

(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
17. September 2020 (17.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/182444 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 21/02 (2006.01) H01S 5/323 (2006.01)
H01L 33/12 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/054648

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Februar 2020 (21.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 106 521.6
14. März 2019 (14.03.2019) DE

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

(72) Erfinder: **KOLLER, Andreas**; Theresienweg 4, 93049
Regensburg (DE). **MAYER, Bernd**; Bonifatiusweg 36,
93049 Regensburg (DE).

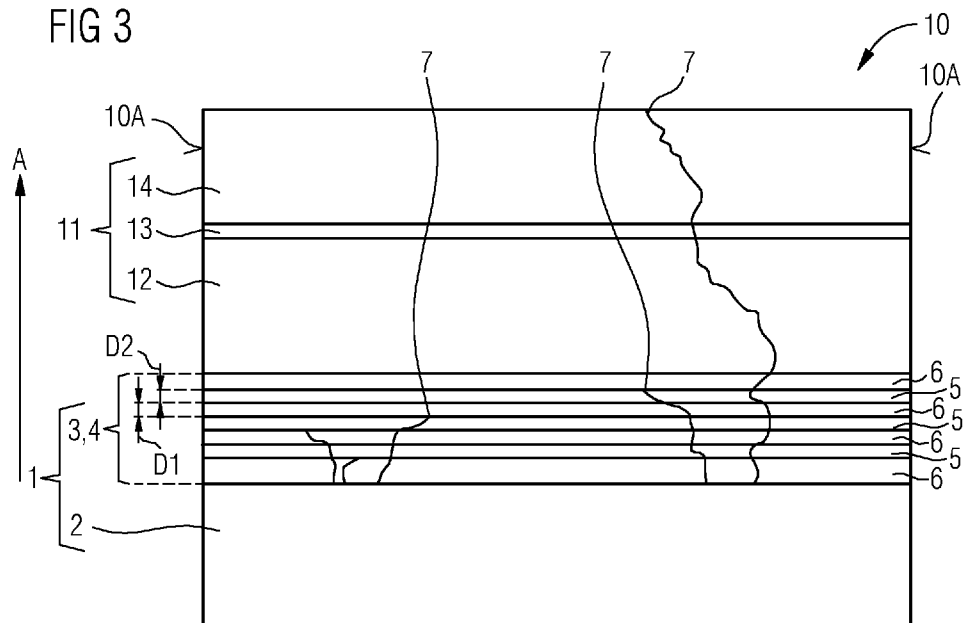
(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH**; Schloßschmidstr. 5,
80639 München (DE).

(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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: GROWTH STRUCTURE FOR A RADIATION-EMITTING SEMICONDUCTOR COMPONENT, AND RADIATION-
EMITTING SEMICONDUCTOR COMPONENT

(54) Bezeichnung: AUFWACHSSTRUKTUR FÜR EIN STRAHLUNG EMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT UND
STRAHLUNG EMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT

FIG 3



(57) Abstract: A growth structure (1) for a radiation-emitting semiconductor component (10) is specified, comprising – a semiconductor substrate (2) containing – a material based on arsenide compound semiconductors, and – a buffer structure (3), which – is arranged on the semiconductor substrate (2), – contains a material based on arsenide compound semiconductors and – has a buffer layer (4) comprising at least one n-doped layer (5), wherein the n-doped layer (5) contains oxygen. Furthermore, a radiation-emitting semiconductor component (10) comprising a growth structure (1) is specified.

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Aufwuchsstruktur (1) für ein Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement (10) angegeben umfassend - ein Halbleitersubstrat (2), das - eine auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält, - eine Pufferstruktur (3), die - auf dem Halbleitersubstrat (2) angeordnet ist, - ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält und - eine Pufferschicht (4) mit zumindest einer n-dotierten Schicht (5) aufweist, wobei die n-dotierte Schicht (5) Sauerstoff enthält. Ferner wird ein Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement (10) mit einer Aufwuchsstruktur (1) angegeben.

Beschreibung

Aufwachsstruktur für ein Strahlung emittierendes
Halbleiterbauelement und Strahlung emittierendes
Halbleiterbauelement

Es wird eine Aufwachsstruktur für ein Strahlung emittierendes
Halbleiterbauelement angegeben, die insbesondere ein auf
Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält.

Es sind Aufwachssubstrate aus GaAs bekannt, die mit dem
Problem einer vergleichsweise hohen Versetzungsdichte
behaftet sind. Während Siliziumwafer für gewöhnlich eine sehr
geringe Versetzungsdichte von weniger als 100 cm^{-2} aufweisen,
liegt die Versetzungsdichte bei GaAs-Wafern hingegen bei 10^5
 cm^{-2} . Dabei können Versetzungen, die im GaAs-Substrat
auftreten, in darüberliegende Schichten einer aufgewachsenen
Halbleiterstruktur weitermigrieren. Bei einem Strahlung
emittierenden Halbleiterbauelement mit einer derartigen
Halbleiterstruktur beziehungsweise Lumineszenzdiodenstruktur
kann es infolgedessen im Betrieb zu spontanen Ausfällen und
einer verstärkten Alterung kommen. Die bislang verwendeten
Pufferschichten oder ELOG („Epitaxial Lateral
Overgrowth“) - Maskierungsschichten können dieses Problem
nicht oder nur mit erheblichem Aufwand verhindern.

Eine zu lösende Aufgabe besteht vorliegend darin, eine
Aufwachsstruktur beziehungsweise ein Strahlung emittierendes
Halbleiterbauelement mit verbesserter Kristallqualität bei
annehmbarem Herstellungsaufwand anzugeben. Diese Aufgabe wird
unter anderem durch eine Aufwachsstruktur beziehungsweise ein
Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement mit den
Merkmale der unabhängigen Gegenstandsansprüche gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Aufwachsstruktur beziehungsweise des Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

5

Es wird eine Aufwachsstruktur für ein Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement angegeben. Insbesondere eignet sich die Aufwachsstruktur für eine Laserdiode. Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Aufwachsstruktur ein

10

Halbleitersubstrat, das ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält. Weiterhin weist die Aufwachsstruktur eine Pufferstruktur auf, die auf dem Halbleitersubstrat angeordnet ist und ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält.

15

„Auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierend“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine derart bezeichnete Struktur oder ein Teil dieser Struktur vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}$ umfasst, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n+m \leq 1$. 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 physikalischen Eigenschaften des Materials im Wesentlichen nicht ändern.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird für die Aufwachsstruktur ein Halbleitersubstrat verwendet, das aus GaAs besteht. Auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierende Halbleitersubstrate beziehungsweise Aufwachsstrukturen eignen sich besonders zur Herstellung von Strahlung emittierenden Halbleiterbauelementen, die auf Arsenid- oder Phosphid-Verbindungshalbleitern basieren.

30

Die Pufferstruktur umfasst eine Pufferschicht, die zumindest eine n-dotierte Schicht aufweist, die Sauerstoff enthält. Die zumindest eine n-dotierte Schicht ist also sauerstoffhaltig. Dabei beträgt ein Stoffmengenanteil des Sauerstoffs in der n-dotierten Schicht zwischen 10^{15} cm^{-3} und 10^{19} cm^{-3} . Insbesondere ist der Stoffmengenanteil des Sauerstoffs in der n-dotierten Schicht größer als 10^{15} cm^{-3} und beträgt höchstens 10^{19} cm^{-3} . Dabei kann der Sauerstoff - zum Beispiel wie ein Dotierstoff - in eine Kristallstruktur der n-dotierten Schicht eingebaut sein. Mit Vorteil trägt der Sauerstoff in der n-dotierten Schicht zur Kompensation der Versetzungsdichte des Halbleitersubstrats bei.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung liegt der Stoffmengenanteil des Sauerstoffs in der n-dotierten sauerstoffhaltigen Schicht zwischen 10^{17} cm^{-3} und 10^{18} cm^{-3} . Anders ausgedrückt kann der Stoffmengenanteil mindestens 100 ppm und höchstens 20000 ppm betragen. Auch hier sind Abweichungen von bis zu 10 % durchaus tolerabel. Mit einem Stoffmengenanteil in den angegebenen Bereichen ist es möglich, dass ein Großteil der Versetzungslinien abgeknickt wird, so dass sie nicht bis an eine Oberfläche des Aufwachssubstrats heranreichen, die zum Aufwachsen der Lumineszenzdiodenstruktur vorgesehen ist.

