransport reduziert ist. Der schlechte Löchertransport in die aktive Schicht wird häufig durch die Barrierenhöhe der Quantentöpfe innerhalb der aktiven Schicht gehemmt. Aber auch das Auftreten von Polarisationsladungen hemmt den Löchertransport.

[0016] Bei der hier beschriebenen Erfindung wird unter anderem von der Idee Gebrauch gemacht, die aktive Schicht bereichsweise zu dotieren, so dass Ladungsträger, vor allem Löcher, von der ersten Schicht in die dotierten Bereiche der aktiven Schicht gelangen können und von da aus effektiv in die aktive Schicht, insbesondere über die gesamte Dicke der aktiven Schicht, injiziert werden. Bei der Verwendung von einer Multiquantentopfstruktur wird dadurch ermöglicht, dass in alle Quantentöpfe bevorzugt gleichmäßig Ladungsträger injiziert werden. Das erhöht die Effizienz des gesamten Halbleiterkörpers.

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Injektionsbereiche der gewachsenen Halbleiterschichtenfolge überlagert. Das heißt die Halbleiterschichtenfolge ist zunächst vollständig gewachsen, erst nach dem Wachstum werden über einen Dotierungsprozess die Injektionsbereiche eingebracht. Dies hat insbesondere zur Folge, dass der geometrische Verlauf vor allem der aktiven Schicht nicht durch die Position und die Form der Injektionsbereiche beeinflusst ist. Die Injektionsbereiche sind also dotierte Teilbereiche innerhalb der Halbleiterschichtenfolge, die der Halbleiterschichtenfolge überlagert sind.

[0018] Als Konsequenz daraus sind auch im Mittel die Positionen der Injektionsbereiche unkorreliert zu Positionen von etwaigen Kristallstörungen innerhalb der Halbleiterschichtenfolge. Solche Kristallstörungen können beispielsweise in Form von Gitterversetzungen vorliegen. Gitterversetzungen entstehen zum Beispiel beim Wachstum der Halbleiterschichtenfolge aufgrund der Gitterkonstantenanpassung an das Aufwuchssubstrat. Bevorzugt sind diese Kristallstörungen oder Gitterversetzungen rein statistisch verteilt, weisen also keine regelmäßige geometrische Anordnung innerhalb der Halbleiterschichtenfolge auf.

[0019] Bei GaN-basierten Halbleitermaterialien beträgt die Gitterversetzungsdichte beim Wachstum auf einem Saphir-Substrat typischerweise 10^7 bis 10^9 pro cm^2 , beim Wachstum auf einem GaN-Substrat kann die Gitterversetzungsdichte aber einige Größenordnungen geringer sein.

[0020] Insbesondere bei Nitrid-basierten Halbleitermaterialien treten aufgrund solcher Gitterversetzungen in der aktiven Schicht V-förmige Einkerbungen, so genannte V-Pits, auf. Solche Einkerbungen in der aktiven Schicht haben typischerweise Tiefen senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht von zumindest 30 nm oder zumindest 100 nm.

[0021] Bei der hier beschriebenen Erfindung stehen bevorzugt diese beim Wachstum der Halbleiterschichtenfolge entstehenden V-Pits in keinerlei Korrelation zu den Injektionsbereichen. Das heißt, die Position der V-Pits ist im Mittel unkorreliert zur Position der Injektionsbereiche.

[0022] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Wahrscheinlichkeit einer Gitterversetzung der Halbleiterschichtenfolge, insbesondere ein V-Pit, innerhalb eines Injektionsbereichs vorzufinden, höchstens 50 % oder höchstens 10 % oder höchstens 1 %.

[0023] Gemäß zumindest einer Ausführungsform verläuft die aktive Schicht innerhalb zumindest 50 % oder zumindest 90 % oder zumindest 99 % der Injektionsbereiche durchgehend planar. Durchgehend planar heißt in diesem Zusammenhang, dass die aktive Schicht innerhalb des gesamten Injektionsbereichs keine Stufen oder Strukturen oder Einkerbungen aufweist, deren Tiefe senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht mehr als 10 nm oder mehr als 20 nm beträgt. Alternativ oder zusätzlich ist im Mittel mindestens 50 % oder 90 % oder 99 % der Fläche der aktiven Schicht innerhalb eines jeden Injektionsbereichs planar ausgebildet.

[0024] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist jeder Injektionsbereich eine Dotierungskonzentration von zumindest 10^{18} oder 10^{19} oder 10^{20} oder 10^{21} Dotieratomen pro cm^3 auf. Eine solche Dotierungskonzentration liegt bevorzugt innerhalb des gesamten Injektionsbereichs vor.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Dotierungskonzentration innerhalb der aktiven Schicht außerhalb der Injektionsbereiche zumindest zweifach oder zumindest fünffach oder zumindest zehnfach geringer oder entgegengesetzt als in den Injektionsbereichen. Bei GaN-basierten Halbleitermaterialien ist die aktive Schicht beispielsweise leicht n-dotiert, die Injektionsbereiche sind dann bevorzugt p-dotiert.

[0026] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die aktive Schicht eine Quantentopfstruktur mit zumindest einer oder mehreren Quantentopfschichten auf. Zwischen zwei benachbarten Quantentopfschichten ist dann beispielsweise jeweils zumindest eine Barrierenschicht angeordnet. Dabei sind die Bandlücken zwischen Valenzband und Leitungs-

band im Bereich der Quantentopfschicht kleiner als im Bereich der Barrierenschicht. Über die Breite der Quantentopfschicht und die in der Quantentopfschicht auftretende Bandlücke kann die Wellenlänge der Strahlung eingestellt werden, die bei der Rekombination innerhalb der Quantentopfschicht emittiert wird. Die Haupterstreckungsrichtungen der Barrierenschichten und der Quantentopfschichten verlaufen dabei im Wesentlichen parallel zu der Haupterstreckungsrichtung der aktiven Schicht. Die Breite ist senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung gemessen.

[0027] Durch das Vorhandensein der Injektionsbereiche innerhalb der Quantentopfstruktur wird im Betrieb beispielsweise ermöglicht, dass die Injektion von Ladungsträgern aus der ersten Schicht gleichmäßig auf alle Quantentopfschichten erfolgt und dadurch die Quanteneffizienz des Bauelements verglichen zu Bauelementen ohne Injektionsbereiche erhöht ist.

