

(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
30. Oktober 2014 (30.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/173589 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 33/00 (2010.01) *B23K 26/40* (2014.01)
H01S 5/02 (2006.01) *H01L 33/32* (2010.01)
B23K 26/00 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/055527

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. März 2014 (19.03.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 104 270.8
26. April 2013 (26.04.2013) DE

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

(72) Erfinder: **PLÖSSL, Andreas**; Johann-Igl-Weg 24, 93051
Regensburg (DE).

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

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

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, 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, 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).

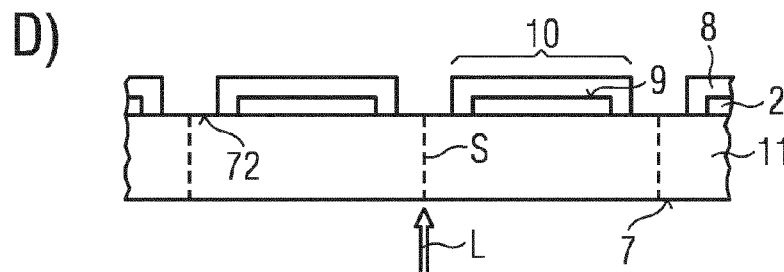
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIP AND AN 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 optoelectronic semiconductor chips (10) and comprises the steps of: A) providing a carrier composite (11), which is a sapphire wafer, B) applying a semiconductor layer sequence (2) to said carrier composite (11), and C) dividing the carrier composite (11) and the semiconductor layer sequence (2) into the individual semiconductor chips (10). Step C) comprises: D) creating a plurality of selectively etchable material modifications in the carrier composite (11) in each of the separating regions (s) by means of a focused, pulsed laser beam (L), the laser beam (L) having a wavelength at which the carrier composite (11) is transparent, and E) wet chemical etching of the material modifications so that the carrier composite (11) is separated into individual carriers (1) for the semiconductor chips (2).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/173589 A1



In mindestens einer Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips (10) eingerichtet und umfasst die Schritte: A) Bereitstellen eines Trägerverbunds (11), der ein Saphirwafer ist, B) Aufbringen einer Halbleiterschichtenfolge (2) auf den Trägerverbund (11), und C) Zerteilen des Trägerverbunds (11) und der Halbleiterschichtenfolge (2) zu den einzelnen Halbleiterchips (10). Der Schritt C) umfasst hierbei: D) Erzeugen je einer Vielzahl von selektiv ätzbaren Materialveränderungen in dem Trägerverbund (11) in Trennbereichen (s) durch eine fokussierte, gepulste Laserstrahlung (L), wobei die Laserstrahlung (L) eine Wellenlänge aufweist, bei der der Trägerverbund (11) transparent ist, und E) nasschemisches Ätzen der Materialveränderungen, sodass der Trägerverbund (11) zu einzelnen Trägern (1) für die Halbleiterchips (2) vereinzelt wird.

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 entsprechend hergestellter Halbleiterchip angegeben.

- 10 Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren
anzugeben, mit dem Halbleiterchips effizient und
vielgestaltig herstellbar sind.

- 15 Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein Verfahren und
durch einen Halbleiterchip mit den Merkmalen der unabhängigen
Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind
Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform dient das Verfahren zum
Herstellen eines optoelektronischen Halbleiterchips. Bei dem
Halbleiterchip handelt es sich bevorzugt um ein Licht
emittierendes Bauteil wie eine Leuchtdiode, kurz LED, oder
auch um eine Laserdiode, kurz LD.

- 25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren
den Schritt des Bereitstellens eines Trägerverbunds. Der
Trägerverbund umfasst eine Vielzahl von einzelnen Trägern für
die Halbleiterchips. In dem Trägerverbund sind die einzelnen
Träger mechanisch fest miteinander verbunden. Es handelt sich
30 bei dem Trägerverbund besonders bevorzugt um einen
Saphirwafer. Mit anderen Worten ist der Trägerverbund und
sind somit auch die Träger für die Halbleiterchips jeweils
aus Saphir gebildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Verfahren den Schritt des Aufbringens einer Halbleiterschichtenfolge auf den Trägerverbund auf. Bei dem Aufbringen handelt es sich
5 besonders bevorzugt um ein epitaktisches Aufwachsen. Mit anderen Worten handelt es sich dann bei dem Trägerverbund und somit bei dem Saphirwafer um ein Aufwachssubstrat für die Halbleiterschichtenfolge. Alternativ hierzu kann die Halbleiterschichtenfolge auch anderweitig auf den
10 Trägerverbund aufgebracht sein, beispielsweise mittels Löten, Kleben oder Waferbonden.

Die Halbleiterschichtenfolge basiert bevorzugt auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial
15 handelt es sich zum Beispiel um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{N}$ oder um ein Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{P}$ oder auch um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_n\text{In}_{1-n-m}\text{Ga}_m\text{As}$, wobei jeweils $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n + m$
20 ≤ 1 ist. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P, angegeben, auch wenn diese teilweise durch
25 geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Halbleiterschichtenfolge mindestens eine aktive Zone zur
30 Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung. Bei der aktiven Zone kann es sich um einen pn-Übergang oder um eine Quantentopfstruktur handeln.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des Zerteilens des Trägerverbunds und der Halbleiterschichtenfolge zu den einzelnen Halbleiterchips. Das Zerteilen insbesondere des Trägerverbunds erfolgt hierbei
5 in Trennbereichen, die zwischen benachbarten Halbleiterchips ausgebildet sind. Es ist möglich, dass beim Zerteilen die Trennbereiche vollständig entfernt oder aufgelöst werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Schritt des
10 Zerteilens des Trägerverbunds den Unterschritt des Erzeugens einer Vielzahl von selektiv ätzbaren Materialveränderungen in dem Trägerverbund. Dieses Erzeugen von Materialveränderungen erfolgt in den Trennbereichen bevorzugt durch eine fokussierte und gepulste Laserstrahlung. Bei den
15 Laserimpulsen der Laserstrahlung handelt es sich insbesondere um Femtosekundenimpulse, um Pikosekundenimpulse oder um Nanosekundenimpulse.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die
20 Laserstrahlung eine Wellenlänge auf, bei der der Trägerverbund und/oder die Halbleiterschichtenfolge strahlungsdurchlässig, insbesondere klarsichtig und transparent, sind. Eine Einwirkung auf das Material des Trägerverbunds erfolgt dann beispielsweise durch nicht-
25 lineare optische Effekte in dem Material, hervorgerufen durch hohe Intensitäten der Laserstrahlung in einem Fokuspunkt der Laserstrahlung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Zerteilen
30 des Trägerverbunds den Schritt des nasschemischen Ätzens der Materialveränderungen. Dieser Schritt des nasschemischen Ätzens folgt dem Schritt des Erzeugens der Materialveränderungen nach. Beim Ätzen werden besonders

bevorzugt selektiv, beispielsweise mit einer Ätzselektivität von mindestens 1:1000 oder mindestens 1:5000, nur die Bereiche mit den Materialveränderungen des Trägerverbunds geätzt und nicht das verbleibende Material des

5 Trägerverbunds.

In mindestens einer Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung von mehreren optoelektronischen Halbleiterchips eingerichtet und umfasst zumindest die folgenden Schritte:

10

A) Bereitstellen eines Trägerverbunds, der ein Saphirwafer ist,

B) Aufbringen einer bevorzugt auf AlInGaN basierenden Halbleiterschichtenfolge mit mindestens einer aktiven Zone zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung auf den Trägerverbund, und

15

C) Zerteilen des Trägerverbunds und der Halbleiterschichtenfolge zu den einzelnen Halbleiterchips in den Trennbereichen zwischen benachbarten Halbleiterchips.