Vorzugsweise ist die Pufferschicht beziehungsweise die Pufferstruktur insgesamt n-dotiert, was im Betrieb des Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements die elektrische Leitfähigkeit der Pufferschicht beziehungsweise Pufferstruktur gewährleistet. Insbesondere sind mehrere in der Pufferstruktur enthaltene Schichten mit dem gleichen Dotierstoff n-dotiert.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Pufferstruktur beziehungsweise sind in der Pufferstruktur enthaltene Schichten auf dem Halbleitersubstrat aufgewachsen. Dies kann durch epitaktische Abscheidung, beispielsweise mittels MOCVD
5 („Metal-Organic Chemical Vapour Deposition“), MBE („Molecular Beam Epitaxy“) oder LPE („Liquid Phase Epitaxy“), erfolgen. Im Vergleich zu der Herstellung einer Aufwachsstruktur, bei der auf dem Halbleitersubstrat eine ELOG-Maskierungsschicht erzeugt wird, entfällt hierbei die aufwändige Strukturierung
10 der Maskierungsschicht.

Unter der oben erwähnten Versetzungsdichte versteht man die Gesamtlänge aller Versetzungslinien pro Volumeneinheit in einem kristallinen Festkörper. Bei herkömmlichen
15 Halbleiterbauelementen erstrecken sich die Versetzungslinien von dem Aufwachssubstrat bis in die Lumineszenzdiodenstruktur und führen dort zu Störstellen. Dieses Problem wird vorliegend insbesondere mittels der Pufferschicht gelöst.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Halbleitersubstrat Versetzungslinien auf, die sich in die Pufferstruktur fortsetzen und mittels der Pufferschicht abgelenkt werden. Die Erfinder haben herausgefunden, dass insbesondere der in der Pufferschicht verwendete Sauerstoff
25 ein Abknicken der Versetzungslinien des Halbleitersubstrats bewirkt, so dass diese größtenteils nicht in die Lumineszenzdiodenstruktur vordringen können, und die Lumineszenzdiodenstruktur daher weitgehend versetzungsfrei ist oder die Versetzungsdichte eine unwesentliche
30 Größenordnung erlangt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform enthält die zumindest eine n-dotierte sauerstoffhaltige Schicht AlGaAsO. Da AlGaAs

beziehungsweise AlGaAsO nahezu die gleiche Gitterkonstante aufweist wie GaAs, kann das seltener vorkommende Gallium mit Vorteil zumindest teilweise durch das häufiger vorkommende Aluminium ersetzt werden. Dabei beträgt ein Stoffmengenanteil von Aluminium vorzugsweise zwischen einschließlich 1 % und 100%, besonders bevorzugt zwischen einschließlich 1 % und einschließlich 60 %. In anderen Worten enthält die zumindest eine n-dotierte Schicht (5) $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{As:O}$, wobei $0.01 \leq m \leq 1$, besonders bevorzugt $0.01 \leq m \leq 0.6$, gilt. Abweichungen von bis zu 10 % sind dabei durchaus tolerabel. Beispielsweise wird der Sauerstoff mit einer komplexen Aluminiumverbindung in ein GaAs- Material eingebracht, wobei AlGaAsO ausgebildet wird. Insbesondere besteht die zumindest eine n-dotierte sauerstoffhaltige Schicht aus AlGaAsO.

Weiterhin ist die zumindest eine n-dotierte sauerstoffhaltige Schicht vorzugsweise frei von Indium.

Bei einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel besteht die Pufferschicht aus einer n-dotierten, sauerstoffhaltigen Schicht. In diesem Fall handelt es sich bei der Pufferschicht um einen sogenannten „bulk layer“. In anderen Worten ist die Pufferschicht größtenteils homogen, das heißt nur aus einem einzigen Material, und vergleichsweise dick beziehungsweise stabil ausgebildet. Beispielsweise kann die n-dotierte, sauerstoffhaltige Schicht beziehungsweise Pufferschicht eine Dicke zwischen einschließlich 50 nm und einschließlich 800 nm aufweisen. Als Material für die n-dotierte sauerstoffhaltige Schicht beziehungsweise Pufferschicht kommt vorzugsweise AlGaAsO, also mit Sauerstoff versetztes AlGaAs in Frage. Weiterhin kann die n-dotierte Schicht mit Dotierstoffen wie Te und/oder Si n-dotiert sein. Darüber hinaus ist die

Pufferschicht insbesondere weitgehend unterbrechungsfrei ausgebildet.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Pufferschicht
5 mindestens eine n-dotierte, sauerstofffreie Schicht, das heißt eine Schicht ohne Sauerstoff, und mindestens eine n-dotierte, sauerstoffhaltige Schicht aufweisen, die aufeinander angeordnet sind. Insbesondere weist die Pufferschicht mehrere jeweils n-dotierte, sauerstofffreie und
10 mehrere jeweils n-dotierte sauerstoffhaltige Schichten auf, die abwechselnd angeordnet sind. Dabei kann die mindestens eine sauerstoffhaltige Schicht aus AlGaAsO gebildet sein. Für die mindestens eine sauerstofffreie Schicht kommt vorzugsweise GaAs in Betracht. Besonders bevorzugt besteht
15 die Pufferschicht aus einem Übergitter, das heißt aus einer Abfolge von dünnen Schichten, die sich periodisch wiederholen. Beispielsweise kann das Übergitter 5 bis 20 Wiederholungen aufweisen. Dabei kann die mindestens eine sauerstofffreie Schicht dicker ausgebildet sein als die
20 mindestens eine sauerstoffhaltige Schicht. Die mindestens eine sauerstofffreie Schicht ist vorzugsweise mit einer Dicke zwischen einschließlich 0,5 nm, was einer Monolage entspricht, vorzugsweise 2 nm, und einschließlich 10 nm ausgebildet. Weiterhin kann die Dicke der mindestens einen
25 sauerstoffhaltigen Schicht zwischen 0,5 nm, vorzugsweise 1 nm, und 5 nm betragen. Abweichungen von bis zu 10 % sind dabei durchaus tolerabel. Zum Beispiel kann als n-Dotierstoff für die mindestens eine sauerstofffreie Schicht Tellur, Silizium oder Schwefel verwendet werden. Sowohl in den
30 sauerstoffhaltigen als auch in den sauerstofffreien Schichten kann jeweils derselbe n-Dotierstoff zur Dotierung dieser Schichten Verwendung finden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform besteht die Pufferstruktur aus der Pufferschicht, das heißt die Pufferstruktur weist außer der Pufferschicht keine weiteren Schichten auf.

5

Alternativ kann die Pufferstruktur zumindest eine weitere Pufferschicht aufweisen. Die weitere Pufferschicht ist beispielsweise auf einer dem Halbleitersubstrat zugewandten Seite der oben beschriebenen ersten Pufferschicht angeordnet.

10 Die weitere, zweite Pufferschicht kann GaAs enthalten und n-dotiert sein. Zum Beispiel kann als n-Dotierstoff Tellur, Silizium oder Schwefel für die weitere Pufferschicht verwendet werden. Insbesondere ist die zweite Pufferschicht frei von Sauerstoff. Weist die Pufferstruktur eine weitere
15 Pufferschicht auf, so kann die erste Pufferschicht dünner ausgebildet sein. In diesem Fall kann bereits eine Dicke von etwa 10 nm ausreichend sein.