[0028] Gemäß zumindest einer Ausführungsform verjüngen sich die Injektionsbereiche in eine Richtung weg von der ersten Schicht. Beispielsweise können die Injektionsbereiche pyramidenartig, kegelartig oder domförmig ausgebildet sein. Auch Halbkugeln oder Halb-Rotationsellipsoide sind denkbar.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform durchdringen die Injektionsbereiche die aktive Schicht vollständig und ragen zumindest teilweise in die zweite Schicht hinein. Bevorzugt ragen die Injektionsbereiche dabei zumindest 50 nm oder zumindest 100 nm oder zumindest 150 nm in die zweite Schicht hinein. Alternativ oder zusätzlich ragen die Injektionsbereiche höchstens 300 nm oder höchstens 250 nm oder höchstens 200 nm in die zweite Schicht hinein.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform basiert die Halbleiterschichtenfolge auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, insbesondere basieren alle Schichten der Halbleiterschichtenfolge auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial.

[0031] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die erste Schicht sowie die Injektionsbereiche p-dotiert und weisen Löcher als ersten Leitfähigkeitstyp auf.

[0032] Die aktive Schicht kann beispielsweise eine Quantentopfstruktur auf der Basis von AlGaInN aufweisen.

[0033] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind in Draufsicht auf die aktive Schicht die Injektionsbereiche auf Gitterpunkten eines regelmäßigen Gitters angeordnet. Insbesondere sind die Injektionsbereiche dann matrixartig oder hexagonal entlang der aktiven Schicht verteilt. Die Anordnung der Injektionsbereiche entlang der aktiven Schicht ist also bevor-

zugt nicht willkürlich, sondern folgt einem Muster und ist periodisch oder regelmäßig.

[0034] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Injektionsbereiche innerhalb der aktiven Schicht einen Durchmesser oder eine Breite, gemessen in lateraler Richtung, von jeweils zumindest 100 nm oder zumindest 150 nm oder zumindest 200 nm auf. Alternativ oder zusätzlich ist der Durchmesser oder die Breite der Injektionsbereiche höchstens 500 nm oder höchstens 250 nm oder höchstens 200 nm. Der Durchmesser oder die Breite ist dabei zum Beispiel der maximale oder mittlere Durchmesser oder die maximale oder mittlere Breite.

[0035] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die erste Schicht eine Dicke senkrecht zur Hauptstreckungsrichtung der Halbleiterschichtenfolge von höchstens 1 μm , bevorzugt höchstens 0,5 μm auf. Die Dicke der zweiten Schicht liegt bevorzugt im Bereich zwischen einschließlich 3 μm und 6 μm . Die Dicke der aktiven Schicht beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 50 nm und 200 nm und kann beispielsweise fünf bis zehn Quantentopfschichten aufweisen.

[0036] Gemäß zumindest einer Ausführungsform beträgt die Flächenbelegungsdichte der Injektionsbereiche entlang der gesamten aktiven Schicht zumindest 0,5 % oder zumindest 1 % oder zumindest 2 %. Alternativ oder zusätzlich beträgt die Flächenbelegungsdichte höchstens 30 % oder höchstens 10 % oder höchstens 3 %. Durch die Wahl einer solchen Flächenbelegungsdichte wird auf der einen Seite eine effektive Injektion der Ladungsträger in die aktive Schicht ermöglicht, andererseits bleibt genug Fläche der aktiven Schicht frei von Injektionsbereichen, um eine hohe Lichtausbeute zu garantieren.

[0037] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Dotierungskonzentration homogen und konstant innerhalb eines jeden gesamten Injektionsbereichs. Alternativ kann die Dotierungskonzentration innerhalb der Injektionsbereiche auch einen Gradienten aufweisen, sodass die Dotierungskonzentration zum Beispiel von innen nach außen in lateraler Richtung kontinuierlich abnimmt. Auch ein Gradient der Dotierungskonzentration senkrecht zur Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schicht ist denkbar. Beispielsweise nimmt die Dotierungskonzentration dann in Richtung weg von der ersten Schicht innerhalb des Injektionsbereichs ab.

[0038] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Halbleiterschichtenfolge auf einem Träger aufgebracht. Der Träger kann dabei auf einer der ersten Schicht abgewandten oder zugewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht sein. Insbesondere kann der Träger das Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge oder ein im Nachhinein auf-

gebrachter Hilfsträger sein. Der Träger dient insbesondere zur Stabilisierung und zum mechanischen Tragen der Halbleiterschichtenfolge. Beispielsweise ist der Halbleiterkörper dann selbsttragend als Oberflächenemitter oder Volumenemitter ausgebildet. Möglich ist zum Beispiel, dass der Halbleiterkörper ein Saphirchip oder ein Dünnschichtchip ist.

[0039] Darüber hinaus wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers angegeben. Das Verfahren eignet sich insbesondere zur Herstellung eines hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterkörpers. Das heißt, sämtliche in Verbindung mit dem optoelektronischen Halbleiterkörper offenbaren Merkmale sind auch für das Verfahren offenbart und umgekehrt.

[0040] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers einen Schritt A auf, in dem eine Halbleiterschichtenfolge einer ersten Schicht eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordneten aktiven Schicht bereitgestellt wird, wobei im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung von der aktiven Schicht absorbiert oder emittiert wird.

[0041] In einem darauffolgenden Schritt B wird die Halbleiterschichtenfolge dann in zumindest einem lateral definierten und lateral begrenzten Injektionsbereich gezielt dotiert. Dabei wird im Schritt B derart dotiert, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht aufweist. Bevorzugt durchdringt der so entstehende Injektionsbereich ausgehend von der ersten Schicht die aktive Schicht zumindest teilweise. Nach dem Dotieren im Schritt B ist der Injektionsbereich dann beispielsweise lateral teilweise oder vollständig von einer zusammenhängenden und unterbrechungsfreien Bahn der aktiven Schicht umgeben, in der die aktive Schicht weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich.

[0042] Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird im Schritt B eine Maske auf die der aktiven Schicht abgewandte Seite der ersten Schicht aufgebracht. Die Maske weist dabei bevorzugt zumindest ein Fenster auf, in dem die Halbleiterschichtenfolge freigelegt ist. Bereiche der Halbleiterschichtenfolge außerhalb des Fensters sind von der Maske überdeckt.

[0043] Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt die Dotierung durch einen Ionenimplantationsprozess, wobei Dotieratome von einer der aktiven Schicht abgewandten Seite der Maske auf die Maske geschossen werden. Eine Dotierung der Halbleiter-

schichtenfolge erfolgt dann im Bereich des Fensters, bevorzugt ausschließlich im Bereich des Fensters. Die Dotierung unterhalb der Maske wird durch die Maske bevorzugt unterdrückt, insbesondere vollständig unterdrückt.

