

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
12. November 2015 (12.11.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/169554 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 33/00 (2010.01) H01L 33/20 (2010.01)
H01L 21/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/058175

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. April 2015 (15.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 106 505.0 8. Mai 2014 (08.05.2014) DE

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

(72) Erfinder: **HERTKORN, Joachim**; Bischof-Ketteler-Str.
21 a, 93087 Alteglofsheim (DE). **BERGBAUER, Werner**;
Sandweg 1, 94336 Windberg (DE).

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

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

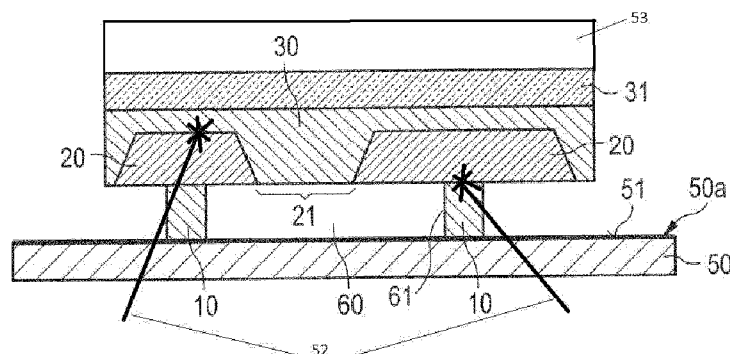
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A SEMICONDUCTOR LAYER SEQUENCE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER HALBLEITERSCHICHTENFOLGE

FIG 1E



(57) Abstract: A method for producing a semiconductor layer sequence is specified, comprising the following steps: - providing a growth substrate (50) having a growth surface (51) at a growth side (50a), - growing a first nitridic semiconductor layer (10) at the growth side, - growing a second nitridic semiconductor layer (20) onto the first nitridic semiconductor layer (10), wherein the second nitridic semiconductor layer (20) has at least one opening (21) or at least one opening (21) is produced in the second nitridic semiconductor layer (20) or at least one opening (21) arises in the second nitridic semiconductor layer (20) during growth, - removing at least one part of the first nitridic semiconductor layer (10) through the openings (21) in the second nitridic semiconductor layer (20), - growing a third nitridic semiconductor layer (30) onto the second nitridic semiconductor layer (20), wherein the third nitridic semiconductor layer (30) covers the openings (21) at least in places, in such a way that cavities free of a semiconductor material are present between the growth substrate (50) and the subsequent semiconductor layers (10, 20, 30), - detaching the growth substrate (50).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/169554 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge angegeben, das die folgenden Schritte aufweist: - Bereitstellen eines Aufwachssubstrats (50) mit einer Aufwachsfläche (51) an einer Aufwachsseite (50a), - Aufwachsen einer ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) an der Aufwachsseite, - Aufwachsen einer zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) auf die erste nitridische Halbleiterschicht (10), wobei die zweite nitridische Halbleiterschicht (20) zumindest eine Öffnung (21) aufweist oder zumindest eine Öffnung (21) in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) erzeugt wird oder während des Aufwachsens zumindest eine Öffnung (21) in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) entsteht, - Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) durch die Öffnungen (21) in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20), - Aufwachsen einer dritten nitridischen Halbleiterschicht (30) auf die zweite nitridische Halbleiterschicht (20), wobei die dritte nitridische Halbleiterschicht (30) die Öffnungen (21) zumindest stellenweise überdeckt, derart, dass zwischen dem Aufwachssubstrat (50) und den nachfolgenden Halbleiterschichten (10, 20, 30) Kavitäten vorhanden sind, die frei von einem Halbleitermaterial sind, - Ablösen des Aufwachssubstrats (50).

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge

- 5 Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge angegeben. Die Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise in einem elektronischen oder optoelektronischen Halbleiterchip Verwendung finden.
- 10 Die Druckschrift US 6,091,085 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge sowie einen optoelektronischen Halbleiterchip mit einer solchen Halbleiterschichtenfolge.
- 15 Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren anzugeben, das besonders kostengünstig durchführbar ist.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge umfasst das Verfahren
- 20 einen Verfahrensschritt, bei dem ein Aufwachssubstrat mit einer Aufwachsfläche an einer Aufwachsseite bereitgestellt wird. Das Aufwachssubstrat ist dazu vorgesehen, Halbleiterschichten an der Aufwachsseite auf die Aufwachsfläche des Aufwachssubstrats beispielsweise epitaktisch abzuscheiden.
- 25 Das Aufwachssubstrat kann dabei elektrisch leitend oder elektrisch isolierend ausgebildet sein. Ferner kann das Aufwachssubstrat strahlungsdurchlässig, strahlungsreflektierend oder strahlungsabsorbierend ausgebildet sein. Das Aufwachssubstrat kann eine Aufwachsfläche aufweisen, die beispielsweise
- 30 mit Saphir, SiC oder Silizium gebildet ist. Beispielsweise kann es sich bei dem Aufwachssubstrat um einen Saphir-Wafer handeln, der aus Saphir besteht. Das Aufwachssubstrat ist nicht dafür vorgesehen, im fertigen optoelektronischen

Halbleiterbauteil zu verbleiben. Das heißt, es soll im Laufe des Herstellungsverfahrens abgelöst werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst
5 das Verfahren einen Verfahrensschritt, bei dem eine erste nitridische Halbleiterschicht an der Aufwachsseite auf das Aufwachssubstrat aufgewachsen wird. Die erste nitridische Halbleiterschicht kann beispielsweise direkt an die Aufwachfläche des Aufwachssubstrats grenzen. Ferner ist es möglich,
10 dass zumindest eine weitere Schicht, beispielsweise eine Pufferschicht, zwischen dem Aufwachssubstrat und der ersten nitridischen Halbleiterschicht angeordnet ist.

Allgemein können die hier und im Folgenden beschriebenen
15 Schichten und Komponenten insbesondere jeweils direkt aneinander grenzen. Ferner ist es möglich, dass stellenweise weitere Schichten, wie beispielsweise Pufferschichten, zwischen den beschriebenen Schichten angeordnet sind.

20 Hier und im Folgenden wird unter einer nitridischen Halbleiterschicht eine ein- oder mehrlagige Halbleiterschicht verstanden, die auf einem Nitrid-Verbindungs-Halbleitermaterial basieren.

25 "Auf Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial basierend" bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass die Halbleiterschichtenfolge oder zumindest ein Teil davon, besonders bevorzugt zumindest eine aktive Zone ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$
30 aufweist oder aus diesem besteht, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n+m \leq 1$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es beispielsweise ein oder mehrere Do-

tierstoffe 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.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Verfahren einen Verfahrensschritt, bei dem eine zweite nitridische Halbleiterschicht auf die erste nitridische Halbleiterschicht abgeschieden wird. Die zweite nitridische Halbleiterschicht weist dabei eine von der ersten nitridischen Halbleiterschicht abweichende Zusammensetzung auf. Die zweite nitridische Halbleiterschicht kann stellenweise direkt an die erste nitridische Halbleiterschicht grenzen. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass eine oder mehrere weitere Schichten zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht angeordnet sind. Insbesondere ist es jedoch bevorzugt, dass zumindest ein Bereich vorhanden ist, in dem die erste nitridische Halbleiterschicht und die zweite nitridische Halbleiterschicht direkt aneinandergrenzen.

Die zweite nitridische Halbleiterschicht weist dabei zumindest eine Öffnung auf oder zumindest eine Öffnung wird in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht erzeugt oder während des Aufwachsens entsteht zumindest eine Öffnung, insbesondere mehrere Öffnungen, in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht. Mit anderen Worten handelt es sich bei der nitridischen Halbleiterschicht nach dem Entstehen oder Erzeugen der zumindest einen Öffnung nicht um eine geschlossene Schicht, sondern die zweite nitridische Halbleiterschicht ist durch die Öffnungen unterbrochen. Dabei erstrecken sich die Öffnun-

gen vorzugsweise zumindest stellenweise vollständig durch die zweite nitridische Halbleiterschicht.

Dabei ist es insbesondere möglich, dass die zweite nitridische Halbleiterschicht in einer Ebene parallel zur Haupterstreckungsrichtung der Aufwachsfläche des Aufwachssubstrats eine Vielzahl voneinander beabstandeter Bereiche umfasst, die nicht durch Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht miteinander verbunden sind. Die zweite nitridische Halbleiterschicht kann mit anderen Worten in einer Vielzahl von Inseln aus dem Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht an der dem Aufwachssubstrat abgewandten Seite der ersten nitridischen Halbleiterschicht angeordnet sein. Insbesondere im Bereich dieser Inseln kann sich das Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht stellenweise in direktem Kontakt mit dem Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht befinden.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die zweite nitridische Halbleiterschicht in der Ebene parallel zur Haupterstreckungsrichtung der Aufwachsfläche des Aufwachssubstrats mehrfach zusammenhängend ausgebildet ist. Die zweite nitridische Halbleiterschicht ist dann beispielsweise nicht in einzelne Materialinseln unterteilt, sondern sie weist Löcher, die Öffnungen, auf, die sich vollständig in einer Richtung senkrecht und/oder in einer Richtung mit einer Richtungskomponente senkrecht zur genannten Ebene durch die zweite nitridische Halbleiterschicht hindurch erstrecken. Im Bereich dieser Öffnungen ist es möglich, dass die erste nitridische Halbleiterschicht, vor dem Abscheiden weiterer Schichten, freiliegt.

Die Öffnungen können dabei während des Aufwachsens der zweiten nitridischen Halbleiterschicht entstehen. Beispielsweise kann zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht stellenweise ein Material angeordnet sein, auf dem das zweite nitridische Halbleitermaterial schlecht oder gar nicht aufwächst. An Stellen, an denen dieses Material nicht vorhanden ist, kann sich Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht dann auf der ersten nitridischen Halbleiterschicht anordnen und von dort aus können die beschriebenen Inseln aus Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht aufwachsen.