20

Der Schritt C) umfasst hierbei mindestens die folgenden Unterschritte:

D) Erzeugen je einer Vielzahl von selektiv ätzbaren

25

Materialveränderungen in dem Trägerverbund in den Trennbereichen durch eine fokussierte, gepulste Laserstrahlung, wobei die Laserstrahlung eine Wellenlänge aufweist, bei der der Trägerverbund transparent ist, und

E) nasschemisches Ätzen der Materialveränderungen, sodass der Trägerverbund zu einzelnen Trägern für die Halbleiterchips vereinzelt wird.

30

Die einzelnen Verfahrensschritte werden bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

Saphir wird als Wachstumssubstrat für Halbleiterbauteile
5 sowohl in der Hochfrequenztechnik als auch in der
Optoelektronik eingesetzt. Während in der Hochfrequenztechnik
Saphir in der Form von Silicon on sapphire-Scheiben oftmals
als Träger einer dünnen Siliziumschicht für die eigentlichen
Bauteile eingesetzt wird, nutzt die Optoelektronik Saphir als
10 Wachstumssubstrat für Verbindungs-Halbleitermaterialien wie
AlGaInN.

Zum Vereinzeln der Bauteile, die im Scheibenverbund oder im
Waferverbund hergestellt sind, ist wegen der großen Härte von
15 Saphir im Wesentlichen nur Ritzen und Brechen praktikabel.
Das Ritzen erfolgt hierbei insbesondere an mit einem Laser
erzeugten thermisch induzierten Anrissen. Bedingt durch das
Brechen ist Saphir im Wesentlichen nur entlang von Geraden
teilbar. Um Ausbrüche und Beschädigungen an Ecken zu
20 vermeiden oder zu reduzieren, müssen die Bruchgeraden im
Wesentlichen rechtwinklig zueinander geführt sein. Daher
sind, in Draufsicht gesehen, lediglich rechteckige
Grundflächen der Halbleiterchips praktikabel. Andere
Grundformen bieten jedoch Vorteile bei der Lichtauskopplung
25 und sind in vielen Anwendungen für optoelektronische
Halbleiterbauteile erwünscht. Ferner führt das Brechen zu
vergleichsweise glatten Bruchfacetten, die typisch
stufenartig geformt sind. An glatten Bruchfacetten jedoch
erfährt ein hoher Strahlungsanteil eine Totalreflexion, was
30 eine Lichtauskoppleffizienz reduzieren kann.

Schließlich erfordert das mechanische Trennen von Saphir
verhältnismäßig breite Trenngräben, die von der

Halbleiterschichtenfolge insbesondere vor dem Vereinzeln zu befreien sind, um Schäden an der Halbleiterschichtenfolge zu vermeiden. Diese Trenngräben weisen typisch eine Breite in der Größenordnung von 50 μm auf. Es stellen diese Trenngräben
5 eine verlorene Chipfläche dar, die zu höheren Herstellungskosten der Halbleiterchips führt.

Bei dem hier beschriebenen Verfahren werden die Halbleiterchips in einem zumindest zweistufigen Prozess
10 vereinzelt. Im ersten Schritt werden Materialveränderungen durch ein Laserschreiben induziert. Diese Materialveränderungen sind in einem zweiten Schritt effizient ätzbar. Da es sich bei dem Laserschreiben um ein so genanntes In-volume Selective Laser Etching, kurz ISLE, handeln kann,
15 sind im Trägerverbund nahezu beliebig geformte Trennbereiche und damit Seitenflächen und Formen der Halbleiterchips fertigbar. Außerdem weisen solche Trennbereiche eine nur geringe Breite auf, sodass sich die für die Halbleiterschichtenfolge der Halbleiterchips nutzbare Fläche
20 eines Wafers erhöht.

Das ISLE-Verfahren kann beispielsweise durchgeführt werden, wie in der Druckschrift Hörstmann-Jungemann et al. in Journal of Laser Micro-Nano Engineering, Volume 5, No. 2, Jahrgang
25 2010, Seiten 145 - 149, angegeben. Der Offenbarungsgehalt dieser Druckschrift wird durch Rückbezug aufgenommen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Halbleiterschichtenfolge vor dem Schritt des Zerteilens an
30 den Trennbereichen teilweise oder vollständig entfernt. Insbesondere wird die Halbleiterschichtenfolge auch in einem schmalen Streifen neben den Trennbereichen, in denen die Laserstrahlung eingestrahlt wird, entfernt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt eine Breite des Streifens an den Trennbereichen, in denen die Halbleiterschichtenfolge entfernt wird, oder der

5 Trennbereiche selbst, bei mindestens 1 μm oder 2,5 μm oder 5 μm oder 7,5 μm . Alternativ oder zusätzlich beträgt diese Breite höchstens 35 μm oder 20 μm oder 15 μm .

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die

10 optoelektronischen Halbleiterchips, in Draufsicht auf eine Strahlungshauptseite gesehen, je mindestens zwei Ecken auf, in denen sich Kanten der Halbleiterchips mit einem Winkel $\neq 90^\circ$ treffen. Bevorzugt weicht dieser Winkel von 90° um mindestens 15° , 25° oder 35° ab und/oder um höchstens 75° ,

15 65° oder 55° . Mit anderen Worten weisen die Halbleiterchips dann, in Draufsicht gesehen, keine rechteckige Grundform auf. Beispielsweise ist die Grundform der Halbleiterchips dreieckig oder sechseckig. Auch runde Grundformen, die keinem Polygonzug entsprechen, sind realisierbar.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden im Schritt C) Seitenflächen der Träger mit einer Aufrauung versehen. Die Seitenflächen sind beispielsweise solche Begrenzungsflächen des Trägers, die den Träger in Richtungen quer zu einer

25 Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge begrenzen. Es können die Seitenflächen jeweils vollständig oder auch nur teilweise mit einer Aufrauung versehen sein. Ferner ist es möglich, dass nur einige der Seitenflächen oder alle Seitenflächen eine Aufrauung aufweisen.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Aufrauung zu einer Verbesserung einer Lichtauskoppelleffizienz aus dem Träger heraus eingerichtet. Hierzu weist die Aufrauung

bevorzugt eine mittlere Rauheit, auch als R_a bezeichnet, von mindestens $0,25\text{ }\mu\text{m}$ oder $0,5\text{ }\mu\text{m}$ auf. Alternativ oder zusätzlich liegt die mittlere Rauheit bei höchstens $5\text{ }\mu\text{m}$ oder $3\text{ }\mu\text{m}$ oder $2\text{ }\mu\text{m}$.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Laserstrahlung in den Trennbereichen in einem Zickzackmuster geführt. Mit anderen Worten liegen die einzelnen Laserimpulse dann nicht auf einer Geraden und/oder nicht in einer gemeinsamen Ebene.

