



(10) **DE 10 2016 118 241 A1** 2018.03.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 118 241.9**

(22) Anmeldetag: **27.09.2016**

(43) Offenlegungstag: **29.03.2018**

(51) Int Cl.: **H01L 33/38** (2010.01)

H01L 23/482 (2006.01)

H01L 21/283 (2006.01)

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

(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer
Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:
**Behringer, Martin Rudolf, Dr., 93049 Regensburg,
DE; Holland, Brendan, Dr., 93059 Regensburg,
DE; Sommerfeld, Jana, Dr., 93053 Regensburg,
DE; vom Dorp, Sabine, Dr., 90518 Altdorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2006 / 0 086 942	A1
US	2013 / 0 248 877	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

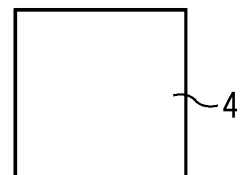
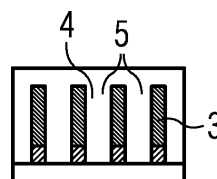
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung einer Halbleiterschicht und Halbleiterbauelement mit elektrischer Kontaktierung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung einer Halbleiterschicht (2) angegeben, umfassend die Schritte:

- Bereitstellen der Halbleiterschicht;
- Ausbilden einer Mehrzahl von Kontaktstäben (3) auf der Halbleiterschicht;
- Ausbilden einer Füllschicht (4) auf den Kontaktstäben und in Zwischenräumen (5) zwischen den Kontaktstäben; und
- Freilegen der Kontaktstäbe.

Weiterhin wird ein Halbleiterbauelement (7) mit elektrischer Kontaktierung (1) angegeben.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung einer Halbleiterschicht und ein Halbleiterbauelement mit einer elektrischen Kontaktierung.

[0002] Bei optoelektronischen Halbleiterbauelementen wie beispielsweise Leuchtdioden ist oftmals eine elektrische Kontaktierung gewünscht, die eine in lateraler Richtung gleichmäßige Ladungsträgerverteilung ermöglicht und gleichzeitig geringe Absorptionsverluste zeigt. Beispielsweise finden transparente leitfähige Oxide (transparent conductive oxide, TCO) Anwendung, die auf die zu kontaktierende Halbleiterschicht aufgebracht werden. Allerdings können auch solche Materialien eine nicht zu vernachlässigende Strahlungsabsorption bewirken.

[0003] Eine Aufgabe ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem eine elektrische Kontaktierung eines Halbleiterbauelements mit geringen Absorptionsverlusten und gleichzeitig einer effizienten Ladungsträgerverteilung hergestellt werden kann. Weiterhin soll ein Halbleiterbauelement angegeben werden, das sich durch eine hohe Effizienz der Strahlungserzeugung oder des Strahlungsempfangs auszeichnet.

[0004] Diese Aufgaben werden unter anderem durch ein Verfahren beziehungsweise ein Halbleiterbauelement gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausgestaltung und Zweckmäßigkeiten sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0005] Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung einer Halbleiterschicht eingegeben.

[0006] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Halbleiterschicht bereitgestellt. Beispielsweise ist die Halbleiterschicht eine p-leitend oder n-leitend dotierte Halbleiterschicht, die für die Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterbauelements, etwa eines Strahlungsemitters oder Strahlungsempfängers, vorgesehen ist.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Mehrzahl von Kontaktstäben auf der Halbleiterschicht ausgebildet. Die Kontaktstäbe sind zweckmäßig elektrisch leitfähig ausgebildet und mit der Halbleiterschicht elektrisch leitend verbunden.

[0008] Die Kontaktstäbe können unmittelbar an die Halbleiterschicht angrenzen. Alternativ kann zwischen den Kontaktstäben und der Halbleiterschicht eine insbesondere elektrisch leitfähige Zwischenschicht angeordnet sein. Die Kontaktstäbe sind beispielsweise entlang einer lateralen Richtung, also

einer Richtung, die parallel zu einer Haupterstreckungsebene der Halbleiterschicht verläuft, nebeneinander angeordnet und zumindest teilweise voneinander beabstandet. Der Ausdruck „Kontaktstab“ impliziert keine Einschränkung hinsichtlich der geometrischen Grundform der Grundfläche des Kontaktstabs. Die Grundfläche der Kontaktstäbe kann mehr-eckig, beispielsweise dreieckig, viereckig oder sechseckig oder vollständig oder zumindest bereichsweise gekrümmt ausgebildet sein, beispielsweise kreisförmig oder elliptisch. Weiterhin muss die vertikale Ausdehnung, also die Ausdehnung der Kontaktstäbe senkrecht zur Haupterstreckungsebene der Halbleiterschicht, nicht notwendigerweise größer sein als die maximale laterale Ausdehnung der Kontaktstäbe. Weiterhin kann der Querschnitt der Kontaktstäbe entlang der vertikalen Richtung konstant sein oder variieren.

[0009] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Füllschicht ausgebildet. Beispielsweise grenzt die Füllschicht stellenweise unmittelbar an die Halbleiterschicht oder gegebenenfalls die Zwischenschicht an. Insbesondere wird die Füllschicht in Zwischenräume zwischen den Kontaktstäben ausgebildet. Zum Beispiel grenzt die Füllschicht unmittelbar an die Kontaktstäbe an. Weiterhin kann die Füllschicht auch auf den Kontaktstäben ausgebildet werden. Beispielsweise wird die Füllschicht derart aufgebracht, dass sie zumindest zwei benachbarte Kontaktstäbe und den zwischen den Kontaktstäben angeordneten Zwischenraum vollständig bedeckt. Die Füllschicht kann auch alle Kontaktstäbe vollständig bedecken.

[0010] Insbesondere kann die Füllschicht in vertikaler Richtung eine größere maximale Ausdehnung aufweisen als die Kontaktstäbe.

[0011] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Kontaktstäbe freigelegt. Beispielsweise wird Material der Füllschicht, insbesondere auf einer der Halbleiterschicht abgewandten Seite der Kontaktstäbe angeordnetes Material der Füllschicht, entfernt. Das Entfernen erfolgt beispielsweise mittels eines chemischen und/oder mechanischen Verfahrens, etwa mittels, Äzens, Polierens oder eines chemisch-mechanischen Polierens. Nach Abschluss des Freilegens erstrecken sich die Kontaktstäbe in vertikaler Richtung vollständig durch die Füllschicht hindurch. Nach dem Freilegen der Kontaktstäbe schließen die Füllschicht und die Kontaktstäbe auf der der Halbleiterschicht abgewandten Seite beispielsweise bündig ab.

[0012] In mindestens einer Ausführungsform des Verfahrens zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung einer Halbleiterschicht wird die Halbleiterschicht bereitgestellt. Eine Mehrzahl von Kontaktstäben wird auf der Halbleiterschicht ausgebildet. Eine

Füllschicht wird auf den Kontaktstäben und in den Zwischenräumen zwischen den Kontaktstäben ausgebildet. Die Kontaktstäbe werden freigelegt.