Weiter ist es alternativ oder zusätzlich möglich, dass die Öffnungen beispielsweise aufgrund von Unterschieden in der Gitterkonstante zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht als Risse während des Wachstums entstehen.

Schließlich ist es alternativ oder zusätzlich möglich, dass die Öffnungen nach Abschluss des Aufwachsens der zweiten nitridischen Halbleiterschicht durch einen Prozess wie Ätzen erzeugt oder vergrößert werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Verfahren einen Verfahrensschritt, bei dem zumindest ein Teil der ersten nitridischen Halbleiterschicht durch die Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht entfernt wird. Aufgrund der Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht ist es möglich, dass die erste nitridische Halbleiterschicht dort freiliegt oder freigelegt werden kann. Über die Öffnungen ist es dann möglich, die erste nitridische Halbleiterschicht beispielsweise durch ein chemisches oder mechanisches Verfahren zumindest dort, wo sie freiliegt, zu

entfernen. Auf diese Weise können auch Bereiche unterhalb der zweiten nitridischen Halbleiterschicht erzeugt werden, aus denen Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht, das vorher vorhanden war, wieder entfernt wird.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Verfahren einen Verfahrensschritt, bei dem ein Aufwachsen einer dritten nitridischen Halbleiterschicht auf die zweite nitridische Halbleiterschicht erfolgt, wobei die dritte nitridische Halbleiterschicht die Öffnungen zumindest stellenweise überdeckt.

Die dritte nitridische Halbleiterschicht unterscheidet sich in ihrem Material beispielsweise von der ersten und/oder der zweiten nitridischen Halbleiterschicht. Die dritte nitridische Halbleiterschicht kann die Öffnungen in der ersten nitridischen Halbleiterschicht überdecken und sogar ausfüllen. Beispielsweise ist es dann möglich, dass die dritte nitridische Halbleiterschicht die zweite nitridische Halbleiterschicht und die Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht vollständig überdeckt, sodass nach einem Aufwachsen der dritten nitridischen Halbleiterschicht in einer oberflächennahen Aufsicht mit geringer Eindringtiefe (zum Beispiel Rasterelektronenmikroskop) auf die Halbleiterschichtenfolge die zweite nitridische Halbleiterschicht und die Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht nicht mehr zu erkennen sind.

Insbesondere ist es dabei möglich, dass die Bereiche, aus denen das Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht durch die Öffnungen hindurch entfernt wurde, nicht mit dem Material der dritten nitridischen Halbleiterschicht befüllt werden, das heißt zwischen dem Aufwachssubstrat und den nach-

folgenden Halbleiterschichten sind Kavitäten vorhanden, die nicht mit Halbleitermaterial befüllt sind. Diese Kavitäten sind beispielsweise mit einem Gas befüllt.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das Aufwachssubstrat abgelöst. Das Ablösen des Aufwachsubstrats kann dabei mechanisch, chemisch und/oder mittels Wärmeeintrag, zum Beispiel durch Laserstrahlung, erfolgen. Die derart erzeugte Halbleiterschichtenfolge ist dann frei von einem
10 Aufwachssubstrat. Die Kavitäten zwischen der Aufwachsfläche des Aufwachssubstrats und den nachfolgenden Halbleiterschichten reduzieren die Kontaktfläche zwischen dem Aufwachssubstrat und den nachfolgenden Halbleiterschichten. Dadurch sind zum Ablösen des Aufwachsubstrats insbesondere im Bereich der
15 ersten nitridischen Halbleiterschicht bereits Sollbruchstellen für das Ablösen vorgegeben.

Dabei ist es insbesondere möglich, dass bei dem Ablösen des Aufwachsubstrats auch die verbleibenden Reste der ersten nitridischen Halbleiterschicht zumindest teilweise oder vollständig entfernt werden. Insbesondere bei einem mechanischen
20 Ablösen des Aufwachsubstrats ist es möglich, dass die zur Abtrennung des Aufwachsubstrats im Bereich der ersten nitridischen Halbleiterschicht erfolgt, da dort, aufgrund der gebildeten Kavitäten, die Kontaktfläche zwischen Aufwachssubstrat und den nachfolgenden Halbleiterschichten reduziert ist. Insbesondere in diesem Fall können Reste der ersten nitridischen Halbleiterschicht an der derart hergestellten Halbleiter-
25 schichtenfolge verbleiben.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:

- Bereitstellen eines Aufwachssubstrats mit einer Aufwachsfläche an einer Aufwachsseite,
- Aufwachsen einer ersten nitridischen Halbleiterschicht an der Aufwachsseite,
- 5 - Aufwachsen einer zweiten nitridischen Halbleiterschicht auf die erste nitridische Halbleiterschicht, wobei die zweite nitridische Halbleiterschicht zumindest eine Öffnung aufweist oder zumindest eine Öffnung in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht erzeugt wird oder während des Aufwachsens zu-
- 10 mindest eine Öffnung in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht entsteht,
- Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht durch die Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht,
- 15 - Aufwachsen einer dritten nitridischen Halbleiterschicht auf die zweite nitridische Halbleiterschicht, wobei die dritte nitridische Halbleiterschicht die Öffnungen zumindest stellenweise überdeckt, derart, dass zwischen dem Aufwachssubstrat und den nachfolgenden Halbleiterschichten Kavitäten
- 20 vorhanden sind, die frei von einem Halbleitermaterial sind,
- Ablösen des Aufwachssubstrats.

Mit dem hier beschriebenen Verfahren ist es insbesondere möglich, eine Halbleiterschichtenfolge zu schaffen, bei der zu-

25 nächst zwischen dem Aufwachssubstrat und den nachfolgenden Halbleiterschichtenfolgen Kavitäten vorhanden sind, die beispielsweise mit einem Gas gefüllt sind.

Auf diese Weise ist eine Halbleiterschichtenfolge geschaffen,

30 bei der im Bereich der Kavitäten zwischen der Aufwachsfläche des Aufwachssubstrats und den nachfolgenden Halbleiterschichten eine thermische Entkopplung vorhanden ist. Beispielsweise sind die mit Gas gefüllten Kavitäten schlechter thermisch

leitend als das sie umgebende Halbleitermaterial. Erfolgt ein Ablösen des Aufwachsubstrats beispielsweise mittels Wärmeeintrag, zum Beispiel durch Laserstrahlung, so ist das Aufwachsubstrat beim Ablösen aufgrund der Kavitäten von den restlichen Halbleiterschichten thermisch entkoppelt. Auf diese Weise wird das Aufwachsubstrat, das beispielsweise Saphir enthält oder aus Saphir besteht, beim Ablösen kaum oder gar nicht durch den Temperatureintrag beschädigt. Das Aufwachsubstrat kann daher mehr als nur einmal wiederverwendet werden. Ferner reduziert sich der Aufwand zur Vorbehandlung des abgelösten Aufwachsubstrats vor der Wiederverwendung. Insbesondere ermöglicht das hier beschriebene Verfahren daher eine besonders kostengünstige Herstellung von Halbleiterschichtenfolgen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist die zweite nitridische Halbleiterschicht eine größere Aluminiumkonzentration als die erste nitridische Halbleiterschicht auf. Beispielsweise weist die erste nitridische Halbleiterschicht eine Aluminiumkonzentration von höchstens 10 % oder höchstens 20 % auf. Die zweite nitridische Halbleiterschicht weist dann eine Aluminiumkonzentration von wenigstens 1,5 % mehr auf, insbesondere von wenigstens 5 % mehr oder von wenigstens 10 % mehr als die erste nitridische Halbleiterschicht, also zum Beispiel zwischen 20 % und 30 %. Die zweite nitridische Halbleiterschicht kann dabei zum Beispiel auch mit AlN gebildet sein oder aus AlN bestehen.

Durch den Unterschied in den Aluminiumkonzentrationen zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht ist es beispielsweise möglich, für das Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht ein Verfahren, beispielsweise ein

Ätzverfahren, zu nutzen, bei dem die Wahrscheinlichkeit eines Materialabtrags mit steigender Aluminiumkonzentration sinkt. Die erste nitridische Halbleiterschicht mit der kleineren Aluminiumkonzentration wird in diesem Fall durch das Verfahren stärker abgetragen als die zweite nitridische Halbleiterschicht mit der größeren Aluminiumkonzentration.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird vor dem Abscheiden der zweiten nitridischen Halbleiterschicht zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht eine Maskenschicht angeordnet. Die Maskenschicht kann beispielsweise direkt auf die erste nitridische Halbleiterschicht aufgebracht werden.

Die Maskenschicht ist zum Beispiel eine atomar dünne Schicht, die mit einem Monolage-Material gebildet ist, das die erste nitridische Halbleiterschicht nicht vollständig bedeckt.

In einem nachfolgenden Verfahrensschritt wird die zweite nitridische Halbleiterschicht mit größter Wahrscheinlichkeit dort, wo die erste nitridische Halbleiterschicht von der Maskenschicht unbedeckt ist, auf die erste nitridische Halbleiterschicht aufgewachsen. Die Maskenschicht weist dazu beispielsweise Öffnungen auf, in denen die erste nitridische Halbleiterschicht von der Maskenschicht unbedeckt ist. Beispielsweise bedeckt die Maskenschicht die erste nitridische Halbleiterschicht nicht vollständig, sondern mit einem Bedeckungsgrad von wenigstens 70 % und höchstens 90 %. Für das Material der Maskenschicht wird ein Material gewählt, durch das eine Selektivität beim Aufwachsen der zweiten nitridischen Halbleiterschicht bewirkt wird, das heißt das Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht wächst auf dem Ma-

terial der Maskenschicht weniger gut auf als beispielsweise auf dem Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht.

