

(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
6. Februar 2014 (06.02.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/019752 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 33/00 (2010.01) *H01L 21/02* (2006.01)
H01L 33/32 (2010.01)

(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER**
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH;
Ridlerstraße 55, 80339 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/062022

(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, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. Juni 2013 (11.06.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 107 001.6 31. Juli 2012 (31.07.2012) DE

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

(72) Erfinder: **HERTKORN, Joachim**; Bischof-Ketteler-Str. 21a, 93087 Alteglofsheim (DE). **ZINI, Lorenzo**; Hombergerweg 7, 93049 Regensburg (DE). **AHL, Jan-Philipp**; Leublfingstr. 9A, 93053 Regensburg (DE). **FREY, Alexander**; Martin-Greif-Str. 10, 93051 Regensburg (DE).

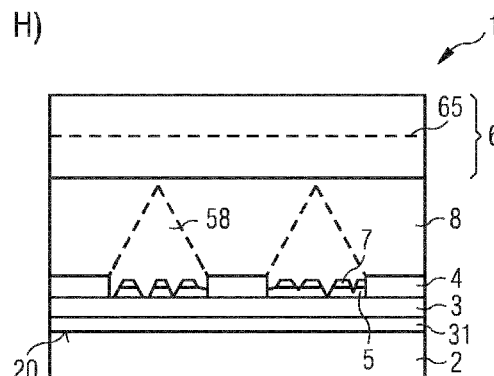
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP AND OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERCHIPS UND OPTOELEKTRONISCHER HALBLEITERCHIP

FIG 1



(57) Abstract: In at least one embodiment, the method is designed for producing an optoelectronic semiconductor chip (1). The method comprises at least the following steps in the specified order: A) providing a growth substrate (2) with a growth side (20); B) depositing at least one nucleation layer (3) based on $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{OyN}_{1-y}$ on the growth side (20); C) depositing and structuring a masking layer (4); D) optional growing of a growth layer (5) based on GaN on the nucleation layer (3) in regions not covered by the masking layer (4); E) partially removing the nucleation layer (3) and/or the growth layer (5) in regions not covered by the masking layer (4) or applying a second masking layer (7) on the nucleation layer (3) or on the growth layer (5) in regions not covered by the masking layer (4); and F) growing a semiconductor layer sequence (6) based on AlInGa with at least one active layer (65).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/019752 A1



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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

In mindestens einer Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips (1) eingerichtet. Das Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte in der angegebenen Reihenfolge: A) Bereitstellen eines Aufwachssubstrats (2) mit einer Aufwachsseite (20), B) Abscheiden mindestens einer auf $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{OyN}_{1-y}$ basierenden Nukleationsschicht (3) an der Aufwachsseite (20), C) Abscheiden und Strukturieren einer Maskierungsschicht (4), D) optionales Aufwachsen einer auf GaN basierenden Anwachsschicht (5) in nicht von der Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen an der Nukleationsschicht (3), E) teilweises Entfernen der Nukleationsschicht (3) und/oder der Anwachsschicht (5) in nicht von der Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen oder Aufbringen einer zweiten Maskierungsschicht (7) auf der Nukleationsschicht (3) oder auf der Anwachsschicht (5) in den nicht von der Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen, und F) Aufwachsen einer auf AlInGaN basierenden Halbleiterschichtenfolge (6) mit mindestens einer aktiven Schicht (65).

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips und optoelektronischer Halbleiterchip

5

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben. Darüber hinaus wird ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben.

- 10 Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips anzugeben, mit dem eine Halbleiterschichtenfolge hoher Qualität erzeugbar ist.
- 15 Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein Verfahren und durch einen Halbleiterchip mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstände der abhängigen Ansprüche.
- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des Bereitstellens eines Aufwachssubstrats. Bei dem Aufwachssubstrat handelt es sich beispielsweise um ein Saphirsubstrat. Ebenso sind andere Substrate, etwa aus Silizium, Siliziumcarbid, Galliumnitrid, Galliumarsenid oder
- 25 Galliumphosphid, einsetzbar. Das Aufwachssubstrat weist eine Aufwachsseite auf, die dazu eingerichtet ist, darauf eine Halbleiterschichtenfolge etwa epitaktisch abzuscheiden.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren
- 30 den Schritt des Aufwachsens oder Aufbringens mindestens einer Nukleationsschicht an der Aufwachsseite. Die Nukleationsschicht kann unmittelbar an der Aufwachsseite aufgewachsen werden, so dass sich die Aufwachsseite und die

Nukleationsschicht berühren. Ebenso ist es möglich, dass insbesondere unmittelbar zwischen der Aufwachsseite und der Nukleationsschicht eine Pufferschicht angebracht wird. Die Nukleationsschicht wird beispielsweise durch Sputtern oder
5 epitaktisches Wachsen erzeugt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform basiert die Nukleationsschicht auf $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{O}_y\text{N}_{1-y}$. Hierbei gilt $0 < x \leq 1$ und $0 \leq y < 1$. Bevorzugt gilt $y \leq 0,15$ oder $y \leq 0,05$ oder $y \leq$
10 $0,025$. Weiterhin gilt bevorzugt $y \geq 0,1$ oder $y \geq 0,2$ oder $y \geq 0,3$ oder $y \geq 0,5$ oder $y \geq 0,8$. Insbesondere handelt es sich bei der Nukleationsschicht um eine Aluminiumnitridschicht oder um eine Aluminiumoxinitridschicht. Die Nukleationsschicht kann über die gesamte Dicke hinweg eine im
15 Rahmen der Herstellungstoleranzen gleiche Materialzusammensetzung aufweisen oder auch eine variierende Materialzusammensetzung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren den Schritt des Aufwachsens oder Aufbringens einer
20 Maskierungsschicht auf. Die Maskierungsschicht wird bevorzugt unmittelbar auf der Nukleationsschicht erzeugt. Die Maskierungsschicht umfasst bevorzugt eines oder mehrere der nachfolgend genannten Materialien oder besteht aus einem oder
25 mehreren dieser Materialien: einem Siliziumnitrid, einem Siliziumoxid, einem Siliziumoxinitrid, einem Bornitrid, einem Magnesiumoxid.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Maskierungsschicht strukturiert. Das Strukturieren erfolgt
30 bevorzugt fototechnisch und lithographisch. Beim Strukturieren der Maskierungsschicht wird ein Material der zuvor aufgetragenen Maskierungsschicht entfernt. Ebenso ist

es alternativ möglich, dass die Maskierungsschicht bereits strukturiert aufgebracht wird. Wird ein Material der Maskierungsschicht entfernt, so bleibt die Nukleationsschicht bevorzugt hiervon unbeeinflusst oder im Wesentlichen unbeeinflusst.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren optional den Schritt des Aufwachsens einer auf Galliumnitrid basierenden Anwachsschicht. Die Anwachsschicht wird in solchen Bereichen insbesondere unmittelbar auf die Nukleationsschicht aufgebracht, die nicht von der Maskierungsschicht bedeckt sind.

Der Begriff basierend kann bedeuten, dass die wesentlichen Kristallkomponenten jeweils aus den genannten Materialien gebildet sind. Weitere Stoffe in geringen Konzentrationen, insbesondere Dotierungen, können ebenso vorhanden sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des teilweisen Entferns der Nukleationsschicht und/oder der Anwachsschicht in nicht von der Maskierungsschicht bedeckten Bereichen. Mit anderen Worten wird dann die Nukleationsschicht und/oder die Anwachsschicht teilweise rückgeätzt. Alternativ oder zusätzlich hierzu ist es möglich, dass eine weitere, dünnere Maskierungsschicht auf die Nukleationsschicht oder auf die Anwachsschicht aufgewachsen wird, beispielsweise ohne dass eine nennenswerte Materialwegnahme aus der Nukleationsschicht oder aus der Anwachsschicht heraus erfolgt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren den Schritt des Aufwachsens einer auf $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$ basierenden Halbleiterschichtenfolge, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und

$n + m \leq 1$ ist. Die Halbleiterschichtenfolge umfasst eine oder mehrere aktive Schichten.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform dient das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips. Bei dem herzustellenden Halbleiterchip handelt es sich insbesondere um einen Leuchtdiodenchip, um einen Laserdiodenchip oder auch um eine Fotodiode.

