

(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
18. Dezember 2014 (18.12.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/198550 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/061139

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Mai 2014 (28.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 106 044.7 11. Juni 2013 (11.06.2013) DE

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

(72) Erfinder: **BERGBAUER, Werner**; Sandweg 1, 94336
Windberg (DE). **DRECHSEL, Philipp**; Mörikestr. 9,
93051 Regensburg (DE). **STAUSS, Peter**; Bischof-von-
Senestrey-Str. 18, 93051 Regensburg (DE). **RODE,
Patrick**; Amberger Str. 40, 93059 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **ZUSAMMENSCHLUSS NR. 175, 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.

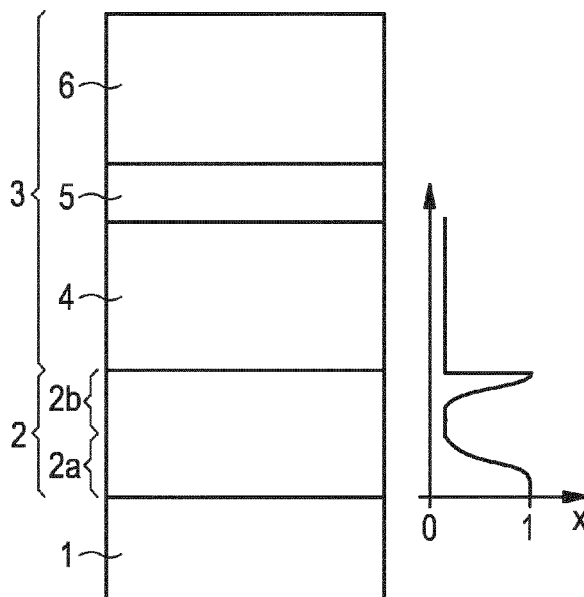
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR COMPONENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES NITRIDVERBINDUNGSHALBLEITER-BAUELEMENTS

FIG 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for
producing a nitride compound semiconductor component,
having the steps: - providing a growth substrate (1) having a
silicon surface; - growing a buffer layer (2) having $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ with $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ and $x + y \leq 1$ on the silicon
surface; - growing a semiconductor layer sequence (3) on the
buffer layer (2), wherein - the buffer layer (2) has a material
composition varying in such a manner that a lateral lattice
constant of the buffer layer (2) in a first region (2a) increases
stepwise or continuously, and in a second region (2b), which
follows the first region in the growth direction, decreases
stepwise or continuously; and - the buffer layer (2) has a
smaller lateral lattice constant at an interface with the
semiconductor layer sequence (4) than a semiconductor layer
(4) of the semiconductor layer sequence (3) adjoining the
buffer layer (2).

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren zur
Herstellung eines Nitridverbindungshalbleiter-
Bauelements angegeben, mit den Schritten: - Bereitstellen
eines

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



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)

Aufwachssubstrats (1) mit einer Siliziumoberfläche, - Aufwachsen einer Pufferschicht (2), die $Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweist, auf die Siliziumoberfläche, - Aufwachsen einer Halbleiterschichtenfolge (3) auf die Pufferschicht (2), wobei - die Pufferschicht (2) eine derart variierende Materialzusammensetzung aufweist, dass eine laterale Gitterkonstante der Pufferschicht (2) in einem ersten Bereich (2a) schrittweise oder kontinuierlich zunimmt und in einem zweiten Bereich (2b), der dem ersten Bereich in Wachstumsrichtung nachfolgt, schrittweise oder kontinuierlich abnimmt, und - die Pufferschicht (2) an einer Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge (3) eine kleinere laterale Gitterkonstante aufweist als eine an die Pufferschicht (2) angrenzende Halbleiterschicht (4) der Halbleiterschichtenfolge (3).

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung eines Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements auf einem Substrat mit einer Silizium-Oberfläche.

10 Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2013 106 044.7, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Nitridverbindungshalbleiter werden häufig in LEDs oder
15 Laserdioden eingesetzt, die in der Regel im blauen Spektralbereich emittieren. Abhängig von der Zusammensetzung des Halbleitermaterials ist beispielsweise auch eine Emission im ultravioletten oder grünen Spektralbereich möglich. Durch Lumineszenzkonversion mittels Leuchtstoffen kann die
20 kurzwellige Strahlung zu größeren Wellenlängen hin konvertiert werden. Auf diese Weise ist es möglich, mischfarbiges Licht, insbesondere Weißlicht, zu erzeugen. Auf Nitridverbindungshalbleitern basierende LEDs sind daher für LED-Beleuchtungssysteme von erheblicher Bedeutung.

25

Bei der Herstellung von optoelektronischen Bauelementen werden die Nitridverbindungshalbleiterschichten in der Regel epitaktisch auf ein Aufwachssubstrat aufgewachsen, das an die Gitterkonstante und die Kristallstruktur des
30 Nitridverbindungshalbleitermaterials angepasst ist. Geeignete Substratmaterialien sind insbesondere Saphir, GaN oder SiC. Diese Substratmaterialien sind allerdings vergleichsweise teuer.

Das Aufwachsen von Nitridverbindungshalbleitern auf vergleichsweise kostengünstigen Siliziumsubstraten wird durch eine vergleichsweise große Differenz der thermischen
5 Ausdehnungskoeffizienten des Siliziums und des Nitridverbindungshalbleitermaterials erschwert. Insbesondere werden beim Abkühlen des Schichtsystems von der zum Aufwachsen von Nitrid-Verbindungshalbleitern verwendeten Wachstumstemperatur von etwa 1000 °C auf Raumtemperatur große
10 tensile Verspannungen im GaN erzeugt.