5 Dadurch ist es möglich, dass sich das Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht hauptsächlich an den Öffnungen der Maskenschicht zur ersten nitridischen Halbleiterschicht hin sammelt und dort Inseln des Materials der zweiten nitridischen Halbleiterschicht entstehen. Die Maskenschicht und die nitridischen Halbleiterschichten sind vorzugsweise in situ epitaktisch abscheidbar.
10

Nach dem Aufwachsen der zweiten nitridischen Halbleiterschicht ist dann zumindest ein Teil der Oberfläche der Maskenschicht, die der ersten nitridischen Halbleiterschicht abgewandt ist, frei von Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht, wodurch die zweite nitridische Halbleiterschicht die zumindest eine Öffnung aufweist. Das heißt, durch die Maskenschicht wird ein selektives Wachstum der zweiten nitridischen Halbleiterschicht im Bereich der Öffnungen der Maskenschicht erzeugt. Zwischen den Öffnungen der Maskenschicht weist die zweite nitridische Halbleiterschicht dann die zumindest eine Öffnung in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht auf.
15
20

25 Beispielsweise wird in dieser Ausführungsform für die erste nitridische Halbleiterschicht ein Nitrid-Verbindungs-Halbleitermaterial mit einer Aluminiumkonzentration von höchstens 20 % gewählt. Für die zweite nitridische Halbleiterschicht wird dann ein Nitrid-Verbindungs-Halbleitermaterial mit einer Aluminiumkonzentration von vorzugsweise wenigstens 1,5 % mehr und zum Beispiel höchstens 10 % mehr als für die erste nitridische Halbleiterschicht gewählt. Die Aluminiumkonzentration beträgt dann also zwischen
30

21,5 % und 30 %. Für die Maskenschicht kann als Material dann Siliziumnitrid, SiN, gewählt werden.

Die Maskenschicht kann dabei in der gleichen Epitaxieanlage,
5 also in situ, wie die nitridischen Halbleiterschichten abgeschieden werden. Bei dieser Ausführungsform wird also in situ eine SiN-Schicht auf einer ersten nitridischen Halbleiterschicht abgeschieden.

10 Die SiN-Maskenschicht bedeckt die erste nitridische Halbleiterschicht nicht vollständig, sondern beispielsweise zu wenigstens 70 % und höchstens 90 %. Nach dem Abscheiden der Maskenschicht wird eine aluminiumhaltige nitridische Halbleiterschicht, zum Beispiel eine AlGaN-Schicht mit einer höheren Aluminiumkonzentration als die erste nitridische Halbleiterschicht, abgeschieden. In den Öffnungen der Maskenschicht bilden sich dann Inseln der zweiten nitridischen Halbleiterschicht aus.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird vor dem Entfernen des Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht die Maskenschicht entfernt. Die Maskenschicht kann dabei mit dem gleichen Verfahren wie die erste nitridische Halbleiterschicht entfernt werden. Handelt es sich bei dem
25 Verfahren beispielsweise um ein Ätzverfahren, so kann zunächst die Maskenschicht und nachfolgend die freigelegte erste nitridische Halbleiterschicht entfernt werden. Die zweite nitridische Halbleiterschicht wird bei diesem Ätzverfahren dann gar nicht oder weniger schnell entfernt, sodass zumindest ein Rest der zweiten nitridischen Halbleiterschicht verbleibt.
30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens können alternativ oder zusätzlich während des Aufwachsens der zweiten nitridischen Halbleiterschicht Risse in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht entstehen, welche die Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht ausbilden. Manche der Öffnungen oder alle Öffnungen erstrecken sich dabei vollständig von der der ersten nitridischen Halbleiterschicht abgewandten Seite der zweiten nitridischen Halbleiterschicht durch die zweite nitridische Halbleiterschicht bis zur ersten nitridischen Halbleiterschicht hindurch.

Beispielsweise kann anstelle der Maskenschicht oder zusätzlich zur Maskenschicht eine hoch aluminiumhaltige zweite nitridische Halbleiterschicht abgeschieden werden. Beispielsweise kann es sich bei dieser hoch aluminiumhaltigen Schicht auch um eine AlN-Schicht handeln. Durch die Fehlanpassung zu der ersten nitridischen Halbleiterschicht, die eine geringere Aluminiumkonzentration aufweist und zum Beispiel mit GaN gebildet ist, entstehen nach wenigen Nanometern Schichtdicke der zweiten nitridischen Halbleiterschicht Risse, welche die Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht bilden. Durch diese Öffnungen in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht ist die erste nitridische Halbleiterschicht beispielsweise für Prozessgase, die zu einer Ätzung genutzt werden können, zugänglich.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht durch ein Erhöhen des Wasserstoffflusses, wobei das Entfernen der ersten nitridischen Halbleiterschicht aufgrund einer chemischen Reaktion zwischen dem Wasserstoff und dem Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht erfolgt. Das heißt, die erste nitridische Halbleiterschicht

wird beispielsweise durch das H_2 -Gas geätzt. Das Entfernen kann auf diese Weise in der gleichen Prozesskammer wie das Aufwachsen der nitridischen Halbleiterschichten erfolgen. Gleichzeitig zu einer Erhöhung des Wasserstoffflusses ist es
5 möglich, die Temperatur in der Prozesskammer zu erhöhen und/oder den Stickstofffluss in der Prozesskammer abzusenken. Beispielsweise kann dazu eine Reduktion des NH_3 -Flusses erfolgen. Mit diesen Maßnahmen kann das Auflösen der ersten nitridischen Halbleiterschicht beschleunigt werden. Ferner
10 können Materialien wie SiH_4 oder HCl Verwendung finden.

Das heißt, zum Entfernen der ersten nitridischen Halbleiterschicht wird eine H_2 -reiche Atmosphäre in der Prozesskammer, beispielsweise einer MOVPE-Prozesskammer, erzeugt.

15

Für den Fall, dass eine Maskenschicht, beispielsweise aus SiN , vorhanden ist, wird zunächst die Maskenschicht und im Anschluss daran die erste nitridische Halbleiterschicht geätzt. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die erste nitridische
20 Halbleiterschicht eine Aluminiumkonzentration aufweist, die geringer ist als die zweite nitridische Halbleiterschicht. Mit steigender Aluminiumkonzentration wird eine nitridische Halbleiterschicht nämlich zunehmend langsamer geätzt.

25 Das Ätzmedium Wasserstoff unterätzt also die zweite nitridische Halbleiterschicht. Die Ätzselektivität zwischen einer ersten nitridischen Halbleiterschicht mit kleinerer Aluminiumkonzentration, die beispielsweise mit GaN gebildet ist oder aus GaN besteht, zur zweiten nitridischen Halbleiterschicht
30 mit größerer Aluminiumkonzentration reicht aus, um mehrere hundert Nanometer Schichtdicke der ersten nitridischen Halbleiterschicht durch Ätzen zu entfernen. Dabei werden die vor dem Entfernen aufgewachsenen Strukturen aus dem Material der

zweiten nitridischen Halbleiterschicht im Wesentlichen unter-
ätzt, sodass in einer Draufsicht keine oder kaum Veränderung
an der zweiten nitridischen Halbleiterschicht nachweisbar
ist.

5

Nach dem Entfernen eines Teils der ersten nitridischen Halb-
leiterschicht erfolgt beispielsweise ein Abscheiden der drit-
ten nitridischen Halbleiterschicht, wodurch die Öffnungen und
Gräben im Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht
10 koaleszieren.

In gleicher Weise entstehen durch Ätzen durch die als Risse
gebildeten Öffnungen hindurch auch in Ausführungsformen ohne
Maskenschicht Gaseinschlüsse unterhalb der zweiten nitridi-
15 schen Halbleiterschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst
die dritte nitridische Halbleiterschicht eine zur Strahlungs-
erzeugung oder zur Strahlungsdetektion vorgesehene aktive Zo-
20 ne, das heißt nach dem Entfernen eines Teils der ersten nit-
ridischen Halbleiterschicht wird eine dritte nitridische
Halbleiterschicht in dieser Ausführungsform aufgewachsen, die
Teil eines optoelektronischen Halbleiterbauteils sein kann.
Beispielsweise kann es sich bei dem optoelektronischen Halb-
25 leiterbauteil dann um eine Leuchtdiode, eine Laserdiode oder
um eine Fotodiode handeln. Die Kavitäten, also die Gasein-
schlüsse zwischen der zweiten nitridischen Halbleiterschicht
und dem Aufwachssubstrat können in einem solchen Fall insbe-
sondere optisch genutzt werden.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das
Aufwachssubstrat unter Verwendung von Laserstrahlung abge-
löst. Dabei wird die Wellenlänge der Laserstrahlung vorzugs-

weise derart gewählt, dass das Aufwachssubstrat, das beispielsweise Saphir enthält oder aus Saphir besteht, für die Laserstrahlung transparent ist. Die Laserstrahlung tritt dann beispielsweise durch das Aufwachssubstrat und die Kavitäten
5 zwischen dem Aufwachssubstrat und den nachfolgenden Halbleiterschichten.

Die Laserstrahlung wird dann bevorzugt größtenteils in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht und/oder der dritten
10 nitridischen Halbleiterschicht absorbiert. Das heißt, die Laserstrahlung ist hinsichtlich ihrer Wellenlänge derart eingestellt, dass ein Großteil der Energie der Laserstrahlung, also wenigstens 50 % der Energie der Laserstrahlung, in der zweiten und/oder in der dritten Halbleiterschicht absorbiert
15 wird und dort zu einer Erwärmung der Halbleiterschicht führt.