[0013] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird nach dem Freilegen der Kontaktstäbe eine Kontaktschicht aufgebracht, die zumindest einen Teil der Kontaktstäbe elektrisch leitend miteinander verbindet. Die Kontaktschicht ist zweckmäßigerweise elektrisch leitfähig ausgebildet. Insbesondere bedeckt die Kontaktschicht alle Kontaktstäbe auf der der Halbleiterschicht abgewandten Seite. Die Kontaktschicht kann einschichtig oder mehrschichtig ausgebildet sein. Beispielsweise ist die Kontaktschicht oder eine der Halbleiterschicht zugewandte Teilschicht der Kontaktschicht als eine Spiegelschicht ausgebildet. Beispielsweise weist die Spiegelschicht Silber, Aluminium, Rhodium, Nickel oder Chrom auf. Diese Materialien zeichnen sich durch eine hohe Reflektivität im sichtbaren Spektralbereich aus. Im infraroten Spektralbereich weist beispielsweise Gold eine hohe Reflektivität auf.

[0014] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Kontaktstäbe mittels eines ersten Materials und eines zweiten Materials gebildet, wobei das erste Material auf die Halbleiterschicht und das zweite Material auf das erste Material aufgebracht werden.

[0015] Insbesondere kann eine Dicke des zweiten Materials größer sein als eine Dicke des ersten Materials. Beispielsweise ist die Dicke des zweiten Materials mindestens fünfmal so groß, vorzugsweise mindestens zehnmal so groß wie die Dicke des ersten Materials. Das zweite Material kann auf der der Halbleiterschicht abgewandten Seite des ersten Materials oder zwischen der Halbleiterschicht und dem ersten Material angeordnet sein.

[0016] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das erste Material gemäß einer vorgegebenen lateralen Struktur strukturiert ausgebildet. Beispielsweise wird das erste Material in Form einer Schicht großflächig aufgebracht und nachfolgend photolithographisch strukturiert. Alternativ kann die Halbleiterschicht beispielsweise bereichsweise mit einer Maskenschicht in nicht mit dem ersten Material zu bedeckendem Material bedeckt werden. Nach dem Aufbringen des ersten Materials kann die Maskenschicht zusammen mit dem darauf angeordneten ersten Material entfernt werden, sodass das erste Material die gewünschte laterale Struktur aufweist.

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine laterale Struktur des ersten Materials selbstorganisiert ausgebildet. Eine Strukturierung, beispielsweise mittels eines photolithographischen Verfahrens, ist hierfür also nicht erforderlich.

[0018] Durch eine selbstorganisierte laterale Struktur können insbesondere auch besonders kleine laterale Strukturen erzielt werden. Beispielsweise liegt eine maximale laterale Ausdehnung eines Strukturelements unterhalb der Auflösungsgrenze von Lithographieverfahren.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das erste Material in Form von Clustern aufgebracht. Beispielsweise sind die Cluster metallische Cluster. Zum Beispiel enthalten die Cluster Gold.

[0020] Eine laterale Ausdehnung der Cluster kann nachfolgend verringert werden, sodass die Cluster zumindest stellenweise lateral voneinander beabstandet sind. Dies kann beispielsweise mittels eines trockenchemischen Ätzens erfolgen. Beispielsweise weisen die einzelnen Cluster eine laterale Ausdehnung zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 1 µm auf.

[0021] Nach der Reduzierung der lateralen Ausdehnung können die einzelnen Cluster beispielsweise eine laterale Ausdehnung zwischen einschließlich 30 nm und einschließlich 100 nm aufweisen.

[0022] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das zweite Material durch galvanische Abscheidung aufgebracht. Eine galvanische Abscheidung zeichnet sich insbesondere im Vergleich zu anderen Abscheideverfahren wie Sputtern oder Aufdampfen durch eine hohe Abscheiderate aus. Weiterhin erfolgt die Abscheidung nur an den Stellen, an denen sich das erste Material befindet. Über die Dauer der galvanischen Abscheidung ist die Dicke der herzustellenden Kontaktstäbe einstellbar.

[0023] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das zweite Material durch ein Kristallwachstum, ausgehend von dem ersten Material, gebildet. Dies kann beispielsweise basierend auf dem VLS (Vapour Liquid Solid)-Mechanismus erfolgen. Das zweite Material kann beispielsweise durch katalysatorgestützte chemische Gasphasenabscheidung aufgebracht werden. Bei diesem Verfahren können sich einkristalline oder mehrkristalline Kontaktstäbe ausbilden. Derartige Kristallstäbe werden auch als „Whisker“ bezeichnet. Dieses Wachstum erfolgt selbstjustiert nur an den Stellen, an denen sich das erste Material befindet.

[0024] Beispielsweise kann sich das zweite Material der Kontaktstäbe zwischen dem ersten Material und der Halbleiterschicht ausbilden. Das erste Material kann hierbei als Katalysator wirken. Mit zunehmender Dauer des Verfahrens entfernt sich das erste Material von der Halbleiterschicht in vertikale Richtung.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird vor dem Ausbilden der Kontaktstäbe eine Zwischenschicht auf die Halbleiterschicht aufgebracht. Nachfolgend können die Kontaktstäbe auf die Zwischenschicht aufgebracht werden. Beispielsweise enthält die Zwischenschicht ein TCO-Material.

[0026] TCO-Materialien sind transparente, leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃ gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein.

[0027] Die Zwischenschicht kann die Funktion einer Stromaufweitungsschicht erfüllen. Eine derartige Zwischenschicht eignet sich insbesondere für eine Halbleiterschicht, die eine sehr geringe Querleitfähigkeit aufweist, beispielsweise p-leitendes Halbleitermaterial auf der Basis von Nitrid-Verbindungsleitermaterial.

[0028] Auf „Nitrid-Verbindungshalbleitern basierend“ bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass die Halbleiterschicht, beispielsweise als Teil einer Halbleiterschichtenfolge, die einen aktiven Bereich zur Strahlungserzeugung oder zum Strahlungsempfang aufweist, ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise Al_xIn_yGa_{1-x-y}N aufweist oder aus diesem besteht, wobei $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es beispielsweise ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens enthält die Füllschicht ein dielektrisches Material. Die Füllschicht erfüllt beispielsweise die Funktion eines dielektrischen Spiegels. Im einfachsten Fall ist die Füllschicht einschichtig ausgebildet. Alternativ weist die Füllschicht eine Mehrzahl von dielektrischen Schichten auf, wobei sich aneinander grenzende Schichten durch unterschiedliche Brechungsindices auszeichnen. Beispielsweise ist mittels der dielektrischen Schichten ein Bragg-Spiegel gebildet.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens enthält die Füllschicht ein TCO-Material. Insbesondere kann die Füllschicht eine Teilschicht und eine weitere Teilschicht aufweisen, wobei die Teilschicht ein dielektrisches Material und die weitere Teilschicht ein TCO-Material enthält. Zweckmäßigerweise ist die weitere Teilschicht näher an der Halbleiterschicht angeordnet als die Teilschicht. Insbesondere grenzt die weitere Teilschicht direkt an die Halbleiterschicht oder gegebenenfalls an die Zwischenschicht an. Die Teilschicht und/oder die weitere Teilschicht können selbst jeweils auch mehrschichtig ausgebildet sein.

