(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
21. Dezember 2017 (21.12.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/215919 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01S 5/042 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/063208

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Mai 2017 (31.05.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 110 790.5
13. Juni 2016 (13.06.2016) DE

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

(72) Erfinder: **REILL, Wolfgang**; Schulstr. 12, 93080 Pentling (DE).

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

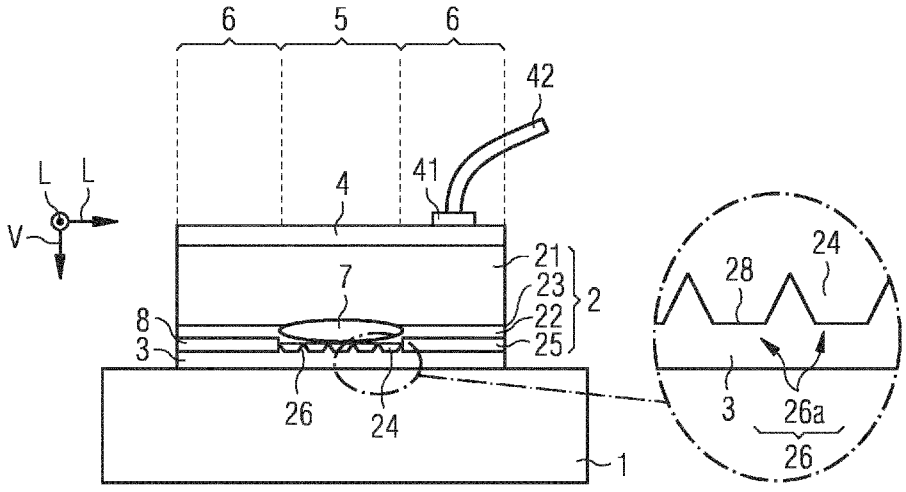
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, 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,

(54) **Title:** SEMICONDUCTOR LASER DIODE

(54) **Bezeichnung:** HALBLEITERLASERDIODE

FIG 2



(57) **Abstract:** Disclosed is a semiconductor laser diode comprising - a semiconductor element (2) having an emitter region (5), and - a first connection element (3) which makes electric contact with the semiconductor element (2) in the emitter region (5); - the semiconductor element (2) is in contact with the first connection element (3) in the emitter region (5); and - the semiconductor element (2) has a structure (26) in at least some areas of the emitter region (5), said structure (26) increasing a contact area (28) between the semiconductor element (2) and the first connection element (3).

(57) **Zusammenfassung:** Es wird eine Halbleiterlaserdiode angegeben, mit - einem Halbleiterkörper (2) umfassend einen Emitterbereich (5), und - ein erstes Anschlusselement (3), welches den Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) elektrisch kontaktiert, wobei - der Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) in Kontakt mit dem ersten Anschlusselement (3) steht, und - der Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) zumindest stellenweise eine Strukturierung (26) aufweist, welche eine Kontaktfläche (28) zwischen dem Halbleiterkörper (2) und dem ersten Anschlusselement (3) vergrößert.

WO 2017/215919 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

Beschreibung

Halbleiterlaserdiode

Es wird eine Halbleiterlaserdiode angegeben.

Die Druckschrift WO 2013/079346 A1 beschreibt eine Halbleiterlaserdiode.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, eine Halbleiterlaserdiode anzugeben, mit der Laserstrahlung erzeugt werden kann, die eine verringerte Strahldivergenz aufweist. Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, eine Halbleiterlaserdiode anzugeben, mit der Laserstrahlung besonders effizient erzeugt werden kann.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Halbleiterlaserdiode einen Halbleiterkörper mit einem Emitterbereich.

Der Halbleiterkörper der Halbleiterlaserdiode ist zum Beispiel mit einem III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial oder einem II/VI-Verbindungs-Halbleitermaterial gebildet. Der Halbleiterkörper kann zum Beispiel epitaktisch auf ein Substrat aufgewachsen sein.

Im Emitterbereich des Halbleiterkörpers wird im Betrieb der Halbleiterlaserdiode die Laserstrahlung erzeugt. Der Emitterbereich erstreckt sich beispielsweise über einen Großteil der Länge der Halbleiterlaserdiode und umfasst einen aktiven Bereich der Halbleiterkörper. Der aktive Bereich umfasst zum Beispiel einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, eine Einfach-Quantentopfstruktur

und/oder eine Mehrfach-Quantentopstruktur. Die Halbleiterlaserdiode kann einen oder mehrere Emitterbereiche aufweisen. Insbesondere ist es möglich, dass die Halbleiterlaserdiode zwei oder mehr Emitterbereiche aufweist, insbesondere beispielsweise genau fünf Emitterbereiche, die in einer lateralen Richtung senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung der Emitterbereiche beabstandet und parallel zueinander angeordnet sind. Bei den lateralen Richtungen handelt es sich um diejenigen Richtungen, die zu einer Haupterstreckungsebene der Halbleiterlaserdiode sowie des Halbleiterkörpers parallel verlaufen.

Im Emitterbereich kann der Halbleiterkörper in einer vertikalen Richtung, die senkrecht zu den lateralen Richtungen verläuft, dicker ausgebildet sein als außerhalb des Emitterbereichs. Der Emitterbereich ist dann beispielsweise als stegförmige Struktur des Halbleiterkörpers ausgebildet. Insbesondere ist es möglich, dass der Halbleiterkörper an einer Seite, zum Beispiel seiner p-leitenden Seite, im Emitterbereich elektrisch leitend kontaktiert ist, wohingegen er an derselben Seite außerhalb des Emitterbereichs nicht elektrisch leitend kontaktiert ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode umfasst die Halbleiterlaserdiode ein erstes Anschlusselement, welches den Halbleiterkörper im Emitterbereich elektrisch kontaktiert. Bei dem ersten Anschlusselement handelt es sich beispielsweise um eine metallische Schicht oder eine metallische Schichtenfolge, die beispielsweise im Emitterbereich mittelbar oder unmittelbar an den Halbleiterkörper grenzen kann. Das erste Anschlusselement kann dabei eine Hauptfläche des Halbleiterkörpers zum Großteil oder vollständig bedecken,

wobei ein elektrischer Kontakt zwischen dem ersten Anschlusselement und dem Emitterbereich insbesondere ausschließlich im Emitterbereich vorhanden ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode steht der Halbleiterkörper im Emitterbereich in Kontakt mit dem ersten Anschlusselement. Dabei ist es insbesondere möglich, dass der Halbleiterkörper im Emitterbereich in direktem Kontakt mit dem ersten Anschlusselement steht. Ferner ist es möglich, dass der Halbleiterkörper ausschließlich im Emitterbereich in direktem Kontakt mit dem ersten Anschlusselement steht und außerhalb des Emitterbereichs kein direkter Kontakt zwischen dem Halbleiterkörper und dem Anschlusselement vorhanden ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode weist der Halbleiterkörper im Emitterbereich zumindest stellenweise eine Strukturierung auf, welche eine Kontaktfläche zwischen dem Halbleiterkörper und dem ersten Anschlusselement vergrößert. Mit anderen Worten ist der Halbleiterkörper im Emitterbereich an seiner dem ersten Anschlusselement zugewandten Seite nicht eben und flach ausgebildet, sondern weist eine Strukturierung auf, so dass eine Kontaktfläche, in welcher der Halbleiterkörper und das erste Anschlusselement in Kontakt miteinander stehen, gegenüber einem unstrukturierten Halbleiterkörper vergrößert ist. Die Strukturierung kann dabei eine Vielzahl von Strukturen aufweisen, die beispielsweise durch Erhebungen und/oder Senken im Halbleiterkörper gebildet sind.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird eine Halbleiterlaserdiode angegeben mit

- einem Halbleiterkörper umfassend einen Emitterbereich, und

- ein erstes Anschlusselement, welches den Halbleiterkörper im Emitterbereich elektrisch kontaktiert, wobei
- der Halbleiterkörper im Emitterbereich in Kontakt mit dem ersten Anschlusselement steht, und
- der Halbleiterkörper im Emitterbereich zumindest stellenweise eine Strukturierung aufweist, welche eine Kontaktfläche zwischen dem Halbleiterkörper und dem ersten Anschlusselement vergrößert.

Im Betrieb der Halbleiterlaserdiode wird im Emitterbereich beispielsweise Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von wenigstens 970 nm, beispielsweise von 975 nm oder 980 nm erzeugt. Der Halbleiterkörper der Halbleiterlaserdiode basiert dazu beispielsweise auf dem Materialsystem InGaAs. Bei dem Halbleiterlaser kann es sich jedoch auch um einen Halbleiterlaser handeln, der elektromagnetische Strahlung im Spektralbereich von UV-Strahlung bis Infrarot-Strahlung erzeugt und auf einem entsprechend geeigneten Materialsystem, insbesondere einem III/V-Verbindungs-Halbleitermaterial basiert.

