

(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
22. Dezember 2016 (22.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/202740 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01L 33/02 (2010.01) *H01L 33/06* (2010.01)
H01L 33/18 (2010.01) *H01L 33/30* (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/063497

(22) Internationales Anmeldedatum:
13. Juni 2016 (13.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 109 796.6 18. Juni 2015 (18.06.2015) DE

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

(72) Erfinder: **RUDOLPH, Andreas**; Haaggasse 2, 93047
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, 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.

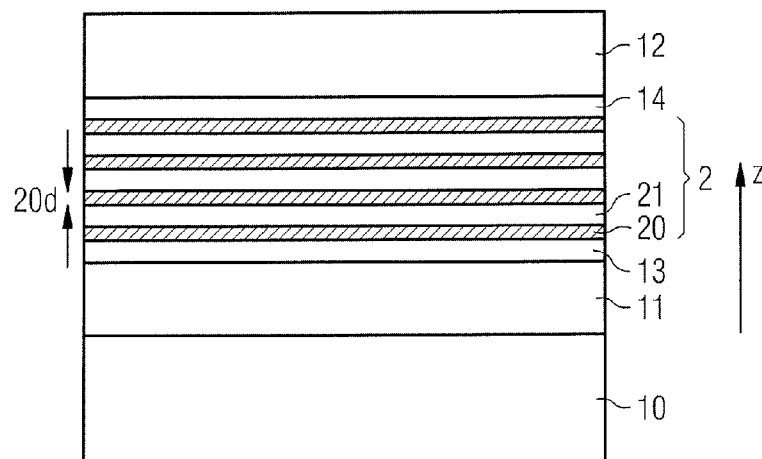
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LIGHT EMITTING DIODE CHIP

(54) Bezeichnung : LEUCHTDIODENCHIP

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a light-emitting diode chip, comprising - an active zone (2) epitaxially grown on a first semiconductor layer (11) and having -- at least one quantum well layer (20), - the active zone (2) being compressively strained.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Leuchtdiodenchip angegeben, umfassend - eine auf einer ersten Halbleiterschicht (11) epitakt aufgewachsene aktive Zone (2) mit -- zumindest einer Quantentopfschicht (20) wobei - die aktive Zone (2) kompressiv verspannt ist.



Veröffentlicht:

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

Beschreibung

Leuchtdiodenchip

- 5 Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen Leuchtdiodenchip mit verkürzten Schaltzeiten anzugeben.

Es wird ein Leuchtdiodenchip angegeben. Der Leuchtdiodenchip ist dafür vorgesehen, im Betrieb eine elektromagnetische
10 Strahlung zu emittieren. Insbesondere kann die Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung im roten und/oder infraroten Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegen. Die Peak-Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung kann wenigstens 600 nm und höchstens 1000 nm betragen. Eine „Peak-
15 Wellenlänge“ ist hierbei und im Folgenden die Wellenlänge, bei der ein Spektrum der im Betrieb emittierten elektromagnetischen Strahlung ein Maximum, insbesondere ein globales Maximum, aufweist.

- 20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips umfasst dieser eine erste Halbleiterschicht. Auf der ersten Halbleiterschicht ist eine aktive Zone epitaktisch aufgewachsen. Beispielsweise erfolgt das epitaktische Aufwachsen mit Molekularstrahlepitaxie (MBE) oder
25 Metallorganischer Gasphasenepitaxie (MOVPE). Die aktive Zone kann im Betrieb die elektromagnetische Strahlung emittieren.

Der Leuchtdiodenchip weist eine Haupterstreckungsebene auf, in der er sich in lateralen Richtungen erstreckt. Senkrecht
30 zur lateralen Richtung, in einer Stapelrichtung, weist der Leuchtdiodenchip eine Dicke auf. Die Dicke des Leuchtdiodenchips ist klein gegen die maximale Erstreckung des Leuchtdiodenchips entlang der lateralen Richtungen.

Hierbei und im Folgenden bezeichnet eine „Dicke“ einer Schicht stets deren maximale Ausdehnung in der Stapelrichtung.

- 5 Die aktive Zone umfasst zumindest eine Quantentopfschicht. Die aktive Zone kann ferner zumindest zwei Quantentopfschichten und zumindest eine zwischen den zumindest zwei Quantentopfschichten angeordnete Barrierschicht aufweisen. Insbesondere kann die aktive Zone
10 eine Vielzahl von Barrierschichten und eine Vielzahl von Quantentopfschichten umfassen, die zum Beispiel in der Stapelrichtung aufeinander folgen. Dabei kann eine Barrierschicht jeweils von zwei Quantentopfschichten umgeben sein und/oder eine Quantentopfschicht kann jeweils von zwei
15 Barrierschichten umgeben sein.

- Eine Quantentopfschicht kann sich insbesondere dadurch auszeichnen, dass Ladungsträger, insbesondere Elektronen, durch Einschluss (englisch: confinement) eine Quantisierung
20 ihrer Energieeigenzustände erfahren können. Der Einschluss kann beispielsweise mittels einer Barrierschicht erfolgen. Insbesondere können mehrere Barrierschichten vorhanden sein, wobei zwei der Barrierschichten beidseitig an eine der Quantentopfschichten angrenzen können. Zusätzlich können eine
25 erste und/oder eine zweite Zwischenschicht vorhanden sein, die jeweils an die Quantentopfschicht angrenzen können. Mittels der ersten und/oder zweiten Zwischenschicht kann ebenfalls ein Einschluss der Ladungsträger erfolgen. Innerhalb der Quantentopfschicht kann die Bewegungsfreiheit
30 der Ladungsträger in zumindest einer Raumdimension eingeschränkt sein.

Die erste Halbleiterschicht und die zumindest eine Quantentopfschicht können jeweils mit einem (Verbindungs-)Halbleitermaterial gebildet sein oder daraus bestehen. Insbesondere weist das jeweilige Material der ersten Halbleiterschicht und der Quantentopfschicht eine Kristallstruktur auf.

