

(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
27. November 2014 (27.11.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/187670 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 21/66 (2006.01) G01B 11/30 (2006.01)
H01L 33/22 (2010.01) H01L 21/302 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/059371

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. Mai 2014 (07.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 105 227.4 22. Mai 2013 (22.05.2013) DE

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

(72) Erfinder: **KATZ, Simeon**; Laberstr. 8 d, 93073
Neutraubling (DE). **SPECHT, Holger**; Raabestr. 4, 93077
Bad Abbach (DE).

(74) Anwalt: **EPHING 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.

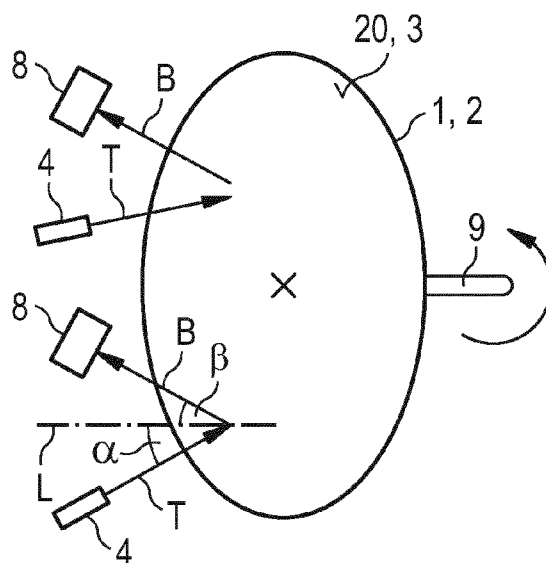
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING OPTOELECTRONIC SEMICONDUCTOR CHIPS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON OPTOELEKTRONISCHEN HALBLEITERCHIPS

FIG 1A



(57) Abstract: The invention relates to at least one
embodiment of method which is designed to produce
optoelectronic semiconductor chips (10). The method
comprises the following steps: providing a substrate (1),
applying an epitaxially produced semiconductor layer
sequence (2) to the substrate (1), wherein the semiconductor
layer sequence (2) comprises an active layer (22) for
producing electromagnetic radiation, producing roughening
(3) on a top side (20) of the semiconductor layer sequence
(2), exposing the semiconductor layer sequence (2) to test
radiation (T) at least at times during the production of the
roughening, which test radiation is produced by at least one
external light source (4), evaluating back radiation (B),
which comes from the semiconductor layer sequence (2) and
the origin of which is the test radiation (T), and subsequently
dividing the semiconductor layer sequence (2) into a
plurality of the semiconductor chips (10), wherein the
production of the roughening is controlled on the basis of the
evaluation of the test radiation (T).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

In mindestens einer Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips (10) eingerichtet. Das Verfahren umfasst die Schritte: -Bereitstellen eines Substrats (1), -Aufbringen einer epitaktisch erzeugten Halbleiterschichtenfolge (2) auf das Substrat (1), wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) eine aktive Schicht (22) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung umfasst, -Erzeugen einer Aufrauung (3) an einer Oberseite (20) der Halbleiterschichtenfolge (2), -zumindest zeitweises Belichten der Halbleiterschichtenfolge (2) während des Erzeugens der Aufrauung mit einer Teststrahlung (T), die von mindestens einer externen Lichtquelle (4) erzeugt wird, -Auswerten einer von der Halbleiterschichtenfolge (2) kommenden Rückstrahlung (B), die auf die Teststrahlung (T) zurückgeht, und -nachfolgend Zerteilen der Halbleiterschichtenfolge (2) in eine Vielzahl der Halbleiterchips (10), wobei das Erzeugen der Aufrauung anhand des Auswerten der Teststrahlung (T) gesteuert wird.

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen
Halbleiterchips

5

Es wird ein Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen
Halbleiterchips angegeben.

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

Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein Verfahren mit den
Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs gelöst. Bevorzugte
15 Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen
Patentansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Verfahren zur
Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips
20 eingerichtet. Bevorzugt wird mit dem Verfahren eine Mehrzahl
von optoelektronischen Halbleiterchips hergestellt. Bei den
Halbleiterchips handelt es sich insbesondere um Leuchtdioden,
kurz LEDs.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren
den Schritt des Bereitstellens eines Substrats. Das Substrat
ist bevorzugt mechanisch selbsttragend. Bei dem Substrat kann
es sich um eine Halterung handeln, die mechanisch bewegbar
ist. Ferner kann es sich bei dem Substrat um einen temporären
30 Träger handeln, der in dem fertig hergestellten
Halbleiterchip nicht mehr vorhanden ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des Anbringens einer epitaktisch erzeugten Halbleiterschichtenfolge auf das Substrat. Beispielsweise wird die Halbleiterschichtenfolge auf einem Aufwachssubstrat epitaktisch abgeschieden. Nachfolgend wird die Halbleiterschichtenfolge von dem Aufwachssubstrat entfernt und auf das Substrat aufgebracht, beispielsweise mittels kleben, Waferbonden oder Löten.

Die Halbleiterschichtenfolge basiert bevorzugt auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial 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 $n + m \leq 1$ 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 geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des Erzeugens einer Aufrauung an der Halbleiterschichtenfolge. Die Aufrauung wird an einer Seite der Halbleiterschichtenfolge erzeugt, die dem Substrat abgewandt ist. Die Aufrauung ist zu einer Verbesserung einer Lichtauskoppelleffizienz aus der Halbleiterschichtenfolge heraus eingerichtet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des zeitweisen oder andauernden Belichten der Halbleiterschichtenfolge während des Schritts des Erzeugens der Aufrauung. Die Halbleiterschichtenfolge wird hierbei mit
5 einer Teststrahlung beleuchtet. Bei der Teststrahlung handelt es sich bevorzugt um ultraviolette Strahlung, um sichtbares Licht oder auch um nahinfrarote Strahlung.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Teststrahlung
10 mit einer externen Lichtquelle erzeugt. Das heißt, die Teststrahlung wird dann nicht in der Halbleiterschichtenfolge selbst erzeugt sondern von außerhalb an die Halbleiterschichtenfolge heran gebracht. Bei der externen Lichtquelle handelt es sich beispielsweise um einen Laser.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des Auswertens einer Rückstrahlung. Die Rückstrahlung geht direkt oder indirekt auf die Teststrahlung zurück. Beispielsweise handelt es sich bei der Rückstrahlung
20 um einen Anteil der Teststrahlung, die von der Halbleiterschichtenfolge reflektiert wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird das Erzeugen der Aufrauung anhand der Rückstrahlung gesteuert. Insbesondere
25 wird anhand der Rückstrahlung bestimmt, wann das Erzeugen der Aufrauung beendet wird. Speziell wird durch die Rückstrahlung bestimmt, wann die Aufrauung bestimmte Eigenschaften hinsichtlich einer Lichtauskopplung aufweist.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren den Schritt des Zerteilens der Halbleiterschichtenfolge in eine Vielzahl einzelner Halbleiterchips. Dieser Schritt folgt bevorzugt dem Schritt des Erzeugens der Aufrauung nach. Bei

dem Vereinzeln und dem Zerteilen kann es sich zum Beispiel um ein Ätzen, um ein Brechen und/oder um eine Lasermethode handeln.

