

(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
3. August 2017 (03.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/129481 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/20 (2006.01) *H01L 21/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/051154
- (22) Internationales Anmeldedatum:
20. Januar 2017 (20.01.2017)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2016 200 953.2
25. Januar 2016 (25.01.2016) DE
- (71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder: **GOTSCHKE, Tobias**; Andaman (Quayside) 1H-17-3, Jalan Seri Tanjung Pinang, 11200 Tanjung Tokong, Pulau Pinang (MY). **BERGBAUER, Werner**; Sandweg 1, 94336 Windberg (DE). **LEHNHARDT, Thomas**; Sommestraße 12, 93053 Regensburg (DE). **ZINI, Lorenzo**; Hombergerweg 7, 93049 Regensburg (DE). **DRECHSEL, Philipp**; Mörikestraße 9, 93051 Regensburg (DE).
- (74) Anwalt: **SCHINKINGER, Stefan**; OSRAM GmbH, Intellectual Property, Postfach 22 13 17, 80503 Munich (DE).

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

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

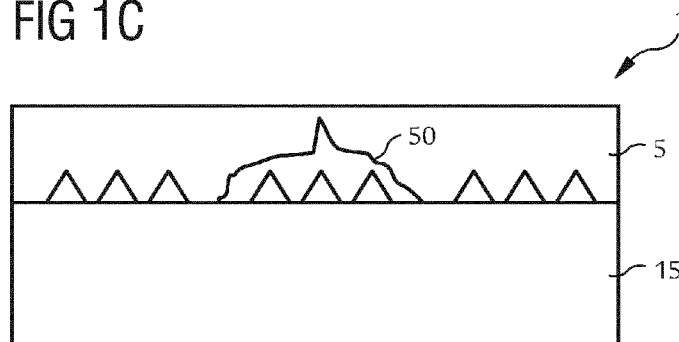
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: SUBSTRATE WITH STRUCTURAL ELEMENTS AND SEMI-CONDUCTOR COMPONENTS

(54) Bezeichnung : SUBSTRAT MIT STRUKTURELEMENTEN UND HALBLEITERBAUELEMENT

FIG 1C



(57) Abstract: The invention relates to a substrate (1) with a separation side (10) and a rear side (11) which is opposite the separation side. A plurality of structural elements (2) are arranged on the separation side and the structural elements are arranged such that they form a plurality of grouped areas (4) each having respectively at least two structural elements.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Substrat (1) mit einer Abscheideseite (10) und einer der Abscheide gegenüberliegenden Rückseite (11) angegeben, wobei an der Abscheideseite eine Mehrzahl von Strukturelementen (2) angeordnet ist und eine Anordnung der Strukturelemente eine Mehrzahl von Häufungsbereichen (4) mit jeweils zumindest zwei Strukturelementen aufweist.



WO 2017/129481 A1

Beschreibung

SUBSTRAT MIT STRUKTURELEMENTEN UND HALBLEITERBAUELEMENT

5 Die vorliegende Anmeldung betrifft ein Substrat mit
Strukturelementen und ein Halbleiterbauelement mit einem
solchen Substrat.

Für die epitaktische Abscheidung von nitridischem
10 Verbindungshalbleitermaterial können strukturierte Saphir-
Substrate Anwendung finden, bei denen Strukturen gleichmäßig
über die Oberfläche der Substrate verteilt sind. Durch ein
laterales Überwachsen solcher Strukturen im Mikrometerbereich
kann eine Defektreduktion des abzuscheidenden Materials
15 erzielt werden. Bei Leuchtdioden mit diesen Substraten
bewirken die Strukturen zudem eine verbesserte
Auskoppeleffizienz im Vergleich zu planaren Substraten.
Weiterhin sind Strukturen im Nanometerbereich bekannt. Mit
solchen Substraten kann eine vergleichbare Auskoppeleffizienz
20 erzielt werden. Allerdings findet eine signifikant geringere
Defektreduktion statt.

Eine Aufgabe ist es, die Herstellung von Leuchtdioden mit
einer hohen Kristallqualität und gleichzeitig mit einer guten
25 Auskoppeleffizienz zu erleichtern.

Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein Substrat gemäß
Patentanspruch 1 beziehungsweise durch ein
Halbleiterbauelement mit einem solchen Substrat gelöst.
30 Weitere Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten sind Gegenstand
der abhängigen Patentansprüche.

Es wird ein Substrat mit einer Abscheideseite und einer der Abscheideseite gegenüberliegenden Rückseite angegeben. Die Abscheideseite ist insbesondere für die epitaktische Abscheidung von Halbleitermaterial basierend auf nitridischem Verbindungshalbleitermaterial vorgesehen. Zum Beispiel weist das Substrat einen Substratkörper auf. Der Substratkörper enthält beispielsweise Saphir oder besteht aus Saphir. Beispielsweise bildet der Substratkörper die Abscheideseite. Alternativ ist die Abscheideseite mittels einer auf dem Substratkörper angeordneten Schicht gebildet.

Auf „Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial basierend“ bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass die Halbleiterschichtenfolge oder zumindest ein Teil davon, besonders bevorzugt zumindest der aktive Bereich und/oder das Aufwachssubstrat, ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ aufweist oder aus diesem besteht, wobei $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es beispielsweise ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist an der Abscheideseite eine Mehrzahl von Strukturelementen angeordnet. Die Strukturelemente sind insbesondere in lateraler Richtung nebeneinander angeordnet und zumindest stellenweise voneinander beabstandet. Beispielsweise sind die Strukturelemente so ausgebildet, dass eine

Nukleationswahrscheinlichkeit bei der epitaktischen Abscheidung auf den Strukturelementen geringer ist als in einem Bereich zwischen den Strukturelementen.

