

**(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
7. April 2011 (07.04.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/039181 A1

PCT

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/02 (2006.01) *H01L 33/00* (2010.01)

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATENT-ANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/064353

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

(22) Internationales Anmeldedatum: 28. September 2010 (28.09.2010)

(82) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(83) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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.

(30) Angaben zur Priorität:

10 2009 047 881.7
30. September 2009 (30.09.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder; und

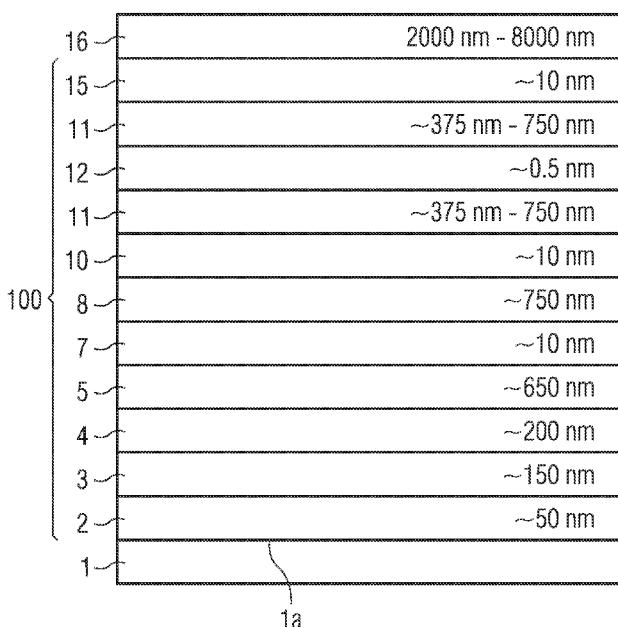
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STAUSS, Peter** [DE/DE]; Rüdigerstrasse 11, 93186 Pettendorf (DE). **DRECHSEL, Philipp** [DE/DE]; Balwinusstrasse 3, 93051 Regensburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A LIGHT-EMITTING DIODE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER LEUCHTDIODE

FIG 3



(57) Abstract: A method is provided for producing a light-emitting diode with the following steps: providing a carrier substrate (1), which has a silicon surface (1a), - depositing a series of layers (100) on the silicon surface (1a) in a direction of growth (R), and - depositing a light-emitting diode structure (16) on the series of layers (100), wherein - the series of layers (100) includes a GaN layer (5), which is formed with gallium nitride, - the series of layers includes a masking layer (12), which is formed with silicon nitride, and - the masking layer (12) follows at least part of the GaN layer (5) in the direction of growth (R).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode mit den folgenden Schritten angegeben: - Bereitstellen eines Trägersubstrats (1), das eine Silizium-Oberfläche (1a) aufweist, - Abscheiden einer Schichtenfolge (100) auf der Silizium-Oberfläche (1a) in einer Wachstumsrichtung (R), und - Abscheiden einer Leuchtdiodenstruktur (16) auf die Schichtenfolge (100), wobei - die Schichtenfolge (100) eine GaN-Schicht (5) enthält, die mit Galliumnitrid gebildet ist, - die Schichtenfolge eine Maskierungsschicht (12) enthält, die mit Siliziumnitrid gebildet ist, und - die Maskierungsschicht (12) zum mindesten einem Teil der GaN-Schicht (5) in Wachstumsrichtung (R) nachfolgt.



SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode

- 5 Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode angegeben.

Die Druckschriften WO 2007/096405 und US 6,611,002 beschreiben das epitaktische Abscheiden von Galliumnitrid-basierten

.0 Schichten auf einem Siliziumsubstrat.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem Galliumnitrid-basierte Schichten hoher Schichtdicke und hoher Materialqualität auf einer Silizium-

.5 Oberfläche abgeschieden werden können.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung einer Leuchtdiode wird in einem Verfahrensschritt ein Trägersubstrat bereitgestellt, das eine Silizium-

:0 Oberfläche aufweist. Dazu kann das Trägersubstrat beispielsweise aus Silizium bestehen. Ferner ist es möglich, dass es sich bei dem Trägersubstrat um ein SOI-Substrat (Silizium-On-Insulator-Substrat) handelt. Bei der Silizium-Oberfläche des Trägersubstrats handelt es sich beispielsweise

:5 um eine (111)-Silizium-Oberfläche.

Das Trägersubstrat zeichnet sich beispielsweise durch ihre gute thermische Leitfähigkeit von wenigstens 130 W/(mK) aus.

:0 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird in einem Verfahrensschritt eine Schichtenfolge auf der Silizium-Oberfläche abgeschieden. Beispielsweise wird die Schichtenfolge epitaktisch auf die Silizium-Oberfläche

- 2 -

aufgebracht. Die Schichtenfolge weist eine Wachstumsrichtung auf, in der sie auf die Silizium-Oberfläche aufgewachsen ist. Beispielsweise steht die Wachstumsrichtung senkrecht zur Silizium-Oberfläche oder schließt einen kleinen Winkel von zum 5 Beispiel < 7° mit dem Lot auf die Silizium-Oberfläche ein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird in einem Verfahrensschritt eine Leuchtdiodenstruktur auf die Schichtenfolge abgeschieden, das heißt es ergibt sich .0 beispielsweise folgende Abfolge in der Wachstumsrichtung: Silizium-Oberfläche, Schichtenfolge, Leuchtdiodenstruktur. Die Leuchtdiodenstruktur basiert beispielsweise auf Galliumnitrid. Die Schichtenfolge dient beispielsweise dazu, ein Wachstum der Leuchtdiodenstruktur mit relativ hohen Schichtdicken von .5 wenigstens 3 µm, zum Beispiel wenigstens 5 µm und einer hohen Materialqualität auf der Silizium-Oberfläche zu ermöglichen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens enthält .0 die Schichtenfolge eine GaN-Schicht, die mit Galliumnitrid gebildet ist. Beispielsweise besteht die GaN-Schicht aus einem n-dotierten Galliumnitrid.

Die Schichtenfolge enthält in dieser Ausführungsform ferner .5 eine Maskierungsschicht, die mit Siliziumnitrid gebildet ist und zum Beispiel aus Siliziumnitrid besteht. Das Aufwachsen der Maskierungsschicht kann beispielsweise durch gleichzeitiges Einleiten eines Silizium-Precursors, wie beispielsweise Silan oder Disilan oder einer organischen Silizium-Verbindung mit einem Stickstoff-Precursor wie .5 Ammoniak oder Dimethylhydrazin in die Wachstumskammer, in welcher das beispielsweise epitaktische Wachstum erfolgt, geschehen. Auf der Wachstumsoberfläche reagieren die beiden Precursor dann unter Bildung von Siliziumnitrid.

