

(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 2017/129485 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/051168

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Januar 2017 (20.01.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 200 957.5
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, Tanjung Tokong,
Pulau Pinang, 11200 (MY). **ROSSBACH, Georg**;
Bruderwöhrdstraße 26, 93055 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **SCHINKINGER, Stefan**; OSRAM GmbH,
Intellectual Property, 80503 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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).

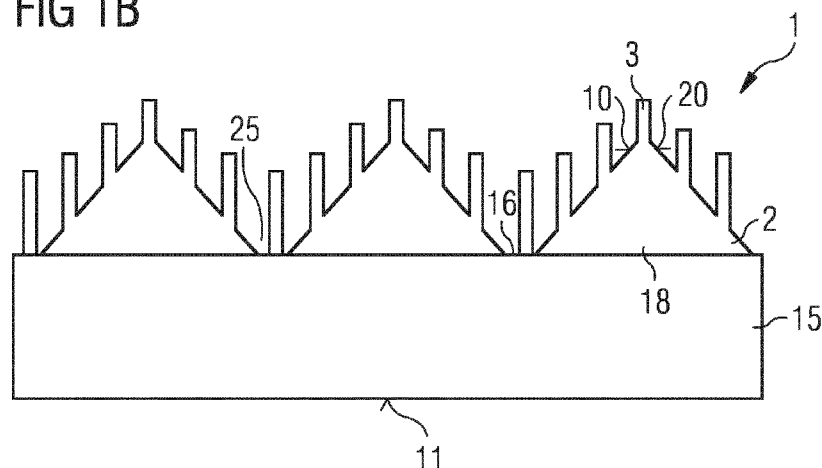
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: SUBSTRATE COMPRISING STRUCTURAL ELEMENTS, AND SEMICONDUCTOR COMPONENT

(54) Bezeichnung : SUBSTRAT MIT STRUKTURELEMENTEN UND HALBLEITERBAUELEMENT

FIG 1B



(57) Abstract: Disclosed is a substrate (1) comprising a deposition face (10) and a rear face (11) opposite the deposition face; first structural elements and second structural elements are arranged on the deposition face, the first structural elements and the second structural elements being arranged on top of each other in some sections. Also disclosed is a semiconductor component (8) comprising a substrate of said type.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Substrat (1) mit einer Abscheideseite (10) und einer der Abscheideseite gegenüberliegenden Rückseite (11) angegeben, wobei an der Abscheideseite erste Strukturelemente und zweite Strukturelemente angeordnet sind und die ersten Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente bereichsweise übereinander angeordnet sind. Weiterhin wird ein Halbleiterbauelement (8) mit einem solchen Substrat angegeben.



WO 2017/129485 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 keine signifikante
Defektreduktion statt.

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

Diese Aufgaben werden 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. Der Substratkörper kann die Abscheideseite bilden. Alternativ kann eine auf dem Substratkörper abgewandte Schicht die Abscheideseite bilden.

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 sind an der Abscheideseite erste Strukturelemente angeordnet. Die ersten Strukturelemente sind insbesondere in lateraler Richtung nebeneinander angeordnet und zumindest stellenweise voneinander beabstandet. Beispielsweise sind die ersten Strukturelemente so ausgebildet, dass sich Material bei der

epitaktischen Abscheidung auf den ersten Strukturelementen mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit abgelagert als in Zwischenräumen zwischen den ersten Strukturelementen. Mit anderen Worten erfolgt das epitaktische Wachstum ausgehend von zumindest einem Bereich, der frei von den ersten Strukturelementen ist. Beispielsweise liegt der Substratkörper in Zwischenräumen zwischen den ersten Strukturelementen zumindest stellenweise frei.

10 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.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats sind an der Abscheideseite zweite Strukturelemente angeordnet. Die zweiten Strukturelemente weisen zum Beispiel eine geringere maximale laterale Ausdehnung auf als die ersten Strukturelemente.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats sind die ersten Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente bereichsweise übereinander angeordnet. In vertikaler Richtung sind also die ersten Strukturelemente bereichsweise zwischen den zweiten Strukturelementen und der Rückseite des Substrats angeordnet oder umgekehrt. Insbesondere bedecken die zweiten Strukturelemente die ersten Strukturelemente bereichsweise in Draufsicht auf die Abscheideseite.

30 In mindestens einer Ausführungsform des Substrats weist das Substrat eine Abscheideseite und eine der Abscheideseite gegenüberliegende Rückseite auf, wobei an der Abscheideseite erste Strukturelemente und zweite Strukturelemente angeordnet

sind und die ersten Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente bereichsweise übereinander angeordnet sind.

Die ersten Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente
5 sind in ihrer Ausgestaltung weitgehend unabhängig voneinander, insbesondere im Hinblick auf deren Mittenabstand, deren maximale laterale Ausdehnung und deren vertikale Ausdehnung. Dadurch erhöht sich die Gestaltungsfreiheit für die Ausgestaltung der Strukturierung
10 der Abscheideseite.

Die ersten Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente können insbesondere im Hinblick auf unterschiedliche Effekte optimiert sein. Beispielsweise sind die ersten
15 Strukturelemente so gewählt, dass das abzuscheidende Material bei der epitaktischen Abscheidung auf dem Substrat von den Zwischenräumen zwischen den ersten Strukturelementen ausgehend die ersten Strukturelemente lateral überwächst, so dass Versetzungen in laterale Richtung umgelenkt werden und
20 die Kristallqualität des abzuscheidenden Materials effizient erhöht wird. Gleichzeitig können die zweiten Strukturelemente beispielsweise für die Steigerung der Auskoppelleffizienz vorgesehen sein. Im Unterschied zu einem konventionellen strukturierten Substrat, bei dem nur ein Typ von
25 Strukturelementen vorgesehen ist, sind die Effekte der verbesserten Defektreduktion und der verbesserten Auskopplung also voneinander entkoppelt. Dadurch können vereinfacht sowohl eine hohe Kristallqualität als auch eine Verbesserung der Abstrahlungseigenschaften erzielt werden, beispielsweise
30 eine Erhöhung der Auskoppelleffizienz oder eine veränderte Richtcharakteristik, beispielsweise eine gegenüber der seitlichen Abstrahlung erhöhte vorderseitige Abstrahlung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats weisen zumindest einige der ersten Strukturelemente eine maximale laterale Ausdehnung von mindestens 1 μm auf. Insbesondere können mindestens 50 %, beispielsweise mindestens 90 % oder
5 auch alle der ersten Strukturelemente eine laterale Ausdehnung in diesem Bereich aufweisen. Beispielsweise beträgt die maximale laterale Ausdehnung zwischen einschließlich 1 μm und einschließlich 5 μm , insbesondere zwischen einschließlich 1 μm und einschließlich 3 μm . Bei
10 einer Ausdehnung der ersten Strukturelemente in diesem Bereich kann die Kristallqualität durch laterales Überwachsen der ersten Strukturelemente besonders effizient verbessert werden.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats weisen zumindest einige der zweiten Strukturelemente eine maximale laterale Ausdehnung von höchstens 800 nm auf. Insbesondere können mindestens 50 %, beispielsweise mindestens 90 % oder auch alle der zweiten Strukturelemente eine laterale
20 Ausdehnung in diesem Bereich aufweisen.