In den Druckschriften DE 10 2006 008 929 A1 und WO 2011/039181 A1 werden jeweils Verfahren zur Herstellung von Nitridverbindungshalbleiter-Bauelementen auf
15 Siliziumsubstraten beschrieben. Aus diesen Druckschriften ist bekannt, zwischen der Silizium-Oberfläche des Aufwachssubstrats und der funktionellen Schichtenfolge des optoelektronischen Bauelements eine Schichtstruktur zur Erzeugung einer kompressiven Verspannung einzubauen, welche
20 der beim Abkühlen durch das Silizium erzeugten tensilen Verspannung entgegenwirkt.

Die Druckschrift WO 2013/045355 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von Nitridverbindungshalbleiter-Bauelementen
25 auf Siliziumsubstraten, bei dem zwischen dem Siliziumsubstrat und der funktionellen Schichtenfolge des optoelektronischen Bauelements eine Schichtstruktur angeordnet ist, in die eine Maskierungsschicht aus einem Siliziumnitrid-haltigen Material eingebettet ist. Durch das Einbetten der Maskierungsschicht
30 wird eine Reduzierung der Versetzungsdichte erzielt. Das Einbetten einer Schicht aus einem Material wie beispielsweise Siliziumnitrid, das nicht zum Materialsystem der übrigen

Halbleiterschichten gehört, ist allerdings mit einem erhöhten Herstellungsaufwand verbunden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein weiter
5 verbessertes Verfahren zur Herstellung eines
Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements auf einem Substrat
mit einer Silizium-Oberfläche anzugeben, durch das besonders
geringe Defektdichten in der Halbleiterschichtenfolge erzielt
werden können, und das sich durch einen vergleichsweise
10 geringen Herstellungsaufwand auszeichnet.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Herstellung eines
Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements gemäß Patentanspruch
1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen
15 der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird
zunächst ein Aufwachssubstrat mit einer Siliziumoberfläche
bereitgestellt. Das Aufwachssubstrat kann insbesondere ein
20 Siliziumsubstrat sein. Das Aufwachssubstrat kann alternativ
auch ein SOI-Substrat (Silicon On Insulator) sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird bei dem Verfahren
eine Pufferschicht, die $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$
25 und $x + y \leq 1$ aufweist, auf die Siliziumoberfläche
aufgewachsen. Bevorzugt weist die Pufferschicht $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ mit
 $0 \leq x \leq 1$ auf.

In einem weiteren Verfahrensschritt wird die
30 Halbleiterschichtenfolge des Nitridverbindungshalbleiter-
Bauelements auf die Pufferschicht aufgewachsen. Die
Halbleiterschichtenfolge basiert auf einem Nitrid-
Verbindungshalbleiter. „Auf einem Nitridverbindungshalbleiter

basierend“ bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass die Halbleiterschichtenfolge oder zumindest eine Schicht davon ein III-Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial, vorzugsweise $\text{Al}_m\text{In}_y\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ umfasst, wobei $0 \leq m \leq 1$, $0 \leq n \leq 1$ und $m + n \leq$

1. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es einen oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die charakteristischen physikalischen Eigenschaften des $\text{Al}_m\text{In}_y\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ -Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters (Al, In, Ga, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

Das Nitridverbindungshalbleiter-Bauelement ist gemäß zumindest einer Ausgestaltung ein optoelektronisches Bauelement. Die Halbleiterschichtenfolge enthält insbesondere eine aktive Schicht des optoelektronischen Bauelements. Bei dieser Ausgestaltung ist die Halbleiterschichtenfolge zum Beispiel eine Leuchtdiodenschichtenfolge. Die aktive Schicht ist insbesondere eine beim Betrieb des Bauelements strahlungsemitierende Schicht, die zum Beispiel als pn-Übergang, als Doppelheterostruktur, als Einfach-Quantentopfstruktur oder Mehrfach-Quantentopfstruktur ausgebildet sein kann. Zusätzlich zur aktiven Schicht kann die Leuchtdiodenschichtenfolge beispielsweise einen n-Typ Halbleiterbereich und einen p-Typ Halbleiterbereich aufweisen, welche die aktive Schicht umgeben.

Bei dem Verfahren wird die Pufferschicht mit einer in Wachstumsrichtung variierenden Materialzusammensetzung aufgewachsen. Die Pufferschicht weist vorteilhaft eine derart

variierende Materialzusammensetzung auf, dass eine laterale Gitterkonstante der Pufferschicht in einem ersten Bereich schrittweise oder kontinuierlich zunimmt und in einem zweiten Bereich, der dem ersten Bereich in Wachstumsrichtung
5 nachfolgt, schrittweise oder kontinuierlich abnimmt. Unter der lateralen Gitterkonstante ist hier und im Folgenden die Gitterkonstante in der senkrecht zur Wachstumsrichtung verlaufenden Richtung zu verstehen. Die Pufferschicht besteht vorzugsweise ausschließlich aus dem ersten Bereich und dem
10 zweiten Bereich, d.h. die Pufferschicht weist außer dem ersten Bereich und dem in Wachstumsrichtung nachfolgenden zweiten Bereich keine weiteren Bereiche auf.

An einer Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge weist die
15 Pufferschicht eine kleinere laterale Gitterkonstante auf als eine an die Pufferschicht angrenzende Halbleiterschicht der Halbleiterschichtenfolge.