Ferner kann die gegebenenfalls vorhandene Barriereschicht mit einem (Verbindungs-)Halbleitermaterial gebildet sein oder daraus bestehen. Insbesondere kann das Material der Barriereschicht eine Kristallstruktur aufweisen. Das Material der Quantentopfschicht kann eine geringere Energiebandlücke als das Material der Barriereschicht aufweisen. Es ist ferner möglich, dass das Material der ersten Halbleiterschicht eine geringere Energiebandlücke als das Material der Quantentopfschicht und/oder gegebenenfalls der Barriereschicht aufweist. Ferner können die erste und die zweite Zwischenschicht aus einem (Verbindungs-)Halbleitermaterial gebildet sein oder daraus bestehen.

Der Leuchtdiodenchip kann ferner eine zweite Halbleiterschicht aufweisen, die der aktiven Zone in Stapelrichtung nachfolgt und auf einer der ersten Halbleiterschicht abgewandten Seite der aktiven Zone angeordnet ist. Die zweite Halbleiterschicht kann ebenfalls ein (Verbindungs-)Halbleitermaterial umfassen oder daraus bestehen. Beispielsweise handelt es sich bei der ersten Halbleiterschicht um eine p-leitende Halbleiterschicht und bei der zweiten Halbleiterschicht um eine n-leitende Halbleiterschicht.

Zwischen der ersten Halbleiterschicht und der aktiven Zone kann die erste Zwischenschicht angeordnet sein. Ferner kann

zwischen der zweiten Halbleiterschicht und der aktiven Zone die zweite Zwischenschicht angeordnet sein. Insbesondere können die erste Zwischenschicht und/oder die zweite Zwischenschicht jeweils direkt an eine Quantentopfschicht grenzen. Die aktive Zone kann direkt auf die erste Zwischenschicht aufgewachsen sein. Es ist beispielsweise möglich, dass eine Quantentopfschicht entweder von zwei Barriereschichten umgeben ist oder von einer Barriereschicht und der ersten oder zweiten Zwischenschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist die aktive Zone kompressiv verspannt. Insbesondere kann die zumindest eine Quantentopfschicht kompressiv verspannt sein.

Eine Schicht, wie beispielsweise die Quantentopfschicht, wird hierbei und im Folgenden insbesondere dann als verspannt angesehen, wenn bei der, insbesondere epitaktischen, Abscheidung des Materials besagter Schicht auf einer Referenzschicht eine parallele Gitterkonstante der Schicht, die entlang zumindest einer der lateralen Richtungen verläuft, von der natürlichen Gitterkonstante der Schicht verschieden ist. Bei der Referenzschicht kann es sich im Falle der Quantentopfschicht insbesondere um das Substrat handeln. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass es sich bei der Referenzschicht um die Barriereschicht oder um die erste Zwischenschicht handelt. Insbesondere kann die parallele Gitterkonstante der Schicht der Gitterkonstante der Referenzschicht entsprechen. Bei einer kompressiven Verspannung der Schicht kann die parallele Gitterkonstante der Schicht im Vergleich zu der natürlichen Gitterkonstante des Materials der Schicht reduziert sein. Ferner ist es möglich, dass bei einer kompressiven Verspannung eine

senkrechte Gitterkonstante der Schicht, die entlang der Stapelrichtung verläuft, im Vergleich zur natürlichen Gitterkonstante des Materials Schicht erhöht ist.

5 Die Verspannung einer Schicht kann mit dem Verspannungskoeffizienten beschrieben werden. Der Verspannungskoeffizient der Schicht ergibt sich aus dem Quotienten der Differenz der natürlichen Gitterkonstante der Referenzschicht a_2 und der natürlichen Gitterkonstante der
10 Schicht a_1 und der natürlichen Gitterkonstante der aufgewachsenen Schicht, beschrieben durch die Formel $(a_1 - a_2)/a_1$. Bei einer kompressiven Verspannung ergibt sich ein positiver Verspannungskoeffizient, bei einer tensilen Verspannung ein negativer Verspannungskoeffizient.

15

Die kompressive Verspannung der Quantentopfschicht kann daran nachgewiesen werden, dass die Kristallstruktur des Materials der Quantentopfschicht zumindest stellenweise nicht die natürliche Gitterkonstante des Materials der
20 Quantentopfschicht aufweist. Insbesondere kann die Gitterkonstante des Materials der Quantentopfschicht zumindest stellenweise die Gitterkonstante des Materials der Barrierschicht oder der ersten Zwischenschicht angenommen haben. Hierbei ist es möglich, dass die gegebenenfalls
25 vorhandene Barrierschicht und/oder die gegebenenfalls vorhandene erste Zwischenschicht ebenfalls verspannt sind.

Ferner kann eine Verspannung einer Schichtenfolge, wie beispielsweise der aktiven Zone, durch eine mittlere
30 Verspannung der Schichtenfolge beschrieben werden. Die mittlere Verspannung einer Schichtenfolge mit einer Vielzahl von Schichten ist gegeben durch das gewichtete arithmetische Mittel der Verspannungskoeffizienten der Schichten. Die

Gewichtung erfolgt bezüglich der jeweiligen Dicke der Schichten. Die mittlere Verspannung der aktiven Zone ist damit das bezüglich der jeweiligen Dicke gewichtete arithmetische Mittel der Verspannungskoeffizienten der in der aktiven Zone enthaltenen zumindest einen Quantentopfschicht und der gegebenenfalls vorhandenen Barrierschicht.

Die Verspannung der aktiven Zone kann beispielsweise an einer Biegung der Schichten, insbesondere der Quantentopfschicht und der gegebenenfalls vorhandenen Barrierschicht, der aktiven Zone festgestellt werden. Bei einer kompressiven Verspannung ist die aktive Zone insbesondere konvex gekrümmt. Bei einer tensilen Verspannung kann eine konkave Krümmung der aktiven Zone vorliegen. Hierbei beziehen sich die Angaben „konvex“ und „konkav“ auf ein Substrat, auf das die erste Halbleiterschicht aufgewachsen ist und das in Stapelrichtung vor der ersten Halbleiterschicht angeordnet ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips umfasst dieser eine auf einer ersten Halbleiterschicht epitaktisch aufgewachsene aktive Zone mit zumindest einer Quantentopfschicht, wobei die aktive Zone kompressiv verspannt ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips umfasst die aktive Zone zumindest zwei Quantentopfschichten und zumindest eine zwischen den zumindest zwei Quantentopfschichten angeordnete Barrierschicht. Die aktive Zone kann insbesondere eine Quantentopfstruktur umfassen.