Die Maskierungsschicht kann dabei wie in der Druckschrift WO 2007/096405 angegeben ausgebildet sein und hergestellt werden.

Die Druckschrift WO 2007/096405 wird hinsichtlich der

- 5 Ausbildung und Herstellung der dort beschriebenen Maskierungsschicht hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen.

Die Maskierungsschicht folgt dabei zumindest einem Teil der

- .0 GaN-Schicht in Wachstumsrichtung nach. Das heißt, gemäß dieser Ausführungsform des Verfahrens wird die Maskierungsschicht nach dem ersten Aufwachsen einer GaN-Schicht in Wachstumsrichtung abgeschieden. Die Maskierungsschicht kann dabei direkt an eine GaN-Schicht grenzen. "Zumindest einem .5 Teil der GaN-Schicht" heißt dabei, dass die Maskierungsschicht auch in der GaN-Schicht angeordnet sein kann. Das heißt, ein Teil der GaN-Schicht wird abgeschieden, dann folgt die Maskierungsschicht und dann folgt der Rest der GaN-Schicht.

- :0 Es hat sich dabei gezeigt, dass das Aufbringen der Maskierungsschicht frühestens nach dem Abscheiden einer ersten GaN-Schicht sich für die Verbesserung der Materialqualität einer nachfolgenden Leuchtdiodenstruktur als besonders vorteilhaft herausstellt. Das Einbringen einer :5 Maskierungsschicht vor dem Abscheiden einer ersten GaN-Schicht scheint hingegen den Aufbau einer kompressiven Verspannung in der Schichtenfolge zu unterdrücken, was zu einer Verschlechterung der Materialqualität der Leuchtdiodenstruktur führt.

:0

Insgesamt ermöglicht ein hier beschriebenes Verfahren, das heißt das späte Einbringen der Maskierungsschicht in der Schichtenfolge, eine nachfolgend auf die Schichtenfolge

aufgebrachte Leuchtdiodenstruktur mit besonders hoher Materialqualität bei relativ hoher Schichtdicke. Die Verbesserung der Materialqualität in der Leuchtdiodenstruktur kann beispielsweise damit erklärt werden, dass durch das späte 5 Einbringen der Maskierungsschicht in der Schichtenfolge der Aufbau einer kompressiven Verspannung in der Schichtenfolge positiv beeinflusst wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist die .0 Maskierungsschicht innerhalb einer GaN-Schicht angeordnet. Mit anderen Worten grenzt die Maskierungsschicht in dieser Ausführungsform sowohl in Wachstumsrichtung als auch gegen die Wachstumsrichtung direkt an eine GaN-Schicht. Bei der GaN-Schicht handelt es sich dann vorzugsweise um die in .5 Wachstumsrichtung letzte GaN-Schicht, die vor dem Aufwachsen der Leuchtdiodenstruktur abgeschieden wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens sind in Wachstumsrichtung zumindest zwei GaN-Schichten vor der :0 Maskierungsschicht angeordnet. Das heißt, die Maskierungsschicht wird beispielsweise in der dritten GaN-Schicht des Schichtenstapels abgeschieden. Dies erweist sich als vorteilhaft, da die Maskierungsschicht auf diese Weise relativ spät im Schichtenstapel abgeschieden wird und so den :5 Aufbau einer kompressiven Verspannung nicht negativ beeinflussen kann.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist die Maskierungsschicht eine nicht vollständig geschlossene :0 Schicht. In der Maskierungsschicht sind dann Fenster ausgebildet, in denen die GaN-Schicht, an die die Maskierungsschicht beidseitig grenzt, nicht durch die Maskierungsschicht durchbrochen ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens enthält die Schichtenfolge zumindest zwei GaN-Schichten. Jeder der GaN-Schichten folgt eine AlN-Schicht und/oder eine AlGaN-Schicht in Wachstumsrichtung nach. Dies ist insbesondere auch für die in Wachstumsrichtung letzte GaN-Schicht im Schichtenstapel der Fall, sodass die Leuchtdiodenstruktur zum Beispiel direkt der letzten AlN-Schicht oder der letzten AlGaN-Schicht im Schichtenstapel nachfolgen kann.

.0

Kommt eine AlGaN-Schicht zum Einsatz, so weist diese bevorzugt einen geringen Ga-Anteil zwischen zum Beispiel wenigstens 5 % und höchstens 10 % auf.

.5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens enthält die Schichtenfolge zumindest zwei GaN-Schichten und innerhalb einer jeden GaN-Schicht der zumindest zwei GaN-Schichten ist eine Maskierungsschicht angeordnet. Beispielsweise kann dann innerhalb jeder GaN-Schicht der Schichtenfolge eine
:0 Maskierungsschicht angeordnet sein.

Bei der Maskierungsschicht handelt es sich um eine wie weiter oben beschriebene Maskierungsschicht. Die Maskierungsschicht innerhalb der GaN-Schicht grenzt also in Wachstumsrichtung und
:5 gegen die Wachstumsrichtung jeweils an eine GaN-(Teil)-Schicht. Das Einbringen einer Maskierungsschicht in zumindest zwei oder in jede GaN-Schicht der Schichtenfolge beeinflusst den Aufbau einer kompressiven Verspannung in der Schichtenfolge besonders positiv.

:0

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist die Schichtenfolge zwischen der Silizium-Oberfläche und der in Wachstumsrichtung der Schichtenfolge von der Silizium-

Oberfläche aus gesehen nachfolgenden ersten Maskierungsschicht frei von einer AlGaN-Schicht. Mit anderen Worten enthält die Schichtenfolge zumindest im Bereich vor dem Auftreten der ersten Maskierungsschicht keine AlGaN-Übergangsschicht.

5

Entgegen beispielsweise der in der Druckschrift US 6,617,060 B1 vertretenen Auffassung hat sich gezeigt, dass auf eine AlGaN-Übergangsschicht im Schichtenstapel zumindest stellenweise verzichtet werden kann. Die AlGaN-Schicht ist insbesondere dazu vorgesehen, die durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen dem Trägersubstrat, insbesondere der Silizium-Oberfläche, und den aufgewachsenen GaN-Schichten entstehenden Verspannungen, die sich beim Abkühlen der Schichtenfolge aufbauen, abzubauen. Es ist jedoch zu erwarten, dass sich durch das effektive Zusammenziehen der GaN-Schichten gegenüber der Silizium-Oberfläche beim Abkühlen der Schichtenfolge viele weitere Anpassungsversetzungen bilden. Ein Verzicht auf die AlGaN-Schicht kann sich daher als vorteilhaft erweisen.