Zusätzlich oder alternativ kann die Pufferstruktur auf einer
20 dem Halbleitersubstrat abgewandten Seite der ersten Pufferschicht eine weitere Pufferschicht aufweisen. Auch diese Pufferschicht kann GaAs enthalten und mit einem n-Dotierstoff wie etwa Tellur, Silizium oder Schwefel dotiert und dabei frei von Sauerstoff sein.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Pufferstruktur eine erste Pufferschicht, die aus einem Übergitter mit den oben genannten Eigenschaften besteht, sowie eine zweite und/oder dritte Pufferschicht, die
30 (jeweils) als „bulk layer“ mit den oben genannten Eigenschaften ausgebildet sind.

Mittels der weiteren Pufferschicht(en) kann die Kristallqualität der Aufwachsstruktur weiter verbessert werden. Außerdem kann dadurch die Gitterkonstante der Aufwachsstruktur an die Gitterkonstante des Halbleitersubstrats weiter angenähert werden.

Ferner ist es denkbar, dass die Pufferstruktur eine erste Pufferschicht umfasst, die als „bulk layer“ mit den oben genannten Eigenschaften ausgebildet ist, und darüber hinaus eine zweite und/oder dritte Pufferschicht aufweist, die (jeweils) aus einem Übergitter mit den oben genannten Eigenschaften bestehen.

Beispielsweise kann die zumindest eine weitere Pufferschicht bei einer Ablösung des Halbleitersubstrats beziehungsweise der Aufwachsstruktur von der Lumineszenzdiodenstruktur als Ätzstoppschicht dienen.

Es wird ein Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement angegeben, das eine wie oben beschriebene Aufwachsstruktur aufweist. Insbesondere umfasst also die Aufwachsstruktur ein Halbleitersubstrat, das ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält. Darüber hinaus umfasst die Aufwachsstruktur eine Pufferstruktur, die auf dem Halbleitersubstrat angeordnet ist, die ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält und die eine Pufferschicht mit zumindest einer n-dotierten Schicht aufweist, die Sauerstoff enthält.

Weiterhin weist das Strahlung emittierende Halbleiterbauelement eine auf Arsenid- oder Phosphid-Verbindungshalbleitern basierende Lumineszenzdiodenstruktur auf, die einen ersten Bereich eines ersten

Leitfähigkeitstyps, einen zweiten Bereich eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einen zwischen dem ersten und zweiten Bereich angeordneten aktiven Bereich zur Strahlungserzeugung aufweist, wobei die Lumineszenzdiodenstruktur auf die
5 Aufwachsstruktur aufgewachsen ist. Vorzugsweise handelt es sich bei dem ersten Bereich um einen n-leitenden Bereich und bei dem zweiten Bereich um einen p-leitenden Bereich. Besonders bevorzugt ist der erste Bereich auf einer der Aufwachsstruktur zugewandten Seite des aktiven Bereichs
10 angeordnet, während sich der zweite Bereich auf einer der Aufwachsstruktur abgewandten Seite des aktiven Bereichs befindet.

„Auf Arsenid- oder Phosphid-Verbindungshalbleitern basierend“
15 bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine derart bezeichnete Struktur oder ein Teil dieser Struktur vorzugsweise $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{As}$ oder $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{P}$ umfasst, wobei $0 \leq n \leq 1$, $0 \leq m \leq 1$ und $n+m \leq 1$. Dabei muss dieses Material nicht zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel
20 aufweisen. Vielmehr kann es einen oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen, die die physikalischen Eigenschaften des Materials im Wesentlichen nicht ändern. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters
25 (Al, Ga, In, P), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt sein können.

Beispielsweise kann die Lumineszenzdiodenstruktur mittels MOCVD („Metal-Organic Chemical Vapour Deposition“), MBE
30 („Molecular Beam Epitaxy“) oder LPE („Liquid Phase Epitaxy“) epitaktisch auf die Aufwachsstruktur aufgewachsen sein.

Die auf Arsenid- oder Phosphid-Verbindungshalbleitern basierende Lumineszenzdiodenstruktur beziehungsweise deren aktiver Bereich ist zur Erzeugung von Strahlung mit einer Wellenlänge im roten ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{P}$) bis infraroten

5 ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$) Spektralbereich besonders geeignet.

Insbesondere sendet das Strahlung emittierende Halbleiterbauelement im Betrieb Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 750 nm und 1200 nm aus.

10 Der aktive Bereich der Lumineszenzdiodenstruktur weist vorzugsweise einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfachquantentopfstruktur (SQW) oder eine Mehrfachquantentopfstruktur (MQW) zur Strahlungserzeugung auf. Die Bezeichnung Quantentopfstruktur umfasst im Rahmen
15 der Anmeldung insbesondere jegliche Struktur, bei der Ladungsträger durch Einschluss (confinements) eine Quantisierung mehrerer Energiezustände erfahren können. Insbesondere beinhaltet die Bezeichnung Quantentopfstruktur keine Angabe über die Dimensionalität der Quantisierung. Sie
20 umfasst somit unter anderem Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen.

Der n-leitende Bereich, der aktive Bereich und der p-leitende Bereich können jeweils eine oder mehrere Schichten aufweisen.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei dem Strahlung emittierenden Halbleiterbauelement um eine Laserdiode, also um einen kohärenten Emitter. Insbesondere handelt es sich bei der Laserdiode um eine

30 Hochleistungslaserdiode, die eine Strahlungsleistung von einschließlich 20 W bis einschließlich 300 W bei einem Strom zwischen 20 A und 300 A erbringt. Um eine derartige Strahlungsleistung zu erreichen, kann die

Lumineszenzdiodenstruktur des Halbleiterbauelements als Laserbarren ausgebildet sein und mehrere nebeneinanderliegende streifenförmige Bereiche aufweisen, die elektrisch parallel betrieben werden. Das

5 Halbleiterbauelement weist insbesondere mindestens zehn nebeneinanderliegende streifenförmige Bereiche auf.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das Strahlung emittierende Halbleiterbauelement ein Kantenemitter. Dies
10 bedeutet, dass die von dem aktiven Bereich erzeugte Strahlung an zumindest einer Seitenfläche des Halbleiterbauelements austritt. Die Seitenflächen begrenzen das Halbleiterbauelement in lateralen Richtungen, das heißt in Richtungen, die quer, insbesondere senkrecht, zu einer
15 Aufwachsrichtung der Lumineszenzdiodenstruktur verlaufen. Die Aufwachsrichtung gibt die Richtung an, in welcher die Schichten der Lumineszenzdiodenstruktur nacheinander auf die Aufwachsstruktur aufgebracht werden.

20 Alternativ kann es sich bei dem Strahlung emittierenden Bauelement um einen Oberflächenemitter handeln. Hierbei tritt die in dem aktiven Bereich erzeugte Strahlung an einer Hauptfläche des Halbleiterbauelements aus. Durch die Hauptfläche wird das Halbleiterbauelement auf einer der
25 Aufwachsstruktur abgewandten Seite der Lumineszenzdiodenstruktur nach außen begrenzt. Zwar ist die Strahlungsleistung, die mit einem Oberflächenemitter erzielt werden kann, in der Regel geringer als bei einem Kantenemitter. Jedoch weisen Oberflächenemitter häufig eine
30 bessere Strahlqualität auf.

Insgesamt entscheidet also die Verwendung des Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements darüber, ob es als

Kantenemitter oder als Oberflächenemitter ausgebildet wird. Während Kantenemitter beispielsweise als Pumplaser Anwendung finden, werden Oberflächenemitter zum Beispiel als optische Sender für Glasfaser-Datenübertragung und weiterhin für
5 Laserdrucker benutzt.