Es hat sich herausgestellt, dass sich mit einer
20 Pufferschicht, die eine derart variierende Gitterkonstante aufweist, eine besonders geringe Defektdichte in der Halbleiterschichtenfolge erzielen lässt. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass die laterale Gitterkonstante der Pufferschicht in dem zweiten Bereich
25 derart schrittweise oder kontinuierlich verringert wird, dass sie an der Grenzfläche zur nachfolgenden Halbleiterschichtenfolge kleiner ist als die an die Pufferschicht angrenzende Halbleiterschicht der Halbleiterschichtenfolge. An der Grenzfläche zwischen der
30 Pufferschicht und der Halbleiterschichtenfolge tritt daher ein Sprung der Gitterkonstante auf. Durch diese sprunghafte Änderung der Gitterkonstante kann eine Defektreduktion erreicht werden, da Defekte an der Grenzfläche zur

Halbleiterschichtenfolge abknicken. Insbesondere breiten sich Defekte in der Pufferschicht nicht wesentlich über die Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge hinaus aus, sondern enden im Bereich der Grenzfläche.

5

Dadurch, dass die Pufferschicht eine kleinere laterale Gitterkonstante als die angrenzende Halbleiterschicht der Halbleiterschichtenfolge aufweist, wird die Halbleiterschichtenfolge kompressiv verspannt aufgewachsen.

10 Zur Erzeugung der kompressiven Verspannung ist es vorteilhaft nicht erforderlich, in die Pufferschicht zusätzliche Zwischenschichten zur Erzeugung der kompressiven Verspannung einzubauen. Die in der Halbleiterschichtenfolge erzeugte kompressive Verspannung hat den Vorteil, dass sie beim
15 Abkühlen des Schichtsystems von der Wachstumstemperatur auf Raumtemperatur einer durch das Aufwachssubstrat erzeugten tensilen Verspannung entgegenwirkt.

Die räumliche Variation der Gitterkonstante der Pufferschicht
20 in Wachstumsrichtung erfolgt dadurch, dass die Materialzusammensetzung während des Aufwachsens schrittweise oder kontinuierlich verändert wird. Bevorzugt wird diese dadurch realisiert, dass der Aluminiumanteil x des Materials $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ der Pufferschicht in dem ersten Bereich abnimmt
25 und in dem zweiten Bereich wieder zunimmt. Da sich die Gitterkonstante in diesem Materialsystem mit zunehmendem Aluminiumanteil vermindert, wird auf diese Weise erreicht, dass die Gitterkonstante in dem ersten Bereich zunimmt und in dem zweiten Bereich abnimmt. Die Pufferschicht kann
30 insbesondere $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$ aufweisen, wobei der Aluminiumanteil x in Wachstumsrichtung variiert wird.

Die Pufferschicht weist an einer Grenzfläche zum Aufwachsssubstrat vorteilhaft einen Aluminiumanteil $x \geq 0,8$, bevorzugt $x \geq 0,9$ auf. Insbesondere kann der Aluminiumanteil an der Grenzfläche zum Aufwachsssubstrat sogar $x = 1$ betragen.

5 In diesem Fall weist die Pufferschicht an der Grenzfläche zum Aufwachsssubstrat AlN auf.

Der Aluminiumanteil x in der Pufferschicht weist vorteilhaft ein Minimum auf, wobei im Minimum $x \leq 0,6$, bevorzugt $x \leq 0,2$,
10 besonders bevorzugt $x \leq 0,1$ gilt. Der Aluminiumanteil wird mit anderen Worten in dem ersten Bereich schrittweise oder kontinuierlich derart vermindert, dass er bis auf einen Wert von $x \leq 0,6$, bevorzugt $x \leq 0,2$ oder sogar $x \leq 0,1$, absinkt, und in dem nachfolgenden zweiten Bereich wieder schrittweise
15 oder kontinuierlich erhöht wird. Das Minimum des Aluminiumanteils x wird also an der Grenze zwischen dem ersten Bereich und dem zweiten Bereich erreicht.

An einer Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge weist die
20 Pufferschicht vorteilhaft einen Aluminiumanteil $x \geq 0,6$, bevorzugt $x \geq 0,8$ oder sogar $x \geq 0,9$ auf.

Insbesondere kann der Aluminiumanteil an der Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge $x = 1$ betragen. In diesem Fall weist
25 die Pufferschicht an der Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge AlN auf.

Eine an die Pufferschicht angrenzende Halbleiterschicht der Halbleiterschichtenfolge weist vorzugsweise $\text{Al}_m\text{In}_n\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ auf,
30 wobei $m \leq 0,5$ ist. Bevorzugt ist $m \leq 0,2$ oder sogar $m \leq 0,1$. Die an die Pufferschicht angrenzende Halbleiterschicht der Halbleiterschichtenfolge weist also vorteilhaft einen

wesentlich geringeren Aluminiumanteil als die Pufferschicht an der Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge auf.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Silizium-
5 Oberfläche des Aufwachssubstrats eine (111)-Ebene. Die (111)-Ebene eines Siliziumkristalls ist aufgrund der quasi-hexagonalen Kristallstruktur besonders gut zum Aufwachsen eines hexagonalen Nitrid-Verbindungshalbleiter-Materials geeignet.