- 5 In mindestens einer Ausführungsform ist das Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips eingerichtet. Das Verfahren umfasst wenigstens die folgenden Herstellungsschritte:
- Bereitstellen eines Substrats,
 - 10 - Aufbringen einer insbesondere epitaktisch erzeugten Halbleiterschichtenfolge auf das Substrat, wobei die Halbleiterschichtenfolge eine aktive Schicht zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung umfasst,
 - Erzeugen einer Aufrabung an einer dem Substrat abgewandten
 - 15 Oberseite der Halbleiterschichtenfolge,
 - zumindest zeitweises Belichten der Halbleiterschichtenfolge während des Erzeugens der Aufrabung mit einer Teststrahlung, die von mindestens einer externen Lichtquelle erzeugt wird,
 - Auswerten einer von der Halbleiterschichtenfolge kommenden
 - 20 Rückstrahlung, die auf die Teststrahlung zurückgeht, und
 - nachfolgend Zerteilen der Halbleiterschichtenfolge in eine Vielzahl der Halbleiterchips, wobei das Erzeugen der Aufrabung anhand des Auswerten der Rückstrahlung gesteuert wird.
- 25
- Aufgrund des relativ hohen Brechungsindex von Halbleitermaterialien wie Galliumnitrid ist eine Lichtauskoppelleffizienz aufgrund von interner Totalreflexion nur vergleichsweise gering. Daher werden
- 30 Halbleiterschichtenfolge in der Regel mit einer Aufrabung zur Verbesserung der Lichtauskoppelleffizienz versehen. Ziel hierbei ist es, eine optimale Struktur mit einer hohen Lichtauskoppelleffizienz zu erzielen, ohne weitere

Eigenschaften etwa einer LED oder des Prozesses wie Ausbeute oder Qualität zu beeinflussen. Eine anschließende Korrektur der Aufrauung nach dem Prozessieren oder während der weiteren Prozessierung der Halbleiterschichtenfolge ist im Normalfall
5 nicht mehr möglich, da diese dann bereits oft passiviert und/oder weitergehend strukturiert und/oder vereinzelt ist.

Mit dem hier beschriebenen Verfahren ist es möglich, eine Lichtauskoppelleffizienz bereits während des Erstellens der
10 Aufrauung in situ zu messen. Hierdurch lässt sich der Aufrauprozess genau steuern. Somit ist einerseits eine hohe Lichtauskoppelleffizienz erreichbar und andererseits eine große Prozessausbeute erzielbar, da eine Fehlprozessierung vermeidbar ist.

15 Zur Kontrolle der Aufrauung gibt es neben dem hier beschriebenen Verfahren weitere indirekte oder direkte Methoden. Beispielsweise kann ein Verfahrensfortschritt beim Erzeugen der Aufrauung durch ein Wiegen des Wafers bestimmt
20 werden. Jedoch ist diese Methode sehr indirekt, liefert nur einen integralen Wert über den Wafer hinweg und ist vergleichsweise ungenau. Des weiteren können Methoden zur Oberflächenanalyse wie AFM, Atomic Force Microscopy, oder Weißlichtinterferenz eingesetzt werden. Diese Methoden sind
25 allerdings vergleichsweise zeitaufwändig und kostenintensiv. Zudem ist eine in situ-Anwendung nicht leicht zu realisieren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Teststrahlung
30 zumindest eine Wellenlänge auf, die von der aktiven Schicht absorbiert wird. Bevorzugt sind die verbleibenden Teile der Halbleiterschichtenfolge durchlässig für diese Wellenlänge. Insbesondere wird durch die Teststrahlung die aktive Schicht zur Photolumineszenz angeregt. In diesem Fall ist es also

möglich, dass die Teststrahlung und die Rückstrahlung voneinander verschiedene Wellenlängen aufweisen. Unter Wellenlänge der Teststrahlung und/oder der Rückstrahlung und/oder der Photolumineszenzstrahlung wird insbesondere eine
5 Wellenlänge maximaler Intensität, englisch peak wavelength, verstanden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird eine Anregungsenergiedichte der Teststrahlung variiert. Hierdurch
10 ist es möglich, eine interne Quanteneffizienz einer Strahlungserzeugung in der Halbleiterschichtenfolge anhand der Rückstrahlung zu bestimmen. Beispielsweise lässt sich dies mit einem so genannten Opdorp-T'Hoof-Fit oder mit einem ABC-Fit erreichen. Unter Berücksichtigung einer
15 Detektionsgeometrie, des Abstrahlverhaltens und einer Detektionseffizienz lässt sich auf diesem Wege auch eine absolute Extraktionseffizienz von Strahlung aus der Halbleiterschichtenfolge heraus bestimmen.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Rückstrahlung eine erste Komponente sowie eine zweite Komponente auf. Die erste und die zweite Komponente können eine gleiche spektrale Charakteristik aufweisen oder auch unterschiedliche Wellenlängenzusammensetzungen haben. Insbesondere handelt es
25 sich bei der ersten Komponente um einen spekularen Reflex der Teststrahlung. Bei der zweiten Komponente kann es sich um einen diffusen Reflex der Teststrahlung handeln, also um einen Strahlungsanteil der Teststrahlung, der diffus an der Oberseite der Halbleiterschichtenfolge und der Aufrauung
30 gestreut wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die spekulär reflektierte Teststrahlung und die diffus reflektierte

Teststrahlung beide gemessen. Das Messen der spekulär und der diffus reflektierten Teststrahlung kann zeitgleich oder auch zeitlich versetzt erfolgen. Durch ein Abgleichen der Intensitäten des spekulären Reflexes und des diffusen Reflexes lässt sich die Aufrauung vermessen und die Lichtauskoppleffizienz bestimmen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die zweite Komponente, bei der es sich um diffus reflektierte Teststrahlung handelt, bei mehreren Ausfallswinkeln gemessen. Dies kann alternativ oder zusätzlich für die erste, spekulär reflektierte Komponente gelten, wobei dann bevorzugt auch der Einfallswinkel der Teststrahlung entsprechend variiert wird. Die Ausfallswinkel beziehen sich auf ein Lot zur Oberseite. Beispielsweise wird die erste und/oder die zweite Komponente bei mindestens zwei oder mindestens vier oder mindestens sechs diskreten Winkeln bestimmt. Die diskreten Winkel unterscheiden sich bevorzugt um mindestens 5° oder 10° und/oder um höchstens 30° oder 20° . Alternativ ist es möglich, dass die erste und/oder die zweite Komponente kontinuierlich über einen bestimmten Winkelbereich hinweg gemessen wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich zwischen dem Substrat und der Halbleiterschichtenfolge eine strukturierte Metallisierung und/oder ein strukturierter Spiegel. Bei der Metallisierung kann es sich um eine p-Metallisierung handeln. Strukturiert kann bedeuten, dass sich zwischen benachbarten Einheiten für die späteren Halbleiterchips kein Material der Metallisierung und/oder des Spiegels befindet. Der Spiegel ist zum Beispiel als Metallspiegel oder auch als Bragg-Spiegel ausgestaltet. Die