[0031] Eine Füllschicht, die ein TCO-Material enthält, kann selbst zur Stromaufweitung beitragen. Dielektrische Materialien können sich dagegen durch eine besonders hohe Transparenz im sichtbaren Spektralbereich auszeichnen.

[0032] Mit dem beschriebenen Verfahren können insbesondere die folgenden Effekte erzielt werden.

[0033] Es kann eine Vielzahl von Kontaktstäben ausgebildet werden, die jeweils eine geringe laterale Ausdehnung aufweisen können, sodass trotz der Vielzahl von Kontaktstäben insgesamt nur eine geringe Abschattung der zu kontaktierenden Halbleiterschicht erfolgt. Zwischen den Kontaktstäben kann eine Füllschicht eingebracht werden, die selbst nicht elektrisch leitfähig sein muss, so dass das Material der Füllschicht im Hinblick auf eine möglichst geringe Strahlungsabsorption im für das herzustellende Halbleiterbauelement maßgeblichen Spektralbereich, beispielsweise im sichtbaren, ultravioletten oder infraroten Spektralbereich, wählbar ist.

[0034] Insbesondere im Vergleich zu einem Verfahren, bei dem auf der Halbleiterschicht zunächst eine dielektrische Schicht aufgebracht wird und nachfolgend Durchkontaktierungen durch die dielektrische Schicht ausgebildet werden, können die Kontaktstäbe sehr nah aneinander und mit einer hohen Dichte angeordnet werden. Anforderungen an die elektrische Querleitfähigkeit einer Stromaufweitungsschicht außerhalb der Halbleiterschicht können dadurch reduziert werden. Bei gleicher Dicke einer Stromaufweitungsschicht, etwa einer Zwischenschicht in Form einer TCO-Schicht, kann eine höhere Stromdichte homogen über das Halbleiterbauelement verteilt eingebracht werden. Alternativ kann für eine gleichbleibende Stromdichte eine dünnere Zwischenschicht Anwendung finden. Helligkeitsverluste aufgrund von Absorptionen in der Zwischenschicht können so verringert werden.

[0035] Aufgrund der hohen Anzahl der Kontaktstäbe ist der über die einzelnen Kontaktstäbe fließende Strom vergleichsweise gering. Für die Kontaktstäbe eignet sich daher neben einem Metall auch ein Ma-

terial mit verglichen dazu geringerer elektrischer Leitfähigkeit, beispielsweise ein TCO-Material. Absorptionsverluste können so weiter reduziert werden.

[0036] Insbesondere eignet sich das Verfahren für die elektrische Kontaktierung von Halbleitermaterial, das selbst eine vergleichsweise geringe elektrische Leitfähigkeit aufweist, beispielsweise p-leitend dotiertes Halbleitermaterial auf der Basis von Nitrid-Verbindungshalbleitern.

[0037] Das Verfahren eignet sich jedoch auch für andere Halbleitermaterialien, insbesondere andere III-V-Verbindungshalbleiter oder auch für n-leitendes Halbleitermaterial auf der Basis von Nitrid-Verbindungshalbleitern.

[0038] Ferner eignet sich das Verfahren auch für die elektrische Kontaktierung von Halbleiterbauelementen, die nicht für die Erzeugung von Strahlung, sondern für das Empfangen von Strahlung vorgesehen sind, beispielsweise für Solarzellen oder Photodetektoren.

[0039] Ein Halbleiterbauelement weist zumindest gemäß einer Ausführungsform eine elektrische Kontaktierung auf, wobei die elektrische Kontaktierung auf einer Halbleiterschicht angeordnet ist und eine Mehrzahl von Kontaktstäben aufweist. Zwischenräume zwischen den Kontaktstäben sind mit einem Füllmaterial gefüllt. Die Kontaktstäbe sind insbesondere auf einer der Halbleiterschicht abgewandten Seite über eine Kontaktschicht elektrisch leitend miteinander verbunden.

[0040] Beispielsweise ist das Halbleiterbauelement als ein optoelektronisches Halbleiterbauelement, insbesondere als eine Lumineszenzdiode, ein Fotodetektor oder eine Solarzelle ausgebildet.

[0041] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Halbleiterbauelements weisen die Kontaktstäbe zumindest stellenweise eine Dichte von mindestens 10.000 Stück pro Quadratmillimeter auf. Je höher die Dichte ist, desto geringer kann der über den einzelnen Kontaktstab fließende Strom sein, so dass die Anforderungen an die Stromtragfähigkeit der einzelnen Kontaktstäbe verringert sind.

[0042] Ein mittlerer Abstand zwischen benachbarten Kontaktstäben beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 300 nm und einschließlich 10 µm.

[0043] Eine maximale laterale Ausdehnung der Kontaktstäbe beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 3 % und einschließlich 20 % des mittleren Abstands zwischen benachbarten Kontaktstäben. Dadurch können vergleichsweise viele Kontaktstäbe auf der Halbleiterschicht aufgebracht werden, ohne dass dies zu einer signifikanten Bedeckung der Halbleiter-

schicht durch Kontaktstäbe führt. Absorptionsverluste, bedingt durch die Kontaktstäbe, sind bei einer gleichzeitig guten elektrischen Kontaktierbarkeit der Halbleiterschicht minimiert.

[0044] Insbesondere mittels einer selbstorganisierten Ausgestaltung der Anordnung der Kontaktstäbe können besonders geringe Abstände zwischen den Kontaktstäben erzielt werden. Beispielsweise beträgt der mittlere Abstand zwischen benachbarten Kontaktstäben zwischen einschließlich 300 nm und einschließlich 1 µm. Beispielsweise weisen die Kontaktstäbe zumindest stellenweise eine Dichte von mindestens 1 Million pro Quadratmillimeter auf.

[0045] Eine maximale laterale Ausdehnung der Kontaktstäbe beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 30 nm und einschließlich 1000 nm. Insbesondere bei selbstorganisiert ausgebildeten Kontaktstäben können die Kontaktstäbe eine maximale laterale Ausdehnung zwischen einschließlich 30 nm und einschließlich 100 nm aufweisen.

[0046] Für die Herstellung des Halbleiterbauelements eignet sich insbesondere das weiter oben beschriebene Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Kontaktierung. Im Zusammenhang mit den Verfahren offenbarte Merkmale können daher auch für das Halbleiterbauelement herangezogen werden und umgekehrt.

[0047] Weitere Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren.

[0048] Es zeigen:

[0049] Die Fig. 1A bis Fig. 1F einen Ausführungsbeispiel für ein Verfahren anhand von jeweils in Schnittansicht und Draufsicht dargestellten Zwischenschritten;

[0050] Die Fig. 2A bis Fig. 2E einen Ausführungsbeispiel für ein Verfahren anhand von jeweils in Schnittansicht und Draufsicht dargestellten Zwischenschritten;

[0051] Die Fig. 3A bis Fig. 3F einen Ausführungsbeispiel für ein Verfahren anhand von jeweils in Schnittansicht und Draufsicht dargestellten Zwischenschritten;

[0052] Die Fig. 4A bis Fig. 4F einen Ausführungsbeispiel für ein Verfahren anhand von jeweils in Schnittansicht und Draufsicht dargestellten Zwischenschritten; und die Fig. 5A und Fig. 5B ein Ausführungsbeispiel für ein Halbleiterbauelement in schematischer

Schnittansicht (**Fig. 5A**) und in einer vergrößerten Darstellung eines Ausschnitts in **Fig. 5B**.