Bevorzugt wird ein Großteil der Laserstrahlung, also wenigstens 50 % der Energie der Laserstrahlung, in der dritten Halbleiterschicht absorbiert. Dazu kann der Aluminiumanteil
20 in der zweiten Halbleiterschicht derart eingestellt sein, dass die zweite Halbleiterschicht für die Laserstrahlung durchlässig oder transparent ist. Auf diese Weise ist es möglich, dass der Wärmeeintrag durch die Laserstrahlung möglichst weit entfernt vom Aufwachssubstrat erfolgt. Das Ablösen
25 des Aufwachsubstrats erfolgt auf diese Weise besonders schonend, so dass das Aufwachssubstrat nach dem Ablösen mehr als nur zweimal, zum Beispiel wenigstens fünfmal, wieder verwendet werden kann.

30 Vorteilhaft ist durch die Kavitäten auch die Kontaktfläche zwischen dem Aufwachssubstrat und den nachfolgenden Halbleiterschichten reduziert, so dass zum Ablösen des Aufwachsubstrats insgesamt ein kleinerer Energieeintrag notwendig

ist, als dies bei einem ganzflächigen Kontakt zwischen Aufwachssubstrat und nachfolgenden Halbleiterschichten der Fall wäre. Die Kavitäten bieten dazu alternativ oder zusätzlich zum Ablösen des Aufwachsubstrats unter Verwendung von Laserstrahlung auch die Möglichkeit, das Aufwachssubstrat chemisch und/oder mechanisch von den nachfolgenden Halbleiterschichten abzulösen.

Mit dem hier beschriebenen Verfahren kann insbesondere eine Halbleiterschichtenfolge für ein elektronisches oder ein optoelektronisches Halbleiterbauteil erzeugt werden. Das Halbleiterbauteil weist dabei beispielsweise einen Träger auf, der zum Beispiel auf der dem ursprünglichen Aufwachssubstrat abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge befestigt ist. Der Träger kann dabei beispielsweise vor dem Ablösen des Aufwachsubstrats an der Halbleiterschichtenfolge befestigt werden. Der Träger kann elektrisch leitend ausgebildet sein und in diesem Fall zur Kontaktierung der Halbleiterschichtenfolge im Betrieb dienen. Dabei kann der Träger beispielsweise besonders gut wärmeleitend sein, so dass im Betrieb in der Halbleiterschichtenfolge erzeugte Wärme über den Träger besonders effizient abgeführt werden kann.

Im Folgenden werden das hier beschriebene Verfahren anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

In Verbindung mit den Figuren 1A, 1B, 1C, 1D, 1E ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens näher erläutert.

In Verbindung mit Figur 2 ist anhand einer schematischen Schnittdarstellung ein Halbleiterbauteil näher er-

läutert, das mit einem hier beschriebenen Verfahren hergestellt ist.

5 In Verbindung mit den Figuren 3A, 3B, 3C, 3D ist anhand schematischer Schnittdarstellungen ein zweites Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens näher erläutert.

10 In Verbindung mit Figur 4 ist anhand einer schematischen Schnittdarstellung eine während eines hier beschriebenen Verfahrens hergestellte Halbleiterschichtenfolge näher erläutert.

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

In Verbindung mit Figur 1A ist anhand einer schematischen Schnittdarstellung ein erster Verfahrensschritt eines hier beschriebenen Verfahrens näher erläutert. Im Ausführungsbeispiel der Figuren 1A bis 1E wird zunächst ein Aufwachssubstrat bereitgestellt, bei dem es sich um ein Saphirsubstrat handelt, das mit Saphir gebildet ist oder aus Saphir besteht.

30 Das Aufwachssubstrat 50 weist eine Aufwachsfläche 51 auf, die aus Saphir besteht. Die Aufwachsfläche 51 ist vorzugsweise unstrukturiert, das heißt sie weist beispielsweise keine regelmäßig oder unregelmäßig angeordneten Erhebungen und Senken auf, sondern ist im Rahmen der Herstellungstoleranz glatt

ausgebildet, wobei in Teilbereichen Rauigkeiten bis zu 100 nm möglich sind. Die Aufwachsfläche 51 ist dabei an einer Aufwachsseite 50a des Aufwachssubstrats 50 angeordnet.

5 Beispielsweise direkt auf die Aufwachsfläche 51 wird die erste nitridische Halbleiterschicht 10 abgeschieden. Die erste nitridische Halbleiterschicht 10 umfasst eine Vielzahl von Lagen und weist beispielsweise eine Dicke zwischen wenigstens 10 nm und höchstens 2000 nm auf. Die erste nitridische Halbleiterschicht ist beispielsweise mit $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ gebildet.
10 Dabei beträgt die Aluminiumkonzentration x vorzugsweise höchstens 20 %.

Auf die dem Aufwachssubstrat 50 abgewandte Oberseite der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 wird eine Maskenschicht 40 aufgebracht, die vorliegend mit SiN und/oder SiGaN gebildet ist oder aus SiN oder aus SiGaN, zum Beispiel SiGaN_3 , besteht. Die Maskenschicht weist beispielsweise eine Dicke von höchstens 50 nm, insbesondere höchstens 10 nm auf. Zum Beispiel ist die Maskenschicht durch ein Monolage-Material mit unbedeckten Bereichen gebildet. Die Maskenschicht bedeckt die erste nitridische Halbleiterschicht 10 beispielsweise nicht vollständig, sondern zu wenigstens 70 % und höchstens 90 %.
20 Die Maskenschicht 40 weist dazu Öffnungen hin zur ersten nitridischen Halbleiterschicht auf, die einen Durchmesser von beispielsweise wenigstens 100 nm und höchstens 1000 nm aufweisen.
25

In einem nächsten Verfahrensschritt wird eine zweite nitridische Halbleiterschicht 20 auf die Maskenschicht 40 sowie die erste nitridische Halbleiterschicht 10 abgeschieden.
30

Die zweite nitridische Halbleiterschicht ist beispielsweise mit $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ gebildet, wobei die Aluminiumkonzentration x beispielsweise wenigstens 1,5 % mehr und zum Beispiel um höchstens 10 % mehr als in der ersten nitridischen Halbleiterschicht beträgt. Die Aluminiumkonzentration x beträgt also zum Beispiel wenigstens 21,5 % und höchstens 30 %. Die zweite nitridische Halbleiterschicht wächst selektiv, bevorzugt auf der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 und nicht auf der Maskenschicht 40 auf. Dadurch bilden sich Inseln aus dem Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 aus, zwischen denen Öffnungen 21 der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 ausgebildet sind. Beispielsweise beträgt der Abstand zwischen direkt benachbarten Inseln aus Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 zwischen wenigstens 10 nm und höchstens 500 nm.

Die zweite nitridische Halbleiterschicht weist eine Deckfläche an ihrer der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 abgewandten Seite auf, die beispielsweise parallel zur kristallografischen C-Ebene verläuft. Die Seitenflächen 23 der Inseln aus dem Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 sind schräg zur kristallografischen C-Ebene angeordnet. Dort ist die Aluminiumkonzentration kleiner als an der Deckfläche 22.

25

Die Figur 1B zeigt SEM-Aufnahmen aus einem Winkel von 45° und in der Draufsicht auf die Inseln aus Material der zweiten Halbleiterschichtenfolge 20. Zwischen diesen Inseln ist die Maskenschicht 40 beziehungsweise die erste nitridische Halbleiterschicht 10 erkennbar.

30

In einem nächsten Verfahrensschritt, siehe Figur 1C, erfolgt ein Rückätzen des Materials der ersten nitridischen Halb-

leiterschicht 10 unter Wasserstoffatmosphäre. Dabei wird das Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 stellenweise abgetragen, wodurch Kavitäten 60 unterhalb der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 entstehen.

5

In einem nächsten Verfahrensschritt, Figur 1D, erfolgt ein Aufbringen der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30, die beispielsweise eine aktive Zone 31 umfasst, die zur Erzeugung und/oder Detektion von elektromagnetischer Strahlung vorgesehen ist.

10

Alternativ kann es sich bei der aktiven Zone 31 um die funktionale Schicht eines elektronischen Halbleiterbauteils handeln. Es entsteht eine Halbleiterschichtenfolge, bei der zwischen dem Aufwachssubstrat 50 und dem Material der Halbleiterschichten Kavitäten 60 ausgebildet sind, die mit einem Gas gefüllt sind.

15

Im nächsten Verfahrensschritt, Figur 1E, wird ein Träger 53 an der dem Aufwachssubstrat 50 abgewandten Seite der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 befestigt. Bei dem Träger kann es sich beispielsweise um eine Leiterplatte oder eine Platte aus einem elektrisch leitenden Material wie einem Metall oder einem Halbleitermaterial handeln.

20

25

Nachfolgend wird das Aufwachssubstrat 50 durch die Einwirkung von Laserstrahlung 52 abgelöst. Ein Großteil der Laserstrahlung kann dabei an der Grenzfläche zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 und/oder an der Grenzfläche zwischen der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 und der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 absorbiert werden. Durch die gasgefüllten Kavitäten 60 ist die Kontaktfläche zwischen

30

dem Aufwachssubstrat 50 und den nachfolgenden Halbleiterschichten reduziert, was ein Ablösen des Aufwachssubstrats 50 erleichtert. Ferner ist das Aufwachssubstrat 50 durch die thermisch schlecht leitenden, gasgefüllten Kavitäten 60 von den nachfolgenden Halbleiterschichten thermisch gekoppelt. Auf diese Weise wird das Aufwachssubstrat 50 beim Ablösen weniger stark erhitzt, als bei einem vollflächigen Kontakt zwischen Aufwachssubstrat 50 und nachfolgenden Halbleiterschichten. Das Aufwachssubstrat 50 kann daher besonders schonend entfernt werden. Dies ermöglicht eine besonders häufige Wiederverwendung des Aufwachssubstrats 50.