10

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird das Aufwachssubstrat nach dem Aufwachsen der Halbleiterschichtenfolge abgelöst. Bei dieser Ausgestaltung wird die Halbleiterschichtenfolge vorteilhaft an einer dem
15 Aufwachssubstrat gegenüber liegenden Oberfläche mit einem Trägersubstrat verbunden. Da das Trägersubstrat nicht zum Aufwachsen eines Nitrid-Verbindungshalbleitermaterials geeignet sein muss, kann es vorteilhaft anhand von anderen Kriterien, insbesondere einer guten thermischen und/oder
20 elektrischen Leitfähigkeit, ausgewählt werden. Im Fall eines optoelektronischen Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements kann vor dem Verbinden der Halbleiterschichtenfolge mit dem Trägersubstrat eine Spiegelschicht auf die Halbleiterschichtenfolge aufgebracht werden, um die beim
25 Betrieb des optoelektronischen Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements in Richtung des Trägersubstrats emittierte Strahlung zu einer dem Trägersubstrat gegenüberliegenden Strahlungsausstrittsfläche zu reflektieren.

30 Nach dem Ablösen des Aufwachssubstrats kann die Pufferschicht zumindest teilweise, beispielsweise mit einem Ätzverfahren, entfernt werden. Ein im optoelektronischen Bauelement verbleibender Rest der Pufferschicht ist in diesem Fall an

der Strahlungsaustrittsseite des optoelektronischen Bauelements angeordnet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von

- 5 Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Figuren 1 bis 4 näher erläutert.

Es zeigen:

- 10 Figur 1 eine auf ein Siliziumsubstrat aufgebrachte Schichtenfolge bei einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Herstellung eines Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements,
- 15 Figur 2 eine auf ein Siliziumsubstrat aufgebrachte Schichtenfolge bei einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Herstellung eines Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements,
- 20 Figur 3 eine auf ein Siliziumsubstrat aufgebrachte Schichtenfolge bei einem nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispiel, und
- Figur 4 eine graphische Darstellung gemessener
25 Halbwertsbreiten von Röntgenbeugungsreflexen der Schichtenfolge gemäß dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 im Vergleich zur Schichtenfolge bei dem Vergleichsbeispiel der Figur 3.
- 30 Gleiche oder gleich wirkende Bestandteile sind in den Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Bestandteile sowie die Größenverhältnisse der

Bestandteile untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen.

Bei dem Verfahren wird, wie in Figur 1 dargestellt, ein
5 Aufwachssubstrat 1 bereitgestellt, das eine Silizium-
Oberfläche aufweist. Das Aufwachssubstrat 1 kann
beispielsweise ein Silizium-Wafer sein. Alternativ ist es
aber auch möglich, dass das Aufwachssubstrat 1 ein SOI-
Substrat ist. Die Silizium-Oberfläche des Aufwachssubstrats 1
10 ist vorzugsweise eine (111)-Kristallebene, die wegen ihrer
hexagonalen Symmetrie besonders gut zum Aufwachsen von
Nitridverbindungshalbleitern geeignet ist. Das
Aufwachssubstrat 1 mit der Silizium-Oberfläche hat im
Vergleich zu in der Regel zum Aufwachsen von
15 Nitridverbindungshalbleitermaterialien verwendeten Substraten
aus Saphir, GaN oder SiC den Vorteil, dass es vergleichsweise
kostengünstig ist.

Auf die Silizium-Oberfläche des Aufwachssubstrats 1 wird bei
20 dem Verfahren zunächst eine Pufferschicht 2 aus $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$
mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufgewachsen. Bei dem
Ausführungsbeispiel ist der Indium-Anteil $y = 0$, d.h. die
Pufferschicht weist $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$ auf. Bei dem
dargestellten Ausführungsbeispiel ist die
25 Materialzusammensetzung der Pufferschicht 2 beim Aufwachsen
derart variiert worden, dass die laterale Gitterkonstante der
Pufferschicht 2 in einem ersten Bereich 2a kontinuierlich
zunimmt und in einem in Wachstumsrichtung nachfolgenden
zweiten Bereich 2b kontinuierlich abnimmt.

30 Dies wird dadurch realisiert, dass der Aluminiumanteil x des
Nitridverbindungshalbleiter-Materials der Pufferschicht 2
während des Aufwachsens variiert wird. Der Verlauf des

Aluminiumanteils x in der Pufferschicht 2 und einer angrenzenden Halbleiterschicht 4 der auf die Pufferschicht 2 aufgewachsenen Halbleiterschichtenfolge 3, die bei dem Ausführungsbeispiel eine Leuchtdiodenschichtenfolge ist, ist in Figur 1 schematisch dargestellt.

Der Aluminiumanteil x der Pufferschicht 2 beträgt an der Grenzfläche zwischen dem Aufwachssubstrat 1 und der Pufferschicht 2 vorteilhaft $x \geq 0,8$, bevorzugt $x \geq 0,9$, insbesondere $x = 1$ wie bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel.

Ausgehend vom Aufwachssubstrat 1 nimmt der Aluminiumanteil x in dem ersten Bereich 2a zunächst kontinuierlich ab. Dies hat zur Folge, dass sich die laterale Gitterkonstante des Nitridverbindungshalbleiter-Materials kontinuierlich erhöht. Zwischen dem ersten Bereich 2a und dem zweiten Bereich 2b erreicht der Aluminiumanteil x ein Minimum und entsprechend die Gitterkonstante des Nitridverbindungshalbleiter-Materials ein Maximum. Zwischen dem ersten Bereich 2a und dem zweiten Bereich 2b weist der Aluminiumanteil x vorteilhaft ein Minimum auf, in dem $x \leq 0,6$, bevorzugt $x \leq 0,2$ oder sogar $x \leq 0,1$ gilt.