- 5 Als laterale Richtung wird eine Richtung angesehen, die entlang einer Haupterstreckungsebene des Substrats verläuft. Entsprechend ist eine vertikale Richtung eine Richtung senkrecht zur Haupterstreckungsebene des Substrats.
- 10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats weist eine Anordnung der Strukturelemente eine Mehrzahl von Häufungsbereichen auf. Insbesondere weisen die Häufungsbereiche jeweils zumindest zwei Strukturelemente auf, beispielsweise zumindest drei Strukturelemente. Die
- 15 Oberflächen benachbarter Strukturelemente sind zweckmäßigerweise zumindest stellenweise voneinander beabstandet. In den Häufungsbereichen weist das Substrat beispielsweise eine höhere Flächenbelegungsdichte mit Strukturelementen auf als zwischen benachbarten
- 20 Häufungsbereichen. Mit anderen Worten ist in den Häufungsbereichen ein größerer Anteil der Oberfläche der Abscheideseite durch die Strukturelemente gebildet als zwischen benachbarten Häufungsbereichen, beispielsweise ein mindest doppelt so großer Anteil. Im Unterschied zu einem
- 25 konventionellen Substrat sind die Strukturelemente also nicht in einer gleichmäßigen Anordnung äquidistant über die Abscheideseite des Substrats verteilt.

- In mindestens einer Ausführungsform des Substrats weist das
- 30 Substrat eine Abscheideseite und eine der Abscheideseite gegenüberliegende Rückseite auf, wobei an der Abscheideseite eine Mehrzahl von Strukturelementen angeordnet ist und eine Anordnung der Strukturelemente eine Mehrzahl von

Häufungsbereichen mit jeweils zumindest drei Strukturelementen aufweist.

Insbesondere können die Strukturelemente so angeordnet sein,
5 dass ein epitaktisches Wachstum auf dem Substrat von Zwischenräumen zwischen den Häufungsbereichen ausgeht. Zweckmäßigerweise ist ein Abstand zwischen benachbarten Strukturelementen innerhalb eines Häufungsbereichs so gering, dass eine Nukleation in den Häufungsbereichen
10 vernachlässigbar ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats sind die Häufungsbereiche in einem regelmäßigen Gitter, insbesondere in einem regelmäßigen hexagonalen Gitter angeordnet.
15 Insbesondere überlappt ein Häufungsbereich mit genau einem Gitterpunkt eines regelmäßigen Gitters. Im Zweifel kann zur Bestimmung der Anordnung der Häufungsbereiche ein Flächenschwerpunkt der zum jeweiligen Häufungsbereich gehörigen Strukturelemente ermittelt werden. Beispielsweise
20 sind die Flächenschwerpunkte jeweils in einem Abstand von einem Gitterpunkt eines regelmäßigen Gitters angeordnet, wobei der Abstand höchstens 20 %, vorzugsweise von höchstens 10 % des Abstands benachbarter Gitterpunkte beträgt. Im Idealfall können die Flächenschwerpunkte auch jeweils exakt
25 auf einem Gitterpunkt eines regelmäßigen Gitters liegen, so dass der Abstand Null beträgt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist eine Anordnung der Strukturelemente innerhalb eines
30 Häufungsbereichs gleich einer Anordnung eines benachbarten Häufungsbereichs. Beispielsweise ist die Anordnung der Strukturelemente innerhalb eines Häufungsbereichs für mindestens 50 % der Häufungsbereiche oder auch für alle

Häufungsbereiche gleich. Die Strukturelemente können also in einem sich periodisch wiederholenden Muster angeordnet sein, wobei eine Periodenlänge dem Mittenabstand der Häufungsbereiche entspricht.

5

Als ein Mittenabstand zweier Elemente wird im Zweifel ein Abstand zwischen den Mittelpunkten der Elemente angesehen. Ein Außenabstand ist im Unterschied hierzu der kleinste Abstand zwischen den äußeren Umrandungen zweier Elemente.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist ein Mittenabstand zwischen benachbarten Häufungsbereichen mindestens doppelt, beispielsweise mindestens dreimal oder mindestens viermal so groß wie ein Mittenabstand zwischen benachbarten Strukturelementen eines Häufungsbereichs.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats beträgt ein Mittenabstand benachbarter Häufungsbereiche zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 5 μm , beispielsweise zwischen einschließlich 400 nm und einschließlich 4 μm .

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats beträgt eine maximale laterale Ausdehnung eines Häufungsbereichs zwischen einschließlich dem 0,2-Fachen des Mittenabstands und einschließlich dem 0,99-Fachen eines Mittenabstands benachbarter Häufungsbereiche. Je größer die maximale laterale Ausdehnung eines Häufungsbereichs bezogen auf den Mittenabstand benachbarter Häufungsbereiche ist, desto kleiner können die Zwischenräume zwischen benachbarten Häufungsbereichen sein.

25

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats beträgt ein Außenabstand zwischen einem Häufungsbereich und einem dem

Häufungsbereich am nächsten gelegenen Strukturelement mindestens 50 nm. Der Außenabstand gibt die laterale Ausdehnung eines Freibereichs zwischen dem Häufungsbereich und dem am nächsten gelegenen Strukturelement an.