:0

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Schichtenfolge insgesamt frei von einer AlGaN-Schicht. Das heißt, in dieser Ausführungsform ist in der gesamten Schichtenfolge keine AlGaN-Übergangsschicht angeordnet.

:5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist der Pufferschicht, die auf der Silizium-Oberfläche angeordnet ist, in Wachstumsrichtung eine GaN-Schicht direkt nachgefolgt, wobei diese GaN-Schicht insbesondere eine pseudomorphe GaN-Schicht ist. Die pseudomorphe GaN-Schicht zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass sie eine inverse Verspannung zu den darunterliegenden Schichten realisiert. Beim Abkühlen der Schichtenfolge kann die pseudomorphe GaN-Schicht daher einem

- 7 -

Zusammenziehen der darüberliegenden weiteren GaN-Schichten gegenüber der Silizium-Oberfläche entgegenwirken.

Unter einer pseudomorphen GaN-Schicht versteht man dabei
5 insbesondere eine GaN-Schicht, die unter Aufrechterhaltung der Kristallstruktur der Silizium-Oberfläche aufgewachsen ist.
Dabei ist es insbesondere auch möglich, dass die
Gitterkonstante der Silizium-Oberfläche auf die pseudomorphe
GaN-Schicht übertragen wird.

.0
Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist in Wachstumsrichtung eine erste Maskierungsschicht zwischen der pseudomorphen GaN-Schicht und einer weiteren GaN-Schicht angeordnet. Die Maskierungsschicht kann beispielsweise direkt
.5 an die beiden GaN-Schichten grenzen, sie ist also innerhalb einer GaN-Schicht angeordnet, wobei der in Wachstumsrichtung unterhalb der Maskierungsschicht liegende Teil der GaN-Schicht pseudomorph ist und der in Wachstumsrichtung über der Maskierungsschicht liegende Teil der GaN-Schicht nicht
10 pseudomorph ist.

Es hat sich dabei gezeigt, dass das Einführen einer pseudomorphen GaN-Schicht in Verbindung mit einer vorteilhaft ausgeführten Maskierungsschicht, die vorzugsweise eine SiN-
15 Maskierungsschicht ist, dazu führt, dass die nachfolgende GaN-Schicht neu auf der durch die Maskierungsschicht teilweise abgedeckte pseudomorphe GaN-Schicht aufwächst und dabei Versetzungen, die aus den darunterliegenden Schichten stammen oder dort entstehen können, wirkungsvoll abgeblockt werden
20 können.

Vorzugsweise weist die Maskierungsschicht dabei eine Dicke zwischen wenigstens 0,5 nm und höchstens 2,5 nm, insbesondere

im Bereich zwischen wenigstens 1 nm und höchstens 2 nm auf. Die Maskierungsschicht ist dabei wie oben beschrieben vorzugsweise als nicht geschlossene Schicht ausgeführt. Die Maskierungsschicht weist zum Beispiel Fenster auf und bedeckt 5 die darunterliegende pseudomorphe GaN-Schicht nach Art eines Netzes.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Leuchtdiodenstruktur von der Schichtenfolge nach ihrem .0 Aufbringen abgelöst. Die Leuchtdiodenstruktur kann dann beispielsweise in Form einer substratlosen Diode Verwendung finden. Ferner ist es möglich, dass die Leuchtdiodenstruktur vor dem Ablösen mit ihrer der Schichtenfolge abgewandten Seite auf einen Träger aufgebracht wird. Der Träger kann .5 beispielsweise Silizium oder Germanium enthalten oder aus einem dieser Materialien bestehen.

Im Folgenden wird das hier beschriebene Verfahren anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher :0 erläutert.

Die Figuren 1 und 6 zeigen graphische Auftragungen, anhand derer das hier beschriebene Verfahren näher erläutert wird.

Die Figuren 2, 3, 4 und 5 zeigen schematische :5 Schnittdarstellungen von epitaktisch hergestellten Schichtstrukturen, anhand derer das hier beschriebene Verfahren näher erläutert wird.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in :0 den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten

- 9 -

Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

5

Die Figur 1 zeigt eine graphische Auftragung der Krümmung K der auf die Silizium-Oberfläche abgeschiedenen Schichten der Schichtenfolge sowie der Leuchtdiodenstruktur gegen die Wachstumszeit T in Sekunden. Die Wachstumsrichtung R entspricht dabei dem zeitlichen Verlauf. In der Figur 1 sind zwei Kurven dargestellt: Die Kurve A bezieht sich auf ein Ausführungsbeispiel, bei dem eine Maskierungsschicht, die mit Siliziumnitrid gebildet ist, vor der ersten GaN-Schicht der Schichtenfolge 100 gewachsen wird.

.5

In der schematischen Schnittdarstellung der Figur 2 ist ein solcher Schichtverlauf gezeigt: Dem Trägersubstrat 1 mit seiner Silizium-Oberfläche 1a folgt die Maskierungsschicht 12 nach, welcher in Wachstumsrichtung R die erste GaN-Schicht 5 des Schichtenstapels 100 nachfolgt. Der Schichtenstapel 100 umfasst mit den GaN-Schichten 5, 8 und 11 insgesamt drei GaN-Schichten.

:0

Die Kurve B bezieht sich auf ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Maskierungsschicht in der dritten GaN-Schicht 11 des Schichtenstapels 100 angeordnet ist. Dies ist beispielsweise in der Figur 3 anhand einer schematischen Schnittdarstellung graphisch erläutert.

:5

Wie aus der Figur 1 ersichtlich ist, ist die Krümmung im Fall B insbesondere im Bereich der Leuchtdiodenstruktur 16 größer als für den Fall A. Ein zeitlich spätes Einbringen der Maskierungsschicht 12 in die Schichtenfolge 100 führt daher zu

- 10 -

einer größeren kompressiven Verspannung der aufgewachsenen Schichten.

Die Abfolge der Schichten ist dabei beispielsweise für den 5 Fall B wie folgt (siehe die schematische Schnittdarstellung der Figur 3):

Die Schichtstruktur 100 umfasst ein Trägersubstrat 1, das beispielsweise aus Silizium besteht und eine Silizium- 0 Oberfläche, beispielsweise eine 111-Oberfläche 1a aufweist.