Bei dem Leuchtdiodenchip wird insbesondere die Idee verfolgt, die Schaltzeiten durch eine Veränderung der Kristallstruktur innerhalb der epitaktisch aufgewachsenen Schichten zu

verkürzen. Hierbei hat sich überraschend gezeigt, dass eine kompressive Verspannung die erwünschte Reduktion der Schaltzeiten zur Folge hat. Bei den Schaltzeiten des optoelektronischen Halbleiterbauteils kann es sich
5 insbesondere um die Anstiegszeit und die Abfallzeit eines Schaltpulses des optoelektronischen Halbleiterbauteils handeln.

Es ist möglich, dass die kompressive Verspannung der
10 Quantentopfschicht zu einer Verbiegung der Energiebandstrukturen im Bereich der Quantentopfschicht führt. Dies kann eine Induktion von Elektronen in die Quantentopfschicht erleichtern und damit schnellere Schaltzeiten ermöglichen. Aufgrund der Verbiegung der
15 Bandstruktur ist es jedoch möglich, dass die Induktion von Löchern, die eine höhere effektive Masse als die Elektronen aufweisen, in die Quantentopfschicht verschlechtert wird. Dies kann beispielsweise zu einer reduzierten Lichtausbeute im Vergleich zu einem Leuchtdiodenchip, bei dem die aktive
20 Zone nicht oder nur geringfügig kompressiv verspannt ist, führen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist die erste Halbleiterschicht epitaktisch auf einem
25 Substrat aufgewachsen. Das Substrat kann beispielsweise Germanium, Galliumarsenid und/oder Silizium umfassen oder aus einem dieser Materialien bestehen. Die mittlere Verspannung der aktiven Zone relativ zu dem Substrat beträgt wenigstens 600 ppm (ppm: parts per million, zu Deutsch „Teile von einer
30 Million“), bevorzugt wenigstens 1000 ppm und besonders bevorzugt wenigstens 2000 ppm.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist die zumindest eine Quantentopfschicht pseudomorph kompressiv verspannt. Eine Schicht ist pseudomorph verspannt, wenn die Verspannung der Schicht nicht oder nur zu einem

5 geringen Teil in Form von Versetzungen und/oder Rissen in der Schicht abgebaut wird. Insbesondere weist die zumindest eine Quantentopfschicht eine Dicke auf, die geringer ist als eine kritische Schichtdicke der Quantentopfschicht. Die „kritische Schichtdicke“ einer Schicht ist hierbei und im Folgenden eine

10 materialspezifische Obergrenze für pseudomorphes Wachstum der Schicht. Insbesondere ist die kritische Schichtdicke der Quantentopfschicht abhängig von der Differenz der natürlichen Gitterkonstante des Materials der Quantentopfschicht und gegebenenfalls der Gitterkonstante des Materials der

15 Barrierschicht und/oder der ersten Zwischenschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Leuchtdiodenchips ist der Verspannungskoeffizient der Quantentopfschichten betragsmäßig um wenigstens 7500 ppm, bevorzugt wenigstens

20 15000 ppm größer als der Verspannungskoeffizient der Barrierschicht. Beispielsweise beträgt der Betrag des Verspannungskoeffizienten der Quantentopfschichten in Bezug auf das Material des Substrats (10) gemittelt wenigstens 5000 ppm und höchstens 25000 ppm.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Leuchtdiodenchips sind die Quantentopfschichten jeweils pseudomorph kompressiv verspannt und der Verspannungskoeffizient der

Quantentopfschichten ist jeweils betragsmäßig um wenigstens

30 7500 ppm, bevorzugt wenigstens 15000 ppm größer als der Verspannungskoeffizient der Barrierschicht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips emittiert dieser im Betrieb eine elektromagnetische Strahlung mit einer Peak-Wellenlänge von wenigstens 750 nm, bevorzugt wenigstens 850 nm, und höchstens 1000 nm, bevorzugt höchstens 940 nm. Mit anderen Worten, der Leuchtdiodenchip emittiert eine elektromagnetische Strahlung im infraroten Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Insbesondere kann der Leuchtdiodenchip breitbandige Strahlung emittieren. Mit anderen Worten, eine Halbwertsbreite der Intensitätsverteilung der elektromagnetischen Strahlung als Funktion der Wellenlänge kann wenigstens 20 nm, bevorzugt wenigstens 50 nm, betragen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips weist die zumindest eine Quantentopfschicht jeweils eine Dicke von wenigstens 2 nm, bevorzugt wenigstens 3 nm, und höchstens 6 nm, bevorzugt höchstens 5 nm auf. Insbesondere ist die Dicke der zumindest einen Quantentopfschicht geringer als die kritische Schichtdicke der Quantentopfschicht. Ferner ist es möglich, dass die Dicke jeder Barrierschicht wenigstens dem 3-Fachen der Dicke der Quantentopfschicht entspricht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips basiert die zumindest eine Quantentopfschicht auf Galliumarsenid (GaAs). Mit anderen Worten, die Quantentopfschicht umfasst Gallium und Arsen. Hierbei sind wenigstens 5 % und höchstens 44 % der Gallium-Atome durch Indium-Atome und/oder Aluminium-Atome ersetzt worden. Mit anderen Worten, die Quantentopfschicht kann mit $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{As}$ gebildet sein oder daraus bestehen, wobei $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$.