- 5 Insbesondere kann für jedes Strukturelement an einem Rand des Häufungsbereichs ein Außenabstand zum nächstgelegenen Strukturelement außerhalb des Häufungsbereichs mindestens 50 nm betragen. Das zum Häufungsbereich am nächsten gelegene Strukturelement muss hierbei nicht notwendigerweise zum
- 10 nächstgelegenen Häufungsbereich gehören. Zwischen benachbarten Häufungsbereichen können auch weitere Strukturelemente angeordnet sein.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats beträgt
- 15 ein Innenabstand zwischen zwei benachbarten Strukturelementen eines Häufungsbereichs zwischen einschließlich 0 nm und einschließlich 50 nm. Der Innenabstand gibt die laterale Ausdehnung eines Freibereiches zwischen benachbarten Strukturelementen eines Häufungsbereiches an. Zwei
- 20 benachbarte Strukturelemente können also insbesondere auch unmittelbar aneinander angrenzen. Durch einen geringen Innenabstand zwischen benachbarten Strukturelementen kann vermeiden werden, dass in Zwischenräumen zwischen diesen Strukturelementen ein signifikantes Wachstum bei der
- 25 epitaktischen Abscheidung auftritt.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist jedem Strukturelement eines Häufungsbereichs mindestens ein benachbartes Strukturelement zugeordnet, das in einem
- 30 Innenabstand von höchstens 50 nm zu dem Strukturelement angeordnet ist. Mit anderen Worten befindet sich typischerweise kein Strukturelement eines Häufungsbereichs in einem größeren Abstand als 50 nm von einem nächstgelegenen

Strukturelement desselben Häufungsbereichs. Ein epitaktisches Wachstum innerhalb eines Häufungsbereichs kann besonders wirkungsvoll unterdrückt werden.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats beträgt eine vertikale Ausdehnung zumindest eines Teils der Strukturelemente, beispielsweise von mindestens 50 % der Strukturelemente oder auch aller Strukturelemente, zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 1 µm, insbesondere
10 zwischen einschließlich 200 nm und einschließlich 500 nm. Es hat sich gezeigt, dass eine vertikale Ausdehnung in diesem Bereich eine effiziente Strahlungsauskopplung begünstigt und gleichzeitig die für das vollständige laterale Überwachsen erforderliche Schichtdicke des abzuscheidenden Materials
15 gering gehalten werden kann, insbesondere im Vergleich zu konventionellen strukturierten Substraten mit Strukturen im Mikrometerbereich mit typischen Höhen von 1,4 µm bis 1,8 µm. Eine verspannungsinduzierte Verbiegung des Substrats kann verringert werden.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats verzünden sich zumindest einige der Strukturelemente mit zunehmendem Abstand von der Rückseite des Substrats. Beispielsweise verzünden sich die Strukturelemente entlang des gesamten
25 Umfangs. Eine Oberfläche der Strukturelemente verläuft zum Beispiel zumindest stellenweise verkippt zur Rückseite des Substrats. Insbesondere verläuft die Oberfläche der Strukturelemente verkippt zu einem Bereich zwischen den Häufungsbereichen. In den Zwischenräumen zwischen den
30 Strukturelementen kann die Abscheideseite parallel zur Rückseite verlaufen. So kann durch Wahl geeigneter Abscheideparameter auf einfache Weise erzielt werden, dass ein epitaktisches Wachstum eines auf dem Substrat

abzuscheidenden Materials vollständig oder zumindest überwiegend ausgehend von Zwischenräumen zwischen den Strukturelementen, insbesondere zwischen den Häufungsbereichen erfolgt.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats weist zumindest ein Teil der Strukturelemente eine Grundform eines Kegels, eines Kegelstumpfes, einer Pyramide, eines Pyramidenstumpfes, eines Zylinders oder eines Prismas auf.

10 Die Pyramide, der Pyramidenstumpf oder das Prisma können eine insbesondere regelmäßige mehreckige Grundfläche aufweisen, beispielsweise eine Grundfläche eines regelmäßigen Dreiecks oder Sechsecks.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats enthalten die Strukturelemente Saphir. Die Strukturelemente können beispielsweise durch eine Strukturierung des Substratkörpers gebildet sein.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats enthalten die Strukturelemente ein Oxid-Material oder ein Nitrid-Material. Beispielsweise sind die Strukturelemente durch eine Strukturierung einer auf dem Substratkörper angeordneten Schicht gebildet. Alternativ kann die Schicht ebenfalls

25 Saphir enthalten. In den Zwischenräumen zwischen den Strukturelementen kann der Substratkörper freiliegen.

Ein Halbleiterbauelement weist gemäß zumindest einer Ausführungsform ein Substrat mit zumindest einem der
30 vorstehend angegebenen Merkmale und eine auf dem Substrat angeordnete, insbesondere epitaktisch abgeschiedene Halbleiterschichtenfolge auf. Beispielsweise ist das Halbleiterbauelement ein optoelektronisches

Halbleiterbauelement mit einem zur Erzeugung und/oder zum Empfangen von Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich.

Das vorstehend beschriebene Substrat ist für das

- 5 Halbleiterbauelement besonders geeignet. Im Zusammenhang mit dem Substrat genannte Merkmale können daher auch für das Halbleiterbauelement herangezogen werden.

- Weitere Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus
10 der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren.

Es zeigen:

- 15 Die Figuren 1A, 1B und 1C ein erstes Ausführungsbeispiel für ein Substrat in Draufsicht (Figur 1A) und in Schnittansicht (Figur 1B) sowie ein solches Substrat mit einem darauf abgeschiedenen Halbleitermaterial (Figur 1C) ;

20

die Figuren 2A und 2B ein zweites Ausführungsbeispiel für ein Substrat in Schnittansicht (Figur 2A) und ein solches Substrat mit einem darauf abgeschiedenen Halbleitermaterial (Figur 2B);

25

Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel für ein Substrat in Draufsicht; und

- Figur 4 ein Ausführungsbeispiel für ein Halbleiterbauelement
30 in Schnittansicht.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Figuren sind jeweils schematische Darstellungen und daher nicht unbedingt maßstabsgetreu. Vielmehr können vergleichsweise kleine Elemente und insbesondere Schichtdicken zur Verdeutlichung übertrieben groß dargestellt sein.

Ein erstes Ausführungsbeispiel für ein Substrat 1 ist in Figur 1A in schematischer Draufsicht und in Figur 1B in Schnittansicht gezeigt.