Weitere Vorteile, bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Aufwuchsstruktur sowie des Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements ergeben sich aus den
10 nachfolgenden Erläuterungen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 4.

Es zeigen:

- 15 Figur 1 eine schematische Darstellung einer TEM-Aufnahme einer herkömmlichen, auf Nitrid-Verbindungshalbleitern basierenden Halbleiterstruktur (Quelle: Dissertation „Metallorganische Gasphasen-Epitaxie von Gruppe
20 III-Nitrid-basierten LED Strukturen auf Silizium“, Seite 136, Bild 5.36, 07.07.1982, Sebastian Drechsel),
- Figur 2 eine schematische Querschnittsdarstellung eines
25 Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements gemäß einem Vergleichsbeispiel,
- Figur 3 eine schematische Querschnittsdarstellung eines
30 Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 4 ein schematische Querschnittsdarstellung eines Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

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

Die Figuren 1 bis 4 sind jeweils schematische Darstellungen und daher nicht unbedingt maßstabsgetreu. Vielmehr können
10 vergleichsweise kleine Elemente und insbesondere Schichtdicken zur Verdeutlichung übertrieben groß dargestellt sein.

Figur 1 zeigt eine herkömmliche, auf Nitrid-
15 Verbindungshalbleitern basierende Halbleiterstruktur 15.

„Auf Nitrid-Verbindungshalbleitern basierend“ bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass die aktive Epitaxie-Schichtenfolge oder zumindest eine Schicht davon ein Nitrid-
20 III/V-Verbindungshalbleitermaterial umfasst.

Die Halbleiterstruktur 15 weist eine Aufwachsstruktur 1 und eine darauf aufgewachsene Halbleiterschichtenfolge 17 auf. Die Aufwachsstruktur 1 umfasst ein Halbleitersubstrat 2 und
25 eine ELOG („Epitaxial Lateral Overgrowth“) -Maskierungsschicht 16, die auf dem Halbleitersubstrat 2 aufgebracht ist. Die ELOG-Maskierungsschicht 16 ist zur Reduzierung der Versetzungsdichte in der Halbleiterstruktur 15 vorgesehen.
30 Die Maskierungsschicht 16 ist aus SiN gebildet, während das Halbleitersubstrat 2 aus Saphir besteht.

Die ELOG-Maskierungsschicht 16 weist eine Vielzahl von Aussparungen (nicht gekennzeichnet) auf, durch die hindurch die Halbleiterschichtenfolge 17 durch epitaktisches Wachstum auf dem Halbleitersubstrat 2 ausgebildet ist. Da sich hierbei
5 Versetzungen nur durch die Aussparungen hindurch ausbreiten können, weist die Aufwachsstruktur 1 auf einer der Halbleiterschichtenfolge 17 zugewandten Seite im Vergleich zum Halbleitersubstrat 2 eine reduzierte Versetzungsdichte auf.

10

Wie aus Figur 1 hervorgeht, treten dennoch Durchbrüche 18 von Störstellen auf. Außerdem ist die Herstellung der Aussparungen in der ELOG-Maskierungsschicht 16 etwa durch fotolithografische Strukturierung vergleichsweise aufwändig.

15

Figur 2 zeigt ein Vergleichsbeispiel eines Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements 10. Das Strahlung emittierende Halbleiterbauelement 10 umfasst eine Aufwachsstruktur 1 und eine darauf angeordnete

20

Lumineszenzdiodenstruktur 11, die zur Erzeugung von Strahlung, vorzugsweise im infraroten Bereich, vorgesehen ist.

25

Die Aufwachsstruktur 1 weist ein Halbleitersubstrat 2 aus GaAs mit einer vergleichsweise hohen Versetzungsdichte auf. Zur Reduzierung der Versetzungsdichte enthält die Aufwachsstruktur 1 eine Pufferschicht 4, die auf dem Halbleitersubstrat 2 angeordnet und auf welcher die Lumineszenzdiodenstruktur 11 aufgewachsen ist.

30

Bei der Pufferschicht 4 handelt es sich um eine n-dotierte Schicht aus GaAs, die frei von Sauerstoff ist. Beispielsweise wird als n- Dotierstoff hierbei Tellur verwendet.

Auf der Aufwachsstruktur 1 ist die Lumineszenzdiodenstruktur 11 abgeschieden. Die Lumineszenzdiodenstruktur 11 enthält auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierende Materialien.

Angrenzend an die Aufwachsstruktur 1 weist die

- 5 Lumineszenzdiodenstruktur 11 einen ersten, n-leitenden Bereich 12 auf, dem in einer Aufwachsrichtung A ein aktiver Bereich 13 zur Strahlungserzeugung nachgeordnet ist. Auf den aktiven Bereich 13 folgt in der Aufwachsrichtung A ein zweiter, p-leitender Bereich 14.

10

Die in der Aufwachsstruktur 1 enthaltene Pufferschicht 4 kann zwar größtenteils ohne Versetzungen ausgebildet werden.

Allerdings kann die Pufferschicht 4 nicht in ausreichendem Maße verhindern, dass während des Aufwachsens der

- 15 Lumineszenzdiodenstruktur 11 oder später im Betrieb des Bauelementes eine Migration der Versetzungslinien 7 von dem Halbleitersubstrat 2 in die Lumineszenzdiodenstruktur 11 stattfindet. Wie aus Figur 2 hervorgeht, erstrecken sich die Versetzungslinien 7 von dem Halbleitersubstrat 2 durch den
20 ersten Bereich 12 und den aktiven Bereich 13 hindurch bis in den zweiten Bereich 14 und mindern dadurch die Kristallqualität des Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements 10.

- 25 Insgesamt kann also weder durch die in Verbindung mit Figur 1 beschriebene Maskierungsschicht 16 noch durch die in Verbindung mit Figur 2 beschriebene Pufferschicht 4 eine Kristallqualität ausreichender Güte bei annehmbarem Herstellungsaufwand erzielt werden.

30

Anders verhält es sich bei den nachfolgend in Verbindung mit den Figuren 3 und 4 beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Das in Figur 3 dargestellte Strahlung emittierende Halbleiterbauelement 10 weist eine Aufwachsstruktur 1 und eine darauf angeordnete Lumineszenzdiodenstruktur 11 zur Strahlungserzeugung auf.

5

Bei der Aufwachsstruktur 1 handelt es sich um eine zusammengesetzte Komponente, die ein Halbleitersubstrat 2 und eine auf dem Halbleitersubstrat 2 angeordnete Pufferstruktur 3 aufweist. Das Halbleitersubstrat 2 bildet insbesondere ein Aufwachssubstrat, das sowohl zum Aufwachsen der Pufferstruktur 3 als auch zum Aufwachsen der Lumineszenzdiodenstruktur 11 geeignet ist. Ferner bildet das Halbleitersubstrat 2 mit Vorteil einen selbsttragenden stabilen Grundkörper und kann im fertigen Strahlung emittierenden Halbleiterbauelement 10 als Trägerkörper dienen. Alternativ kann das Halbleitersubstrat 2 entfernt oder zumindest gedünnt werden und beispielsweise durch einen anderen Träger ersetzt werden.

Sowohl das Halbleitersubstrat 2 als auch die Pufferstruktur 3 sind aus Materialien gebildet, die auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basieren. Vorzugsweise besteht das Halbleitersubstrat 2 aus GaAs.

Auch die Lumineszenzdiodenstruktur 11 kann auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierende Materialien enthalten. Alternativ kann die Lumineszenzdiodenstruktur 11 Materialien enthalten, die auf Phosphid-Verbindungshalbleitern basieren.