Die Gallium-Atome und/oder die Arsen-Atome innerhalb der Quantentopfschicht können somit durch schwerere und damit insbesondere größere Atome, wie beispielsweise Indium-Atome, ersetzt worden sein. Eine solche Ersetzung der leichteren
5 Atome führt, im Vergleich zu einem Material, bei dem weniger Atome ersetzt wurden, zu einer Erhöhung der natürlichen Gitterkonstante des Materials der Quantentopfschichten. Dies erleichtert die Bereitstellung kompressiv verspannter Quantentopfschichten.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist die zumindest eine Quantentopfschicht mit $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ gebildet. Hierbei gilt $0,08 \leq x \leq 1$, bevorzugt $0,16 \leq x \leq 1$. Die Quantentopfschicht weist somit eine hohe Indium-Dotierung
15 auf. Die Gitterkonstante, insbesondere die natürliche Gitterkonstante, von $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ wächst insbesondere mit steigendem Indium-Anteil x .

20

Die zumindest eine Quantentopfschicht kann insbesondere eine Dicke aufweisen, die höchstens 90 %, bevorzugt höchstens 80 % und besonders bevorzugt höchstens 70 %, einer Dicke einer Quantentopfschicht eines alternativen Leuchtdiodenchips, der eine elektromagnetische Strahlung mit einer Peak-Wellenlänge von wenigstens 1000 nm emittiert, beträgt.

25

Eine Erhöhung der Indium-Konzentration in der Quantentopfschicht kann zu einer Reduktion der Energiebandlücke in der Quantentopfschicht führen. Dies würde eine Erhöhung der Emissionswellenlänge des Leuchtdiodenchips
30 zur Folge haben. Eine solche Erhöhung der Emissionswellenlänge kann durch eine Reduktion der Dicke der Quantentopfschichten vermieden werden. Hierdurch kann die im Betrieb des Leuchtdiodenchips emittierte elektromagnetische

Strahlung weiterhin eine Peak-Wellenlänge von unter 1000 nm aufweisen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist die Barrierschicht pseudomorph tensil verspannt. Der Verspannungskoeffizient der Barrierschicht in Bezug auf das Substrat beträgt wenigstens wenigstens -10000 ppm und höchstens -500 ppm. Bevorzugt beträgt der Verspannungskoeffizient der Barrierschicht in Bezugs auf das Substrat höchstens -2000 ppm, besonders bevorzugt höchstens -3000 ppm.

Durch eine pseudomorph tensile Verspannung der Barrierschicht ist es insbesondere möglich, stark kompressiv verspannte Quantentopfschichten bereitzustellen, wobei hohe kompressive Verspannung durch die tensile Verspannung teilweise kompensiert wird. Hierdurch ist es möglich, die mittlere Verspannung der aktiven Zone im Vergleich zu der Verspannung der Quantentopfschichten zu reduzieren und damit beispielsweise ein Verbiegen der aktiven Zone zu vermeiden. Ferner wird durch die Kompensation der Verspannung ein pseudomorphes Wachstum einer Vielzahl von Quantentopfschichten ermöglicht und einer Bildung von Versetzungen in der aktiven Zone vorgebeugt.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist die Barrierschicht mit $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_b\text{P}_{1-b}$ gebildet, wobei $0,09 \leq b \leq 1$, bevorzugt $0,18 \leq b \leq 1$, und $0 \leq y \leq 1$. Eine Erhöhung der Phosphor-Konzentration b in der Barrierschicht führt zu einer Reduktion der Gitterkonstante, insbesondere der natürlichen Gitterkonstante, des Materials der Barrierschicht und damit zu einer tensilen Verspannung der Barrierschicht.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips weist ein Intensitätssignal während eines Schaltpulses eine Anstiegszeit von höchstens 10 ns, bevorzugt höchstens 6 ns, und/oder eine Abfallzeit von höchstens 12 ns, bevorzugt höchstens 7 ns, auf. Bei einem Schaltpuls kann es sich um eine vorgebbare Zeitdauer zwischen einem Anschaltvorgang und einem Abschaltvorgang des optoelektronischen Halbleiterbauteils handeln. Insbesondere handelt sich bei dem Intensitätssignal um die Intensität der während des Schaltpulses im Betrieb des Leuchtdiodenchips emittierten elektromagnetischen Strahlung als Funktion der Zeit. Bei der Anstiegszeit kann es sich insbesondere um die Zeitdauer handeln, die beim Anschalten des Leuchtdiodenchips erforderlich ist, um das Intensitätssignal von 10 % einer maximalen Intensität zu 90 % der maximalen Intensität zu erhöhen. Ferner kann es sich bei der Abfallzeit um die Zeitdauer handeln, die beim Ausschalten des Leuchtdiodenchips erforderlich ist, um das Intensitätssignal von 90 % der maximalen Intensität zu 10 % der maximalen Intensität zu reduzieren. Bei der Anstiegszeit beziehungsweise der Abfallzeit kann es sich insbesondere um die Breite beziehungsweise Steilheit der steigenden beziehungsweise fallenden Flanke des Intensitätssignals eines Schaltpulses handeln. Ein Schaltpuls des Leuchtdiodenchips weist somit kurze Schaltzeiten auf.

Kurze Schaltzeiten von Leuchtdiodenchips sind insbesondere bei Anwendungen im Bereich von Flugzeit-Messungen, beispielsweise für Spielekonsolen, Kameras, Mobiltelefone, Abstandsmessungen und/oder Autofokus-Messungen, vorteilhaft.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Leuchtdiodenchips ist dieser frei von einem Resonator. Bei dem Leuchtdiodenchip handelt es sich somit insbesondere nicht um einen Laserdiodenchip. Ein Resonator ist insbesondere eine Anordnung von wenigstens zwei Spiegeln, zwischen denen zumindest eine Mode des elektromagnetischen Feldes, insbesondere im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums, insbesondere als stehende Welle gespeichert werden kann.

10

Im Folgenden wird der hier beschriebene Leuchtdiodenchip anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

15 Die Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Leuchtdiodenchips.

Die Figuren 2A und 2B zeigen Ausführungsbeispiele einer Kristallstruktur eines hier beschriebenen Leuchtdiodenchips.