[0053] Gleiche, gleichartige oder gleichwirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren sind jeweils schematischer Darstellungen und daher nicht unbedingt maßstabsgetreu. Vielmehr können vergleichsweise kleine Elemente und insbesondere Schichtdicken zur Verdeutlichung übertrieben groß dargestellt sein.

[0054] In den **Fig. 1A** bis **Fig. 1F** ist ein Ausführungsbeispiel für ein Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Kontaktierung gezeigt, wobei die Figuren jeweils eine Schnittansicht und eine zugehörige Draufsicht zeigen.

[0055] Auf eine elektrisch zu kontaktierende Halbleiterschicht **2** wird eine Materialschicht **310** aufgebracht (**Fig. 1A**). Die Materialschicht enthält ein Metall, beispielsweise Nickel. Die Materialschicht grenzt unmittelbar an die Halbleiterschicht **2** an.

[0056] Die Materialschicht **310** wird nachfolgend strukturiert, sodass ein erstes Material **31** in lateral strukturierter Form auf der Halbleiterschicht **2** vorliegt (**Fig. 1B**). Beispielsweise liegt das erste Material **31** in Form eines regelmäßigen Rechteckgitters oder hexagonalen Gitters vor. Die Strukturierung kann beispielsweise mittels Lithographie, etwa mittels eines Steppers, und nachfolgendem Ätzen der zu entfernenden Bereiche der Materialschicht erfolgen. Beispielsweise sind die einzelnen Bereiche des ersten Materials kreisförmig.

[0057] Davon abweichend kann das erste Material **31** auch bereits in strukturierter Form auf die Halbleiterschicht aufgebracht werden. Hierfür kann die zweite Halbleiterschicht in nicht zu beschichtenden Bereichen von einer Maskenschicht überdeckt und die Maskenschicht mit der Materialschicht **310** beschichtet werden. Durch ein Entfernen der Maskenschicht und des darauf angeordneten Materials der Materialschicht **310** wird das erste Material in strukturierter Form ausgebildet.

[0058] Nachfolgend wird, wie in **Fig. 1C** dargestellt, auf dem ersten Material ein zweites Material **32** ausgebildet. Hierfür eignet sich beispielsweise eine galvanische Abscheidung. Durch galvanische Abscheidung können vergleichsweise schnell große Schichtdicken hergestellt werden. Zudem erfolgt die Abscheidung nur auf denjenigen Stellen, an denen sich bereits das erste Material **31** befindet. Das zweite Material enthält ein Metall, beispielsweise Nickel. In vertikaler Richtung ist die Ausdehnung des zweiten Materials **32** groß gegenüber der Ausdehnung des ersten Materials **31**, beispielsweise mindestens fünfmal so groß.

[0059] Nachfolgend werden, wie in **Fig. 1D** gezeigt, Zwischenräume **5** zwischen den Kontaktstäben **3** mit einer Füllschicht **4** befüllt, beispielsweise durch Sputtern oder Aufdampfen. Hierbei werden auch die Kontaktstäbe **3** auf der der Halbleiterschicht **2** abgewandten Seite überdeckt.

[0060] Die Kontaktstäbe **3** werden freigelegt, beispielsweise durch ein chemisches, mechanisches oder chemo-mechanisches Abtragverfahren, beispielsweise durch Polieren, Ätzen oder chemo-mechanisches Polieren. Hierfür wird das Material der Füllschicht **4** vorzugsweise großflächig, insbesondere vollflächig, abgetragen, bis die Kontaktstäbe **3** freiliegen (**Fig. 1E**). Bei diesem Schritt kann auch ein Teil der Kontaktstäbe abgetragen werden. Dadurch kann einfach sichergestellt werden, dass sich die Kontaktstäbe vollständig durch die Füllschicht hindurch erstrecken.

[0061] Auf der der Halbleiterschicht **2** abgewandten Seite der Kontaktstäbe **3** wird eine Kontaktschicht **35** aufgebracht, beispielsweise durch Sputtern oder Aufdampfen. Die Kontaktschicht verbindet die einzelnen Kontaktstäbe elektrisch leitend miteinander. Beispielsweise grenzt die Kontaktschicht **35** unmittelbar an die Kontaktstäbe **3** an.

[0062] Das Material der Füllschicht **4** kann elektrisch leitfähig oder elektrisch isolierend sein. Vorzugsweise enthält die Füllschicht ein dielektrisches Material, beispielsweise ein Oxid, etwa Siliziumoxid, ein Nitrid, etwa Siliziumnitrid oder ein Oxinitrid, etwa Siliziumoxinitrid. Die Füllschicht kann auch mehrschichtig ausgebildet sein.

[0063] Beispielsweise kann die Füllschicht eine Mehrzahl von dielektrischen Schichten aufweisen, wobei aneinander angrenzende Schichten jeweils voneinander verschiedene Brechungsindizes aufweisen, sodass die Füllschicht einen dielektrischen Spiegel in Form eines Bragg-Spiegels bildet. Im einfachsten Fall kann eine einzelne dielektrische Schicht einen dielektrischen Spiegel bilden. Insbesondere in Verbindung mit einer als Spiegelschicht ausgebildeten Kontaktschicht **35** kann so eine elektrische Kontaktierung der Halbleiterschicht erzielt werden, die sich durch geringe Absorptionsverluste und eine hohe Reflektivität auszeichnet.

[0064] Ein Abstand zwischen benachbarten Kontaktstäben **3** beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 3 μm und einschließlich 10 μm . Eine maximale laterale Ausdehnung der Kontaktstäbe beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 300 nm und einschließlich 1 μm . Die maximale laterale Ausdehnung der Kontaktstäbe beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 5 % und einschließlich 20 % des Abstands der Kontaktstäbe. Dadurch kann vereinfacht erzielt werden, dass nur eine vergleichswei-

se geringe Fläche der Halbleiterschicht **2** von den Kontaktstäben überdeckt wird, und gleichzeitig eine in lateraler Richtung gleichmäßige Stromverteilung in der Halbleiterschicht **2** erfolgen kann.

[0065] Eine vertikale Ausdehnung der Kontaktstäbe beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 200 nm und einschließlich 1,5 µm. Insbesondere beträgt die vertikale Ausdehnung vorzugsweise zwischen dem 0,3-Fachen und dem Dreifachen der Peak-Wellenlänge der zu erzeugenden Strahlung. Die vertikale Ausdehnung der Kontaktstäbe **3** hängt insbesondere von der Dicke der herzustellenden Füllschicht **4** ab. Beispielsweise kann die Füllschicht bei einer einschichtigen Ausgestaltung eine geringere Schichtdicke aufweisen als bei einer mehrschichtigen Ausgestaltung, bei der die Füllschicht einen dielektrischen Spiegel, etwa in Form eines Bragg-Spiegels, mit hoher Reflektivität bildet.