Metallisierung kann in den fertigen Halbleiterchips zu einer Stromeinprägung in die Halbleiterschichtenfolge dienen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird mit der
5 Rückstrahlung ein Kontrast und/oder eine Sichtbarkeit der Metallisierung und/oder des Spiegels durch die Halbleiterschichtenfolge hindurch bestimmt. Insbesondere wird das Erzeugen der Aufrauung so lange durchgeführt, die bis die Strukturierung des Spiegels und/oder der Metallisierung durch
10 die Halbleiterschichtenfolge hindurch erkennbar ist. Es kann auch ein bestimmter Wert für einen Hell-Dunkel-Kontrast als Prozessparameter verwendet werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Teststrahlung
15 auf die Oberseite und/oder auf die Aufrauung fokussiert. Beispielsweise weist ein Fokusedurchmesser an der Oberseite einen Wert von mindestens 5 µm oder 10 µm oder 20 µm und/oder von höchstens 200 µm oder 100 µm oder 50 µm auf. Bevorzugt liegt der Fokusedurchmesser bei höchstens 25 % oder 15 % oder
20 10 % oder 5 % einer Kantenlänge der fertigen Halbleiterchips.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Halbleiterschichtenfolge während des Erzeugens der Aufrauung bewegt. Insbesondere wird die Halbleiterschichtenfolge samt
25 dem Substrat rotiert, bevorzugt um eine Achse senkrecht zu der Oberseite. Eine Zeitauflösung beim Erfassen der Rückstrahlung ist bevorzugt so hoch gewählt, dass eine Längenauflösung über die Oberseite hinweg von mindestens 50 % oder 30 % oder 15 % einer Kantenlänge der fertigen
30 Halbleiterchips möglich ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird ein externes Hell-Dunkel-Muster verwendet. Das Hell-Dunkel-Muster weist einen

hohen Kontrast auf. An dem Hell-Dunkel-Muster wird die Teststrahlung reflektiert und gelangt zu der Oberseite der Halbleiterschichtenfolge. Die an der Halbleiterschichtenfolge reflektierten Teile der Teststrahlung stellen die

5 Rückstrahlung dar. Diese Rückstrahlung wird mit einer Kamera detektiert. Die Kamera ist bevorzugt auf das Hell-Dunkel-Muster fokussiert oder scharf gestellt. Die Erkennbarkeit des Hell-Dunkel-Musters gibt dann die für das Erzeugen der Aufrauung relevante Messgröße. Anstatt in Reflexion kann das
10 Hell-Dunkel-Musters auch in Transmission verwendet werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird das Hell-Dunkel-Muster unter flachen Winkeln bestimmt. Flache Winkel bedeutet große Winkel zum Lot zur Oberseite. Beispielsweise beträgt
15 der Winkel zum Lot mindestens 40° oder 50° oder 60° oder 65° . Es ist möglich, dass der Kontrast bei einem bestimmten Winkel gemessen wird oder dass ein Winkelbereich durchgefahen wird. Ebenso ist es möglich, dass auf den Winkel geregelt wird, bei dem ein hinreichender Kontrast des Hell-Dunkel-Musters noch
20 erkennbar ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform beträgt ein Winkel, unter dem die Teststrahlung auf die Oberseite gelenkt wird, mindestens 0° oder 10° oder 25° oder 30° oder 40° und/oder
25 höchstens 90° oder 75° oder 65° oder 60° oder 55° . Bevorzugt wird der Winkel so gewählt, dass die Teststrahlung nicht rechtwinklig auf Strukturen trifft, die beim Erzeugen der Aufrauung generiert werden. Ein Winkel, unter dem die Rückstrahlung detektiert wird, kann kleiner sein als der
30 Winkel, unter dem die Teststrahlung eingestrahlt wird. Beispielsweise liegt der Winkel, unter dem die Rückstrahlung detektiert wird, bei mindestens 0° oder 5° oder 10° oder 15°

und/oder bei höchstens 90° oder 65° oder 45° oder 25° oder 15°.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Teststrahlung
5 eine Wellenlänge auf, die um mindestens 20 nm oder 30 nm
und/oder um höchstens 100 nm oder 60 nm kürzer ist als eine
Emissionswellenlänge der aktiven Schicht. Unter der
Emissionswellenlänge der aktiven Schicht wird beispielsweise
die Dominanzwellenlänge oder die peak wavelength verstanden.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Teststrahlung
punktuell, flächig oder ganzflächig auf die
Halbleiterschichtenfolge eingestrahlt. Beispielsweise wird
mindestens 10 % oder 40 % oder 80 % der Oberseite durch die
15 Teststrahlung ausgeleuchtet. Alternativ ist es möglich, dass
durch die Teststrahlung höchstens 2 % oder 0,5 % der
Oberseite ausgeleuchtet werden. Entsprechendes kann für die
Rückstrahlung gelten. Die Halbleiterschichtenfolge ist zum
Beispiel als 4"-Wafer oder als 6"-Wafer gestaltet.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt das Erzeugen
der Aufrauung nasschemisch. Insbesondere hat die
Teststrahlung dann für das Erzeugen der Aufrauung an sich
keine Funktion. Zum Beispiel wird das Ätzen mittels einer
25 KOH-Lösung durchgeführt. Alternativ ist auch ein
trockenchemisches Ätzen zum Erzeugen der Aufrauung möglich.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist beim Erzeugen der
Aufrauung die Oberseite der Halbleiterschichtenfolge
30 durchgehend mit einem Ätzmittel bedeckt. Eine Schichtdicke
des Ätzmittels über der Oberseite beträgt beispielsweise
mindestens 100 µm oder 250 µm oder 0,5 mm und/oder höchstens
5 mm oder 2,5 mm oder 1,5 mm.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei dem Substrat um einen temporären Träger. Insbesondere wird der Träger nur oder vorwiegend beim Ätzen verwendet. Alternativ
5 hierzu ist es auch möglich, dass das Substrat ein Aufwachssubstrat für das epitaktisch Wachsen der Halbleiterschichtenfolge ist. Es kann das Substrat auch in den fertigen Halbleiterchips verbleiben.

10 Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die aktive Zone der Halbleiterschichtenfolge zur Erzeugung von blauem Licht eingerichtet. Insbesondere liegt die Wellenlänge der erzeugten Strahlung bei mindestens 400 nm oder 420 nm oder 435 nm und/oder bei höchstens 500 nm oder 480 nm oder 470 nm.
15 Ebenso ist es möglich, dass die Wellenlänge im grünen Spektralbereich, etwa zwischen 520 nm und 565, oder im roten Spektralbereich, etwa zwischen 600 nm und 720 nm, liegt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Aufrauung an
20 einer n-leitenden Seite der Halbleiterschichtenfolge erzeugt. Es reicht die fertig hergestellte Aufrauung bevorzugt nicht bis zur aktiven Schicht heran. Es ist auch möglich, dass die Aufrauung in der p-leitenden Seite der Halbleiterschichtenfolge hergestellt ist.

25

Nachfolgend wird ein hier beschriebenes Verfahren 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
30 keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Es zeigen:

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

5

Figur 5 einen schematischen Verlauf einer
Lichtauskoppel-effizienz in Abhängigkeit von
der Ätzzeit.

10 In Figur 1A ist einer perspektivischen Darstellung ein
Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens
illustriert. Eine Halbleiterschichtenfolge 2 ist auf einem
temporären Substrat 1 aufgebracht. Über eine
Bewegungsvorrichtung 9 kann die Halbleiterschichtenfolge 2
15 samt dem Substrat 1 rotiert werden. Eine Drehrichtung ist
durch einen geschwungenen Pfeil symbolisiert.