In Verbindung mit der schematischen Schnittdarstellung der Figur 2 ist ein Halbleiterbauteil, zum Beispiel ein optoelektronisches Halbleiterbauteil, das mit einem hier beschriebenen Verfahren hergestellt ist, näher erläutert. Bei dem Halbleiterbauteil handelt es sich vorliegend beispielsweise um ein strahlungserzeugendes Halbleiterbauteil, bei dem in der aktiven Zone 31 der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 elektromagnetische Strahlung, zum Beispiel Licht 32, erzeugt wird. Das derart hergestellte optoelektronische Halbleiterbauteil kann beispielsweise über Kontakte am Träger 53 und an der dem Träger 53 abgewandten Oberseite der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 kontaktiert werden. Ferner ist es möglich, dass das optoelektronische Halbleiterbauteil nicht gezeigte Durchkontaktierungen aufweist, die sich durch die aktive Zone 31 hindurch erstrecken, so dass das Halbleiterbauteil beispielsweise auch ausschließlich vom Träger 53 her kontaktiert werden kann. Solche optoelektronischen Halbleiterbauteile mit Durchkontaktierungen sind in einem anderen Zusammenhang in der Druckschrift US 8,450,751 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen wird.

In Verbindung mit den schematischen Schnittdarstellungen der Figuren 3A bis 3D ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens näher erläutert. Bei diesem
5 Verfahren wird wiederum ein Aufwachssubstrat 50 mit einer Aufwachsfläche 51 an einer Aufwachsseite 50a bereitgestellt. Bei dem Aufwachssubstrat kann es sich beispielsweise um ein Saphirsubstrat oder ein Siliziumsubstrat handeln.

10 An der Aufwachsfläche 50 wird die erste nitridische Halbleiterschicht 10 abgeschieden. Die erste nitridische Halbleiterschicht 10 kann beispielsweise mit $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ gebildet sein, wobei die Aluminiumkonzentration beispielsweise höchstens 20 % beträgt. An der dem Aufwachssubstrat 50 abge-
15 wandten Seite der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 folgt die zweite nitridische Halbleiterschicht 20. Die zweite nitridische Halbleiterschicht 20 ist beispielsweise mit AlGaN oder AlN gebildet und weist eine höhere Aluminiumkonzentration als die darunterliegende erste nitridische Halbleiterschicht auf. Dabei kann die Aluminiumkonzentration in der
20 zweiten nitridischen Halbleiterschicht im vorliegenden Ausführungsbeispiel auch mehr als 25 %, insbesondere mehr als 50 %, beispielsweise 100 %, betragen.

25 Aufgrund des Unterschieds in den Gitterkonstanten zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht bilden sich Risse oder beziehungsweise Cracks beim Relaxieren der zweiten nitridischen Halbleiterschicht während oder nach dem Wachstum der zweiten
30 nitridischen Halbleiterschicht aus. Die zweite nitridische Halbleiterschicht 20 kann beispielsweise eine kleinere Gitterkonstante als die erste nitridische Halbleiterschicht 10 aufweisen. Die Schichtdicke der zweiten nitridischen Halb-

leiterschicht beträgt beispielsweise zwischen wenigstens 5 nm und höchstens 100 nm.

Im nächsten Verfahrensschritt, Figur 3B, wird durch die Öffnungen 21, welche durch die Risse in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 gebildet sind, die darunterliegende erste nitridische Halbleiterschicht 10 selektiv geätzt. Dadurch entstehen Kavitäten 60, die beispielsweise vom Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 und dem Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 begrenzt sind.

Im nächsten Verfahrensschritt, Figur 3C, wird die dritte nitridische Halbleiterschicht 30 auf der der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 abgewandten Seite der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 abgeschieden. Die dritte nitridische Halbleiterschicht 30 bedeckt dabei die Öffnungen 21 in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20. Die dritte nitridische Halbleiterschicht 30 ist beispielsweise mit AlInGaN gebildet. Die dritte nitridische Halbleiterschicht 30 kann zumindest stellenweise identisch zur ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 aufgebaut sein. Ferner kann die dritte nitridische Halbleiterschicht 30 eine aktive Zone 31 umfassen, in der im Betrieb beispielsweise elektromagnetische Strahlung erzeugt oder detektiert wird.

Im nächsten Verfahrensschritt, Figur 3D, wird ein Träger 53 an der dem Aufwachssubstrat 50 abgewandten Seite der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 befestigt. Bei dem Träger kann es sich beispielsweise um eine Leiterplatte oder eine Platte aus einem elektrisch leitenden Material wie einem Metall oder einem Halbleitermaterial handeln.

Nachfolgend wird das Aufwachssubstrat 50 durch die Einwirkung von Laserstrahlung 52 abgelöst. Ein Großteil der Laserstrahlung kann dabei an der Grenzfläche zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 und/oder an der Grenzfläche zwischen der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 und der dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 absorbiert werden. Durch die gasgefüllten Kavitäten 60 ist die Kontaktfläche zwischen dem Aufwachssubstrat 50 und den nachfolgenden Halbleiterschichten reduziert, was ein Ablösen des Aufwachssubstrats 50 erleichtert. Ferner ist das Aufwachssubstrat 50 durch die thermisch schlecht leitenden, gasgefüllten Kavitäten 60 von den nachfolgenden Halbleiterschichten thermisch gekoppelt. Auf diese Weise wird das Aufwachssubstrat 50 beim Ablösen weniger stark erhitzt, als bei einem vollflächigen Kontakt zwischen Aufwachssubstrat 50 und nachfolgenden Halbleiterschichten. Das Aufwachssubstrat 50 kann daher besonders schonend entfernt werden. Dies ermöglicht eine besonders häufige Wiederverwendung des Aufwachssubstrats 50.

Die Figur 4 zeigt eine Schnittdarstellung, die einer TEM-Aufnahme einer mit dem Verfahren hergestellten Halbleiterschichtenfolge während der Herstellung mit einer ersten nitridischen Halbleiterschicht 10, einer zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 und einer dritten nitridischen Halbleiterschicht 30 entspricht. Deutlich ist ein Riss in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 zu erkennen, der eine Öffnung 21 in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 ausbildet, die sich vollständig durch die zweite nitridische Halbleiterschicht 20 hindurch erstreckt. In der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 ist am Endpunkt des Risses die Kavität 60 durch Ätzen mit Wasserstoffgas erzeugt. Dabei wird ausgenutzt, dass die Ätzrate umso größer ist, je kleiner

der Aluminiumanteil in der ersten nitridischen Halbleiterschicht 10 ist.

In diesem Ausführungsbeispiel kann auf die Maskenschicht, die beispielsweise mit Siliziumnitrid gebildet ist, verzichtet werden, wodurch eine Beeinflussung der Defektbildung in den Halbleiterschichten, die normalerweise durch die Maskenschicht erfolgt, verhindert ist.

Die Dichte der Kavitäten 60 kann durch die Anpassung der Wachstumsbedingungen der zweiten nitridischen Halbleiterschicht 20 eingestellt werden. Beispielsweise kann die Dichte der Öffnungen 21 und damit die Dichte der Kavitäten 60 durch eine Erhöhung der Zeit, für die das Material der zweiten nitridischen Schicht 20 abgeschieden wird, erhöht werden. Die Größe der Kavitäten, beispielsweise ihr maximaler Durchmesser, kann durch die Ätzzeit, das Verhältnis von H₂ zu N₂, die Menge von NH₃ und/oder die Temperatur und/oder der Druck in der Prozesskammer eingestellt werden.

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 dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Es wird die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2014 106 505.0 beansprucht, die hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	10	erste nitridische Halbleiterschicht
	20	zweite nitridische Halbleiterschicht
5	21	Öffnung
	22	Deckfläche
	23	Seitenfläche
	30	dritte nitridische Halbleiterschicht
	31	aktive Zone
10	32	Licht
	50	Aufwachssubstrat
	51	Aufwachsfläche
	52	Laserstrahlung
	53	Träger
15	50a	Aufwachsseite
	60	Kavität
	61	Rand der Kavität

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterschichtenfolge mit den folgenden Schritten:

- 5 - Bereitstellen eines Aufwachssubstrats (50) mit einer Aufwachsfläche (51) an einer Aufwachsseite (50a),
- Aufwachsen einer ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) an der Aufwachsseite,
- Aufwachsen einer zweiten nitridischen Halbleiterschicht
- 10 (20) auf die erste nitridische Halbleiterschicht (10), wobei die zweite nitridische Halbleiterschicht (20) zumindest eine Öffnung (21) aufweist oder zumindest eine Öffnung (21) in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) erzeugt wird oder während des Aufwachsens zumindest eine Öffnung (21) in der
- 15 zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) entsteht,
- Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) durch die Öffnungen (21) in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20),
- Aufwachsen einer dritten nitridischen Halbleiterschicht
- 20 (30) auf die zweite nitridische Halbleiterschicht (20), wobei die dritte nitridische Halbleiterschicht (30) die Öffnungen (21) zumindest stellenweise überdeckt, derart, dass zwischen dem Aufwachssubstrat (50) und den nachfolgenden Halbleiterschichten (10, 20, 30) Kavitäten vorhanden sind, die frei von
- 25 einem Halbleitermaterial sind,
- Ablösen des Aufwachssubstrats (50).

2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei

- 30 - das Aufwachssubstrat (50) unter Verwendung von Laserstrahlung (52) abgelöst wird, und
- die Laserstrahlung (52) durch das Aufwachssubstrat (50) und die Kavitäten (60) tritt und größtenteils in der zweiten nit-

nitridischen Halbleiterschicht (20) und/oder der dritten nitridischen Halbleiterschicht (30) absorbiert wird.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

5 wobei die zweite nitridische Halbleiterschicht (20) eine größere Aluminiumkonzentration als die erste nitridische Halbleiterschicht (10) aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

10 wobei

- zwischen der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) und der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) eine Maskenschicht (40) angeordnet wird,

15 - die zweite nitridische Halbleiterschicht (20) dort wo die erste nitridische Halbleiterschicht (10) von der Maskenschicht (40) unbedeckt ist auf die erste nitridische Halbleiterschicht (10) aufgewachsen wird, und

20 - zumindest ein Teil der Oberfläche (41) der Maskenschicht (40), die der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) abgewandt ist, frei von Material der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) ist, wodurch die zweite nitridische Halbleiterschicht (20) die zumindest eine Öffnung (21) aufweist.

5. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,

25 wobei vor dem Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) die Maskenschicht (40) entfernt wird.

6. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,

30 wobei die Maskenschicht (40) mit dem gleichen Verfahren wie die erste nitridische Halbleiterschicht (10) entfernt wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei während des Aufwachsens der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) Risse in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) entstehen, welche die Öffnungen (21) in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) bilden, wobei
5 sich zumindest manche der Öffnungen (21) vollständig von der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) abgewandten Oberseite der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) durch die zweite nitridische Halbleiterschicht (20) bis zur ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) erstrecken.

10

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei das Entfernen zumindest eines Teils der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) durch ein Erhöhen des Wasserstoffflusses und/oder eine Reduktion des NH_3 -Flusses erfolgt,
15 wobei das Entfernen der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) aufgrund einer chemischen Reaktion zwischen dem Wasserstoff und dem Material der ersten nitridischen Halbleiterschicht (10) erfolgt.

20 9. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,
wobei das Erhöhen des Wasserstoffflusses unter Erhöhen der Temperatur und/oder Absenken des Stickstoffflusses erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
25 wobei die dritte nitridische Halbleiterschicht (30) eine zur Strahlungserzeugung oder zur Strahlungsdetektion vorgesehene aktive Zone (31) umfasst.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
30 wobei das Aufwachssubstrat (50) unter Verwendung von Laserstrahlung (52) abgelöst wird.

12. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,

wobei die Laserstrahlung (52) durch das Aufwachssubstrat (50) und die Kavitäten (60) tritt und größtenteils in der zweiten nitridischen Halbleiterschicht (20) und/oder der dritten nitridischen Halbleiterschicht (30) absorbiert wird.

FIG 1A

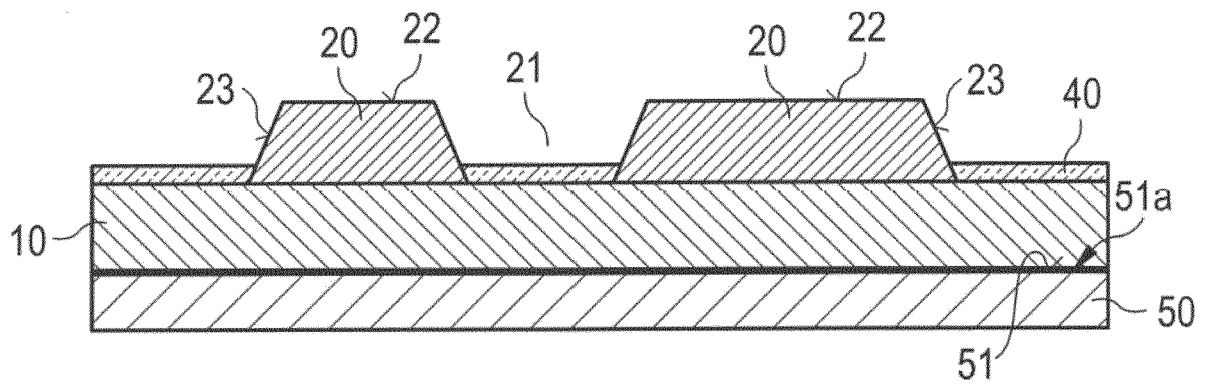


FIG 1B

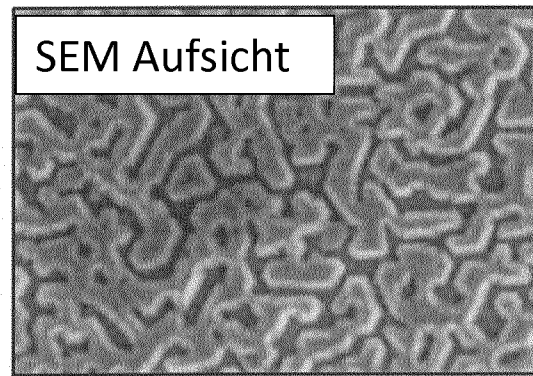
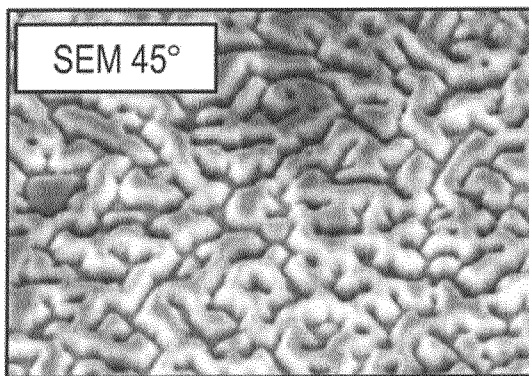