Auf die Silizium-Oberfläche sind folgende Schichten der Schichtenfolge 100 in Wachstumsrichtung R, beispielsweise direkt, aufeinander abgeschieden:

- .5 - eine Nukleationsschicht 2 aus Aluminiumnitrid,
- :0 - eine Pufferschicht 3 aus Aluminiumnitrid, die bei höheren Wachstumstemperaturen, beispielsweise bei wenigstens 1000 °C als die Nukleationsschicht 2 abgeschieden wird,
- :5 - eine AlGaN-Schicht 4, in der die Aluminium-Konzentration gestuft von höchstens 95 % bis wenigstens 15 % abnimmt in Wachstumsrichtung R,
- :0 - eine erste GaN-Schicht 5,
- :0 - eine AlN-Schicht oder AlGaN-Schicht 7, die bei niedrigeren Wachstumstemperaturen von zirka 850 °C aufgewachsen sein kann,
- :0 - eine zweite GaN-Schicht 8,

- 11 -

- eine nachfolgende AlN-Schicht oder AlGaN-Schicht 10, die wiederum bei zirka 850 °C aufgewachsen sein kann,

- eine dritte GaN-Schicht 11, innerhalb der die

5 Maskierungsschicht 12 angeordnet ist, und

- eine AlN-Schicht oder AlGaN-Schicht 15.

An der dem Trägersubstrat 1 abgewandten Seite der AlN-Schicht

.0 oder der AlGaN-Schicht 15 ist die Leuchtdiodenstruktur 16

angeordnet, die beispielsweise Mehrfachquantentopfstrukturen umfasst und auf GaN basiert.

Die der Kurve A entsprechende Schichtstruktur ist in der Figur

.5 2 dargestellt.

In Verbindung mit der Figur 4 ist ein weiteres

Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens näher erläutert. Mittels des Verfahrens wird die in der Figur 4 in

:0 der Schnittdarstellung schematisch dargestellte Abfolge von Schichten erzeugt.

Im Unterschied zu der in Verbindung mit der Figur 3

beschriebenen Abfolge von Schichten umfasst die Schichtenfolge

:5 100 in diesem Ausführungsbeispiel zwischen jeder GaN-Schicht 5, 8, 11 eine Maskierungsschicht 12, die mit Siliziumnitrid gebildet ist und beispielsweise aus Siliziumnitrid besteht.

Die Maskierungsschichten 12 können dabei in Wachstumsrichtung R gemessen jeweils eine Dicke von wenigstens 0,35 nm und

:0 höchstens 0,65 nm aufweisen.

Das Einbringen einer Maskierungsschicht 12 in jede GaN-Schicht der Schichtenfolge 100 führt an der dem Trägersubstrat 1

- 12 -

abgewandten Oberfläche der Schichtenfolge 100 zum Aufbau einer besonders hohen kompressiven Verspannung, die es erlaubt, eine Leuchtdiodenstruktur 16 aufzuwachsen, die in Wachstumsrichtung R gemessen eine Dicke von bis zu 8 μm aufweist, ohne dass

5 Risse in der Leuchtdiodenstruktur 16 auftreten.

In Verbindung mit der Figur 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens näher erläutert. Im Unterschied beispielsweise zum

.0 Ausführungsbeispiel der Figur 2 ist die Schichtenfolge 100 vorliegend frei von einer AlGaN-Übergangsschicht. Der Schichtaufbau der Schichtenfolge 100 in Wachstumsrichtung kann beispielsweise wie folgt sein:

.5 - ein Substrat 1 mit einer Silizium-Oberfläche 1a,

- eine Nukleationsschicht 2 sowie eine Pufferschicht 3, die jeweils beispielsweise aus Aluminiumnitrid bestehen und eine Dicke von gemeinsam zirka 200 nm aufweisen können,

:0 - eine GaN-Schicht, die pseudomorph aufgewachsen ist und eine Dicke von zirka 100 nm aufweist,

:5 - eine erste Maskierungsschicht 12, die beispielsweise mit Siliziumnitrid gebildet ist und eine Dicke zwischen 1 nm und 2 nm aufweist,

- eine weitere GaN-Schicht 8, die eine Dicke von zirka 700 nm aufweist,

:0 - eine erste AlN-Schicht 10, die beispielsweise bei einer Temperatur von zirka 850 °C aufgewachsen sein kann,

- 13 -

- eine dritte GaN-Schicht 11, die beispielsweise eine Dicke von zirka 700 nm aufweist, und

- eine weitere AlN-Schicht, die bei niedrigen

5 Wachstumstemperaturen von zirka 850 °C aufgewachsen sein kann.

Dieser Schichtenfolge 100 folgt die Leuchtdiodenstruktur 16 nach, die eine Dicke von beispielsweise zwischen 4 µm und 8 µm aufweisen.

.0

Das Ausführungsbeispiel der Figur 5 zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass auf eine AlGaN-Übergangsschicht zwischen der Pufferschicht 3 und der ersten Maskierungsschicht 12 verzichtet wird.

.5

In Verbindung mit der Figur 6 ist die Wirkung des Verzichts auf diese AlGaN-Übergangsschicht 4 grafisch dargestellt. Die Figur 6 zeigt dazu die Halbwärtsbreiten der Röntgen Rocking Kurven für unterschiedliche Reflexe.

:0

Die Werte A in der Figur 6 beziehen sich auf eine Referenzstruktur, wie sie beispielsweise in der Figur 2 gezeigt ist, welche eine AlGaN-Schicht 4 enthält. Die Werte B beziehen sich auf eine Schichtenfolge 100, wie sie in der Figur 5 dargestellt ist, bei der auf die Übergangsschicht AlGaN verzichtet ist.

Insbesondere zeigt die Figur 6 geringere Werte für die Halbwärtsbreiten der Röntgen Rocking Kurven für die Reflexe 102 und 201. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine reduzierte Defektdichte von Stufenversetzungen. Dies lässt eine höhere interne Quanteneffizienz in einer aktiven, zur Strahlungserzeugung eingerichteten Schicht der

:0

Leuchtdiodenstruktur 16 erwarten. Zusätzlich kann eine solche Schichtenfolge 100 deutlich einfacher und damit kostengünstiger hergestellt werden.