[0044] Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird für die Produktion der Maske zunächst eine Maskenschicht auf die Halbleiterschichtenfolge aufgebracht. Anschließend wird die Maske mittels eines Lithografieverfahrens, wie einem Stepper-Verfahren oder einem Nanoprägelithografieverfahren, strukturiert und dabei das zumindest eine Fenster in der Maskenschicht erzeugt.

[0045] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Maske ein Metall, wie Gold, Silber, Aluminium, Titan oder Stahl, auf oder besteht daraus. Auch ist denkbar, dass die Maske aus einem Fotolack gebildet ist oder einen Fotolack aufweist.

[0046] Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird nach dem Ionenimplantationsprozess zur Dotierung des Injektionsbereichs die Halbleiterschichtenfolge einem thermischen Ausheilungsprozess ausgesetzt. Bei diesem Ausheilungsprozess können sich einige Störstellen oder Gitterdefekte, die durch den Ionenimplantationsprozess erzeugt werden, zurückbilden beziehungsweise ausheilen. Dadurch kann wiederum die optische Effizienz des Halbleiterkörpers erhöht werden. Für den Ausheilungsprozess wird die Halbleiterschichtenfolge beispielsweise auf eine Temperatur von zumindest 1000 °C aufgeheizt.

[0047] Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Halbleiterschichtenfolge vor dem Schritt A auf einem Aufwachssubstrat angewachsen, wobei zunächst die zweite Schicht, dann die aktive Schicht und dann die erste Schicht angewachsen wird. Anschließend folgt die Dotierung der Halbleiterschichtenfolge im Schritt B von einer dem Aufwachssubstrat abgewandten Seite, beispielsweise mittels Ionenimplantation. Nach dem Schritt B wird dann beispielsweise ein Hilfsträger auf die dem Aufwachssubstrat abgewandte Seite der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht und das Aufwachssubstrat abgelöst. Auf diese Weise kann beispielsweise ein Dünnschicht-Halbleiterchip mit den oben genannten Injektionsbereichen hergestellt werden. Alternativ kann aber auch das Aufwachssubstrat in dem Halbleiterkörper verbleiben und auf einen Hilfsträger verzichtet werden. Auf diese Weise könnte beispielsweise ein Volumenhalbleiterchip wie ein Saphirchip erzeugt werden. Bei dem Aufwachssubstrat kann es sich beispielsweise um ein Silizium- oder GaAs- oder GaN- oder SiC- oder Saphiraufwachssubstrat handeln.

[0048] Nachfolgend wird ein hier beschriebener optoelektronischer Halbleiterkörper sowie ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiter-

körpers unter Bezugnahme auf Zeichnungen anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0049] Es zeigen:

[0050] Fig. 1A, Fig. 4A und Fig. 4B Ausführungsbeispiele eines optoelektronischen Halbleiterkörpers in Draufsicht,

[0051] Fig. 1B, Fig. 1C und Fig. 2 Ausführungsbeispiele eines optoelektronischen Halbleiterkörpers in Querschnittsansicht und

[0052] Fig. 3A bis Fig. 3C Ausführungsbeispiele für Verfahrensschritte zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers in Querschnittsansicht.

[0053] In Fig. 1A ist ein optoelektronischer Halbleiterkörper **100** in Draufsicht auf eine aktive Schicht **11** einer Halbleiterschichtenfolge **1** des optoelektronischen Halbleiterkörpers **100** gezeigt. Die aktive Schicht **11** ist von Injektionsbereichen **2** durchsetzt, die vorliegend regelmäßig in einem rechteckigen oder quadratischen Matrixmuster angeordnet sind. Die Injektionsbereiche **2** weisen dabei eine kreisförmige oder elliptische Querschnittsfläche auf. Insbesondere sind in Fig. 1A die Injektionsbereiche **2** nicht willkürlich innerhalb der Halbleiterschichtenfolge **1** verteilt, sondern auf festen Gitterpunkten eines regelmäßigen Gitters angeordnet.

[0054] Fig. 1B zeigt ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Halbleiterkörpers **100** entlang der Linie AA' aus Fig. 1A. Zu erkennen ist, dass der Halbleiterkörper **100** einen Träger **13** aufweist, auf dem eine Halbleiterschichtenfolge **1** aufgebracht ist. Die Halbleiterschichtenfolge **1** kann beispielsweise auf einer Hauptseite des Trägers **13** angewachsen sein. Der Träger **13** ist beispielsweise das Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge **1**. Bei dem Träger **13** handelt es sich beispielsweise um einen Saphirträger, die Halbleiterschichtenfolge **1** basiert beispielsweise auf AlInGaN.

[0055] Die Halbleiterschichtenfolge **1** umfasst eine erste Schicht **10** eines ersten Leitfähigkeitstyps, eine aktive Schicht **11** und eine zweite Schicht **12** eines zweiten Leitfähigkeitstyps, wobei die aktive Schicht **11** zwischen der ersten Schicht **10** und der zweiten Schicht **12** angeordnet ist und die zweite Schicht **12** dem Träger **13** zugewandt ist. Vorliegend ist die erste Schicht **10** beispielsweise p-dotiert, die zweite Schicht **12** beispielsweise n-dotiert. Die aktive Schicht **11** kann undotiert oder zum Beispiel leicht n-dotiert sein.

[0056] In Fig. 1B ist außerdem der Querschnitt des Injektionsbereichs **2** aus der Fig. 1A erkennbar. Der Injektionsbereich **2** ist ein dotierter Teilbereich der Halbleiterschichtenfolge **1**, wobei die Dotierung derart gewählt ist, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs **2** derselbe Leitfähigkeitstyp wie in der ersten Schicht **10** vorliegt. Beispielsweise ist der Injektionsbereich **2** wie die erste Schicht **10** p-dotiert und weist Löcher als Majoritätsladungsträger auf. Die Dotierungskonzentration innerhalb des Injektionsbereichs **2** beträgt beispielsweise zumindest 10^{18} Dotieratome pro cm^3 . Bei den Dotieratomen handelt es sich zum Beispiel um Mg.