FIG 1C

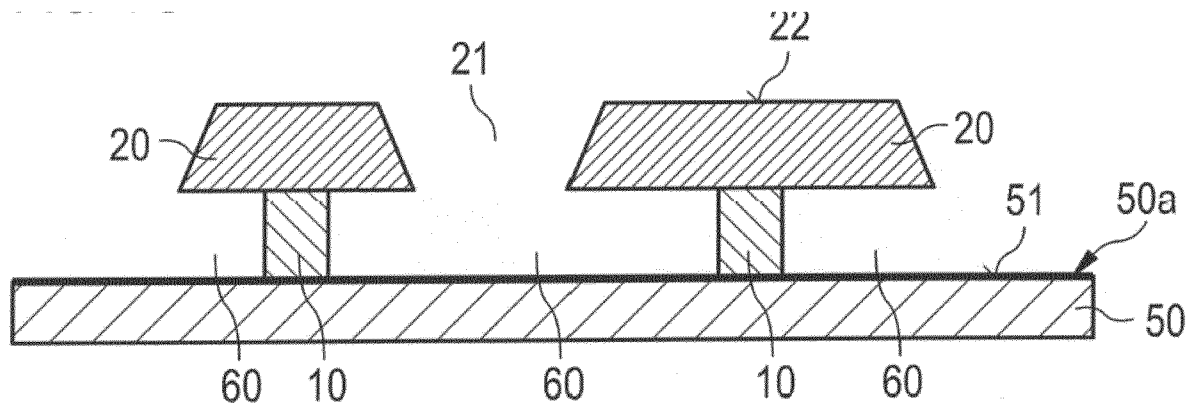


FIG 1D

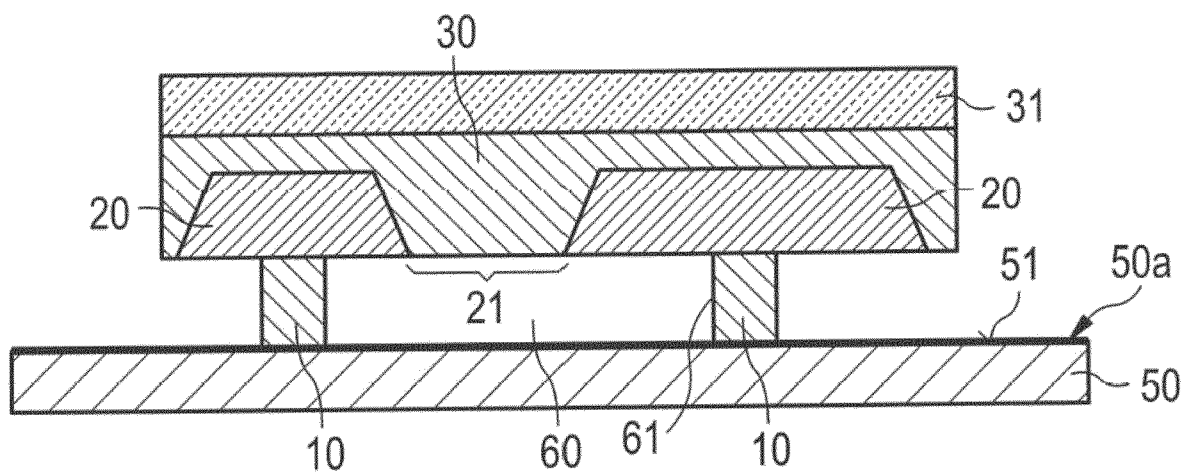


FIG 1E

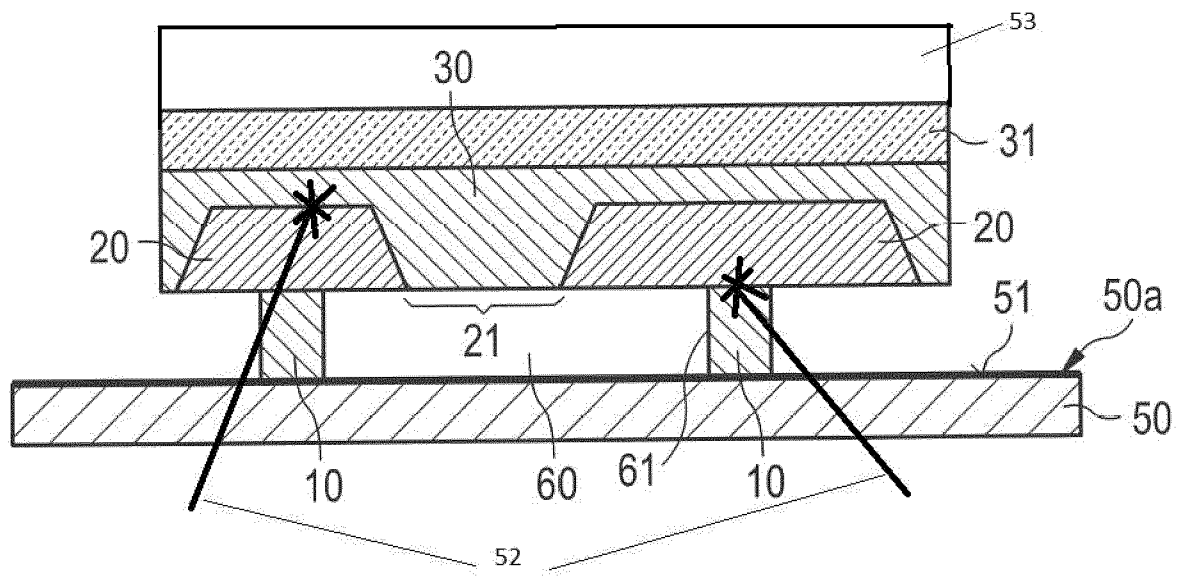


FIG 2

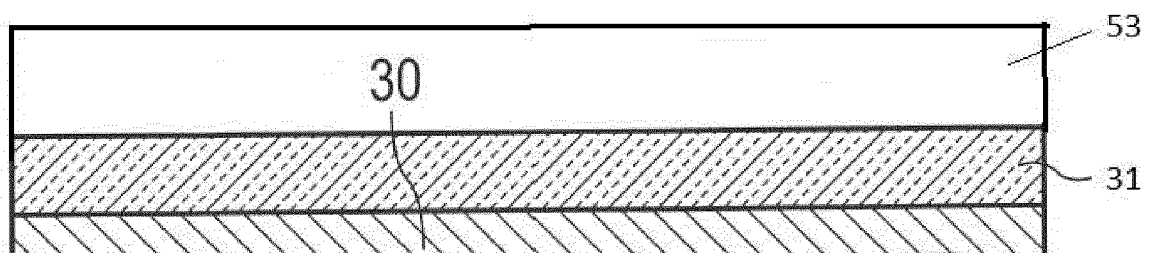


FIG 3A

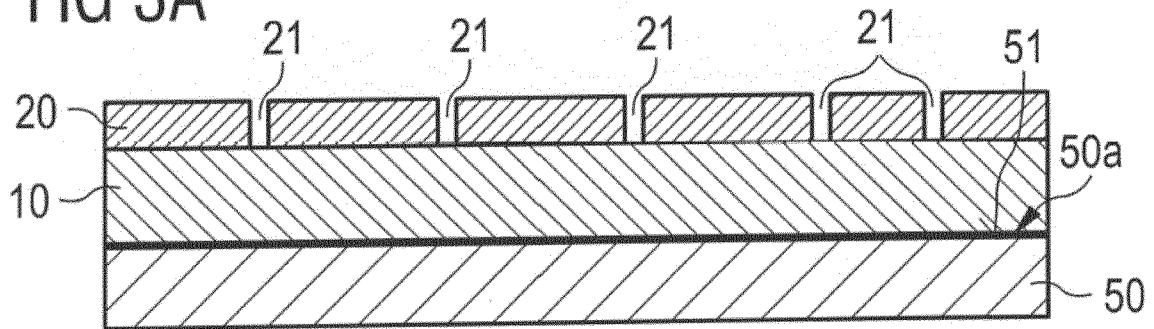


FIG 3B

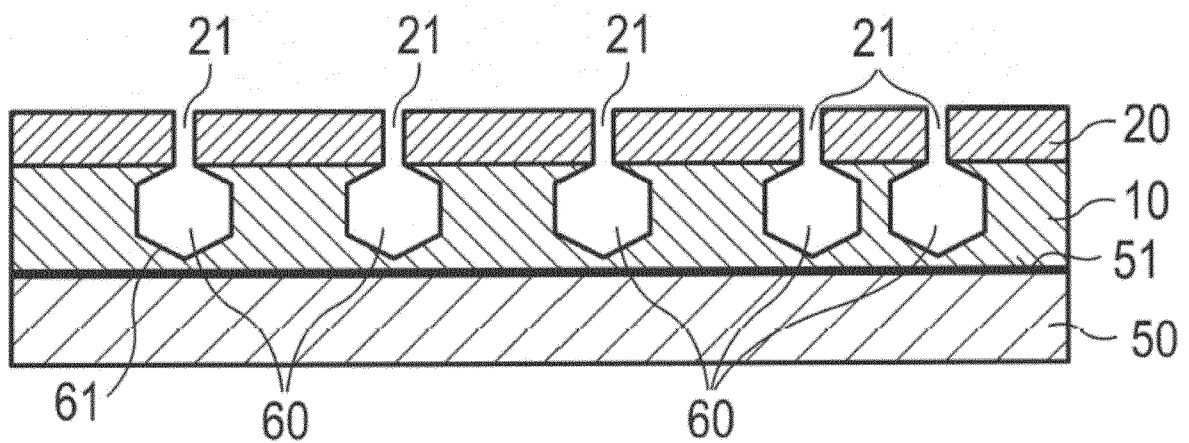


FIG 3C

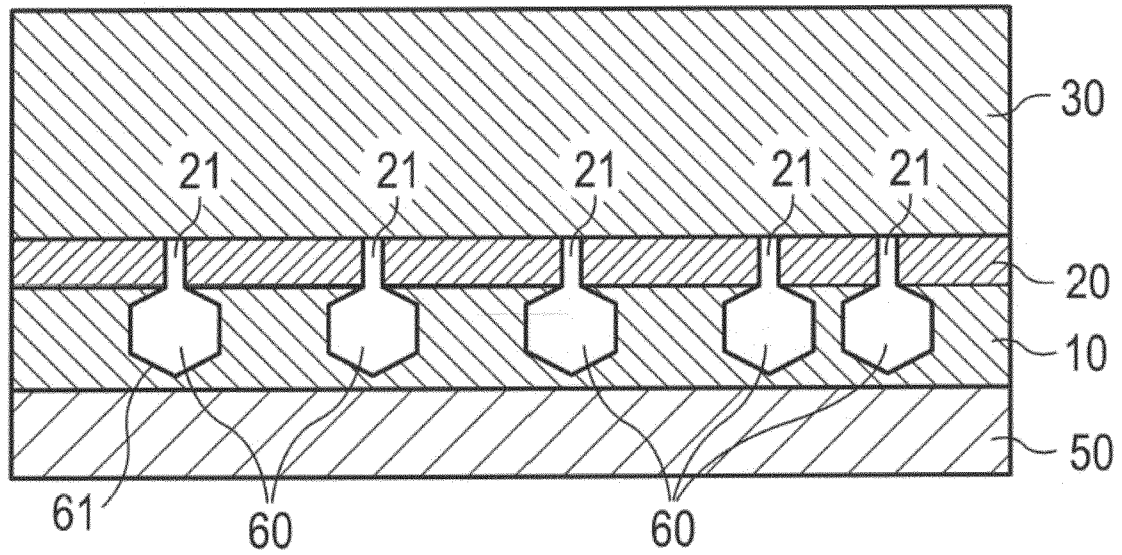


FIG 3D

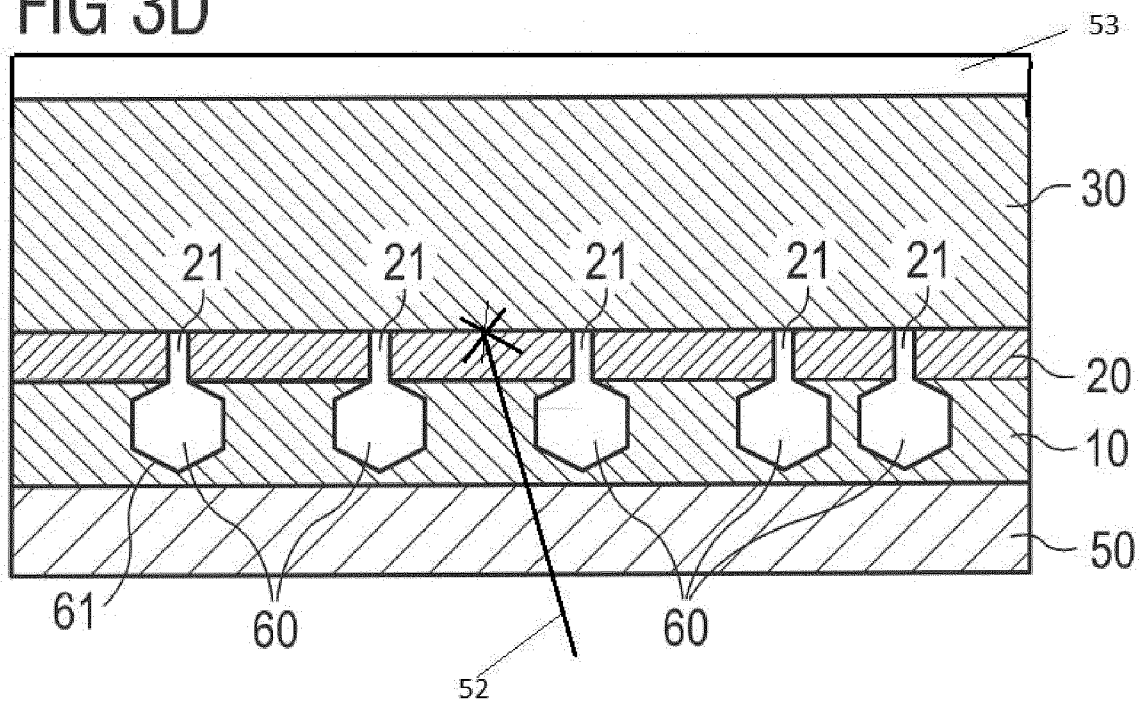
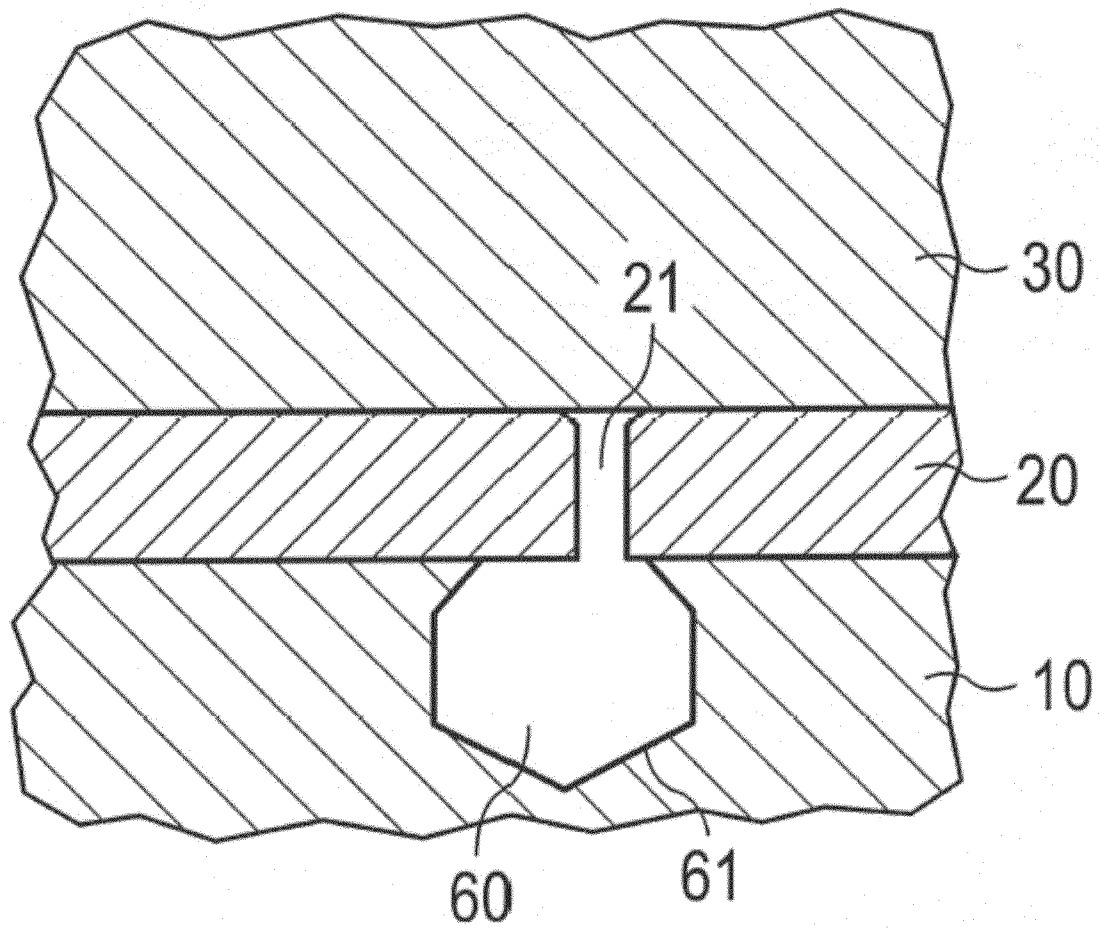


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/058175

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L33/00 H01L21/02
ADD. H01L33/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012 116726 A (NGK INSULATORS LTD) 21 June 2012 (2012-06-21) paragraph [0016] - paragraph [0043]; figures 1, 2	1-12
X	----- US 2003/186475 A1 (UEDA TETSUZO [JP] ET AL) 2 October 2003 (2003-10-02) paragraph [0143] - paragraph [0151]; figures 5A, 5B paragraph [0155] - paragraph [0163]; claims 18, 19; figures 6A-6E	1,2,11, 12
A	----- US 2005/173692 A1 (PARK YOUNG H [KR] ET AL PARK YOUNG HO [KR] ET AL) 11 August 2005 (2005-08-11) paragraph [0064] - paragraph [0071]; figures 5a-5f ----- -/--	2,12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 June 2015

Date of mailing of the international search report

02/07/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Franssen, Gijs

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/058175

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	VARTULI C B ET AL: "CL ₂ /AR AND CH ₄ /H ₂ /AR DRY ETCHING OF III-V NITRIDES", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, US, vol. 80, no. 7, 1 October 1996 (1996-10-01), pages 3705-3709, XP000658460, ISSN: 0021-8979, DOI: 10.1063/1.363320 page 3707, column 2, line 3 - line 13 -----	3
A	US 2001/053618 A1 (KOZAKI TOKUYA [JP] ET AL) 20 December 2001 (2001-12-20) paragraph [0076] - paragraph [0084]; claim 7; figures 8, 9 -----	4-6
A	HIRAMATSU K ET AL: "Selective area etching of GaN and AlGa _N by thermally chemical reaction in hydrogen ambient", NITRIDE SEMICONDUCTORS SYMPOSIUM - 1-5 DEC. 1997 - BOSTON, MA, USA (IN: MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS),, vol. 482, 1 January 1998 (1998-01-01), pages 991-996, XP009120426, ISBN: 978-1-55899-387-7 abstract -----	8,9
A	US 2011/266552 A1 (TU PO-MIN [TW] ET AL) 3 November 2011 (2011-11-03) paragraph [0018] -----	7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/058175

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2012116726 A	21-06-2012	JP 5542036 B2 JP 2012116726 A	09-07-2014 21-06-2012
US 2003186475 A1	02-10-2003	US 2003186475 A1 US 2006121695 A1	02-10-2003 08-06-2006
US 2005173692 A1	11-08-2005	JP 2005108863 A KR 20040058479 A TW I242891 B US 2005173692 A1 US 2005214965 A1	21-04-2005 05-07-2004 01-11-2005 11-08-2005 29-09-2005
US 2001053618 A1	20-12-2001	AU 7454501 A AU 2001274545 B2 CA 2412999 A1 CN 1441982 A EP 1320870 A2 KR 20030032965 A MY 128305 A TW 508841 B US 2001053618 A1 US 2003032288 A1 US 2003160232 A1 WO 0199155 A2	02-01-2002 23-06-2005 27-12-2001 10-09-2003 25-06-2003 26-04-2003 31-01-2007 01-11-2002 20-12-2001 13-02-2003 28-08-2003 27-12-2001