Geeignete Methoden zur Herstellung der Puffer- und Lumineszenzdiodenstruktur 3, 11 sind beispielsweise MOCVD („Metal-Organic Chemical Vapour Deposition“), MBE („Molecular Beam Epitaxy“) oder LPE („Liquid Phase Epitaxy“).

Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel besteht die Pufferstruktur 3 aus einer Pufferschicht 4, die ein Übergitter aufweist. Dabei umfasst die Pufferschicht 4 mehrere n-dotierte, sauerstofffreie Schichten 6 und mehrere n-dotierte, sauerstoffhaltige Schichten 5, die in abwechselnder Reihenfolge aufeinander angeordnet sind. Als Materialsystem kommt für die sauerstoffhaltigen Schichten 5 insbesondere AlGaAsO in Frage. Dabei beträgt ein Stoffmengenanteil von Aluminium vorzugsweise zwischen einschließlich 1 % und 100%, insbesondere zwischen einschließlich 1 % und einschließlich 60 %. In anderen Worten enthalten die n-dotierten, sauerstoffhaltigen Schichten 5 jeweils $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{As:O}$, wobei $0.01 \leq m \leq 1$, besonders bevorzugt $0.01 \leq m \leq 0.6$, gilt. Vorzugsweise ist der Stoffmengenanteil von Sauerstoff größer als 10^{15} cm^{-3} und beträgt höchstens 10^{19} cm^{-3} . Besonders bevorzugt liegt der Stoffmengenanteil des Sauerstoffs in den n-dotierten Schichten 5 zwischen 10^{17} cm^{-3} und 10^{18} cm^{-3} . Anders ausgedrückt kann der Stoffmengenanteil mindestens 100 ppm und höchstens 20000 ppm betragen. Für die sauerstofffreien Schichten 6 ist GaAs besonders geeignet. Abweichungen von bis zu 10 % sind bei den angegebenen Stoffmengenanteilen durchaus tolerabel. Sowohl in den sauerstoffhaltigen als auch in den sauerstofffreien Schichten 6, 5 kann jeweils derselbe n-Dotierstoff zur Dotierung dieser Schichten Verwendung finden.

Die sauerstofffreien Schichten 6 sind vorzugsweise mit einer Dicke D1 zwischen einschließlich 0,5 nm, vorzugsweise 2 nm, und einschließlich 10 nm ausgebildet. Weiterhin beträgt die Dicke D2 der sauerstoffhaltigen Schichten 5 insbesondere zwischen 0,5 nm, vorzugsweise 1 nm, und 5 nm. Abweichungen von bis zu 10 % sind dabei durchaus tolerabel.

Die Lumineszenzdiodenstruktur 11 weist einen ersten Bereich 12 eines ersten Leitfähigkeitstyps, einen zweiten Bereich 14 eines zweiten Leitfähigkeitstyps und einen zwischen dem ersten und zweiten Bereich 14 angeordneten aktiven Bereich 13 zur Strahlungserzeugung auf. Vorzugsweise handelt es sich bei dem ersten Bereich 12 um einen n-leitenden Bereich und bei dem zweiten Bereich um einen p-leitenden Bereich 14.

Weiterhin ist der erste Bereich 12 auf einer der Aufwachsstruktur 1 zugewandten Seite des aktiven Bereichs 13 angeordnet, während sich der zweite Bereich 14 auf einer der Aufwachsstruktur 1 abgewandten Seite des aktiven Bereichs 13 befindet.

Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, gehen von dem Halbleitersubstrat 2 Versetzungslinien 7 aus, die bis in die Pufferstruktur 3 beziehungsweise Pufferschicht 4 reichen. Mittels der Pufferstruktur 3 beziehungsweise Pufferschicht 4 werden die Versetzungslinien 7 größtenteils abgelenkt, so dass sie nicht bis in die Lumineszenzdiodenstruktur 11 weitermigrieren. Die Erfinder haben herausgefunden, dass insbesondere der verwendete Sauerstoff in den n-dotierten Schichten 5 ein Abknicken der Versetzungslinien bewirkt, so dass diese größtenteils nicht in die Lumineszenzdiodenstruktur 11 vordringen können.

Dieser Effekt kann auch bei einer Pufferstruktur 3 erzielt werden, die nicht wie im dargestellten Ausführungsbeispiel aus nur einer Pufferschicht 4 besteht, sondern zumindest eine weitere Pufferschicht (nicht dargestellt) aufweist. Eine weitere Pufferschicht kann auf einer dem Halbleitersubstrat 2 zugewandten Seite der Pufferschicht 4 oder auf einer dem Halbleitersubstrat 2 abgewandten Seite der Pufferschicht 4 angeordnet sein. Es können auch zwei weitere Pufferschichten

vorgesehen sein, zwischen denen dann die Pufferschicht 4 angeordnet ist. Die zumindest eine weitere Pufferschicht kann GaAs enthalten, frei von Sauerstoff und darüber hinaus n-dotiert sein. Zum Beispiel kann als n-Dotierstoff Tellur verwendet werden. Ferner ist es denkbar, dass die zumindest eine weitere Pufferschicht als „bulk layer“ mit den nachfolgend in Verbindung mit Figur 4 beschriebenen Eigenschaften ausgebildet sind.

Das Strahlung emittierende Halbleiterbauelement 10 ist als Laserdiode ausgebildet, die insbesondere Strahlung im infraroten Bereich mit einer Wellenlänge zwischen 750 nm und 1200 nm emittiert. Ferner handelt es sich bei dem dargestellten Strahlung emittierenden Halbleiterbauelement 10 um einen Kantenemitter, der die von dem aktiven Bereich 13 erzeugte Strahlung an einer parallel zur Bildebene angeordneten Seitenfläche des Halbleiterbauelements 10 emittiert. Die Seitenflächen 10A sowie die parallel zur Bildebene angeordneten (nicht dargestellten) Seitenflächen begrenzen das Halbleiterbauelement 10 in lateralen Richtungen, das heißt in Richtungen, die quer, insbesondere senkrecht, zu einer Aufwachsrichtung A der Lumineszenzdiodenstruktur verlaufen. Die Aufwachsrichtung A gibt die Richtung an, in welcher die Bereiche 12, 13, 14 der Lumineszenzdiodenstruktur 11 nacheinander auf die Aufwachsstruktur 1 aufgebracht sind.

Insbesondere handelt es sich bei dem Strahlung emittierenden Bauelement 10 um eine Hochleistungslaserdiode, die eine Strahlungsleistung von einschließlich 20 W bis einschließlich 300 W bei einem Strom zwischen 20 A und 300 A erbringt. Um eine derartige Strahlungsleistung zu erreichen, kann die Lumineszenzdiodenstruktur 11 des Halbleiterbauelements 10 als

Laserbarren ausgebildet sein und dabei mehrere nebeneinanderliegende streifenförmige Bereiche umfassen, die jeweils eine wie in Figur 3 dargestellte Struktur aufweisen.

5 Das in Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel eines Strahlung emittierenden Halbleiterbauelements 10 weist einen ähnlichen Aufbau wie das in Figur 3 dargestellte Halbleiterbauelement 10 auf. Insofern wird auf die oben gemachten Ausführungen verwiesen. Unterschiede bestehen bei
10 der Pufferstruktur 3, auf die nachfolgend näher eingegangen wird.

Das Strahlung emittierende Halbleiterbauelement 10 umfasst eine Aufwachsstruktur 1 und eine darauf angeordnete
15 Lumineszenzdiodenstruktur 11 zur Strahlungserzeugung. Beide Strukturen 1, 11 können auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierende Materialien enthalten. Alternativ kann die Lumineszenzdiodenstruktur 11 aus Materialien gebildet sein, die auf Phosphid-Verbindungshalbleitern basieren.