Einer hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode liegen dabei unter anderem die folgenden Überlegungen zugrunde: Eine Ursache für hohe Strahldivergenzen der von einem Halbleiterlaser im Betrieb erzeugten elektromagnetischen Strahlung ist die Selbstfokussierung innerhalb eines Resonators des Halbleiterlasers. Diese Selbstfokussierung entsteht durch die Ausbildung einer thermischen Linse. Dabei wird die Wellenfront der erzeugten elektromagnetischen Strahlung beim Durchgang durch ein Gebiet mit inhomogener Temperaturverteilung deformiert. Insbesondere erwärmt sich die Halbleiterlaserdiode zu einer Lichtaustrittsfläche hin stärker im Vergleich zu einer der Lichtaustrittsseite

abgewandten Seite des Resonators der Halbleiterlaserdiode, die beispielsweise eine hochreflektierende Spiegelfacette umfasst. Aufgrund der Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex des Halbleitermaterials des Halbleiterkörpers und des optischen Gewinns des Halbleitermaterials des Halbleiterkörpers bildet sich diese thermische Linse aus und reduziert den optischen Gewinn der Halbleiterlaserdiode. Ferner steigt die Strahldivergenz der erzeugten Laserstrahlung an, was insbesondere für eine Einkopplung der Laserstrahlung beispielsweise in eine Glasfaser nachteilig ist.

Die hier beschriebene Halbleiterlaserdiode beruht unter anderem auf der Erkenntnis, dass eine Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen dem Halbleiterkörper und dem ersten Anschlusselement die Wärmeabfuhr aus der Halbleiterlaserdiode im Betrieb verbessert, da auf diese Weise die Fläche, über welche Wärme aus der Halbleiterlaserdiode abgeführt wird, vergrößert ist. Durch die Einführung einer Strukturierung des Halbleiterkörpers im Emitterbereich kann dies erreicht werden, ohne die die Halbleiterlaserdiode bestimmenden Geometrien wie Resonatorlänge und Breite zu verändern. Die Halbleiterlaserdiode wird aufgrund der Strukturierungen zumindest im Emitterbereich besser gekühlt, als dies für einen unstrukturierten Halbleiterkörper der Fall ist und die Temperatur der Halbleiterlaserdiode kann im Betrieb insbesondere in dem Bereich gesenkt werden, in dem die oben angesprochene thermische Linse auftritt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode ist die Kontaktfläche zwischen dem Halbleiterkörper und dem ersten Anschlusselement mit der Strukturierung zumindest bereichsweise mindestens 1,5 Mal so

groß wie eine Kontaktfläche zwischen dem Halbleiterkörper und dem Anschlusselement, die frei von jeglicher Strukturierung ist. Mit anderen Worten, kommen zur Bildung der Strukturierung Strukturen zum Einsatz, welche neben ihrer Grundfläche eine Mantelfläche aufweisen, welche die Kontaktfläche entsprechend vergrößert. Handelt es sich bei der Struktur beispielsweise um einen Kegelstumpf, so ist es möglich, abhängig von der Höhe des Kegelstumpfs, beispielsweise eine Verdoppelung der Grundfläche zu erreichen, durch die dann in etwa die doppelte Wärmemenge pro Flächeneinheit abgeführt werden kann.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode umfasst das Anschlusselement eine metallische Schicht, welche den Halbleiterkörper im Emitterbereich vollständig bedeckt. Beispielsweise ist es möglich, dass das Anschlusselement die metallische Schicht enthält oder aus der metallischen Schicht besteht. Die metallische Schicht kann beispielsweise mit einem gut Wärme leitenden Metall wie etwa Gold gebildet sein oder aus diesem Metall bestehen. Die metallische Schicht kann insbesondere durch Sputtern oder Aufdampfen auf den Halbleiterkörper aufgebracht sein und auf diese Weise die Strukturen der Strukturierung vollständig benetzen, so dass sich an der Kontaktfläche eine zusammenhängende metallische Schicht ausbildet.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode umfasst die Strukturierung zumindest stellenweise zumindest eine der folgenden Strukturen: Kegelstumpf, inverser Kegelstumpf, Pyramidenstumpf, inverser Pyramidenstumpf, Kegel, inverser Kegel, Pyramide, inverse Pyramide, Kugelschale, inverse Kugelschale. Das heißt, die

Strukturen können als Erhebungen oder als Senken im Halbleiterkörper ausgebildet sein. Die Strukturen sind dabei im Rahmen der Herstellungstoleranz durch die genannten geometrischen Körper gegeben oder zumindest approximierbar. Das heißt, im Hinblick auf Herstellungstoleranzen können die Strukturen von der perfekten geometrischen Form abweichen. Ferner können die Strukturen beliebige Grundflächen aufweisen. Beispielsweise ist es möglich, dass Strukturen, welche als Pyramiden, inverse Pyramiden, Pyramidenstümpfe oder inverse Pyramidenstümpfe ausgebildet sind, eine n-eckige Grundfläche aufweisen, wobei $n \geq 3$ ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode beträgt eine maximale laterale Erstreckung der Struktur wenigstens 400 nm. Bei der maximalen lateralen Erstreckung handelt es sich um den maximalen Durchmesser der Strukturen beispielsweise an ihrer Grundfläche. Dabei beträgt die maximale laterale Erstreckung vorzugsweise für einen Großteil der Struktur, also für wenigstens 50 Prozent, insbesondere für wenigstens 75 Prozent, der Strukturen wenigstens 400 nm. Eine solche maximale laterale Erstreckung hat sich als vorteilhaft zur Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Halbleiterkörper und dem ersten Anschlusselement herausgestellt, da mit so großen Strukturen eine besonders deutliche Vergrößerung der Kontaktfläche möglich ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode weist die Strukturierung eine Dichte von Strukturen auf, wobei die Dichte der Strukturen zu einer Strahlungsaustrittsfläche der Halbleiterlaserdiode hin zunimmt.

Die Halbleiterlaserdiode weist im Bereich der Strahlungsaustrittsfläche den Bereich auf, in dem im Betrieb die Temperatur des Halbleiterkörpers am größten wird. Um nun dem Effekt der thermischen Linse entgegenzuwirken, erweist es sich als vorteilhaft, in Bereichen hoher Temperatur möglichst viele Strukturen der Strukturierung anzubringen und damit die Strukturierung dort in einer besonders großen Dichte auszuführen. Insbesondere kann die Dichte der Strukturierung so gewählt werden, dass sie einem Temperaturprofil des Emitterbereichs im Betrieb des Halbleiterlasers ohne Strukturierung nachfolgt. Das heißt, je größer die Temperatur in einer baugleichen Halbleiterlaserdiode ohne Strukturierung an einer bestimmten Stelle des Emitterbereichs ist, desto größer wird an dieser Stelle die Dichte der Strukturen der Strukturierung gewählt.

Beispielsweise kann die Dichte durch eine Wahl des Abstands zwischen benachbarten Strukturen und die Wahl der Größe der Strukturen eingestellt werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode ist ein Abstand zwischen benachbarten Strukturen umso kleiner, je näher die Strukturen an der Strahlungsaustrittsfläche angeordnet sind. Über den Abstand zwischen benachbarten Strukturen kann - bei gleichbleibender Strukturgröße - die Dichte der Strukturen eingestellt werden. Der Abstand wird umso kleiner gewählt, je näher die Strukturen an der Strahlungsaustrittsfläche angeordnet sind, so dass in Bereichen, in denen eine baugleiche Halbleiterlaserdiode ohne Strukturierung eine besonders hohe Temperatur aufweist, der Abstand zwischen benachbarten Strukturen besonders klein gewählt ist. Auf diese Weise ist

in diesen Bereichen die Dichte der Strukturen gegenüber anderen Bereichen erhöht.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode umfasst der Halbleiterkörper im Emitterbereich einen Anschlussbereich, der an der Kontaktfläche direkt an das erste Anschlusselement grenzt, wobei der Anschlussbereich an keiner Stelle vollständig durchdrungen ist. Bei dem Anschlussbereich des Halbleiterkörpers handelt es sich beispielsweise um eine besonders hochdotierte Schicht des Halbleiterkörpers. Beispielsweise handelt es sich bei der Anschlussschicht um eine hoch p-dotierte Schicht. Die Dotierstoffkonzentration kann dabei wenigstens 5*10^18/cm^3, insbesondere wenigstens 10^19/cm^3 betragen. Diese Schicht kann auch als Abschluss- oder „Cap"-Schicht bezeichnet werden.

Der Anschlussbereich kann dabei in der vertikalen Richtung die Bereiche des Halbleiterkörpers, die nicht zum Emitterbereich gehören, überragen. Das heißt, der Halbleiterkörper ist im Anschlussbereich dicker ausgebildet als in benachbarten Bereichen, wobei die erhöhte Dicke durch die Halbleiterschicht im Anschlussbereich begründet ist.