[0057] Der Injektionsbereich **2** ist der Halbleiterschichtenfolge **1** derart überlagert, dass die Position und geometrische Form des Injektionsbereichs **2** keinen Einfluss auf den Verlauf der Schichten innerhalb der Halbleiterschichtenfolge **1** hat. Insbesondere basiert der Injektionsbereich **2** auf demselben Grundmaterial wie die Halbleiterschichtenfolge **1** und ist lediglich im Vergleich zum Rest der Halbleiterschichtenfolge **1** zusätzlich dotiert oder stärker dotiert. Die aktive Schicht **11** verläuft innerhalb des gesamten Injektionsbereichs **2** durchgehend planar und weist keine Stufen oder Einkerbungen mit einer vertikalen Ausdehnung von mehr als 20 nm auf. Vertikal bezeichnet dabei eine Richtung senkrecht zur Hauptstreckungsrichtung der aktiven Schicht **11**. Insbesondere ist innerhalb des Injektionsbereichs **2** kein Gitterdefekt, beispielsweise in Form eines V-Pits **4**, vorhanden. Die Wahrscheinlichkeit, überhaupt einen Gitterdefekt, wie eine Gitterversetzung oder wie einen V-Pit **4**, innerhalb eines Injektionsbereichs **2** zu finden, beträgt bevorzugt höchstens 50 %. Ein V-Pit **4** ist lateral neben dem Injektionsbereich **2** angeordnet. Der V-Pit **4** ist in Querschnittsansicht eine V-förmige Einkerbung in der aktiven Schicht **11**.

[0058] Der Injektionsbereich **2** erstreckt sich in Fig. 1B durch die gesamte erste Schicht **10** und die gesamte aktive Schicht **11** und ragt teilweise, beispielsweise zumindest 50 nm, in die zweite Schicht **12** hinein. Dabei verjüngt sich der Injektionsbereich **2** in Richtung weg von der ersten Schicht **10**. Lateral, das heißt parallel zu einer Hauptstreckungsrichtung der Halbleiterschichtenfolge **1**, ist der Injektionsbereich **2** vollständig von einer zusammenhängenden und unterbrechungsfreien Bahn der aktiven Schicht **11** umgeben, in der der Dotierungsgrad entgegengesetzt oder um zumindest zwei Größenordnungen kleiner ist als im Bereich des Injektionsbereichs **2**. Vorliegend ist die Querschnittsform des Injektionsbereichs **2** domförmig.

[0059] In Fig. 1C ist eine Querschnittsansicht durch den Halbleiterkörper **100** entlang der Linie BB' aus der Fig. 1A gezeigt. Die Linie BB' durchkreuzt dabei den Injektionsbereich **2** der Halbleiterschichtenfolge **1** nicht. Der Schichtaufbau der Halbleiterschichten-

folge **1** ist bis auf den Injektionsbereich **2** identisch zum Schichtaufbau der Fig. 1B. Insbesondere sind der geometrische Verlauf der aktiven Schicht **11** in Fig. 1B und Fig. 1C bis auf das zufällig in Fig. 1B auftretende V-Pit **4** identisch. Dies verdeutlicht, dass der Verlauf der aktiven Schicht **11** nicht durch die Position und Form des Injektionsbereichs **2** beeinflusst ist.

[0060] In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel des Halbleiterkörpers **100** wiederum in Querschnittsansicht gezeigt. Vorliegend ist die aktive Schicht **11** aus einer Quantentopfstruktur mit einer Mehrzahl von Quantentopfschichten **110** und Barrierenschichten **111** gebildet, die alternierend übereinander gestapelt sind. Die aktive Schicht **11** weist dabei beispielsweise eine Dicke zwischen einschließlich 50 nm und 200 nm auf. Die Quantentopfschichten **110** haben beispielsweise jeweils eine Dicke zwischen einschließlich 2 nm und 10 nm. Die Quantentopfstruktur der Fig. 2 basiert beispielsweise auf AlInGaN und weist zwischen zehn und 20 Quantentopfschichten **110** auf. Dabei sind die Bandlücken innerhalb der Quantentopfschichten **110** bevorzugt kleiner als innerhalb der Barrierenschichten **111**.

[0061] Ferner zeigt Fig. 2 den Fluss von Ladungsträgern innerhalb der Schichten der Halbleiterschichtenfolge **1** im Betrieb des Halbleiterkörpers **100**. Erste Ladungsträger, beispielsweise Löcher, werden aus der ersten Schicht **10** in den Injektionsbereich **2** injiziert. Aus dem Injektionsbereich **2** können die ersten Ladungsträger direkt in die aktive Schicht **11** gelangen. Dabei verteilen sich die ersten Ladungsträger auf alle Quantentopfschichten **110**, so dass in jede Quantentopfschicht **110** erste Ladungsträger injiziert werden. Die ersten Ladungsträger werden also bevorzugt auf alle Quantentopfschichten **110** verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt. Ferner werden aus der zweiten Schicht **12** zweite Ladungsträger, beispielsweise Elektronen, ebenfalls in die aktive Schicht **11** und die zugehörigen Quantentopfschichten **110** injiziert. Innerhalb der Quantentopfschichten **110** kann es dann zur Rekombination der Elektronen und Löcher kommen, wodurch elektromagnetische Strahlung bevorzugt im UV-Bereich oder im sichtbaren Bereich entsteht. Dabei ermöglicht der Injektionsbereich **2**, dass eine Strahlungserzeugung in allen Quantentopfschichten **110** stattfindet, so dass die Quanteneffizienz des Halbleiterkörpers **100** gegenüber Halbleiterkörpern ohne Injektionsbereiche gesteigert ist.

[0062] In den Ausführungsbeispielen der Fig. 3A bis Fig. 3C sind verschiedene Verfahrensschritte zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers **100** gezeigt. Der Halbleiterkörper **100** wird dabei jeweils in Querschnittsansicht betrachtet.

[0063] In Fig. 3A ist zunächst eine Halbleiterschichtenfolge **1** auf einem Träger **13** bereitgestellt. Die

Reihenfolge der einzelnen Schichten der Halbleiterschichtenfolge **1** entspricht dabei der Reihenfolge aus der **Fig. 1C**. Auf eine dem Träger **13** abgewandte Seite der ersten Schicht **10** ist außerdem eine Maske **3**, beispielsweise aus einem Metall, wie Aluminium oder Silber oder Gold, aufgebracht. Die Maske **3** weist ferner ein Fenster **30** auf, in dem die dem Träger **13** abgewandte Seite der Halbleiterschichtenfolge **1** freiliegt. Der Rest der Halbleiterschichtenfolge **1** ist mit der Maske **3** bedeckt.

[0064] Ferner illustriert **Fig. 3A** den Start eines Ionenimplantationsprozesses, bei dem beispielsweise ionisierte Magnesiumatome auf eine dem Träger **13** abgewandte Seite der Maske **3** geschossen werden.