Die Halbleiterschichtenfolge 2, siehe auch die
Schnittdarstellungen in den Figuren 1C und 1D, weist eine
20 oder mehrere aktive Schichten 22 auf. Die mindestens eine
aktive Schicht 22 ist zur Erzeugung einer elektromagnetischen
Strahlung in Betrieb des fertig hergestellten Halbleiterchips
10 eingerichtet. Die Halbleiterschichtenfolge 2 basiert
insbesondere auf AlInGaN. Es weist die
25 Halbleiterschichtenfolge 2 eine dem Substrat 1 abgewandte
Oberseite 20 auf. Mit dem hier beschriebenen Verfahren wird
das Erstellen einer Aufrauung 3 an der Oberseite 20
gesteuert, insbesondere wird ein Zeitpunkt oder ein Endpunkt
bestimmt, an dem das Erstellen der Aufrauung 3 zu beenden
30 ist.

Gemäß Figur 1A wird die Oberseite 20 mit einer externen
Lichtquelle 4 bestrahlt. Es sendet die Lichtquelle 4 eine

Teststrahlung T aus. Die Teststrahlung T ist geeignet, in der aktiven Schicht 22 eine Photolumineszenz anzuregen. Ein Einfallswinkel α der Teststrahlung T, bezogen auf ein Lot L zur Oberseite 20, liegt beispielsweise zwischen
5 einschließlic 20° und 40°.

Vor der Teststrahlung T wird in der aktiven Schicht 22 die Rückstrahlung B angeregt. Bei der Rückstrahlung B handelt es sich also um Photolumineszenzstrahlung. Die Rückstrahlung B
10 wird von einem externen Detektor 8 empfangen. Beispielsweise handelt es sich bei dem Detektor 8 um eine Photodiode. Ein Ausfallswinkel β , unter dem der Detektor 8 zu dem Lot L hinsichtlich eines Bestrahlungspunkts mit der Teststrahlung T ausgerichtet ist, ist beispielsweise kleiner als der
15 Einfallswinkel α . Der Ausfallswinkel β liegt zum Beispiel zwischen einschließlic 5° und 15°, bezogen auf das Lot L zur Oberseite 20.

Die Teststrahlung T wird von übrigen Bereichen der
20 Halbleiterschichtenfolge 2, außerhalb der zumindest einen aktiven Schicht 22, bevorzugt nicht absorbiert. Beispielsweise wird in der aktiven Schicht 22 eine Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen einschließlic 430 nm und 470 nm erzeugt. Diese Wellenlänge entspricht bevorzugt der
25 Wellenlänge der Rückstrahlung B. Die Teststrahlung T weist dann bevorzugt eine Wellenlänge zwischen einschließlic 380 nm und 420 nm, insbesondere zirka 405 nm, auf.

Gemäß Figur 1A wird die Teststrahlung T auf die Oberseite 20
30 fokussiert. Ein Fokusdurchmesser an der Oberseite 20 liegt beispielsweise bei mindestens 0,2 mm oder mindestens 0,3 mm und/oder bei höchstens 2 mm oder 1 mm oder 0,7 mm. Der Fokusdurchmesser ist bevorzugt größer als eine mittlere

Strukturgröße der zu erstellenden Aufrauungen und als eine mittlere Kantenlänge der fertigen Halbleiterchips.

Es ist möglich, dass mehrere externe Lichtquellen 4 zur

5 Bestrahlung der Oberseite 20 und der Halbleiterschichtenfolge 2 Verwendung finden. Jeder der Lichtquellen 4 kann genau ein Detektor 8 eindeutig zugeordnet sein, wie in Figur 1A gezeichnet. Ebenso ist es möglich, dass mehrere Lichtquellen einem Detektor 8 oder dass mehrere Detektoren 8 einer
10 Lichtquelle 4 zugeordnet sind. Abweichend von der Darstellung gemäß Figur 1A können auch genau eine Lichtquelle 4 und genau ein Detektor 8 Verwendung finden. Optional können der Ausfallswinkel β und/oder der Einfallswinkel α während des Messens variiert werden.

15

Die Detektoren 8 sind bevorzugt dazu eingerichtet, lediglich die Rückstrahlung B in Form der Photolumineszenzstrahlung zu detektieren. Hierzu kann vor den Detektoren 8 jeweils ein
20 Bandpassfilter angebracht sein, der für die Teststrahlung T undurchlässig ist. Abweichend hiervon ist es auch möglich, dass die Detektoren 8 sowohl Strahlung der Wellenlänge der Teststrahlung T als auch Strahlung der Wellenlänge der Rückstrahlung B messen.

25 Die Detektoren 8 können, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen, kontinuierlich oder nur zu bestimmten Zeitpunkten messen. Eine Zeitauflösung der Detektoren 8 liegt bevorzugt bei mindestens 50 ms oder 20 ms oder 10 ms oder 5 ms. Es ist nicht zwingend erforderlich, dass die Detektoren
30 8 eine Zeitauflösung von besser als 1 ms aufweisen.

Weiterhin es ist möglich, dass eine Anregungsenergiedichte der Teststrahlung T variiert wird. Hierdurch ist es möglich,

beispielsweise mit einem sogenannten ABC-Fit oder einem Opdorp-T'Hooft eine interne Quanteneffizienz der Halbleiterschichtenfolge 2 zu bestimmen.

5 Dadurch, dass sich die Halbleiterschichtenfolge 2 durch die Bewegungsvorrichtung 9 dreht, können durch die Lichtquellen 4 ringförmige Bereiche abgetastet werden. Eine Rotationsgeschwindigkeit liegt etwa bei mindestens 20 oder 30 oder 40 und/oder bei höchstens 200 oder 100 Umdrehungen pro
10 Minute. Zusätzlich ist es möglich, dass die Lichtquellen 4 auch in einer radialen Richtung relativ zu der Halbleiterschichtenfolge 2 bewegt werden, so dass die gesamte Oberseite 20 der Halbleiterschichtenfolge 2 abtastbar ist. Alternativ hierzu kann auch die Halbleiterschichtenfolge 2
15 nicht bewegt werden, sodass die Lichtquellen 4 einen bestimmten, unveränderlichen Bereich der Oberseite 20 bestrahlen.

In der perspektivischen Darstellung des Ausführungsbeispiels
20 des Verfahrens gemäß Figur 1B wird durch die externe Lichtquelle 4 ein Großteil oder die gesamte Oberseite 20 bestrahlt. Bei dem Detektor 8 kann es sich um eine CCD-Kamera handeln, sodass im Wesentlichen die gesamte Oberseite 20 detektierbar ist.

25

In den Figuren 1C und 1D ist die Funktionsweise der Detektionsmethode illustriert. Ist die Oberseite 20 noch glatt, so ist eine Extraktionseffizienz für die in der aktiven Schicht 22 erzeugte Rückstrahlung B relativ gering.
30 Mit zunehmender Aufrauung 3, vergleiche Figur 1D, steigt die Extraktionseffizienz der Rückstrahlung B. Wird ein zeitlicher Verlauf einer Intensität der Rückstrahlung B gemessen, so ist

es möglich, das Erstellen der Aufrauung zu stoppen, wenn eine gewünschte Extraktionseffizienz erreicht ist.

Wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen ist es
5 möglich, dass die gesamte Oberseite 20 und die Aufrauung 3
von einem Ätzmittel 5, beispielsweise einer KOH-Lösung,
bedeckt sind. Eine Schichtdicke des Ätzmittels 5 übersteigt
eine Strukturgröße der Aufrauung 3 bevorzugt deutlich.
Beispielsweise liegt die Schichtdicke des Ätzmittels 5 bei
10 mindestens 10 μm oder 100 μm oder 1 mm. Das Ätzmittel 5 wirkt
bevorzugt nicht absorbierend für die Teststrahlung T oder die
Rückstrahlung B. Die Aufrauung 3 weist beispielsweise eine
mittlere Strukturgröße von mindestens 0,25 μm oder 0,5 μm
oder 1 μm und/oder von höchstens 8 μm oder 5 μm oder 3 μm
15 auf.

Weitere Verfahrensschritte wie etwa das Vereinzeln zu den
fertigen Halbleiterchips 10 sind in den Figuren jeweils nicht
dargestellt. Auch andere Bestandteile der Halbleiterchips wie
20 elektrische Kontaktierungen oder Passivierungsschichten oder
ein detaillierter Aufbau der Halbleiterschichtenfolge 2 sind
zur Vereinfachung der Darstellung jeweils nicht gezeichnet.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 werden von den
25 Detektoren 8a, 8b ein spekulärer Reflex der Teststrahlung T
sowie ein diffuser Reflex gemessen. Bei dem spekulären Reflex
sind der Einfallswinkel der Teststrahlung T und der
Ausfallswinkel der Rückstrahlung B gleich. Die von dem
Detektor 8b gemessene diffuse Strahlung wird unter einem
30 hiervon verschiedenen Winkel bestimmt. Der Winkel der von dem
Detektor 8b detektierten Strahlung weicht von dem Winkel zur
Oberseite 20 der von dem Detektor 8a detektierten spekulären
Rückstrahlung B bevorzugt um mindestens 10° oder 15° oder 20°

ab. Es ist möglich, dass die diffuse Rückstrahlung B, die von dem Detektor 8b detektiert wird, unter einem kleineren Winkel zum Lot zur Oberseite 20 gemessen wird als der spekulare Reflex.

5

Auch beim Ausführungsbeispiel des Verfahrens gemäß Figur 2 können mehrere Lichtquellen und auch zusätzliche Detektoren 8 Verwendung finden. Hinsichtlich der relativen Bewegung der Lichtquelle 4 und der Detektoren 8 zur Oberseite 20 gilt das in Verbindung mit Figur 1 beschriebene.

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3, siehe die schematische Schnittdarstellung der Halbleiterschichtenfolge in Figur 3A, die schematischen Draufsichten in den Figuren 3B und 3D sowie die schematischen Verläufe einer Intensität I gegenüber der Zeit t in den Figuren 3C und 3E, ist zwischen der Halbleiterschichtenfolge 2 und dem Substrat 1 eine strukturierte Metallisierung 6 angebracht. Die Metallisierung 6 kann in den fertigen Halbleiterchips 10 zu einer Stromeinprägung dienen und kann auch als Spiegel für in der aktiven Schicht 22 erzeugte Strahlung fungieren.

Ist die Aufrauung, in Figur 3A nicht dargestellt, noch nicht stark ausgeprägt, so ist die Strukturierung der Metallisierung 6 nur undeutlich erkennbar, siehe Figur 3B. Mit zunehmender Ausprägung der Aufrauung ist die Strukturierung der Metallisierung 6 besser erkennbar, vergleiche Figur 3D. Bereiche zwischen der beispielsweise quadratisch strukturierten Metallisierung 6 erscheinen dann dunkler, da diese Bereiche eine geringere Reflektivität aufweisen. Ein Kontrast in einem Abbild der Metallisierung 6 gibt also Auskunft über die Aufrauung.

Der Kontrast kann beispielsweise über eine CCD-Kamera, analog zu Figur 1B, bestimmt werden. Wird alternativ mit einem punktförmigen Teststrahl T, der auf die Oberseite 20 fokussiert ist, abgerastet, und dreht sich die Halbleiterschichtenfolge 2, so ergibt sich ein Modulationsmuster. Ist die Aufrauung noch nicht ausgeprägt, so ist auch eine Modulation einer Intensität der Rückstrahlung B relativ gering, vergleiche Figur 3C. Ist die Aufrauung stärker ausgeprägt, so ist auch die Modulation stärker ausgeprägt, siehe Figur 3E. Eine Modulationsstärke des Signals gibt dann Auskunft über die Aufrauung und das Erzeugen der Aufrauung ist bei einer bestimmten Modulationsstärke beendbar.

Die Teststrahlung T wird, wenn punktförmig auf die Oberseite 20 gestrahlt, bevorzugt vergleichsweise stark fokussiert. Ein Fokusdurchmesser liegt dann insbesondere in einer Größenordnung der Bereiche zwischen zwei benachbarten Metallisierungen 6. Beispielsweise liegt der Fokusdurchmesser dann bei mindestens 5 μm oder 10 μm und/oder bei höchstens 75 μm oder 50 μm .

Beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 wird ein Hell-Dunkel-Muster 7 an der Oberseite 20 reflektiert und von dem Detektor 8, etwa einer CCD-Kamera, aufgenommen. Der Detektor 8 ist auf das Hell-Dunkel-Muster 7 scharf gestellt. Bestimmt wird ein Kontrast in dem vom Detektor 8 aufgenommenen Bild des Hell-Dunkel-Musters 7. Eine Strukturgröße des Hell-Dunkel-Musters 7 ist bevorzugt so gewählt, dass mehrere Struktureinheiten in einem Bildfeld des Detektors 8 liegen. Die externe Lichtquelle ist in Figur 4 nicht gezeichnet. Von der externen Lichtquelle stammt die Teststrahlung T, die von dem Hell-

Dunkel-Muster 7 zu der Oberseite 20 gelangt und dort reflektiert wird.

Ein Winkel θ zwischen einer Hauptdetektionsrichtung und dem
5 Lot L ist bevorzugt relativ groß, zum Beispiel mindestens 50°
oder 60° oder 65° und/oder höchstens 80° oder 75° . Das
Erstellen der Aufrauung wird beendet, wenn das Hell-Dunkel-
Muster 7 unter einem bestimmten Winkel θ , beispielsweise 70° ,
nicht mehr erkennbar ist oder der Kontrast einen bestimmten
10 Wert unterschreitet. Die Messung des Kontrasts kann unter
einem festen Winkel θ oder auch unter Variation des Winkels θ
erfolgen.

In Figur 5 ist ein Verlauf einer Extraktionseffizienz E
15 gegenüber der Zeit t beim Erstellen der Aufrauung schematisch
dargestellt. Mit zunehmender Aufrauzeit steigt die
Extraktionseffizienz E an. Dauert das Ätzen zu lange, so kann
eine Glättung der bereits erzeugten Aufrauung erfolgen und
die Extraktionseffizienz E sinkt. Weiterhin steigt mit
20 zunehmender Aufrauzeit das Risiko, dass etwa die aktive
Schicht 22 der Halbleiterschichtenfolge 2 beschädigt wird.
Durch die oben beschriebenen Verfahren ist das Aufrauen im
Bereich des ersten Maximums in der Extraktionseffizienz E
beendbar.