10 In mindestens einer Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips wie einer Leuchtdiode eingerichtet. Das Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge:

15

A) Bereitstellen eines Aufwachssubstrats mit einer Aufwachsseite,

B) Aufbringen und/oder Aufwachsen mindestens einer Nukleationsschicht an der Aufwachsseite, wobei die

20 Nukleationsschicht auf

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{O}_y\text{N}_{1-y}$ basiert,

C) Aufbringen und/oder Aufwachsen einer ersten Maskierungsschicht an der Nukleationsschicht und Strukturieren der ersten Maskierungsschicht,

25 D) Aufbringen und/oder Aufwachsen einer auf GaN basierenden Anwachsschicht in nicht von der ersten Maskierungsschicht bedeckten Bereichen an der Nukleationsschicht,

E) teilweises Entfernen der Nukleationsschicht und/oder der Anwachsschicht in nicht von der ersten Maskierungsschicht

30 bedeckten Bereichen und/oder Aufbringen oder Aufwachsen einer zweiten Maskierungsschicht auf der Nukleationsschicht oder auf der Anwachsschicht in den nicht von der ersten Maskierungsschicht bedeckten Bereichen, und

F) Aufwachsen einer auf AlInGaN basierenden Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer aktiven Schicht.

5 Der Schritt D) ist hierbei optional.

Bei herkömmlichen Herstellungsverfahren für optoelektronische Halbleiterchips wird als Wachstumssubstrat für eine Epitaxie üblicherweise ein monokristallines Substrat eingesetzt. Zu
10 einer Reduktion einer Defektdichte oder zur Ermöglichung einer besseren Lichtauskopplung wird auf einem solchen Substrat vor einem epitaktischen Wachstum einer Halbleiterschichtenfolge mit einer aktiven Schicht eine strukturierte Maskierungsschicht aufgebracht. Nur an Stellen,
15 an denen die Maskierungsschicht Öffnungen aufweist, kann die Halbleiterschichtenfolge anwachsen. Durch dieses punktuelle Anwachsen und durch darauffolgendes Koaleszieren der Halbleiterschichtenfolge wird eine deutliche Verbesserung der Kristallqualität der Halbleiterschichtenfolge erzielt. Ein
20 solcher Prozess ist auch als Facet Assisted Epitaxial Lateral Overgrowth, kurz FACELO, bekannt.

Bei einem solchen Überwachsen mit einer derartigen Maskierungsschicht treten jedoch starke kristalline
25 Verspannungen in der Halbleiterschicht auf, die insbesondere zu einer unerwünschten Durchbiegung des Aufwachssubstrats während der Epitaxie führen können. Dies kann zur Ausbildung von Rissen in der Halbleiterschichtenfolge führen oder auch dazu, dass über das Aufwachssubstrat hinweg die aktive
30 Schicht eine deutliche Streuung in der Emissionswellenlänge aufzeigt.

Durch das teilweise Rückätzen der Nukleationsschicht und/oder der Anwachsschicht und/oder durch das Aufwachsen einer zweiten Maskierungsschicht auf die Nukleationsschicht und/oder auf die Anwachsschicht sind derartige kristalline
5 Verspannungen in der zu erzeugenden Halbleiterschichtenfolge reduzierbar. Hierdurch ist eine Durchbiegung des Aufwachssubstrats während der Epitaxie kontrollierbar und ein gleichmäßigeres Wachsen der Halbleiterschichtenfolge ist möglich.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die einzelnen Schichten mittels Epitaxie, etwa mit metallorganischer Gasphasenabscheidung, oder mittels Sputtern erzeugt. Insbesondere die Nukleationsschicht und die
15 Maskierungsschicht können mittels Sputtern erzeugt sein. Die Halbleiterschichtenfolge und die Anwachsschicht sind bevorzugt mittels Epitaxie gebildet.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird der Schritt D) ausgeführt. Das heißt, insbesondere unmittelbar auf der Nukleationsschicht wird dann die Anwachsschicht erzeugt.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt das teilweise Entfernen der Anwachsschicht im Schritt E) unter Zugabe eines Reaktantgases für Wasserstoff und bevorzugt unter Zugabe
eines Reaktantgases für Stickstoff. Bei dem Reaktantgas für Stickstoff handelt es sich insbesondere um NH_3 oder um N_2H_4 . Das Reaktantgas für Wasserstoff kann H_2 oder auch SiH_4 sein.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei der zweiten Maskierungsschicht um eine Nitridmaskierung. Die Nitridmaskierung ist insbesondere eine Siliziumnitridschicht. Es wird die Nitridmaskierung aus einem Reaktantgas für

Silizium und einem Reaktantgas für Stickstoff heraus erzeugt. Das Erzeugen der Nitridmaskierung erfolgt im Schritt E).

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt bei dem

5 Erzeugen der Nitridmaskierung, insbesondere durch die Zugabe des Reaktantgases für Wasserstoff und/oder des Reaktantgases für Silizium, wobei diese beiden Reaktantgase durch dasselbe Gas gebildet sein können, eine teilweise Materialentfernung der Anwachsschicht und/oder der Nukleationsschicht. Mit

10 anderen Worten wird durch das Erzeugen der Nitridmaskierung gleichzeitig ein Rückätzen der Anwachsschicht und/oder der Nukleationsschicht erzielt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt in Draufsicht

15 gesehen ein Bedeckungsgrad der Nitridmaskierung auf der Anwachsschicht und/oder auf der Nukleationsschicht, in Bereichen, die in Draufsicht auf die Anwachssseite nicht von der Maskierungsschicht bedeckt sind, bei mindestens 50 % oder bei mindestens 60 %. Alternativ oder zusätzlich liegt dieser

20 Bedeckungsgrad bei höchstens 90 % oder bei höchstens 80 %. Insbesondere liegt der Bedeckungsgrad zwischen einschließlich 65 % und 75 %.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird im Schritt E) nur

25 oder im Wesentlichen nur Material aus der Anwachsschicht heraus entfernt und nicht aus der Nukleationsschicht. Dies schließt nicht zwangsläufig aus, dass an einer dem Aufwachsssubstrat abgewandten Oberseite der Nukleationsschicht einzelne Atome aus der Nukleationsschicht herausgelöst

30 werden. Jedoch bleibt beim Schritt E) die Nukleationsschicht in ihrer Dicke und Struktur erhalten. Das Entfernen von Material beschränkt sich auf die Anwachsschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Nitridmaskierung, die der zweiten Maskierungsschicht entspricht, ausschließlich oder im Wesentlichen nur auf der Anwachsschicht aufgebracht und nicht auf der

5 Nukleationsschicht. Die Nitridmaskierung kann hierbei die Maskierungsschicht, die sich bevorzugt unmittelbar auf der Nukleationsschicht befindet, bedecken. Insbesondere ist es möglich, dass im Schritt E) ein Material der Anwachsschicht nur so weit entfernt wird, dass die darunter liegende
10 Nukleationsschicht nicht freigelegt wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt eine Dicke der Nitridmaskierung um mindestens einen Faktor 50 oder mindestens einen Faktor 100 unter der Dicke der

15 Maskierungsschicht. Beispielsweise beträgt die Dicke der Nitridmaskierung höchstens 2,0 nm oder höchstens 1,0 nm oder höchstens 0,5 nm. Die Dicke der Maskierungsschicht liegt beispielsweise bei mindestens 25 nm oder bei mindestens 50 nm oder bei mindestens 100 nm. Alternativ oder zusätzlich liegt
20 die Dicke oder die mittlere Dicke der Nitridmaskierung zwischen einschließlich ein und drei Atomlagen. Ein Bedeckungsgrad mit der Nitridmaskierung, in Draufsicht gesehen, liegt hierbei bevorzugt zwischen einschließlich 50 % und 85 %, insbesondere bei zirka 70 %.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt das teilweise Entfernen der Anwachsschicht und/oder der Nukleationsschicht im Schritt E) durch einen Mangel des Reaktantgases für Stickstoff. Bei vergleichsweise hohen Temperaturen und bei zu
30 wenig zur Verfügung gestelltem Stickstoff zersetzt sich bereits kristallisiertes Galliumnitrid. Für das Rückätzen der Anwachsschicht und/oder der Nukleationsschicht wird also dann kein separates Ätzmittel herangezogen. Insbesondere erfolgt