5 In den Figuren 2, 3 und 4 sowie in der Beschreibung zur Figur 5 sind für jede Schicht beispielhafte Dicken oder Dickenbereiche angegeben. Die Dicken oder die angegebenen Grenzen für die Bereiche von Dicken können dabei in Bereichen von +/- 30 %, bevorzugt +/- 20 %, besonders bevorzugt +/- 10 % .0 um die angegebenen Werte schwanken.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102009047881.7, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

.5 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 :0 den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode mit den folgenden Schritten:

- 5 - Bereitstellen eines Trägersubstrats (1), das eine Silizium-Oberfläche (1a) aufweist,
- Abscheiden einer Schichtenfolge (100) auf der Silizium-Oberfläche (1a) in einer Wachstumsrichtung (R), und
- Abscheiden einer Leuchtdiodenstruktur (16) auf die Schichtenfolge (100), wobei
 - die Schichtenfolge (100) eine GaN-Schicht (5) enthält, die mit Galliumnitrid gebildet ist,
 - die Schichtenfolge eine Maskierungsschicht (12) enthält, die mit Siliziumnitrid gebildet ist, und
- .0 - die Maskierungsschicht (12) zumindest einem Teil der GaN-Schicht (5) in Wachstumsrichtung (R) nachfolgt.

2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,

wobei

- :0 - die Maskierungsschicht (12) innerhalb einer GaN-Schicht angeordnet ist.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei

- :5 - die Maskierungsschicht (12) direkt an zwei GaN-Schichten grenzt.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei

- :0 - in Wachstumsrichtung (R) zumindest zwei GaN-Schichten (5, 8, 11) vor der Maskierungsschicht (12) angeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

- 16 -

wobei

- die Schichtenfolge (100) zumindest zwei GaN-Schichten (5, 8, 11) enthält,
- jeder GaN-Schicht (5, 8, 11) eine AlN-Schicht (7, 10, 15) in Wachstumsrichtung (R) nachfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei

- die Schichtenfolge (100) zumindest zwei GaN-Schichten (5, 8, 11) enthält,
- jeder GaN-Schicht (5, 8, 11) eine AlGaN-Schicht (7, 10, 15) in Wachstumsrichtung (R) nachfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei

- die Schichtenfolge (100) zumindest zwei GaN-Schichten (5, 8, 11) enthält,
- jeder GaN-Schicht (5, 8, 11) eine AlGaN-Schicht (7, 10, 15) und/oder eine AlN-Schicht (7, 10, 15) in Wachstumsrichtung (R) nachfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7,

wobei

die Ga-Konzentration in zumindest einer der AlGaN-Schichten (7, 10, 15) zwischen wenigstens 5 % und höchstens 1 0% beträgt.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei

- die Schichtenfolge (100) zumindest zwei GaN-Schichten (5, 8, 11) enthält, und
- innerhalb jeder GaN-Schicht (5, 8, 11) eine Maskierungsschicht (12) angeordnet ist.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei

- die Schichtenfolge (100) zwischen der Silizium-Oberfläche
5 (1a) und der in Wachstumsrichtung (R) ersten
Maskierungsschicht (12) frei von einer AlGaN-Schicht ist.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei

.0 - die Schichtenfolge (100) frei von einer AlGaN-Schicht ist.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei

- der Pufferschicht (3) in Wachstumsrichtung (R) eine GaN-
.5 Schicht (5a) direkt nachfolgt.

13. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,
wobei

- die GaN-Schicht (5a) ein pseudomorphe GaN-Schicht (5a) ist.

:0

14. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,

wobei

- die in Wachstumsrichtung (R) erste Maskierungsschicht (12)
zwischen der pseudomorphen GaN-Schicht (5a) und einer GaN-
25 Schicht (8) angeordnet ist, wobei die Dicke der
Maskierungsschicht (12) zwischen 0,5 nm und 2,5 nm beträgt.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
wobei

30 - die Leuchtdiodenstruktur (16) von der Schichtenfolge (100)
abgelöst wird.