In dem zweiten Bereich 2b der Pufferschicht 2, der dem ersten Bereich 2a in Wachstumsrichtung nachfolgt, steigt der Aluminiumanteil x der Pufferschicht 2 wieder kontinuierlich an. An der Grenzfläche zwischen der Pufferschicht 2 und der angrenzenden Halbleiterschicht 4 der Leuchtdiodenschichtenfolge 3 erreicht der Aluminiumanteil x einen Wert von vorteilhaft $x \geq 0,6$, bevorzugt $x \geq 0,8$ oder sogar $x = 1$ wie bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel.

In einem nächsten Verfahrensschritt wird eine Halbleiterschichtenfolge 3 auf die zuvor aufgewachsene Pufferschicht 2 aufgewachsen. Bei dem Ausführungsbeispiel ist die Halbleiterschichtenfolge 3 die Leuchtdiodenschichtenfolge eines optoelektronischen Bauelements. Die Leuchtdiodenschichtenfolge 3 basiert auf einem Nitrid-Verbindungshalbleiter.

Die Leuchtdiodenschichtenfolge 3 enthält insbesondere eine aktive Schicht 5, die zur Emission von Strahlung geeignet ist. Die aktive Schicht 5 kann zum Beispiel als pn-Übergang, als Doppelheterostruktur, als Einfach-Quantentopfstruktur oder Mehrfach-Quantentopfstruktur ausgebildet sein. Die Bezeichnung Quantentopfstruktur umfasst dabei jegliche Struktur, bei der Ladungsträger durch Einschluss (Confinement) eine Quantisierung ihrer Energiezustände erfahren. Insbesondere beinhaltet die Bezeichnung Quantentopfstruktur keine Angabe über die Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen.

Weiterhin enthält die Leuchtdiodenschichtenfolge 3 mindestens eine Halbleiterschicht 4 eines ersten Leitungstyps und mindestens eine Halbleiterschicht 6 eines zweiten Leitungstyps, wobei die mindestens eine Halbleiterschicht 4 beispielsweise n-dotiert und die mindestens eine Halbleiterschicht 6 beispielsweise p-dotiert ist.

Der Aluminiumanteil der Pufferschicht 2 wird vorzugsweise in dem zweiten Bereich 2b derart kontinuierlich erhöht, dass der Aluminiumanteil an der Grenzfläche zur Leuchtdiodenschichtenfolge 3 größer ist als der

Aluminiumanteil der Halbleiterschicht 4 der
Leuchtdiodenschichtenfolge 3, welche an die Pufferschicht 2
angrenzt. Die an die Leuchtdiodenschichtenfolge 3 angrenzende
Halbleiterschicht 4 weist vorteilhaft $\text{Al}_m\text{In}_n\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ auf, wobei
5 $m \leq 0,5$ ist. Insbesondere kann $m \leq 0,2$ oder sogar $m \leq 0,1$
gelten. Dadurch, dass der Aluminiumanteil der an die
Pufferschicht 2 angrenzenden Halbleiterschicht 4 kleiner ist
als der Aluminiumanteil der Pufferschicht 2 an der
Grenzfläche zur Leuchtdiodenschichtenfolge 3, wird die an die
10 Pufferschicht 2 angrenzende Halbleiterschicht 4 mit einer
kompressiven Verspannung aufgewachsen. Dies hat den Vorteil,
dass einer tensilen Verspannung, die beim Abkühlen des
Schichtsystems von der Wachstumstemperatur auf Raumtemperatur
auftreten kann, entgegengewirkt wird.

15

In Figur 2 ist eine Schichtenfolge bei einem weiteren
Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Herstellung eines
Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements dargestellt. Die
Schichtenfolge unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel
20 der Figur 1 dadurch, dass der Aluminiumanteil x in der
Pufferschicht 2 nicht kontinuierlich, sondern schrittweise
variiert. In einem dem Aufwachssubstrat 1 zugewandten ersten
Bereich 2a nimmt der Aluminiumanteil x in der Pufferschicht 2
schrittweise ab und nimmt in einem der
25 Leuchtdiodenschichtenfolge 3 zugewandten zweiten Bereich 2b
wieder schrittweise zu. Die Pufferschicht 2 weist mit anderen
Worten in dem ersten Bereich 2a mehrere Teilschichten auf,
wobei der Aluminiumanteil x von Teilschicht zu Teilschicht
stufenweise abnimmt. Weiterhin weist die Pufferschicht in dem
30 zweiten Bereich 2b mehrere Teilschichten auf, wobei der
Aluminiumanteil x von Teilschicht zu Teilschicht stufenweise
zunimmt.

Hinsichtlich der Vorteile und weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen entspricht das zweite Ausführungsbeispiel dem zuvor beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel.

- 5 In Figur 3 ist zum Vergleich eine Schichtenfolge auf einem Aufwachssubstrat 1 aus Silizium bei einem nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispiel zur Herstellung eines optoelektronischen Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements dargestellt. Bei diesem Vergleichsbeispiel wird der
- 10 Aluminiumanteil x der Pufferschicht 2 ausgehend von dem Aufwachssubstrat 1 in herkömmlicher Weise in Wachstumsrichtung kontinuierlich verringert, um den Aluminiumanteil an den Aluminiumanteil der an die Pufferschicht 2 angrenzenden Halbleiterschicht 4 der
- 15 Leuchtdiodenschichtenfolge 3 anzupassen. Bei dieser Vorgehensweise weist die Pufferschicht 2 an der Grenzfläche zur Leuchtdiodenschichtenfolge 3 im Wesentlichen die gleiche Gitterkonstante auf wie die an die Pufferschicht 2 angrenzende Halbleiterschicht 4 der
- 20 Leuchtdiodenschichtenfolge 3. Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen der Figur 1 und der Figur 2 tritt daher an der Grenzfläche zwischen der Pufferschicht 2 und der Leuchtdiodenschichtenfolge 3 keine sprunghafte Änderung der Gitterkonstante des
- 25 Nitridverbindungshalbleitermaterials auf.