10 Der Trennbereich kann als dreidimensionales Zickzackmuster geformt sein. Der Begriff dreidimensionales Zickzackmuster kann bedeuten, dass die Laserstrahlung ähnlich der Oberfläche eines Noppenschaumstoffs oder eines Eierkartons geführt wird. Solche dreidimensionalen Strukturen, deren

15 Haupterstreckungsrichtungen entlang der Trennbereiche liegen, sind speziell durch ein ISLE-Verfahren realisierbar. Insbesondere ist durch ein solches Führen der Laserimpulse die Aufrauung an den Seitenflächen erzeugbar.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Trennbereiche, in einem Querschnitt parallel zur Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge gesehen, einen Winkel $\neq 0^\circ$ zur Wachstumsrichtung der

Halbleiterschichtenfolge auf. Mit anderen Worten sind die
25 Trennbereiche dann schräg zur Wachstumsrichtung angeordnet. Es ist möglich, dass pro Seitenfläche genau ein Winkel der Trennbereiche zur Wachstumsrichtung vorliegt oder dass die Seitenflächen, entlang der Wachstumsrichtung, mehrere Abschnitte aufweisen, die unterschiedliche Winkel aufzeigen.

30 Auch gekrümmte und nicht eben geformte Bereiche der Seitenflächen sind realisierbar.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt der Winkel der Trennbereiche zur Wachstumsrichtung bei mindestens 10° oder 15° oder 25° oder 35° . Alternativ oder zusätzlich beträgt dieser Winkel höchstens 80° oder 75° oder 65° oder 55° .

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Trennbereiche, im Querschnitt parallel zur Wachstumsrichtung der Halbleiterschichtenfolge gesehen, eine V-Form auf. Mit anderen Worten sind die Trennbereiche dann aus mindestens zwei Unterbereichen zusammengesetzt, die einen mittleren Winkel zueinander von $> 0^\circ$ aufweisen. Durch solche Trennbereiche sind Halbleiterchips mit einem trapezförmigen Querschnitt realisierbar. Eine Spitze der V-Form der Trennbereiche zeigt von einer Rückseite des Trägerverbunds her bevorzugt in Richtung hin zur Halbleiterschichtenfolge und kann eine Oberseite des Trägerverbunds, auf der die Halbleiterschichtenfolge aufgebracht ist, berühren. Außerdem ist es möglich, dass die Trennbereiche, im Querschnitt gesehen, symmetrisch zur Wachstumsrichtung gestaltet sind.

10
15
20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Laserstrahlung von der der Halbleiterschichtenfolge abgewandten Rückseite des Trägerverbunds her eingestrahlt. Hierdurch ist es möglich, dass keine oder kein signifikanter Anteil der verwendeten Laserstrahlung in die Halbleiterschichtenfolge gelangt.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird zwischen dem Schritt des Erzeugens und dem Schritt des Ätzens der Materialveränderungen eine Spiegelschicht ganzflächig oder stellenweise auf der Rückseite des Trägerverbunds aufgebracht. Bei der Spiegelschicht kann es sich um einen Metallspiegel, etwa basierend auf Aluminium oder Silber, oder

30

auch um einen Bragg-Spiegel mit einer Abfolge von Schichten mit abwechselnd niedrigem und hohem Brechungsindex handeln.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird im Schritt des
- 5 Erzeugens der Materialveränderungen durch die Laserstrahlung eine mechanische Integrität des Trägerverbunds nicht zerstört. Es ist dabei möglich, dass eine Festigkeit des Trägerverbunds durch die Laserstrahlung höchstens so weit reduziert wird, dass der Trägerverbund noch als
- 10 zusammenhängendes Werkstück handhabbar ist. Hierdurch reduziert sich ein Herstellungsaufwand. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, dass temporäre Hilfsträger Verwendung finden, um den Trägerverbund mechanisch zu stabilisieren.
- 15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden, gerechnet pro Impuls der Laserstrahlung, je inselförmige Materialveränderungen erzeugt. Pro Impuls beträgt ein Volumen der erzeugten Materialveränderung beispielsweise mindestens $0,05 \mu\text{m}^3$ oder $0,8 \mu\text{m}^3$ oder $5 \mu\text{m}^3$ und/oder höchstens $100 \mu\text{m}^3$
- 20 oder $50 \mu\text{m}^3$ oder $25 \mu\text{m}^3$ oder $10 \mu\text{m}^3$. Bedingt durch diese vergleichsweise kleinen Volumina lässt sich der Trennbereich gezielt und genau formen. Die Größe des Volumens ist beispielsweise durch die Stärke der Fokussierung der Laserstrahlung, durch die verwendeten Impulsdauern und
- 25 Impulsenergien einstellbar.

- Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist eine Leistungsdichte der Laserstrahlung bei der Materialveränderung einen Wert von mindestens $2 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$
- 30 oder $5 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ auf. Alternativ oder zusätzlich liegt die Leistungsdichte bei höchstens $1 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$ oder $5 \times 10^{14} \text{ W/cm}^2$ oder $2,5 \times 10^{14} \text{ W/cm}^2$.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt eine mittlere Impulsdauer der Impulse der Laserstrahlung bei höchstens 50 ns oder 15 ns oder 5 ns. Weiterhin kann die Impulsdauer bei höchstens 1 ns oder 500 ps oder 5 ps liegen. Alternativ
5 oder zusätzlich beträgt die mittlere Impulsdauer mindestens 50 fs oder 1 ps oder 10 ps oder 750 ps.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt das nasschemische Ätzen mit einem Flusssäure-Wasser-Gemisch. Ein
10 Anteil der Flusssäure, kurz FH, liegt beispielsweise bei mindestens 15 % oder 30 % und/oder bei höchstens 70 % oder 60 %. Eine Ätzdauer kann, abhängig von der Dicke des Trägerverbunds in diesem Verfahrensschritt, mehrere Stunden betragen. Alternativ zu Flusssäure ist es auch möglich,
15 bestimmte Laugen einzusetzen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird vor dem Schritt des Zerteilens der Trägerverbund gedünnt, etwa durch ein Schleifen. Bevorzugt liegt die Dicke des Trägerverbunds im
20 fertigen Halbleiterchip und bevorzugt im Schritt des Zerteilens bei mindestens 50 μm oder 80 μm oder 100 μm und/oder bei höchstens 500 μm oder 300 μm oder 200 μm oder 150 μm . Durch das Dünnen vor dem Schritt des Zerteilens lässt sich die Ätzzeit reduzieren.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird beim Bestrahlen mit den Laserimpulsen eine Kristallqualität des Saphirs herabgesetzt. Insbesondere wird durch die Laserbestrahlung der kristalline Saphir in amorphes oder mit einer kleinen
30 Korngröße polykristallines Aluminiumoxid umgewandelt. Durch diese Umwandlung ist ein selektives Ätzen möglich, da das Material mit der verminderten Kristallqualität eine um

mehrere Größenordnungen geringere Stabilität gegenüber ätzenden Materialien aufweisen kann als Saphir selbst.