Zum Beispiel kann die maximale laterale Ausdehnung zwischen einschließlich 20 nm und einschließlich 800 nm liegen. Alternativ können aber auch größere zweite Strukturelemente
25 Anwendung finden, beispielsweise Strukturelemente mit einer lateralen Ausdehnung zwischen einschließlich 100 nm und einschließlich 1500 nm.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats sind die
30 ersten Strukturelemente in einem regelmäßigen Gitter mit einer ersten Gitterkonstante und/oder die zweiten Strukturelemente in einem regelmäßigen Gitter mit einer zweiten Gitterkonstante angeordnet. Beispielsweise sind die

ersten Strukturelemente und/oder die zweiten Strukturelemente jeweils in einem hexagonalen Gitter angeordnet. Alternativ kann auch eine Anordnung in einem rechteckigen Gitter Anwendung finden.

5

Zum Beispiel ist die erste Gitterkonstante, also ein Mittenabstand zwischen benachbarten ersten Strukturelementen, größer als die zweite Gitterkonstante, also ein Mittenabstand zwischen benachbarten zweiten Strukturelementen. Insbesondere ist die erste Gitterkonstante mindestens 1,2-fach so groß, beispielsweise mindestens 1,5-fach oder mindestens zweifach so groß wie die zweite Gitterkonstante. Als ein Mittenabstand zweier Elemente wird im Zweifel ein Abstand zwischen den Mittelpunkten der Elemente angesehen.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist ein Teil der zweiten Strukturelemente in Zwischenräumen zwischen den ersten Strukturelementen angeordnet. Die ersten und die zweiten Strukturelemente können insbesondere teilweise nebeneinander und teilweise übereinander angeordnet sein. Beispielsweise sind die ersten Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente jeweils durchgängig in einem periodischen Gitter angeordnet, das sich über das gesamte Substrat oder zumindest im Wesentlichen über das gesamte Substrat, etwa über eine Fläche von mindestens 90% des Substrats erstreckt.

20

25

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats sind die zweiten Strukturelemente in Draufsicht auf die Abscheideseite ausschließlich auf den ersten Strukturelementen angeordnet. Mit anderen Worten sind die Zwischenräume zwischen ersten Strukturelementen vollständig frei von den zweiten Strukturelementen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist auf jedem ersten Strukturelement genau ein zweites Strukturelement angeordnet. Beispielsweise ist das zweite
5 Strukturelement mittig auf dem ersten Strukturelement angeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats sind auf jedem ersten Strukturelement mindestens zwei zweite
10 Strukturelemente, beispielsweise drei oder mehr zweite Strukturelemente, angeordnet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats enthalten die ersten Strukturelemente und/oder zweiten Strukturelemente
15 ein Oxid-Material oder ein Nitrid-Material.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats enthalten die ersten Strukturelemente und/oder zweiten Strukturelemente Saphir.
20

Zum Beispiel sind die ersten und/oder die zweiten Strukturelemente durch eine auf einem Substratkörper des Substrats angeordnete Schicht gebildet, wobei die Schicht beispielsweise ein Oxid-Material oder ein Nitrid-Material
25 enthält. Alternativ kann die Schicht auch Saphir enthalten. Der Substratkörper selbst muss also nicht notwendigerweise strukturiert sein und kann auch planar sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats weist zumindest ein Teil der ersten Strukturelemente eine Grundform eines Kegels, eines Kegelstumpfes, einer Pyramide, eines Pyramidenstumpfes, eines Zylinders oder eines Stabes auf. Die Pyramide, der Pyramidenstumpf oder der Stab können
30

eine insbesondere regelmäßige mehreckige Grundfläche aufweisen, beispielsweise eine Grundfläche eines regelmäßigen Sechsecks.

- 5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats ist die Abscheideseite zumindest stellenweise zur Rückseite verkippt. Beispielsweise ist eine der Rückseite des Substrats abgewandte Oberfläche der ersten Strukturelemente zumindest stellenweise zur Rückseite verkippt. In einem Bereich in den
10 Zwischenräumen zwischen den ersten Strukturelementen kann die Abscheideseite parallel zur Rückseite verlaufen. Die Oberfläche der ersten Strukturelemente ist also auch zu dem Bereich zwischen den ersten Strukturelementen verkippt. Durch Wahl geeigneter Abscheideparameter kann auf einfache Weise
15 erzielt werden, dass ein epitaktisches Wachstum eines auf dem Substrat abzuscheidenden Materials vollständig oder zumindest überwiegend ausgehend von dem Bereich in Zwischenräumen zwischen den ersten Strukturelementen erfolgt.
- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats verzünden sich die ersten Strukturelemente mit zunehmendem Abstand von einer der Abscheideseite gegenüberliegenden Rückseite des Substrats, insbesondere entlang des gesamten Umfangs der ersten Strukturelemente. Eine stellenweise verkippte
25 Abscheideseite ist so auf einfache Weise erzielbar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Substrats verläuft eine Oberfläche der ersten Strukturelemente zumindest stellenweise parallel zur Rückseite. Beispielsweise verläuft
30 die gesamte Oberfläche der ersten Strukturelemente seitlich der zweiten Strukturelemente parallel zur Rückseite. In diesem Fall können die ersten Strukturelemente beispielsweise mittels eines Materials gebildet sein, auf dem eine

Nukleationswahrscheinlichkeit bei der epitaktischen Abscheidung geringer ist als auf dem Substratkörper.