20

Die Figur 3 zeigt ein Intensitätssignal eines Schaltpulses eines Ausführungsbeispiels eines hier beschriebenen Leuchtdiodenchips.

25 Die Figur 4 zeigt Anstiegszeiten beziehungsweise Abfallzeiten.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren

30

Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

Anhand der schematischen Schnittdarstellung der Figur 1 ist
5 ein Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen
Leuchtdiodenchips näher erläutert. Der Leuchtdiodenchip
umfasst eine erste Halbleiterschicht 11, eine erste
Zwischenschicht 13, eine aktive Zone 2, eine zweite
Zwischenschicht 14 und eine zweite Halbleiterschicht 12, die
10 in der soeben angegebenen Reihenfolge in einer Stapelrichtung
z übereinander angeordnet sind. Die aktive Zone 2 grenzt
direkt an die erste Zwischenschicht 13 und an die zweite
Zwischenschicht 14 an.

15 Die aktive Zone 2 umfasst eine Vielzahl von
Quantentopfschichten 20 und eine Vielzahl von
Barriereschichten 21, die jeweils zwischen zwei
Quantentopfschichten 20 angeordnet sind. Jede
Quantentopfschicht 20 weist in einer Stapelrichtung eine
20 Dicke 20d auf.

An einer der aktiven Zone 2 abgewandten Seite der ersten
Halbleiterschicht 11 ist ein Substrat 10 angeordnet, auf dem
die erste Halbleiterschicht 11 epitaktisch aufgewachsen ist.
25 Beispielsweise ist das Substrat mit Germanium, Silizium
und/oder Galliumarsenid gebildet. Alternativ zu dem in der
Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist es möglich, dass
das Substrat 10 in einem Herstellungsverfahren abgelöst wurde
und der Leuchtdiodenchip kein Substrat 10 aufweist.

30

Anhand der schematischen Darstellungen der Figuren 2A und 2B
ist eine Funktionsweise eines hier beschriebenen
Leuchtdiodenchips näher erläutert. Die Figur 2A zeigt die

Kristallstruktur einer Schicht 31 und einer Referenzschicht 32 im unangepassten und damit unverspannten Zustand. In der Figur 2B ist die Kristallstruktur der Schicht 31 und der Referenzschicht 32 im angepassten und damit verspannten Zustand dargestellt.

Im unverspannten Zustand, wie in der Figur 2A gezeigt, weist die Schicht 31 eine erste Gitterkonstante a_1 auf, bei der es sich um die natürliche Gitterkonstante des Materials der Schicht 31 handeln kann. Die Referenzschicht 32 weist im unverspannten Zustand eine zweite Gitterkonstante a_2 auf, die im gezeigten Fall kleiner als die erste Gitterkonstante a_1 ist. Die zweite Gitterkonstante a_2 kann die natürliche Gitterkonstante des Materials der Referenzschicht 32 sein. Alternativ ist es möglich, dass die zweite Gitterkonstante a_2 nicht der natürlichen Gitterkonstante des Materials der Referenzschicht 32 entspricht, sondern die Kristallstruktur der Referenzschicht 32 selbst verspannt ist.

In dem in der Figur 2B dargestellten verspannten Zustand weist die Referenzschicht 32 weiterhin die zweite Gitterkonstante a_2 auf. Die Schicht 31 weist nun jedoch aufgrund der pseudomorphen Verspannung eine parallele Gitterkonstante a_p und eine senkrechte Gitterkonstante a_s auf. Die senkrechte Gitterkonstante a_s verläuft entlang der Stapelrichtung z , während die parallele Gitterkonstante a_p senkrecht zur Stapelrichtung z , entlang einer der lateralen Richtungen, verläuft. Die parallele Gitterkonstante a_p entspricht im Wesentlichen der zweiten Gitterkonstante a_2 und ist damit kleiner als die erste Gitterkonstante a_1 , während die senkrechte Gitterkonstante a_s größer als die erste Gitterkonstante a_1 und die zweite Gitterkonstante a_2 ist.

Die parallele Gitterkonstante a_p hat sich der zweiten Gitterkonstante a_2 angepasst. Insbesondere entspricht die parallele Gitterkonstante a_p der zweiten Gitterkonstante a_2 . Die Kristallstruktur der Schicht 31 wurde also in lateralen

5 Richtungen gestaucht und die Schicht 31 ist kompressiv verspannt. Unterhalb der kritischen Schichtdicke der Schicht 31 kann diese Stauchung in der lateralen Richtung durch eine Erhöhung der senkrechten Gitterkonstante a_s ausgeglichen werden.

10

Bei der in den Figuren 2A und 2B dargestellten Schicht 31 kann es sich beispielsweise um eine der Quantentopfschichten 20 handeln. Die Referenzschicht 32 kann dann die erste Zwischenschicht 13 oder die an die Quantentopfschicht 20

15 angrenzende Barrierschicht 21 sein.

Das im Zusammenhang mit den Figuren 2A und 2B erläuterte Prinzip der kompressiven Verspannung bei verschiedenen Gitterkonstanten a_1 , a_2 , a_s , a_p kann auch, mutatis mutandem,

20 auf eine tensile Verspannung, wie beispielsweise im Fall der Barrierschichten 21 als Schicht 31 und der Quantentopfschicht 20 als Referenzschicht 32, angewendet werden. Mit anderen Worten, falls die Schicht 31 im unverspannten Zustand eine erste Gitterkonstante a_1 aufweist,

25 die kleiner ist als die zweite Gitterkonstante a_2 der Referenzschicht 32, entsteht beim Aufwachsen auf die Referenzschicht 32 eine tensil verspannte Schicht 31. Im tensil verspannten Zustand weist die Schicht 31 eine parallele Gitterkonstante a_p auf, die größer ist als die

30 senkrechte Gitterkonstante a_s .