Darüber hinaus wird ein optoelektronischer Halbleiterchip
5 angegeben. Der optoelektronische Halbleiterchip wird mit einem Verfahren hergestellt, wie in Verbindung mit einer oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen angegeben. Merkmale des Verfahrens sind daher auch für den Halbleiterchip offenbart und umgekehrt.

10

In mindestens einer Ausführungsform weist der Halbleiterchip eine auf AlInGaN basierende Halbleiterschichtenfolge auf, die mindestens eine aktive Zone zur Strahlungserzeugung umfasst. Die Halbleiterschichtenfolge ist auf einem Träger aus Saphir
15 aufgewachsen. Seitenflächen des Trägers weisen stellenweise oder ganzflächig eine Aufrauung auf. Die Halbleiterschichtenfolge ist von den Seitenflächen beabstandet.

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

Es zeigen:

30

Figur 1 eine schematische Darstellung eines hier beschriebenen Verfahrens zur Herstellung von hier

beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips in
Schnittdarstellungen,

Figur 2 schematische Draufsichten auf Ausführungsbeispiele
5 von hier beschriebenen optoelektronischen
Halbleiterchips, und

Figur 3 schematische Schnittdarstellungen von
Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen
10 optoelektronischen Halbleiterchips.

In Figur 1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines
optoelektronischen Bauteils 10 illustriert. Gemäß Figur 1A
wird ein Trägerverbund 11 bereitgestellt. Bei dem
15 Trägerverbund 11 handelt es sich um einen Saphirwafer. Zu
einer mechanischen Unterstützung können im Verfahrensschritt
gemäß Figur 1A oder auch in nachfolgenden Verfahrensschritten
jeweils temporäre Hilfsträger Verwendung finden, nicht
dargestellt.

20 Beim Verfahrensschritt, wie in Figur 1B gezeichnet, wird an
einer einer Rückseite 7 gegenüberliegenden Oberseite 72 eine
Halbleiterschichtenfolge 2 epitaktisch aufgewachsen. Eine
Wachstumsrichtung G der Halbleiterschichtenfolge 2 ist
25 senkrecht zur Oberseite 72 orientiert. Die
Halbleiterschichtenfolge 2 umfasst zumindest eine aktive Zone
zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung,
insbesondere von sichtbarem Licht. Es basiert die
Halbleiterschichtenfolge 2 auf AlInGaN.

30 An einer dem Trägerverbund 11 abgewandten Seite weist die
Halbleiterschichtenfolge 2 eine Strahlungshauptseite 9 auf.
Es ist möglich, dass an der Strahlungshauptseite 9 im

Verfahrensschritt gemäß Figur 1B oder in einem nachfolgenden Verfahrensschritt eine Strukturierung zur Verbesserung einer Lichtauskoppelung erzeugt wird. Die Halbleiterschichtenfolge 2 erstreckt sich über den gesamten Trägerverbund 11

5 durchgehend und in einer im Rahmen der Herstellungstoleranzen gleichen Materialzusammensetzung hinweg.

Beim Verfahrensschritt gemäß Figur 1C wird die Halbleiterschichtenfolge 2 in Bereichen 5 entfernt. In diesen
10 Bereichen 5 wird in späteren Verfahrensschritten das Vereinzeln zu den Halbleiterchips 10 durchgeführt. Die Bereiche 5 umgeben die in diesem Verfahrensschritt erzeugten Teilgebiete der Halbleiterschichtenfolge 2 bevorzugt jeweils ringsum und rahmenartig. Eine Breite der Bereiche 5 liegt
15 insbesondere bei höchstens 20 μm . Eine Dicke der Halbleiterschichtenfolge 2 entlang der Wachstumsrichtung G liegt beispielsweise bei mindestens 2 μm und/oder bei höchstens 12 μm .

20 Optional kann auf die strukturierte Halbleiterschichtenfolge 2 eine Schutzschicht 8 aufgebracht werden. Bei der Schutzschicht 8 kann es sich um eine temporäre Schutzschicht handeln, die in einem späteren Verfahrensschritt entfernt wird. Ebenso ist es möglich, dass die Schutzschicht 8
25 permanent an der Halbleiterschichtenfolge und im fertigen Halbleiterchip 10 verbleibt. Anders als dargestellt können auch mehrere Schutzschichten als Stapel aufgebracht werden. Ebenso abweichend von der Darstellung ist es nicht zwingend erforderlich, dass die Schutzschicht 8 Bereiche zwischen den
30 Teilgebieten mit der Halbleiterschichtenfolge 2 ausspart. Die Schutzschicht 8 ist dazu eingerichtet, die Halbleiterschichtenfolge 2 vor mechanischen Beschädigungen, vor einer Verschmutzung und insbesondere vor einem Ätzmittel,

das in einem nachfolgenden Vereinzelungsschritt verwendet wird, zu schützen. Abweichend von der Darstellung ist es auch möglich, dass die Halbleiterschichtenfolge 2 bis an die Trennbereiche S heranreicht.

5

In einem optionalen, nicht gezeigten Verfahrensschritt kann der Trägerverbund 11 zum Beispiel durch Schleifen gedünnt werden. Ferner können an der Halbleiterschichtenfolge 2 und/oder an dem Trägerverbund 11 Einrichtungen zu einer elektrischen Kontaktierung der Halbleiterschichtenfolge 2 angebracht werden. Zu einer Vereinfachung der Darstellungen sind elektrische Kontakteinrichtungen wie Leiterbahnen oder Bondpads jeweils nicht gezeichnet.

10

Beim Verfahrensschritt gemäß Figur 1D wird bevorzugt von der Rückseite 7 her eine gepulste Laserstrahlung L, symbolisiert durch einen Pfeil, in Trennbereichen S eingestrahlt. Die Trennbereiche S durchdringen den Trägerverbund 11 bevorzugt vollständig und sind weiterhin bevorzugt von der Halbleiterschichtenfolge 2 beabstandet. Es liegen die Trennbereiche S an der Oberseite 72 in den Bereichen 5, in denen die Halbleiterschichtenfolge 2 entfernt wurde.

20

Durch jeden Impuls der Laserstrahlung L wird ein bestimmtes Fokusvolumen in dem Trägerverbund 11 verändert.

25

Beispielsweise wird der Saphir des Trägerverbunds 11 durch die Laserstrahlung L lokal in dem Fokusvolumen in amorphes Aluminiumoxid umgewandelt, das leichter ätzbar ist. Die Trennbereiche S werden durch die einzelnen Impulse der Laserstrahlung L abgerastert. Durch dieses Rastern ist eine Gestalt der Trennbereiche S weitestgehend frei bestimmbar.

30

Es weist die Laserstrahlung L eine Wellenlänge auf, für die der Trägerverbund 11 und bevorzugt auch die Halbleiterschichtenfolge 2 sowie die Schutzschicht 8 durchlässig sind. Durch die Laserstrahlung L wird eine mechanische Integrität des Trägerverbunds 11 bevorzugt nicht signifikant beeinträchtigt, sodass der Trägerverbund 11 auch nach dem Schritt gemäß Figur 1D als Gesamtes handhabbar bleibt.