Ein Halbleiterbauelement weist gemäß zumindest einer
5 Ausführungsform ein Substrat mit zumindest einem der
vorstehend angegebenen Merkmale und eine auf dem Substrat
abgeschiedene Halbleiterschichtenfolge auf. Beispielsweise
ist das Halbleiterbauelement ein optoelektronisches
Halbleiterbauelement mit einem zur Erzeugung und/oder zum
10 Empfangen von Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich.

Das vorstehend beschriebene Substrat ist für das
Halbleiterbauelement besonders geeignet. Im Zusammenhang mit
dem Substrat genannte Merkmale können daher auch für das
15 Halbleiterbauelement herangezogen werden.

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

20

Es zeigen:

Die Figuren 1A und 1B ein erstes Ausführungsbeispiel für ein
Substrat in Draufsicht (Figur 1A) und in
25 Schnittansicht (Figur 1B);

die Figuren 2A und 2B ein zweites Ausführungsbeispiel für ein
Substrat in Draufsicht (Figur 2A) und in
Schnittansicht (Figur 2B);

30

die Figuren 3A und 3B ein drittes Ausführungsbeispiel für ein
Substrat in Draufsicht (Figur 3A) und in
Schnittansicht (Figur 3B);

die Figuren 4A und 4B ein viertes Ausführungsbeispiel für ein Substrat in Draufsicht (Figur 4A) und in Schnittansicht (Figur 4B); und

5

Figur 5 ein Ausführungsbeispiel für ein Halbleiterbauelement in Schnittansicht.

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

10

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.

15

In den Figuren 1A und 1B ist ein Ausführungsbeispiel für ein Substrat in Draufsicht und in Schnittansicht gezeigt. Das Substrat 1 erstreckt sich in einer vertikalen Richtung zwischen einer Abscheideseite 10 und einer der Abscheideseite gegenüberliegenden Rückseite 11.

20

An der Abscheideseite 10 sind erste Strukturelemente 2 angeordnet. Die ersten Strukturelemente 2 sind in einem regelmäßigen hexagonalen Gitter angeordnet. Eine Gitterkonstante, also ein Mittenabstand zwischen zwei benachbarten ersten Strukturelementen 2 ist durch einen Pfeil 71 veranschaulicht.

25

30

Weiterhin sind an der Abscheideseite 10 zweite Strukturelemente 3 angeordnet. Die zweiten Strukturelemente 3 und die ersten Strukturelemente 2 überlappen teilweise. In

vertikaler Richtung gesehen sind die ersten Strukturelemente 2 bereichsweise zwischen der Rückseite 11 und den zweiten Strukturelementen 3 angeordnet.

- 5 Die zweiten Strukturelemente 3 sind in einem regelmäßigen hexagonalen Gitter angeordnet. Eine zweite Gitterkonstante des regelmäßigen Gitters der zweiten Strukturelemente 3 ist durch einen Pfeil 72 veranschaulicht.
- 10 Das Substrat 1 weist einen Substratkörper 15 auf. Auf dem Substratkörper 15 ist eine Schicht 18 angeordnet. Die ersten Strukturelemente 2 und die zweiten Strukturelemente 3 sind mittels einer Strukturierung der Schicht 18 gebildet. Die Schicht 18 enthält beispielsweise ein Oxid-Material oder ein
- 15 Nitrid-Material. Alternativ kann die Schicht 18 auch Saphir enthalten. Grundsätzlich eignen sich für die Schicht 18 alle Materialien, die bei üblichen Abscheidetemperaturen temperaturstabil sind, beispielsweise bei 1000 °C.
- 20 Weiterhin kann die Strukturierung zur Ausbildung der ersten Strukturelemente 2 und der zweiten Strukturelemente 3 auch im Substratkörper 15 selbst ausgebildet sein. Eine auf dem Substratkörper 15 angeordnete Schicht 18 ist in diesem Fall nicht erforderlich. Bei der Herstellung können die ersten
- 25 Strukturelemente 2 und die zweiten Strukturelemente 3 in einem gemeinsamen Herstellungsschritt ausgebildet werden, beispielsweise mittels eines Nanoimprint-Verfahrens.

- Ein Teil der zweiten Strukturelemente 3 ist auf den ersten
- 30 Strukturelementen 2 angeordnet. Ein weiterer Teil der zweiten Strukturelemente 3 ist in Zwischenräumen 25 zwischen den ersten Strukturelementen 2 angeordnet.

Die Gitterkonstante des Gitters der ersten Strukturelemente 2 beträgt beispielsweise zwischen einschließlich 1 μm und einschließlich 5 μm , bevorzugt zwischen einschließlich 2 μm und einschließlich 4 μm , beispielsweise 3 μm .

5

Bei der epitaktischen Abscheidung von Halbleitermaterial auf dem Substrat 1 erfolgt das Wachstum ausgehend von den Zwischenräumen 25 zwischen den ersten Strukturelementen 2. Insbesondere erfolgt das Wachstum ausgehend von einem Bereich 16, der sowohl frei von den ersten Strukturelementen 2 als auch von den zweiten Strukturelementen 3 ist. Der Bereich 16 kann in lateraler Richtung über das gesamte Substrat 1 zusammenhängend sein. Ausgehend von dem Bereich 16 können die ersten Strukturelemente 2 lateral überwachsen werden.

15

Eine maximale laterale Ausdehnung der ersten Strukturelemente 2 beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 30 % und einschließlich 100 % der ersten Gitterkonstante des Gitters der ersten Strukturelemente 2.

20

Die zweite Gitterkonstante des Gitters der zweiten Strukturelemente 3 ist kleiner als die erste Gitterkonstante der ersten Strukturelemente 2. Insbesondere ist die erste Gitterkonstante mindestens 1,2-fach so groß, beispielsweise mindestens 1,5-fach oder mindestens zweifach so groß wie die zweite Gitterkonstante. Die zweite Gitterkonstante der zweiten Strukturelemente 3 beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 50 nm und einschließlich 1 μm .

25

30

Eine maximale laterale Ausdehnung der zweiten Strukturelemente 3 beträgt vorzugsweise zwischen einschließlich 50 nm und einschließlich 1 μm .