[0066] Ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Verfahren ist in den **Fig. 2A bis Fig. 2E** schematisch anhand von Zwischenschritten gezeigt. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den **Fig. 1A bis Fig. 1F** beschriebenen Ausführungsbeispiel. Im Unterschied hierzu wird das erste Material **31** selbstorganisiert aufgebracht. Hierfür werden, wie in **Fig. 2A** dargestellt, Cluster **311**, insbesondere metallische Cluster, auf die Halbleiterschicht **2** aufgebracht. Zur vereinfachten Darstellung sind die Cluster in **Fig. 2A** in einem regelmäßigen hexagonalen Gitter angeordnet. Die Anordnung der Cluster erfolgt jedoch selbstorganisiert, sodass die mittleren Abstände benachbarter Cluster voneinander abweichen und sich keine regelmäßige Anordnung der Cluster ergibt. Beispielsweise sind die Cluster Metall-Nanocluster, etwa Gold-Nanocluster.

[0067] Nachfolgend wird die laterale Ausdehnung der Cluster **311** verringert, sodass das verbleibende Material zumindest einiger benachbarter Cluster voneinander beabstandet ist. Ein Abstand zwischen den einzelnen Teilbereichen des ersten Materials **31** und damit der später hergestellten Kontaktstäbe beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 300 nm und einschließlich 1 µm.

[0068] Nach dem Verringern der lateralen Ausdehnung beträgt eine Ausdehnung des ersten Materials vorzugsweise zwischen einschließlich 30 nm und einschließlich 100 nm.

[0069] Von dem ersten Material **31** ausgehend wird ein zweites Material **32** aufgebracht. Das erste Material kann mittels eines Kristallwachstumsverfahrens abgeschieden werden, beispielsweise basierend auf dem VLS-Mechanismus. Das zweite Material wächst hierbei zwischen dem ersten Material **31** und der Halbleiterschicht **2**, sodass sich das erste Material **31** mit zunehmender Wachstumsdauer von der Halb-

leiterschicht **2** immer weiter entfernt. Das Wachstum tritt selbstjustiert nur an Stellen auf, an denen sich das erste Material **31** befindet. Das Wachstum wird so lange durchgeführt, bis die gebildeten Kontaktstäbe mindestens eine Länge aufweisen, die der Dicke des herzustellenden dielektrischen Spiegels entspricht.

[0070] Das zweite Material **32** enthält beispielsweise ein Metall oder ein Metalloxid, etwa ein TCO-Material.

[0071] Die weiteren Verfahrensschritte, insbesondere das Füllen der Zwischenräume zur Herstellung des dielektrischen Spiegels, das Freilegen der Kontaktstäbe und das Aufbringen einer Kontaktschicht kann wie im Zusammenhang mit den **Fig. 1D bis Fig. 1F** beschrieben erfolgen. Beim Freilegen der Kontaktstäbe **3** kann insbesondere das erste Material **31** vollständig entfernt werden (**Fig. 2E**), so dass das erste Material in den fertig gestellten Kontaktstäben nicht mehr vorhanden ist. Eine Grenzfläche innerhalb der Kontaktstäbe zwischen dem ersten Material und dem zweiten Material **32** kann so vermieden werden, obwohl für die Herstellung der Kontaktstäbe sowohl das erste Material als auch das zweite Material verwendet wird. Davon abweichend kann der Materialabtrag beim Freilegen der Kontaktstäbe auch früher gestoppt werden, so dass zumindest ein Teil des ersten Materials in den Kontaktstäben verbleibt.

[0072] Mittels der beschriebenen selbstorganisierten Ausgestaltung der Kontaktstäbe **3** können, insbesondere im Vergleich zur Ausbildung von Kontaktstäben mittels eines lithographischen Verfahrens, besonders kleine laterale Ausdehnungen der Kontaktstäbe und kleine Abstände der Kontaktstäbe voneinander erzielt werden.

[0073] Das in den **Fig. 3A bis Fig. 3F** gezeigte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den **Fig. 1A bis Fig. 1F** beschriebenen Ausführungsbeispiel. Im Unterschied hierzu werden die Kontaktstäbe **3** nicht unmittelbar auf der Halbleiterschicht **2** ausgebildet. Vor dem Ausbilden der Kontaktstäbe wird, wie in **Fig. 3A** dargestellt, auf der Halbleiterschicht **2** eine Zwischenschicht **6** aufgebracht. Beispielsweise eignet sich für die Zwischenschicht ein TCO-Material, etwa Indiumzinnoxid (ITO) oder Zinkoxid.

[0074] Auf der Zwischenschicht **6** werden, wie in den **Fig. 3B und Fig. 3C** gezeigt, ein erstes Material **31** und darauf folgend ein zweites Material **32** aufgebracht (**Fig. 3D**). Diese Schritte sowie das nachfolgende Füllen der Zwischenräume und Freilegen der Kontaktstäbe sowie das Aufbringen der Kontaktschicht können, wie im Zusammenhang mit den **Fig. 1A bis Fig. 1F** beschrieben, erfolgen. Eine derartige Zwischenschicht eignet sich selbstverständlich auch für die weiteren in der vorliegenden Anmeldung beschriebenen Ausführungsbeispiele.

[0075] Mittels der Zwischenschicht **6** kann die laterale Stromverteilung in der Halbleiterschicht **2** weiter verbessert werden. Im Vergleich zu einer Stromaufweitungsschicht, die nicht mit einer Vielzahl von Kontaktstäben **3** elektrisch leitend verbunden ist, sind die Anforderungen an die elektrische Leitfähigkeit der Zwischenschicht **6** verringert. Für gleiche Stromdichten reicht daher eine geringere Dicke der Zwischenschicht oder ein Material, das sich zwar durch eine geringere elektrische Leitfähigkeit, jedoch eine höhere Strahlungsdurchlässigkeit auszeichnet, aus. Alternativ kann bei gleicher Dicke der Zwischenschicht aufgrund der Kontaktstäbe **3** eine höhere Stromdichte in die Halbleiterschicht **2** eingebracht werden.

[0076] Beispielsweise weist die Zwischenschicht **6** eine Dicke zwischen einschließlich 3 nm und einschließlich 20 nm auf.

[0077] Das in den **Fig. 4A** bis **Fig. 4F** gezeigte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den **Fig. 1A** bis **Fig. 1F** beschriebenen Ausführungsbeispiel. Im Unterschied hierzu weist die Füllschicht **4** eine Teilschicht **42** und eine weitere Teilschicht **41** auf. Die weitere Teilschicht **41** befindet sich näher an der Halbleiterschicht **2** und wird derart aufgebracht, dass die Kontaktstäbe **3** in vertikaler Richtung noch aus der Füllschicht herausragen (**Fig. 4D**). Erst mittels der Teilschicht **42** werden die Zwischenräume **5** vollständig verfüllt.

[0078] Die weiteren Verfahrensschritte und insbesondere das Aufbringen einer Kontaktschicht **35** können wie im Zusammenhang mit den **Fig. 1A** bis **Fig. 1F** beschrieben erfolgen. Mittels der Füllschicht **4**, die ein TCO-Material enthält, kann die Füllschicht selbst zur verbesserten lateralen Stromverteilung in der Halbleiterschicht **2** beitragen. Eine Dicke der weiteren Teilschicht **41** beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 3 nm und einschließlich 20 nm. Je größer die Schichtdicke ist, desto größer ist die Querleitfähigkeit der weiteren Teilschicht **41**. Gleichzeitig erhöht sich jedoch auch die Strahlungsabsorption bei gleicher Gesamtdicke der Füllschicht **4**, da TCO-Materialien typischerweise eine höhere Absorption aufweisen als dielektrischen Materialien. Eine solche Füllschicht mit einem TCO-Material und einem dielektrischen Material kann auch bei den weiteren Ausführungsbeispielen Anwendung finden.