Das Substrat 1 erstreckt sich in vertikaler Richtung, also senkrecht zu einer Haupterstreckungsebene des Substrats, zwischen einer Abscheideseite 10 und einer Rückseite 11. An der Abscheideseite 10 ist eine Mehrzahl von Strukturelementen 2 angeordnet. Eine Anordnung der Strukturelemente weist eine Mehrzahl von Häufungsbereichen 4 auf. Die Häufungsbereiche 4 umfassen jeweils mehrere Strukturelemente 2, in dem gezeigten Ausführungsbeispiel exemplarisch sieben Strukturelemente. Es kann aber auch eine davon abweichende Anzahl von Strukturelementen Anwendung finden, beispielsweise zwei Strukturelemente oder mehr, insbesondere drei Strukturelemente oder mehr. Bei der Herstellung können die Strukturelemente 2 beispielsweise mittels eines Nanoimprint-Verfahrens hergestellt werden.

Den Häufungsbereichen 4 ist jeweils ein Flächenschwerpunkt 41 zugeordnet. Die Flächenschwerpunkte 41 sind auf Gitterpunkten eines regelmäßigen hexagonalen Gitters angeordnet. Ein Mittenabstand 42 zwischen benachbarten Häufungsbereichen 4 ist durch den Abstand benachbarter Flächenschwerpunkte gegeben. Die Position der Flächenschwerpunkte kann jedoch auch von der Position der Gitterpunkte abweichen,

beispielsweise um höchstens 20 % des Abstands benachbarter Flächenschwerpunkte.

5 Auch eine Anordnung der Häufungsbereiche 4, die nicht der Anordnung in einem regelmäßigen Gitter entspricht, ist denkbar, solange die Anordnung der Strukturelemente voneinander beabstandete Häufungsbereiche aufweist.

10 Der Abstand benachbarter Häufungsbereiche 4, insbesondere der Mittenabstand 42, beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 5 μ m, bevorzugt zwischen einschließlich 400 nm und einschließlich 4 μ m.

15 Ein Außenabstand 44 zwischen einem Häufungsbereich 4 und einem dem Häufungsbereich am nächsten gelegenen Strukturelement 2 ist groß im Vergleich zum Innenabstand 43 zwischen benachbarten Strukturelementen innerhalb des Häufungsbereichs 4. Der Außenabstand gibt die laterale Ausdehnung eines Freibereiches zwischen einem Häufungsbereich
20 und einem dem Häufungsbereich am nächsten gelegenen Strukturelement an. Beispielsweise beträgt der Außenabstand zwischen einem Häufungsbereich und einem dem Häufungsbereich am nächsten gelegenen Strukturelement mindestens 50 nm.

25 Der Innenabstand 43 benachbarter Strukturelemente innerhalb des Häufungsbereichs 4 beträgt vorzugsweise höchstens 50 nm. Je kleiner der Innenabstand 43 ist, desto kleiner können die Zwischenräume 27 zwischen benachbarten Strukturelementen in den Häufungsbereichen 4 sein. Insbesondere können die
30 Strukturelemente innerhalb des Häufungsbereichs 4 auch stellenweise unmittelbar aneinander angrenzen, so dass der Innenabstand 43 Null beträgt (vgl. Figur 2A).

Eine maximale laterale Ausdehnung eines Häufungsbereichs 4 beträgt beispielsweise zwischen einschließlich dem 0,2-Fachen und einschließlich dem 0,99-Fachen eines Mittenabstands benachbarter Häufungsbereiche. Die Abscheideseite 10 kann
5 vergleichsweise großflächig mit den Strukturelementen 2 belegt sein, beispielsweise mit einem gesamten Flächenanteil von mindestens 60 %.

In dem gezeigten Ausführungsbeispiele haben die
10 Strukturelemente 2 jeweils dieselbe Grundform und dieselbe Größe. Es können jedoch auch zwei oder mehr als zwei verschiedene Strukturelemente 2 Anwendung finden, die sich beispielsweise hinsichtlich der lateralen Ausdehnung, der vertikalen Ausdehnung und/oder der geometrischen Grundform
15 unterscheiden.

Wie in Figur 1C veranschaulicht erfolgt das Wachstum bei der epitaktischen Abscheidung von Halbleitermaterial 5 ausgehend von Zwischenräumen 25 zwischen den Häufungsbereichen 4 in
20 einem Bereich 16 der Abscheideseite. Der Bereich 16 kann sich insbesondere zusammenhängend über die Abscheideseite erstrecken. Die Häufungsbereiche 4 werden lateral überwachsen, so dass sich Versetzungen 50 mit einer verringerten Versetzungsdichte in vertikaler Richtung in dem
25 Halbleitermaterial fortsetzen. Die Kristallqualität kann so gesteigert werden. Insbesondere kann die laterale Ausdehnung der Häufungsbereiche 4 groß gegenüber der lateralen Ausdehnung der Strukturelemente 2 sein. Mit anderen Worten ist die laterale Ausdehnung des epitaktisch zu überwachsenden
30 Bereichs nicht durch die laterale Ausdehnung der Strukturelemente 2 selbst, sondern durch die laterale Ausdehnung der Häufungsbereiche 4 bestimmt. Insbesondere kann die laterale Ausdehnung des epitaktisch lateral zu

überwachsenden Bereichs, also des Häufungsbereichs 4, auch durch eine Erhöhung der Anzahl an Strukturelementen innerhalb eines Häufungsbereichs erhöht werden. Im Vergleich zu einem herkömmlichen Substrat mit Strukturen im Nanometerbereich

5 kann die Versetzungsdichte verringert und damit die Kristallqualität erhöht werden. Gleichzeitig erhöht sich die Gesamtoberfläche der Abscheideseite 10, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit einer Strahlungsumlenkung aufgrund von Reflexion und/oder Brechung erhöht, so dass die

10 Auskoppelleffizienz gesteigert werden kann. Insbesondere können die Strukturelemente 2, die einen Häufungsbereich 4 bilden, im Vergleich zu einem herkömmlichen Substrat mit einer Mikrostrukturierung deutlich kleiner sein, so dass beispielsweise für Strahlung im sichtbaren, insbesondere im

15 blauen und grünen Spektralbereich oder im ultravioletten Spektralbereich Beugungseffekte auftreten können. Dadurch kann eine gerichtete Abstrahlung und insgesamt eine noch weiter erhöhte Auskoppelleffizienz erzielt werden.