- 10 Im optionalen Verfahrensschritt, wie in Figur 1E gezeichnet, wird an der Rückseite 7 stellenweise eine Spiegelschicht 6 aufgebracht. Einzelne Teilgebiete der Spiegelschicht 6 sind eineindeutig den Teilgebieten der Halbleiterschichtenfolge 2 zugeordnet. Die Trennbereiche S sind frei von der
- 15 Spiegelschicht 6. Es ist möglich, dass die Spiegelschicht 6 jeweils die Halbleiterschichtenfolge 2 in einer lateralen Richtung überragt. Abweichend von der Darstellung kann die Spiegelschicht 6 auch durchgehend auf der Rückseite 7 aufgebracht werden. Weiterhin optional kann sich an der
- 20 Spiegelschicht 6 eine weitere, nicht gezeichnete Schutzschicht befinden, um Schäden an der Spiegelschicht, etwa während des nasschemischen Ätzens, zu verhindern. Eine solche Spiegelschicht 6 und/oder eine solche weitere Schutzschicht kann auch in allen anderen
- 25 Ausführungsbeispielen vorhanden sein.

Das Zerteilen zu den einzelnen Halbleiterchips 10 erfolgt, wie in Figur 1F illustriert. Durch ein nasschemisches Ätzen, insbesondere durch Flusssäure, wird in den Trennbereichen S das durch die Laserstrahlung L veränderte Material weggeätzt. Die weggeätzten Areale weisen dieselbe Form auf, die mit den Impulsen der Laserstrahlung L im Verfahrensschritt gemäß Figur 1D abgerastert wurde.

Durch ein solches Ätzen ist an Seitenflächen 3 der einzelnen Träger 1 der Halbleiterchips 10 eine Aufrauung 4 gezielt erzeugbar. Durch diese Aufrauung 4 ist eine

5 Lichtauskoppelleffizienz aus den Halbleiterchips 10 heraus steigerbar.

In Figur 2 sind jeweils schematische Draufsichten auf Halbleiterchips 10 vor dem Vereinzeln gezeigt. Durch das

10 Verfahren, wie in Verbindung mit Figur 1 illustriert, sind Halbleiterchips 10 mit im Prinzip beliebigen Grundflächen, in Draufsicht gesehen, realisierbar. Insbesondere ist es nicht erforderlich, die für ein Brechen erforderlichen Kristallorientierungen einzuhalten.

15 Gemäß Figur 2A weisen die Halbleiterchips 10 eine dreieckige Grundform auf. In Figur 2B ist eine sechseckige Grundform gezeigt und in Figur 2C eine parallelogrammförmige Grundform.

20 Abweichend hiervon ist es, vergleiche Figur 2D, nicht erforderlich, dass die Halbleiterchips 10 geradlinig verlaufende Kanten und Begrenzungsflächen aufweisen, in Draufsicht gesehen. So sind die Halbleiterchips 10 gemäß Figur 2D bogenförmig gestaltet. Solche Halbleiterchips 10

25 können beispielsweise in Autoscheinwerfern eingesetzt werden.

Bevorzugt ist die Grundform der Halbleiterchips 10 jeweils so gewählt, dass ein hoher Füllfaktor realisierbar ist. Dies ist bei den gezeigten Grundflächen jeweils der Fall. Hierdurch

30 sind die Herstellungskosten reduzierbar.

Im Zusammenhang mit Figur 3 sind Querschnitte von Halbleiterchips 10 dargestellt, wie mit dem Verfahren gemäß

Figur 1 hergestellt. Gemäß Figur 3A weisen die Halbleiterchips 10 jeweils einen trapezförmigen Querschnitt auf. Die Trennbereiche S sind in V-Form gestaltet und weisen hin zu der Halbleiterschichtenfolge 2. Durch eine solche Formgebung ist einerseits ein hoher Füllfaktor der Halbleiterschichtenfolge 2 auf dem Saphir-Aufwachssubstrat erzielbar. Andererseits ist durch einen Winkel A von $\neq 0^\circ$ zur Wachstumsrichtung G eine erhöhte Auskoppelleffizienz erreichbar.

Gemäß Figur 3B weisen die Halbleiterchips 10 einen parallelogrammförmigen Querschnitt auf. Wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen ist es möglich, dass nur einige Seitenflächen 3b des Trägers 1 mit der Aufrauung 4 versehen sind und andere Seitenflächen 3a nicht. Anders als dargestellt kann aber auch die Seitenfläche 3a mit der Aufrauung 4 versehen sein. Entsprechendes gilt für alle anderen Ausführungsbeispiele. Die Trennbereiche S sind im Querschnitt gesehen Geradenabschnitte.

Bei den Halbleiterchips 1, wie in Figur 3C illustriert, weisen die Seitenflächen 3 einen ersten Bereich auf, der parallel zur Wachstumsrichtung G orientiert ist, und einen zweiten Bereich, der schräg zur Wachstumsrichtung G ausgerichtet ist. Einer oder beide dieser Bereiche können mit einer Aufrauung 4 versehen sein. Der Trennbereich S ist im Querschnitt gesehen dann in Form eines Y ausgebildet, wobei eine Öffnung des Y zur Rückseite 7 weist.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3D ist der Trennbereich S in Form eines X gestaltet, im Querschnitt gesehen. Mit anderen Worten nimmt, in Richtung weg von der Rückseite 7,

eine Breite des Trägers 1 zuerst zu und anschließend wieder ab.

5 Derartig vielseitig formbare Seitenflächen 3 sind durch das Verfahren gemäß Figur 1, insbesondere durch das Abrastern mit der Laserstrahlung L und das nachfolgende Ätzen, realisierbar.

10 Die hier beschriebene 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
15 in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2013 104 270.8, deren Offenbarungsgehalt
20 hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	Träger
	2	Halbleiterschichtenfolge
5	3	Seitenflächen der Träger
	4	Aufrauung
	5	Bereich mit entfernter Halbleiterschichtenfolge
	6	Spiegelschicht
	7	Rückseite des Trägerverbunds
10	72	Oberseite des Trägerverbunds
	8	Schutzschicht
	9	Strahlungshauptseite
	10	optoelektronischer Halbleiterchip
	11	Trägerverbund
15		
	A	Winkel
	G	Wachstumsrichtung
	L	Laserstrahlung
	S	Trennbereich
20		

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von mehreren optoelektronischen Halbleiterchips (10) mit den Schritten:
- 5 A) Bereitstellen eines Trägerverbunds (11), der ein Saphirwafer ist,
- B) Aufbringen einer Halbleiterschichtenfolge (2) mit mindestens einer aktiven Zone zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung auf den Trägerverbund (11), und
- 10 C) Zerteilen des Trägerverbunds (11) und der Halbleiterschichtenfolge (2) zu den einzelnen Halbleiterchips (10) in Trennbereichen (S) zwischen benachbarten Halbleiterchips (10),
- 15 wobei der Schritt C) umfasst:
- D) Erzeugen je einer Vielzahl von selektiv ätzbaren Materialveränderungen in dem Trägerverbund (11) in den Trennbereichen (S) durch eine fokussierte, gepulste Laserstrahlung (L), wobei die Laserstrahlung (L) eine Wellenlänge aufweist, bei der der Trägerverbund (11) transparent ist, sowie nachfolgend
- 20 E) nasschemisches Ätzen der Materialveränderungen, sodass der Trägerverbund (11) zu einzelnen Trägern (1) für die Halbleiterchips (10) vereinzelt wird.
- 25
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei
- die Halbleiterschichtenfolge (2) auf AlInGaN basiert und epitaktisch auf den Trägerverbund (11) aufgewachsen wird,
- 30 - vor dem Schritt C) die Halbleiterschichtenfolge (2) teilweise oder vollständig aus den Trennbereichen (S)

entfernt wird, und

- nach dem Schritt E), in Draufsicht gesehen, die Halbleiterchips (10) je mindestens zwei Ecken aufweisen, in denen sich Kanten der Halbleiterchips (10) mit einem Winkel ungleich 90° treffen.