[0079] In den **Fig. 5A** und **Fig. 5B** ist ein Ausführungsbeispiel für ein Halbleiterbauelement **7** in Form eines Halbleiterchips mit einer elektrischen Kontaktierung **1** gezeigt. **Fig. 5B** stellt hierbei eine vergrößerte Darstellung eines Ausschnitts **9** der **Fig. 5A** dar. Das Halbleiterbauelement **7** ist beispielsweise als eine Lumineszenzdiode, insbesondere als eine Leuchtdiode zur Erzeugung von Strahlung im sichtbaren, ultravioletten oder infraroten Spektralbereich vorgesehen. Alternativ kann das Halbleiterbauelement auch

als Strahlungsdetektor oder als Solarzelle ausgebildet sein.

[0080] Das Halbleiterbauelement **7** weist eine Halbleiterschichtenfolge **72** mit einem zur Erzeugung von Strahlung vorgesehenen Bereich aktiven **720**, einer ersten Halbleiterschicht **721** und einer zweiten Halbleiterschicht **722** auf. Beispielsweise ist die zweite Halbleiterschicht **722** p-leitend und die erste Halbleiterschicht **721** n-leitend oder umgekehrt.

[0081] Die erste Halbleiterschicht **721** ist über eine erste Anschlussschicht **731** mit einem ersten elektrischen Kontakt **761** elektrisch leitend verbunden. Die zweite Halbleiterschicht **722** ist über eine zweite Anschlussschicht **732** mit einem zweiten elektrischen Kontakt **762** elektrisch leitend verbunden. Durch Anlegen einer externen elektrischen Spannung zwischen dem ersten elektrischen Kontakt **761** und dem zweiten elektrischen Kontakt **762** können Ladungsträger von unterschiedlichen Seiten in den aktiven Bereich injiziert werden und dort unter Emission von Strahlung rekombinieren. Bei einem Strahlungsempfänger oder einer Solarzelle können die im aktiven Bereich durch Trennung von Elektron-Loch-Paaren erzeugten Ladungsträger über die Kontakte **761**, **762** aus dem Halbleiterbauelement **7** abgeführt werden.

[0082] Die elektrische Kontaktierung **1**, die, wie insbesondere im Zusammenhang mit den vorangegangenen Ausführungsbeispielen beschrieben hergestellt werden kann, dient der elektrischen Kontaktierung der zweiten Halbleiterschicht **722**. Die elektrische Kontaktierung **1** ist durch die zweite Anschlussschicht **732** gebildet und weist, wie im Zusammenhang mit den vorangegangenen Ausführungsbeispielen beschrieben, eine Mehrzahl von Kontaktstäben **3** auf. Die Kontaktstäbe **3** sind auf der der Halbleiterschicht **2** abgewandten Seite mit einer Kontaktschicht **35** elektrisch leitend verbunden. Zwischen den Kontaktstäben **3** ist ein Füllmaterial **4** angeordnet. Mittels der elektrischen Kontaktierung **1** können Ladungsträger effizient über den zweiten elektrischen Kontakt **762** in die zweite Halbleiterschicht **722** eingeprägt werden. Gleichzeitig kann die elektrische Kontaktierung eine hohe Reflektivität aufweisen, sodass im aktiven Bereich **720** erzeugte und in Richtung des Trägers **75**, auf dem die Halbleiterschichtenfolge **72** angeordnet ist, abgestrahlte Strahlung in Richtung einer Strahlungsdurchtrittsfläche **710** des Halbleiterbauelements umgelenkt werden und aus dieser austreten kann.

[0083] Die elektrische Kontaktierung der ersten Halbleiterschicht erfolgt über eine oder mehrere Ausnehmungen **725**, die sich durch die zweite Halbleiterschicht **722** und den aktiven Bereich **720** in die erste Halbleiterschicht **721** erstrecken. Zur Vermeidung eines elektrischen Kurzschlusses der ersten Anschlussschicht **731** mit der zweiten Halbleiter-

schicht **722** ist eine Seitenfläche der Ausnehmung **725** mit einer Isolationsschicht **77**, beispielsweise einer Oxidschicht bedeckt.

[0084] In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Träger **75** von einem Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge **72** verschieden, und die Halbleiterschichtenfolge ist mittels einer Verbindungsschicht **78** an dem Träger befestigt. Selbstverständlich eignet sich die beschriebene elektrische Kontaktierung **1** jedoch auch für Halbleiterbauelemente, bei denen der Träger **75** das Aufwachssubstrat der Halbleiterschichtenfolge ist. Auch die Anordnung der elektrischen Kontakte kann in weiten Grenzen variiert werden. Die elektrische Kontaktierung ist für eine elektrisch zu kontaktierende p-leitende Halbleiterschicht, insbesondere für eine p-leitende Halbleiterschicht auf der Basis von Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial besonders geeignet, da derartige Halbleiterschichten eine vergleichsweise geringe elektrische Leitfähigkeit aufweisen. Grundsätzlich eignet sich die elektrische Kontaktierung jedoch auch für andere Halbleiterschichten, insbesondere n-leitendes Halbleitermaterial oder anderes Verbindungs-Halbleitermaterial.

[0085] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie die Kombination von Merkmalen, was insbesondere für jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in Patentansprüchen oder den Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

1	elektrische Kontaktierung
2	Halbleiterschicht
3	Kontaktstab
31	erstes Material
310	Materialschicht
311	Cluster
32	zweites Material
35	Kontaktschicht
4	Füllschicht
41	weitere Teilschicht
42	Teilschicht
5	Zwischenraum
6	Zwischenschicht
7	Halbleiterbauelement
710	Strahlungsdurchtrittsfläche
72	Halbleiterschichtenfolge
720	aktiver Bereich
721	erste Halbleiterschicht
722	zweite Halbleiterschicht
725	Ausnehmung
731	erste Anschlusschicht
732	zweite Anschlusschicht

75	Träger
761	erster Kontakt
762	zweiter Kontakt
77	Isolationsschicht
78	Verbindungsschicht
9	Ausschnitt

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer elektrischen Kontaktierung einer Halbleiterschicht (**2**) mit den Schritten:

- Bereitstellen der Halbleiterschicht;
- Ausbilden einer Mehrzahl von Kontaktstäben (**3**) auf der Halbleiterschicht;
- Ausbilden einer Füllschicht (**4**) auf den Kontaktstäben und in Zwischenräumen (**5**) zwischen den Kontaktstäben; und
- Freilegen der Kontaktstäbe.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem vor Schritt b) eine Zwischenschicht (**6**) auf die Halbleiterschicht aufgebracht wird und die Kontaktstäbe auf die Zwischenschicht aufgebracht werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem nach Schritt d) eine Kontaktschicht (**35**) aufgebracht wird, die zumindest einen Teil der Kontaktstäbe elektrisch leitend miteinander verbindet.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Kontaktstäbe in Schritt b) mittels eines ersten Materials (**31**) und eines zweiten Materials (**32**) gebildet werden, wobei das erste Material auf die Halbleiterschicht und das zweite Material auf das erste Material aufgebracht werden.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem das erste Material gemäß einer vorgegebenen lateralen Struktur strukturiert ausgebildet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem eine laterale Struktur des ersten Materials selbstorganisiert ausgebildet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem das erste Material in Form von Clustern (**311**) aufgebracht wird und vor dem Ausbilden des zweiten Materials eine laterale Ausdehnung der Cluster verringert wird, so dass die Cluster zumindest stellenweise lateral voneinander beabstandet sind.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem das zweite Material durch galvanische Abscheidung aufgebracht wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das zweite Material durch ein Kristall-

wachstum ausgehend von dem ersten Material gebildet wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Füllschicht ein dielektrisches Material enthält.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Füllschicht ein TCO-Material enthält.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Füllschicht eine Teilschicht (**42**) und eine weitere Teilschicht (**41**) aufweist, wobei die Teilschicht ein dielektrisches Material und die weitere Teilschicht ein TCO-Material enthält.

13. Halbleiterbauelement (**7**) mit einer elektrischen Kontaktierung (**1**), bei dem die elektrische Kontaktierung auf einer Halbleiterschicht (**2**) angeordnet ist und – die Kontaktierung eine Mehrzahl von Kontaktstäben (**3**) aufweist;
– Zwischenräume (**5**) zwischen den Kontaktstäben mit einem Füllmaterial (**4**) gefüllt sind; und
– die Kontaktstäbe auf einer der Halbleiterschicht abgewandten Seite über eine Kontaktschicht (**35**) elektrisch leitend miteinander verbunden sind.

14. Halbleiterbauelement nach Anspruch 13, bei dem die Kontaktstäbe zumindest stellenweise eine Dichte von mindestens 10000 Stück pro mm² aufweisen.

15. Halbleiterbauelement nach Anspruch 13 oder 14, das nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 hergestellt ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

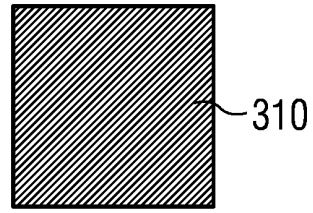
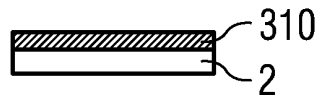


FIG 1B

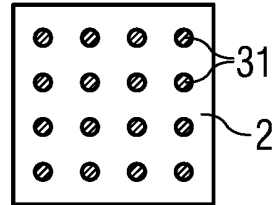
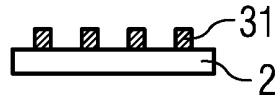


FIG 1C

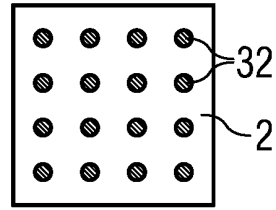
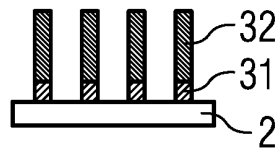


FIG 1D

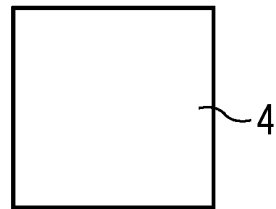
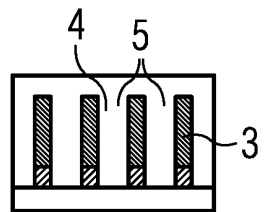


FIG 1E

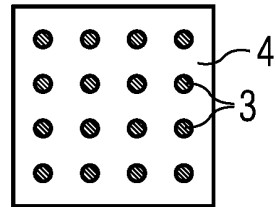
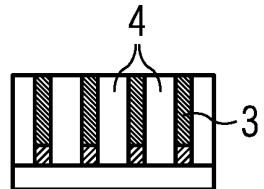


FIG 1F

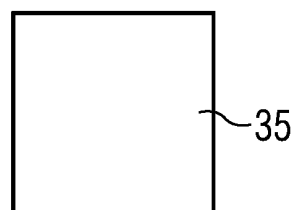
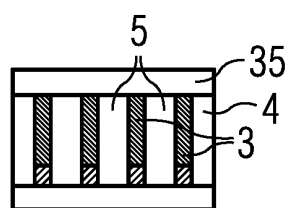


FIG 2A

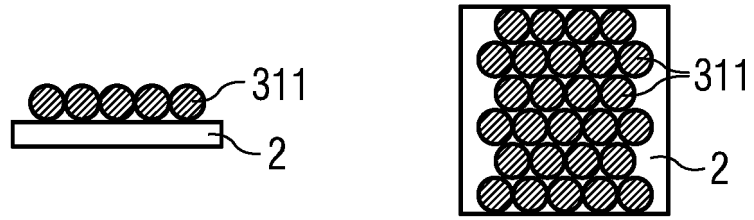


FIG 2B

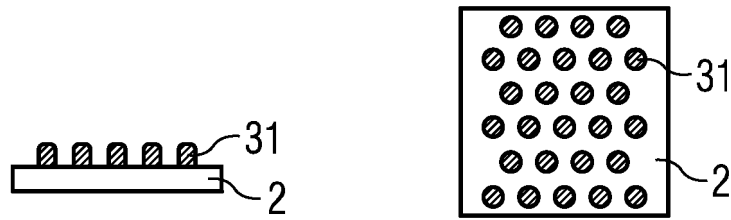


FIG 2C

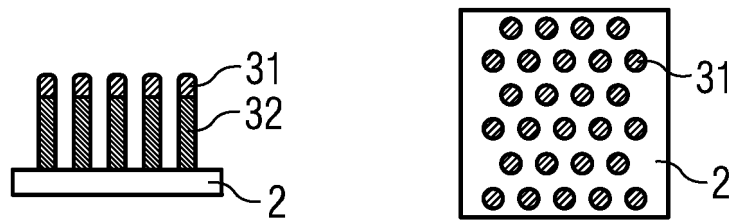


FIG 2D

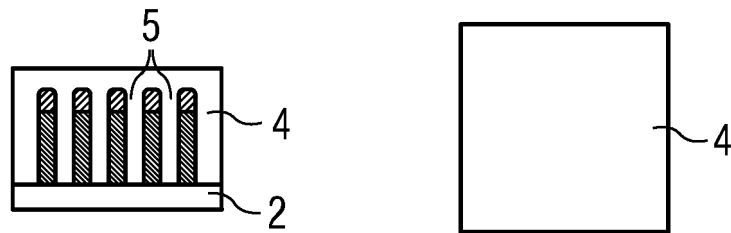


FIG 2E

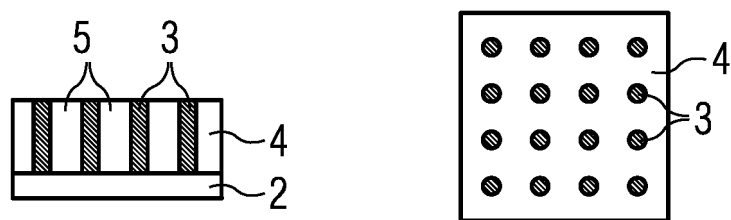


FIG 3A

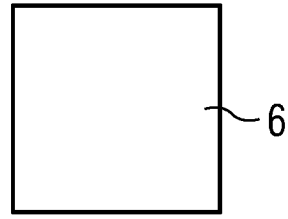


FIG 3B

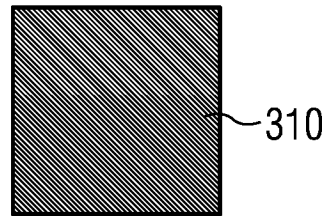
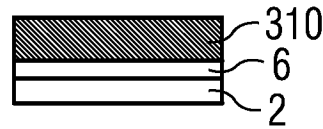