das Rückätzen dann ohne Zugabe eines Reaktantgases für Wasserstoff und/oder für Silizium oder für einen anderen rückätzenden Stoff.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird im Schritt E) in nicht von der Maskierungsschicht bedeckten Bereichen an der Nukleationsschicht und/oder an der Anwachsschicht eine Vielzahl von Anwachsinseln ausgebildet. Die Anwachsinseln sind dazu eingerichtet, dass von diesen Anwachsinseln
10 ausgehend Halbleitermaterial wächst. Die Anwachsinseln sind insbesondere durch freiliegende Flanken der Nukleationsschicht und/oder der Anwachsschicht gebildet. Insbesondere sind die Anwachsinseln solche Bereiche der Nukleationsschicht und/oder der Anwachsschicht, die nicht von
15 der Nitridmaskierung bedeckt sind.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Anwachsinseln einen mittleren Durchmesser von mindestens 10 nm oder von mindestens 15 nm oder von mindestens 25 nm
20 auf. Alternativ oder zusätzlich beträgt der mittlere Durchmesser der Anwachsinseln höchstens 250 nm oder höchstens 150 nm oder höchstens 80 nm.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die
25 Anwachsinseln eine mittlere Strukturgröße auf, in Draufsicht auf die Aufwachsseite gesehen, die mindestens um einen Faktor 10 oder mindestens um einen Faktor 20 oder mindestens um einen Faktor 50 kleiner ist als eine entsprechende Strukturgröße der Maskierungsschicht. Beispielsweise liegt
30 die Strukturgröße der Anwachsinseln auf der Nanometerskala und die Strukturgröße der Maskierungsschicht auf der Mikrometerskala.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt E1). Im Schritt E1) wird ausgehend von den Anwachsinseln ein epitaktisches laterales Überwachsen von kleineren Strukturen zu im Querschnitt dreieckförmigen oder trapezförmigen größeren Strukturen durchgeführt. Mit anderen Worten wird jeweils von den Anwachsinseln ausgehend ein laterales Überwachsen gestartet. Insbesondere bildet sich zuerst eine Vielzahl von kleinen, separaten pyramidenartigen Strukturen aus. Diese kleineren, von den jeweiligen Anwachsinseln ausgehenden Pyramidenstrukturen wachsen im Verlauf des Verfahrens dann zu einer größeren Struktur zusammen. Diese größere Struktur ist, in Draufsicht auf die Aufwachsseite gesehen, im Wesentlichen auf solche Bereiche beschränkt, die nicht von der Maskierungsschicht bedeckt sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist eine vertikale Wachstumsrate im Schritt E1) größer als eine horizontale Wachstumsrate. Die vertikale Wachstumsrate bezeichnet hierbei das Wachstum in Richtung senkrecht zur Aufwachsseite und die horizontale Wachstumsrate ein Wachstum parallel zur Aufwachsseite. Beispielsweise übersteigt die vertikale Wachstumsrate die horizontale Wachstumsrate um mindestens einen Faktor 1,5 oder um mindestens einen Faktor 2 und/oder um höchstens einen Faktor 5 oder um höchstens einen Faktor 4.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt E2), der dem Schritt E1) und/oder dem Schritt E) nachfolgt. Im Schritt E2) erfolgt ein epitaktisches laterales Überwachsen hin zu einer durchgehenden Koaleszenzschicht. Bei der Koaleszenzschicht handelt es sich bevorzugt um eine zusammenhängende, löcherfreie Schicht. Die

Koaleszenzschicht bedeckt bevorzugt die gesamte Aufwachsseite des Aufwachssubstrats.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform übersteigt im Schritt E2) die horizontale Wachstumsrate die vertikale Wachstumsrate, beispielsweise um mindestens einen Faktor 1,25 oder um mindestens einen Faktor 1,5.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird der Schritt E1) und/oder der Schritt E2) nach dem Schritt E) und vor dem Schritt F) durchgeführt.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Maskierungsschicht mehrere Lagen auf, etwa mindestens oder genau zwei oder mindestens oder genau drei Lagen.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist eine mittlere Lage der Maskierungsschicht aus Siliziumnitrid gebildet. Bevorzugt wird diese mittlere Lage beidseitig je von Lagen aus Siliziumoxid flankiert. Die Siliziumoxidlagen grenzen bevorzugt unmittelbar an die Siliziumnitridlage.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform dient die Lage aus Siliziumnitrid bei einem Ablösen der Halbleiterschichtenfolge von dem Aufwachssubstrat als Sollbruchstelle. Ebenso kann die Nitridmaskierung in den nicht von der Maskierungsschicht bedeckten Bereichen als Sollbruchstelle dienen. Das Ablösen von der Halbleiterschichtenfolge ist hierbei bevorzugt ein Laserabhebeverfahren.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Maskierungsschicht durch eine Vielzahl von Maskierunginseln gebildet. Die Maskierunginseln sind bevorzugt scheibenartige

Bereiche, die eine kreisförmige, eine sechseckige oder eine achteckige Grundform aufweisen, in Draufsicht gesehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beträgt ein mittlerer
5 Durchmesser der Maskierungsinselfn mindestens 0,5 μm oder
mindestens 0,8 μm oder mindestens 1,0 μm . Alternativ oder
zusätzlich liegt der mittlere Durchmesser bei höchstens 7,5
 μm oder bei höchstens 5 μm oder bei höchstens 4 μm .

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die
Maskierungsinselfn einen mittleren Abstand zueinander von
mindestens 0,5 μm oder von mindestens 1 μm oder von
mindestens 2 μm auf. Alternativ oder zusätzlich liegt dieser
Abstand bei höchstens 10 μm oder bei höchstens 7,5 μm .

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die
Nukleationsschicht eine dem Aufwachssubstrat abgewandte
Schicht eines Bragg-Spiegels. Beispielsweise ist der Bragg-
Spiegel abwechselnd aus Schichten aus Aluminiumnitrid und aus
20 Schichten mit Silizium, insbesondere Siliziumoxid oder
Siliziumnitrid, gebildet. Der Bragg-Spiegel kann unmittelbar
auf die Aufwachsseite angebracht sein.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform folgen, in nicht von
der Maskierungsschicht bedeckten Bereichen, die nachfolgenden
Schichten unmittelbar und in der angegebenen Reihenfolge
aufeinander: das Aufwachssubstrat, die Nukleationsschicht,
die Anwachsschicht, die Nitridmaskierung, die
Koaleszenzschicht und die Halbleiterschichtenfolge. In den
30 von der Maskierungsschicht überdeckten Bereichen befindet
sich die Maskierungsschicht bevorzugt unmittelbar zwischen
der Nukleationsschicht und der Koaleszenzschicht.

Darüber hinaus wird ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben. Der Halbleiterchip ist insbesondere mit einem Verfahren hergestellt, wie in Verbindung mit einer oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen beschrieben.

5 Merkmale des Verfahrens sind daher auch für den optoelektronischen Halbleiterchip offenbart und umgekehrt.

In mindestens einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip, der insbesondere ein
10 Leuchtdiodenchip ist, ein Aufwachssubstrat mit einer Aufwachsseite. An der Aufwachsseite befindet sich eine Nukleationsschicht, wobei die Nukleationsschicht auf $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{O}_y\text{N}_{1-y}$ basiert. An einer dem Aufwachssubstrat abgewandten Seite der Nukleationsschicht befindet sich eine
15 Maskierungsschicht. An einer dem Aufwachssubstrat abgewandten Seite der Maskierungsschicht ist eine auf $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$ basierende Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer aktiven Schicht erzeugt. Eine Nitridmaskierung befindet sich in Bereichen, die in Draufsicht auf die Aufwachsseite gesehen
20 nicht von der Maskierungsschicht überdeckt sind, zwischen der Nukleationsschicht und der Halbleiterschichtenfolge.

Nachfolgend wird ein hier beschriebenes Verfahren sowie ein hier beschriebener Halbleiterchip unter Bezugnahme auf die
25 Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

30

Es zeigen:

Figuren 1, 3 und 4 schematische Darstellungen von
Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen
Verfahren,

5 Figur 2 eine schematische Draufsicht auf eine Aufwachsseite
bei einem hier beschriebenen Verfahren, und

Figuren 5 bis 7 schematische Schnittdarstellungen von
Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen
10 optoelektronischen Halbleiterchips.

In Figur 1 ist in schematischen Schnittdarstellungen ein
Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Herstellung eines
optoelektronischen Halbleiterchips 1 gezeigt. Gemäß Figur 1A
15 wird ein Aufwachssubstrat 2 mit einer Aufwachsseite 20
bereitgestellt. Bei dem Aufwachssubstrat 2 handelt es sich
insbesondere um ein Saphirsubstrat.

Gemäß Figur 1B wird an der Aufwachsseite 20 eine
20 Nukleationsschicht 3 erzeugt. Die Nukleationsschicht 3 ist
beispielsweise eine Aluminiumnitridschicht. Die
Nukleationsschicht 3 kann geringe Anteile von Sauerstoff
enthalten. Insbesondere nimmt ein Sauerstoffanteil in
Richtung weg von dem Aufwachssubstrat 2 monoton oder streng
25 monoton ab. Ebenso kann die Nukleationsschicht 3 eine AlGaN-
Schicht sein. In Richtung weg von dem Aufwachssubstrat 2 kann
ein Galliumanteil in der Nukleationsschicht 2 zunehmen. Die
Nukleationsschicht 3 weist bevorzugt eine Dicke zwischen
einschließlich 10 nm und 3000 nm auf, insbesondere zwischen
30 einschließlich 20 nm und 200 nm. Ferner ist es möglich, dass
die Nukleationsschicht 3 mehrere Teilschichten aufweist.
Beispielsweise ist die Nukleationsschicht 3 mittels Epitaxie,
etwa MOVPE, HVPE oder MBE oder auch mittels Sputtern erzeugt.

Optional befindet sich zwischen der Nukleationsschicht 3 und dem Aufwachssubstrat 2 eine Pufferschicht 31. Anders als dargestellt kann die Nukleationsschicht 3 auch unmittelbar an der Aufwachsseite 20 erzeugt sein.