Die Strukturierung befindet sich im Anschlussbereich, wobei die Strukturen so gewählt werden, dass der Anschlussbereich an keiner Stelle vollständig durchdrungen ist. Mit anderen Worten ist der Anschlussbereich durch die Strukturierung teilweise in seiner Dicke reduziert, er weist jedoch an keiner Stelle ein sich durch den Anschlussbereich hindurch erstreckendes Loch auf. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass das erste Anschlusselement im Emitterbereich vollständig an den Anschlussbereich des Halbleiterkörpers grenzen kann

und den Anschlussbereich des Halbleiterkörpers nicht durchdringt.

Auf diese Weise ist sichergestellt, dass das erste Anschlusselement an einen Bereich des Halbleiterkörpers grenzt, der aufgrund der hohen Dotierung einen besonders niedrigen ohmschen Widerstand aufweist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode umfasst der Halbleiterkörper einen Nebenbereich, der lateral benachbart zum Emitterbereich angeordnet ist. Insbesondere weist der Halbleiterkörper im Nebenbereich zumindest stellenweise eine weitere Strukturierung mit weiteren Strukturen auf, wobei die weitere Strukturierung zur Schwächung von Nebenmoden ausgebildet ist.

Im Nebenbereich ist der Halbleiterkörper vorzugsweise nicht durch das erste Anschlusselement elektrisch kontaktiert. Beispielsweise befindet sich zwischen dem Halbleiterkörper und dem ersten Anschlusselement im Nebenbereich ein elektrisch isolierendes Isolierungselement und/oder das erste Anschlusselement ist lediglich im Emitterbereich ausgebildet. Die Halbleiterlaserdiode kann dabei mehrere der Nebenbereiche umfassen. Umfasst die Halbleiterlaserdiode beispielsweise einen einzigen Emitterbereich, so können beidseits einer Längserstreckungsachse des Emitterbereichs Nebenbereiche angeordnet sein, so dass die Halbleiterlaserdiode in diesem Fall zwei Nebenbereiche umfasst. Umfasst die Halbleiterlaserdiode zwei oder mehr Emitterbereiche, so können Nebenbereiche insbesondere zwischen den Emitterbereichen angeordnet sein. Der Halbleiterkörper besteht dann beispielsweise aus Nebenbereichen und Emitterbereichen.

Im Nebenbereich weist der Halbleiterkörper in dieser Ausführungsform eine weitere Strukturierung auf, die dazu ausgebildet ist, Nebenmoden, beispielsweise durch Streuung von elektromagnetischer Strahlung und/oder durch Absorption von elektromagnetischer Strahlung an den weiteren Strukturen der weiteren Strukturierung zu schwächen. Die Schwächung kann dabei derart stark ausgebildet sein, dass ein Anschwingen der Nebenmoden unterdrückt wird.

Die weitere Strukturierung kann zusätzlich ebenfalls zu einer verbesserten Entwärmung des Halbleiterkörpers im Betrieb der Halbleiterlaserdiode beitragen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode ist zwischen dem Nebenbereich und dem ersten Anschlusselement ein elektrisch isolierendes Isolierungselement angeordnet, das den Halbleiterkörper im Nebenbereich an seiner dem ersten Anschlusselement zugewandten Seite vollständig bedeckt. Bei dem Isolierungselement handelt es sich beispielsweise um eine Schicht oder um eine Schichtenfolge, die mit elektrisch isolierendem Material gebildet ist.

Beispielsweise handelt es sich bei dem Isolierungselement um eine Schicht aus Siliziumdioxid oder um eine Schicht aus Siliziumnitrid. Aufgrund der elektrischen Isolierung des Nebenbereichs durch das Isolierungselement ist es möglich, das erste Anschlusselement großflächig auszuführen, so dass es den Halbleiterkörper im Emitterbereich und im Nebenbereich bedecken kann. Auf diese Weise ist es möglich, dass der Halbleiterkörper im Extremfall an seiner gesamten, dem ersten Anschlusselement zugewandten Seite vollständig vom ersten

Anschlusselement bedeckt ist. Dies ermöglicht es, durch die Wahl eines ersten Anschlusselements mit hoher thermischer Leitfähigkeit, den Halbleiterkörper im Betrieb der Halbleiterlaserdiode besonders effektiv zu entwärmen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode weisen die Strukturen der Strukturierung eine mittlere Höhe auf, die kleiner ist als eine mittlere Höhe der weiteren Strukturen der weiteren Strukturierung. Mit anderen Worten kann die Strukturierung im Emitterbereich flachere Strukturen aufweisen, als die weitere Strukturierung im Nebenbereich. Die Höhe kann dabei in der vertikalen Richtung messen sein.

Für den Fall, dass sich der Anschlussbereich des Halbleiterkörpers auch in den Nebenbereich erstreckt, ist es insbesondere möglich, dass die weitere Strukturierung weitere Strukturen aufweist, welche den Anschlussbereich vollständig durchdringen. Dies ist im Nebenbereich möglich, da dort ohnehin ein elektrischer Anschluss des Halbleiterkörpers nicht gewünscht ist.

Die weiteren Strukturen, die eine größere Höhe aufweisen, ragen auf diese Weise weiter in den Halbleiterkörper hinein, wodurch ihre Wirkung zur Reduzierung von Nebenmoden verbessert ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Halbleiterlaserdiode sind die Strukturen und/oder die weiteren Strukturen durch Ätzen erzeugt. Das heißt, die Strukturierung und/oder die weitere Strukturierung werden durch ein Ätzverfahren hergestellt. Bei dem Ätzverfahren kann es sich beispielsweise um ein trockenchemisches oder um ein

nasschemisches Ätzen handeln. Die Strukturen sowie die weiteren Strukturen können beispielsweise fotolithographisch unter Zuhilfenahme eines Steppers oder über so genannte natürliche Lithographie erzeugt werden. Bei dem Merkmal, wonach die Strukturen und/oder die weiteren Strukturen durch Ätzen erzeugt sind, handelt es sich insbesondere um ein gegenständliches Merkmal, das am fertigen Produkt nachweisbar ist. So kann beispielsweise durch herkömmliche Analysemethoden der Halbleitertechnik, beispielsweise durch mikroskopische oder elektronenmikroskopische Untersuchungen, festgestellt werden, ob eine Struktur durch Ätzen oder ein alternatives Herstellungsverfahren erzeugt ist. Das Ätzen ist damit eindeutig am fertigen Produkt nachweisbar.

Im Folgenden werden hier beschriebene Halbleiterlaserdioden anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Anhand der Figur 1 ist eine Problemstellung, die mit hier beschriebenen Halbleiterlaserdioden gelöst wird, näher erläutert.

Die schematischen Schnittdarstellungen der Figuren 2 und 3 zeigen Ausführungsbeispiele von hier beschriebenen Halbleiterlaserdioden.

Die schematische Darstellung der Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode.

Anhand der schematischen Darstellung der Figuren 5A, 5B, 5C, 5D sind Strukturierungen, wie sie in Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen

Halbleiterlaserdioden zum Einsatz kommen, näher erläutert.

Die Figuren 6A und 6B zeigen schematische Ansichten von Zwischenprodukten von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen Halbleiterlaserdioden.

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten, es sei denn, Einheiten sind ausdrücklich angegeben. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

Die Figur 1 zeigt eine schematische Ansicht einer herkömmlichen Halbleiterlaserdiode. Die Halbleiterlaserdiode umfasst einen Träger 1, auf dem der Halbleiterkörper 2 aufgebracht ist. Der Halbleiterkörper 2 weist einen zentralen Emitterbereich 5 auf, sowie zwei Nebenbereiche 6, die den Emitterbereich 5 beidseitig umgeben und sich an diesen anschließen. Im Emitterbereich 5 weist die Halbleiterlaserdiode die Strahlungsaustrittsfläche 7 auf.

Auf die Strahlungsaustrittsfläche 7 wird zur Untersuchung des Temperaturverhaltens eine Thermokamera gerichtet. Die graphische Auftragung der Figur 1 zeigt nun die Temperatur T abhängig von der Position P an der der Thermokamera zugewandten Seitenfläche des Halbleiterkörpers 2 für verschiedene Betriebsströme, mit denen die Halbleiterlaserdiode betrieben wird. Dabei ist zu erkennen, dass die Temperatur im Emitterbereich 5 an der

Strahlungsaustrittsfläche 7 mit steigendem Betriebsstrom stark ansteigt. Dies führt zum beschriebenen Ausbilden einer thermischen Linse, welche die Effizienz und die Strahlqualität der von der Halbleiterlaserdiode im Betrieb erzeugten Laserstrahlung reduziert.