20 Durch die beschriebene Anordnung mehrerer Strukturelemente 2 zu Häufungsbereichen 4 können also eine hohe Kristallqualität und gleichzeitig eine hohe Auskoppelleffizienz erzielt werden. Insbesondere können die Vorteile eines herkömmlichen Substrats mit einer Mikrostrukturierung und die Vorteile

25 eines herkömmlichen Substrats mit einer Nanostrukturierung vereint werden.

Weiterhin kann eine effiziente Auskopplung bereits mit einer vergleichsweise geringen vertikalen Ausdehnung der

30 Strukturelemente 2 erzielt werden. Beispielsweise beträgt eine vertikale Ausdehnung einiger oder aller Strukturelemente 2 zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 1 μm , insbesondere zwischen einschließlich 200 nm und

einschließlich 500 nm. Im Vergleich zu konventionellen Substraten mit Strukturen im Mikrometerbereich kann die Dicke des abzuscheidenden Materials und damit die verspannungsinduzierte Verbiegung des Substrats 1 verringert werden.

Die Strukturelemente 2 sind durch eine Strukturierung eines Substratkörpers 15, beispielsweise eines Saphir-Substratkörpers gebildet. Eine Oberfläche 20 der Strukturelemente, insbesondere die gesamte Oberfläche 20, verläuft schräg zur Oberfläche der Abscheideseite 10 im Bereich 16 zwischen den Strukturelementen 2. Durch Einstellung geeigneter Wachstumsparameter kann erzielt werden, dass die Nukleationswahrscheinlichkeit bei der epitaktischen Abscheidung im Bereich 16 höher ist als an schräg dazu verlaufenden Teilbereichen der Oberfläche 20 der Strukturelemente.

Die Strukturelemente 2 können beispielsweise eine Grundform eines Kegels oder einer Pyramide mit einer mehreckigen Grundfläche, etwa einer dreieckigen, viereckigen oder sechseckigen Grundform aufweisen. Es eignen sich aber auch andere Formen, bei denen sich die laterale Ausdehnung der Strukturelemente mit zunehmendem Abstand zur Rückseite 11 verjüngt, beispielsweise ein Pyramidenstumpf oder ein Kegelstumpf.

Weiterhin können auch Grundformen mit konstantem Querschnitt Anwendung finden, beispielsweise die Grundform eines Zylinders oder eines Prismas. Strukturelemente 2 mit einer derartigen Grundform sind wie in Figur 1A gezeigt zweckmäßigerweise so ausgebildet und zueinander angeordnet, dass zumindest stellenweise die Oberflächen benachbarter

Strukturelemente voneinander beabstandet sind und Zwischenräume 25 zwischen den Strukturelementen entstehen.

Bei dem in den Figuren 1A bis 1C dargestellten

5 Ausführungsbeispiel sind die Strukturelemente 2 innerhalb eines Häufungsbereichs 4 so zueinander angeordnet, dass benachbarte Strukturelemente an keiner Stelle unmittelbar aneinander grenzen. Die Außenabstände sind jedoch so gering, dass in den Zwischenräumen 27 zwischen benachbarten

10 Strukturelementen 2 eines Häufungsbereichs 4 kein signifikantes epitaktisches Wachstum auftritt und die Häufungsbereiche im Wesentlichen durch in lateraler Richtung epitaktisch gewachsenes Halbleitermaterial überdeckt werden.

15 In den Figuren 2A und 2B ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, das im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den Figuren 1A bis 1C beschriebenen Ausführungsbeispiel entspricht. Im Unterschied hierzu grenzen benachbarte Strukturelemente 2 innerhalb eines Häufungsbereichs 4 unmittelbar aneinander an.

20 Abhängig von der Grundform der Strukturelemente 2 können diese in einem Häufungsbereich 4 jeweils eine geschlossene Fläche bilden, beispielsweise bei einer hexagonalen Grundform, wie in Figur 3 gezeigt, bei einer dreieckigen Grundform oder bei einer viereckigen Grundform. Der

25 Einfachheit halber sind in Figur 3 nur zwei Häufungsbereiche 4 gezeigt. Es entstehen also keine Zwischenräume innerhalb der Häufungsbereiche, so dass ein ungewolltes epitaktisches Wachstum ausgehend von solchen Zwischenräumen vollständig ausgeschlossen werden kann. In diesem Fall weisen die

30 Strukturelemente 2 zweckmäßigerweise eine sich mit zunehmendem Abstand von der Rückseite 11 verjüngende Grundform auf, so dass die Oberflächen 20 der

Strukturelemente 2 zumindest stellenweise voneinander beabstandet sind.

Weiterhin sind bei dem zweiten Ausführungsbeispiel die
5 Strukturelemente 2 durch eine auf dem Substratkörper 15 angeordnete Schicht 18 gebildet. Die Schicht enthält beispielsweise ein Oxid-Material, etwa Siliziumoxid oder ein Nitrid-Material, etwa Siliziumnitrid. Die Nukleationswahrscheinlichkeit auf einer solchen Schicht ist
10 geringer als in den Bereichen 16, in denen der Substratkörper 15 freiliegt. Bei einer solchen Schicht eignen sich für die Strukturelemente 2 daher auch Strukturelemente mit einer Grundform, bei der die Oberfläche zumindest stellenweise parallel zum Bereich 16 verläuft. Grundsätzlich eignen sich
15 für die Schicht 18 alle Materialien, die bei üblichen Abscheidetemperaturen temperaturstabil sind, beispielsweise bei 1000 °C.