Im Verfahrensschritt gemäß Figur 1C wird auf die Nukleationsschicht 3, bevorzugt unmittelbar, eine Maskierungsschicht 4 aufgebracht und strukturiert. Die Maskierungsschicht 3 weist eine Vielzahl von Maskierungsinselfen auf, die einen Durchmesser von bevorzugt kleiner als 5 µm aufweisen, insbesondere zirka 2 µm, siehe auch Figur 2A. Ein Abstand benachbarter Maskierungsinselfen zueinander liegt beispielsweise bei ungefähr 1 µm. Eine Dicke der Maskierungsinselfen beträgt beispielsweise zirka 200 nm. Die Maskierungsschicht 4 ist durch eine Siliziumoxidschicht, gefolgt von einer Siliziumnitridschicht und von einer weiteren Siliziumoxidschicht, gebildet. Solche Maskierungsschichten sind auch in der Druckschrift DE 10 2011 012 608 A1 angegeben, deren Offenbarungsgehalt durch Rückbezug mit aufgenommen wird.

In Figur 1D ist gezeigt, dass in nicht von der Maskierungsschicht 4 bedeckten Bereichen eine Anwachsschicht 5 unmittelbar auf die Nukleationsschicht 3 abgeschieden wird. Bei der Anwachsschicht 5 handelt es sich um eine Gruppe-III-V-Nitrid-Schicht, bevorzugt um eine dotierte oder undotierte GaN-Schicht. Die Anwachsschicht 5 weist beispielsweise eine Dicke von mindestens 10 nm oder von mindestens 20 nm oder von mindestens 50 nm auf. Alternativ oder zusätzlich liegt die Dicke der Anwachsschicht 5 bei höchstens 300 nm oder bei höchstens 200 nm. Bevorzugt ist die Dicke der Anwachsschicht

5 um mindestens einen Faktor 2 oder um mindestens einen Faktor 5 kleiner als die Dicke der Maskierungsschicht 4.

Im Verfahrensschritt gemäß Figur 1E wird ein Reaktantgas für
5 Wasserstoff beigegeben, bevorzugt SiH_4 . Hierdurch wird ein Rückätzen der Anwachsschicht 5 durchgeführt. Die Zugabe des Reaktantgases für Wasserstoff kann mit oder ohne der Zugabe eines Reaktantgases für Stickstoff erfolgen. Bevorzugt jedoch wird auch ein Reaktantgas für Stickstoff, beispielsweise NH_3 ,
10 zugegeben.

In diesem Falle bildet sich stellenweise auf der Anwachsschicht 5 eine Nitridmaskierung 7 aus. Ein Bedeckungsgrad der Anwachsschicht 5 durch die
15 Nitridmaskierung 7 liegt bevorzugt zwischen einschließlich 50 % und 90 %. Die Nitridmaskierung 7 ist bevorzugt nur dünn ausgeprägt. Durch die nicht von der Nitridmaskierung 7 überdeckten Bereiche der Anwachsschicht 5 werden Wachstumsinseln 55 gebildet. Die Wachstumsinseln 55 weisen
20 Abmessungen im Nanometerbereich auf. Eine derart hergestellte Nitridmaskierung 7 kann auch als in situ-Maskierung bezeichnet werden.

In Figur 1F ist zu sehen, dass ausgehend von den
25 Wachstumsinseln 55 ein laterales Überwachsen startet. Ausgehend von den Wachstumsinseln 55 werden im Querschnitt gesehen dreieckförmige, rautenförmige oder trapezförmige Bereiche gebildet. Ein Material der aus den Anwachsinseln 55 herauswachsenden Bereiche ist bevorzugt GaN.

30

Gemäß Figur 1G wird das laterale Überwachsen fortgesetzt, so dass im Querschnitt gesehen größere, dreieckförmige Wachstumsstrukturen 58 gebildet werden. Die aus den

Wachstumsinseln 55 heraus gebildeten, kleineren Bereiche, die zu den Wachstumsstrukturen 58 zusammenwachsen, sind in Figur 1G als Strich-Linien symbolisiert.

5 In Figur 1H erfolgt, ausgehend von den Wachstumsstrukturen 58, ein laterales Überwachsen zu einer Koaleszenzschicht 8, die die gesamte Aufwachsseite 20 überdeckt. Auf der Koaleszenzschicht 8 wird eine Halbleiterschichtenfolge 6 mit mindestens einer aktiven Schicht 65 abgeschieden.

10

Ein Verfahren, wie in Verbindung mit Figur 1 durchgeführt, erfolgt bevorzugt mit den nachfolgend genannten Verfahrensparametern: Auf ein 6 Zoll-Saphirsubstrat als Aufwachssubstrat 2 wird eine 50 nm dicke

15 Aluminiumnitridschicht als Nukleationsschicht 3 durch Sputtern aufgebracht. Auf die Nukleationsschicht 3 wird eine Maskierungsschicht 4 aus einer Schichtenfolge Siliziumoxid-Siliziumnitrid-Siliziumoxid mit Dicken von 100 nm, 50 nm und 100 nm aufgesputtert. Anschließend wird die

20 Maskierungsschicht 4 fotolithografisch strukturiert, wobei Maskierungsinseln mit einem Durchmesser von ungefähr 2 μm und einem Abstand von ungefähr 1 μm erzeugt werden. Die von der Maskierungsschicht 4 maskierten Bereiche sind näherungsweise regelmäßige Achtecke.

25

In einer MOVPE-Anlage wird nun in den Öffnungen zwischen den Maskierungsinseln eine ungefähr 90 nm dicke, undotierte GaN-Schicht als Anwachsschicht 5 abgeschieden. In einem weiteren Prozessschritt wird ein Reaktantgas für Gallium, insbesondere Trimethylgallium, gestoppt und es wird SiH_4 in den Epitaxireaktor geleitet. Es herrscht dann bevorzugt eine $\text{N}_2/\text{H}_2/\text{NH}_3$ -Umgebung mit zusätzlich SiH_4 . Während dieses Rückätzens wird Siliziumnitrid für die Nitridmaskierung 7

30

abgeschieden. Das Abscheiden der Nitridmaskierung 7 und das Rückätzen der Anwachsschicht 5 sind konkurrierende Prozesse. Eine Dauer des Rückätzens beträgt zirka fünf Minuten.

5 Anschließend werden die Wachstumsbedingungen für Galliumnitrid derart gewählt, dass sich die im Querschnitt gesehen dreieckförmigen Wachstumsstrukturen 58 ausbilden. Zu diesem Zeitpunkt ist das Reaktantgas für Wasserstoff sowie für Silizium wieder geschlossen. Nach dem Abscheiden der
10 Wachstumsstrukturen 58 wird die Koaleszenzschicht 8 erzeugt, so dass sich eine 2D-GaN-Schicht ergibt, die die Maskierungsschicht 4 lateral überwachsen hat. Eine Versetzungsdichte der Koaleszenzschicht 8 liegt dann bei kleiner als 10^8 pro Quadratzentimeter. Auf diese planare
15 Koaleszenzschicht 8 wird die Halbleiterschichtenfolge 6 abgeschieden. Bei der Koaleszenzschicht 8 handelt es sich um dotiertes oder um undotiertes Galliumnitrid.

Entsprechende Wachstumsbedingungen für Galliumnitrid sind dem
20 Artikel Hiramatsu et al. in Journal of Crystal Growth, Vol. 221, Seiten 316 bis 326 aus dem Jahr 2000, sowie dem Artikel Gilbert in Reports on Progress in Physics, Vol. 67, Seiten 667 bis 715 aus dem Jahr 2004 zu entnehmen. Der Offenbarungsgehalt dieser Artikel wird durch Rückbezug
25 aufgenommen.

In Figur 2A ist eine Draufsicht auf die Aufwachsseite 20 nach dem Verfahrensschritt gemäß Figur 1E dargestellt. Eine Schnittdarstellung entlang der Linie B ist in Figur 2B zu
30 sehen, entlang der Linie C in Figur 2C, aufgetragen ist eine Höhe h in nm entlang einer Schnittlinie x in μm . In Figur 2C ist somit ein dem mittleren Bereich in Figur 2B entsprechender Ausschnitt vergrößert illustriert.

Die Maskierunginseln der Maskierungsschicht 4 sind in Figur 2B als deutliche Erhebungen zu sehen. Durch das Rückätzen geformte Ausnehmungen in der Anwachsschicht 5 weisen

5 Abmessungen entlang der x-Richtung im Bereich um ungefähr 100 nm auf. Diese Ausnehmungen, die die Anwachsinseln 55 bilden, können bis in die Nukleationsschicht 3 oder auch bis auf die Aufwachsseite 20 reichen. Die Ausnehmungen sind statistisch verteilt und unregelmäßig ausgebildet. Durch
10 derartige Anwachsinseln 55 lassen sich Verspannungen beim Wachstum der Halbleiterschichtenfolge 6 kontrollieren.