5

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Trennbereiche (S), im Querschnitt gesehen, V-förmig und symmetrisch zur Wachstumsrichtung (G) gestaltet sind.

10 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Bereich (5) an den Trennbereichen (11), in dem die Halbleiterschichtenfolge (2) vor dem Schritt C) entfernt wird, eine Breite zwischen einschließlich $1\text{ }\mu\text{m}$ und $20\text{ }\mu\text{m}$ aufweist.

15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem durch die Trennbereiche (S) im Schritt C) Seitenflächen (3) der Träger (1) geformt werden, wobei an den Seitenflächen (3) eine Aufrauung (4) geformt wird.

20 6. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Aufrauung (4) eine mittlere Rauheit zwischen einschließlich $0,25\text{ }\mu\text{m}$ und $3\text{ }\mu\text{m}$ aufweist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem im Schritt E) die Laserstrahlung (L) in den
25 Trennbereichen (S) je in einem zweidimensionalen Zickzack-Muster geführt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Trennbereiche (S), im Querschnitt gesehen,

in einem Winkel (A) ungleich 0° zu einer Wachstumsrichtung (G) der Halbleiterschichtenfolge (2) verlaufen.

9. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
5 bei dem Winkel (A) zwischen einschließlich 15° und 75° liegt und durch den Schritt D) bestimmt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem
- die Laserstrahlung (L) von einer der
10 Halbleiterschichtenfolge (2) abgewandten Rückseite (7) des Trägerverbunds (11) her eingestrahlt wird,
- zwischen den Schritten D) und E) eine Spiegelschicht (6) ganzflächig oder stellenweise auf der Rückseite (7) aufgebracht wird, und
15 - im Schritt D) eine mechanische Integrität des Trägerverbunds (11) erhalten bleibt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem
- die Materialveränderungen, pro Impuls der
20 Laserstrahlung (L), ein Volumen zwischen einschließlich $0,25 \mu\text{m}^3$ und $50 \mu\text{m}^3$ aufweisen,
- eine Leistungsdichte der Laserstrahlung (L) bei der Materialveränderung zwischen einschließlich $2 \times 10^{13} \text{ W/cm}^2$ und $5 \times 10^{14} \text{ W/cm}^2$ liegt,
25 - eine mittlere Impulsdauer der Impulse der Laserstrahlung (L) bei höchstens 50 ns liegt, und
- im Schritt D) das Ätzen mit Flusssäure erfolgt.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem vor dem Schritt C) der Trägerverbund (11)
30 gedünnt wird, sodass eine Dicke des Trägerverbunds (11)

nach dem Dünnen zwischen einschließlich 80 μm und 300 μm liegt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem durch die Impulse der Laserstrahlung (L) je
5 inselförmige Materialveränderungen mit einer im Vergleich zu nicht bestrahlten Teilen des Trägerverbunds (11) reduzierten Kristallqualität erzeugt werden, wobei benachbarte Materialveränderungen überlappen oder sich berühren.
- 10 14. Optoelektronischer Halbleiterchip (10), der mit einem Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche hergestellt ist, wobei
15 - der Halbleiterchip (10) eine auf AlInGaN basierende Halbleiterschichtenfolge (2) mit zumindest einer aktiven Zone zur Strahlungserzeugung umfasst,
20 - die Halbleiterschichtenfolge (2) auf einem Träger (1) aus Saphir aufgewachsen ist,
 - Seitenflächen (3) des Trägers (1) eine Aufrauung (4) mit einer mittleren Rauheit zwischen einschließlich 0,25 μm und 3 μm aufweisen, und
 - die Halbleiterschichtenfolge (2) nicht bis an die Seitenflächen heranreicht.