FIG 3C

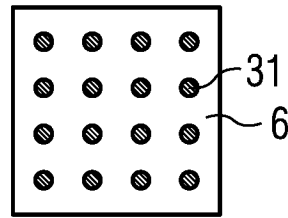
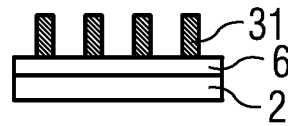


FIG 3D

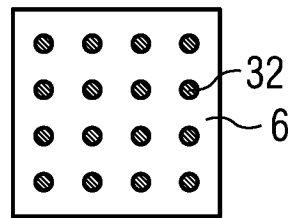
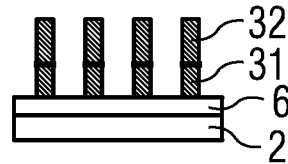


FIG 3E

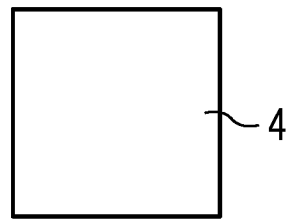
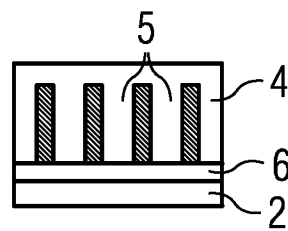


FIG 3F

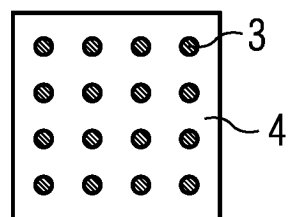
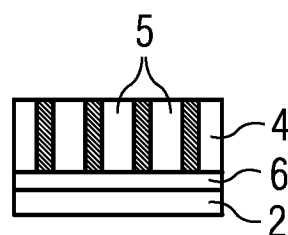


FIG 4A

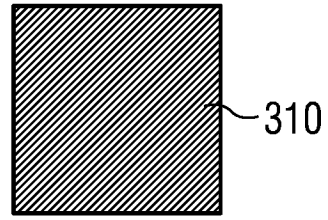
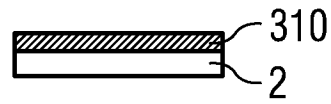


FIG 4B

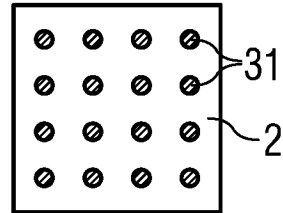
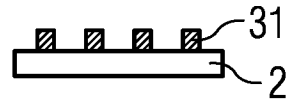


FIG 4C

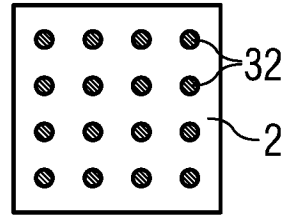
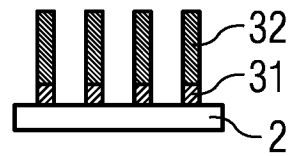


FIG 4D

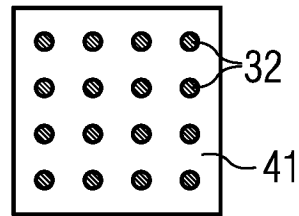
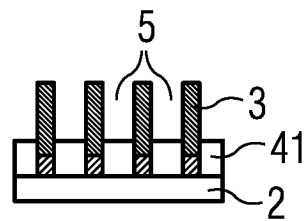


FIG 4E

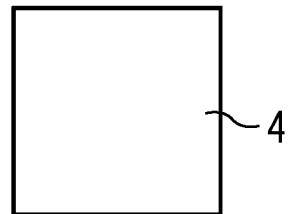
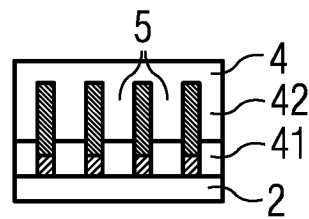


FIG 4F

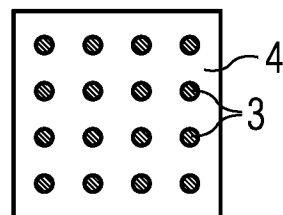
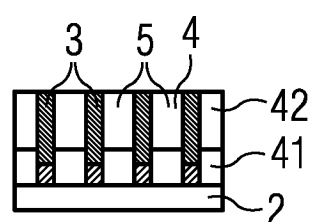


FIG 5A

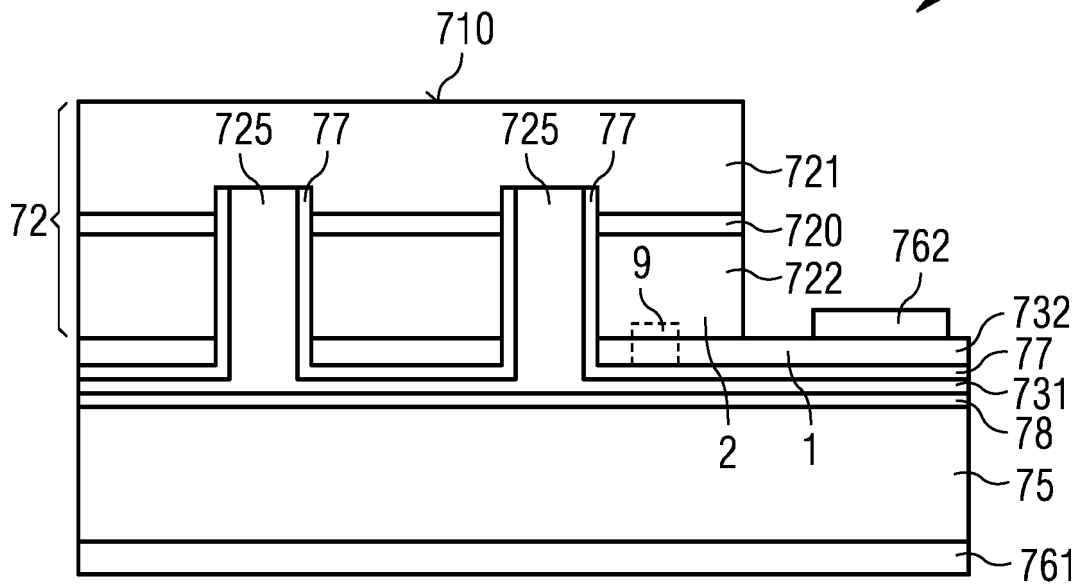


FIG 5B