Ein Mechanismus, der zu dieser Verspannungsreduktion führt, kann wie folgt erklärt werden: Aluminiumhaltige Schichten wie
15 AlGa_N oder AlN oder AlON haben eine kleinere Gitterkonstante als GaN. GaN wächst demnach typischerweise kompressiv verspannt auf derartigen Schichten auf. Diese kompressive Verspannung führt während der Epitaxie zu einer Durchbiegung des Aufwachssubstrats 2 sowie der darauf erzeugten
20 Halbleiterschichtenfolge 6. Durch das Rückätzen der Anwachsschicht 5 entstehen GaN-Nanoinseln. Die Anwachsschicht 5 ist somit lateral nicht mehr geschlossen. Dies ermöglicht ein laterales Relaxieren der Anwachsschicht 5. Der Grad der Relaxation, bestimmt durch eine Größe der GaN-Nanoinseln der
25 Anwachsschicht 5, kann näherungsweise über die Dicke der Anwachsschicht 5 und/oder über eine Dauer des Rückätzens eingestellt werden. Je mehr zurückgeätzt wird und/oder je dünner die Anwachsschicht 5 erzeugt wird, umso weniger stark ist die Durchbiegung des Aufwachssubstrats 2 während des
30 epitaktischen Erzeugens der Halbleiterschichtenfolge 6.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 erfolgt das Rückätzen der Anwachsschicht 5 ohne Zugabe eines Reaktantgases für

Silizium. Entsprechend bildet sich keine Nitridmaskierung aus.

Gemäß Figur 4 ist auf die Nukleationsschicht 3 unmittelbar die Nitridmaskierung 7 aufgebracht. Beim Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß Figur 4 ist also keine Anwachsschicht 5 vorhanden. Die Anwachsinseln 35 sind durch ein Material der Nukleationsschicht 3 gebildet.

10 In Figur 5 ist ein Ausführungsbeispiel des Halbleiterchips 1 gezeigt. Die Nukleationsschicht 3 ist hierbei Teil eines Bragg-Spiegels 33, der mehrere der Nukleationsschichten 3, die aus Aluminiumnitrid gebildet sind, aufweist. Zwischen den Aluminiumnitridschichten 3 befinden sich jeweils Schichten 32
15 aus Siliziumdioxid oder aus Siliziumnitrid. Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 5 verbleibt das Aufwachssubstrat 2 an dem fertigen Halbleiterchip 1.

In Figur 6 ist gezeigt, dass an der Halbleiterschichtenfolge
20 6 ein Trägersubstrat 9, beispielsweise aus Silizium, aufgebracht wird. Das Entfernen der Halbleiterschichtenfolge 6 mit der als Mehrfachquantentopfstruktur ausgebildeten aktiven Schicht 65 ist in Figur 6 nicht gezeigt.

25 In Figur 6 ist ferner eine Defektreduktion schematisch illustriert, anhand von eingezeichneten Kristalldefekten 85. Diese Kristalldefekte 85, insbesondere Versetzungen, knicken an lateralen Begrenzungsflächen der Wachstumsstrukturen 58 sowie der aus den Anwachsinseln 35, 55 gebildeten Strukturen
30 jeweils ab. Durch die Vielzahl der Anwachsinseln 35, 55 ist also bereits innerhalb der Wachstumsstrukturen 58 eine effiziente Defektreduzierung erzielbar.

Nach dem Erzeugen der Wachstumsstrukturen 58 sowie vor, während und/oder nach dem Erzeugen der Koaleszenzschicht 8 aus GaN kann zusätzlich eine nicht dargestellte AlGa_N-Schicht gewachsen werden, wie auch in allen anderen

5 Ausführungsbeispielen. Eine Dicke dieser AlGa_N-Schicht beträgt bevorzugt mindestens 1 nm oder 5 nm und/oder höchstens 100 nm oder 50 nm. Ein Al-Gehalt dieser AlGa_N-Schicht beträgt ferner bevorzugt mindestens 1 % oder 5 % oder 20 % und/oder höchstens 100 % oder 85 % oder 60 %. Diese

10 AlGa_N-Schicht ist bevorzugt undotiert, kann aber auch dotiert sein.

Es ist möglich, dass diese AlGa_N-Schicht unmittelbar auf der Maskierungsschicht 4 nukleiert. Diese AlGa_N-Schicht kann

15 somit in direktem Kontakt zu der Maskierungsschicht 4 und/oder zu der Koaleszenzschicht 8 und/oder zu den Wachstumsstrukturen 58 stehen. Ebenso kann diese AlGa_N-Schicht innerhalb der Koaleszenzschicht 8 gewachsen sein. Es kann sich bei dieser AlGa_N-Schicht ferner um eine

20 durchgehende, ununterbrochene Schicht handeln, sodass die Wachstumsstrukturen 58 von dieser AlGa_N-Schicht überwachsen sind, oder es ist diese AlGa_N-Schicht eine Schicht, die von den Wachstumsstrukturen 58 durchbrochen und in Richtung weg von dem Aufwachssubstrat 2 von den Wachstumsstrukturen 58

25 überragt wird.

In Figur 7 ist ein Abtrennen des Aufwachssubstrats 2 von der Halbleiterschichtenfolge 6 schematisch illustriert. Das Abtrennen erfolgt insbesondere durch ein

30 Laserabhebeverfahren. Eine Absorption von Laserstrahlung, die durch das Aufwachssubstrat 2 hindurchgeführt wird, erfolgt in der Galliumnitridschicht. Die Nukleationsschicht 3 aus Aluminiumnitrid bleibt hierdurch erhalten. Die

Siliziumnitridlage 42, die sich zwischen Siliziumdioxidlagen 41, 43 der Maskierungsschicht 4 befindet, wirkt dabei als Sollbruchstelle.

5 Auf dem Saphiraufwachssubstrat 2 verbleiben die Nukleationsschicht 3 aus Aluminiumnitrid sowie die erste Lage 41 aus Siliziumoxid. Die an der Halbleiterschichtenfolge 6 verbleibende Lage 43 aus Siliziumoxid kann als Hartmaske für die Erzeugung von strukturierten Lichtauskoppelstrukturen
10 dienen. Entsprechende Auskoppelstrukturen zur Lichtauskopplung können auch in allen anderen Ausführungsbeispielen an der Halbleiterschichtenfolge 6 gefertigt sein.

15 Von dem Aufwachssubstrat 2 kann die Siliziumdioxidlage 41 nachfolgend abgelöst werden. Damit ist eine wiederholte Benutzung des Aufwachssubstrats 2 mit der Nukleationsschicht 3, jeweils nach erneutem Aufbringen einer Maskierungsschicht 4, möglich.

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

30 Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2012 107 001.6, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips (1) mit den Schritten:
- 5 A) Bereitstellen eines Aufwachssubstrates (2) mit einer Aufwachsseite (20),
- B) Abscheiden mindestens einer Nukleationsschicht (3) an der Aufwachsseite (20), wobei die Nukleationsschicht (3) auf $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{O}_y\text{N}_{1-y}$ basiert mit $0 < x \leq 1$ und
- 10 $0 \leq y < 1$,
- C) Abscheiden einer Maskierungsschicht (4) an der Nukleationsschicht (3) und Strukturieren der Maskierungsschicht (4),
- D) Aufwachsen einer auf GaN basierenden Anwachsschicht
- 15 (5) in nicht von der Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen,
- E) teilweises Entfernen der Nukleationsschicht (3) und/oder der Anwachsschicht (5) in nicht von der Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen und/oder
- 20 Aufbringen einer zweiten Maskierungsschicht (7) auf die Nukleationsschicht (3) und/oder auf die Anwachsschicht (5) in nicht von der Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen, und
- F) Aufwachsen einer auf AlInGaN basierenden Halbleiterschichtenfolge (6) mit mindestens einer
- 25 aktiven Schicht (65),
- wobei der Schritt D) optional ist und wobei die einzelnen Schritte in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden.
- 30 2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem der Schritt D) durchgeführt wird, wobei das teilweise Entfernen der Anwachsschicht (5) im

Schritt E) unter Zugabe eines Reaktantgases für Wasserstoff und unter Zugabe eines Reaktantgases für Stickstoff erfolgt.