In Verbindung mit der schematischen Schnittdarstellung der Figur 2 ist ein erstes Ausführungsbeispiel einer hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode näher erläutert. Die Halbleiterlaserdiode umfasst einen Träger 1. Bei dem Träger 1 kann es sich beispielsweise um eine Wärmesenke handeln, die zur aktiven oder passiven Kühlung eines Halbleiterkörpers 2 der Halbleiterlaserdiode eingerichtet ist.

Der Halbleiterkörper 2 der Halbleiterlaserdiode umfasst einen n-leitenden Bereich 21, einen p-leitenden Bereich 22 sowie einen aktiven Bereich 23 zwischen dem n-leitenden Bereich 21 und dem p-leitenden Bereich 22. Im Betrieb der Halbleiterlaserdiode wird im aktiven Bereich 23 elektromagnetische Strahlung erzeugt und verstärkt.

Der Halbleiterkörper gliedert sich dabei in einen zentralen Emitterbereich 5, der beidseitig von Nebenbereichen 6 umgeben ist. Nur im Emitterbereich 5 ist der Halbleiterkörper p-seitig elektrisch angeschlossen. Dazu umfasst der Halbleiterkörper einen Anschlussbereich 24, der im Emitterbereich 5 ausgebildet ist und der beispielsweise mit einem hoch p-dotierten Halbleitermaterial gebildet ist. Der Anschlussbereich 24 überragt vorliegend den restlichen Halbleiterkörper 2 entlang eines Streifens in einer vertikalen Richtung V, die senkrecht steht zu den lateralen Richtungen L, welche zur Haupterstreckungsebene des Halbleiterkörpers parallel verlaufen.

Die Halbleiterlaserdiode weist ferner eine Strahlungsaustrittsfläche 7 auf, die sich an einer Außenfacette des Halbleiterkörpers im Bereich des aktiven Bereichs 23 im Emitterbereich 5 befindet.

Über das erste Anschlusselement 3 ist der Halbleiterkörper 2 p-seitig elektrisch leitend angeschlossen. Das erste Anschlusselement 3 ist dabei beispielsweise mit einer Metallschicht gebildet, die mittels Sputtern oder Aufdampfen hergestellt ist. Das Anschlusselement 3 befindet sich mit dem Halbleiterkörper 2 im Anschlussbereich 24 in direktem Kontakt. In den Nebenbereichen 6 ist zwischen dem Halbleiterkörper 2 und dem ersten Anschlusselement 3 jeweils ein Isolierungselement 8 angeordnet, das beispielsweise mit einem elektrisch isolierenden Material wie Siliziumnitrid gebildet ist.

Der Halbleiterkörper 2 weist nun im Emitterbereich 5 an seiner dem ersten Anschlusselement 3 zugewandten Seite eine Strukturierung 26 auf, die eine Vielzahl von Strukturen 26a umfasst. Die Strukturierung 26 führt dazu, dass eine Kontaktfläche 28 zwischen dem Halbleiterkörper 2 und dem ersten Anschlusselement 3 gegenüber einer flachen und ebenen Ausführung des Anschlussbereichs 24 vergrößert ist. Der Anschlussbereich 24 wird dabei von dem ersten Anschlusselement 3 nicht vollständig durchdrungen, da sich die Strukturen 26a nicht durch den Anschlussbereich 24 hindurch erstrecken.

Das Anschlusselement 3 kann beispielsweise mittels eines Lotmaterials am Träger 1 thermisch und elektrisch angeschlossen sein.

An der dem ersten Anschlusselement 3 abgewandten Seite weist der Halbleiterkörper 2 ein zweites Anschlusselement 4 auf, über das der Halbleiterkörper n-seitig kontaktiert ist. Das zweite Anschlusselement 4 umfasst beispielsweise eine Kontaktstelle 41, bei der es sich um ein Bondpad handeln kann, welche mit einem Kontaktdraht 42 elektrisch leitend verbunden ist.

Sowohl das erste Anschlusselement 3 als auch das zweite Anschlusselement 4 bedecken die beiden Hauptflächen, also die Bodenfläche und die Deckfläche, des Halbleiterkörpers 2 vollständig. Dies ermöglicht eine besonders gute thermische Anbindung des Halbleiterkörpers 2 an den Träger 1. Aufgrund der Strukturierung 26 ist die thermische Anbindung im Emitterbereich 5 besonders gut, was ein Ausbilden der thermischen Linse unterdrückt.

In Verbindung mit der Figur 3 ist anhand einer schematischen Schnittdarstellung ein weiteres Ausführungsbeispiel einer hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode näher erläutert. In Ergänzung zum Ausführungsbeispiel der Figur 2 weist die Halbleiterlaserdiode der Figur 3 auch in den Nebenbereichen 6 eine weitere Strukturierung 27 des Halbleiterkörpers 2 auf. Die weitere Strukturierung 27 umfasst Strukturen 27a. Die weitere Strukturierung 27 erstreckt sich dabei tiefer in den Halbleiterkörper als die Strukturierung 26. Die weitere Strukturierung 27 durchtrennt dabei jedoch die aktive Schicht 23 nicht.

Die weitere Strukturierung 27 ist an ihrer dem ersten Anschlusselement 3 zugewandten Seite von der Isolierung 8

bedeckt und auf diese Weise sind die Nebenbereiche 6 elektrisch nicht angeschlossen.

Die schematische Darstellung der Figur 4 zeigt eine Aufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer hier beschriebenen Halbleiterlaserdiode. Die Halbleiterlaserdiode umfasst einen zentralen Emitterbereich 5, der sich stegförmig erstreckt und beidseitig von Nebenbereichen 6 umgeben ist. In der schematischen Darstellung der Figur 4 sind Bereiche unterschiedlicher Temperatur T1, T2, T3 dargestellt. Die Temperatur T2 ist dabei größer als die Temperatur T1 und die Temperatur T3 ist größer als die Temperatur T2.

Aus der Figur 4 ist somit ersichtlich, dass im Bereich der Strahlungsaustrittsfläche 7 die Temperatur am höchsten ist und damit dort der thermische Linseneffekt am ausgeprägtesten ist. Um dem entgegenzuwirken, kann die Strukturierung 26 im Emitterbereich 5 umso dichter ausgeführt werden, je höher die Temperatur bei einer Halbleiterlaserdiode ohne die Strukturierung 26 ist. Das heißt, je geringer der Abstand von der Strahlungsaustrittsfläche 7 ist, desto dichter können die Strukturen 26a der Strukturierung 26 angeordnet werden und desto geringer wird ihr Abstand d voneinander gewählt. Das Temperaturprofil des Emitterbereichs 5 ähnelt dabei einer Parabel, die Strukturierung 26 kann im Hinblick auf diese Form optimiert werden.

In Verbindung mit den schematischen Darstellungen der Figuren 5A bis 5D sind unterschiedliche Ausführungsbeispiele zur Bildung der Strukturierung 26 dargestellt. Die Strukturen 27a der weiteren Strukturierung 27 können in gleicher oder ähnlicher Weise ausgeführt werden.

Die Figuren 5A und 5B zeigen die Ausführung der Strukturen 26a, 27a als Kugelschalen, wobei die Höhe h für die in Verbindung mit der Figur 5B dargestellten Strukturen größer gewählt ist. Die Strukturen 26a, 27a weisen dabei jeweils einen Abstand d voneinander auf. Alternativ zu den Kugelschalen können die Strukturen auch als inverse Kugelschalen, die als Senken oder Ausnehmungen im Halbleiterkörper 2 angeordnet sind, erzeugt werden.

Die Figur 5C zeigt eine Ausführung der Strukturen 26a, 27a als Kegelstumpf oder Pyramidenstumpf. Handelt es sich bei den Strukturen 26a, 27a beispielsweise um einen Kegelstumpf mit einem Durchmesser D von 400 nm und einer Höhe h von 160 nm sowie einem Kegelwinkel α von 75 Grad, so kann bei einer Anordnung der Strukturen 26, 27 in einer zweidimensionalen hexagonal dichten Packung etwa eine Verdoppelung der Grundfläche dadurch erreicht werden, dass neben der Grundfläche des Kegelstumpfs auch dessen Mantelfläche zur Kontaktfläche 28 beiträgt.

Neben den in den Figuren 5A bis 5D dargestellten Strukturen 26a, 27a können auch die dazu inversen Strukturen als Senken oder Ausnehmungen in den Halbleiterkörper hinein Verwendung finden.

Die Strukturen 26a sowie die weiteren Strukturen 27a können dabei insbesondere durch Ätzen hergestellt werden. Das Ätzen kann dabei mit Hilfe einer Maske durch ein fotolithographisches Verfahren sowie mittels natürlicher Lithographie erfolgen.