1/4

FIG 1

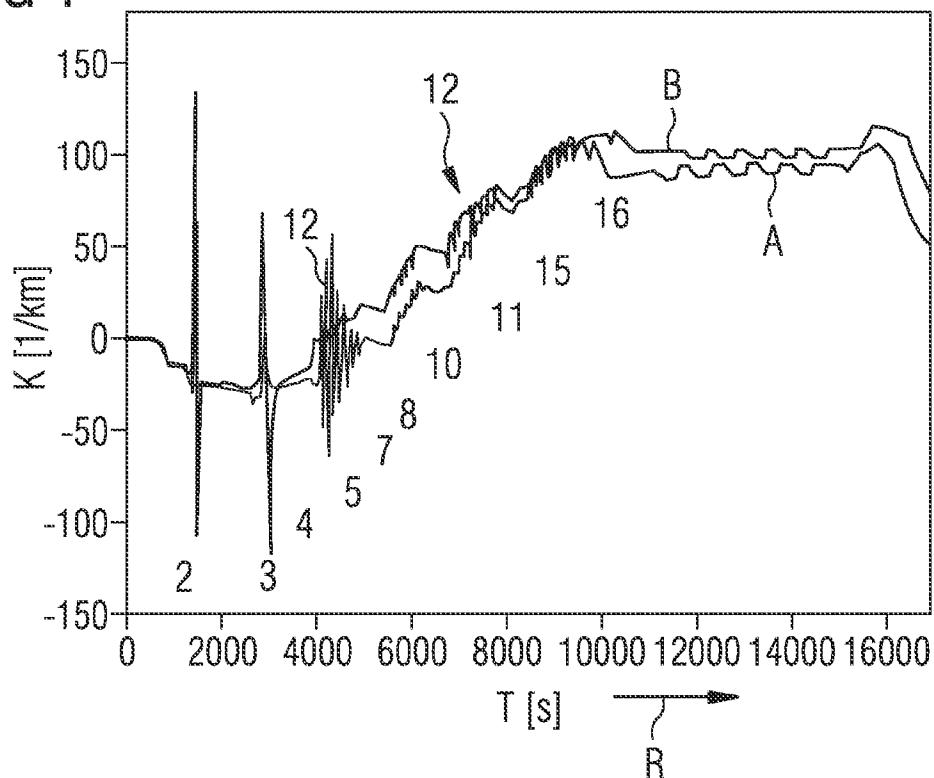


FIG 2

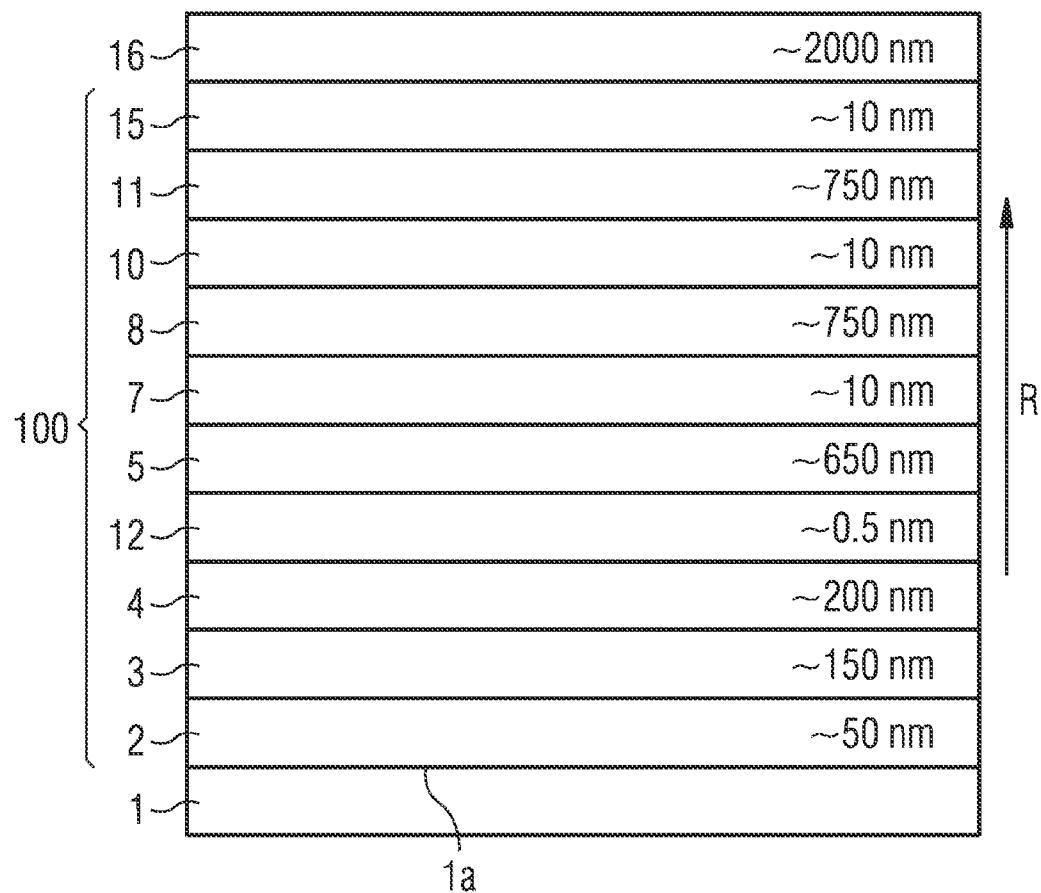


FIG 3

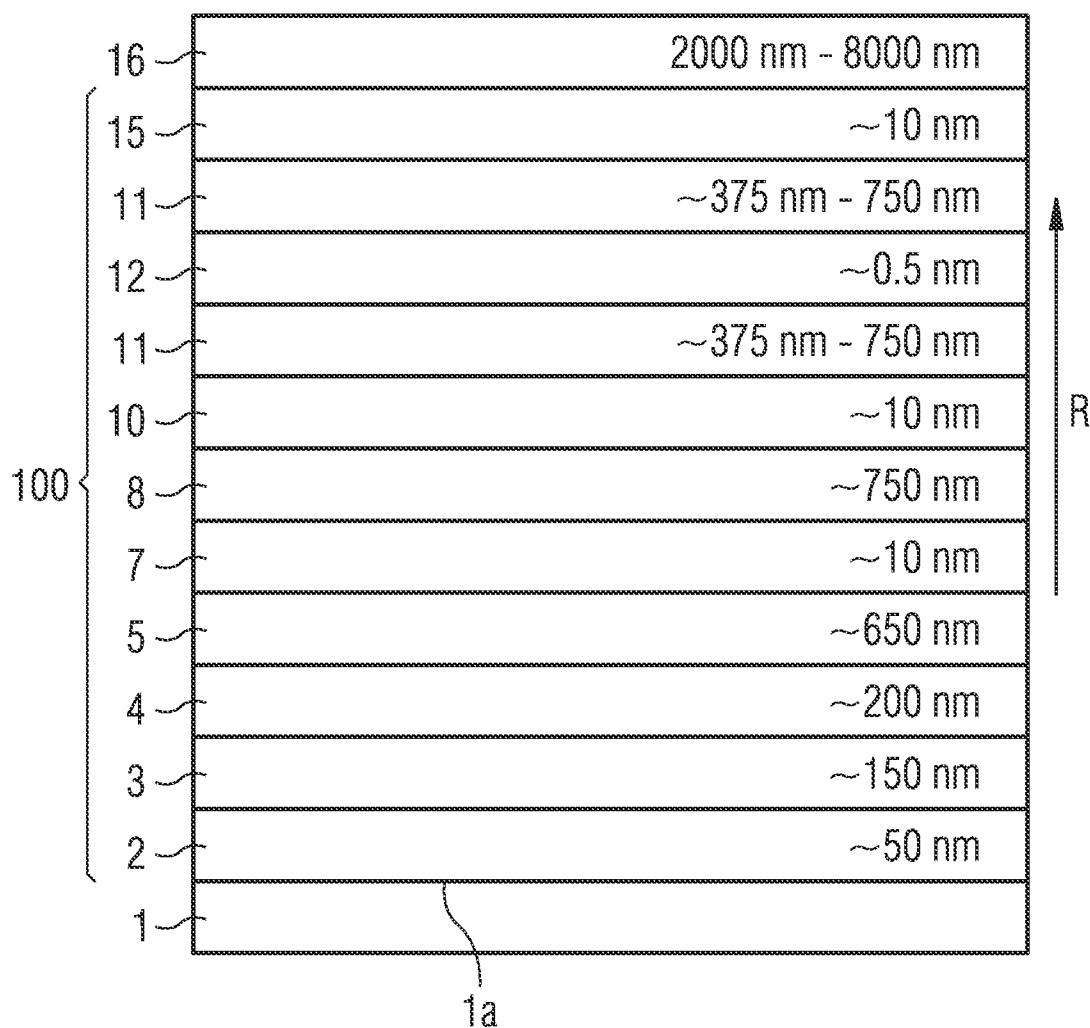