3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
5 bei dem im Schritt E) auf verbleibenden Bereichen der Anwachsschicht (5) stellenweise eine Nitridmaskierung (7) aufgebracht wird, wobei die Nitridmaskierung (7) die zweite Maskierungsschicht bildet.
4. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
10 bei dem im Schritt E) ein Reaktantgas für Silizium zugegeben wird und die Nitridmaskierung (7) eine Siliziumnitridschicht ist,
wobei ein Bedeckungsgrad der Nitridmaskierung (7) auf
15 der Anwachsschicht (5) zwischen einschließlich 50 % und 90 % liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,
bei dem eine Dicke der Nitridmaskierung (7) zwischen
einschließlich ein und drei Atomlagen beträgt,
wobei aus der Nukleationsschicht (4) kein Material
20 entfernt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem der Schritt D) durchgeführt wird,
wobei im Schritt E) das teilweise Entfernen der
Anwachsschicht (5) durch einen Mangel eines
25 Reaktantgases für Stickstoff erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem im Schritt E) in nicht von der
Maskierungsschicht (4) bedeckten Bereichen an der
Nukleationsschicht (3) und/oder an der Anwachsschicht

(5) eine Vielzahl von Anwachsinseln (35, 55) ausgebildet ist,
wobei die Anwachsinseln (35, 55) einen mittleren Durchmesser zwischen einschließlich 15 nm und 150 nm aufweisen und auf GaN basieren.

8. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, mit einem Schritt E1) und mit einem nachfolgenden Schritt E2),
wobei
- im Schritt E1) ausgehend von den Anwachsinseln (35, 55) ein epitaktisches laterales Überwachsen von kleineren Strukturen zu im Querschnitt dreieckförmigen oder trapezförmigen größeren Strukturen durchgeführt wird,
 - im Schritt E1) eine vertikale Wachstumsrate größer ist als eine horizontale Wachstumsrate,
 - im Schritt E2) ein epitaktisches laterales Überwachsen zu einer durchgehenden Koaleszenzschicht (8) aus GaN durchgeführt wird,
 - im Schritt E2) eine vertikale Wachstumsrate kleiner ist als eine horizontale Wachstumsrate, und
 - die Schritte E1) und E2) nach dem Schritt E) und vor dem Schritt F) durchgeführt werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Maskierungsschicht (4) mehrlagig ausgebildet ist, wobei eine mittlere Lage (42) aus Siliziumnitrid beidseitig je an eine Lage (41, 43) aus einem Siliziumoxid angrenzt.

10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Lage aus Siliziumnitrid (42) bei einem Ablösen der Halbleiterschichtenfolge (6) von dem

Aufwachssubstrat (2) als Sollbruchstelle dient,
wobei das Ablösen ein Laserabhebeverfahren ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Maskierungsschicht (4) durch eine Vielzahl
5 von Maskierungseinseln aus einem Material der
Maskierungsschicht (4) gebildet ist,
wobei ein mittlerer Durchmesser der Maskierungseinseln
zwischen einschließlich 0,5 μm und 5 μm liegt und ein
mittlerer Abstand zwischen benachbarten
10 Maskierungseinseln zwischen einschließlich 0,5 μm und
10 μm beträgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Nukleationsschicht (3) eine dem
Aufwachssubstrat (2) abgewandte Schicht eines Bragg-
15 Spiegels (33) ist,
wobei der Bragg-Spiegel (33) aus sich abwechselnden
Schichten aus AlN und Schichten mit Silizium gebildet
ist.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
20 bei dem das Aufwachssubstrat (2) ein Saphir-Substrat
ist und bei dem die nachfolgend genannten Komponenten
in nicht von der Maskierungsschicht (4) überdeckten
Bereichen unmittelbar und in der angegebenen
Reihenfolge aufeinander folgen, wobei die
25 Maskierungsschicht (4) unmittelbar auf die
Nukleationsschicht (3) aufgebracht ist:
- das Aufwachssubstrat (2),
- die Nukleationsschicht (3),
- die Anwachsschicht (5),
30 - die Nitridmaskierung (7),

- die Koaleszenzschicht (8), und
- die Halbleiterschichtenfolge (6).

14. Optoelektronischer Halbleiterchip (1) mit

- einem Aufwachssubstrat (2) mit einer Aufwachsseite (20),

- einer Nukleationsschicht (3) an der Aufwachsseite (20), wobei die Nukleationsschicht (3) auf $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{O}_y\text{N}_{1-y}$ basiert mit $0 < x \leq 1$ und $0 \leq y < 1$,

- einer Maskierungsschicht (4) an einer dem Aufwachssubstrat (2) abgewandten Seite der Nukleationsschicht (3),

- einer auf AlInGaN basierenden Halbleiterschichtenfolge (6) mit mindestens einer aktiven Schicht (65) an einer dem Aufwachssubstrat (2) abgewandten Seite der Maskierungsschicht (4), und

- einer Nitridmaskierung (4), die sich zwischen der Nukleationsschicht (3) und der Halbleiterschichtenfolge (6) befindet und die, in Draufsicht auf die Aufwachsseite gesehen, nicht von der Maskierungsschicht (4) überdeckt ist.

FIG 1

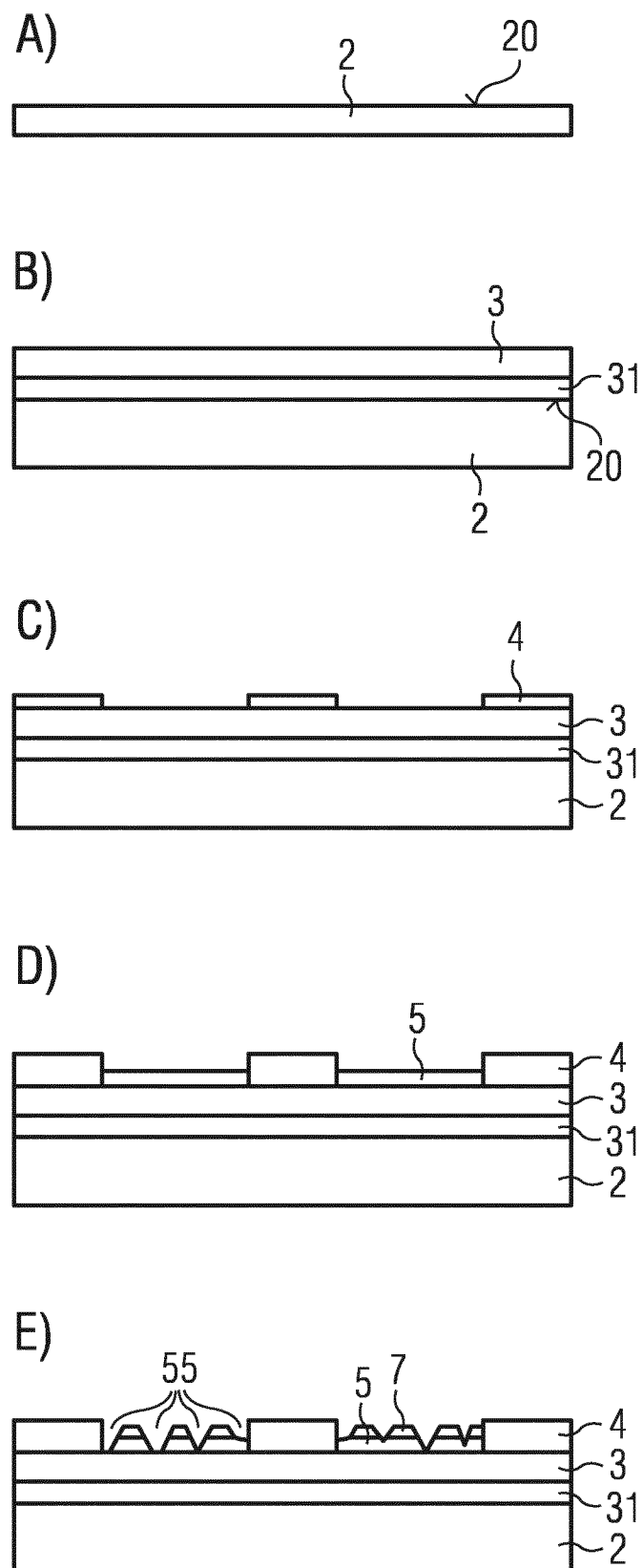
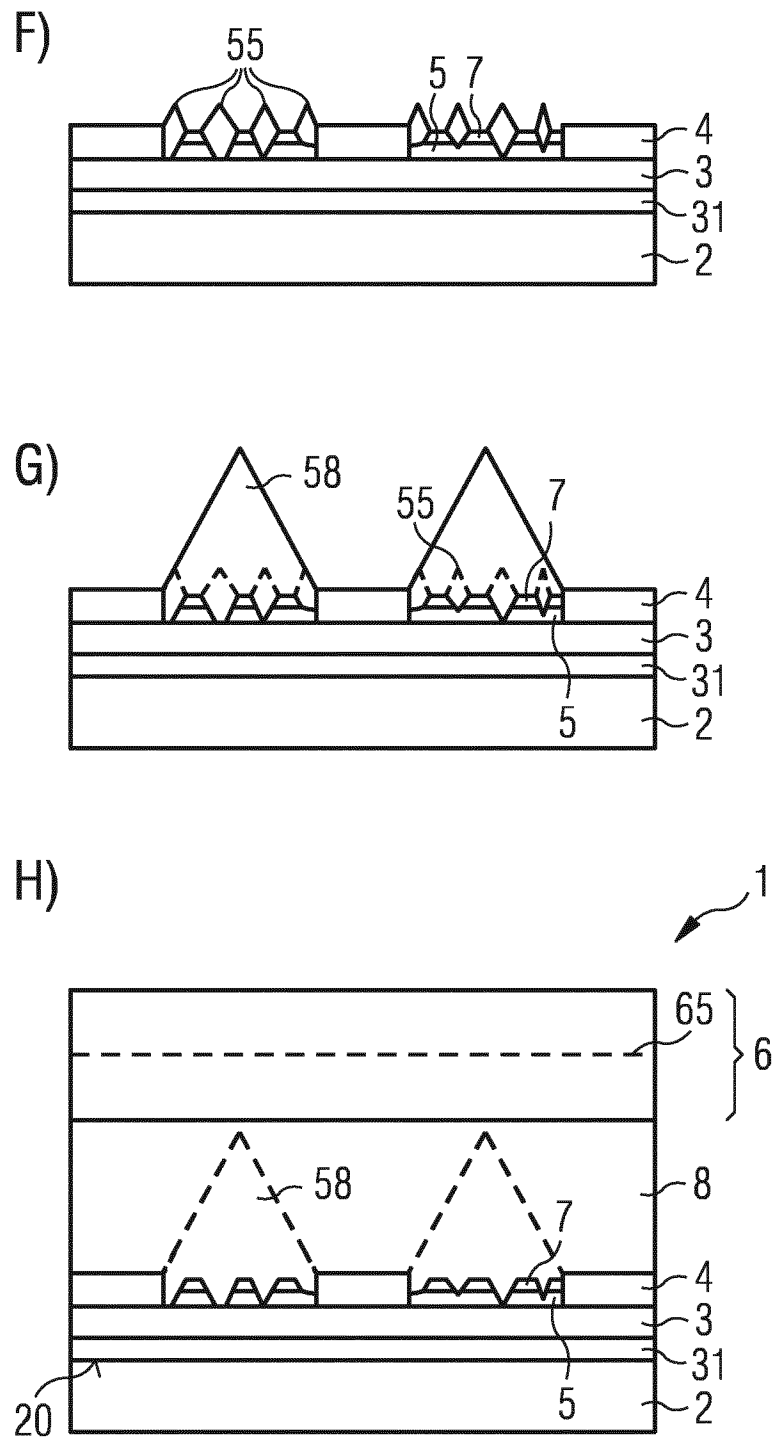