In Figur 4 ist die volle Halbwertsbreite (FWHM - Full Width at Half Maximum) der Röntgenbeugungsreflexe der Kristallebenen (002), (102) und (201) für die Schichtenfolge

30 des Ausführungsbeispiels der Figur 1 (S1) und die Schichtenfolge des Vergleichsbeispiels der Figur 3 (S3) dargestellt. Der Vergleich zeigt, dass die volle Halbwertsbreite der gemessenen Röntgenbeugungsreflexe bei der

gemäß dem hierin beschriebenen Verfahren hergestellten Schichtenfolge S1 geringer ist als bei der Schichtenfolge S3, die gemäß dem nicht erfindungsgemäßen Vergleichsbeispiel hergestellt wurde. Die geringeren Halbwertsbreiten der

5 Reflexe bei der Untersuchung mittels Röntgenbeugung weisen auf eine verringerte Defektdichte der Schichtenfolge bei dem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel hin.

In Transmissionselektronenmikroskopaufnahmen (nicht

10 dargestellt) der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Schichtenfolge wurde festgestellt, dass insbesondere Versetzungen aufgrund des Sprungs der lateralen Gitterkonstante an der Grenzfläche zwischen der Pufferschicht und der Halbleiterschichtenfolge abknicken. Weiterhin tritt

15 eine Reduktion der Versetzungen an der Grenzfläche zwischen der Pufferschicht und der darauf aufgebracht Halbleiterschichtenfolge aufgrund von Annihilation auf.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der

20 Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den

25 Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines

5 Nitridverbindungshalbleiter-Bauelements,
mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Aufwachssubstrats (1) mit einer Siliziumoberfläche,
- Aufwachsen einer Pufferschicht (2), die $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ aufweist, auf
- 10 die Siliziumoberfläche,
- Aufwachsen einer Halbleiterschichtenfolge (3) auf die Pufferschicht (2),

wobei

- 15 - die Pufferschicht (2) eine derart variierende Materialzusammensetzung aufweist, dass eine laterale Gitterkonstante der Pufferschicht (2) in einem ersten Bereich (2a) schrittweise oder kontinuierlich zunimmt und in einem zweiten Bereich (2b), der dem ersten
- 20 Bereich in Wachstumsrichtung nachfolgt, schrittweise oder kontinuierlich abnimmt, und
- die Pufferschicht (2) an einer Grenzfläche zur Halbleiterschichtenfolge (3) eine kleinere laterale Gitterkonstante aufweist als eine an die
- 25 Pufferschicht (2) angrenzende Halbleiterschicht (4) der Halbleiterschichtenfolge (3).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

wobei die Pufferschicht $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ mit $0 \leq x \leq 1$ aufweist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei der Aluminiumanteil x der Pufferschicht ausgehend vom Aufwachssubstrat (1) in dem ersten Bereich (2a)

abnimmt und in dem zweiten (2b) Bereich zunimmt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pufferschicht (2) an einer Grenzfläche zum
Aufwachssubstrat (1) einen Aluminiumanteil $x \geq 0,8$.
aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pufferschicht (2) an einer Grenzfläche zum
Aufwachssubstrat (1) einen Aluminiumanteil $x \geq 0,9$.
aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Aluminiumanteil x in der Pufferschicht (2) ein
Minimum aufweist, wobei im Minimum $x \leq 0,6$ gilt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Aluminiumanteil x in der Pufferschicht (2) ein
Minimum aufweist, wobei im Minimum $x \leq 0,2$ gilt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pufferschicht (2) an einer Grenzfläche zur
Halbleiterschichtenfolge (3) einen Aluminiumanteil $x \geq$
 $0,6$ aufweist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pufferschicht (2) an einer Grenzfläche zur
Halbleiterschichtenfolge (3) einen Aluminiumanteil $x \geq$
 $0,8$ aufweist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei eine an die Pufferschicht (2) angrenzende
Halbleiterschicht (4) der Halbleiterschichtenfolge (3)

$\text{Al}_m\text{In}_n\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ aufweist, wobei $m \leq 0,5$ ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei eine an die Pufferschicht (2) angrenzende
5 Halbleiterschicht (4) der Halbleiterschichtenfolge (3)
 $\text{Al}_m\text{In}_n\text{Ga}_{1-m-n}\text{N}$ aufweist, wobei $m \leq 0,2$ ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Siliziumoberfläche eine (111)-Ebene ist.

10

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Aufwachsubstrat (1) nach dem Aufwachsen der
Halbleiterschichtenfolge (3) abgelöst wird.

15 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Halbleiterschichtenfolge (3) an einer dem
Aufwachsubstrat (1) gegenüberliegenden Seite mit einem
Trägersubstrat verbunden wird.

20 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Nitridverbindungshalbleiter-Bauelement ein
optoelektronisches Bauelement ist, und die
Halbleiterschichtenfolge (3) eine aktive Schicht (5)
aufweist.