Die ersten Strukturelemente 2 weisen im Vergleich zu den zweiten Strukturelementen 3 eine vergleichsweise große laterale Ausdehnung auf. Eine Verbesserung der Kristallqualität des abzuscheidenden Halbleitermaterials kann so mittels der ersten Strukturelemente 2 besonders zuverlässig erzielt werden.

Die laterale Ausdehnung der zweiten Strukturelemente 3 ist dagegen vergleichsweise klein zur lateralen Ausdehnung der ersten Strukturelemente 2 und kann insbesondere im Bereich der Wellenlänge von sichtbarem oder ultraviolettem Licht im Material der abzuscheidenden Halbleiterschichtenfolge liegen.

Bei der Herstellung von Halbleiterschichtenfolgen für Strahlungsemitter, wie beispielsweise Leuchtdioden, können so Beugungseffekte an den zweiten Strukturelementen 3 zu einer verbesserten Auskopplung der erzeugten Strahlung beitragen. Insbesondere können Beugungseffekte eine gerichtete Abstrahlung fördern.

Bei dem in Figur 1B dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die ersten Strukturelemente 2 jeweils eine kegelförmige Struktur auf, sodass sich die ersten Strukturelemente 2 mit zunehmendem Abstand von der Rückseite 11 verjüngen. Eine Oberfläche 20 der ersten Strukturelemente 2 verläuft schräg zur Rückseite 11. Insbesondere verlaufen diese Bereiche der Oberfläche 20 auch schräg zu dem Bereich 16, in dem der Substratkörper 15 freiliegt. Auch bei Verwendung desselben Materials für den Substratkörper 15 und die ersten Strukturelemente 2 ist so gewährleistet, dass das Wachstum überwiegend ausgehend von dem Bereich 16 erfolgt.

Die zweiten Strukturelemente 3 sind in Form von Zylindern, insbesondere in Form von Nanosäulen, auf die ersten Strukturelemente 2 aufgesetzt. Es kann jedoch auch eine andere der eingangs genannten Grundformen für die zweiten
5 Strukturelemente Anwendung finden.

Das in den Figuren 2A und 2B dargestellte zweite Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den Figuren 1A und 1B beschriebenen ersten
10 Ausführungsbeispiel.

Im Unterschied hierzu verläuft eine Oberfläche 20 der ersten Strukturelemente 2 parallel zur Rückseite 11 und insbesondere auch parallel zu dem Bereich 16. In diesem Fall sind die
15 ersten Strukturelemente 2 zweckmäßigerweise mittels eines Materials gebildet, das für das abzuscheidende Material, insbesondere für nitridisches Verbindungshalbleitermaterial, eine geringere Nukleationswahrscheinlichkeit aufweist als das in dem Bereich 16 freiliegende Material. Beispielsweise
20 eignet sich für die Schicht 18 ein Oxid, etwa Siliziumoxid, oder ein Nitrid, etwa Siliziumnitrid.

In Draufsicht auf das Substrat können die ersten Strukturelemente 2 und/oder die zweiten Strukturelemente 3
25 auch eine von einer Kreisform abweichende Grundform, beispielsweise eine insbesondere regelmäßige mehreckige, etwa dreieckige, viereckige oder sechseckige Grundform aufweisen.

Zum Beispiel weisen die ersten Strukturelemente 2 die
30 Grundform eines Kegels, eines Kegelstumpfes, einer Pyramide oder eines Pyramidenstumpfes auf, wobei die Pyramide oder der Pyramidenstumpf eine mehreckige Grundfläche aufweisen können, beispielsweise eine dreieckige, viereckige oder sechseckige

Grundform. Alternativ kann auch eine Grundform mit konstantem Querschnitt Anwendung finden, beispielsweise eine Grundform eines Zylinders oder eines Stabes mit einer insbesondere regelmäßigen mehreckigen, etwa dreieckigen, viereckigen oder
5 sechseckigen Grundform.

In den in den Figuren 1A und 2A dargestellten Ausführungsbeispielen erstrecken sich die zweiten Strukturelemente 3 jeweils großflächig in einem regelmäßigen
10 Gitter über das gesamte Substrat 1 oder zumindest im Wesentlichen über das gesamte Substrat 1. Dadurch können Beugungseffekte zur Verbesserung der Auskoppelleffizienz besonders wirksam genutzt werden.

15 Ein drittes Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 3A und 3B in Draufsicht und in Schnittansicht gezeigt. Dieses dritte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den Figuren 1A und 1B beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel und unterscheidet sich hiervon
20 insbesondere dadurch, dass die zweiten Strukturelemente 3 ausschließlich auf den ersten Strukturelementen 2 angeordnet sind. Zwischenräume 25 zwischen den ersten Strukturelementen 2 sind frei von den zweiten Strukturelementen 3.

25 Den ersten Strukturelementen 2 ist jeweils genau ein zweites Strukturelement 3 zugeordnet. Insbesondere kann das zweite Strukturelement 3 mittig zum ersten Strukturelement 2 angeordnet sein. In diesem Ausführungsbeispiel weist die Anordnung der ersten Strukturelemente 2 und der zweiten
30 Strukturelemente 3 dieselbe Gitterkonstante auf. Die zweiten Strukturelemente 3 sind durch Kegel gebildet, die auf die ersten Strukturelemente 2 aufgesetzt sind. Die Oberfläche 20 der ersten Strukturelemente 2 ist seitlich der zweiten

Strukturelemente 3 parallel zur Rückseite 11 des Substrats 1. Wie im Zusammenhang mit den Figuren 2A und 2B beschrieben, sind die ersten Strukturelemente 2 zweckmäßigerweise mittels eines Materials gebildet, das eine niedrigere
5 Nukleationswahrscheinlichkeit aufweist als das in dem Bereich 16 freiliegende Material des Substratkörpers 15.

Die zweiten Strukturelemente 3 dienen insbesondere der Erhöhung der Auskoppelleffizienz. Insbesondere wird die
10 Auskopplung über eine Reflexion oder Brechung an der schräg zur Oberfläche 20 der ersten Strukturelemente 2 verlaufenden Oberfläche 30 der zweiten Strukturelemente 3 erhöht.

Das in den Figuren 4A und 4B dargestellte vierte
15 Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem im Zusammenhang mit den Figuren 3A und 3B dargestellten dritten Ausführungsbeispiel.