FIG 1



3/5

FIG 2

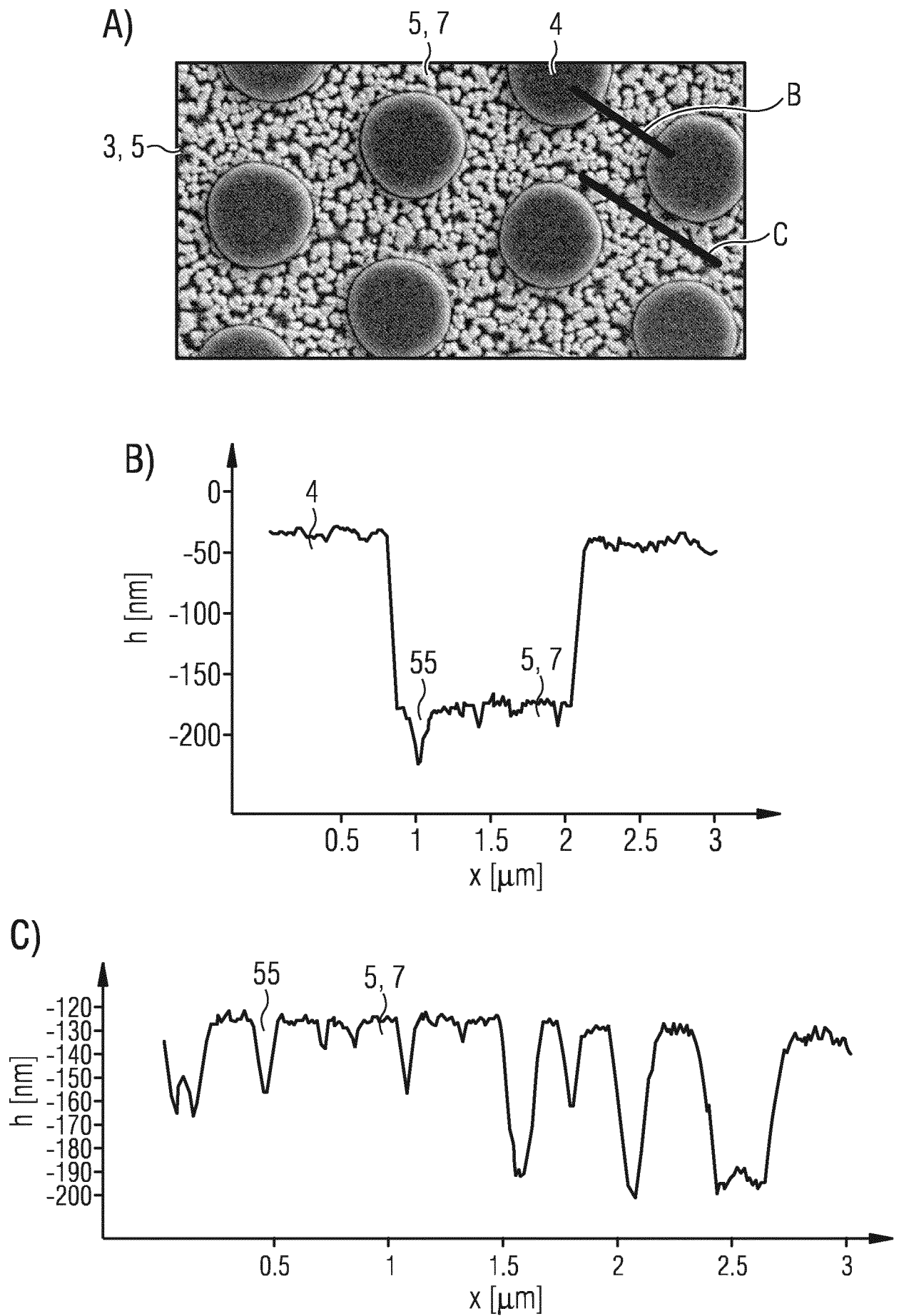


FIG 3

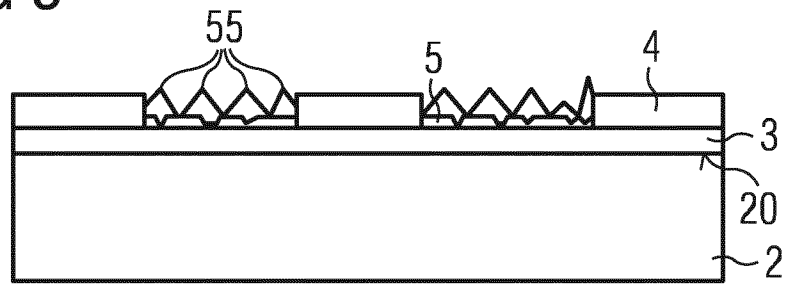


FIG 4

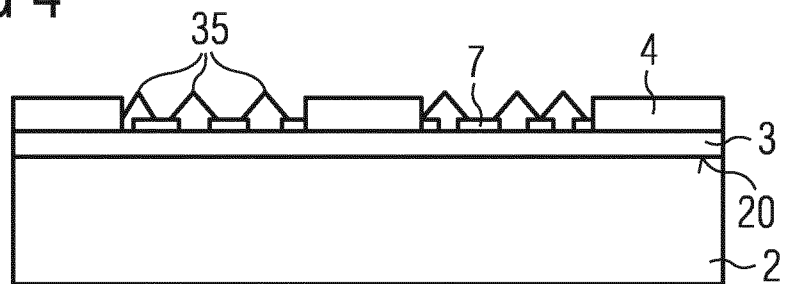


FIG 5

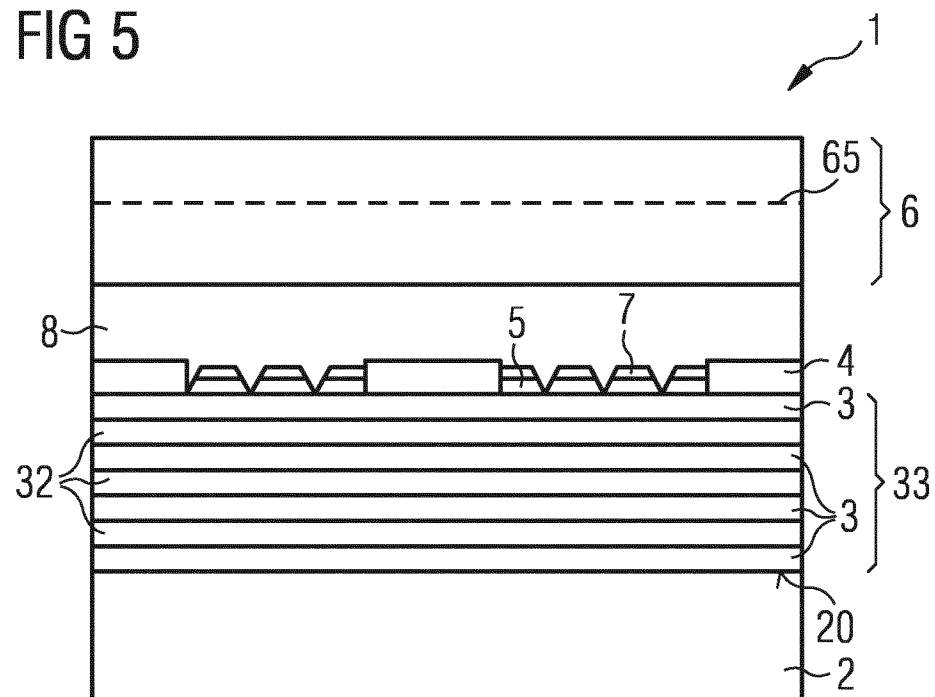


FIG 6

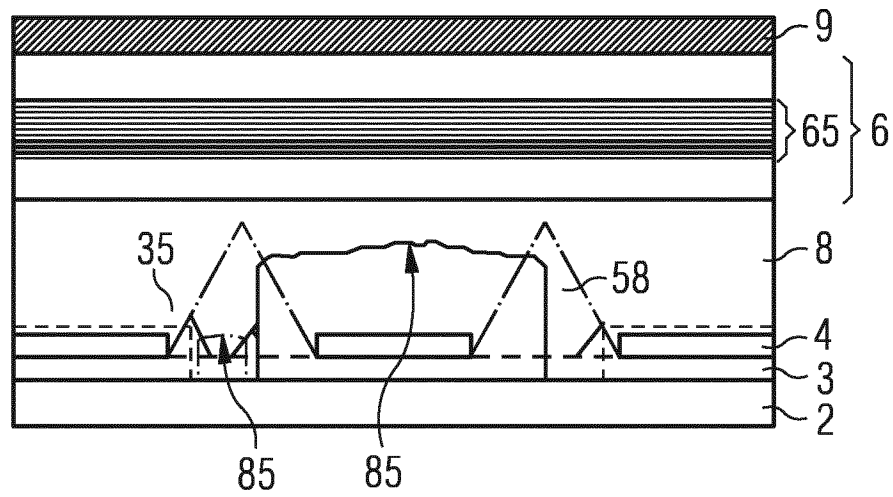
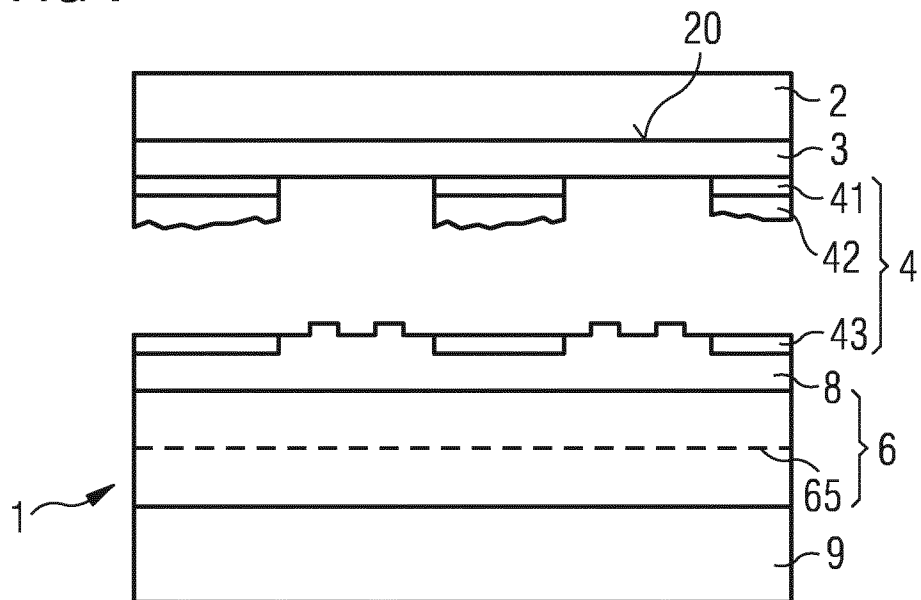


FIG 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/062022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L33/00 H01L33/32 H01L21/02
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 1 806 790 A2 (SONY CORP [JP]) 11 July 2007 (2007-07-11)	14
A	paragraph [0024] - paragraph [0146]; figures 1A-33	1-13
Y	----- WO 03/054939 A1 (AIXTRON AG [DE]; JUERGENSEN HOLGER [DE]; KROST ALOIS [DE]; DADGAR ARMI) 3 July 2003 (2003-07-03)	14
A	page 1, line 24 - page 5, line 14; figures 1-3	1-13
	----- -/--	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 September 2013

Date of mailing of the international search report

12/09/2013

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

Albrecht, Claus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/062022

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SUMIYA M ET AL: "Reduction of defect density in GaN epilayer having buried Ga metal by MOCVD", JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 237-239, 1 April 2002 (2002-04-01), pages 1060-1064, XP004355938, ISSN: 0022-0248, DOI: 10.1016/S0022-0248(01)02127-3 the whole document -----	1-14
A	EP 1 501 117 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 26 January 2005 (2005-01-26) paragraph [0019] - paragraph [0036]; figures 1-10 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/062022

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1806790	A2	11-07-2007	CN	1996630 A	11-07-2007
			EP	1806790 A2	11-07-2007
			JP	2007184411 A	19-07-2007
			KR	20070074484 A	12-07-2007
			TW	I317565 B	21-11-2009
			US	2008210957 A1	04-09-2008

WO 03054939	A1	03-07-2003	AU	2002358678 A1	09-07-2003
			EP	1456872 A1	15-09-2004
			JP	2005513799 A	12-05-2005
			TW	561526 B	11-11-2003
			US	2005022725 A1	03-02-2005
			WO	03054939 A1	03-07-2003

EP 1501117	A1	26-01-2005	CN	1533593 A	29-09-2004