Die Figur 3 zeigt ein skizziertes Intensitätssignal eines Schaltpulses eines hier beschriebenen Leuchtdiodenchips. Das

Intensitätssignal zeigt die Intensität I der von dem Leuchtdiodenchip im Betrieb emittierten elektromagnetischen Strahlung eines Schaltpulses normiert auf das maximale Intensitätssignal I_m als Funktion der Zeit t . Zum Zeitpunkt t
5 $= 0$ wird der Leuchtdiodenchip eingeschaltet. Nach dem Einschalten steigt das Intensitätssignal I als Funktion der Zeit an, verharret anschließend auf dem Maximalwert I_m und fällt anschließend wieder ab. Die Anstiegszeit t_r ist hierbei die Zeitdauer, die für ein Ansteigen des Intensitätssignals
10 von I von 10 % des maximalen Intensitätssignals I_m zu 90 % des maximalen Intensitätssignals I_m benötigt wird. Ferner ist die Abfallzeit t_f die Zeitdauer, die für ein Abfallen des Intensitätssignals I von 90 % des maximalen Intensitätssignals I_m zu 10 % des maximalen
15 Intensitätssignals I_m benötigt wird.

Die Figur 4 zeigt Schaltzeiten für unterschiedliche Ausführungsformen eines hier beschriebenen Leuchtdiodenchips. Hierbei sind die Anstiegszeit t_r und die Abfallzeit t_f für
20 unterschiedliche Messungen M1, M2, M3, M4 dargestellt. Der jeder der Messungen zugehörige Leuchtdiodenchip umfasst jeweils elf Barriereschichten 21.

Die Quantentopfschichten 20 der ersten Messung M1 sind tensil
25 verspannt. Insbesondere weist die aktive Zone 2 des Leuchtdiodenchips der ersten Messung M1 im Vergleich zu dem Substrat 10 eine mittlere Verspannung von -1500 ppm auf. Die Quantentopfschichten 20 der zweiten Messung M2 sind im Rahmen der Messungenauigkeiten unverspannt. Insbesondere weist die
30 aktive Zone 2 des Leuchtdiodenchips der zweiten Messung M2 im Vergleich zu dem Substrat 10 eine mittlere Verspannung von 50 ppm auf. Die Quantentopfschichten 20 der dritten Messung M3 weisen eine geringe kompressive Verspannung auf. Die aktive

Zone 2 des Leuchtdiodenchips der dritten Messung M3 weist im Vergleich zu dem Substrat 10 eine mittlere Verspannung von 700 ppm auf. Die Quantentopfschichten 20 der vierten Messung M4 weisen eine hohe kompressive Verspannung auf. Die aktive
5 Zone 2 des Leuchtdiodenchips der vierten Messung M4 weist im Vergleich zu dem Substrat 10 eine mittlere Verspannung von 1200 ppm auf.

Zudem sind die Barriereschichten 21 der Leuchtdiodenchips der
10 dritten Messung M3 und der vierten Messung M4 jeweils höher als die Barriereschichten 21 der Leuchtdiodenchips der ersten Messung M1 und der zweiten Messung M2 dotiert. Beispielsweise können die Barriereschichten 21 jeweils mit einem p-leitenden Dotierstoff dotiert sein.

Der Leuchtdiodenchip der ersten Messung M1 weist eine Anstiegszeit t_r von 10,7 ns auf. Die Abfallzeit t_f der ersten Messung M1 beträgt 13,2 ns. Der Leuchtdiodenchip der zweiten Messung M2 weist eine Anstiegszeit t_r von 9,8 ns und eine
20 Abfallzeit t_f von 11,7 ns auf. Der Leuchtdiodenchip der dritten Messung M3 weist eine Anstiegszeit t_r von 6,9 ns und eine Abfallzeit t_f von 4,4 ns auf. Der Leuchtdiodenchip der vierten Messung M4 weist eine Anstiegszeit t_r von 6,2 ns und eine Abfallzeit t_f von 4,4 ns auf.

Aufgrund der kompressiven Verspannung der Quantentopfschichten 20 der Leuchtdiodenchips der dritten Messung M3 und der vierten Messung M4 werden somit die Schaltzeiten, insbesondere die Anstiegszeit t_r und die
30 Abfallzeit t_f , reduziert. Zudem führt die Erhöhung der kompressiven Verspannung bei den Quantentopfschichten 20 des Leuchtdiodenchips der vierten Messung M4 im Vergleich zu den

weniger stark verspannten Quantentopfschichten 20 der dritten Messung M3 zu einer weiteren Reduktion der Anstiegszeit t_r .

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der
5 Ausführungsbeispiele auf diese 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
10 Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung 102015109796.6, deren Offenbarungsgehalt
hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

15

Bezugszeichenliste:

	10	Substrat
	11	erste Halbleiterschicht
5	12	zweite Halbleiterschicht
	13	erste Zwischenschicht
	14	zweite Zwischenschicht
	2	aktive Zone
	20	Quantentopfschicht
10	20d	Dicke der Quantentopfschicht
	21	Barriereschicht
	31	(verspannte) Schicht
	32	Referenzschicht
	a_1	erste Gitterkonstante
15	a_2	zweite Gitterkonstante
	a_s	senkrechte Gitterkonstante
	a_p	parallele Gitterkonstante
	t_r	Anstiegszeit
	t_f	Abfallzeit
20	I_m	maximales Intensitätssignal
	I	Intensitätssignal
	M1	erste Messung
	M2	zweite Messung
	M3	dritte Messung
25	M4	vierte Messung
	z	Stapelrichtung

Patentansprüche:

1. Leuchtdiodenchip, umfassend
 - eine auf einer ersten Halbleiterschicht (11)
 - 5 epitaktisch aufgewachsene aktive Zone (2) mit
 - zumindest einer Quantentopfschichten (20), wobei
 - die aktive Zone (2) kompressiv verspannt ist.
2. Leuchtdiodenchip nach dem vorherigen Anspruch,
10 bei dem die aktive Zone (2) zumindest zwei
Quantentopfschichten (20) und zumindest eine zwischen
den zumindest zwei Quantentopfschichten (20) angeordnete
Barrierschicht (21) umfasst.
- 15 3. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem die erste Halbleiterschicht (11) epitaktisch auf
einem Substrat (10) aufgewachsen ist und eine mittlere
Verspannung der aktiven Zone (2) relativ zu dem Substrat
(10) wenigstens 600 ppm, bevorzugt wenigstens 1000 ppm
20 und besonders bevorzugt wenigstens 2000 ppm, beträgt.
4. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche,
bei dem
 - die Quantentopfschichten (20) jeweils pseudomorph
 - 25 kompressiv verspannt sind und
 - der Verspannungskoeffizient der Quantentopfschichten
(20) jeweils betragsmäßig um wenigstens 7500 ppm,
bevorzugt wenigstens 15000 ppm, größer als der
Verspannungskoeffizient der Barrierschicht (21) ist.
- 30 5. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche,
der im Betrieb eine elektromagnetische Strahlung mit
einer Peak-Wellenlänge von wenigstens 750 nm, bevorzugt

wenigstens 850 nm, und höchstens 1000 nm, bevorzugt höchstens 940 nm, emittiert.

- 5 6. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die zumindest eine Quantentopfschicht (20) eine Dicke (20d) von wenigstens 2 nm, bevorzugt wenigstens 3 nm, und höchstens 6 nm, bevorzugt höchstens 5 nm, aufweist.
- 10 7. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die zumindest eine Quantentopfschicht (20) auf GaAs basieren, wobei wenigstens 5 % und höchstens 44 % der Gallium-Atome durch Indium- und/oder Aluminium-Atome ersetzt wurden.
- 15 8. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die zumindest eine Quantentopfschicht (20) mit $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ gebildet sind, wobei $0,08 \leq x \leq 1$, bevorzugt $0,16 \leq x \leq 1$.
- 20 9. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Barrierschicht (21) pseudomorph tensil verspannt ist und der Spannungskoeffizient der Barrierschicht (21) in Bezug auf das Substrat (10)
- 25 wenigstens -10000 ppm und höchstens -500 ppm beträgt.
10. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Barrierschicht (21) mit $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_b\text{P}_{1-b}$ gebildet ist, wobei $b \geq 0,09$, bevorzugt $b \geq 0,18$.
- 30 11. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche,

bei dem ein Intensitätssignal während eines Schaltpulses eine Anstiegszeit (t_r) von höchstens 10 ns und/oder eine Abfallzeit (t_f) von höchstens 12 ns aufweist.

- 5 12. Leuchtdiodenchip nach einem der vorherigen Ansprüche,
der frei von einem Resonator ist.