[0065] In **Fig. 3B** ist ein Verfahrensschritt gezeigt, nachdem der Dotiervorgang mittels der Ionenimplantation beendet ist. Durch den Dotiervorgang ist im Bereich des Fensters **30** ein Injektionsbereich **2** entstanden, in dem die Halbleiterschichtenfolge **1** dotiert ist. Unterhalb der Maske **3** in Bereichen außerhalb des Fensters **30** ist keine oder eine geringere Dotierung der Halbleiterschichtenfolge **1** erfolgt. Die Maske **3** hat also die Ionen aus dem Ionenimplantationsprozess abgeschirmt oder abgefangen.

[0066] In **Fig. 3C** ist das gleiche Ausführungsbeispiel wie in **Fig. 3B** gezeigt, lediglich wurde die Maske **3** nach dem Dotierprozess entfernt. Übrig bleibt der fertige optoelektronische Halbleiterkörper **100**.

[0067] **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen weitere Ausführungsbeispiele eines optoelektronischen Halbleiterkörpers **100** in Draufsicht auf die aktive Schicht **11** der Halbleiterschichtenfolge **1**. In **Fig. 4A** sind die Injektionsbereiche **2** in einem regelmäßigen hexagonalen Muster angeordnet, in **Fig. 4B** sind die Injektionsbereiche **2** wiederum in einem quadratischen Matrixmuster angeordnet. In **Fig. 4A** weisen die Injektionsbereiche **2** eine runde oder ovale Querschnittsform auf, wohingegen in **Fig. 4B** die Injektionsbereiche **2** quadratische Querschnittsformen haben. Die Anordnung der Injektionsbereiche **2** sowie die geometrische Querschnittsform der Injektionsbereiche **2** kann über die geometrische Form und die Anordnung der Fenster **30** in der Maske **3** bestimmt werden.

[0068] Ferner zeigt **Fig. 4A** eine Mehrzahl von Gitterversetzungen **4** in Form von V-Pits **4**, die aufgrund des Wachstums in der Halbleiterschichtenfolge **1** entstanden sind. Die V-Pits **4** sind dabei willkürlich und nicht regelmäßig oder periodisch in der Halbleiterschichtenfolge **1** verteilt. Insbesondere korrelieren die Positionen der Injektionsbereiche **2** nicht mit den Positionen der V-Pits **4**.

[0069] 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 den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn diese Merkmale oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

1	Halbleiterschichtenfolge
2	Injektionsbereich
3	Maske
4	Gitterversetzungen/V-Pits
10	erste Schicht
11	aktive Schicht
12	zweite Schicht
13	Träger
30	Fenster
100	optoelektronischer Halbleiterkörper
110	Quantentopfschicht
111	Barrierschicht

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Halbleiterkörper (**100**), aufweisend

- eine Halbleiterschichtenfolge (**1**) mit einer ersten Schicht (**10**) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht (**12**) eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht (**10**) und der zweiten Schicht (**12**) angeordneten aktiven Schicht (**11**), die im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung absorbiert oder emittiert,
- einer Mehrzahl von in lateraler Richtung nebeneinander angeordneten Injektionsbereichen (**2**), wobei innerhalb jedes Injektionsbereichs (**2**) die Halbleiterschichtenfolge (**1**) derart dotiert ist, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs (**2**) die Halbleiterschichtenfolge (**1**) den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht (**10**) aufweist, wobei
- jeder Injektionsbereich (**2**) ausgehend von der ersten Schicht (**10**) die aktive Schicht (**11**) zumindest teilweise durchdringt und jeder Injektionsbereich (**2**) lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht (**11**) umgeben ist, in der die aktive Schicht (**11**) weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich (**2**),
- im Betrieb Ladungsträger zumindest teilweise von der ersten Schicht (**10**) in die Injektionsbereiche (**2**) gelangen und von dort aus direkt in die aktive Schicht (**11**) injiziert werden.

2. Optoelektronischer Halbleiterkörper (**100**) nach Anspruch 1,

- wobei
- die Injektionsbereiche (**2**) der gewachsenen Halbleiterschichtenfolge (**1**) derart überlagert sind, dass im Mittel Positionen der Injektionsbereiche (**2**) unkorreliert zu Positionen von etwaigen Kristallstörungen in der Halbleiterschichtenfolge (**1**) sind.

3. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach Anspruch 1 oder 2,

wobei

- die Wahrscheinlichkeit, eine Gitterversetzung der Halbleiterschichtenfolge **(1)** innerhalb eines Injektionsbereichs **(2)** vorzufinden, höchstens 50 % beträgt,
- die aktive Schicht innerhalb zumindest 50 % der Injektionsbereiche **(2)** durchgehend planar verläuft.

4. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- innerhalb eines jeden gesamten Injektionsbereichs **(2)** eine Dotierkonzentration von zumindest 10^{18} Dotieratomen pro cm^3 vorliegt,
- die Dotierkonzentration innerhalb der aktiven Schicht **(11)** außerhalb der Injektionsbereiche **(2)** zumindest zwei Größenordnungen geringer oder entgegengesetzt als in den Injektionsbereichen **(2)** ist.

5. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die aktive Schicht **(11)** eine Quantentopfstruktur mit zumindest einer Quantentopfschicht **(110)** aufweist,
- zwischen zwei benachbarten Quantentopfschichten **(110)** jeweils zumindest eine Barrierenschicht **(111)** angeordnet ist,
- die Bandlücke zwischen Valenzband und Leitungsband im Bereich der Quantentopfschicht **(110)** kleiner ist als im Bereich der Barrierenschicht **(111)**,
- die Haupterstreckungsrichtungen der Barrierenschicht **(111)** und der Quantentopfschicht **(110)** im Wesentlichen parallel zu einer Haupterstreckungsrichtung der Halbleiterschichtenfolge **(1)** verlaufen.

6. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Injektionsbereiche **(2)** sich in Richtung weg von der ersten Schicht **(10)** verjüngen,
- die Injektionsbereiche **(2)** die aktive Schicht **(11)** vollständig durchdringen und in die zweite Schicht **(12)** hineinragen,
- die Injektionsbereiche **(2)** zumindest 50 nm und höchstens 300 nm in die zweite Schicht **(12)** hineinragen.

7. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Halbleiterschichtenfolge **(1)** auf einem Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial basiert,
- die erste Schicht **(10)** sowie die Injektionsbereiche **(2)** p-dotiert sind und Löcher als ersten Leitfähigkeitstyp aufweisen.

8. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- in Draufsicht auf die aktive Schicht **(11)** die Injektionsbereiche **(2)** auf Gitterpunkten eines regelmäßigen Gitters angeordnet sind.

9. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Injektionsbereiche **(2)** innerhalb der aktiven Schicht **(11)** einen Durchmesser in lateraler Richtung von jeweils zumindest 100 nm und höchstens 500 nm haben.

10. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Flächenbelegungsichte der Injektionsbereiche **(2)** entlang der gesamten aktiven Schicht **(11)** zwischen einschließlich 0,5 % und 30 % beträgt.

11. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Injektionsbereiche **(2)** sich in Richtung weg von der ersten Schicht **(10)** verjüngen und domförmig ausgebildet sind,
- innerhalb der Injektionsbereiche **(2)** die Dotierkonzentration von innen nach außen in lateraler Richtung kontinuierlich abnimmt.

12. Optoelektronischer Halbleiterkörper **(100)** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

- die Halbleiterschichtenfolge **(1)** auf einem Träger **(13)** aufgebracht ist,
- der Träger **(13)** auf einer der ersten Schicht **(10)** abgewandten oder zugewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge **(1)** aufgebracht ist,
- der Halbleiterkörper **(100)** als Oberflächenemitter oder Volumenemitter ausgebildet ist.

13. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterkörpers **(100)**, aufweisend die Schritte:

- A) Bereitstellen einer Halbleiterschichtenfolge **(1)** mit einer ersten Schicht **(10)** eines ersten Leitfähigkeitstyps, einer zweiten Schicht **(12)** eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einer zwischen der ersten Schicht **(10)** und der zweiten Schicht **(12)** angeordneten aktiven Schicht **(11)**, die im bestimmungsgemäßen Betrieb elektromagnetische Strahlung absorbiert oder emittiert;
- B) gezielte Dotierung der Halbleiterschichtenfolge **(1)** in zumindest einem lateral definierten und lateral begrenzten Injektionsbereich **(2)** der Halbleiterschichtenfolge **(1)**, wobei
 - im Schritt B) derart dotiert wird, dass innerhalb des gesamten Injektionsbereichs **(2)** die Halbleiterschichtenfolge **(1)** den gleichen Leitfähigkeitstyp wie die erste Schicht **(10)** aufweist,

- der Injektionsbereich (2) ausgehend von der ersten Schicht (10) die aktive Schicht (11) zumindest teilweise durchdringt,
- nach dem Dotieren im Schritt B) der Injektionsbereich (2) lateral von einer zusammenhängenden Bahn der aktiven Schicht (11) umgeben ist, in der die aktive Schicht (11) weniger oder entgegengesetzt dotiert ist als im Injektionsbereich (2).

14. Verfahren nach Anspruch 13,
wobei

- vor dem Schritt B) eine Maske (3) auf die der aktiven Schicht (11) abgewandte Seite der ersten Schicht (10) aufgebracht wird,
- die Maske (3) zumindest ein Fenster (30) aufweist, in dem die Halbleiterschichtenfolge (1) frei liegt,
- die Dotierung durch einen Ionen-Implantationsprozess erfolgt, wobei Dotieratome von einer der aktiven Schicht (11) abgewandten Seite der Maske (3) auf die Maske (3) geschossen werden,
- eine Dotierung der Halbleiterschichtenfolge (1) im Bereich des Fensters (30) erfolgt,
- eine Dotierung der Halbleiterschichtenfolge (1) unterhalb der Maske (3) durch die Maske (3) unterdrückt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14,
wobei

- für die Produktion der Maske (3) zunächst eine Maskenschicht auf die Halbleiterschichtenfolge (1) aufgebracht wird,
- anschließend mittels eines Lithographieverfahrens oder eines Nanoprägelithographieverfahrens zumindest das eine Fenster (30) in der Maskenschicht erzeugt wird,
- die Maske (3) ein Metall aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, wobei nach dem Ionen-Implantationsprozess die Halbleiterschichtenfolge (1) einem thermischen Ausheilungsprozess ausgesetzt wird.

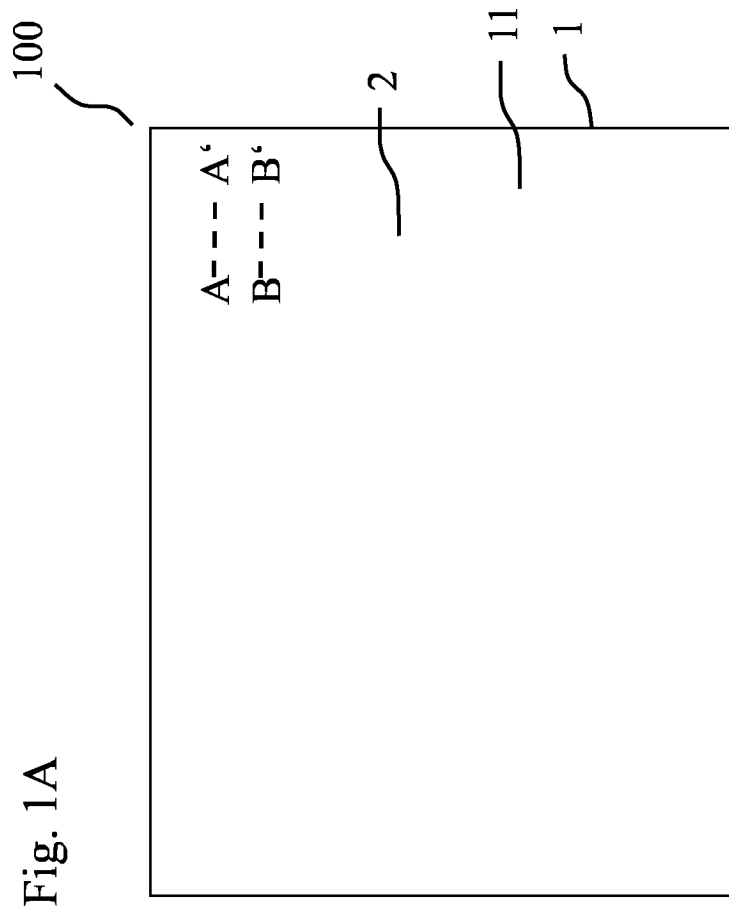
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16,

wobei

- die Halbleiterschichtenfolge (1) vor dem Schritt A) auf einem Aufwachssubstrat (4) aufgewachsen wird, wobei zunächst die zweite Schicht (12), dann die aktive Schicht (11) und dann die erste Schicht (10) aufgewachsen wird,
- die Dotierung der Halbleiterschichtenfolge (1) im Schritt B) von einer dem Aufwachssubstrat (4) abgewandten Seite erfolgt,
- nach dem Schritt B) ein Hilfsträger auf die dem Aufwachssubstrat (4) abgewandte Seite der Halbleiterschichtenfolge (1) aufgebracht und das Aufwachssubstrat (4) abgelöst wird.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