FIG 1

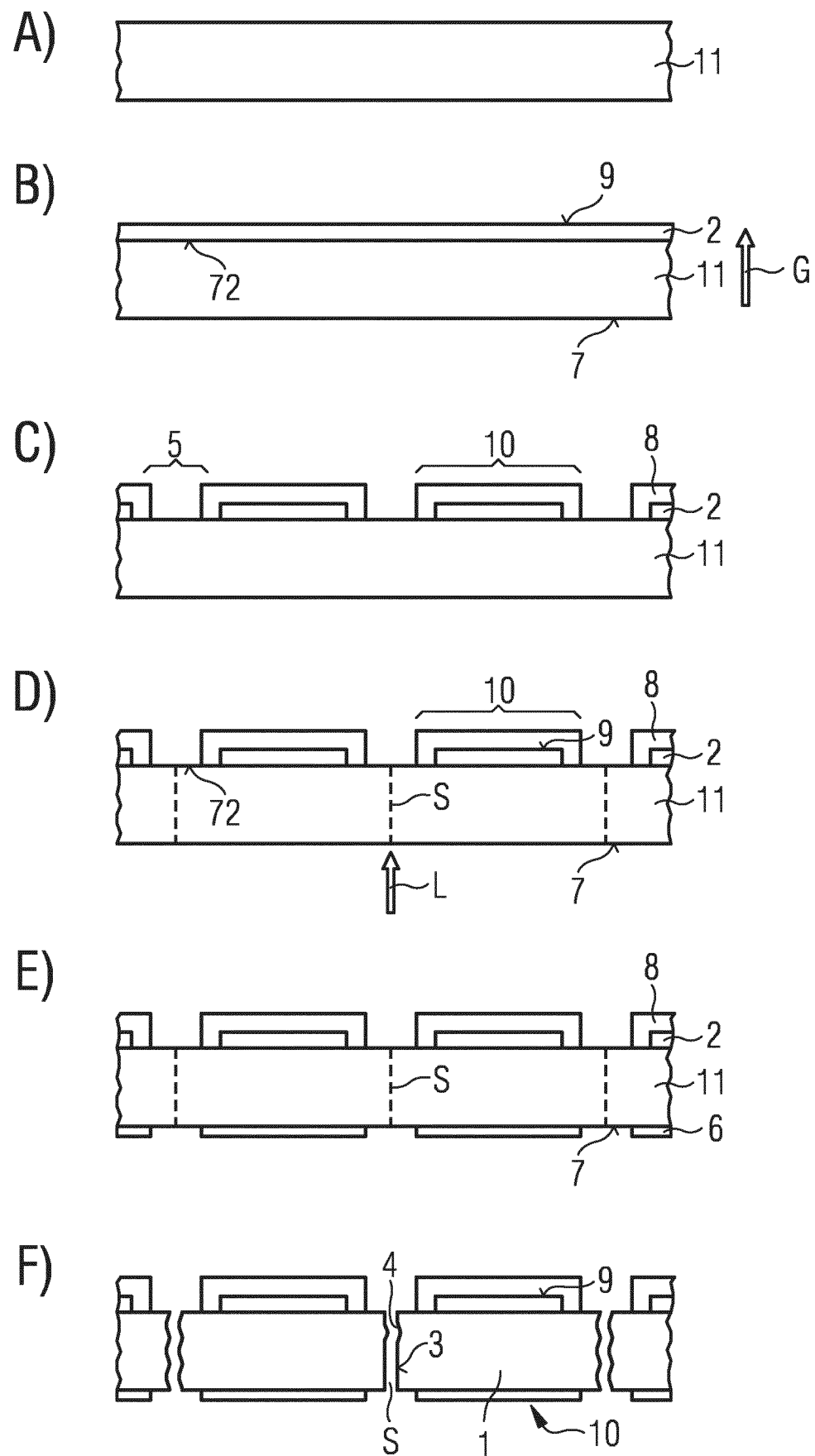


FIG 2

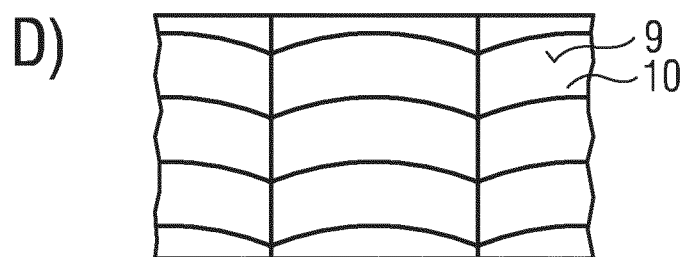
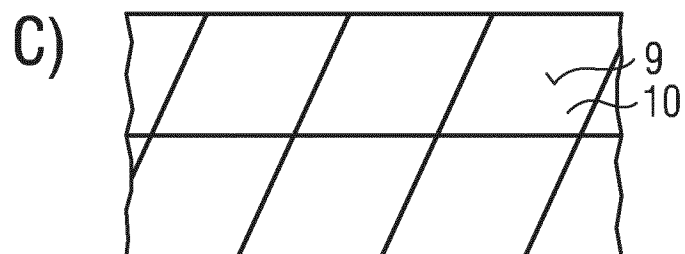
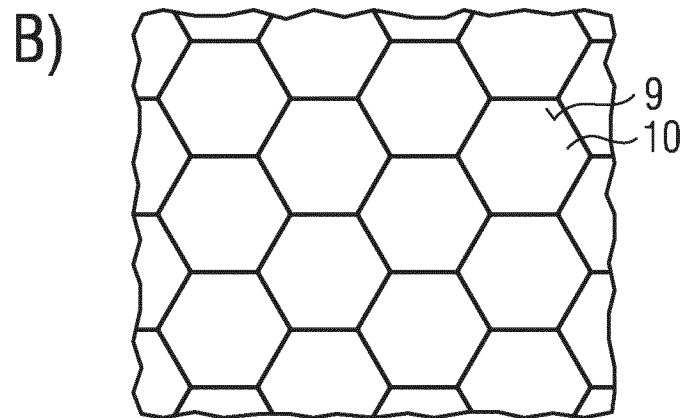
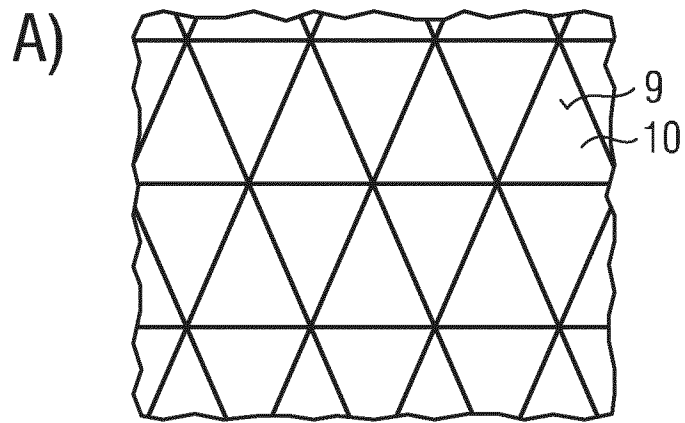
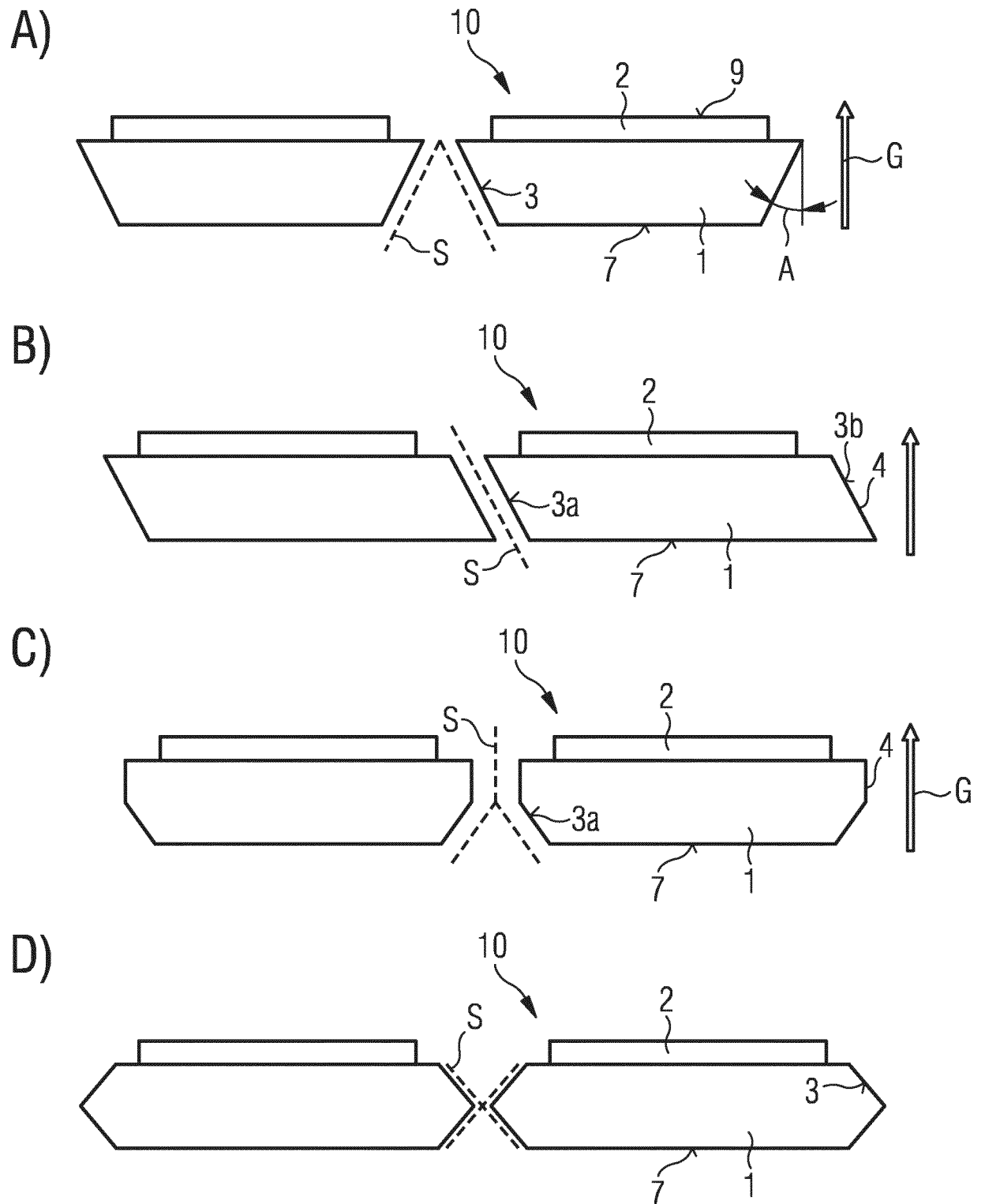