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

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2013 105 227.4, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	Substrat
	2	Halbleiterschichtenfolge
5	20	Oberseite der Halbleiterschichtenfolge
	22	aktive Schicht
	3	Aufrauung
	4	externe Lichtquelle
	5	Ätzmittel
10	6	Metallisierung
	7	Hell-Dunkel-Muster
	8	Detektor
	9	Bewegungsvorrichtung
	10	optoelektronischer Halbleiterchip
15		
	B	Rückstrahlung
	E	Auskoppeleffizienz
	I	Intensität
	L	Lot
20	t	Zeit
	T	Teststrahlung
	α	Einfallswinkel
	β	Ausfallswinkel
25	θ	Winkel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von optoelektronischen Halbleiterchips (10) mit den Schritten:
 - 5 - Bereitstellen eines Substrats (1),
 - Anbringen einer epitaktisch erzeugten Halbleiterschichtenfolge (2) auf das Substrat (1), wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) eine aktive Schicht (22) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung umfasst,
 - 10 - Erzeugen einer Aufrauung (3) an einer dem Substrat (1) abgewandten Oberseite (20) der Halbleiterschichtenfolge (2),
 - zumindest zeitweises Belichten der Halbleiterschichtenfolge (2) während des Erzeugens der Aufrauung (3) mit einer Teststrahlung (T), die von mindestens einer externen Lichtquelle (4) erzeugt wird,
 - 15 - Auswerten einer von der Halbleiterschichtenfolge (2) kommenden Rückstrahlung (B), die auf die Teststrahlung (T) zurückgeht, und
 - 20 - nachfolgend Zerteilen der Halbleiterschichtenfolge (2) in eine Vielzahl der Halbleiterchips (10), wobei das Erzeugen der Aufrauung (3) anhand des Auswertens der Rückstrahlung (B) gesteuert wird.
- 25 2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die Teststrahlung (T) eine Wellenlänge aufweist, die von der aktiven Schicht (22) absorbiert wird und für die die verbleibenden Teile der Halbleiterschichtenfolge (2) durchlässig sind,
- 30 wobei durch die Teststrahlung (T) in der aktiven Schicht (22) eine Photolumineszenzstrahlung erzeugt wird, die die langwelligere Rückstrahlung (B) ist.

3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
bei dem während des Erzeugens der Aufrabung eine
Anregungsenergie dichte der Teststrahlung (T) variiert
wird und eine interne Quanteneffizienz einer
5 Strahlungserzeugung in der Halbleiterschichtenfolge (2)
bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Rückstrahlung (B) eine erste und eine
zweite Komponente aufweist, wobei die erste Komponente
10 ein spekularer Reflex der Teststrahlung (T) und die
zweite Komponente ein diffuser Reflex der Teststrahlung
(T) von der Oberseite (20) ist.
5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
bei dem die zweite Komponente bei mehreren
15 Ausfallswinkeln (β), relativ zu einem Lot (L) zur
Oberseite (20), gemessen wird, und/oder
bei dem die erste Komponente bei mehreren
Ausfallswinkeln gemessen wird, wobei ein Einfallswinkel
(α) der Teststrahlung (T) entsprechend variiert wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem sich zwischen dem Substrat (1) und der
Halbleiterschichtenfolge (2) eine strukturierte
Metallisierung (6) und/oder ein strukturierter Spiegel
befindet,
25 wobei mit der Rückstrahlung (B) ein Kontrast und/oder
eine Sichtbarkeit der Metallisierung (6) und/oder des
Spiegels durch die Halbleiterschichtenfolge (2)
hindurch bestimmt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Teststrahlung (T) auf die Oberseite (20)
fokussiert wird und an der Oberseite (20) einen Bereich
mit einem Durchmesser zwischen einschließlich 10 μm und
5 100 μm beleuchtet,
wobei die Halbleiterschichtenfolge (2) während des
Erzeugens der Aufrabung (3) rotiert und die
Rückstrahlung (B) während des Rotierens gemessen wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
10 bei dem die Teststrahlung (T) von einem Hell-Dunkel-
Muster (7) kommend auf die Oberseite (20) trifft und
die Rückstrahlung (B) die an der Oberseite (20)
reflektierte Teststrahlung (T) ist,
wobei die Rückstrahlung (B) mit einer auf das Hell-
15 Dunkel-Muster (7) fokussierten Kamera detektiert wird
und ein Kontrast des Hell-Dunkel-Musters (7) gemessen
wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Teststrahlung (T) mit einem Einfallswinkel
20 (α) zwischen einschließlich 25° und 65° auf die
Oberseite (20) eingestrahlt wird,
wobei die Rückstrahlung (B) unter einem Ausfallswinkel
(β) zwischen einschließlich 5° und 25° detektiert wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 bei dem eine Wellenlänge der Teststrahlung (T) um
mindestens 20 nm und um höchstens 100 nm kürzer ist als
eine Emissionswellenlänge der aktiven Schicht und mit
der Teststrahlung (T) die aktive Schicht zur
Photolumineszenz zur Erzeugung der Rückstrahlung (B)
30 angeregt wird, oder

bei dem die Wellenlänge der Teststrahlung (T) um mindestens 30 nm länger ist als die Emissionswellenlänge der aktiven Schicht.

- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Rückstrahlung (B) mit einer Kamera (8)
ganzflächig über die Halbleiterschichtenfolge (2)
hinweg detektiert wird,
wobei die Teststrahlung (T) ganzflächig oder punktuell
auf die Halbleiterschichtenfolge (2) eingestrahlt wird.
- 10 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem das Erzeugen der Aufräumung nasschemisch erfolgt
und die Oberseite (20) beim Erzeugen der Aufräumung von
einem Ätzmittel (5) durchgehend bedeckt ist.
- 15 13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem
- das Substrat (1) von einem Aufwachssubstrat für die
Halbleiterschichtenfolge (2) verschieden ist,
- die Halbleiterschichtenfolge (2) auf AlInGa_N basiert
und zur Erzeugung von blauem Licht eingerichtet ist,
20 - die Aufräumung (3) zur Verbesserung einer
Lichtauskopplung aus der Halbleiterschichtenfolge (2)
heraus eingerichtet ist, und
- die Aufräumung (3) an einer n-leitenden Seite der
Halbleiterschichtenfolge (2) erzeugt wird.
- 25 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem während des Erzeugens der Aufräumung (3) ein
Zeitverlauf der Rückstrahlung (B) detektiert wird, aus
dem Zeitverlauf eine Auskoppelleffizienz ermittelt wird
und das Erzeugen der Aufräumung (3) bei Erreichen einer
30 vorgegebenen Auskoppelleffizienz beendet wird.