20

Die Aufwachstruktur 1 umfasst ein Halbleitersubstrat 2, vorzugsweise ein GaAs-Substrat, und eine Pufferstruktur 3, die insbesondere auf dem Halbleitersubstrat 2 aufgewachsen ist.

25

Die Pufferstruktur 3 weist eine erste Pufferschicht 4 auf, die aus einer n-dotierten, sauerstoffhaltigen Schicht 5 besteht. Die Pufferschicht 4 weist als Materialsystem AlGaAs auf, das mit Sauerstoff versetzt ist. Die Pufferschicht 4 ist
30 also aus AlGaAsO gebildet. Bei der Pufferschicht 4 handelt es sich um einen sogenannten „bulk layer“. In anderen Worten ist die Pufferschicht 4 größtenteils homogen, das heißt nur aus

einem einzigen Materialsystem, und vergleichsweise dick beziehungsweise stabil ausgebildet.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Pufferstruktur 3 zwei weitere Pufferschichten 8, 9 auf, zwischen denen die erste Pufferschicht 4 angeordnet ist. In diesem Fall kann die erste Pufferschicht 4 vergleichsweise dünn mit einer Dicke D von etwa 10 nm ausgebildet werden.

Die zweite und dritte Pufferschicht 8, 9 können jeweils GaAs enthalten und n-dotiert sein, wobei als n-Dotierstoff zum Beispiel Tellur verwendet wird. Insbesondere sind die Pufferschichten 8, 9 frei von Sauerstoff. Alternativ können die zweite und dritte Pufferschicht 8, 9 jeweils aus einem Übergitter, wie in Verbindung mit der in Figur 3 dargestellten Pufferschicht 4 beschrieben, bestehen.

Ferner ist es denkbar, dass die Pufferstruktur 3 nur eine weitere Pufferschicht aufweist, die auf einer dem Halbleitersubstrat 2 zugewandten oder abgewandten Seite der ersten Pufferschicht 4 angeordnet ist.

Auch ist es möglich, dass die Pufferstruktur 3 nur aus der Pufferschicht 4 besteht. In diesem Fall ist die Pufferschicht 4 vergleichsweise dick mit einer bevorzugten Dicke D zwischen einschließlich 50 nm und einschließlich 150 nm ausgebildet, wobei Abweichungen bis zu 10 % tolerabel sind.

Bei dem Strahlung emittierenden Bauelement 10 handelt es sich vorzugsweise um eine kantenemittierende Laserdiode mit den bereits in Verbindung mit Figur 3 beschriebenen Eigenschaften. Es kann sich jedoch bei dem Strahlung emittierenden Halbleiterbauelement 10 auch um eine

oberflächenemittierende Laserdiode handeln, bei dem die Strahlung an einer Hauptfläche 10B des Halbleiterbauelements 10 ausgekoppelt wird.

- 5 Insgesamt kann mittels der vorliegend beschriebenen Pufferstrukturen 3 die Kristallqualität der Lumineszenzdiodenstrukturen 11 verbessert werden, so dass bei den Halbleiterbauelementen 10 weniger Ausfälle auftreten und die Betriebsdauer verlängert werden kann.

10

- Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in
15 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
20 Patentanmeldung 102019106521.6, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Bezugszeichenliste

	1	Aufwachsstruktur
	2	Halbleitersubstrat
5	3	Pufferstruktur
	4	Pufferschicht
	5	sauerstoffhaltige Schicht
	6	sauerstofffreie Schicht
	7	Versetzungslinie
10	8, 9	weitere Pufferschicht
	10	Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement
	10A	Seitenfläche
	10B	Hauptfläche
	11	Lumineszenzdiodenstruktur
15	12	erster Bereich
	13	aktiver Bereich
	14	zweiter Bereich
	15	Halbleiterstruktur
	16	Maskierungsschicht
20	17	Halbleiterschichtenfolge
	18	Durchbruch
	A	Aufwachsrichtung
	D, D1, D2	Dicke

Patentansprüche

1. Aufwuchsstruktur (1) für ein Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement (10) umfassend

- 5 - ein Halbleitersubstrat (2), das
- ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält,
- eine Pufferstruktur (3), die
- auf dem Halbleitersubstrat (2) angeordnet ist,
- 10 - ein auf Arsenid-Verbindungshalbleitern basierendes Material enthält und
- eine Pufferschicht (4) mit zumindest einer n-dotierten Schicht (5) aufweist, wobei
- die n-dotierte Schicht (5) Sauerstoff enthält und ein
- 15 Stoffmengenanteil des Sauerstoffs in der n-dotierten Schicht (5) zwischen 10^{15} cm^{-3} und 10^{19} cm^{-3} beträgt.

2. Aufwuchsstruktur (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Halbleitersubstrat (2) Versetzungslinien (7)

20 aufweist, die sich in die Pufferstruktur (3) fortsetzen und mittels der Pufferschicht (4) abgelenkt werden.

3. Aufwuchsstruktur (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

25 wobei die zumindest eine n-dotierte Schicht (5) AlGaAsO enthält.

4. Aufwuchsstruktur (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch, wobei die zumindest eine n-dotierte Schicht (5) $\text{Al}_m\text{Ga}_{1-m}\text{As}:\text{O}$

30 enthält und $0.01 \leq m \leq 1$ ist.

5. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine n-dotierte Schicht (5) aus AlGaAsO besteht.

5 6. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei ein Stoffmengenanteil des Sauerstoffs in der n-dotierten Schicht (5) mindestens 100 ppm und höchstens 20000 ppm beträgt.

10

7. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pufferschicht (4) aus einer n-dotierten sauerstoffhaltigen Schicht (5) besteht.

15

8. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6,
wobei die Pufferschicht (4) mindestens eine n-dotierte, sauerstofffreie Schicht (6) und mindestens eine n-dotierte, sauerstoffhaltige Schicht (5) aufweist, die aufeinander
20 angeordnet sind.

25

9. Aufwachsstruktur (1) gemäß dem vorhergehenden Anspruch,
wobei die Pufferschicht (4) mehrere n-dotierte, sauerstofffreie Schichten (6) und mehrere n-dotierte, sauerstoffhaltige Schichten (5) aufweist, die abwechselnd
angeordnet sind.

30

10. Aufwachsstruktur (1) gemäß Anspruch 8 oder 9,
wobei die mindestens eine sauerstofffreie Schicht (6) eine Dicke zwischen 0,5 nm und 10 nm aufweist.

11. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10,

wobei die mindestens eine sauerstoffhaltige Schicht (5) eine Dicke zwischen 0,5 nm und 5 nm aufweist.

12. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 11,
5 wobei die sauerstofffreie Schicht (6) GaAs enthält.

13. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Halbleitersubstrat (2) aus GaAs besteht.

10

14. Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Pufferstruktur (3) zumindest eine weitere Pufferschicht (2, 3) aufweist, die n-dotiert ist und frei von
15 Sauerstoff ist.

15. Strahlung emittierendes Halbleiterbauelement (10) umfassend

20

- eine Aufwachsstruktur (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, und
- eine auf Arsenid- oder Phosphid-Verbindungshalbleitern basierende Lumineszenzdiodenstruktur (11), die einen ersten Bereich (12) eines ersten Leitfähigkeitstyps, einen zweiten Bereich (14) eines zweiten Leitfähigkeitstyps und
25 einen zwischen dem ersten und zweiten Bereich (12, 14) angeordneten aktiven Bereich (13) zur Strahlungserzeugung aufweist,

wobei

30

die Lumineszenzdiodenstruktur (11) auf die Aufwachsstruktur (1) aufgewachsen ist.