Im Unterschied hierzu sind auf jedem ersten Strukturelement 2
20 mehrere zweite Strukturelemente 3, in dem gezeigten Ausführungsbeispiel drei zweite Strukturelemente, angeordnet.

Die zweiten Strukturelemente 3 können, wie in Figur 4A veranschaulicht, stellenweise unmittelbar aneinander
25 angrenzen oder in lateraler Richtung auch voneinander beabstandet sein, wie Figur 4B zeigt.

Durch die Verwendung mehrerer zweiter Strukturelemente 3 auf einem ersten Strukturelement 2 kann der Flächenanteil der
30 Abscheideseite 10 erhöht werden, der schräg zur Rückseite 11 des Substrats verläuft, ohne dass die vertikale Ausdehnung der zweiten Strukturelemente 3 erhöht werden muss.

In Figur 5 ist ein Halbleiterbauelement 8 mit einem solchen Substrat 1 gezeigt. Das Halbleiterbauelement 8 weist hierbei lediglich exemplarisch ein Substrat 1 auf, das wie im Zusammenhang mit den Figuren 1A und 1B beschrieben

5 ausgebildet ist. Selbstverständlich kann auch ein Substrat gemäß einem der anderen Ausführungsbeispiele Anwendung finden.

Auf dem Substrat 1 ist eine Halbleiterschichtenfolge 81
10 epitaktisch abgeschieden, beispielsweise mittels metall-organischer chemischer Gasphasenabscheidung (Metal-organic Chemical Vapor Phase Deposition, MOCVD). Das Halbleiterbauelement 8 ist beispielsweise als ein strahlungsemittierendes Halbleiterbauelement, etwa eine
15 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
20 werden, solange durch Anlegen einer externen elektrischen Spannung zwischen den Kontakten 86 des Halbleiterbauelements 8 Ladungsträger von entgegengesetzten Seiten in den aktiven Bereich 85 injiziert werden und dort unter Emission von Strahlung rekombinieren können.

25

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

30 Eine Peakwellenlänge der im aktiven Bereich 25 erzeugten Strahlung kann im Material der Halbleiterschichtenfolge zwischen dem einschließlich 0,2-Fachen und dem einschließlich 5-Fachen der zweiten Gitterkonstante der zweiten

Strukturelemente 3 liegen, sodass eine Auskopplung aus dem Halbleiterbauelement 8 durch die zweiten Strukturelemente 3 aufgrund von Beugungseffekten besonders effizient gesteigert werden kann.

5

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
10 den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder den Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

	1	Substrat
5	10	Abscheideseite
	11	Rückseite
	15	Substratkörper
	16	Bereich
	18	Schicht
10	2	erstes Strukturelement
	20	Oberfläche des ersten Strukturelements
	25	Zwischenraum
	3	zweites Strukturelement
	30	Oberfläche des zweiten Strukturelements
15	71	Pfeil
	72	Pfeil
	8	Halbleiterbauelement
	81	Halbleiterschichtenfolge
	85	aktiver Bereich
20	86	Kontakt

Patentansprüche

1. Substrat (1) mit einer Abscheideseite (10) und einer der
5 Abscheideseite gegenüberliegenden Rückseite (11), wobei an
der Abscheideseite erste Strukturelemente (2) und zweite
Strukturelemente (3) angeordnet sind und die ersten
Strukturelemente und die zweiten Strukturelemente
bereichsweise übereinander angeordnet sind.
- 10 2. Substrat nach Anspruch 1,
wobei zumindest einige der ersten Strukturelemente eine
maximale laterale Ausdehnung von mindestens 1µm aufweisen.
- 15 3. Substrat nach Anspruch 1 oder 2,
wobei zumindest einige der zweiten Strukturelemente eine
maximale laterale Ausdehnung von höchstens 800 nm aufweisen.
- 20 4. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
Wobei die ersten Strukturelemente in einem regelmäßigen
Gitter mit einer ersten Gitterkonstante und die zweiten
Strukturelemente in einem regelmäßigen Gitter mit einer
zweiten Gitterkonstante angeordnet sind und wobei der erste
Gitterabstand größer ist als der zweite Gitterabstand.
- 25 5. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei ein Teil der zweiten Strukturelemente in Zwischenräumen
(25) zwischen den ersten Strukturelementen angeordnet ist.
- 30 6. Substrat nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
wobei die zweiten Strukturelemente in Draufsicht auf die
Abscheideseite ausschließlich auf ersten Strukturelementen
angeordnet sind.

7. Substrat nach Anspruch 6,
wobei auf jedem ersten Strukturelement genau ein zweites
Strukturelement angeordnet ist.

5 8. Substrat nach Anspruch 6,
wobei auf jedem ersten Strukturelement mindestens zwei zweite
Strukturelemente angeordnet sind.

9. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
10 wobei die ersten Strukturelemente und/oder zweiten
Strukturelemente ein Oxid-Material oder ein Nitrid-Material
enthalten.

10. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
15 wobei die ersten Strukturelemente und/oder zweiten
Strukturelemente Saphir enthalten.

11. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei zumindest ein Teil der ersten Strukturelemente eine
20 Grundform eines Kegels, eines Kegelstumpfes, einer Pyramide,
eines Pyramidenstumpfes, eines Zylinders oder eines Stabes
aufweist.

12. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
25 wobei die Abscheideseite zumindest stellenweise zur Rückseite
verkippt ist.

13. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei sich die ersten Strukturelemente mit zunehmendem
30 Abstand von einer der Abscheideseite gegenüberliegenden
Rückseite des Aufwachssubstrats verzüngen.

14. Substrat nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei eine Oberfläche (20) der ersten Strukturelemente
zumindest stellenweise parallel zur Rückseite verläuft.

- 5 15. Halbleiterbauelement (8) mit einem Substrat nach einem
der vorhergehenden Ansprüche und einer auf dem Substrat
abgeschiedenen Halbleiterschichtenfolge (81).