FIG 1A

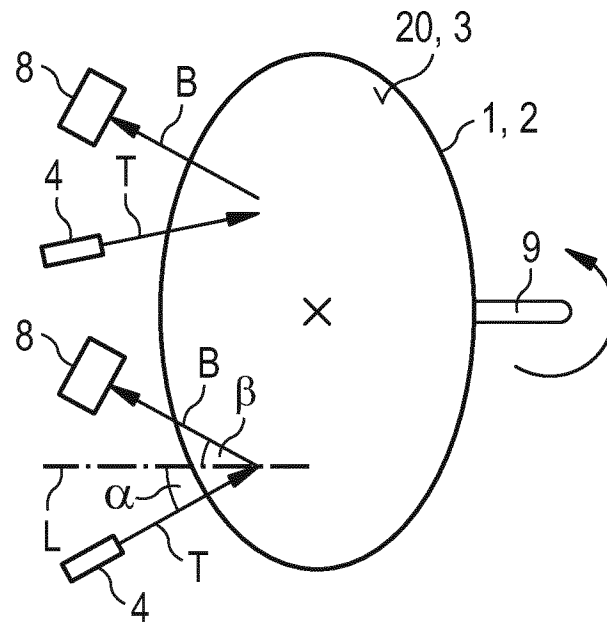


FIG 1B

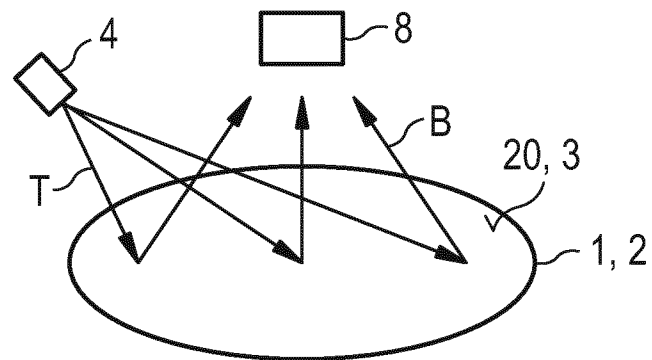


FIG 1C

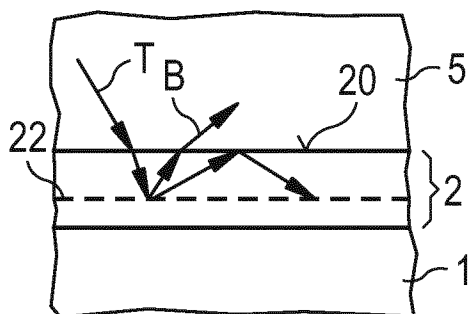


FIG 1D

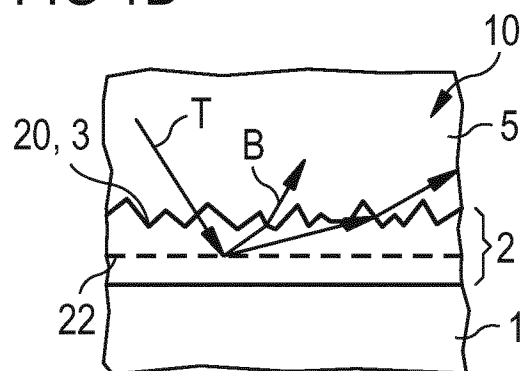


FIG 2

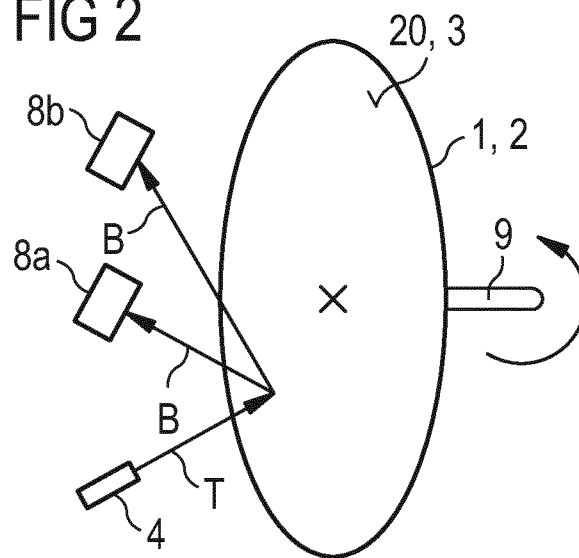


FIG 3A

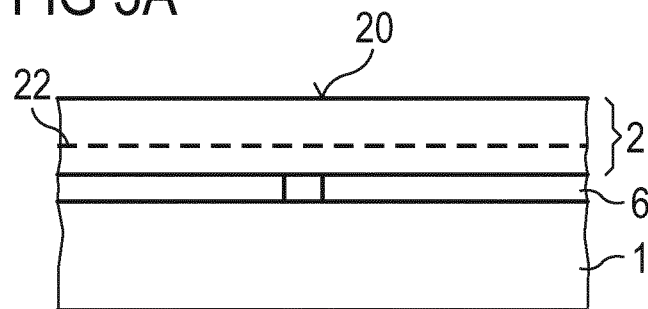


FIG 3B

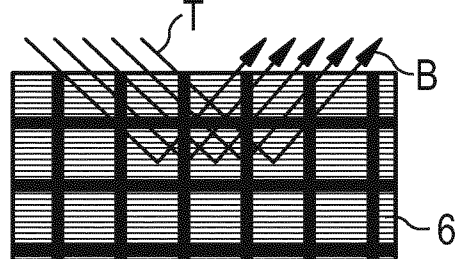


FIG 3C

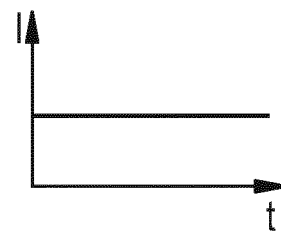


FIG 3D

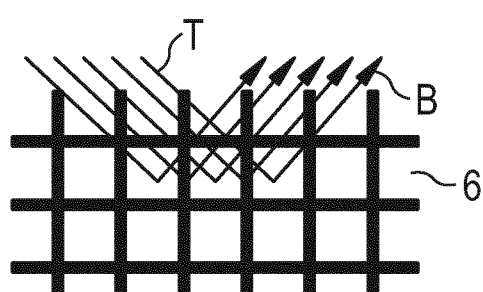


FIG 3E

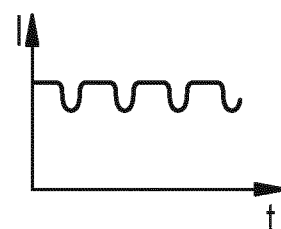


FIG 4

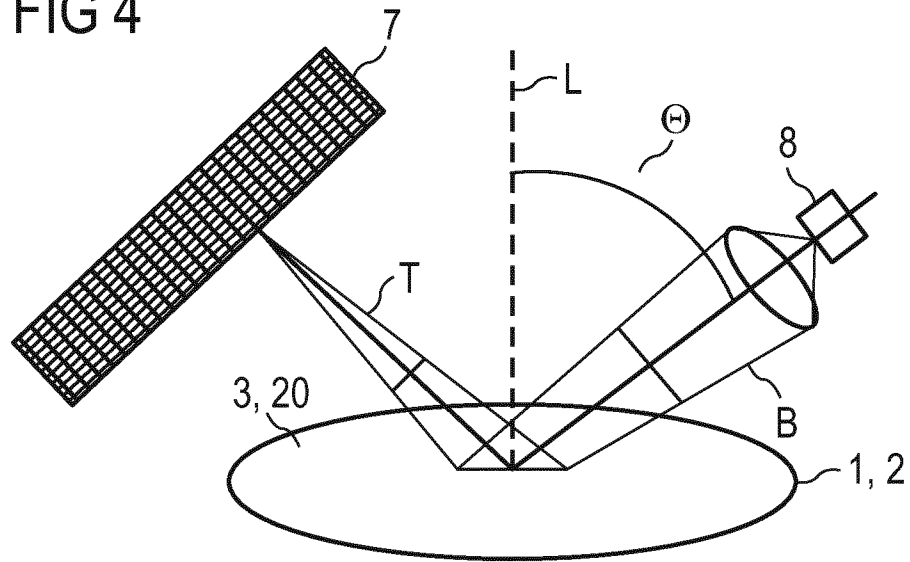
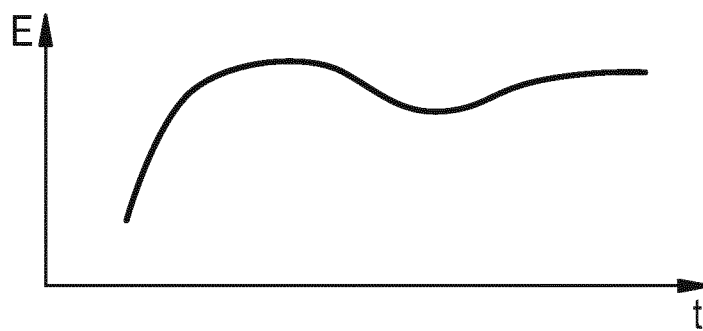


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2014/059371

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059371

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L21/66 H01L33/22
ADD. G01B11/30 H01L21/302

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 G01B G01N

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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007/166851 A1 (TRAN CHUONG A [TW] ET AL TRAN CHUONG ANH [TW] ET AL) 19 July 2007 (2007-07-19)	1
A	paragraph [0041] - paragraph [0045]; figures 4, 5	13
Y	US 2013/039460 A1 (LEVY ADY [US] ET AL) 14 February 2013 (2013-02-14) paragraph [0276] - paragraph [0299]; figure 19 paragraph [0125]	1-14
	----- -/--	



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

21 August 2014

Date of mailing of the international search report

01/09/2014

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

Franssen, Gijs

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/059371

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	HONG-YEOL KIM ET AL: "Wet etching of non-polar gallium nitride light-emitting diode structure for enhanced light extraction", JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, vol. 326, no. 1, 7 February 2011 (2011-02-07), pages 65-68, XP028100262, ISSN: 0022-0248, DOI: 10.1016/J.JCRYSGRO.2011.01.053 [retrieved on 2011-02-07] Abschnitte 2 und 3; figure 2	1-14
A	----- DE 102 03 801 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 21 August 2003 (2003-08-21) paragraph [0007] - paragraph [0012] -----	6
Y	US 2007/146685 A1 (YOO WOO S [US] ET AL) 28 June 2007 (2007-06-28) paragraph [0058] - paragraph [0061]; figure 6 -----	6,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/059371

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007166851 A1	19-07-2007	TW 200843149 A	01-11-2008
		TW 200903860 A	16-01-2009
		US 2007166851 A1	19-07-2007
		WO 2008083140 A2	10-07-2008

US 2013039460 A1	14-02-2013	US 6891627 B1	10-05-2005
		US 2004235205 A1	25-11-2004
		US 2010271621 A1	28-10-2010
		US 2013039460 A1	14-02-2013
		US 2013314710 A1	28-11-2013

DE 10203801 A1	21-08-2003	DE 10203801 A1	21-08-2003
		JP 2003234505 A	22-08-2003
		US 2003141512 A1	31-07-2003

US 2007146685 A1	28-06-2007	DE 102008004509 A1	21-08-2008
		JP 2008177579 A	31-07-2008
		KR 20080069120 A	25-07-2008
		NL 1034928 C	04-05-2010
		US 2007146685 A1	28-06-2007

The International Searching Authority has found that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 1-5, 7, 9-14