			CN	101241851 A	13-08-2008
			EP	1501117 A1	26-01-2005
			JP	3997827 B2	24-10-2007
			JP	2003324069 A	14-11-2003
			TW	I286391 B	01-09-2007
			US	2005064206 A1	24-03-2005
			WO	03094214 A1	13-11-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L33/00 H01L33/32 H01L21/02
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 1 806 790 A2 (SONY CORP [JP]) 11. Juli 2007 (2007-07-11)	14
A	Absatz [0024] - Absatz [0146]; Abbildungen 1A-33	1-13
Y	----- WO 03/054939 A1 (AIXTRON AG [DE]; JUERGENSEN HOLGER [DE]; KROST ALOIS [DE]; DADGAR ARMI) 3. Juli 2003 (2003-07-03)	14
A	Seite 1, Zeile 24 - Seite 5, Zeile 14; Abbildungen 1-3 ----- -/--	1-13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. September 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/09/2013

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

Albrecht, Claus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SUMIYA M ET AL: "Reduction of defect density in GaN epilayer having buried Ga metal by MOCVD", JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 237-239, 1. April 2002 (2002-04-01), Seiten 1060-1064, XP004355938, ISSN: 0022-0248, DOI: 10.1016/S0022-0248(01)02127-3 das ganze Dokument -----	1-14
A	EP 1 501 117 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES [JP]) 26. Januar 2005 (2005-01-26) Absatz [0019] - Absatz [0036]; Abbildungen 1-10 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/062022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1806790	A2	11-07-2007	CN 1996630 A 11-07-2007
			EP 1806790 A2 11-07-2007
			JP 2007184411 A 19-07-2007
			KR 20070074484 A 12-07-2007
			TW I317565 B 21-11-2009
			US 2008210957 A1 04-09-2008

WO 03054939	A1	03-07-2003	AU 2002358678 A1 09-07-2003
			EP 1456872 A1 15-09-2004
			JP 2005513799 A 12-05-2005
			TW 561526 B 11-11-2003
			US 2005022725 A1 03-02-2005
			WO 03054939 A1 03-07-2003

EP 1501117	A1	26-01-2005	CN 1533593 A 29-09-2004
			CN 101241851 A 13-08-2008
			EP 1501117 A1 26-01-2005
			JP 3997827 B2 24-10-2007
			JP 2003324069 A 14-11-2003
			TW I286391 B 01-09-2007
			US 2005064206 A1 24-03-2005
			WO 03094214 A1 13-11-2003