FIG 4

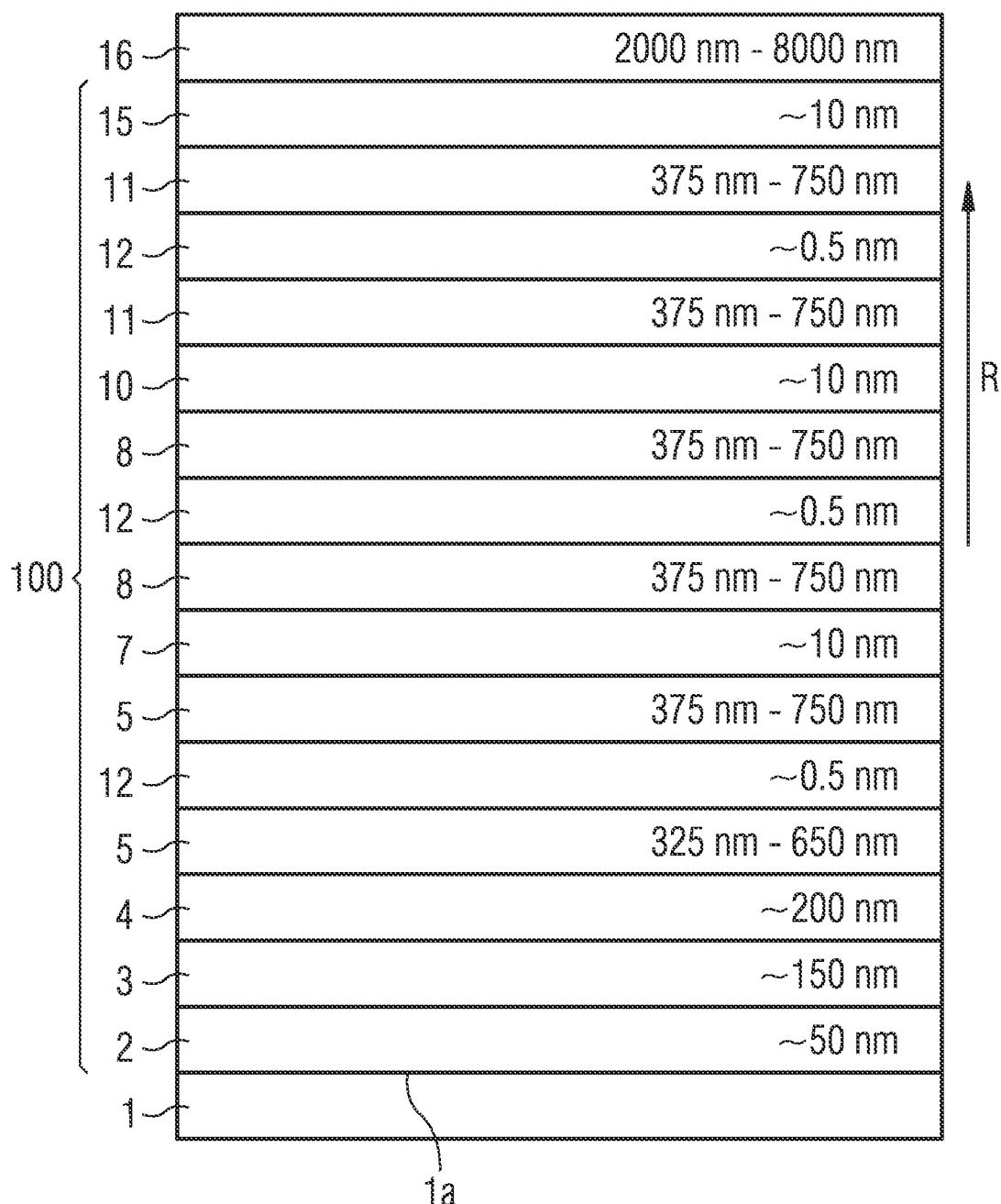


FIG 5

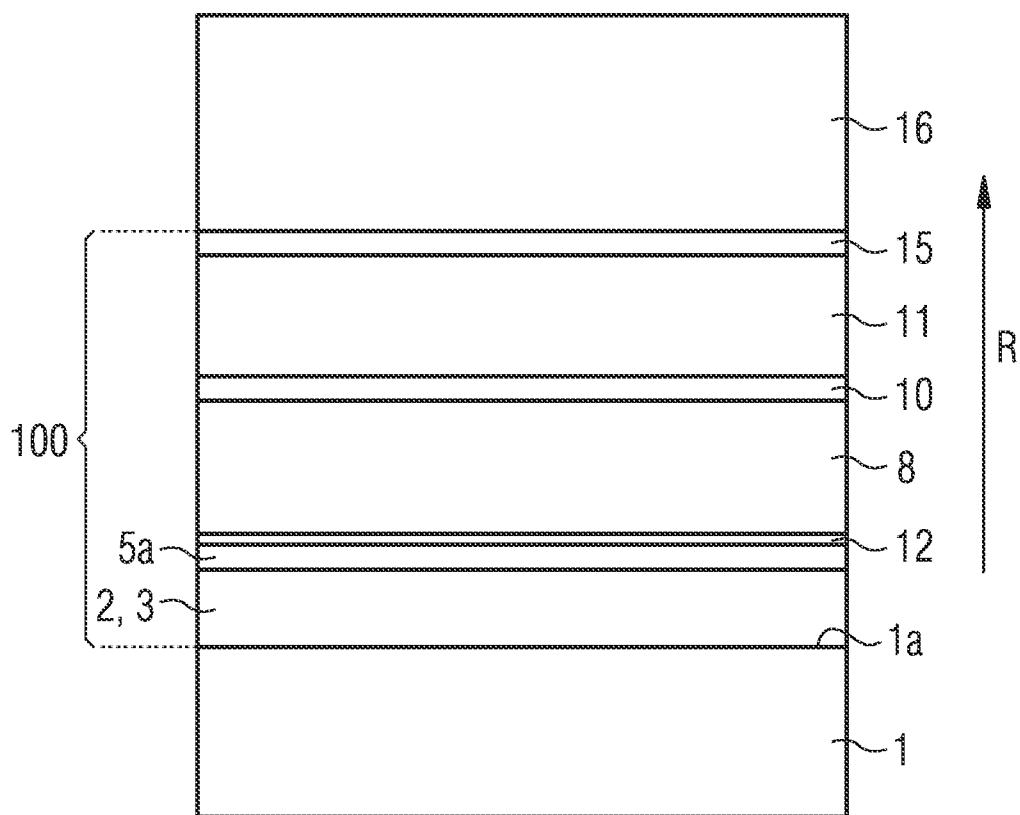
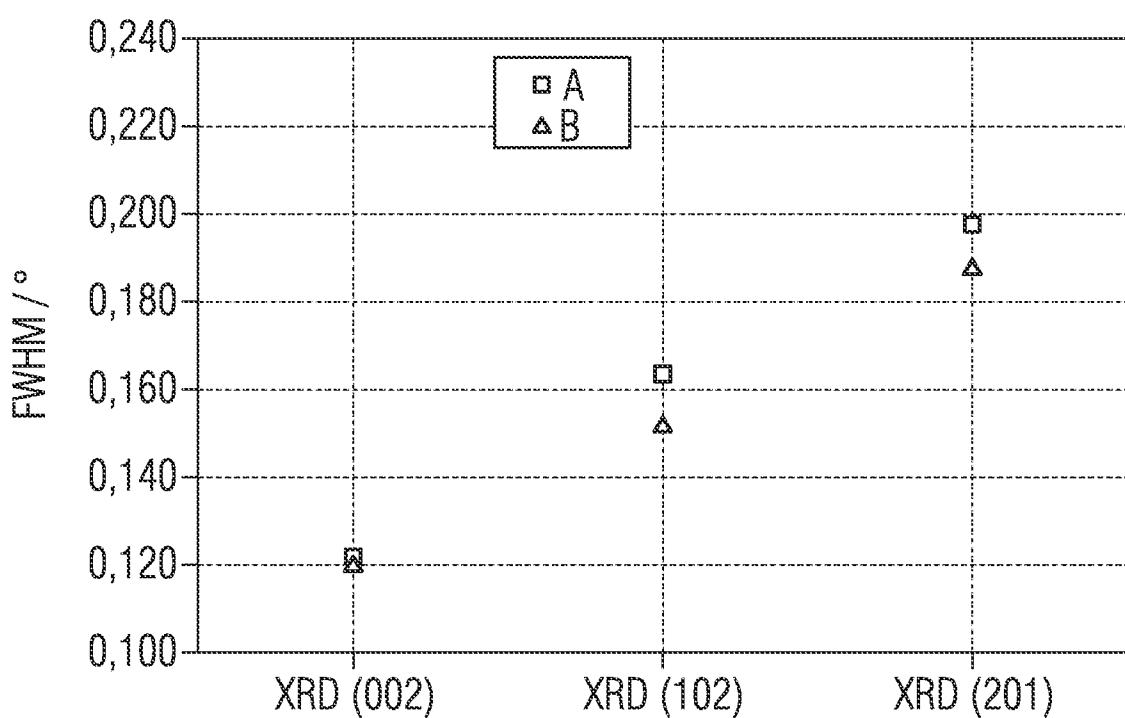