1/2

FIG 1

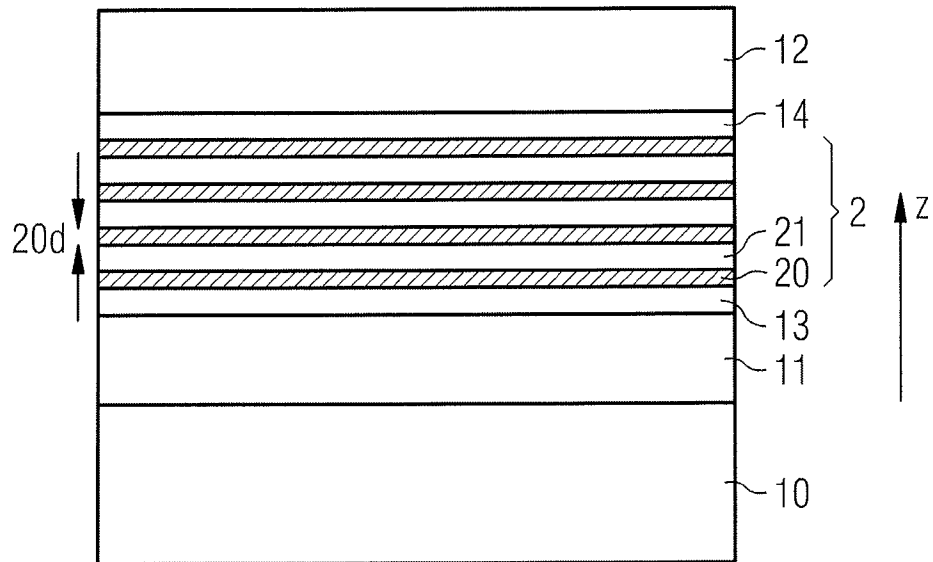


FIG 2A

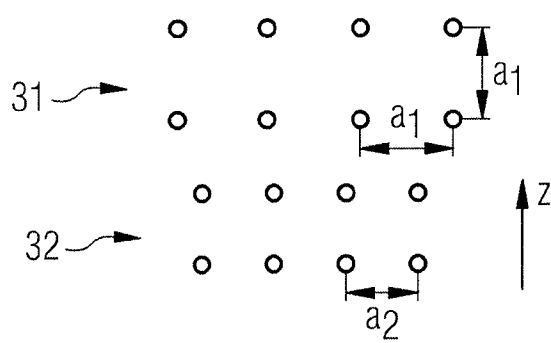


FIG 2B

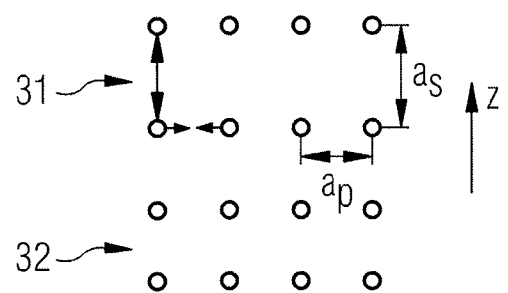


FIG 3

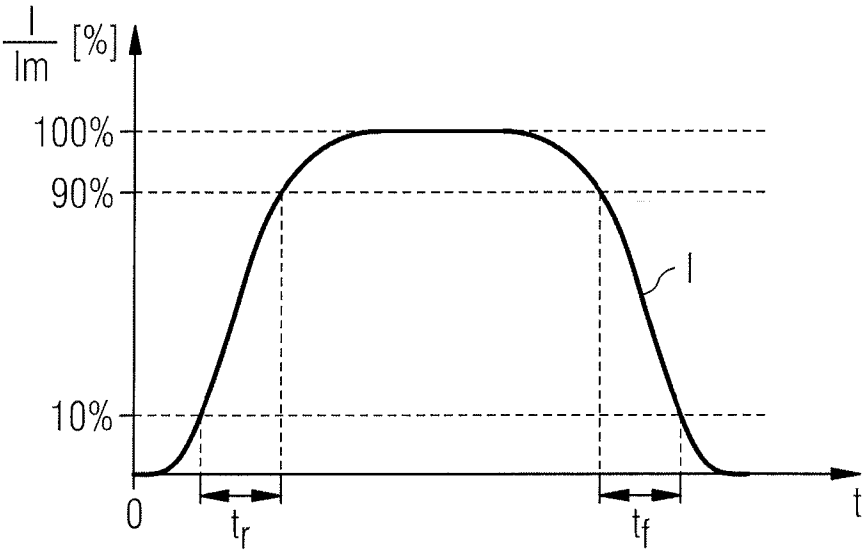
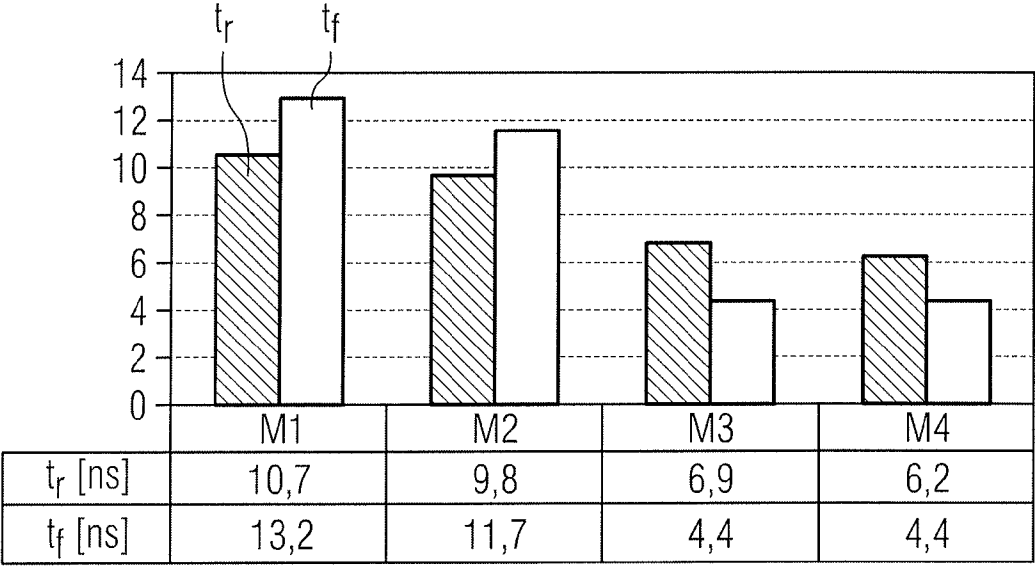


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/063497

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L33/02 H01L33/18 H01L33/06
ADD. H01L33/30

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 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 2011/227038 A1 (TAMURA WATARU [JP]) 22 September 2011 (2011-09-22) the whole document	1-6,11, 12
X	----- ZHANG G ET AL: "STRAIN-COMPENSATED INGAAS/GAASP/GAINASP/GAINP QUANTUM WELL LASERS (~0.98 UM) GROWN BY GAS-SOURCE MOLECULAR BEAM EPITAXY", APPLIED PHYSICS LETTERS, A I P PUBLISHING LLC, US, vol. 62, no. 14, 5 April 1993 (1993-04-05) , pages 1644-1646, XP000355014, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.108613 the whole document ----- -/--	1,2,5-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 August 2016

Date of mailing of the international search report

31/08/2016

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

Saynova, Desislava

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/063497

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SAGAWA M ET AL: "HIGH-POWER HIGHLY-RELIABLE OPERATION OF 0.98-UM INGAAS-INGAP STRAIN-COMPENSATED SINGLE-QUANTUM-WELL LASERS WITH TENSILE-STRAINEDINGAASP BARRIERS", IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 1, no. 2, 1 June 1995 (1995-06-01), pages 189-195, XP000521084, ISSN: 1077-260X, DOI: 10.1109/2944.401196 the whole document -----	1,3-5, 7-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/063497

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011227038 A1	22-09-2011	JP 5519355 B2	11-06-2014
		JP 2011199043 A	06-10-2011
		US 2011227038 A1	22-09-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01L33/02 H01L33/18 H01L33/06 ADD. H01L33/30		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter 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, 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 2011/227038 A1 (TAMURA WATARU [JP]) 22. September 2011 (2011-09-22) das ganze Dokument	1-6,11, 12
X	----- ZHANG G ET AL: "STRAIN-COMPENSATED INGAAS/GAASP/GAINASP/GAINP QUANTUM WELL LASERS (~0.98 UM) GROWN BY GAS-SOURCE MOLECULAR BEAM EPITAXY", APPLIED PHYSICS LETTERS, A I P PUBLISHING LLC, US, Bd. 62, Nr. 14, 5. April 1993 (1993-04-05) , Seiten 1644-1646, XP000355014, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.108613 das ganze Dokument ----- -/-	1,2,5-11
☒ 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 19. August 2016		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 31/08/2016
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 Saynova, Desislava

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	SAGAWA M ET AL: "HIGH-POWER HIGHLY-RELIABLE OPERATION OF 0.98-UM INGAAS-INGAP STRAIN-COMPENSATED SINGLE-QUANTUM-WELL LASERS WITH TENSILE-STRAINEDINGAASP BARRIERS", IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 1, Nr. 2, 1. Juni 1995 (1995-06-01), Seiten 189-195, XP000521084, ISSN: 1077-260X, DOI: 10.1109/2944.401196 das ganze Dokument -----	1,3-5, 7-11

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP2016/063497

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (April 2005)