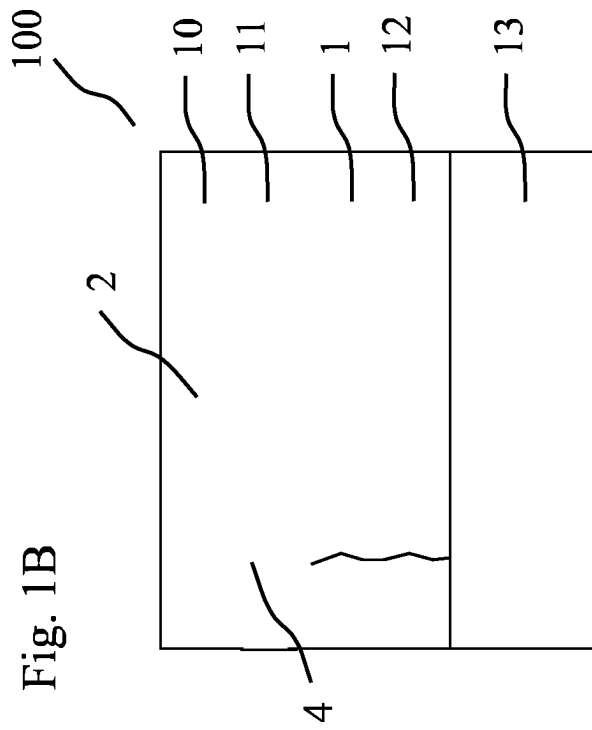


Fig. 1B

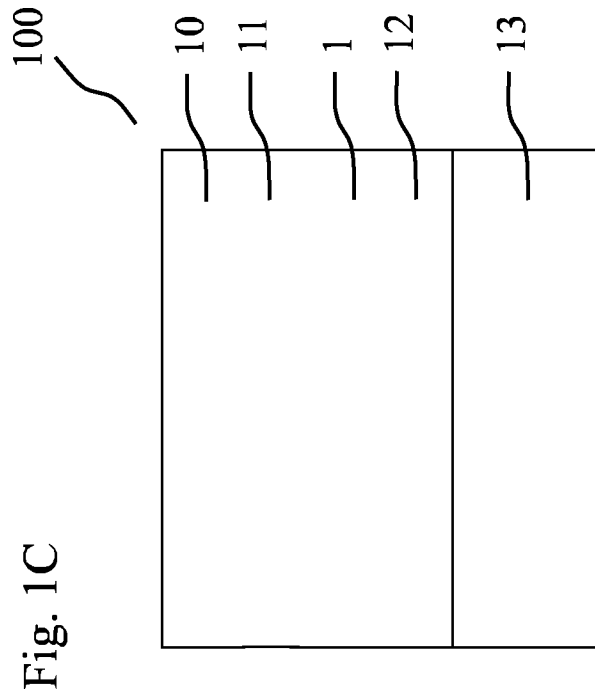


Fig. 1C

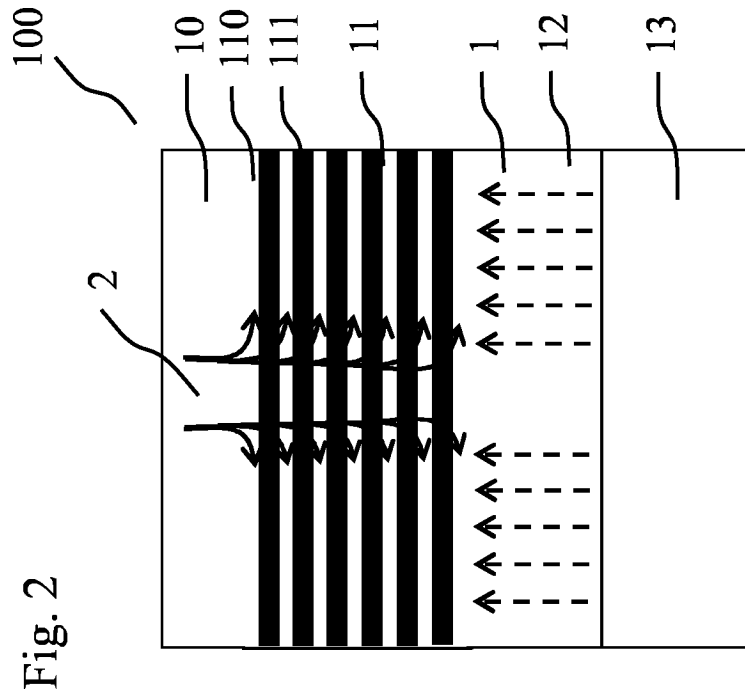


Fig. 3A

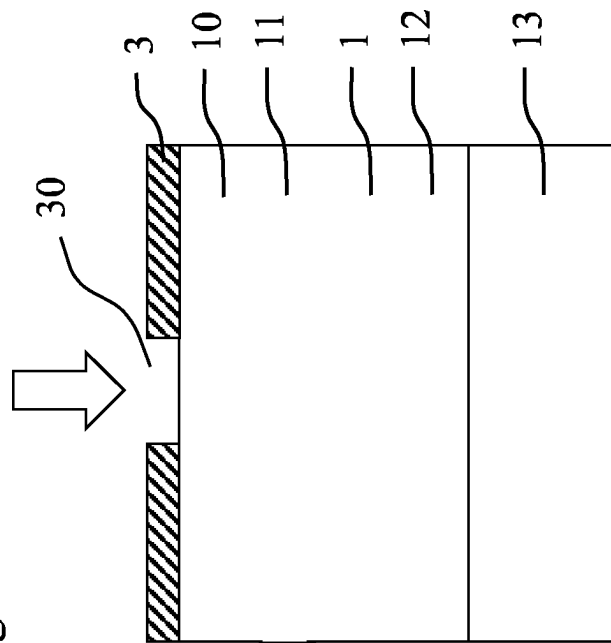