US 2011266552 A1	03-11-2011	CN 102237454 A US 2011266552 A1	09-11-2011 03-11-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L33/00 H01L21/02

ADD. H01L33/20

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2012 116726 A (NGK INSULATORS LTD) 21. Juni 2012 (2012-06-21) Absatz [0016] - Absatz [0043]; Abbildungen 1, 2	1-12
X	----- US 2003/186475 A1 (UEDA TETSUZO [JP] ET AL) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) Absatz [0143] - Absatz [0151]; Abbildungen 5A, 5B Absatz [0155] - Absatz [0163]; Ansprüche 18, 19; Abbildungen 6A-6E	1,2,11, 12
A	----- US 2005/173692 A1 (PARK YOUNG H [KR] ET AL PARK YOUNG HO [KR] ET AL) 11. August 2005 (2005-08-11) Absatz [0064] - Absatz [0071]; Abbildungen 5a-5f ----- -/-	2,12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach
dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Juni 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/07/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Franssen, Gijs

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	VARTULI C B ET AL: "CL ₂ /AR AND CH ₄ /H ₂ /AR DRY ETCHING OF III-V NITRIDES", JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, US, Bd. 80, Nr. 7, 1. Oktober 1996 (1996-10-01), Seiten 3705-3709, XP000658460, ISSN: 0021-8979, DOI: 10.1063/1.363320 Seite 3707, Spalte 2, Zeile 3 - Zeile 13 -----	3
A	US 2001/053618 A1 (KOZAKI TOKUYA [JP] ET AL) 20. Dezember 2001 (2001-12-20) Absatz [0076] - Absatz [0084]; Anspruch 7; Abbildungen 8, 9 -----	4-6
A	HIRAMATSU K ET AL: "Selective area etching of GaN and AlGa _N by thermally chemical reaction in hydrogen ambient", NITRIDE SEMICONDUCTORS SYMPOSIUM - 1-5 DEC. 1997 - BOSTON, MA, USA (IN: MATERIALS RESEARCH SOCIETY SYMPOSIUM PROCEEDINGS),, Bd. 482, 1. Januar 1998 (1998-01-01), Seiten 991-996, XP009120426, ISBN: 978-1-55899-387-7 Zusammenfassung -----	8,9
A	US 2011/266552 A1 (TU PO-MIN [TW] ET AL) 3. November 2011 (2011-11-03) Absatz [0018] -----	7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/058175

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2012116726 A	21-06-2012	JP 5542036 B2 JP 2012116726 A	09-07-2014 21-06-2012
US 2003186475 A1	02-10-2003	US 2003186475 A1 US 2006121695 A1	02-10-2003 08-06-2006
US 2005173692 A1	11-08-2005	JP 2005108863 A KR 20040058479 A TW I242891 B US 2005173692 A1 US 2005214965 A1	21-04-2005 05-07-2004 01-11-2005 11-08-2005 29-09-2005
US 2001053618 A1	20-12-2001	AU 7454501 A AU 2001274545 B2 CA 2412999 A1 CN 1441982 A EP 1320870 A2 KR 20030032965 A MY 128305 A TW 508841 B US 2001053618 A1 US 2003032288 A1 US 2003160232 A1 WO 0199155 A2	02-01-2002 23-06-2005 27-12-2001 10-09-2003 25-06-2003 26-04-2003 31-01-2007 01-11-2002 20-12-2001 13-02-2003 28-08-2003 27-12-2001
US 2011266552 A1	03-11-2011	CN 102237454 A US 2011266552 A1	09-11-2011 03-11-2011