Selbstverständlich kann eine solche Schicht 18 auch bei dem
20 ersten Ausführungsbeispiel Anwendung finden. Entsprechend kann die in Figur 2A gezeigte Strukturierung auch im Substratkörper 15 ausgebildet werden.

In Figur 4 ist ein Halbleiterbauelement 8 mit einem solchen
25 Substrat 1 gezeigt. Das Halbleiterbauelement 8 weist hierbei lediglich exemplarisch ein Substrat 1 auf, das wie im Zusammenhang mit den Figuren 1A bis 1C beschrieben ausgebildet ist. Selbstverständlich kann auch ein Substrat gemäß einem der anderen Ausführungsbeispiele Anwendung
30 finden.

Auf dem Substrat 1 ist eine Halbleiterschichtenfolge 81 epitaktisch abgeschieden, beispielsweise mittels MOCVD. Das

Halbleiterbauelement 8 ist beispielsweise als ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement, etwa eine Leuchtdiode, ausgebildet. Die Halbleiterschichtenfolge 81 weist einen zur Erzeugung von Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich 85 auf. Zur externen elektrischen Kontaktierung weist das Halbleiterbauelement Kontakte 86 auf. Die Position und Ausgestaltung der Kontakte kann in weiten Grenzen variiert werden, solange durch Anlegen einer externen elektrischen Spannung zwischen den Kontakten 86 des Halbleiterbauelements Ladungsträger von entgegengesetzten Seiten in den aktiven Bereich 85 injiziert werden und dort unter Emission von Strahlung rekombinieren können.

Die Halbleiterschichtenfolge 81, insbesondere der aktive Bereich 85, basiert vorzugsweise auf einem nitridischen Verbindungshalbleitermaterial.

Eine Peak-Wellenlänge der im aktiven Bereich 85 erzeugten Strahlung kann im Material der Halbleiterschichtenfolge beispielsweise zwischen dem einschließlich 0,2-Fachen und dem einschließlich 5-Fachen des Mittenabstands benachbarter Strukturelemente innerhalb eines Häufungsbereichs liegen, sodass eine Auskopplung aus dem Halbleiterbauelement 8 durch die Strukturelemente aufgrund von Beugungseffekten besonders effizient gesteigert werden kann. Insbesondere können die Beugungseffekte eine gerichtete Abstrahlung fördern.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele 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 den Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

	1	Substrat
	10	Abscheideseite
5	11	Rückseite
	15	Substratkörper
	16	Bereich
	18	Schicht
	2	Strukturelement
10	20	Oberfläche des Strukturelements
	25	Zwischenraum zwischen Häufungspunkten
	27	Zwischenraum zwischen Strukturelementen eines Häufungspunkts
	4	Häufungsbereich
15	41	Flächenschwerpunkt
	42	Mittenabstand der Häufungsbereiche
	43	Innenabstand der Strukturelemente in den Häufungsbereichen
	44	Außenabstand der Strukturelemente
20	5	Halbleitermaterial
	50	Versetzung
	8	Halbleiterbauelement
	81	Halbleiterschichtenfolge
	85	aktiver Bereich
25	86	Kontakt

Patentansprüche

1. Substrat (1) mit einer Abscheideseite (10) und einer der Abscheideseite gegenüberliegenden Rückseite (11), wobei an
5 der Abscheideseite eine Mehrzahl von Strukturelementen (2) angeordnet ist und eine Anordnung der Strukturelemente eine Mehrzahl von Häufungsbereichen (4) mit jeweils zumindest zwei Strukturelementen aufweist.
- 10 2. Substrat nach Anspruch 1,
wobei die Häufungsbereiche in einem regelmäßigen Gitter angeordnet sind.
3. Substrat nach Anspruch 1 oder 2,
15 wobei die Häufungsbereiche in einem regelmäßigen hexagonalen Gitter angeordnet sind.
4. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei ein Mittenabstand (42) zwischen benachbarten
20 Häufungsbereichen mindestens doppelt so groß ist wie ein Mittenabstand zwischen benachbarten Strukturelementen eines Häufungsbereichs.
5. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
25 wobei ein Mittenabstand benachbarter Häufungsbereiche zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 5 µm beträgt.
6. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
30 wobei eine maximale laterale Ausdehnung eines Häufungsbereichs zwischen dem einschließlich 0,2-Fachen und einschließlich dem 0,99-Fachen eines Mittenabstands benachbarter Häufungsbereiche beträgt.

7. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei ein Außenabstand (44) zwischen einem Häufungsbereich
und einem dem Häufungsbereich am nächsten gelegenen
5 Strukturelement mindestens 50 nm beträgt.

8. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei ein Innenabstand (43) zwischen zwei benachbarten
Strukturelementen eines Häufungsbereichs zwischen
10 einschließlich 0 nm und einschließlich 50 nm beträgt.

9. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jedem
Strukturelement eines Häufungsbereichs mindestens ein
benachbartes Strukturelement zugeordnet ist, das in einem
15 Innenabstand von höchstens 50 nm zu dem Strukturelement
angeordnet ist.

10. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei eine vertikale Ausdehnung zumindest eines Teils der
20 Strukturelemente zwischen einschließlich 100 nm und
einschließlich 1 μ m beträgt.

11. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei sich zumindest einige der Strukturelemente mit
25 zunehmendem Abstand von der Rückseite des Substrats
verjüngen.

12. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei zumindest ein Teil der Strukturelemente eine Grundform
30 eines Kegels, eines Kegelstumpfes, einer Pyramide, eines
Pyramidenstumpfes, eines Zylinders oder eines Prismas
aufweist.

13. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die Strukturelemente Saphir enthalten.

14. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
5 wobei die Strukturelemente ein Oxid-Material oder ein Nitrid-
Material enthalten.

15. Halbleiterbauelement mit einem Substrat nach einem der
vorherigen Ansprüche und einer auf dem Substrat angeordneten
10 Halbleiterschichtenfolge.