25

16. Verfahren nach Anspruch 15,
wobei die Halbleiterschichtenfolge (3) eine
Leuchtdiodenschichtenfolge ist.

FIG 1

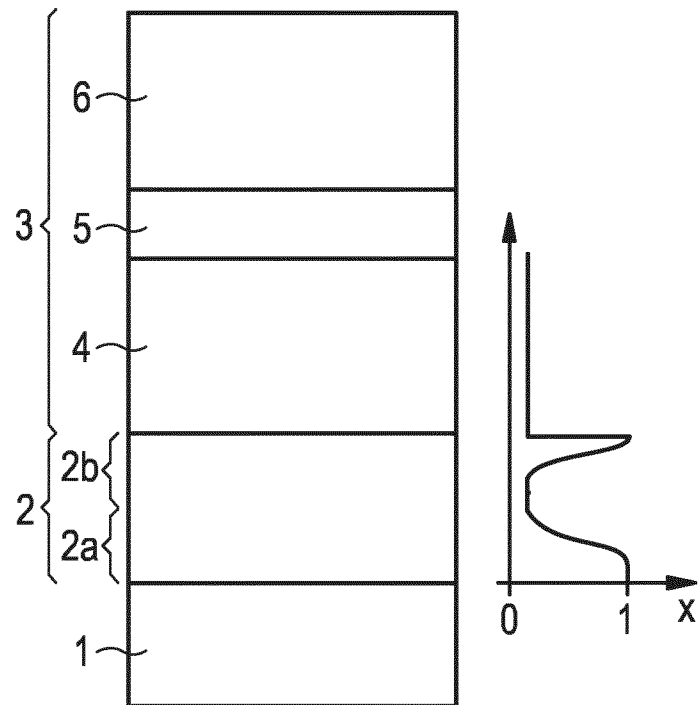


FIG 2

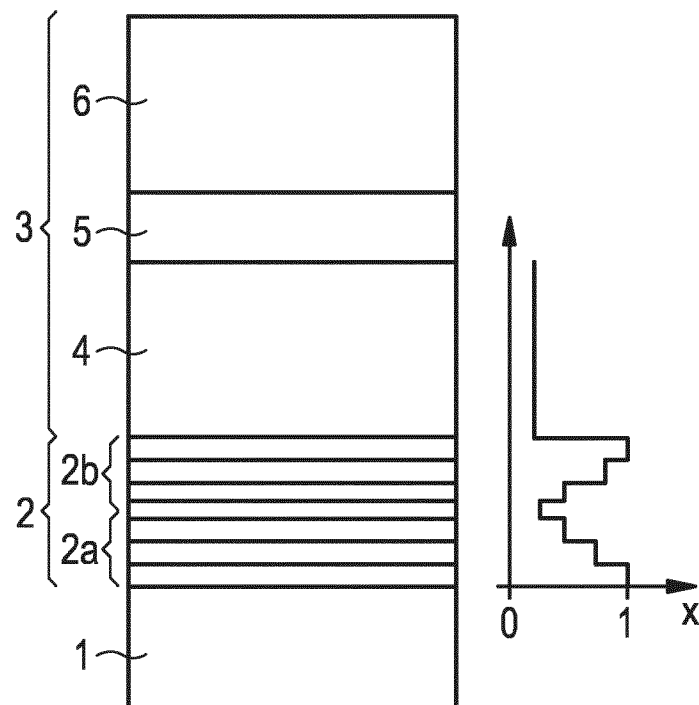


FIG 3

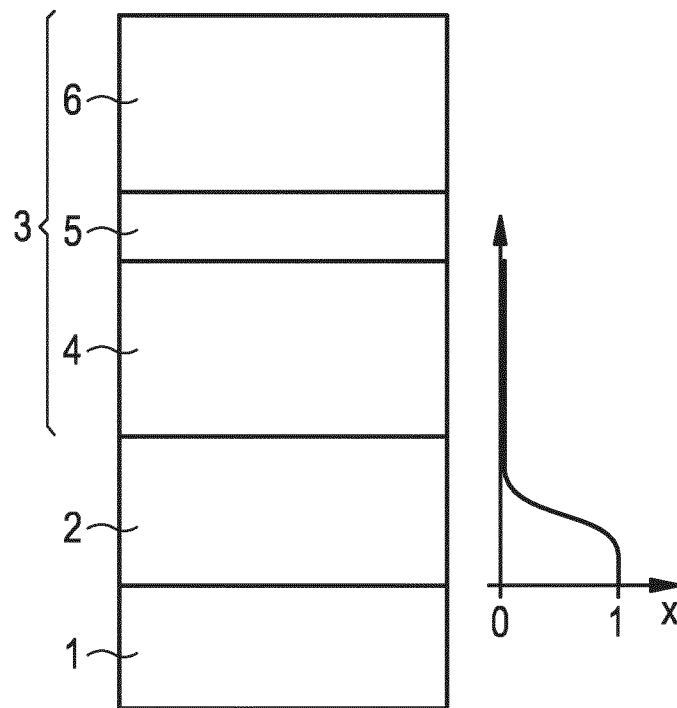
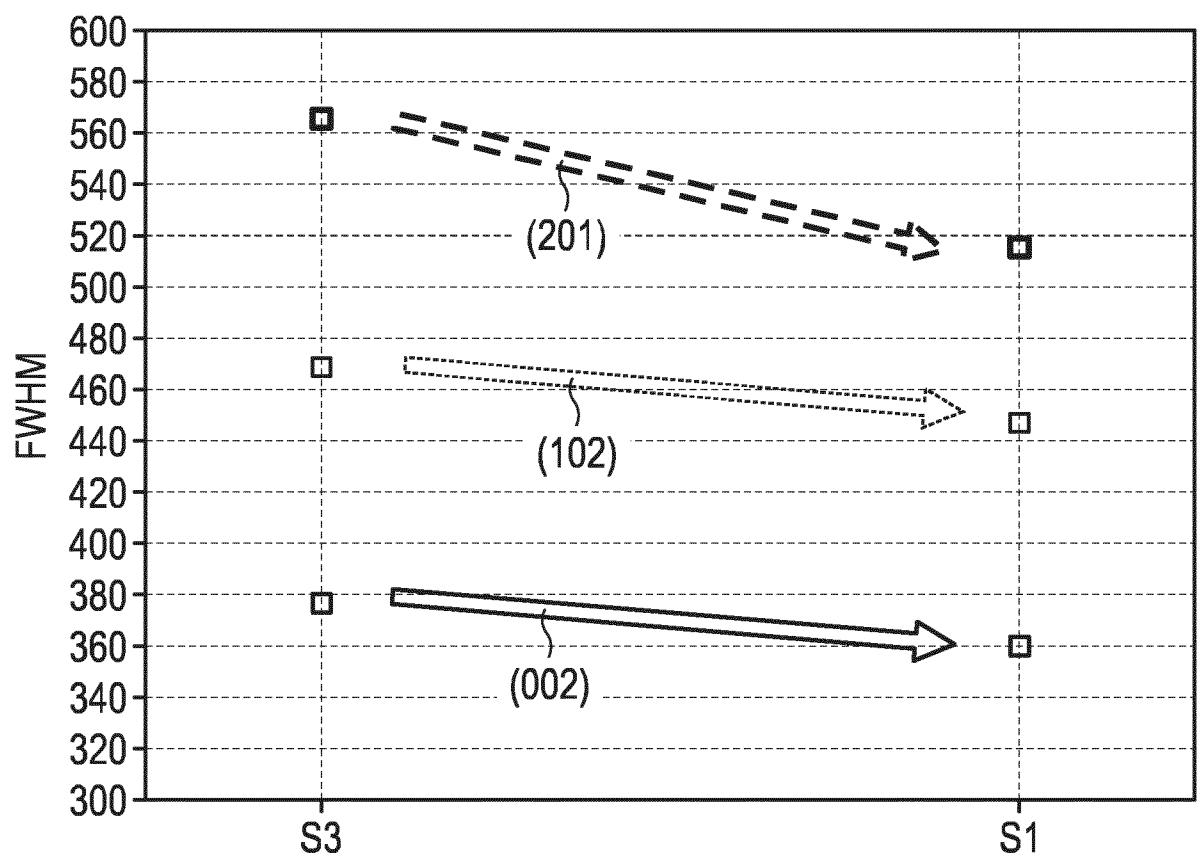


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/061139

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L21/20
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L C30B

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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/289067 A1 (MISHRA UMESH [US] ET AL) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraph [0007] - paragraph [0030]; figures 1-3	1-16
X	----- US 2013/140525 A1 (CHEN CHI-MING [TW] ET AL) 6 June 2013 (2013-06-06) paragraph [0010] - paragraph [0027]; figures 3,4	1-16
X	----- US 2011/266522 A1 (KIM JUN-YOUN [KR] ET AL) 3 November 2011 (2011-11-03) paragraph [0024] - paragraph [0049]; figures 1-5	1-16
	----- -/-	



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

12 September 2014

Date of mailing of the international search report

29/09/2014

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

Norga, Gerd

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/061139

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2006 008929 A1 (AZZURRO SEMICONDUCTORS AG [DE]) 30 August 2007 (2007-08-30) cited in the application paragraphs [0009], [0013] -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/061139

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010289067 A1	18-11-2010	CN 102460710 A	16-05-2012
		US 2010289067 A1	18-11-2010
		WO 2010132587 A2	18-11-2010

US 2013140525 A1	06-06-2013	CN 103137446 A	05-06-2013