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/064353

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01L21/02 H01L33/00
 ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L H01S

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2007 020979 A1 (AZZURRO SEMICONDUCTORS AG [DE]) 30 October 2008 (2008-10-30) paragraphs [0044], [0047], [0048], [0052], [0056] - [0059] figures 2,3c -----	1-8,10, 11,15
Y	WO 2007/123496 A1 (UNIV SINGAPORE [SG]; CHUA SOO JIN [SG]; ZHOU HAILONG [SG]; LIN JIANYI) 1 November 2007 (2007-11-01) page 6, lines 21-23 page 8, line 11 - page 9, line 13 figure 1A -----	9,12-14
		9,12-14 -/-

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 document 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	Date of mailing of the international search report
29 December 2010	12/01/2011
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 Adams, Richard

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No
PCT/EP2010/064353**C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/002365 A1 (UNIV SOUTH CAROLINA [US]; KHAN M ASIF [US]; ADIVARAHAN VINOD [US]) 31 December 2008 (2008-12-31) page 9, lines 15-19 page 11, line 15 - page 12, line 7 figure 12 ----- US 2008/220555 A1 (SAXLER ADAM WILLIAM [US] ET AL SAXLER ADAM WILLIAM [US] ET AL) 11 September 2008 (2008-09-11) paragraphs [0084], [0085] figure 2 -----	1-3, 10, 11 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/064353

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
DE 102007020979 A1	30-10-2008	CN	101689483 A		31-03-2010
		EP	2150970 A2		10-02-2010
		WO	2008132204 A2		06-11-2008
		JP	2010525595 T		22-07-2010
		KR	20100017413 A		16-02-2010
		US	2010133658 A1		03-06-2010
WO 2007123496 A1	01-11-2007	CN	101467231 A		24-06-2009
		EP	2016614 A1		21-01-2009
		JP	2009535803 T		01-10-2009
		KR	20090015934 A		12-02-2009
WO 2009002365 A1	31-12-2008	US	2010140745 A1		10-06-2010
US 2008220555 A1	11-09-2008	CN	101627458 A		13-01-2010
		EP	2064730 A2		03-06-2009
		JP	2010521065 T		17-06-2010
		WO	2008112097 A2		18-09-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/064353

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L21/02 H01L33/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L H01S

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, IBM-TDB, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2007 020979 A1 (AZZURRO SEMICONDUCTORS AG [DE]) 30. Oktober 2008 (2008-10-30)	1-8, 10, 11, 15
Y	Absätze [0044], [0047], [0048], [0052], [0056] - [0059] Abbildungen 2, 3c -----	9, 12-14
Y	WO 2007/123496 A1 (UNIV SINGAPORE [SG]; CHUA SOO JIN [SG]; ZHOU HAILONG [SG]; LIN JIANYI) 1. November 2007 (2007-11-01) Seite 6, Zeilen 21-23 Seite 8, Zeile 11 - Seite 9, Zeile 13 Abbildung 1A ----- -/-	9, 12-14



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" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldeatum 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 Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldeatum 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

29. Dezember 2010

12/01/2011

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

Adams, Richard

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/064353

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/002365 A1 (UNIV SOUTH CAROLINA [US]; KHAN M ASIF [US]; ADIVARAHAN VINOD [US]) 31. Dezember 2008 (2008-12-31) Seite 9, Zeilen 15-19 Seite 11, Zeile 15 – Seite 12, Zeile 7 Abbildung 12 -----	1-3, 10, 11
X	US 2008/220555 A1 (SAXLER ADAM WILLIAM [US] ET AL SAXLER ADAM WILLIAM [US] ET AL) 11. September 2008 (2008-09-11) Absätze [0084], [0085] Abbildung 2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/064353

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 102007020979 A1	30-10-2008	CN	101689483 A		31-03-2010
		EP	2150970 A2		10-02-2010
		WO	2008132204 A2		06-11-2008
		JP	2010525595 T		22-07-2010
		KR	20100017413 A		16-02-2010
		US	2010133658 A1		03-06-2010
WO 2007123496 A1	01-11-2007	CN	101467231 A		24-06-2009
		EP	2016614 A1		21-01-2009
		JP	2009535803 T		01-10-2009
		KR	20090015934 A		12-02-2009
WO 2009002365 A1	31-12-2008	US	2010140745 A1		10-06-2010
US 2008220555 A1	11-09-2008	CN	101627458 A		13-01-2010
		EP	2064730 A2		03-06-2009
		JP	2010521065 T		17-06-2010
		WO	2008112097 A2		18-09-2008