Aufgrund der Strukturen 26a ergibt sich neben einer vergrößerten Kontaktfläche 28 zur Abführung von Wärme auch

eine vergrößerte elektrische Kontaktfläche im Emitterbereich 5, welche den elektrischen Widerstand zur Kontaktierung absenkt. Ein weiterer Vorteil der Verwendung von hier beschriebenen Strukturierungen 26 und weiteren Strukturierungen 27 besteht darin, dass die beschriebenen Strukturierungen auf bereits bestehende Bauteilspezifikationen von Halbleiterlaserdioden angewendet werden können, ohne dass am generellen Aufbau der Halbleiterlaserdioden etwas geändert werden müsste. Das heißt, die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Reduzierung der thermischen Linse können bei bereits fertig konzipierten Halbleiterlaserdioden Verwendung finden, so dass eine Umsetzung besonders rasch und kostengünstig möglich ist.

Die schematischen Draufsichten der Figuren 6A und 6B zeigen Ausschnitte eines Zwischenprodukts von Ausführungsbeispielen hier beschriebener Halbleiterlaserdioden. In den Figuren ist jeweils der Emitterbereich 5 sowie ein Nebenbereich 6 ausschnittsweise dargestellt. Im Emitterbereich 5 befinden sich die Strukturen 26a, im Nebenbereich 6 befinden sich die weiteren Strukturen 27a. Die Strukturform sowie die Strukturgrößen sind im Ausführungsbeispiel der Figur 6A gleich gewählt. Im Ausführungsbeispiel der Figur 6B sind die weiteren Strukturen 27a mit einer größeren Höhe h als die Strukturen 26a gewählt. Die Strukturen 27a eignen sich dabei besonders gut zur Schwächung von Nebenmoden, wohingegen die Strukturen 26a so flach ausgeführt sind, dass sie den Anschlussbereich 24 der Halbleiterlaserdiode nicht durchdringen.

Im Emitterbereich 5 werden die Strukturierungen 26a nachfolgend mit einer Metallisierung bedeckt, die Teil des ersten Anschlusselements 3 ist. Im Nebenbereich 6 erfolgt ein

Bedecken der weiteren Strukturen 27a mit elektrisch isolierendem Material des Isolierungselements 8.

Insgesamt zeichnen sich hier beschriebene Halbleiterlaserdioden durch eine besonders gute Wärmeableitung im Emitterbereich 5 des Halbleiterkörpers 2 aus, wobei die Wärmeableitung insbesondere im Bereich der Strahlungsaustrittsfläche 7, also im Bereich der Lichtaustrittsfacette, verbessert werden kann. Auf diese Weise sind die Effekte der thermischen Linse reduziert, was insgesamt zu einer Halbleiterlaserdiode führt, welche sich durch eine verbesserte Strahlqualität und eine erhöhte Effizienz bei der Erzeugung von Laserstrahlung auszeichnet.

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

Es wird die Priorität der deutschen Anmeldung DE 102016110790.5 beansprucht, deren Offenbarung hiermit durch Rückbezug aufgenommen ist.

Bezugszeichenliste

1	Träger
2	Halbleiterkörper
21	n-leitender Bereich
22	p-leitender Bereich
23	aktiver Bereich
24	Anschlussbereich
26	Strukturierung
26a	Struktur
27	weitere Strukturierung
27a	weitere Strukturen
28	Kontaktfläche
3	erstes Anschlusselement
4	zweites Anschlusselement
41	Kontaktstelle
42	Kontaktdraht
5	Emitterbereich
6	Nebenbereich
7	Strahlungsaustrittsfläche
8	Isolierungselement
T1, T2, T3	Temperaturen
d	Abstand
D	Durchmesser

Patentansprüche

1. Halbleiterlaserdiode mit
- einem Halbleiterkörper (2) umfassend einen Emitterbereich (5), und
- ein erstes Anschlusselement (3), welches den Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) elektrisch kontaktiert, wobei
- der Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) in Kontakt mit dem ersten Anschlusselement (3) steht, und
- der Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) zumindest stellenweise eine Strukturierung (26) aufweist, welche eine Kontaktfläche (28) zwischen dem Halbleiterkörper (2) und dem ersten Anschlusselement (3) vergrößert.

2. Halbleiterlaserdiode gemäß dem vorherigen Anspruch, bei der
- die Strukturierung (26) eine Dichte von Strukturen (26a) aufweist, wobei die Dichte der Strukturen zu einer Strahlungsaustrittsfläche (7) hin zunimmt,
- der Halbleiterkörper (2) einen Nebenbereich (6) umfasst, der lateral benachbart zum Emitterbereich (5) angeordnet ist, wobei
- der Halbleiterkörper (2) im Nebenbereich (6) zumindest stellenweise eine weitere Strukturierung (27) mit weiteren Strukturen (27a) aufweist, wobei die weitere Strukturierung (27) zur Schwächung von Nebenmoden ausgebildet ist, und
- die Strukturen (26a) der Strukturierung (26) eine mittlere Höhe (h) aufweisen, die kleiner ist als eine mittlere Höhe (h) der weiteren Strukturen (27a) der weiteren Strukturierung (27).

3. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der die Strukturierung (26) eine Dichte von Strukturen (26a) aufweist, wobei die Dichte der Strukturen zu einer Strahlungsaustrittsfläche (7) hin zunimmt.

4. Halbleiterlaserdiode gemäß dem vorherigen Anspruch, bei dem ein Abstand (d) zwischen benachbarten Strukturen (26a) umso kleiner ist, je näher die Strukturen (26a) an der Strahlungsaustrittsfläche (7) angeordnet sind.

5. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der die Kontaktfläche (28) zwischen dem Halbleiterkörper (2) und dem ersten Anschlusselement (3) mit der Strukturierung (26) zumindest bereichsweise mindestens 1,5 Mal so groß ist wie eine Kontaktfläche zwischen dem Halbleiterkörper (2) und dem Anschlusselement (3), die frei von jeglicher Strukturierung ist.

6. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der das Anschlusselement (3) eine metallische Schicht umfasst, welche den Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) vollständig bedeckt.

7. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der die Strukturierung (26) zumindest stellenweise zumindest eine der folgenden Strukturen (26a)umfasst: Kegelstumpf, inverse Kegelstumpf, Pyramidenstumpf, inverse Pyramidenstumpf, Kegel, inverse Kegel, Pyramide, inverse Pyramide, Kugelschale, inverse Kugelschale.

8. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der eine maximale laterale Erstreckung der Strukturen (26a) wenigstens 400 nm beträgt.

9. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der der Halbleiterkörper (2) im Emitterbereich (5) einen Anschlussbereich (24) umfasst, der an der Kontaktfläche (28) direkt an das erste Anschlusselement (3) grenzt, wobei der Anschlussbereich (24) an keiner Stelle vollständig durchdrungen ist.

10. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche, bei der der Halbleiterkörper (2) einen Nebenbereich (6) umfasst, der lateral benachbart zum Emitterbereich (5) angeordnet ist, wobei der Halbleiterkörper (2) im Nebenbereich (6) zumindest stellenweise eine weitere Strukturierung (27) mit weiteren Strukturen (27a) aufweist, wobei die weitere Strukturierung (27) zur Schwächung von Nebenmoden ausgebildet ist.

11. Halbleiterlaserdiode gemäß dem vorherigen Anspruch, bei der zwischen dem Nebenbereich (6) und dem ersten Anschlusselement (3) ein elektrisch isolierendes Isolierungselement (8) angeordnet ist, das den Halbleiterkörper im Nebenbereich (6) an seiner dem ersten Anschlusselement (3) zugewandten Seite vollständig bedeckt.

12. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der beiden vorherigen Ansprüche,
bei der die Strukturen (26a) der Strukturierung (26) eine mittlere Höhe (h) aufweisen, die kleiner ist als eine mittlere Höhe (h) der weiteren Strukturen (27a) der weiteren Strukturierung (27).

13. Halbleiterlaserdiode gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

bei der die Strukturen (26a) und/oder die weiteren Strukturen (27a) durch Ätzen erzeugt sind.