A method in which photoluminescent radiation is generated in the active layer of a semiconductor chip in order to measure light-decoupling efficiency through the top side of the semiconductor chip.

2. Claims: 6, 8

A method in which a contrast between a structure or a pattern and the radiation back-scattered by a semiconductor chip upon which a test radiation is projected is determined in order to assess the roughness of the top side of a semiconductor chip.

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☒ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L21/66 H01L33/22
ADD. G01B11/30 H01L21/302

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01L G01B G01N

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, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2007/166851 A1 (TRAN CHUONG A [TW] ET AL TRAN CHUONG ANH [TW] ET AL) 19. Juli 2007 (2007-07-19)	1
A	Absatz [0041] - Absatz [0045]; Abbildungen 4, 5	13
Y	US 2013/039460 A1 (LEVY ADY [US] ET AL) 14. Februar 2013 (2013-02-14) Absatz [0276] - Absatz [0299]; Abbildung 19 Absatz [0125]	1-14
	----- -/-	



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

21. August 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/09/2014

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

Franssen, Gijs

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	HONG-YEOL KIM ET AL: "Wet etching of non-polar gallium nitride light-emitting diode structure for enhanced light extraction", JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, Bd. 326, Nr. 1, 7. Februar 2011 (2011-02-07), Seiten 65-68, XP028100262, ISSN: 0022-0248, DOI: 10.1016/J.JCRYSGRO.2011.01.053 [gefunden am 2011-02-07] Abschnitte 2 und 3; Abbildung 2 -----	1-14
A	DE 102 03 801 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 21. August 2003 (2003-08-21) Absatz [0007] - Absatz [0012] -----	6
Y	US 2007/146685 A1 (YOO WOO S [US] ET AL) 28. Juni 2007 (2007-06-28) Absatz [0058] - Absatz [0061]; Abbildung 6 -----	6,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/059371

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2007166851	A1	19-07-2007	TW	200843149 A	01-11-2008
			TW	200903860 A	16-01-2009
			US	2007166851 A1	19-07-2007
			WO	2008083140 A2	10-07-2008

US 2013039460	A1	14-02-2013	US	6891627 B1	10-05-2005
			US	2004235205 A1	25-11-2004
			US	2010271621 A1	28-10-2010
			US	2013039460 A1	14-02-2013
			US	2013314710 A1	28-11-2013

DE 10203801	A1	21-08-2003	DE	10203801 A1	21-08-2003
			JP	2003234505 A	22-08-2003
			US	2003141512 A1	31-07-2003

US 2007146685	A1	28-06-2007	DE	102008004509 A1	21-08-2008
			JP	2008177579 A	31-07-2008
			KR	20080069120 A	25-07-2008
			NL	1034928 C	04-05-2010
			US	2007146685 A1	28-06-2007

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-5, 7, 9-14

Ein Verfahren in der eine Photolumineszenzstrahlung erzeugt wird in der aktiven Schicht eines Halbleiterchips um Lichtauskoppel-effizienz durch die Oberseite des Halbleiterchips zu messen.

2. Ansprüche: 6, 8

Ein Verfahren in der einen Kontrast einer Struktur oder eines Musters mit der Rückstrahlung einer Teststrahlung an einem Halbleiterchip bestimmt wird um eine Aufrauung der Oberseite eines Halbleiterchips zu beurteilen.