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/055527

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H01L33/00 H01S5/02 B23K26/00 B23K26/40 H01L33/32 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 H01S B23K		
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	KR 2012 0102897 A (KOREA MACH & MATERIALS INST [KR]) 19 September 2012 (2012-09-19)	1,5,6, 11-14
Y	paragraph [0001] - paragraph [0040];	2-4,8-10
A	figures 1-3C	7
Y	----- WO 03/030271 A2 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]; FEHRER MICHAEL [DE]; HAERLE VOLKE) 10 April 2003 (2003-04-10)	2-4,8,9
A	page 16, line 13 - page 23, line 11; figures 1-12D	1,5-7, 10-14
Y	----- US 2013/023076 A1 (UCHIYAMA NAOKI [JP]) 24 January 2013 (2013-01-24)	10
A	paragraph [0050] - paragraph [0110]; figures 7-24	1-9, 11-14
	----- -/-	
☒ 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 19 May 2014		Date of mailing of the international search report 02/06/2014
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/EP2014/055527

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MAREN HÖRSTMANN-JUNGEMANN ET AL: "3D-Microstructuring of Sapphire using fs-Laser Irradiation and Selective Etching", JOURNAL OF LASER MICRO/NANOENGINEERING, vol. 5, no. 2, 2010, pages 145-149, XP055117400, DOI: 10.2961/jlmn.2010.02.0009 cited in the application the whole document	1-14
A	----- WO 2012/060619 A2 (VERTICLE INC [KR]; PARK MOO KEUN [KR]; YOO MYUNG CHEOL [KR]; OH SE JON) 10 May 2012 (2012-05-10) paragraph [0086] - paragraph [0165]; figures 1-22 & EP 2 637 222 A2 (VERTICLE INC [KR]) 11 September 2013 (2013-09-11) paragraph [0037] - paragraph [0117]; figures 1-22	1-14
A	----- JP 2012 016726 A (MITSUBISHI CHEM CORP) 26 January 2012 (2012-01-26) paragraph [0009] - paragraph [0312]; figures 1-6 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/055527

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 20120102897 A	19-09-2012	NONE	
WO 03030271 A2	10-04-2003	DE 10148227 A1 EP 1430544 A2 JP 2005505140 A US 2005017258 A1 WO 03030271 A2	30-04-2003 23-06-2004 17-02-2005 27-01-2005 10-04-2003
US 2013023076 A1	24-01-2013	CN 102891231 A DE 102012212709 A1 JP 2013042119 A KR 20130011949 A TW 201318199 A US 2013023076 A1	23-01-2013 24-01-2013 28-02-2013 30-01-2013 01-05-2013 24-01-2013
WO 2012060619 A2	10-05-2012	EP 2637222 A2 JP 2013541855 A KR 20120047033 A US 2013240919 A1 WO 2012060619 A2	11-09-2013 14-11-2013 11-05-2012 19-09-2013 10-05-2012
JP 2012016726 A	26-01-2012	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01L33/00	H01S5/02
B23K26/00	B23K26/40	H01L33/32
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
H01L H01S B23K		
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	KR 2012 0102897 A (KOREA MACH & MATERIALS INST [KR]) 19. September 2012 (2012-09-19)	1,5,6, 11-14
Y	Absatz [0001] - Absatz [0040]; Abbildungen	2-4,8-10
A	1-3C	7
Y	WO 03/030271 A2 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]; FEHRER MICHAEL [DE]; HAERLE VOLKE) 10. April 2003 (2003-04-10)	2-4,8,9
A	Seite 16, Zeile 13 - Seite 23, Zeile 11; Abbildungen 1-12D	1,5-7, 10-14
Y	US 2013/023076 A1 (UCHIYAMA NAOKI [JP]) 24. Januar 2013 (2013-01-24)	10
A	Absatz [0050] - Absatz [0110]; Abbildungen 7-24	1-9, 11-14
	-/-	
☒ 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
19. Mai 2014		02/06/2014
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	MAREN HÖRSTMANN-JUNGEMANN ET AL: "3D-Microstructuring of Sapphire using fs-Laser Irradiation and Selective Etching", JOURNAL OF LASER MICRO/NANOENGINEERING, Bd. 5, Nr. 2, 2010, Seiten 145-149, XP055117400, DOI: 10.2961/jlmn.2010.02.0009 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-14
A	WO 2012/060619 A2 (VERTICLE INC [KR]; PARK MOO KEUN [KR]; YOO MYUNG CHEOL [KR]; OH SE JON) 10. Mai 2012 (2012-05-10) Absatz [0086] - Absatz [0165]; Abbildungen 1-22 & EP 2 637 222 A2 (VERTICLE INC [KR]) 11. September 2013 (2013-09-11) Absatz [0037] - Absatz [0117]; Abbildungen 1-22 -----	1-14
A	JP 2012 016726 A (MITSUBISHI CHEM CORP) 26. Januar 2012 (2012-01-26) Absatz [0009] - Absatz [0312]; Abbildungen 1-6 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/055527

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 20120102897 A	19-09-2012	KEINE	
WO 03030271 A2	10-04-2003	DE 10148227 A1	30-04-2003
		EP 1430544 A2	23-06-2004
		JP 2005505140 A	17-02-2005
		US 2005017258 A1	27-01-2005
		WO 03030271 A2	10-04-2003
US 2013023076 A1	24-01-2013	CN 102891231 A	23-01-2013
		DE 102012212709 A1	24-01-2013
		JP 2013042119 A	28-02-2013
		KR 20130011949 A	30-01-2013
		TW 201318199 A	01-05-2013
		US 2013023076 A1	24-01-2013
WO 2012060619 A2	10-05-2012	EP 2637222 A2	11-09-2013
		JP 2013541855 A	14-11-2013
		KR 20120047033 A	11-05-2012
		US 2013240919 A1	19-09-2013
		WO 2012060619 A2	10-05-2012
JP 2012016726 A	26-01-2012	KEINE	