FIG 1

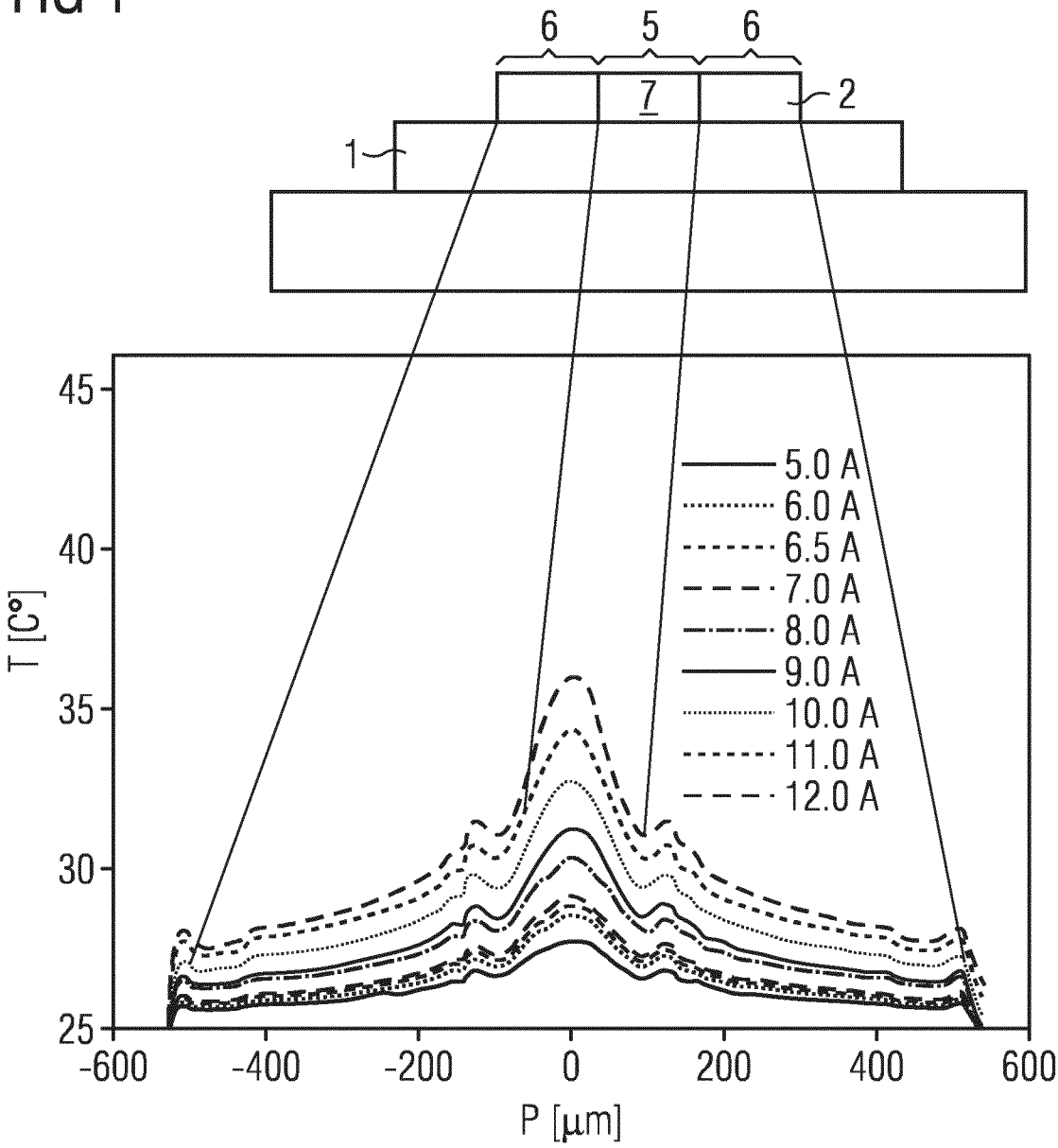

6
5
6
7
2
1
45
40
35
30
25
T [C°]
-600
-400
-200
0
200
400
600
P [µm]
5.0 A
6.0 A
6.5 A
7.0 A
8.0 A
9.0 A
10.0 A
11.0 A
12.0 A