1/2

FIG 1

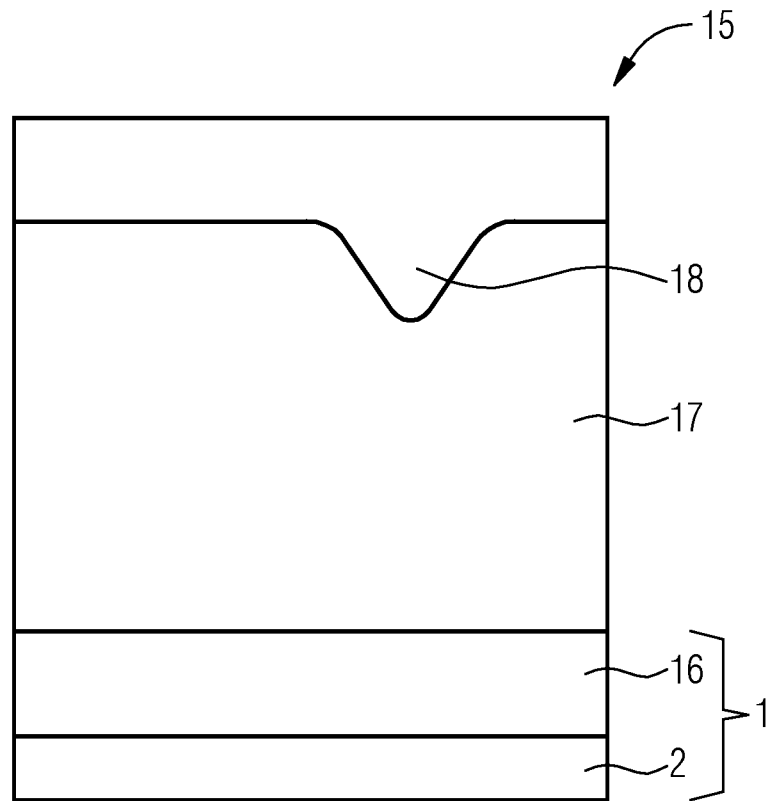


FIG 2

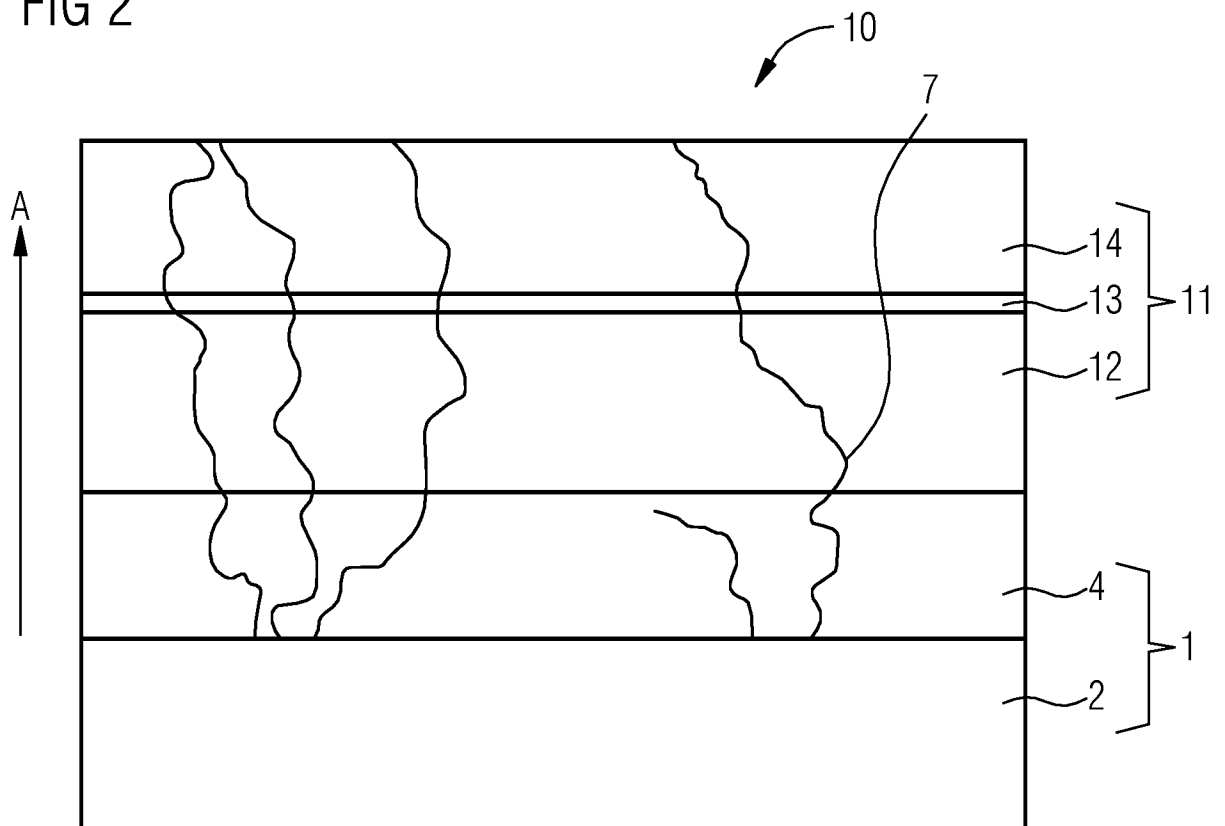


FIG 3

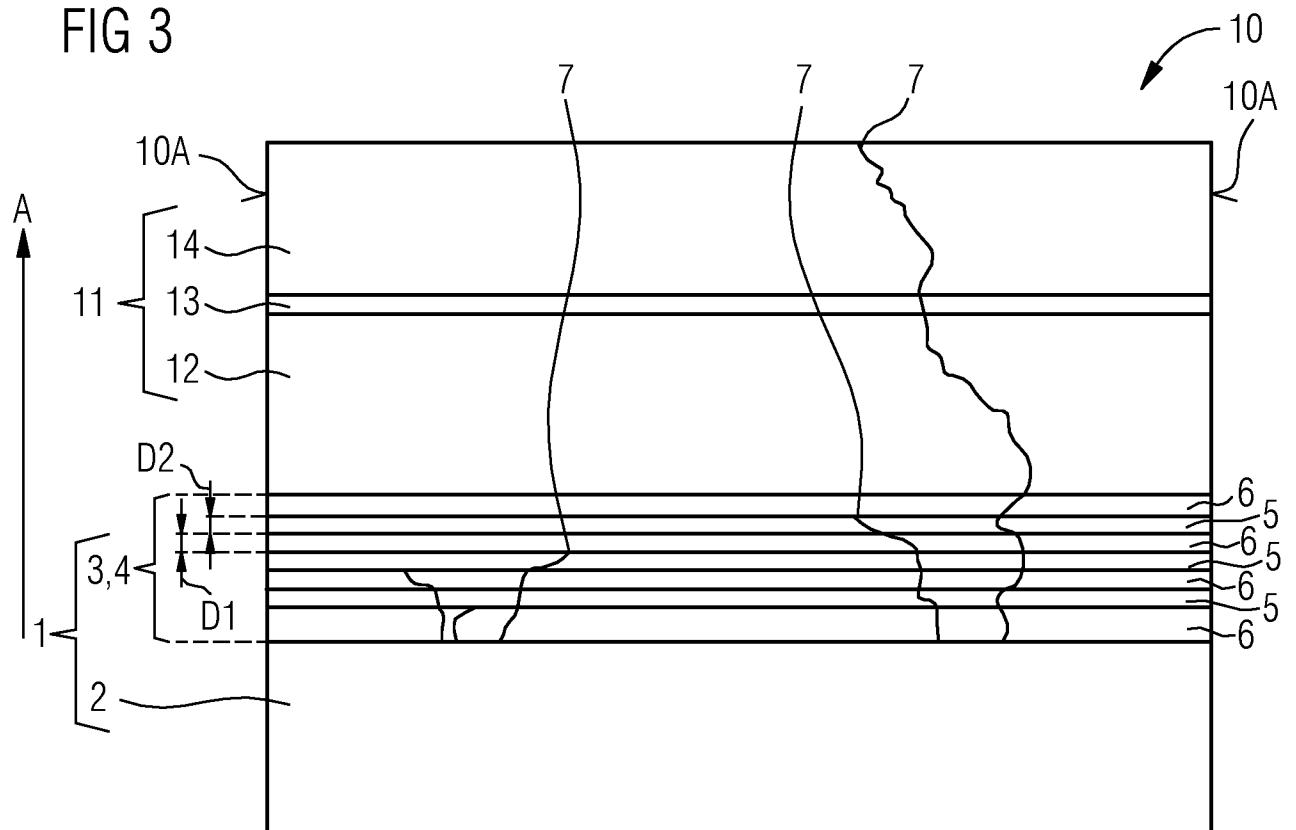
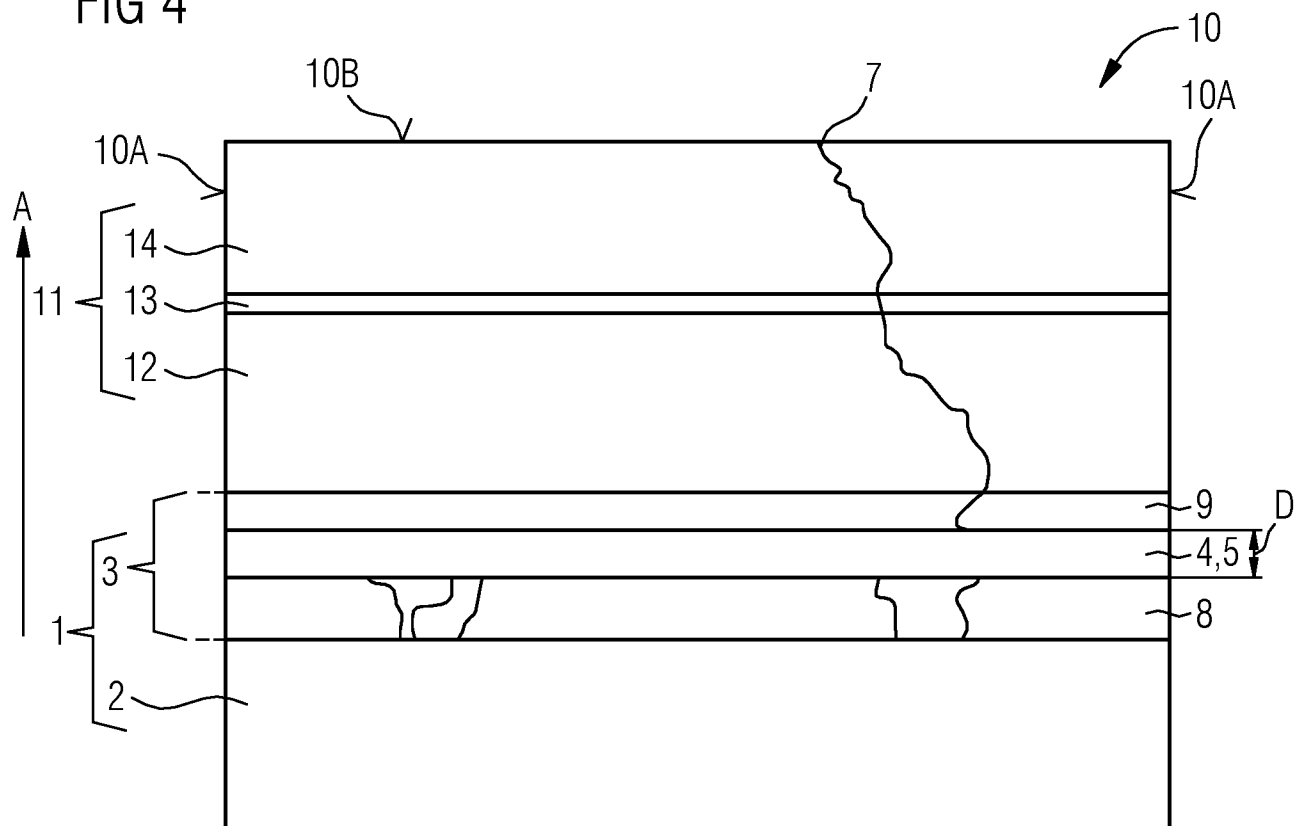


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/054648

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*H01L 21/02*(2006.01); *H01L 33/12*(2010.01)n; *H01S 5/323*(2006.01)n

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)

H01S; H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2006255367 A1 (YAMADA HISASHI [JP] ET AL) 16 November 2006 (2006-11-16)	1-8,10-15
Y	paragraphs [0019] - [0023], [0029] - [0031], [0033], [0036], [0038]; figure 1	9
A	US 5239550 A (JAIN FAQUIR C [US]) 24 August 1993 (1993-08-24) column 1, line 18 - line 25 column 3, line 53 - line 61; figure 3	1,15
A	US 2008080580 A1 (TAKAYAMA TORU [JP] ET AL) 03 April 2008 (2008-04-03) paragraph [0064]; figure 1	1,15
Y	US 6355951 B1 (HATTORI RYO [JP]) 12 March 2002 (2002-03-12)	9
A	column 3, line 44 - column 5, line 39; figure 1	8,10-12



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

29 May 2020

Date of mailing of the international search report

09 June 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Riechel, Stefan

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/054648

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)	
US	2006255367	A1	16 November 2006	JP	4883547	B2	22 February 2012
				JP	2004327938	A	18 November 2004
				KR	20060003037	A	09 January 2006
				TW	I364067	B	11 May 2012
				US	2006255367	A1	16 November 2006
				WO	2004097924	A1	11 November 2004
US	5239550	A	24 August 1993	NONE			
US	2008080580	A1	03 April 2008	JP	2008091713	A	17 April 2008