FIG 1A

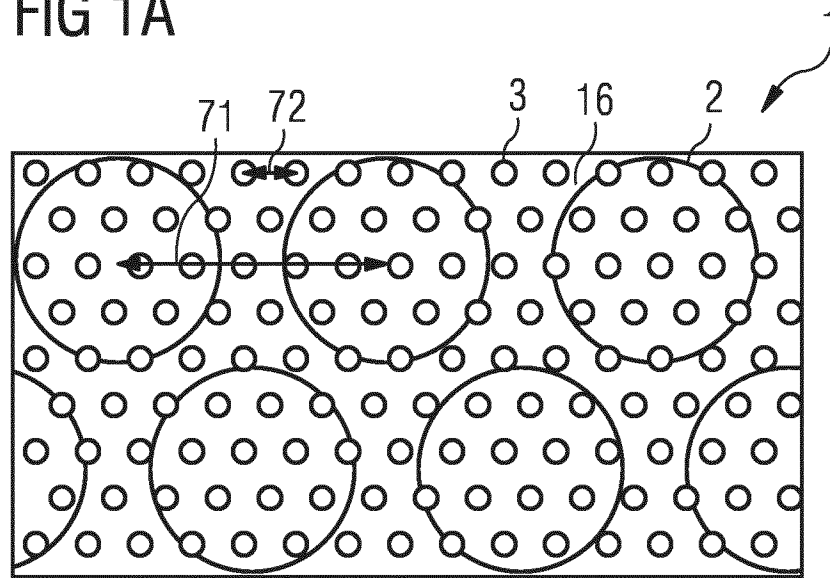


FIG 1B

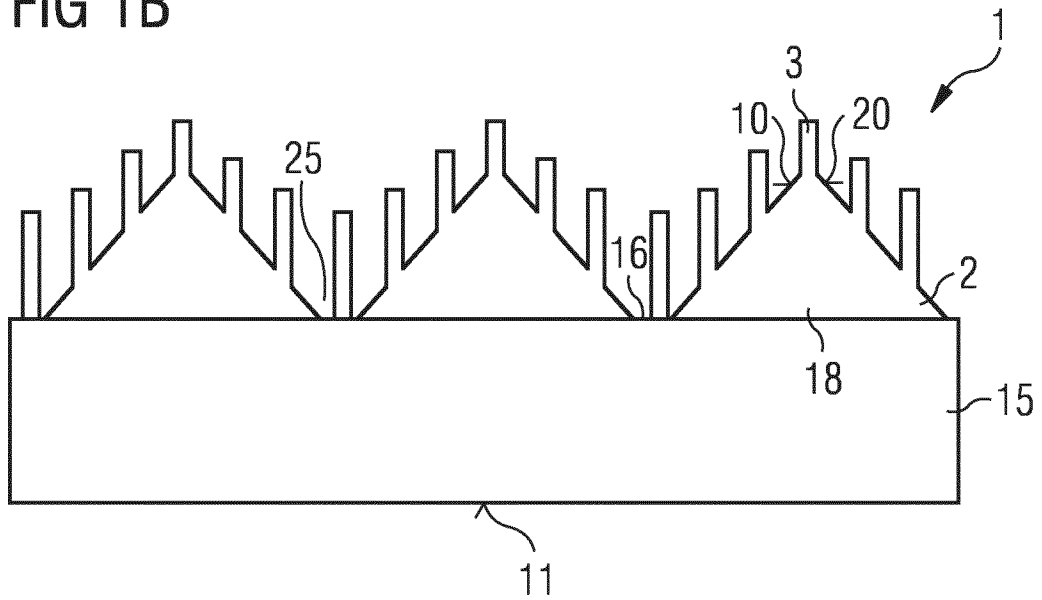


FIG 2A

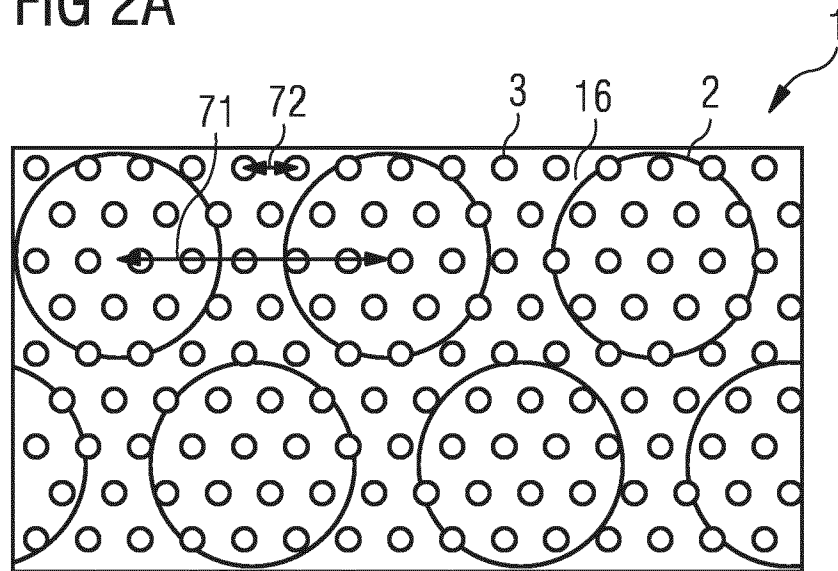


FIG 2B

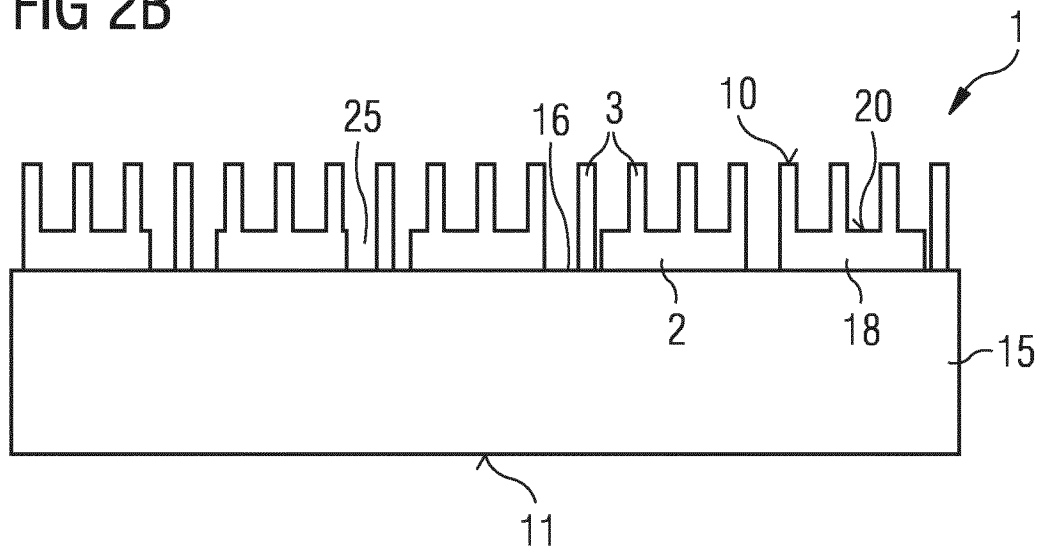


FIG 3A

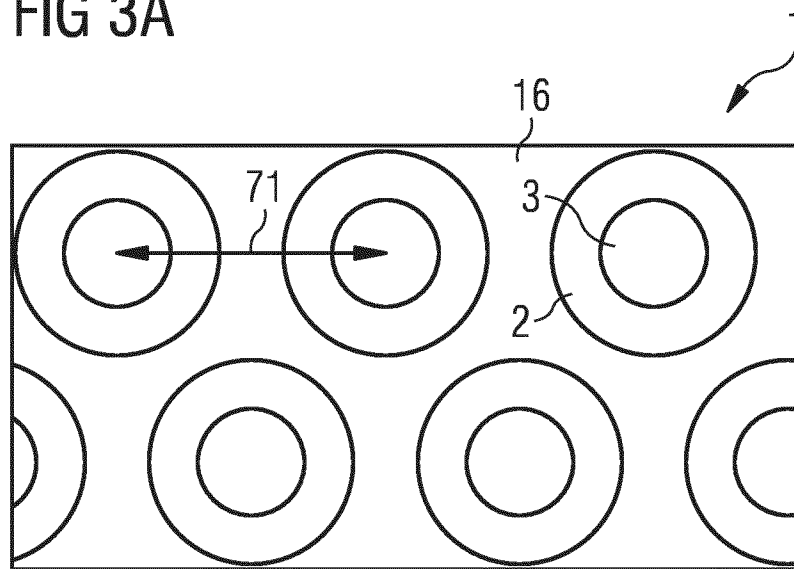


FIG 3B

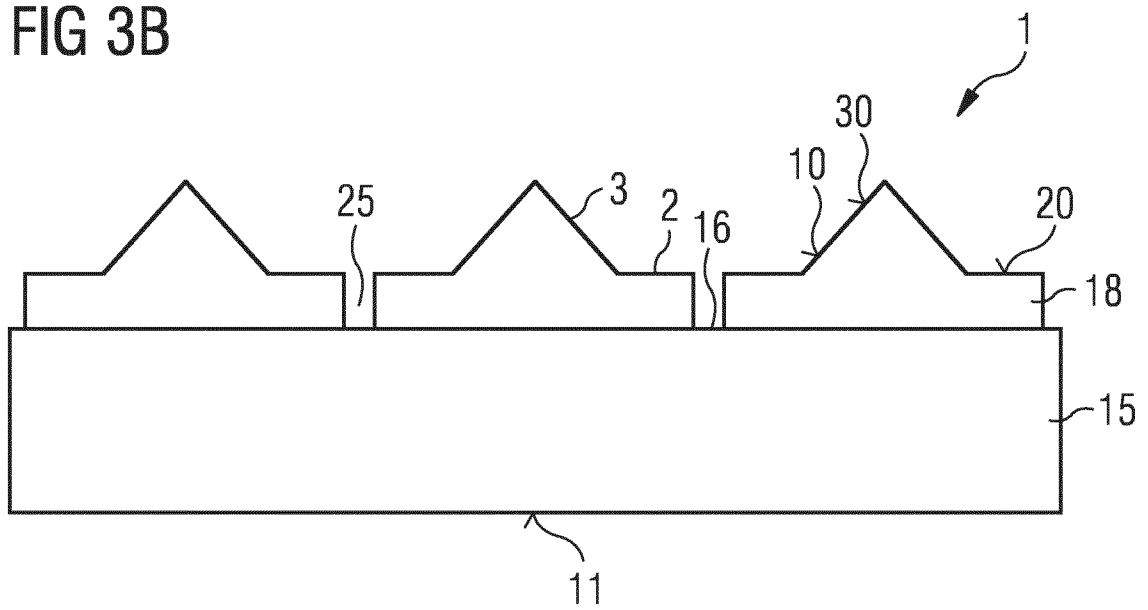


FIG 4A

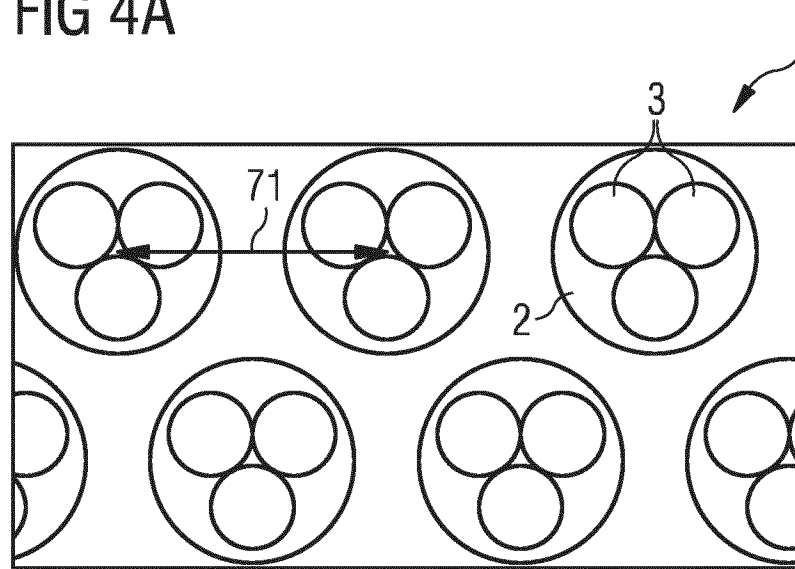


FIG 4B

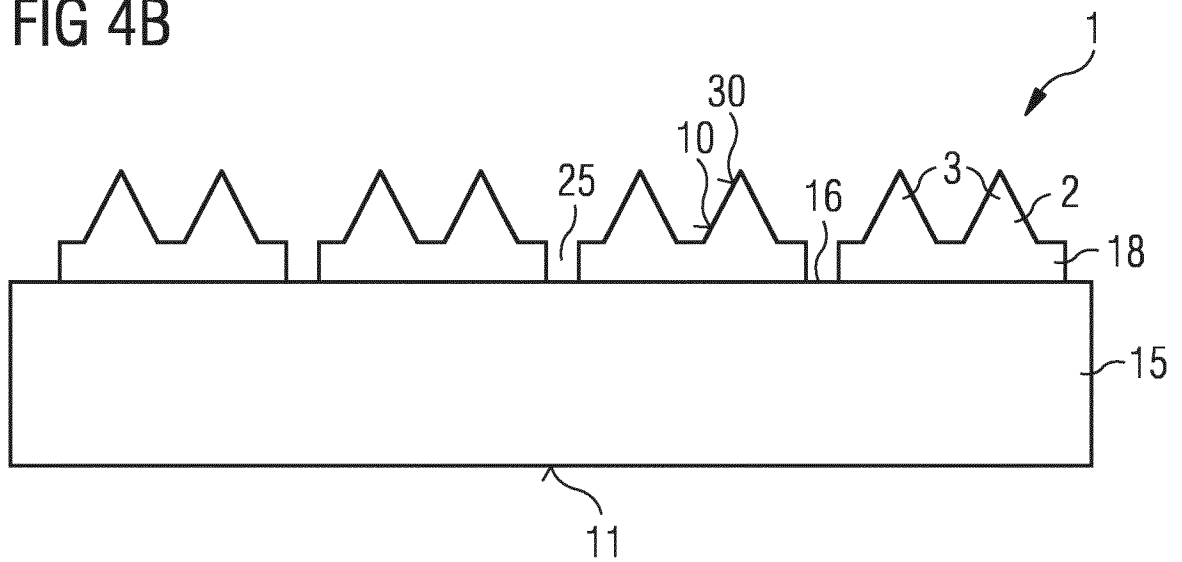
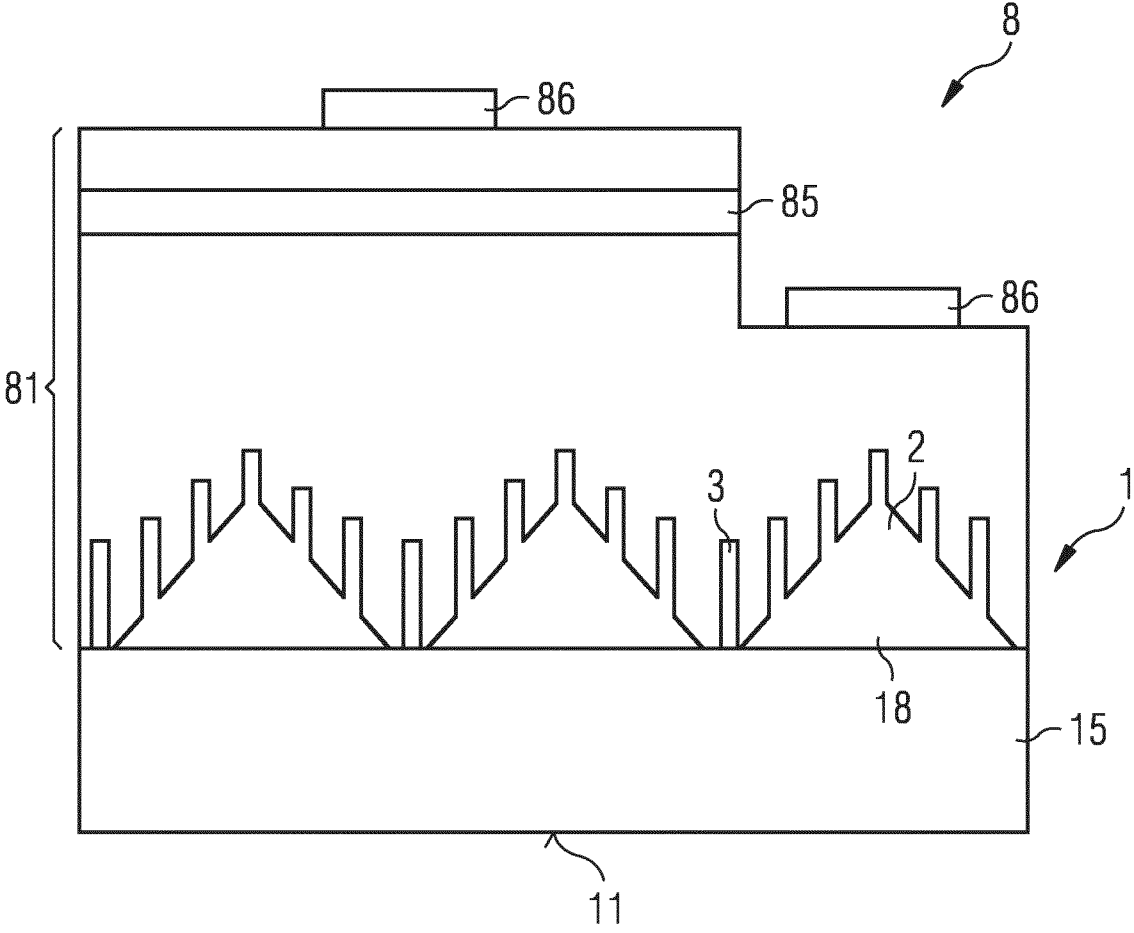


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/051168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/20
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	1-3,5, 8-15
A	* Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 *	4,6,7
X	US 2015/076505 A1 (KE WEN-CHENG [TW] ET AL) 19 March 2015 (2015-03-19)	1-6,8-15
A	paragraph [0042] - paragraph [0065]; figures 1-7	7
	----- -/-	



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/EP2017/051168

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	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 [retrieved on 1901-01-01]	1,6,7, 9-12,14, 15
A	* Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 * -----	2-5,8,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/051168

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 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	1-3,5, 8-15
A	* Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 *	4,6,7
X	US 2015/076505 A1 (KE WEN-CHENG [TW] ET AL) 19. März 2015 (2015-03-19)	1-6,8-15
A	Absatz [0042] - Absatz [0065]; Abbildungen 1-7	7
	----- -/-	
☒ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. April 2017		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.
X	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 [gefunden am 1901-01-01]	1,6,7, 9-12,14, 15
A	* Abschnitte "Experimental"; "Results and discussion"; Abbildungen 1-6 * -----	2-5,8,13

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2017/051168

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