FIG 2

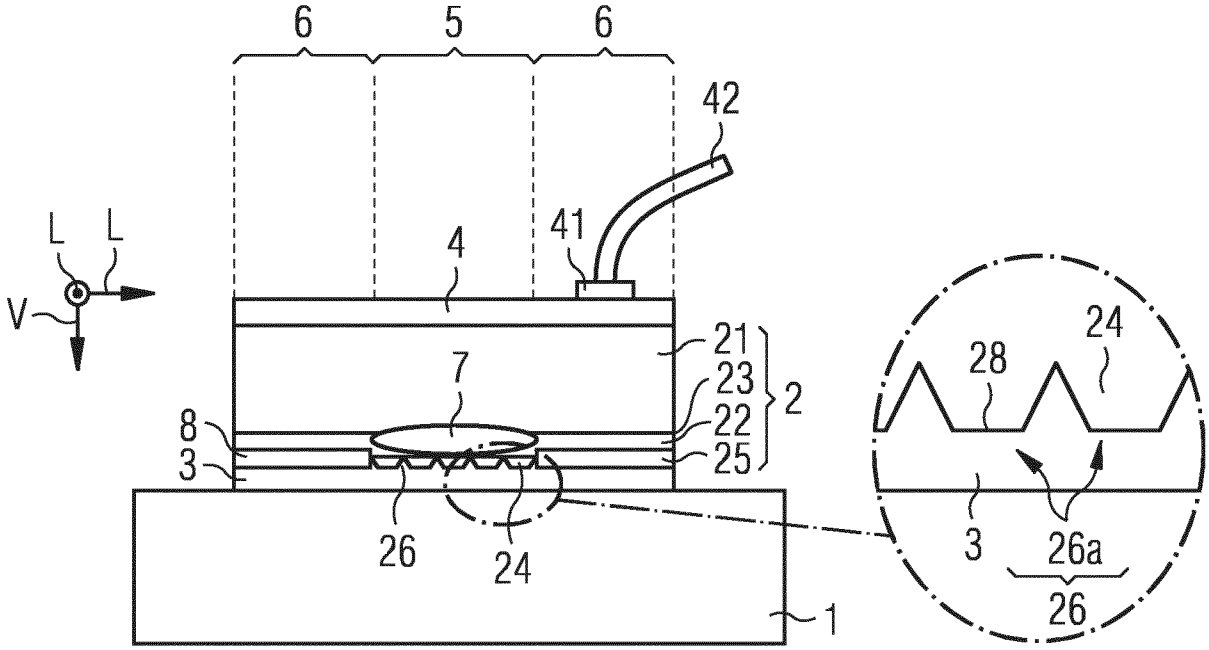

6
5
6
42
41
4
L
L
V
21
23
22
25
2
7
8
3
26
24
1
28
24
3
26a
26

FIG 3

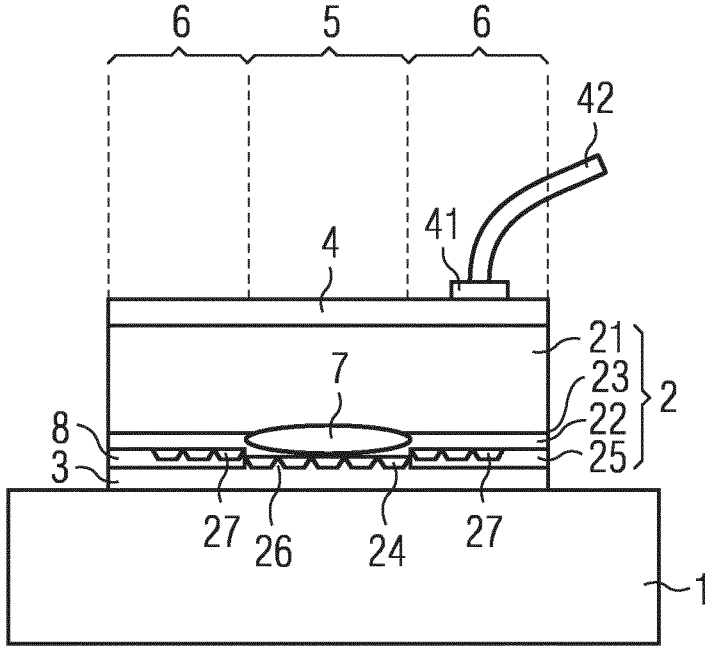

6
5
6
42
41
4
21
23
22
25
2
7
8
3
27
26
24
27
1

FIG 4

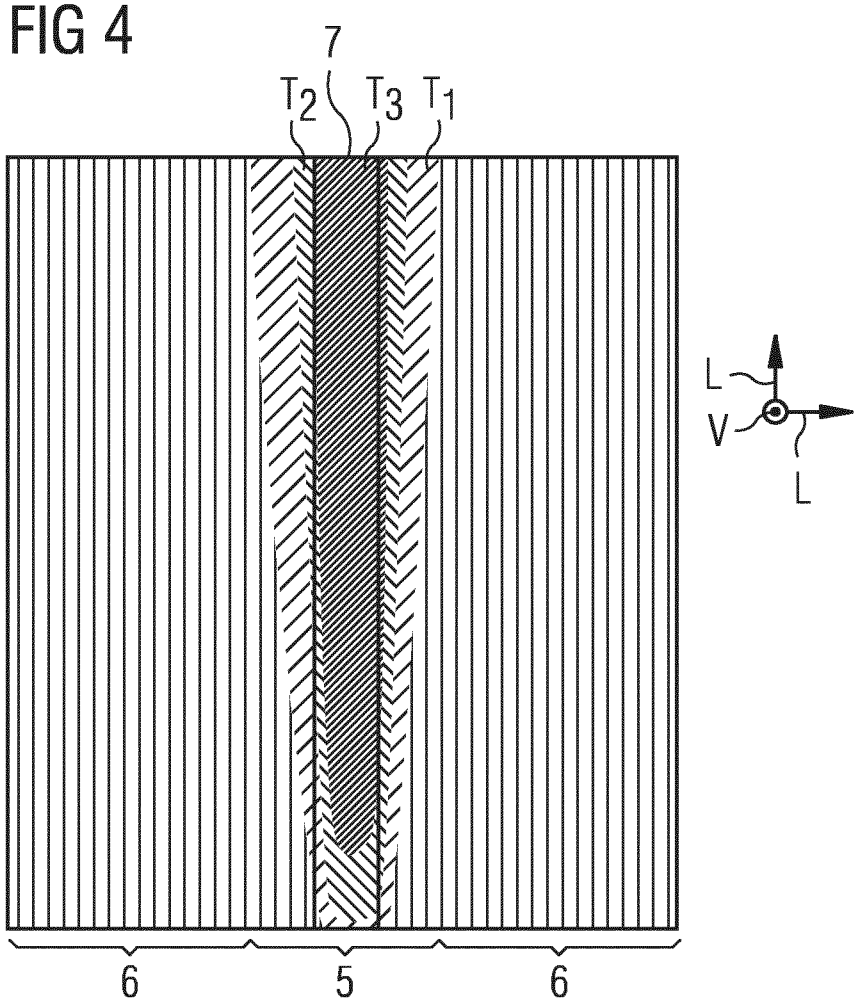


FIG 5A

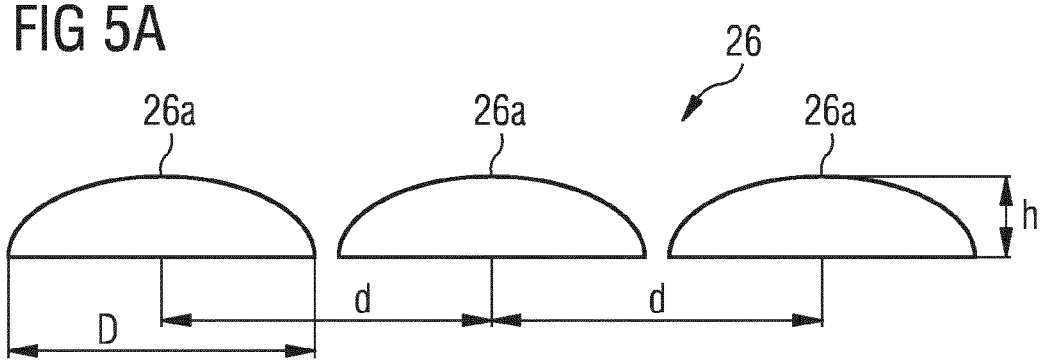


FIG 5B

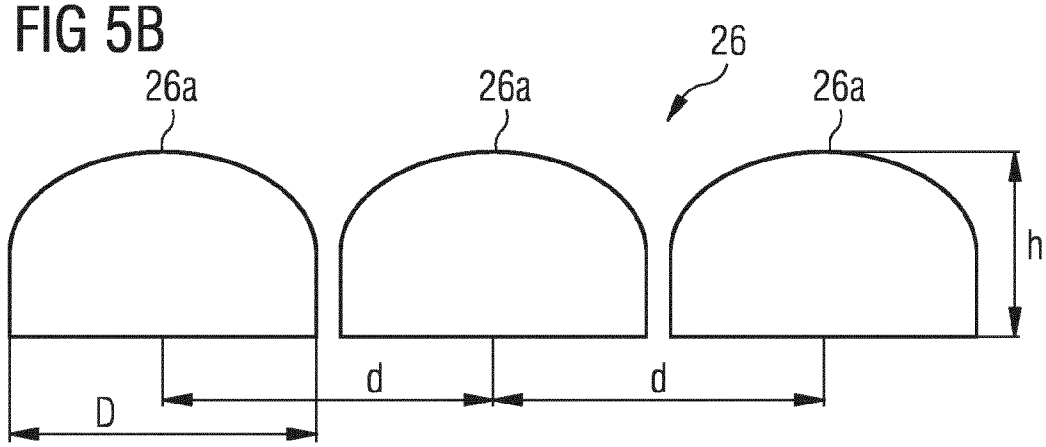


FIG 5C

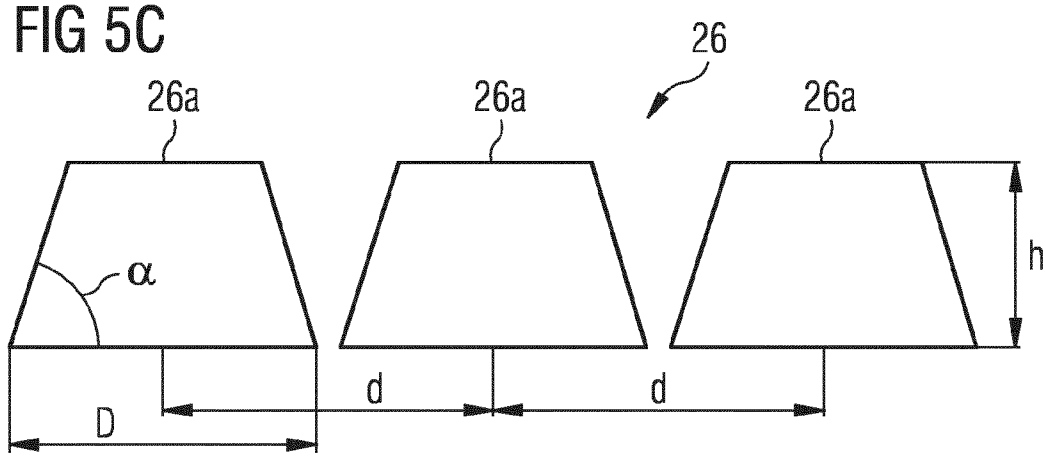


FIG 5D

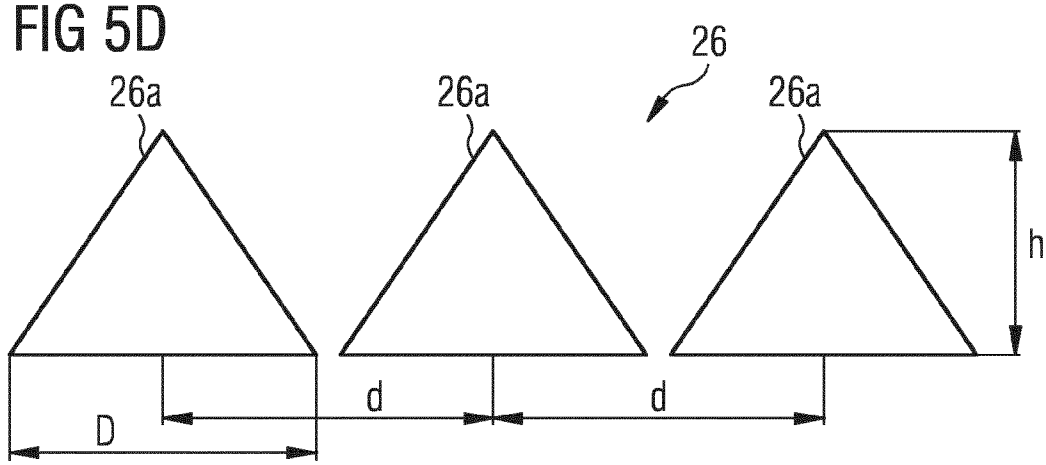


FIG 6A

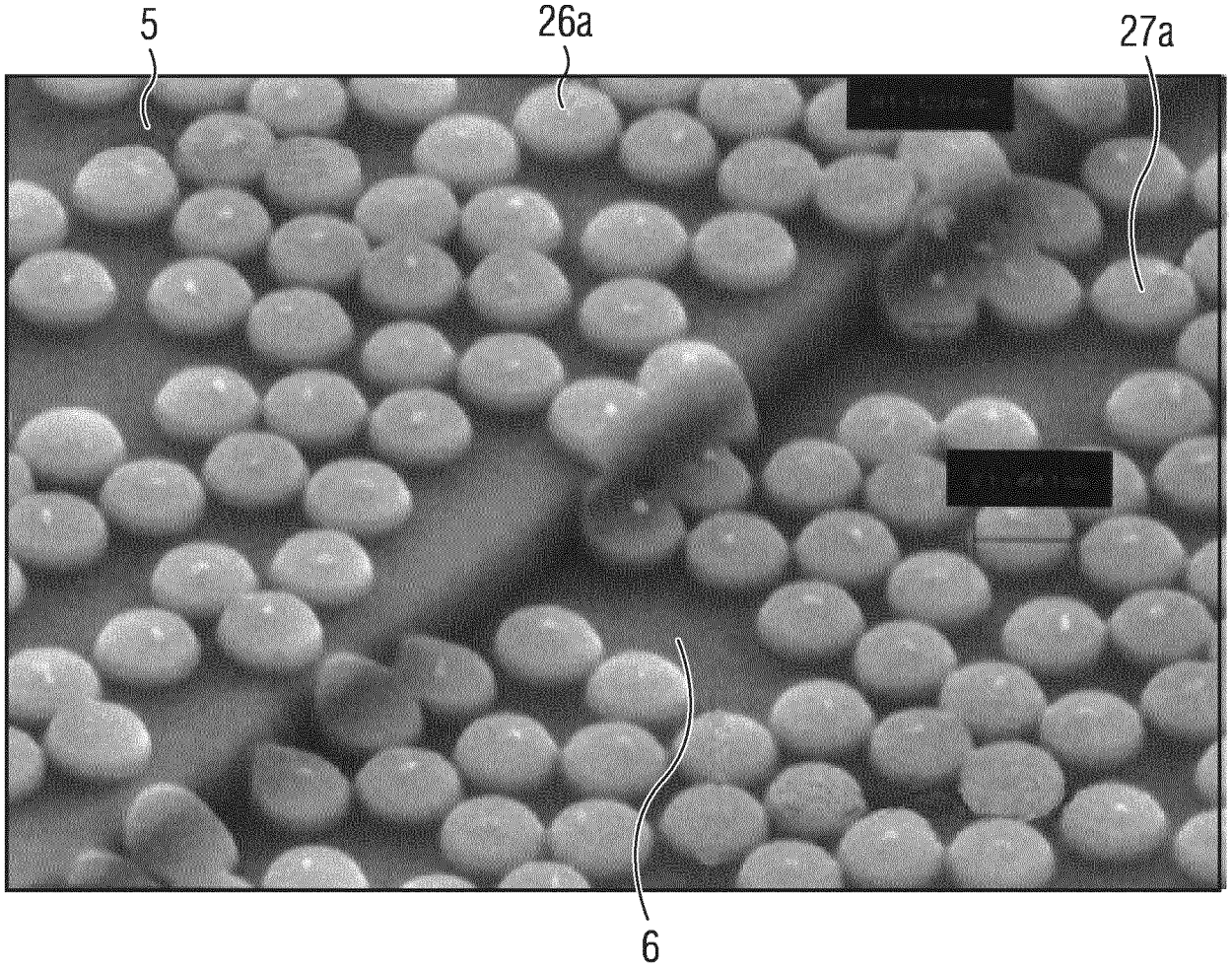
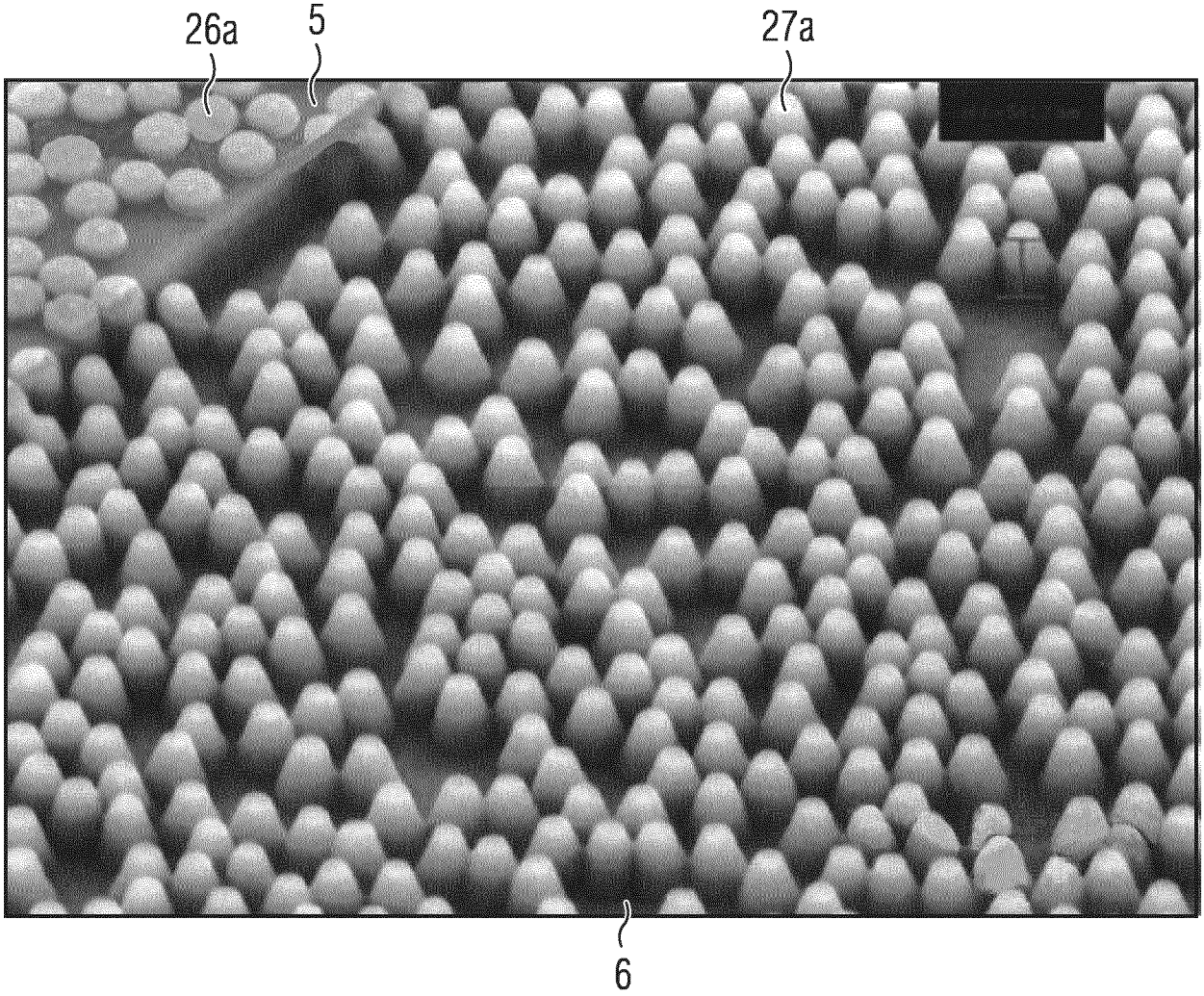


FIG 6B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/063208

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01S5/042
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
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 2011/263128 A1 (DUNCAN SCOTT W [US] ET AL) 27 October 2011 (2011-10-27) paragraph [0014] - paragraph [0019]; figures 1, 4, 5	1-13
A	US 2006/258027 A1 (OHMAE AKIRA [JP] ET AL) 16 November 2006 (2006-11-16) paragraph [0055]; figure 1f	1-13
A	WO 2014/012760 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 23 January 2014 (2014-01-23) abstract; figure 12	1-13

☐ 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	Date of mailing of the international search report
13 September 2017	20/09/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Flierl, Patrik

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/063208

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011263128 A1	27-10-2011	NONE	
US 2006258027 A1	16-11-2006	EP 1724846 A2	22-11-2006
		JP 5082278 B2	28-11-2012