FIG 1A

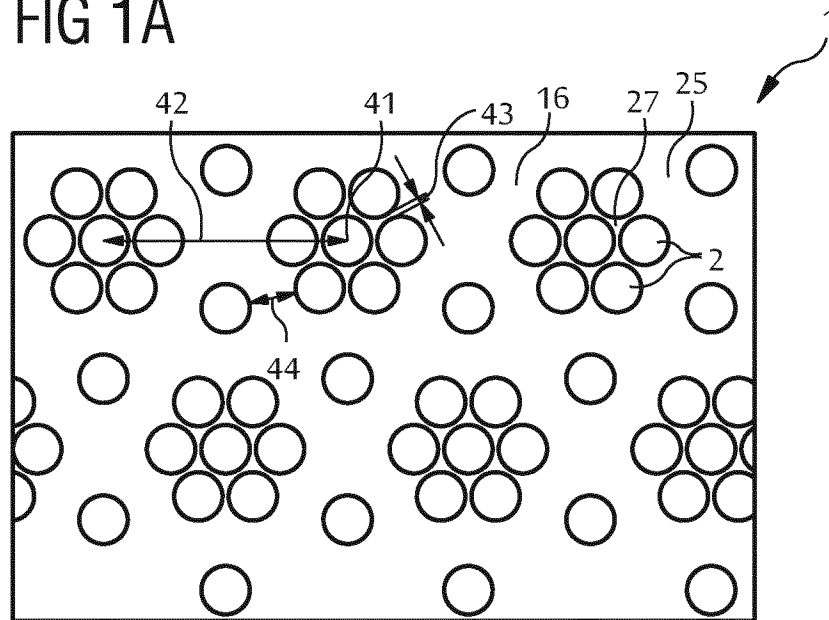


FIG 1B

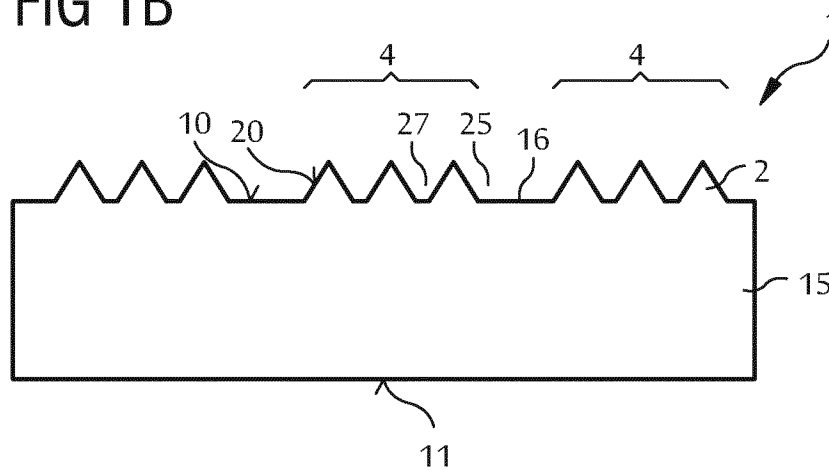


FIG 1C

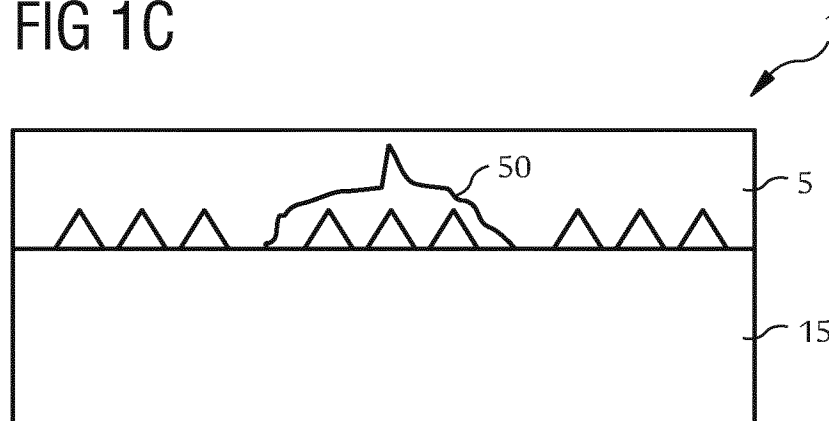


FIG 2A

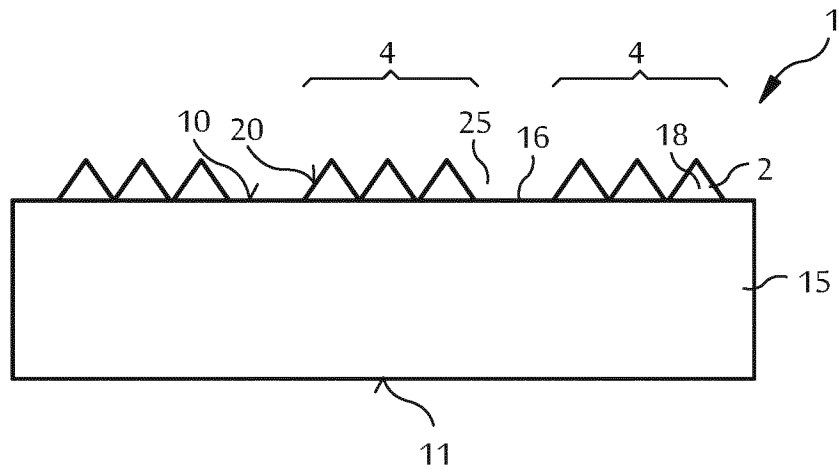


FIG 2B

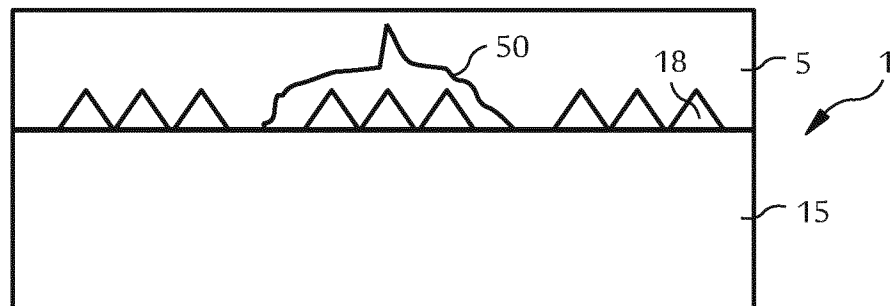


FIG 3

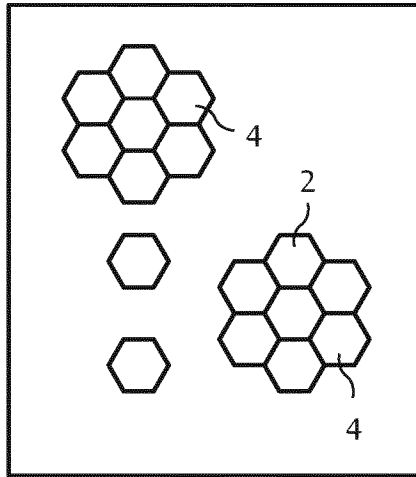
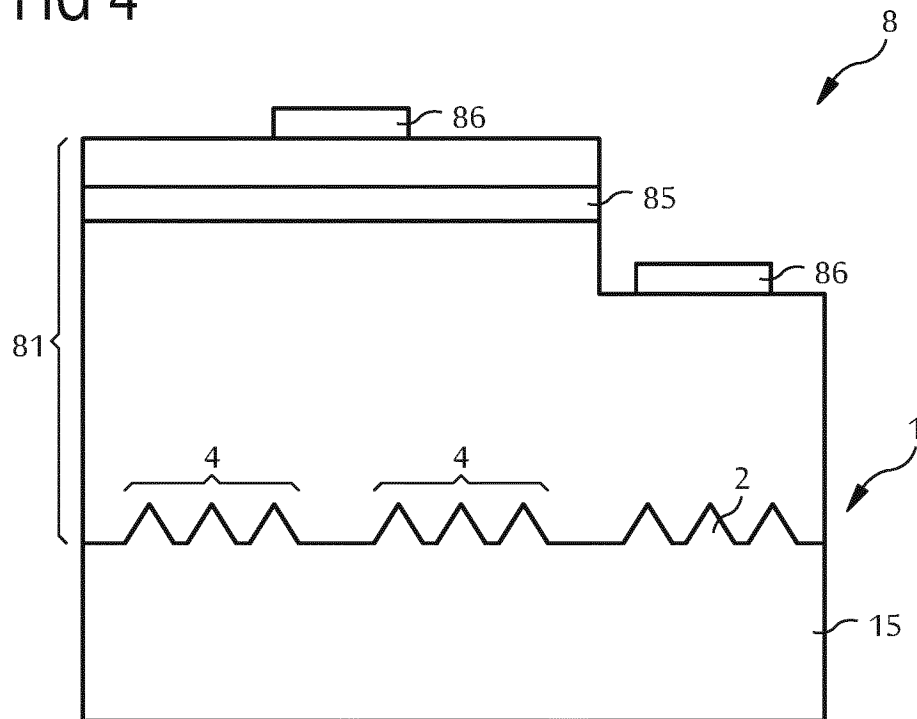


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/051154

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/20 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.
X	Y. CHENG ET AL: "GaN-Based Light Emitting Diodes with Hybrid Micro-Nano Patterned Sapphire Substrate", ECS SOLID STATE LETTERS, vol. 2, no. 11, 4 September 2013 (2013-09-04), pages Q93-Q97, XP055357899, ISSN: 2162-8742, DOI: 10.1149/2.007311ssl * Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 *	1-15
X	US 2015/076505 A1 (KE WEN-CHENG [TW] ET AL) 19 March 2015 (2015-03-19) paragraph [0042] - paragraph [0065]; figures 1-7 ----- -/-	1-15



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

6 April 2017

Date of mailing of the international search report

13/04/2017

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

Norga, Gerd

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/051154

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ZHANG YONGHUI ET AL: "The improvement of GaN-based light-emitting diodes using nanopatterned sapphire substrate with small pattern spacing", AIP ADVANCES, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 2 HUNTINGTON QUADRANGLE, MELVILLE, NY 11747, vol. 4, no. 2, 1 January 1901 (1901-01-01) , XP012182338, DOI: 10.1063/1.4867091 * Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 * -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/051154