Fig. 3B

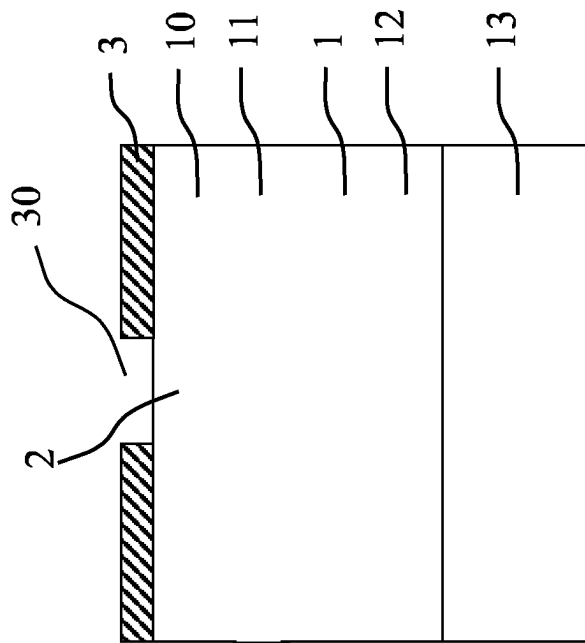
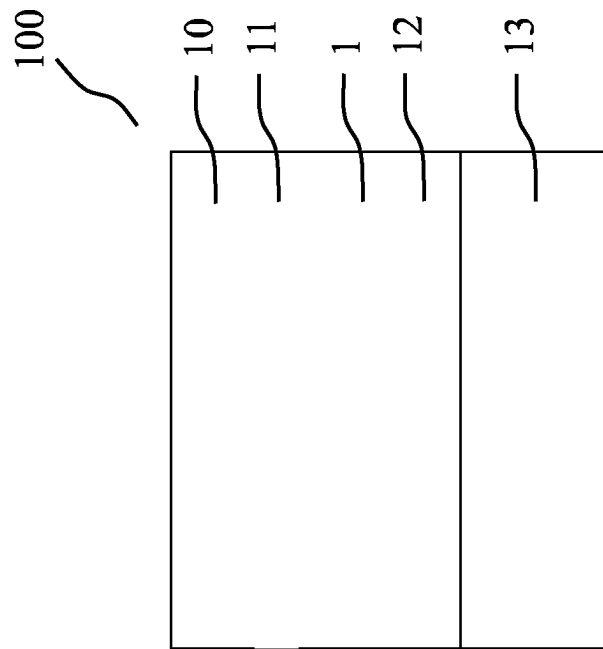


Fig. 3C



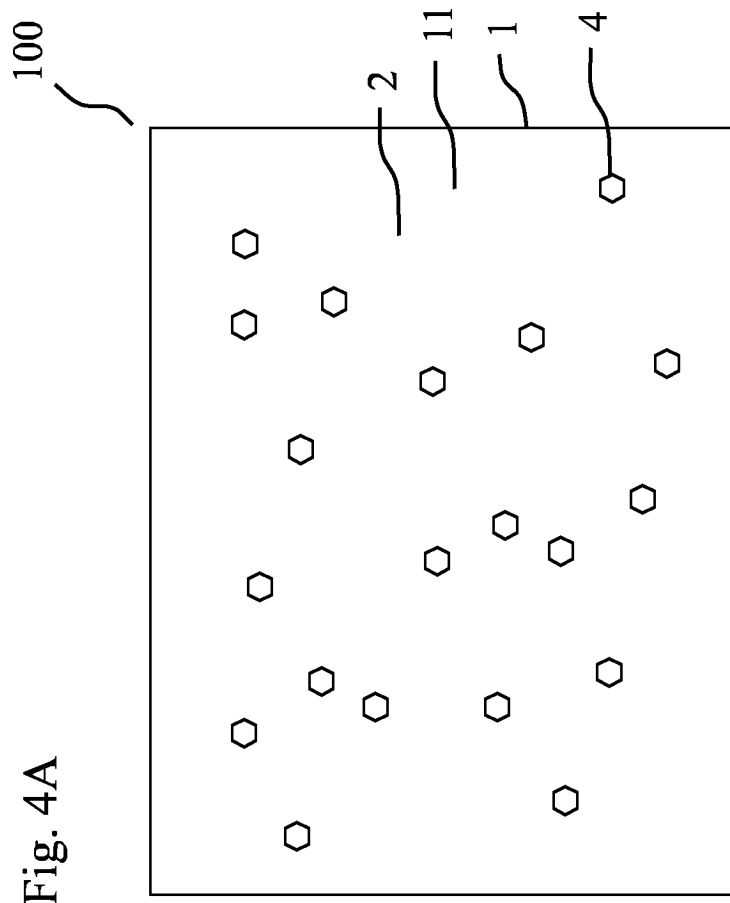


Fig. 4A

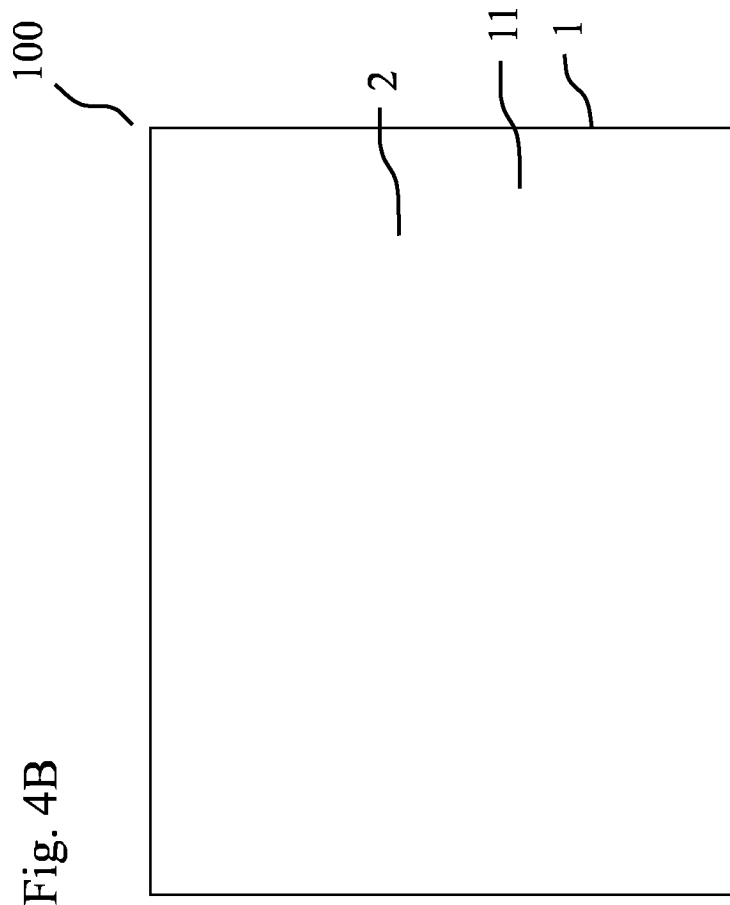


Fig. 4B