				US	2008080580	A1	03 April 2008
US	6355951	B1	12 March 2002	JP	4028897	B2	26 December 2007
				US	6355951	B1	12 March 2002
				WO	9905725	A1	04 February 1999

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01L21/02

ADD. H01L33/12 H01S5/323

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H01S H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2006/255367 A1 (YAMADA HISASHI [JP] ET AL) 16. November 2006 (2006-11-16)	1-8,
Y	Absätze [0019] - [0023], [0029] - [0031], [0033], [0036], [0038]; Abbildung 1	10-15
	-----	9
A	US 5 239 550 A (JAIN FAQUIR C [US]) 24. August 1993 (1993-08-24)	1,15
	Spalte 1, Zeile 18 - Zeile 25	
	Spalte 3, Zeile 53 - Zeile 61; Abbildung 3	

A	US 2008/080580 A1 (TAKAYAMA TORU [JP] ET AL) 3. April 2008 (2008-04-03)	1,15
	Absatz [0064]; Abbildung 1	

Y	US 6 355 951 B1 (HATTORI RYO [JP]) 12. März 2002 (2002-03-12)	9
A	Spalte 3, Zeile 44 - Spalte 5, Zeile 39; Abbildung 1	8,10-12



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

29. Mai 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/06/2020

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

Riechel, Stefan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/054648

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2006255367 A1	16-11-2006	JP 4883547 B2	22-02-2012
		JP 2004327938 A	18-11-2004
		KR 20060003037 A	09-01-2006
		TW I364067 B	11-05-2012
		US 2006255367 A1	16-11-2006
		WO 2004097924 A1	11-11-2004

US 5239550 A	24-08-1993	KEINE	

US 2008080580 A1	03-04-2008	JP 2008091713 A	17-04-2008
		US 2008080580 A1	03-04-2008

US 6355951 B1	12-03-2002	JP 4028897 B2	26-12-2007
		US 6355951 B1	12-03-2002
		WO 9905725 A1	04-02-1999