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2015076505 A1	19-03-2015	CN 104465917 A	25-03-2015
		TW 201440251 A	16-10-2014
		US 2015076505 A1	19-03-2015

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L21/20 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.
X	Y. CHENG ET AL: "GaN-Based Light Emitting Diodes with Hybrid Micro-Nano Patterned Sapphire Substrate", ECS SOLID STATE LETTERS, Bd. 2, Nr. 11, 4. September 2013 (2013-09-04), Seiten Q93-Q97, XP055357899, ISSN: 2162-8742, DOI: 10.1149/2.007311ssl * Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 *	1-15
X	US 2015/076505 A1 (KE WEN-CHENG [TW] ET AL) 19. März 2015 (2015-03-19) Absatz [0042] - Absatz [0065]; Abbildungen 1-7 ----- -/-	1-15



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

6. April 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/04/2017

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

Norga, Gerd

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	ZHANG YONGHUI ET AL: "The improvement of GaN-based light-emitting diodes using nanopatterned sapphire substrate with small pattern spacing", AIP ADVANCES, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, 2 HUNTINGTON QUADRANGLE, MELVILLE, NY 11747, Bd. 4, Nr. 2, 1. Januar 1901 (1901-01-01), XP012182338, DOI: 10.1063/1.4867091 * Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 * -----	1-15

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2017/051154

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (April 2005)