		US 2013140525 A1	06-06-2013

US 2011266522 A1	03-11-2011	KR 20110120019 A	03-11-2011
		US 2011266522 A1	03-11-2011

DE 102006008929 A1	30-08-2007	CN 101427391 A	06-05-2009
		DE 102006008929 A1	30-08-2007
		ES 2352434 T3	18-02-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L21/20
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L C30B

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, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/289067 A1 (MISHRA UMESH [US] ET AL) 18. November 2010 (2010-11-18) Absatz [0007] - Absatz [0030]; Abbildungen 1-3	1-16
X	US 2013/140525 A1 (CHEN CHI-MING [TW] ET AL) 6. Juni 2013 (2013-06-06) Absatz [0010] - Absatz [0027]; Abbildungen 3,4	1-16
X	US 2011/266522 A1 (KIM JUN-YOUN [KR] ET AL) 3. November 2011 (2011-11-03) Absatz [0024] - Absatz [0049]; Abbildungen 1-5	1-16
	-/-	

☒ 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

12. September 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29/09/2014

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

Norga, Gerd

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2006 008929 A1 (AZZURRO SEMICONDUCTORS AG [DE]) 30. August 2007 (2007-08-30) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0009], [0013] -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/061139

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2010289067	A1	18-11-2010	CN	102460710 A	16-05-2012
			US	2010289067 A1	18-11-2010
			WO	2010132587 A2	18-11-2010

US 2013140525	A1	06-06-2013	CN	103137446 A	05-06-2013
			US	2013140525 A1	06-06-2013

US 2011266522	A1	03-11-2011	KR	20110120019 A	03-11-2011
			US	2011266522 A1	03-11-2011

DE 102006008929	A1	30-08-2007	CN	101427391 A	06-05-2009
			DE	102006008929 A1	30-08-2007
			ES	2352434 T3	18-02-2011