		JP 2006352084 A	28-12-2006
		KR 20060118349 A	23-11-2006
		TW I300245 B	21-08-2008
		US 2006258027 A1	16-11-2006
		US 2010308349 A1	09-12-2010
WO 2014012760 A1	23-01-2014	DE 102012106364 A1	16-01-2014
		KR 20150036050 A	07-04-2015
		US 2015129901 A1	14-05-2015
		WO 2014012760 A1	23-01-2014

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/063208

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01S5/042
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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 2011/263128 A1 (DUNCAN SCOTT W [US] ET AL) 27. Oktober 2011 (2011-10-27) Absatz [0014] - Absatz [0019]; Abbildungen 1, 4, 5	1-13
A	US 2006/258027 A1 (OHMAE AKIRA [JP] ET AL) 16. November 2006 (2006-11-16) Absatz [0055]; Abbildung 1f	1-13
A	WO 2014/012760 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 23. Januar 2014 (2014-01-23) Zusammenfassung; Abbildung 12	1-13

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. September 2017	20/09/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Flierl, Patrik

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/063208

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011263128 A1	27-10-2011	KEINE	
US 2006258027 A1	16-11-2006	EP 1724846 A2	22-11-2006
		JP 5082278 B2	28-11-2012
		JP 2006352084 A	28-12-2006
		KR 20060118349 A	23-11-2006
		TW I300245 B	21-08-2008
		US 2006258027 A1	16-11-2006
		US 2010308349 A1	09-12-2010
WO 2014012760 A1	23-01-2014	DE 102012106364 A1	16-01-2014
		KR 20150036050 A	07-04-2015
		US 2015129901 A1	14-05-2015
		WO 2014012760 A1	23-01-2014